

E. Baldino R. Rondano A. Spano C. Iacobelli

# INTERNETWORKING

## SISTEMI E RETI

**Secondo biennio**

Istituti tecnici – settore tecnologico  
indirizzo Informatica e Telecomunicazioni

articolazione Informatica

ALCANTARA  
SISTEMI E RETI  
CENTRO STUDI "PARINI"  
Via F. Orsini, 15/B - 40026 IMOLA (BO)  
Tel. 0542 29634  
P.IVA 01796840435

NUOVI ISTITUTI ATHENA S.R.L.  
SOCIO UNICO  
CENTRO STUDI "PARINI"  
Via F. Orsini, 15/B - 40026 IMOLA (BO)  
Tel. 0542 29634  
P.IVA 01796840435



JUVENILIA SCUOLA

# Indice

## Referenze iconografiche

AlisonW  
 Alliance - Fotolia.com  
 AMD Phenom™  
 amorphis - Fotolia.com  
 aryu - Fotolia.com  
 asiln - Fotolia.com  
 Beboy - Fotolia.com  
 castelberry - Fotolia.com  
 chandelle - Fotolia.com  
 Cisco®  
 Consortium GARR  
 Dariusz Kopestynski - Fotolia.com  
 Darren Baker - Fotolia.com  
 darren whittingham - Fotolia.com  
 Dreaming Andy - Fotolia.com  
 enot-poloskun - iStockphoto  
 fusolino - Fotolia.com  
 GaLeon - Fotolia.com  
 GIGABYTE®  
 Goran G. - Fotolia.com  
 Günter Menzl - Fotolia.com  
 Guy Erwood - Fotolia.com  
 holligan78 - Shutterstock®  
 iconshow - Fotolia.com  
 Intel®  
 Ion Popa - Fotolia.com  
 Jürgen Fälchle - Fotolia.com

Kaarsten - Fotolia.com  
 kovaleff - Fotolia.com  
 ktsdesign - Fotolia.com  
 MaFiFo - Fotolia.com  
 masterzphotofo - Fotolia.com  
 Microchip® Technology Inc.  
 Microsoft® Sidewinder®  
 nasonovicons - iStockphoto  
 Norman Chan - Fotolia.com  
 nyul - Fotolia.com  
 Oleksandr - Fotolia.com  
 Pei Ling Hoo - Fotolia.com  
 Rafa Irusta - Fotolia.com  
 RareCPUs.com  
 Robert Metcalfe  
 rotschwarzdesign - Fotolia.com  
 saitek®  
 Silvano Rebai - Fotolia.com  
 Victoria - Fotolia.com  
 Wacom®  
 WD Caviar® Green  
 Wi-Fi Alliance®  
 Wi-Fi Alliance®  
 Yabresse - Fotolia.com  
 Yuri Arcurs - Fotolia.com  
 zelimirz - iStockphoto  
 zentilia - Fotolia.com

## Software citati nel testo

Microsoft®  
 Windows®  
 Microsoft Office System®  
 Word®  
 Excel®  
 Power Point®  
 Access®  
 Internet Explorer®  
 Apple®  
 Adobe®

Acrobat®  
 Linux®  
 OpenOffice.org®  
 Visual Basic .NET®  
 Java®  
 Dev-C++ (software gratuito distribuito sotto GNU General Public License)  
 Cisco®  
 Cisco® Packet Tracer  
 Wireshark®

I marchi e i nomi registrati sono a tutti gli effetti proprietà delle società che ne detengono i diritti, anche se non viene fatto riferimento specifico a tale circostanza nel testo.

## UNITÀ 1

### Introduzione alla comunicazione

#### lezione 1

##### La comunicazione

- Che cosa significa "comunicare"? 2
  - Che cosa significa "protocollo"? 3
  - Che cosa significa "standard"? 4
  - Vantaggi dell'uso delle reti 5
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 2

##### L'evoluzione storica delle comunicazioni e dei computer

- La comunicazione a distanza 6
  - Calcolatori per elaborare dati 7
  - Gli elaboratori elettronici 8
  - Il microprocessore 9
  - Le trasmissioni 10
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 3

##### Dal sistema centralizzato alle reti

- Sistema centralizzato ad accesso locale 12
  - Teleprocessing 12
  - Le reti 14
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 4

##### Il concetto di rete e i paradigmi di comunicazione

- Modello Client-Server 16
  - Modello Peer-to-Peer (P2P) 16
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 5

##### La sicurezza dei sistemi e delle reti

- Sicurezza in rete 18
  - La cifratura 18
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 6

##### La struttura delle reti

- Classificazione delle reti 20
  - Struttura generale 20
- verifica le tue conoscenze

#### Sintesi

##### Domande per l'orale In English, please

## UNITÀ 2

### Struttura dell'elaboratore

#### lezione 1

##### Modello funzionale

- Modello di Von Neumann 26
  - CPU o processore 26
  - Memorie 26
  - Periferiche di input e output 27
  - Bus 27
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 2

##### Il processore

- Il processo di elaborazione 28
  - Velocità di elaborazione 28
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 3

##### Il bus

- Tipi di bus 30
  - Ottimizzazioni 30
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 4

##### La memoria cache

- Cache 32
  - Gestione della cache 32
- verifica le tue conoscenze

#### lezione 5

##### La memoria centrale

- Operazioni 34

• Controllo degli errori	35	• Problemi di gestione delle pipeline	61
• Tipologie di RAM	35	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>lezione 4</b>	
<b>lezione 6</b>		<b>Confronto tra microprocessori</b>	62
<b>La memoria secondaria</b>	36	<b>Sintesi</b>	
• Tipi di memorie	36	<b>Domande per l'orale</b>	
• Memoria virtuale	37	<b>Preparati al compito in classe</b>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>In English, please</b>	
<b>lezione 7</b>		<b>UNITÀ 4</b>	
<b>Classificazione delle periferiche</b>	38	<b>Le basi della comunicazione in rete</b>	
• Periferiche di input	38	<b>lezione 1</b>	
• Periferiche di output	39	<b>Il segnale e il canale di comunicazione</b>	70
• Periferiche di I/O	41	• Il segnale analogico	70
<i>verifica le tue conoscenze</i>		• Il segnale digitale	71
<b>lezione 8</b>		• Il canale e la codifica del segnale	73
<b>Interfacciamento delle periferiche</b>	42	• Caratteristiche di una trasmissione dati	75
• Standard di interfacciamento	42	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>lezione 2</b>	
<b>lezione 9</b>		<b>Gli errori di trasmissione</b>	78
<b>Laboratorio</b>	44	• Controllo degli errori	78
<b>Sintesi</b>		• Codici di parità	79
<b>Domande per l'orale</b>		• Codici di ridondanza ciclica	80
<b>Preparati al compito in classe</b>		• Codice di Hamming	81
<b>In English, please</b>		<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<b>UNITÀ 3</b>		<b>lezione 3</b>	
<b>Il microprocessore</b>		<b>Laboratorio: simulazione</b>	
<b>lezione 1</b>		<b>della tecnica di Hamming</b>	82
<b>Struttura dei microprocessori ed evoluzione</b>	52	• Matrice di Hamming	82
• Struttura	52	• Algoritmo di calcolo dei bit di check	83
• Parametri	52	• Programma in C	84
• Evoluzione	54	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>lezione 4</b>	
<b>lezione 2</b>		<b>Il controllo di flusso</b>	86
<b>Programmazione del microprocessore</b>	56	• Il meccanismo "Stop and Wait"	86
• Instruction Set Architecture	56	• La tecnica a finestra	87
• Applicazioni e limiti del linguaggio assembly	58	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>lezione 5</b>	
<b>lezione 3</b>		<b>I protocolli per la trasmissione dati</b>	90
<b>Tecnica del pipeline</b>	60	• Protocolli asincroni	90
• Cicli di esecuzione	60	• Protocolli sincroni	91
		<i>verifica le tue conoscenze</i>	

<b>lezione 6</b>		• I gateway	117
<b>La topologia delle reti</b>	94	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
• La topologia fisica	94	<b>lezione 13</b>	
• La topologia logica	96	<b>Il cablaggio strutturato degli edifici</b>	118
<i>verifica le tue conoscenze</i>		• Standard di cablaggio	118
<b>lezione 7</b>		<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<b>La trasmissione via cavo: il cavo elettrico</b>	98	<b>Sintesi</b>	
• Caratteristiche di un cavo elettrico	98	<b>Domande per l'orale</b>	
• Il doppino	99	<b>Preparati al compito in classe</b>	
• Il cavo coassiale	100	<b>In English, please</b>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>UNITÀ 5</b>	
<b>lezione 8</b>		<b>I modelli standard di riferimento per le reti</b>	
<b>Laboratorio: realizzazione di un cavo UTP</b>	102	<b>lezione 1</b>	
• Costruzione cavo UTP	102	<b>Architettura di rete</b>	132
<i>verifica le tue conoscenze</i>		• Modello a strati	132
<b>lezione 9</b>		<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<b>La trasmissione via cavo: la fibra ottica</b>	104	<b>lezione 2</b>	
• Richiamo dei principi dell'ottica	104	<b>Protocolli e PDU, servizi e primitive</b>	136
relativi alla riflessione	104	• Il servizio	136
• Struttura di una fibra ottica	105	• Le primitive	137
• Il cavo in fibra ottica	106	• Servizi connection-oriented	138
• Sistema di trasmissione ottico	108	e connectionless	138
• Vantaggi e svantaggi delle fibre ottiche	108	• L'affidabilità del servizio	138
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<b>lezione 10</b>		<b>lezione 3</b>	
<b>La trasmissione senza fili: il wireless</b>	110	<b>Il modello ISO/OSI</b>	140
• Le onde elettromagnetiche	110	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
nella trasmissione	110	<b>lezione 4</b>	
• Sistemi infrarossi	111	<b>L'architettura TCP/IP</b>	144
• Le reti wireless	111	• I livelli di TCP/IP	144
<i>verifica le tue conoscenze</i>		• Evoluzione di TCP/IP	145
<b>lezione 11</b>		<i>verifica le tue conoscenze</i>	
<b>Apparati di rete locale</b>	112	<b>lezione 5</b>	
• La scheda di rete (NIC)	112	<b>Enti internazionali che definiscono</b>	
• Il modem	112	<b>standard in ambito TLC</b>	146
• Repeater	113	• Proposta di attività	147
• Hub	113	<i>verifica le tue conoscenze</i>	
• Il bridge	114	<b>Sintesi</b>	
• Lo switch	114	<b>Domande per l'orale</b>	
<i>verifica le tue conoscenze</i>		<b>Preparati al compito in classe</b>	
<b>lezione 12</b>		<b>In English, please</b>	
<b>Apparati per connessione a reti geografiche</b>	116		
• Il router	116		

## UNITÀ 6

## Le reti locali e metropolitane

## lezione 1

## Le reti locali (Local Area Network) 156

- Caratteristiche di una rete locale 156
  - Dispositivi per le reti locali 156
- verifica le tue conoscenze

## lezione 2

## La trasmissione nelle LAN 158

- La rete ALOHA 158
  - La rete Ethernet 159
  - Metodi di trasmissione 160
- verifica le tue conoscenze

## lezione 3

## STP: il protocollo di comunicazione tra gli switch 162

- Reti locali "segmentate" 162
  - Spanning Tree Protocol 163
  - Evoluzione del protocollo Spanning Tree: RSTP 165
- verifica le tue conoscenze

## lezione 4

## Le reti locali virtuali (VLAN) 166

- Caratteristiche di una VLAN 166
- verifica le tue conoscenze

## lezione 5

## Scenari di reti locali 168

- Reti con hub 168
  - Reti con switch di piccole dimensioni 169
  - Reti con switch di medie/grandi dimensioni 169
  - Reti con VLAN 170
- verifica le tue conoscenze

## lezione 6

## Le reti metropolitane 172

- Ethernet MAN o Metro Ethernet 173
  - Reti wireless metropolitane (WIMAX) 174
- verifica le tue conoscenze

## Sintesi

Domande per l'orale  
Preparati al compito in classe  
In English, please

## UNITÀ 7

## Le reti geografiche

## lezione 1

## Wide Area Network e le reti satellitari 184

verifica le tue conoscenze

## lezione 2

## Componenti, topologia e normativa per le WAN 186

verifica le tue conoscenze

## lezione 3

## Tecnologie per la trasmissione 188

- Analogica 188
  - Digitale 188
- verifica le tue conoscenze

## lezione 4

## Tecniche di commutazione 192

verifica le tue conoscenze

## lezione 5

## X.25 196

verifica le tue conoscenze

## lezione 6

## Frame Relay 198

verifica le tue conoscenze

## lezione 7

## ATM (Asynchronous Transfer Mode) 200

verifica le tue conoscenze

## lezione 8

## MPLS (Multi Protocol Label Switching) 202

verifica le tue conoscenze

## Sintesi

Domande per l'orale  
Preparati al compito in classe  
In English, please

## UNITÀ 8

## La qualità del servizio (QoS)

## lezione 1

## Le reti multiservizio 210

- Problematiche connesse alla gestione dei flussi critici 210
  - Service Level Agreement (SLA) 213
- verifica le tue conoscenze

## lezione 2

## Le tecniche per la qualità del servizio 214

- Meccanismi di trattamento del traffico 214
- verifica le tue conoscenze

## lezione 3

## Integrated Services (IntServ) e Differentiated Services (DiffServ) 216

- Integrated Services (IntServ) 216
  - Differentiated Services (DiffServ) 217
  - IntServ + DiffServ 219
- verifica le tue conoscenze

## lezione 4

## I protocolli per le applicazioni multimediali 220

- Real Time Streaming Protocol 220
  - Real Time Transport Protocol 221
  - Session Initiation Protocol 222
- verifica le tue conoscenze

## Sintesi

Domande per l'orale  
Preparati al compito in classe  
In English, please

## UNITÀ 9

## I livelli inferiori dell'architettura TCP/IP

## lezione 1

## Introduzione 230

verifica le tue conoscenze

## lezione 2

## Sottolivello LLC e sottolivello MAC 232

- Vulnerabilità 234
- verifica le tue conoscenze

## lezione 3

## IEEE 802.3: la rete Ethernet 236

- Lo switching 237
  - Tecnica a contesa CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 238
- verifica le tue conoscenze

## lezione 4

## IEEE 802.5: la rete Token Ring 240

verifica le tue conoscenze

## lezione 5

## IEEE 802.6: la rete DQDB 244

verifica le tue conoscenze

## lezione 6

## IEEE 802.11: la rete wireless 246

verifica le tue conoscenze

## lezione 7

## ISO 9314: FDDI 250

verifica le tue conoscenze

## lezione 8

## Il livello Network e il suo fondamentale protocollo: IP (Internet Protocol) 252

verifica le tue conoscenze

## lezione 9

## Struttura degli indirizzi IP 256

- Le classi 256
  - Indirizzi speciali 257
  - Indirizzi pubblici/privati e statici/dinamici 258
- verifica le tue conoscenze

## lezione 10

## Pianificazione di reti IP: il subnetting 260

verifica le tue conoscenze

## lezione 11

## CIDR (Classless InterDomain Routing) 264

verifica le tue conoscenze

## lezione 12

## Nomi di dominio e DNS 266

verifica le tue conoscenze

## lezione 13

## Indirizzi fisici e indirizzi IP: protocollo ARP 268

- Vulnerabilità 270
- verifica le tue conoscenze

## lezione 14

## Monitoring della rete con il protocollo ICMP 272

- Il comando ping 273
  - Il comando tracer 275
- verifica le tue conoscenze

## lezione 15

## Evoluzione del protocollo IP: IPv6 276

verifica le tue conoscenze

## lezione 16

## Laboratorio 280

verifica le tue conoscenze



Sintesi	
Domande per l'orale	
Preparati al compito in classe	
In English, please	
<b>UNITÀ 10</b>	
Instradamento e interconnessione di reti geografiche	
lezione 1	
Problematica e scenari	292
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 2	
Algoritmi e protocolli di routing	294
• <i>Distance Vector Routing</i>	294
• <i>Link State Routing</i>	297
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 3	
Autonomous System e routing gerarchico	298
• <i>Il routing gerarchico</i>	299
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 4	
Il gateway	302
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 5	
Protocolli di routing IGP	304
• <i>Il protocollo RIP (Routing Information Protocol)</i>	304
• <i>Il protocollo IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)</i>	306
• <i>Il protocollo EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)</i>	307
• <i>Il protocollo OSPF (Open Shortest Path First)</i>	309
• <i>Il protocollo Integrated IS-IS (Integrated Intermediate System-Intermediate System)</i>	313
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 6	
Protocolli di routing EGP	314
• <i>Il protocollo EGP: Exterior Gateway Protocol</i>	314
• <i>Il protocollo BGP: Border Gateway Protocol</i>	315
• <i>Il protocollo IDRP: Inter-Domain Routing Protocol</i>	318
<i>verifica le tue conoscenze</i>	

lezione 7	
Laboratorio	320
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
Sintesi	
Domande per l'orale	
Preparati al compito in classe	
In English, please	
<b>UNITÀ 11</b>	
Il livello Transport dell'architettura TCP/IP	
lezione 1	
Servizi e indirizzamento del livello Transport	332
• <i>Indirizzi a livello Transport</i>	332
• <i>Servizi del livello Transport</i>	333
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 2	
Le funzionalità di multiplexing e demultiplexing	336
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 3	
Un protocollo di trasporto connectionless: UDP	338
• <i>Datagram UDP</i>	339
• <i>Vantaggi di UDP</i>	340
• <i>UDP-Lite</i>	340
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 4	
Un protocollo di trasporto connection-oriented: TCP	342
• <i>La comunicazione tra TCP e processo applicativo</i>	343
• <i>Formato segmento TCP</i>	344
• <i>Gestione della congestione</i>	345
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 5	
Le fasi di una comunicazione TCP	348
• <i>Fase di instaurazione di una sessione TCP</i>	348
• <i>Fase della trasmissione dati</i>	349
• <i>Fase di abbattimento di una sessione TCP</i>	351
• <i>Vulnerabilità</i>	352
<i>verifica le tue conoscenze</i>	

lezione 6	
Confronto tra i protocolli UDP e TCP	354
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 7	
Il controllo delle porte	356
• <i>Comando Netstat</i>	356
• <i>Port scanner: Nmap</i>	358
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 8	
TCP Tuning	360
• <i>Microsoft Windows</i>	360
• <i>Linux 2.6.17 e successive</i>	363
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 9	
La programmazione socket	364
• <i>Berkeley Sockets</i>	364
• <i>La programmazione socket in Java</i>	366
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
Sintesi	
Domande per l'orale	
Preparati al compito in classe	
In English, please	
<b>UNITÀ 12</b>	
Il livello Application dell'architettura TCP/IP	
lezione 1	
Il livello Application e i suoi protocolli	378
• <i>I protocolli del livello Application</i>	378
• <i>Applicazioni Peer-to-Peer</i>	379
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 2	
L'emulazione di terminale: il protocollo Telnet	380
• <i>Sessione Telnet</i>	380
• <i>Standard del protocollo Telnet</i>	381
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 3	
FTP: il protocollo per il trasferimento di file	382
• <i>Standard del protocollo FTP</i>	382
• <i>Modalità di lavoro di FTP</i>	383
• <i>Modalità di accesso</i>	384
• <i>Vulnerabilità di FTP</i>	385
<i>verifica le tue conoscenze</i>	

lezione 4	
HTTP: il protocollo per le applicazioni Web	386
• <i>Modalità di lavoro di HTTP</i>	386
• <i>Metodi e messaggi di HTTP</i>	387
• <i>Proxy HTTP</i>	388
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 5	
SMTP, POP3 e IMAP4: i protocolli per la posta elettronica	390
• <i>Invio e ricezione di e-mail</i>	390
• <i>Protocollo SMTP</i>	391
• <i>Protocollo POP3</i>	392
• <i>Protocollo IMAP4</i>	393
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 6	
Il DNS e la risoluzione dei nomi	394
• <i>Formato dei messaggi DNS e Resource Record</i>	396
• <i>Come funziona il DNS?</i>	399
• <i>Vulnerabilità</i>	401
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 7	
Laboratorio: utilizzo di Telnet per inviare e ricevere una e-mail	402
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 8	
Laboratorio: il comando nslookup per l'interrogazione del DNS	406
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
Sintesi	
Domande per l'orale	
Preparati al compito in classe	
In English, please	
<b>UNITÀ 13</b>	
Le reti senza fili: Wi-Fi e mobile	
lezione 1	
Scenari di reti senza fili	414
<i>verifica le tue conoscenze</i>	
lezione 2	
La normativa sul wireless	422
<i>verifica le tue conoscenze</i>	

<b>lezione 3</b>			
La sicurezza nelle reti wireless	428	• Esercitazione guidata	464
• Crittografia	430	• Esercizio	467
• Autenticazione	432	verifica le tue conoscenze	
verifica le tue conoscenze		<b>lezione 4</b>	
<b>lezione 4</b>		Esercitazione: configurazione	
Mobile IP- architecture WAN	434	di un'interfaccia seriale su un router	468
verifica le tue conoscenze		verifica le tue conoscenze	
<b>lezione 5</b>		<b>lezione 5</b>	
Routing indiretto e diretto	438	Esercitazione: configurazione	
verifica le tue conoscenze		del routing statico	472
verifica le tue conoscenze		verifica le tue conoscenze	
<b>lezione 6</b>		<b>lezione 6</b>	
La telefonia cellulare e l'accesso a Internet	440	Esercitazione: configurazione	
verifica le tue conoscenze		del routing dinamico	476
verifica le tue conoscenze		verifica le tue conoscenze	
<b>lezione 7</b>		<b>lezione 7</b>	
Configurazione di una rete		Esercitazioni sulla configurazione	
wireless domestica	444	di reti locali	480
verifica le tue conoscenze		• Esercitazione: connessione	
Sintesi		Peer-to-Peer tra due computer	480
Domande per l'orale		• Esercitazione: connessione	
Preparati al compito in classe		Peer-to-Peer con hub	482
In English, please		• Esercitazione: rete	
<b>UNITÀ 14</b>		Peer-to-Peer con switch	483
La simulazione di reti		• Esercitazione: rete a stella gerarchica	
<b>lezione 1</b>		con switch	485
Introduzione alla simulazione di reti	454	• Esercitazione: rete a stella gerarchica	
• Cosa significa simulare una rete?	454	con switch e Access Point	486
• Un simulatore di rete: Packet Tracer	455	verifica le tue conoscenze	
• L'ambiente di sviluppo: i menu		Sintesi	
di Packet Tracer	456	Domande per l'orale	
verifica le tue conoscenze		In English, please	
<b>lezione 2</b>		<b>Appendici</b>	
Lavorare con Packet Tracer	460	• The Twelve Networking Truths	491
• Creare i dispositivi	460	• Un analizzatore di protocollo:	
• Configurare i dispositivi	461	Wireshark	493
• Creare una connessione	462	• Well-known ports	497
• Verificare la connettività	463	• IETF RFCs	501
verifica le tue conoscenze		<b>Indice analitico</b>	505
<b>lezione 3</b>			
Esercitazione: configurazione			
di base di un router	464		

Unità  
1

Introduzione alla comunicazione

Competenze

- Saper affrontare le problematiche delle reti e della sicurezza dei dati.
- Saper utilizzare la corretta terminologia tecnica in ambito reti.

Conoscenze

- Conoscere le problematiche della comunicazione tra sistemi.
- Conoscere le linee evolutive delle comunicazioni e dei computer.
- Conoscere la terminologia di base delle reti.

Abilità

- Saper distinguere i paradigmi di comunicazione in uso nelle reti.
- Saper trattare con le problematiche di sicurezza dei dati.
- Saper distinguere le varie tipologie di rete in base alla loro estensione.

Prerequisiti

- Conoscere il significato di sistema di elaborazione.
- Conoscere la rete Internet dal punto di vista utente.

Accertamento dei prerequisiti

1 Un computer attuale è una macchina:

- a elettromeccanica programmabile
- b elettronica programmabile
- c elettronica, digitale non programmabile
- d elettronica, analogica non programmabile

2 Internet è:

- a il più grande insieme di reti di computer interconnesse
- b il World Wide Web
- c un'unica grande rete sotto il controllo di un unico operatore
- d una rete di telecomunicazioni americana

3 Il bit:

- a è sinonimo di pixel
- b può valere 0 o 1
- c significa "binary input"
- d è più grande del byte

4 Il termine software indica:

- a la scheda madre del computer
- b il Sistema Operativo del computer
- c una generica applicazione eseguibile su un computer
- d esclusivamente i programmi Open source

## La comunicazione

### ● Che cosa significa "comunicare"?

La comunicazione e le reti sono ormai entrate a far parte del nostro quotidiano. La rete telefonica, i sistemi di posta elettronica, Internet, i social network sono utilizzati da molte persone nel mondo tutti i giorni.

Vari tipi di sistemi possono essere utilizzati per connettersi a una rete: dai computer ai telefoni, dalla televisione alle console dei giochi. Lo scopo principale è di condividere dati, risorse e, più in generale, di **comunicare**.



La **comunicazione** tra due sistemi è il processo che consente a essi di scambiarsi delle informazioni.

Affinché avvenga la comunicazione è necessario definire:

- a livello **logico**: il linguaggio utilizzato dai due sistemi;
- a livello **fisico**: le modalità di trasmissione delle informazioni.

Esiste quindi un insieme di problematiche da affrontare per realizzare la comunicazione: ■■■■■■

- a livello **logico** si devono definire: il linguaggio da usare e le regole perché ci sia scambio di informazione (per esempio: "come faccio a sapere se il mio interlocutore ha ricevuto il messaggio che gli ho inviato?");
- a livello **fisico** si devono definire: il formato degli indirizzi che consentono di *recapitare* il messaggio, le modalità di controllo degli errori (il messaggio potrebbe subire modifiche durante la trasmissione che ne alterano il contenuto e lo rendono illeggibile) ecc.

Raramente due computer che devono comunicare sono connessi direttamente, spesso si trovano a una distanza tale da rendere impossibile collegarli tramite un cavo o anche in modalità wireless, cioè "senza fili". Altra situazione è quella in cui ci sono più computer, ognuno dei quali si deve connettere agli altri, anche in questo caso non è praticabile avere un collegamento diretto tra tutti i computer che devono comunicare.

La soluzione è di connettere ogni computer a una **rete di comunicazione**.



Le reti di calcolatori di prima generazione nacquero e si svilupparono come **sistemi chiusi**, il che significava che *per le telecomunicazioni* ci doveva essere una rete specializzata per ogni tipologia di servizi (per esempio la rete per la fonia non trasportava dati e viceversa) e *per l'informatica* significava che tutte le macchine della rete dovevano appartenere allo stesso costruttore (*vendor*).

Questa situazione se garantiva un guadagno ai costruttori non era certamente un vantaggio per gli operatori di rete e per gli utenti finali che erano costretti a realizzare e utilizzare reti *mono-vendor*, infatti:

- gli apparati di un costruttore non riuscivano a interpretare i segnali dei dispositivi di altri costruttori;

- nel momento in cui i computer riuscivano a connettersi fisicamente, non potevano colloquiare tra loro perché parlavano linguaggi diversi (per esempio usavano differenti Sistemi Operativi);
- i programmi applicativi non riuscivano a operare in un ambiente distribuito.

Con l'evolvere della tecnologia e con le pressioni degli utenti finali, gli organismi di standardizzazione crearono dei gruppi di lavoro per realizzare le reti come **sistemi aperti**. L'obiettivo era di avere reti *multi-vendor* in cui qualunque apparato di rete o computer fosse in grado di comunicare con qualunque altro apparato o computer, mediante una qualunque rete.

Per realizzare sistemi aperti è necessario stabilire delle regole comuni per lo scambio delle informazioni, quindi si devono definire dei **protocolli** e degli **standard**.

### ● Che cosa significa "protocollo"?

Come si è visto, nelle reti la comunicazione avviene tramite dispositivi in grado di trasmettere e ricevere informazioni. Chiaramente affinché il messaggio inviato sia *compreso* da chi lo riceve, è necessario che mittente e destinatario si accordino sulle modalità di trasferimento dei dati ("Sei pronto a ricevere il mio messaggio?"; "Sto per inviarti il messaggio", "Hai ricevuto il messaggio che ti ho inviato?", "Hai rilevato problemi in rete dalla tua parte?", ecc.) e su come deve essere costruito il messaggio. Infatti il destinatario deve saper interpretare secondo certe regole stabilite i dati ricevuti, altrimenti questi non sarebbero altro che sequenze di bit senza significato ("L'indirizzo del mittente è scritto dal 21° bit al 52° bit, quello del destinatario dal 53° bit al 84° bit").

Da qui nasce l'esigenza di definire dei **protocolli di comunicazione** che governino il trasferimento dei dati stabilendo come e quando le informazioni devono essere comunicate.

Un **protocollo** è un insieme di regole descritte in modo formale che vengono definite al fine di realizzare la comunicazione tra due o più entità. Un protocollo definisce come è codificata l'informazione (formato del messaggio) e le azioni da intraprendere in seguito alla trasmissione/ricezione di un messaggio o di altri eventi (per esempio in caso di errore si deve prevedere un'adeguata reazione).



La definizione di un protocollo si compone di tre parti:

- la **sintassi**: descrive come sono strutturati i dati (ossia l'ordine con cui si presentano);
- la **semantica**: descrive il significato delle varie sequenze di bit, consentendo al destinatario di interpretare correttamente ciò che ha ricevuto e di comportarsi di conseguenza;
- la **sincronizzazione**: descrive quando i dati vanno inviati, definendo sequenze temporali di emissione dei comandi e delle risposte.

I protocolli sono gestiti dal software di rete del dispositivo, gli utenti finali devono solo preoccuparsi dei dati che vogliono trasmettere e non dei protocolli utilizzati.

#### esempio

Per comprendere meglio il significato di protocollo, si può prendere come esempio il protocollo "umano" usato per inviare una lettera tramite il servizio postale e confrontarlo con quello usato dall'applicazione di posta elettronica del computer per inviare un messaggio (figura 1):

- il campo *indirizzo* scritto sulla busta corrisponde al campo *destinatario* del messaggio (nell'esempio 192.168.2.12);
- il campo *mittente* scritto sulla busta corrisponde al campo *sorgente* del messaggio (nell'esempio 192.168.1.25);
- il *contenuto* della busta corrisponde alle *informazioni* del messaggio.

Se non si seguono le regole stabilite dal protocollo per l'invio di una lettera tramite il servizio postale, per esempio non si scrive correttamente il campo indirizzo, essa non sarà ricevuta. Analogamente se l'indirizzo del computer destinatario del messaggio non è corretto, le informazioni inviate non arriveranno a destinazione.

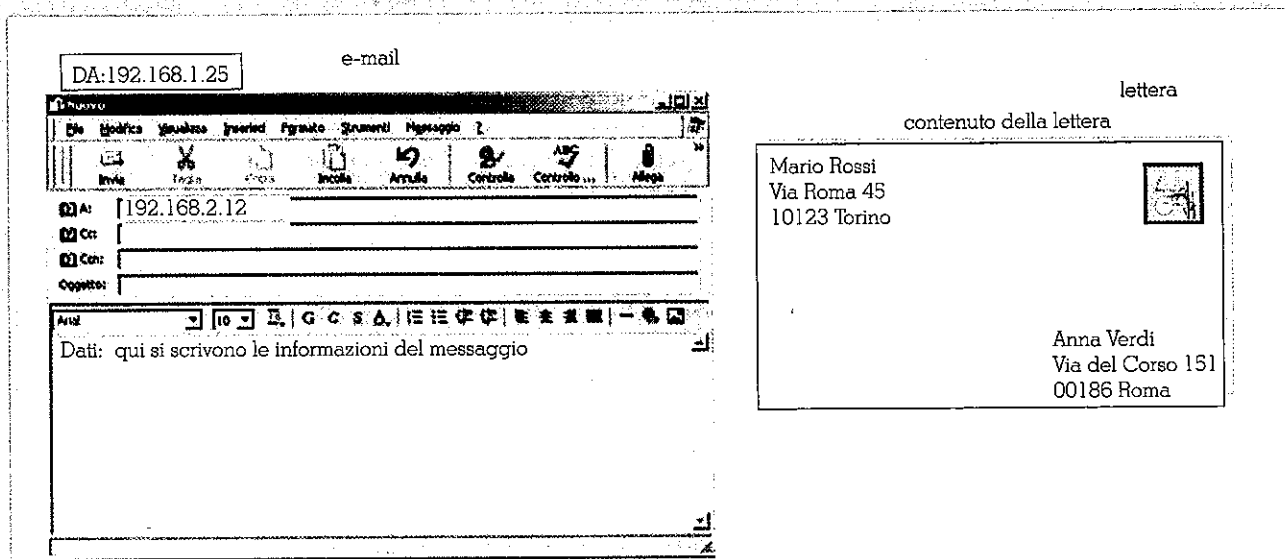


Figura 1 Confronto tra e-mail (posta elettronica) e lettera (tradizionale servizio postale)

## ● Che cosa significa "standard"?

La comunicazione tra due entità avviene quindi secondo un protocollo stabilito e noto ad entrambe. Cosa succede se, per esempio, i due dispositivi sono di produttori diversi che utilizzano nel loro software di rete protocolli diversi? La comunicazione diventa impossibile. È quindi necessario far riferimento agli **standard internazionali** che consentono di avere un mercato aperto e competitivo ("posso inserire nel mio computer la scheda di rete che preferisco, l'aderenza allo standard mi garantisce la comunicazione con qualunque altro computer della rete").

Gli standard sono importanti in qualunque campo, ma diventano indispensabili nei sistemi di comunicazione che consistono di molti componenti diversi che devono lavorare insieme. Questo obiettivo, di per sé ovvio, in realtà è spesso arduo da raggiungere in quanto è difficile mettere d'accordo produttori di apparati, gestori di rete, fornitori di servizi, ognuno con i propri interessi economici, nel definire standard a cui tutti si dovranno adeguare per garantire l'interoperabilità tra dispositivi e reti eterogenee.



Uno **standard** fornisce le linee guida a cui ci si deve adeguare per assicurare il livello di interconnessione necessario per realizzare comunicazioni in ambito locale e internazionale.

Nell'ambito delle telecomunicazioni esistono molti standard che vengono costantemente aggiornati o se ne creano di nuovi per riflettere le nuove forme di comunicazione, basti pensare all'evoluzione che nei primi anni Duemila ha portato al diffondersi delle reti senza fili.

Per meglio comprendere le reti usate per trasmettere le informazioni, i protocolli e gli standard relativi, può essere utile far riferimento a una *rete di trasporto*:

- le automobili (e ogni altro tipo di veicolo) sono i nostri messaggi che viaggiano nella rete;
- ogni guidatore deve stabilire un punto di partenza e un punto di arrivo (che nel nostro caso rappresentano il mittente e il destinatario del messaggio);

- durante il tragitto il guidatore deve rispettare delle regole definite nel codice della strada e comportarsi correttamente quando si trova a un incrocio o di fronte a un semaforo (queste regole sono i protocolli e gli standard che li definiscono).

## ● Vantaggi dell'uso delle reti

Le reti sono usate in molti ambiti: dalle aziende alle case, dalle scuole alle pubbliche amministrazioni, al fine di:

- accedere a banche dati;
- condividere software, per esempio applicazioni aziendali messe in rete usufruendo di una licenza "di rete" e non "per computer";
- condividere hardware, per esempio stampanti e scanner oppure lo spazio su una memoria secondaria;
- distribuire il carico di lavoro su più computer;
- aumentare le possibilità di comunicare, infatti i modi di comunicare si sono evoluti nel tempo: dal telefono alle e-mail, dai forum e chat alla videoconferenza, ai social network.

La **tabella 1** mostra le molte applicazioni attualmente usufruibili tramite una rete (si fa riferimento alla rete Internet).

in English, please

tabella 1 Applications using Internet

category	media	application descriptions
Interpersonal communications	Speech Image Text Text and images Speech and video Text, image, audio and video	Telephony, voice-mail, teleconferencing Facsimile Electronic mail Computer-supported cooperative working (CSCW) Video telephony, video mail, videoconferencing Multimedia electronic mail, multiparty video games etc.
Interactive application over the Internet	Text, image, audio and video	Information retrieval (news, weather, books magazines, video games, product literature etc.) Electronic commerce
Entertainment services	Audio and video	Audio/CD-on-demand Movie/video-on-demand Near movie/video-on-demand Analog and digital television broadcasts Interactive television

### verifica le tue conoscenze

1. Quali sono le caratteristiche di una comunicazione?
2. Spiega il significato di protocollo.
3. Spiega il significato di standard.
4. Quali vantaggi ci sono nel comunicare tramite le reti?

## L'evoluzione storica delle comunicazioni e dei computer

Fin dall'antichità l'uomo ha sempre tentato di rendere più agevole il procurarsi di che vivere. Basti pensare all'invenzione degli strumenti per la caccia (asce, archi) e di quelli per coltivare (aratri). Anche per comunicare ha trovato metodi che gli permettessero facilmente di scambiare informazioni con altre persone vicine e lontane. Ha quindi inventato la scrittura e per comunicare a distanza ha usato i tam-tam e i segnali di fumo prima e i sistemi di segnalazione basati sulle torri da fuoco poi (Romani e Cinesi). In pratica ha imparato a *codificare i propri messaggi*.

Anche nell'attività del calcolo si è ingegnato per trovare mezzi che lo aiutassero a svolgerla più velocemente e senza errori. Il primo strumento adatto a questo scopo, cioè di aiuto all'uomo nei suoi conti, fu l'**abaco**, che, utilizzato dalle popolazioni primitive, viene tuttora usato in alcune parti del mondo.

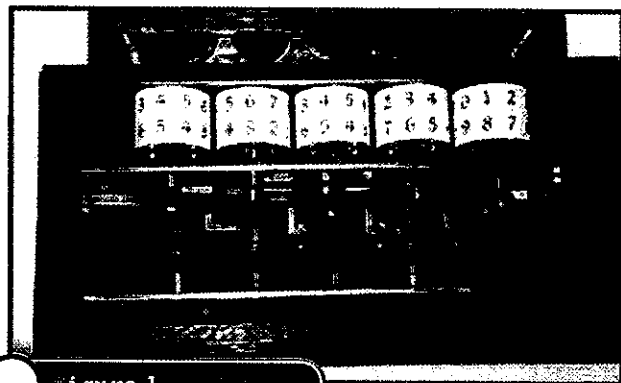


figura 1

Nel corso dei secoli si cercò di migliorare gli strumenti per il calcolo rendendoli più automatici e all'inizio del XVII secolo si ebbe un proliferare di progetti, idee e studi da parte di inventori e matematici.

**Blaise Pascal** viene considerato il primo ad aver inventato una vera macchina da calcolo funzionante per fare somme (nel 1642 realizzò la *Pascalina*, figura 1). Dopo Pascal furono innumerevoli gli studi e i progetti atti a migliorare la Pascalina, tra questi quello più pregevole fu sicuramente la macchina di **Leibniz** (1671) in grado di svolgere anche le moltiplicazioni e nel 1835 la *macchina analitica* di **Charles Babbage**. Quest'ultima univa le idee di macchine con ruote a riporto automatico e di programmi memorizzati su dei nastri opportunamente perforati, metodo usato per l'automatizzazione dei telai per la tessitura inventato intorno al 1700 da **Joseph Marie Jacquard**.

### ● La comunicazione a distanza

Nel frattempo anche la comunicazione tra le persone si stava evolvendo. Basandosi sul sistema di segnalazione delle torri da fuoco dei Romani e dei Cinesi nacque in Francia, alla fine del XVIII secolo, il *telegrafo ottico* ideato e sviluppato da **Claude Chappe**. Si trattava di un sistema di segnalatori meccanici collocati su una serie di torri, in contatto visivo reciproco. Anche in questo caso veniva associato un codice per ogni lettera da trasmettere.

Nel 1844 ai segnali ottici del telegrafo si sostituirono i segnali elettrici poiché erano facilmente trasferibili e potevano indifferentemente essere successivamente tradotti in segnali ottici, acustici o meccanici. Nacque così il *telegrafo elettrico*, perfezionato successivamente da **Samuel Morse** che sviluppò anche l'omonimo codice. Nel codice Morse i caratteri alfanumerici vengono descritti mediante due simboli, il punto e la linea, simboli corrispondenti alla lunghezza degli impulsi di corrente trasmessi.

Nel 1876 lo statunitense **Graham Bell** brevettò il primo **telefono** che permise lo scambio a distanza di conversazioni vocali in tempo reale, senza la mediazione di codici artificiali e telegrafisti. In realtà i primi esperimenti e il primo telefono furono realizzati dall'italiano **Antonio Meucci**. Dopo 113 anni di lunghissima polemica giudiziaria tra l'italiano (che per primo sperimentò la trasmissione vocale su cavo) e l'americano (che per primo brevettò e sviluppò l'invenzione in modo industriale), Antonio Meucci fu ufficialmente riconosciuto dalla camera di Washington come il vero inventore del telefono.

Inizialmente la commutazione delle linee avveniva in modo manuale grazie al lavoro delle centraliniste.

Nel 1889 **Almon B. Strowger** brevettò a Kansas City il primo efficace commutatore elettromeccanico.

Nel 1894 venne realizzata la prima centrale elettromeccanica.

Nel 1938 l'introduzione dei relè permise la realizzazione dei primi autocommutatori elettromeccanici.

Negli anni Quaranta e Cinquanta si sperimentò la prima teleselezione, un sistema che permise di stabilire direttamente, senza l'interposizione di un centralino, comunicazioni interurbane con la semplice composizione del prefisso teleselettivo prima del numero dell'apparecchio da raggiungere.

Tra il 1894 e il 1895 **Guglielmo Marconi** iniziò i primi esperimenti di trasmissione radio usando un rilevatore di onde elettromagnetiche chiamato *coherer*. Questo apparecchio nacque grazie alle esperienze iniziate nel 1770 da Luigi Galvani, che utilizzò le rane come rilevatori di onde elettromagnetiche, e alla teoria sui campi elettromagnetici del 1865 di James Clark Maxwell che venne completata sperimentalmente nel 1887 da Heinrich Rudolf Hertz e successivamente da Augusto Righi tra il 1891 e il 1894.

Il 2 giugno 1896 Guglielmo Marconi deposita il brevetto e crea il primo *telegrafo senza fili* dando inizio all'utilizzazione delle onde radio modulate per la trasmissione di suoni a distanza. Da questo momento l'evoluzione delle telecomunicazioni sarà vertiginosa.

Il 20/22 luglio 1898 venne realizzato il primo servizio giornalistico dal "Delay Express" di Dublino con la comunicazione dall'alto mare dei risultati delle regate del "Royal Yacht Club".



**Claude Shannon** nel 1938 dimostrò, utilizzando un circuito elettrico dotato di un interruttore, che il fluire di un segnale elettrico attraverso una rete di interruttori – che possono essere "accesi/spenti" – segue esattamente le regole dell'algebra di Boole ponendo così la base teorica dei sistemi di codificazione, elaborazione e trasmissione digitale dell'informazione. Nel 1948 pubblicò "Una teoria matematica della comunicazione" in cui introduceva per la prima volta in modo sistematico lo studio dell'informazione e della comunicazione seguito nel 1949 dal *teorema del campionamento* che definiva la minima frequenza necessaria per campionare un segnale senza perdere informazioni. Claude Shannon viene considerato il "padre della teoria dell'informazione e della comunicazione".

### ● Calcolatori per elaborare dati

Parallelamente alla crescita delle esigenze di comunicazione, cresceva la necessità di avere macchine calcolatrici.

Nel 1890 negli USA ci doveva essere il censimento, ma il numero eccessivo di dati previsti non avrebbe permesso di avere i risultati prima del censimento successivo, infatti per elaborare quelli del censimento del 1880 c'erano voluti 7 anni e nel frattempo la popolazione era cresciuta.

**Herman Hollerith**, un ingegnere statunitense, si rese conto che perforando in modo opportuno delle *schede* (figura 2) si sarebbero potuti memorizzare più facilmente i dati relativi alle persone e con opportune macchine si sarebbe potuto contare velocemente.

Grazie a questa intuizione i dati del censimento successivo vennero elaborati in soli due anni e mezzo anche se la popolazione era passata da 50 a 63 milioni di persone. La macchina costruita da Hollerith ebbe molto successo e venne utilizzata per i censimenti di molti altri stati (Austria, Norvegia, Russia). Per la prima volta si era riusciti a tenere separati i dati dalla macchina.

La macchina di Hollerith in seguito venne usata anche in altri tipi di applicazioni in cui era necessario gestire una grossa mole di dati.

Nel 1895 Hollerith fondò una società in grado di produrre calcolatori anche per applicazioni di tipo contabile, denominata IBM (International Business Machines). Le macchine allora erano di tipo meccanico, o al più elettromeccanico, e venivano chiamati **calcolatori**

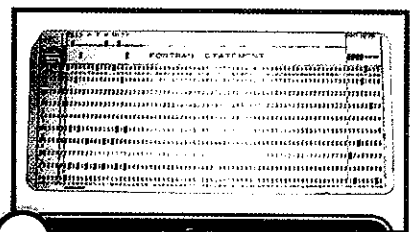


figura 2



Le schede perforate vennero standardizzate sulla dimensione della banconota da 1 dollaro per poter sfruttare per il trasporto gli stessi contenitori usati dalle banche per il denaro.



**meccanografici.** Questi elaboratori meccanografici vennero usati fino alla fine degli anni Cinquanta, quando cominciarono a essere sostituiti dai più moderni elaboratori elettronici. In Italia il primo elaboratore elettronico usato per attività contabili in un'azienda commerciale venne installato nel 1957 alla Dalmine, seguita dalla Banca d'Italia e dal Banco di Roma. I primi prototipi dei calcolatori elettronici comparirono verso la fine degli anni Trenta, erano in grado di fare operazioni complicate in pochi secondi. Questi vennero studiati e portati avanti in modo indipendente in Europa e in America, sulla spinta delle necessità della seconda guerra mondiale. Il tedesco **Konrad Zuse** realizzò lo Z1 nel 1938 e lo Z3 nel 1941 per poter effettuare dei calcoli per il progetto di aerei usando dei relè. Questi calcolatori vennero distrutti nei bombardamenti di Berlino.

In Gran Bretagna nel 1943 si realizzò il *Colossus* (di cui si scoprì l'esistenza solo nel 1975) per decrittografare i messaggi in codice dei tedeschi. All'Università di Harvard nel 1944 venne realizzato *Mark I* che riprende le idee di Babbage. Era composto da 78 calcolatrici, 800 km di cavi, 3300 relè, era controllato da un programma perforato su un nastro di carta e forniva i risultati utilizzando due macchine da scrivere elettriche. Era in grado di sommare due numeri di 23 cifre in 0,3 secondi e di moltiplicarli in 6 secondi. Viene considerato il capostipite dei moderni calcolatori poiché fu la prima macchina in grado di effettuare da sola dei calcoli una volta fornita dell'opportuno programma e dei dati.

## ● Gli elaboratori elettronici



figura 3

Come primo vero elaboratore elettronico si considera l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), nato nel 1946 per risolvere problemi di calcolo balistico, usato in seguito anche per altri scopi. Un computer quasi completamente elettronico, molto grande (30 tonnellate di peso, lungo 30 metri, alto 3 e profondo 1, occupava una superficie di 180 metri quadri) con componenti (fili, valvole, spinotti) che dovevano essere distanziati tra loro per permettere la dissipazione del calore. Per quei tempi era molto veloce anche se ancora rudimentale. Nato per risolvere un particolare tipo di problema necessitava di parecchi giorni di lavoro per cambiare manualmente la posizione degli interruttori e spostare gli spinotti in modo da essere in grado di risolvere un altro problema.

Solo con l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) si riuscirono a memorizzare sia dati sia programmi sulle schede per fornirli in input ai calcolatori (figura 3). Progettato nel 1945 da John von Neumann, entrò in funzione nel 1951: tutti i successivi elaboratori, compresi quelli attuali, si baseranno su questo tipo di architettura.

A partire dagli anni Cinquanta si è compreso che il software permette di trasformare una "macchina primitiva" in una macchina più ricca di funzionalità o radicalmente diversa da quella fisica. Tale macchina, dotata di un software opportuno viene denominata *macchina virtuale*.

Tra i pionieri che già negli anni Trenta arrivarono a definire in modo rigoroso le proprietà degli *algoritmi* va ricordato il grande matematico inglese Alan M. Turing. Egli introdusse un modello astratto di calcolatore universale e studiandone le caratteristiche raggiunse numerosi e importanti risultati ponendo le basi teoriche dell'informatica. Successivamente negli anni della seconda guerra mondiale fu coinvolto nel progetto segreto per la realizzazione del Colossus e nella decrittazione della macchina tedesca *Enigma*. Contribuì poi direttamente alla progettazione dei primi calcolatori elettronici a valvole in Gran Bretagna. Questi primi calcolatori (fino agli anni Cinquanta) funzionavano a valvole e rappresentarono la **prima generazione** di computer. Da questo punto in avanti l'evoluzione avvenne in modo sempre più veloce. Al calcolatore cominciarono a essere collegate varie periferiche per migliorarne le prestazioni (unità di input e di output) e vennero inserite delle memorie ausiliarie in grado di memorizzare nel tempo le informazioni (nastri e dischi magnetici al posto delle schede). Si svilupparono parallelamente nuovi linguaggi simbolici per descrivere il programma da fornire alle macchine. Lo sviluppo si ebbe principalmente nel campo del calcolo scientifico, poiché le aziende, ritenendo gli elaboratori elettronici ancora poco affidabili, preferivano continuare a usare sistemi meccanografici.

Nel 1948 William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain inventarono il *transistor*, di dimensioni molto piccole e in grado di svolgere il lavoro delle valvole, dando un grande impulso alla rivoluzione elettronica. Verso la fine degli anni Cinquanta molte apparecchiature elettroniche li utilizzavano, permettendo la realizzazione di apparecchi elettronici di formato molto ridotto (es. le radio a transistor tuttora usate). Si realizzarono i calcolatori di **seconda generazione** che ridussero le loro dimensioni aumentando nel frattempo l'affidabilità. Vennero introdotte periferiche sempre più sofisticate e veloci, per le stampe, per l'acquisizione dati (lettori ottici e uso di inchiostro magnetico) e per la memorizzazione (pile di dischi rimovibili). Nel 1959 in una mostra a Parigi venne presentato il primo computer commerciale giapponese a transistor della NEC: il NEAC 2201.

La **terza generazione** si ebbe nel 1964 con i *circuiti integrati*, piccoli pezzi di silicio su cui potevano essere disegnati migliaia di transistor. La velocità raggiunta da questi nuovi sistemi cominciò a misurarsi in "nanosecondi" (miliardesimi di secondo), una velocità mille volte superiore a quella dei calcolatori della precedente generazione.

I primi circuiti integrati comprendevano i componenti (transistor e altri elementi di supporto) sufficienti per realizzare solo alcune porte logiche, ma via via che il procedimento di integrazione si perfezionò, si ottennero circuiti integrati sempre più ricchi di componenti e dalle funzioni sempre più complesse, grazie a una miniaturizzazione sempre più spinta. Il calcolatore IBM 360 e il PDP-11 della Digital Equipment Corporation furono i primi elaboratori ad adottare i circuiti integrati.

Nel 1964 venne presentato il primo vero "calcolatore elettronico personale" realizzato al mondo grazie all'Olivetti, la *Programma 101* soprannominata la *Perottina* (figura 4), per essere stata progettata dall'ing. Giorgio Perotto.

Intanto nel 1965 Charles Kao formulò la teoria secondo la quale le informazioni potevano essere trasmesse usando la tecnologia delle *fibre ottiche*, che oggi vengono impiegate per trasferire enormi quantità di dati ad altissima velocità e che costituiscono il nerbo della rete mondiale di telecomunicazioni.

Tra le periferiche si diffondono i terminali, dispositivi dotati di video (o stampante) e tastiera per permettere la comunicazione con l'elaboratore anche a notevoli distanze.

Nel 1967 la IBM costruì il primo floppy disk (che era da 8 pollici).

Quando il livello di integrazione fu tale da permettere di realizzare tutte le componenti di un elaboratore su un'unica scheda si ebbero i *microprocessori* (**quarta generazione**).

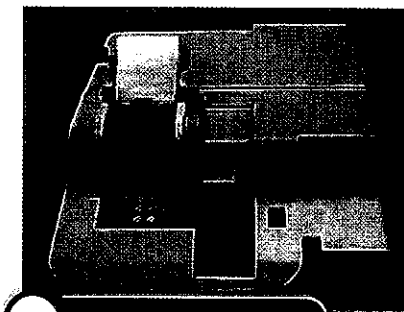


figura 4

## ● Il microprocessore

Era il 1971 quando tre ingegneri della Intel, Federico Faggin, Ted Hoff e Stanley Mazor, realizzarono un ulteriore passo in avanti in fatto di miniaturizzazione: progettaron e costruirono il primo microprocessore, cioè un'intera unità di calcolo (la CPU) in un singolo circuito integrato. Questo microprocessore fu denominato Intel 4004 (figura 5) e a esso sono seguiti numerosi altri modelli, sempre più sofisticati e potenti che, grazie al loro basso costo, hanno determinato l'attuale enorme diffusione dei calcolatori.

Da adesso in poi l'evoluzione sarà vertiginosa. Nel 1972, la Hewlett Packard rilascia il primo calcolatore scientifico portatile: l'HP 35. Nel 1976 Steve Jobs e Steve Wozniak disegnano e costruiscono l'APPLE I, che è principalmente costituito da un circuito su una sola piastra.

Nel 1981 anche l'IBM si butta nel mercato dei microprocessori con il primo PC IBM, nel 1984 la Motorola crea il processore MC68020 che contiene qualcosa come 250000 transistor. Nel 1985 la velocità dei supercomputer sale a 1 miliardo di operazioni al secondo, con il rilascio del nuovo CRAY 2 e della macchina a processori paralleli "Thinking machine". Sempre nel 1985 la Microsoft sviluppa Windows 1.0.

Anche le periferiche ebbero la stessa evoluzione, permettendo lo sviluppo e la diffusione dell'informatica a vari livelli.

Dai computer grandi come stanze si è arrivati a computer con capacità molto maggiori ma dimensioni molto ridotte, tali da poter essere collocati su auto, aerei ecc.

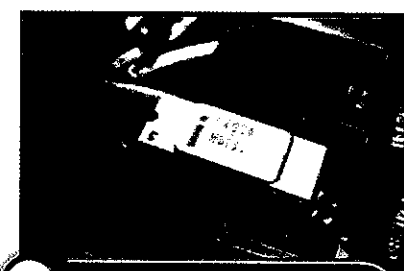


figura 5

## ● Le trasmissioni

Parallelamente allo sviluppo dei calcolatori, anche i mezzi per le comunicazioni si avvicinano al mondo digitale: il settore dei computer e quello delle telecomunicazioni hanno sempre più elementi in comune.

Nel 1962 Telettra e Siemens realizzano apparecchi PCM (Pulse Code Modulation) per la trasmissione e la commutazione numerica e vengono realizzati i primi elaboratori elettronici per il controllo delle centrali (primo incontro tra informatica e telecomunicazioni). Nel 1965 viene inaugurata la prima centrale elettronica (Saccasunna-USA ESS1).

Gli anni Settanta vedono il definitivo affermarsi delle trasmissioni numeriche e dell'elettronica nelle telecomunicazioni con la diffusione delle reti PCM e l'introduzione delle reti di segnalazione a canale comune (SS7). Nel 1975 a Chicago viene realizzata la prima centrale interamente elettronica (ESS-4).

Negli anni Ottanta vi sono le prime installazioni di ISDN (Integrated Services Digital Network). Nasce e si diffonde la **telefonia mobile** con la diffusione delle reti cellulari analogiche che diventeranno digitali negli anni successivi.

Negli anni Novanta si assiste alla convergenza tra telefonia tradizionale e trasmissione dati con l'introduzione delle reti intelligenti e la definizione della broadband ISDN (ATM).

Nel Duemila viene rotto definitivamente il confine tra telefonia e trasmissione dati con il trasporto della voce su reti a pacchetto (Internet Telephony o VoIP) e le reti cellulari a commutazione di pacchetto (GPRS) e a larga banda (UMTS).

Da non tralasciare l'uso dei **satelliti** per la comunicazione a distanza.

Nel 1946 avvenne il primo radiocollegamento utilizzando la luna come riflettore passivo dei segnali. Dal 1954 al 1962 con questo metodo avvenne il regolare servizio di comunicazione tra gli Stati Uniti e le isole Haway. Sfruttando le conoscenze e le tecnologie nate dalla corsa verso lo spazio degli americani e dei sovietici, nel 1960 vi furono i primi esperimenti di trasmissione tramite satellite artificiale in orbita bassa. Il 12 agosto 1960 gli USA lanciarono in orbita il primo satellite artificiale per le telecomunicazioni: Echo.

Nel 1962 venne messo in orbita Telstar 1, primo satellite per telecomunicazioni commerciali, in grado di trasmettere 600 conversazioni telefoniche o un canale televisivo, e nel 1977 Sirio, il primo satellite italiano.

tabella 1 Evoluzione del computer e delle telecomunicazioni

anno	personaggio	strumenti - teorie - esperimenti
1642	Blaise Pascal	Pascalina
1646 - 1716	Gottfried Leibniz	La macchina di Leibniz
XVIII sec.	Claude Chappe	Telegrafo ottico
1700	Joseph Marie Jacquard	Metodo per l'automatizzazione dei telai per la tessitura
1835	Charles Babbage	Macchina analitica
1865	James Clerk Maxwell	Teoria sui campi elettromagnetici
1876	Graham Bell	Brevetta il primo telefono
1887	Heinrich Rudolf Hertz	Approfondisce la teoria sui campi elettromagnetici
1889	Almon B. Strowger	Centraline telefoniche con primo efficace commutatore elettromeccanico
1890	Herman Hollerith	La macchina di Hollerith
1891 - 1894	Augusto Righi	Completamento teoria sui campi elettromagnetici
1894		Prima centrale elettromeccanica
1894 - 1895	Guiglielmo Marconi	Primi esperimenti di trasmissione radio
1896	Guiglielmo Marconi	Brevetto e creò il primo telegrafo senza fili

anno	personaggio	strumenti - teorie - esperimenti
1901	Guiglielmo Marconi	Prima trasmissione transoceanica
1904	Thomas Edison	Diodo
anni Trenta	Alan M. Turing	Modello astratto di calcolatore universale
1938		Primi autocommutatori elettromeccanici con introduzione dei relè
1938	Knorad Zuse	Z1, prototipo di calcolatore elettronico
1938 - 1949	Claude Shannon	Teoria dei sistemi di codificazione, elaborazione e trasmissione digitale dell'informazione
1940 - 1950		Teleselezione
1943		Colossus (UK)
1944	Università di Harvard	Mark1, calcolatore realizzato riprendendo le idee di Babbage
1946		ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), primo vero elaboratore elettronico
1946		Primo radiocollegamento utilizzando la luna come riflettore
1948	William Shockley, John Bardeen, Walter Brattain	Transistor
1951	John von Neumann	EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)
1954 - 1962		Regolare servizio di comunicazione tra gli Stati Uniti e le isole Haway
1957		Il primo elaboratore elettronico in Italia alla Dalmine
1957	Sputnik	Primo satellite artificiale sovietico nello spazio
1958	Explorer	Primo satellite americano
1959	NEC	Primo computer commerciale giapponese a transistor: il NEAC 2201
1960		Primo satellite artificiale per telecomunicazioni: Echo (USA)
1962	Telettra e Siemens	Apparecchi PCM (Pulse Code Modulation) per la trasmissione e la commutazione numerica
1962	Telstar 1	Primo satellite per telecomunicazioni commerciali
1964		Circuiti integrati
1964	Giorgio Perotto	Primo vero "calcolatore elettronico personale" all'Olivetti
1965	Charles Kao	Esperimenti con le fibre ottiche per trasmettere le informazioni
1967	IBM	Primo floppy disk (8 pollici)
1971	Federico Faggin, Ted Hoff e Stanley Mazer	Primo microprocessore Intel 4004
1972	Hewlett Packard	Primo calcolatore scientifico portatile
1976	Steve Jobs e Steve Wozniak	APPLE I
1977	Sirio	Primo satellite italiano
anni Ottanta		Prime installazioni di ISDN (Integrated Services Digital Network)
1981	IBM	Primo PC IBM
1985	CRAY 2	1 miliardo di operazioni al secondo
2000		Trasporto della voce su reti a pacchetto (VoIP), reti cellulari a commutazione di pacchetto (GPRS) e a banda larga (UMTS)

### verifica le tue conoscenze

1 Cosa realizzò Pascal?

2 Quale macchina è considerata il primo calcolatore elettronico?

3 Quale satellite fu usato inizialmente negli Stati Uniti per la comunicazione senza fili?

4 Chi inventò il primo personal computer?

## Dal sistema centralizzato alle reti

### ● Sistema centralizzato ad accesso locale

Nei primi sistemi di elaborazione tutta la potenza elaborativa si trova localizzata nel CED (Centro Elaborazione Dati) e per poter elaborare l'informazione bisogna trasportarla nel CED (figura 1). Inizialmente con i dati memorizzati su schede perforate, su dischi e nastri.

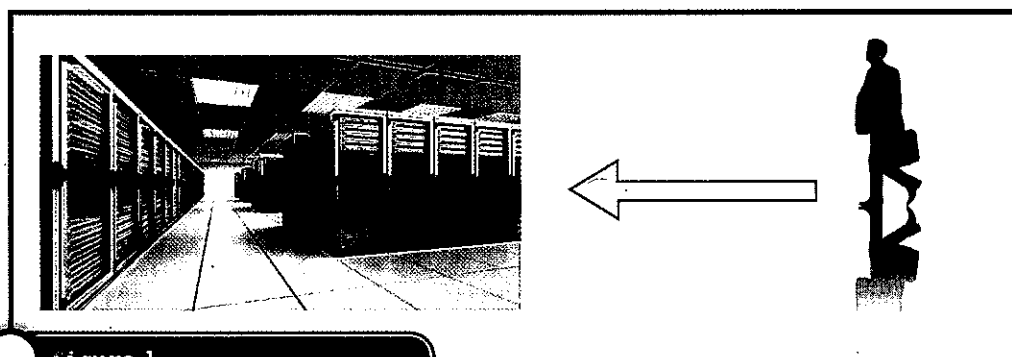


figura 1

### ● Teleprocessing

Per migliorare la fruibilità dei sistemi di elaborazioni successivamente si è passati ai Sistemi centralizzati ad accesso remoto. Si tratta di gestire un sistema centralizzato ad accesso remoto dove tutta la potenza elaborativa si trova localizzata su un unico elaboratore, il mainframe, e l'accesso, oltre che in locale, può avvenire tramite dei terminali che possono trovarsi anche a grande distanza dall'elaboratore. Siamo sempre di fronte a un elaboratore centrale, ma l'accesso può avvenire da remoto tramite dei terminali collocati in altre parti dell'azienda che vengono collegati all'elaboratore centrale per mezzo di cavi. In caso di distanze notevoli è possibile effettuare il collegamento tramite una coppia di modem.

Il collegamento può avvenire tramite sistema punto a punto, multipunto o concentrato. Nel sistema **punto a punto** ciascun terminale è collegato tramite una linea di trasmissione al sistema centrale (figura 2). Si tratta di una modalità molto costosa poiché per ogni terminale è necessario avere una linea e queste sono inoltre in numero limitato.

Nel sistema **multipunto** più terminali sono collegati tramite la stessa linea al sistema centrale (figura 3). Questo tipo di collegamento ha costi minori rispetto al precedente per quanto riguarda l'hardware: ci sono una sola linea di connessione e un minor numero di modem (uno collegato all'elaboratore centrale e uno per ogni terminale). Sono invece più elevati i costi per il software che deve inviare e ricevere messaggi dai diversi terminali che utilizzano una sola linea.

Il mainframe si collega a turno con i vari terminali tramite un meccanismo di *polling-selecting*. Nella fase di "polling" il mainframe si collega a turno con i vari terminali per riceverne i messaggi. Se il terminale con cui è stabilita la connessione ha dati da inviare, li trasmette, altrimenti il collegamento viene abbattuto e il mainframe stabilisce la connessione con il terminale successivo. Nella fase di "selecting" è il mainframe a dover inviare dati, pertanto invia sulla linea l'indirizzo del terminale con cui vuole colloquiare, il quale, riconoscendosi, si dispone a ricevere il messaggio.

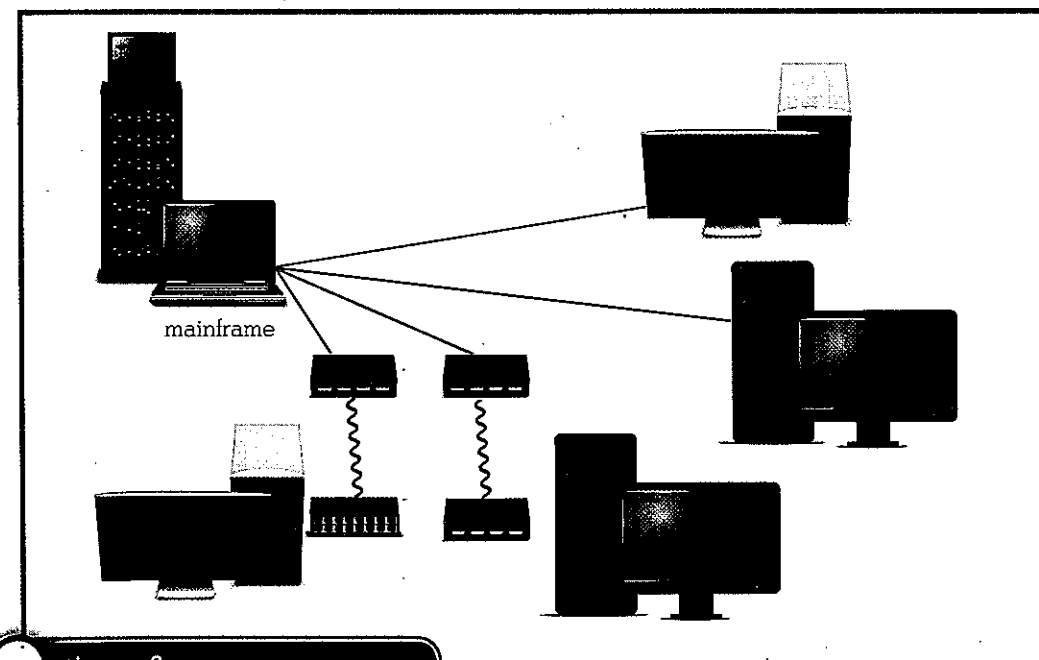


figura 2

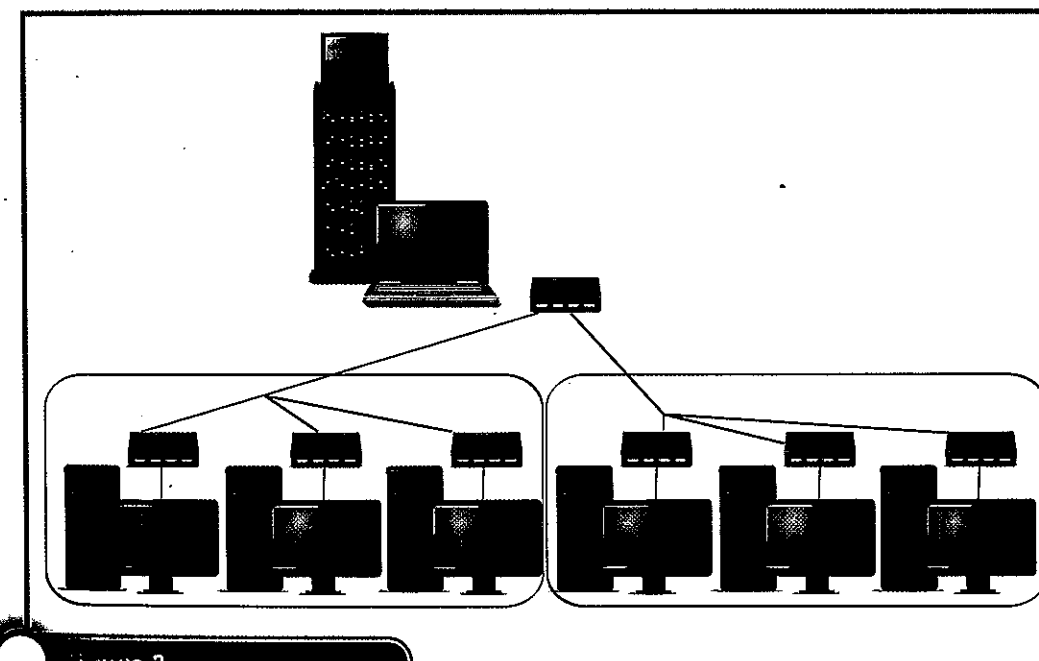


figura 3

In questo modo si riduce il numero di linee che escono dall'elaboratore, mentre, data la superiore velocità dell'elaboratore centrale rispetto ai terminali (e all'uomo) questi ultimi non si rendono quasi conto di operare in concorrenza con altri terminali.

Nei sistemi **concentrati** esiste un'unica linea uscente dal sistema centrale a cui viene collegato un concentratore. Vari terminali si collegano al concentratore (figura 4). Sovente i concentratori sono dei veri e propri elaboratori che possono memorizzare messaggi e distribuirli ai terminali periferici.

In questo modo si riduce il carico dell'elaboratore centrale perché la procedura di gestione del colloquio con i singoli terminali è affidata al concentratore. Il sistema concentrato risulta l'ideale per collegamenti a grandi distanze in modo da sfruttare al massimo la linea di comunicazione.

Un esempio tipico sono gli uffici anagrafici delle grandi città. In questo caso esiste un



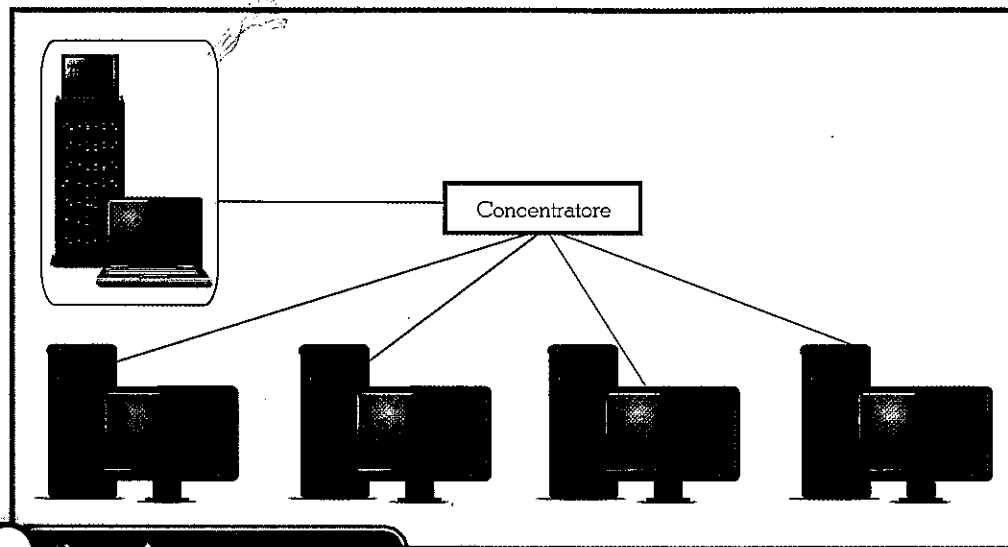


Figura 4

sistema centralizzato dov'è presente un elaboratore molto potente in cui sono conservati tutti gli archivi con le informazioni sui cittadini e uffici decentrati dotati di gruppi di terminali eventualmente collegati con un concentratore. I terminali richiedono all'elaboratore l'esecuzione di particolari procedure, per esempio per stampare lo stato anagrafico o il certificato di residenza, per variare il domicilio ecc. Quando i risultati delle elaborazioni sono pronti l'elaboratore invia gli output al terminale o alla stampante interessata.

Anche se il teleprocessing costituisce un valido modo di lavorare, esso presenta ancora alcuni limiti:

- un guasto all'elaboratore centrale o alla linea di collegamento provoca l'interruzione di tutte le attività, anche quelle periferiche;
- la linea risulta sovraccaricata con costi notevoli per le trasmissioni perché qualsiasi elaborazione deve essere richiesta all'elaboratore centrale.

## ● Le reti

Per superare i limiti presenti nel teleprocessing si è sviluppato il concetto di informatica distribuita: non esiste più un solo elaboratore al quale è affidato tutto il carico di lavoro, ma sono presenti tanti elaboratori in grado di scambiarsi dati e risorse attraverso un mezzo di comunicazione.

Diminuiscono così i costi per le trasmissioni poiché molte delle elaborazioni possono essere effettuate localmente, riducendo i disagi dovuti al guasto di un elaboratore o di un pezzo di linea. Infatti, in caso di guasto non è penalizzato tutto il sistema, ma solo la singola stazione di lavoro.



Una **rete** è un insieme di nodi (elaboratori o apparati) connessi tra loro da archi di collegamento (linee di comunicazione).

In analogia con gli elaboratori la rete si considera formata da due parti, una hardware e una software:

- la parte *hardware* è composta dalle connessioni di rete (cioè particolari schede inserite nel computer che permettono il collegamento con l'elaboratore) e dal mezzo trasmissivo, cioè il cavo (o eventualmente l'aria), che deve permettere il colloquio tra i nodi della rete;
- la parte *software* rappresenta il Sistema Operativo di rete ed è chiamata NOS (Network Operating System).

Quando si parla di nodi di una rete spesso si crea confusione sul termine elaboratore e terminale. Per terminale si intende un nodo generalmente non autonomo (una stampante,

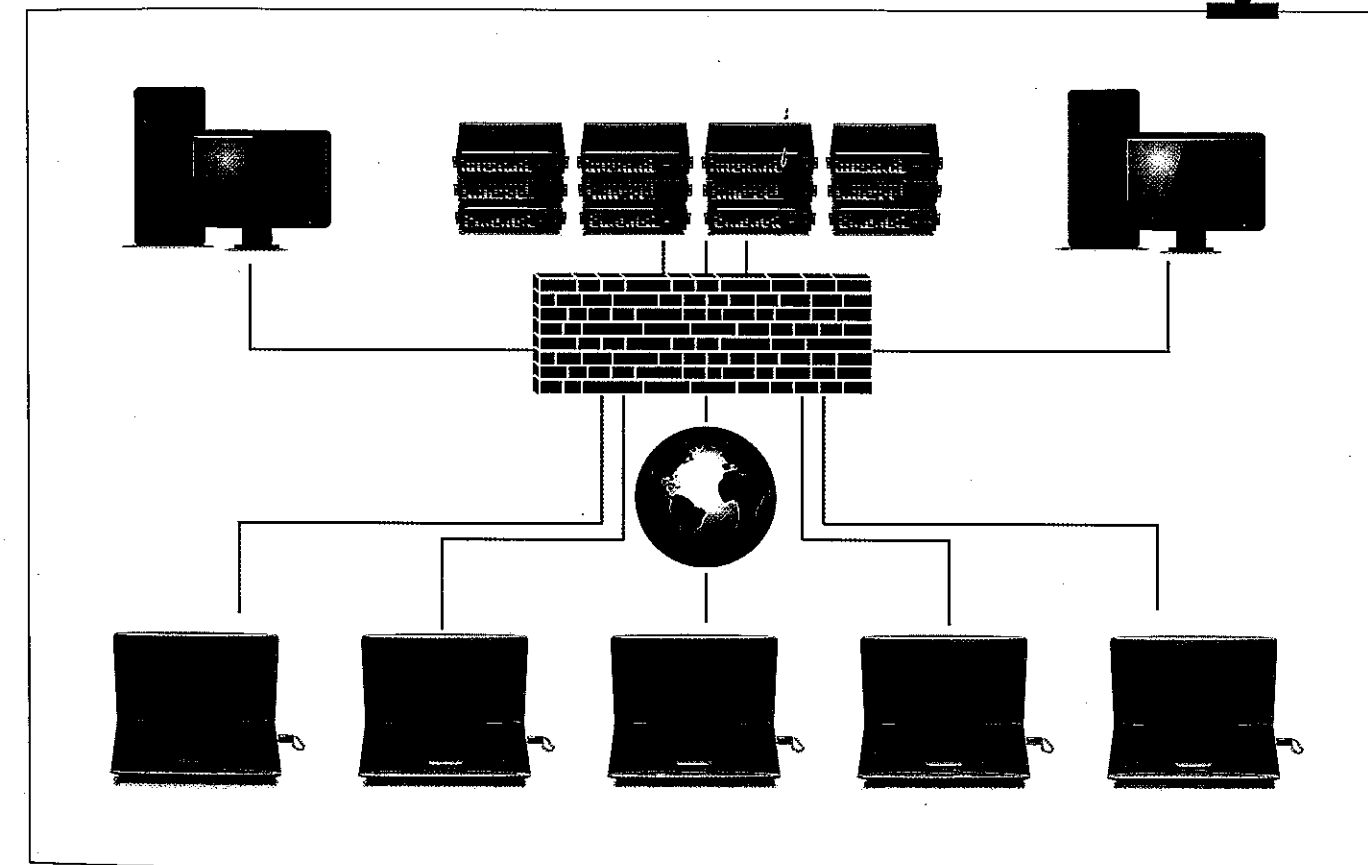
un videoterminale ecc.) che necessita di un elaboratore che lo controlli: è il caso del teleprocessing.

Cos'è che permette di differenziare l'ambiente "centralizzato" dall'ambiente "distribuito"?

Si parla di "rete di terminali" quando si è in presenza di un insieme di nodi che vengono gestiti dal Sistema Operativo dell'elaboratore centrale e quindi non esiste un vero e proprio Sistema Operativo di rete. Dal punto di vista sistemistico diventa perciò irrilevante che il terminale sia collegato direttamente alla macchina o si trovi insieme ad altri terminali in un altro edificio.

Si parla invece di "rete di elaboratori" quando si è in presenza di un "Sistema Operativo di rete".

In realtà la divisione non è così netta poiché normalmente una rete è composta da nodi elaborativi che comunicano tra loro, ognuno dei quali può a sua volta essere un elaboratore centrale a cui sono collegati più terminali. Inoltre c'è da considerare che oggi tutti i terminali sono dotati di una propria "intelligenza", dalle stampanti ai telefonini.



### verifica le tue conoscenze

1 Descrivi il teleprocessing e i miglioramenti che introdusse.

2 Che cos'è un sistema concentrato?

3 Che differenza c'è tra collegamento multipunto e punto a punto?

4 Che cosa si intende per rete?

## Il concetto di rete e i paradigmi di comunicazione

Attualmente le reti di computer sono formate da macchine in grado di lavorare in autonomia e collegate tra loro in modo da potersi scambiare informazioni.

Le reti possono essere realizzate secondo paradigmi diversi. I più usati al giorno d'oggi sono il Client-Server e il Peer-to-Peer.

### ● Modello Client-Server

È il paradigma applicato nella rete **Internet**: ogni servizio applicativo offerto sulla rete ha una componente *client* e una *server* (figura 1):

- **server**: è un processo che offre un servizio e può essere raggiunto attraverso la rete, è in grado di accettare le richieste che gli arrivano dai client, elaborarle, effettuare il servizio richiesto e restituire il risultato al richiedente (o un messaggio di errore se non è riuscito a soddisfare la richiesta); solitamente il processo server viene avviato all'accensione dell'host e rimane sempre attivo;
- **client**: è un processo che invia una richiesta a un server e resta in attesa della risposta; tipicamente diventa attivo quando deve inviare una richiesta e, una volta ricevuta la relativa risposta, diventa inattivo.

Le reti che applicano questo modello necessitano di un amministratore di rete che si occupi della gestione del server, di effettuare il backup dei dati e delle politiche di sicurezza.

Esempi di applicazioni sono: il servizio Web in cui il client è il browser (HTTP client) e il server un software "HTTP server" come Apache; altro esempio è il servizio di posta elettronica con client SMTP e server SMTP.

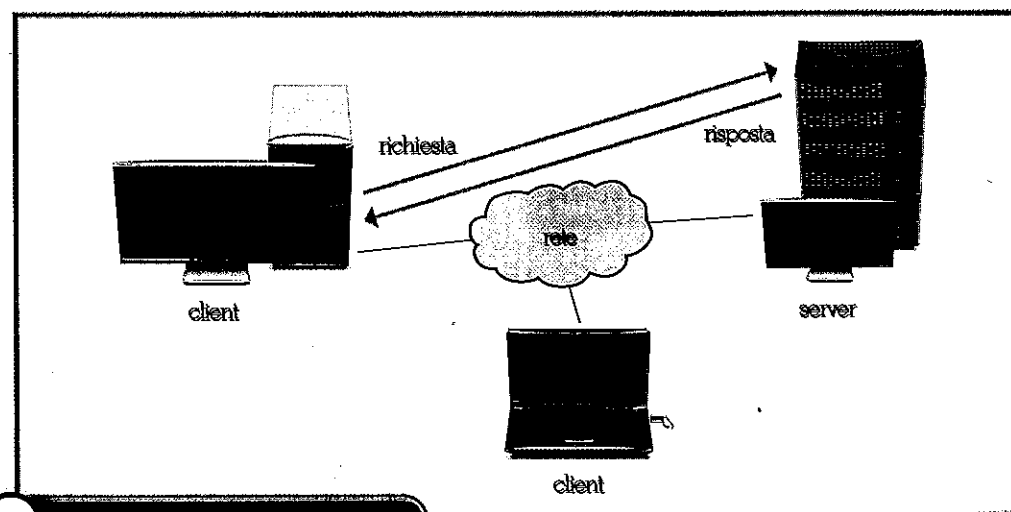


figura 1

### ● Modello Peer-to-Peer (P2P)

Le reti che applicano il modello Peer-to-Peer non prevedono la distinzione tra computer server e computer client, ogni computer ha un ruolo "paritetico" rispetto agli altri. I singoli utenti sono i responsabili delle risorse del proprio computer e possono decidere in autonomia quali risorse (hardware o software) condividere. Questa caratteristica comporta

l'assenza di un gruppo amministrativo centralizzato con la conseguenza che la sicurezza viene demandata al singolo utente e non esiste una politica comune, ma ogni computer decide la propria politica di protezione dei dati.

Questo modello si applica a reti piuttosto piccole, tipicamente con non più di 10 computer.

Esempi di applicazioni: Skype, BitTorrent.

#### in English, please

BitTorrent is a system developed by the BitTorrent Inc. It is a free, open source file-sharing application. The sites using BitTorrent platform to host P2P file-sharing are called "Torrents".

Vale la pena evidenziare che i confini tra Client-Server e Peer-to-Peer non sono poi così netti, infatti il modello P2P può essere costruito "sopra" il modello Client-Server, entrambi possono essere usati come base per applicazioni tradizionali o nuove.

In generale, però, si possono evidenziare alcuni vantaggi tipici delle reti P2P e delle reti Client-Server, come mostrato in **tabella 1**.

tabella 1 Vantaggi/svantaggi delle reti Peer-to-Peer e Client-Server

reti Peer-to-Peer		reti Client-Server	
vantaggi	svantaggi	vantaggi	svantaggi
non richiede un amministratore di rete	l'utente deve imparare alcuni compiti di gestione della rete	amministrazione centralizzata, utile per grandi reti	richiede la figura professionale di amministratore di rete
non richiede software specifico per l'amministrazione della rete	poco sicura	fornisce un buon grado di sicurezza	costi più alti per software specifico per la gestione e l'operatività della rete
poco costosa	le prestazioni dei computer che condividono le risorse possono diminuire significativamente	tutti i dati sono salvati su un computer centrale	richiede una piattaforma hardware potente (e costosa)
	non si adatta a grandi reti (ingestibili senza un amministratore)		il server è un "single point of failure", ossia se non funziona i dati non sono accessibili

#### verifica le tue conoscenze

- 1 Descrivi il modello Client-Server.
- 2 Descrivi il modello Peer-to-Peer.
- 3 Quali vantaggi offre una rete Client-Server?
- 4 Quali sono i limiti delle reti Peer-to-Peer?

## La sicurezza dei sistemi e delle reti

### ● Sicurezza in rete

Con la diffusione dei computer e della rete Internet, il problema della sicurezza nei sistemi informatici è diventato fondamentale. Se anche i computer standalone (cioè isolati) possono avere problemi di sicurezza, questi aumentano notevolmente nel momento in cui i computer sono connessi in rete. Infatti le reti, per loro natura, non sono sicure: la grande quantità di informazioni che transita continuamente in rete può essere intercettata e dati sensibili (per esempio numeri di carta di credito) usati per scopi illegali.

Per questi motivi, i sistemi attuali offrono sempre maggiori funzionalità per garantire la sicurezza dei dati.

Si deve garantire che i dati siano "sicuri" e "al sicuro", il che significa che i dati devono essere:

- **disponibili:** le politiche di sicurezza devono garantire l'accesso ai dati in qualunque momento;
- **riservati:** le politiche di sicurezza devono proteggere l'accesso alle informazioni da parte di utenti non autorizzati;
- **integri:** le politiche di sicurezza devono proteggere i dati da modifiche non autorizzate.

Un guasto a un disco di un server ne compromette la sicurezza in quanto i dati memorizzati in esso non sono più disponibili, come anche la modifica non corretta di un dato, dovuta a errore umano o del programma applicativo, lo rende inusabile in quanto non più "integro".

Anche se non del tutto eliminabili, molti problemi legati alla sicurezza possono essere prevenuti, soprattutto quelli causati accidentalmente e non per scopi fraudolenti. Alcune tecniche utilizzate riguardano:

- l'implementazione di *politiche di backup* dei dati in modo da poterli ripristinare;
- l'attivazione di misure di *prevenzione dei virus*;
- l'uso di tecniche di *fault-tolerance* (letteralmente di *resistenza ai guasti*) che consentono di offrire il servizio in modo continuativo anche a fronte di eventuali guasti;
- l'implementazione di meccanismi di *autenticazione* (per verificare l'identità dell'utente che vuole accedere ai dati) e *controllo degli accessi* (per definire quali operazioni può fare l'utente e su quali dati).

Se i sistemi sono in rete è necessario proteggere la rete interna tramite apparati come i firewall ed effettuare un monitoraggio continuo al fine di individuare eventuali tentativi di attacco.

### ● La cifratura

Gli sforzi maggiori per rendere le comunicazioni "sicure" vengono fatti nell'ambito della **cifratura** per evitare che un messaggio, intercettato da un sistema diverso da quello a cui era destinato, possa essere letto. Le tecniche di crittografia negli anni sono diventate sempre più sofisticate al fine di rendere i dati interpretabili solo da chi ne è il legittimo destinatario.

La crittografia è alla base anche dei meccanismi per:

- la **firma digitale**: garantisce l'attendibilità dei documenti in quanto consente di stabilire in modo certo chi ne è l'autore (proprio come si farebbe con la firma sul foglio di carta) e garantisce che il documento non possa essere modificato da qualcun altro;
- i **certificati digitali**: sono dichiarazioni di un'autorità che garantisce l'identità di una persona o di un sito Web.

Per poter scambiare i certificati digitali per l'accertamento dell'identità dei soggetti coinvolti nella comunicazione sono stati definiti dei *protocolli di protezione* che consentono di effettuare scambi di informazioni in modo protetto (figura 1).

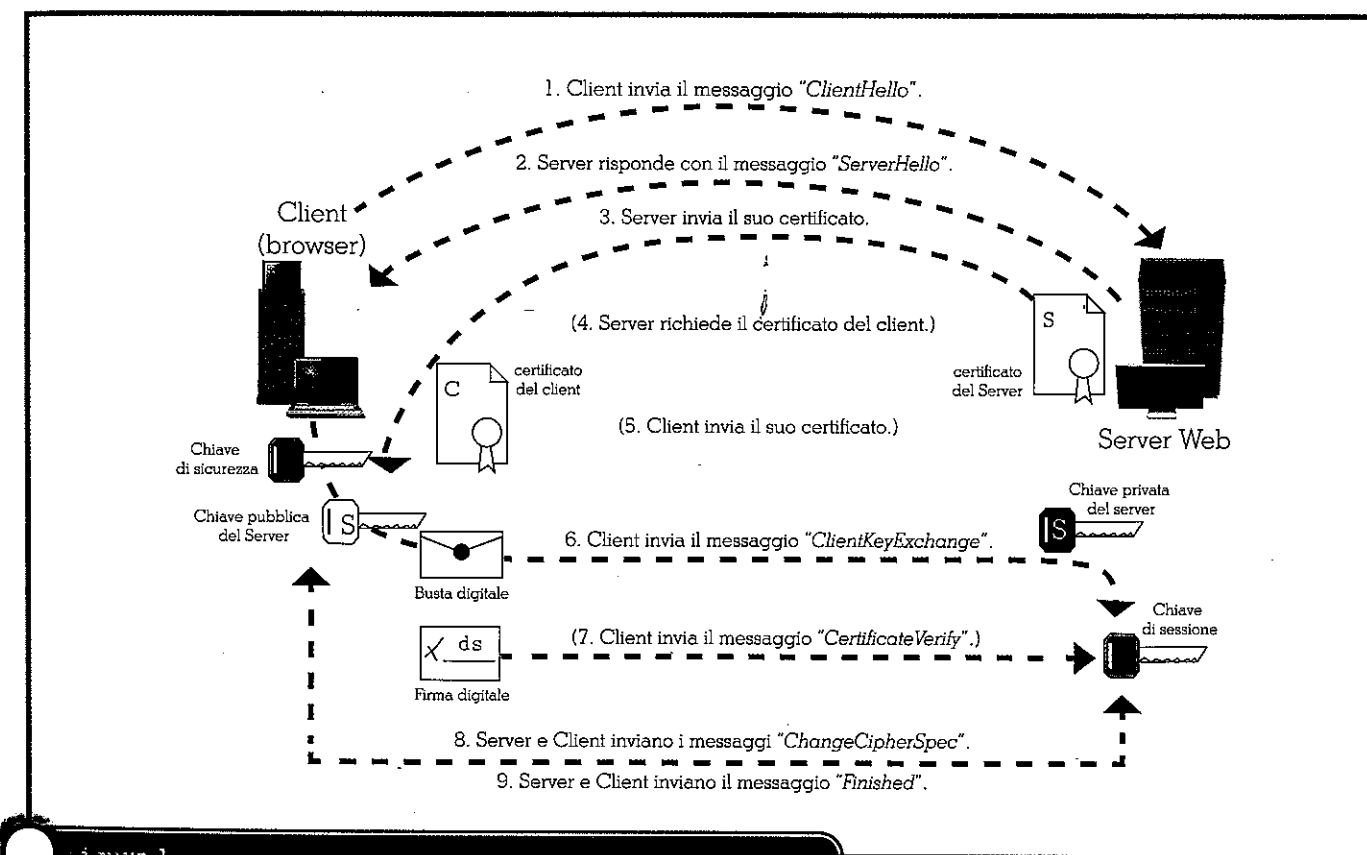


Figura 1

### verifica le tue conoscenze

- 1 Che cosa si intende per "sicurezza dei dati"?
- 2 Quali tecniche si possono usare per prevenire i problemi di sicurezza dei dati?
- 3 In quali contesti si utilizzano le tecniche di crittografia?
- 4 A cosa servono i certificati digitali?

## La struttura delle reti

### ● Classificazione delle reti

Le reti evolvono continuamente sia come progettazione che come utilizzo, diventando così sempre più complesse.

Nel nostro studio delle reti scopriremo come esse si possono distinguere e classificare in vari modi a seconda della caratteristica e funzionalità di interesse: in base a come sono organizzate, che tipo di dati trasportano, quali apparati di rete sono utilizzati, con quali mezzi fisici sono realizzati i collegamenti ecc.

Uno dei modi più classici di classificare le reti è basato sulla loro estensione geografica.

#### Local Area Network (LAN)

Tipicamente si tratta di reti non molto grandi, la cui estensione è confinata in un edificio o in un campus, senza attraversare suolo pubblico. Col tempo questa definizione è però evoluta verso un concetto meno fisico e più amministrativo: una LAN è un insieme di reti interconnesse che risulta essere sotto il controllo di un solo gruppo amministrativo che si occupa, in modo particolare, di gestirne la sicurezza in termini di controllo dell'accesso alla rete e delle operazioni che possono essere svolte tramite essa.

Tradizionalmente le reti LAN sono realizzate con cavi in rame (in alcuni casi anche con fibra ottica), negli ultimi anni, però, si è assistito alla sempre maggiore diffusione delle WLAN (Wireless LAN) che utilizzano onde radio per la trasmissione dati.

#### Metropolitan Area Network (MAN)

È una rete che copre l'area di una città, essa opera a velocità che sono paragonabili con quelle delle LAN.

#### Wide Area Network (WAN)

È una rete estesa geograficamente, che connette LAN sparse nel mondo. Poiché i nodi possono essere collegati anche a grandi distanze (migliaia di chilometri) vengono di norma utilizzati mezzi di comunicazione poco costosi e già ampiamente diffusi (generalmente le linee telefoniche) con la conseguenza che la trasmissione può risultare più lenta. Attualmente i gestori di servizi telefonici e telematici si stanno indirizzando verso l'impiego delle fibre ottiche in sostituzione dei cavi elettrici, così da rendere la trasmissione più veloce.

### ● Struttura generale

Tipicamente la struttura di una rete a livello nazionale (figura 1) è costituita da:

- una **rete di accesso**: connette gli utenti (residenziali o tramite LAN aziendale) ai nodi di accesso alla rete (*access node*), attualmente una delle tecnologie più usate nella rete d'accesso è l'ADSL e le sue evoluzioni, mentre sta avendo sempre maggiore diffusione l'accesso radio (*mobile*);
- una **rete metropolitana/regionale**: raccoglie il traffico generato da utenti locali creando flussi ad alta capacità diretti verso il backbone di rete, i nodi di accesso al backbone sono detti POP (*Point of Presence*);
- un **backbone** (dorsale): è la parte centrale della rete che realizza l'interconnessione di aree regionali e mette in comunicazione con le reti oltre il confine nazionale, tipicamente integra traffico voce, dati e video offrendo un'elevata affidabilità.

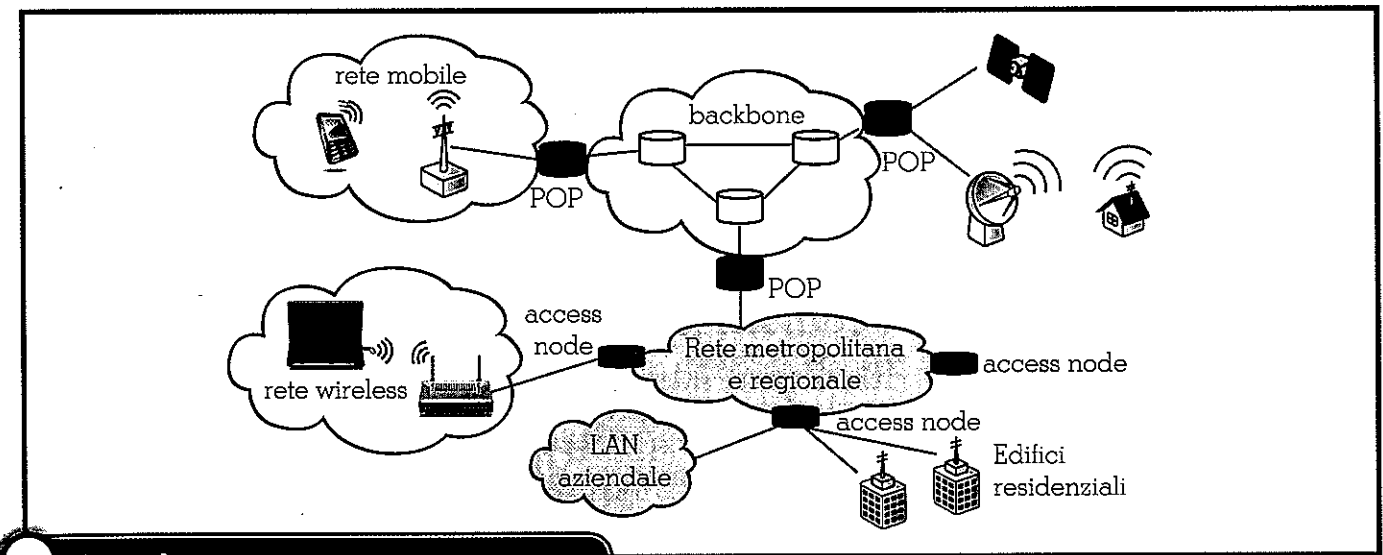


figura 1

Negli standard per le reti di telecomunicazione si fa spesso riferimento a una più generica rete (figura 2) formata da:

- **end system**: sono gli host degli utenti dove si trovano le applicazioni che trasferiscono i dati dal mittente al destinatario;
- **intermediate system**: sono i sistemi che si occupano di trasferire i dati nella rete, tra questi si distinguono:
  - **edge system** (spesso identificati come **edge router**): sono i sistemi di frontiera, quelli che si trovano "al bordo" della rete di transito;
  - **core system** (spesso identificati come **core router**): sono i sistemi di transito, quelli che effettuano l'instradamento dei dati all'interno del backbone.

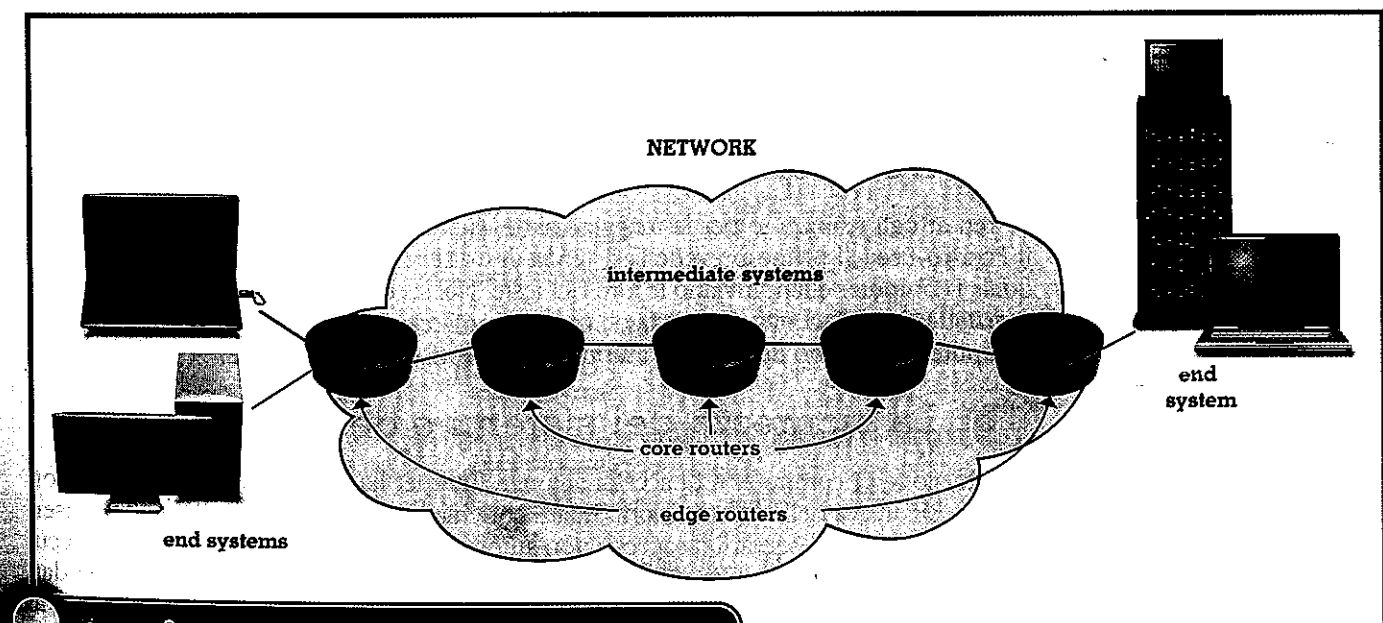


figura 2

### verifica le tue conoscenze

- 1 Come si possono classificare le reti in base alla loro estensione?
- 2 Che cosa si intende con "end system"?
- 3 Che cosa si intende con "intermediate system"?
- 4 Che differenza c'è tra un "edge router" e un "core router"?

lezione

1 La comunicazione

La comunicazione tra due sistemi è il processo che consente a essi di scambiarsi delle informazioni. Affinché avvenga la comunicazione è necessario definire a livello *logico* il linguaggio utilizzato dai due sistemi e a livello *fisico* come avviene la trasmissione delle informazioni. Per realizzare la comunicazione tra sistemi è necessario implementare i *protocolli* di comunicazione definiti negli *standard* internazionali.

lezione

2 L'evoluzione storica delle comunicazioni e dei computer

Nei secoli l'esigenza di comunicare ha portato all'invenzione di strumenti e tecnologie sempre più evoluti dal telegrafo al telefono fino ad arrivare ai nostri giorni con trasmissioni che consentono di trasferire non solo la voce e i dati, ma anche audio e video. Parimenti sono evoluti i computer dalle prime macchine meccaniche all'avvento dell'elettronica e dei circuiti integrati che hanno portato alla realizzazione dei microprocessori e quindi di computer di dimensioni ridotte ma con potenza elevata.

lezione

3 Dal sistema centralizzato alle reti

Nei primi sistemi la potenza elaborativa era localizzata su un grande elaboratore centrale (il mainframe) situato nel CED, questo scenario si è poi evoluto verso forme decentralizzate fino ad arrivare alla "distribuzione" del carico elaborativo. In questo contesto sono presenti più computer in grado di scambiarsi dati attraverso un canale di comunicazione, si parla quindi di computer "in rete".

lezione

4 Il concetto di rete e i paradigmi di comunicazione

Le reti attuali realizzano per la maggior parte due diversi paradigmi: il Client-Server e il Peer-to-Peer. Il primo prevede l'esistenza di un server che offre uno o più servizi e al quale i computer client inviano le loro richieste. Nel secondo ogni computer ha un ruolo "paritetico" rispetto agli altri, i singoli utenti sono i responsabili delle risorse del proprio computer e possono decidere in autonomia quali risorse condividere.

lezione

5 La sicurezza dei sistemi e delle reti

La diffusione di computer e di accessi alla rete Internet ha reso di fondamentale importanza la sicurezza delle informazioni. Infatti si richiede che i dati siano disponibili, riservati e integri e di preservarli da accessi non autorizzati e fraudolenti. Nel momento in cui le informazioni transitano in rete è necessario introdurre tecniche di crittografia dei dati al fine di garantire che solo il destinatario del messaggio sia in grado di leggerlo, oltre ai certificati digitali usati per certificare l'identità dell'interlocutore.

lezione

6 La struttura delle reti

Le reti si possono distinguere e classificare in vari modi, uno di questi si basa sull'estensione della rete: locale, metropolitana e geografica. La tipica struttura di una rete a livello nazionale prevede una rete di accesso alla quale si connettono gli utenti, una rete metropolitana/regionale che raccoglie il traffico locale e lo convoglia sul backbone nazionale in grado di far transitare le informazioni verso le reti estere (creando così l'internetworking!).

unità



Introduzione alla comunicazione

Ripasso MP3

- 1 Quali esigenze hanno portato alla diffusione delle reti di computer?  
→ L1
- 2 Spiega il significato di protocollo di comunicazione.  
→ L1
- 3 Perché è necessario seguire gli standard?  
→ L1
- 4 Quali sono i vantaggi di un sistema distribuito rispetto ad un sistema centralizzato con un terminale per ogni utente?  
→ L3
- 5 Che differenza c'è tra una rete basata sul modello Client/Server e una rete che realizza il modello Peer-to-Peer?  
→ L4
- 6 Quali sono le principali problematiche legate alla sicurezza dei dati?  
→ L5
- 7 Cosa ha comportato, dal punto di vista della sicurezza, il connettere i computer in rete?  
→ L5
- 8 Quali sono le caratteristiche principali delle reti locali, metropolitane e geografiche?  
→ L6
- 9 Descrivi la tipica struttura di una rete di telecomunicazione.  
→ L6
- 10 Spiega qual è il ruolo degli "end system" e degli "intermediate system" nelle reti. Nella rete Internet gli intermediate system sono anche chiamati "core router", gli "edge router" invece, dove si collocano?  
→ L6





**Abstract**

**AN INTRODUCTION TO COMMUNICATION**

Communication between two systems is the process enabling them to exchange information. For this to occur between two systems, which may be remote from each other, they must be interconnected by a communication network. It is also essential that they implement the same protocols, that is, follow established rules governing the sending and receiving of messages on the network. Protocols are defined by international standards to which every entity operating on the network must conform so as to ensure communication, even between

systems and networks of a different kind. The historical evolution of forms of communication and devices has led to modern computer networks which implement two different paradigms: Client-Server and Peer-to-Peer. The ever increasing use of networks for the exchange of information has highlighted the problem of computer and network security: this has stimulated an ongoing search for increasingly sophisticated tools so as to ensure the security of data stored on computers and sent over network.

**Exercise**

Use the appropriate number to match words and meanings.

...	Access	1	A system with a central mainframe accessed from remote terminals
...	Edge	2	An application used to interact with a Web server
...	Core	3	Allows you to send commands to a mainframe
...	Wired network	4	It uses the radio frequency spectrum
...	Terminal	5	It is installed between the access device and the core device
...	Browser	6	A network in which all the components are connected with cables
...	Teleprocessing	7	To connect to the network
...	Wireless network	8	A router in the backbone

**Glossary**

**Backbone:** it is the part of a network that acts as the primary path for all network traffic, which requests a very high bandwidth. A backbone network of a service provider connects many enterprise networks.

**Client:** network clients are computers on the network that allow users to request shared resources on the servers.

**End system:** device which users may use to access the information at a remote site.

**Host:** a device (such as computer, server, printer, etc.) that can communicate on the network.

**Intermediate system:** device which does not directly support users, but forwards received data towards the destination.

**Internetworking:** it is the process of interconnecting a

number of individual networks to provide a path from a host on one network to a host on another network.

**Network:** it consists of devices connected by media (cable, fiber-optic, microwave, etc.)

**P2P:** Peer-to-Peer is a network in which resources and files are shared without a centralized management source.

**Protocol:** a protocol is a set of rules for the exchange of data between a terminal and a computer or between two computers. A protocol is embedded in the network software.

**Server:** a computer providing shared resources on the network and allows clients to access this information.

**Standard:** standards provide guidelines for interoperability among devices from different vendors.

Glossario



**Struttura dell'elaboratore**

**Competenze**

- Individuare le caratteristiche di un elaboratore dai dati tecnici.
- Confrontare le caratteristiche e le prestazioni di elaboratori diversi.

**Conoscenze**

- Conoscere le funzionalità di un elaboratore.
- Conoscere la struttura interna di un elaboratore.
- Conoscere le caratteristiche dei dispositivi interni di un elaboratore.

**Abilità**

- Valutare le prestazioni di un elaboratore partendo dalle sue caratteristiche tecniche.
- Saper scegliere i dispositivi più adatti alle caratteristiche tecniche di un elaboratore.
- Saper riconoscere i dispositivi interni di un elaboratore.

**Prerequisiti**

- Conoscere le funzionalità essenziali di un elaboratore.
- Conoscere le periferiche principali presenti in un elaboratore.
- Saper utilizzare le funzioni principali di un elaboratore.

**Accertamento dei prerequisiti**

- Una tastiera di un elaboratore consente di:
  - digitare testi e numeri ed eseguire comandi
  - digitare testi e numeri
  - eseguire comandi
  - digitare testi ed eseguire comandi solo insieme ad altre periferiche
- Il Sistema Operativo si occupa di:
  - eseguire programmi
  - riconoscere le attività che l'utente svolge con le periferiche ed eseguire le conseguenti attività
  - consentire un utilizzo semplice dell'elaboratore
  - gestire l'immagazzinamento dei dati
- Un Sistema Operativo di tipo testuale:
  - richiede la scrittura dei comandi
  - consente di utilizzare sia mouse che tastiera per impartire comandi
  - consente di scrivere solo testi
- Il salvataggio di un file e un'operazione:
  - è eseguita sempre automaticamente dal Sistema Operativo
  - è eseguita su comando dell'utente
  - è impostata automaticamente quando si installa il Sistema Operativo
  - è inutile
- Installare un programma significa:
  - avviarlo
  - scrivere i file necessari per il suo funzionamento sull'hard disk e modificare le impostazioni del Sistema Operativo in modo che funzioni
  - scrivere i file necessari per il suo funzionamento nella RAM e modificare le impostazioni del Sistema Operativo in modo che funzioni
  - copiare i file del disco di installazione sull'hard disk
- Il microprocessore è:
  - una delle periferiche dell'elaboratore
  - un componente fondamentale dell'elaboratore
  - un'importante periferica per l'esecuzione dei giochi
  - un'importante periferica per l'esecuzione dei programmi più complessi

# Modello funzionale

## ● Modello di Von Neumann

Nel 1945 il matematico J. Von Neumann propose un modello di architettura per elaborare e gestire dei dati (figura 1).

Questo modello è quello tuttora utilizzato in tutti gli elaboratori. L'evoluzione ha riguardato i singoli elementi e l'ottimizzazione del funzionamento dei vari elementi tra loro.

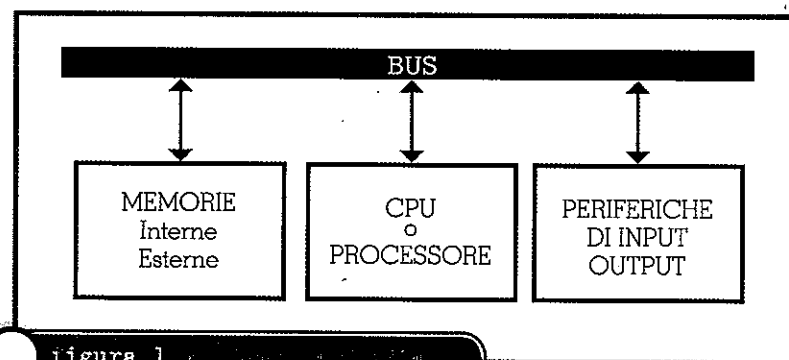


figura 1

Fisicamente gli elementi che compongono l'elaboratore si trovano sulla scheda madre (motherboard). Su tale scheda sono realizzati tutti i collegamenti elettrici e sono montati i connettori necessari per i vari dispositivi. Esterni alla scheda madre sono l'alimentatore, che fornisce l'energia elettrica per il funzionamento di tutti i dispositivi e le periferiche di massa (hard disk, lettori/masterizzatori di supporti ottici (CD/DVD)). Su un lato della scheda (figura 2) sono presenti tutti i connettori che saranno utilizzati per i collegamenti con l'esterno.

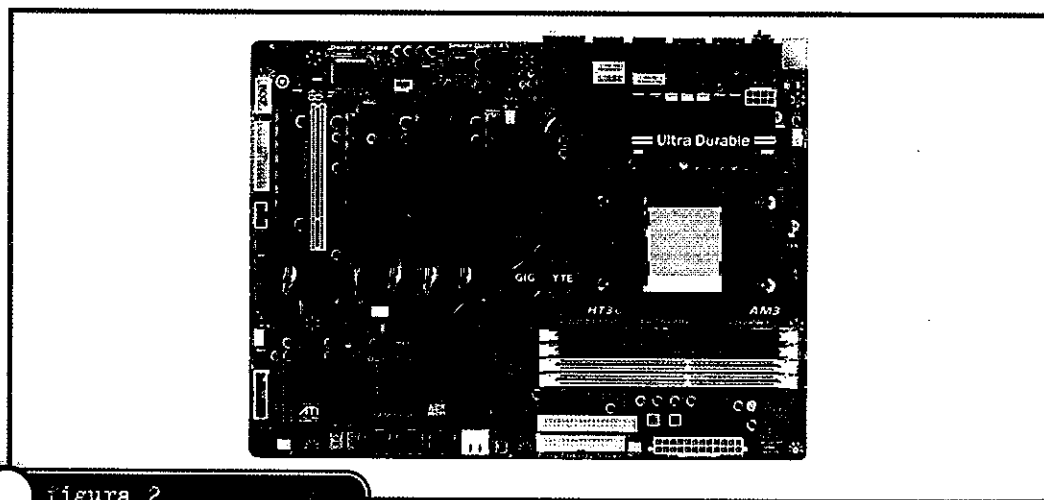


figura 2

## ● CPU o processore

I termini CPU e processore sono spesso usati in maniera intercambiabile perché solo in elaboratori più recenti la CPU è costituita da più microprocessori distinti.

La CPU o processore si occupa di:

- ricevere dei comandi e dei dati da elaborare;
- gestire la funzionalità delle periferiche e della memoria in base alle esigenze di elaborazione.

La CPU è l'elemento principale di elaborazione di una macchina di Von Neumann, mentre il microprocessore è il dispositivo fisico che realizza le funzioni della CPU.

## ● Memorie

Le memorie contengono al loro interno i dati e i comandi che il processore dovrà elaborare. Si suddividono in memorie interne ed esterne. Le prime sono veloci ma di capacità ridotta

e costo elevato per byte memorizzato; esse contengono gli elementi che il processore deve immediatamente elaborare o che ha appena finito di elaborare. Le memorie esterne sono più lente di quelle interne ma di elevata capacità e costo più basso per byte memorizzato; esse consentono di conservare i dati utilizzati meno frequentemente. Nella tabella 1 sono mostrati alcuni esempi di memorie con le relative caratteristiche.

tabella 1 Esempi di differenti tipi di memorie

tipo	posizione	capacità	velocità di trasferimento dati	costo (€) per GB (2011)
RAM	interna	4GB	10GB/s	5,94
USB key	esterna	4GB	20MB/s	1,56
SSD	esterna	240GB	500MB/s	1,48
Hard disk	esterna	300GB	600MB/s	0,074

## ● Periferiche di input e output

Le periferiche sono dispositivi che consentono al processore di "dialogare" con l'utente, ossia di ricevere informazioni dall'esterno e di fornire i risultati delle elaborazioni in modo comprensibile all'utente.

Le periferiche che inviano dati al processore sono dette di "input" (ingresso), mentre le periferiche alle quali il microprocessore invia i dati sono dette periferiche di "output" (uscita).

## ● Bus

Con il termine "bus" si identifica un insieme di collegamenti e dispositivi che consente a processore, memorie e periferiche di "dialogare" tra loro scambiando dati (Data bus = bus dati), informazioni sulla posizione dei dati (Address bus = bus indirizzi) e sul loro stato di funzionamento (Control bus = bus di controllo).

L'insieme dei tre bus costituisce il bus di sistema (System bus) (figura 3).

Per definire se una periferica è di input o di output bisogna far riferimento al verso del flusso dei dati rispetto al microprocessore.  
Input: il microprocessore riceve i dati dalla periferica.  
Output: il microprocessore trasferisce i dati verso l'esterno.

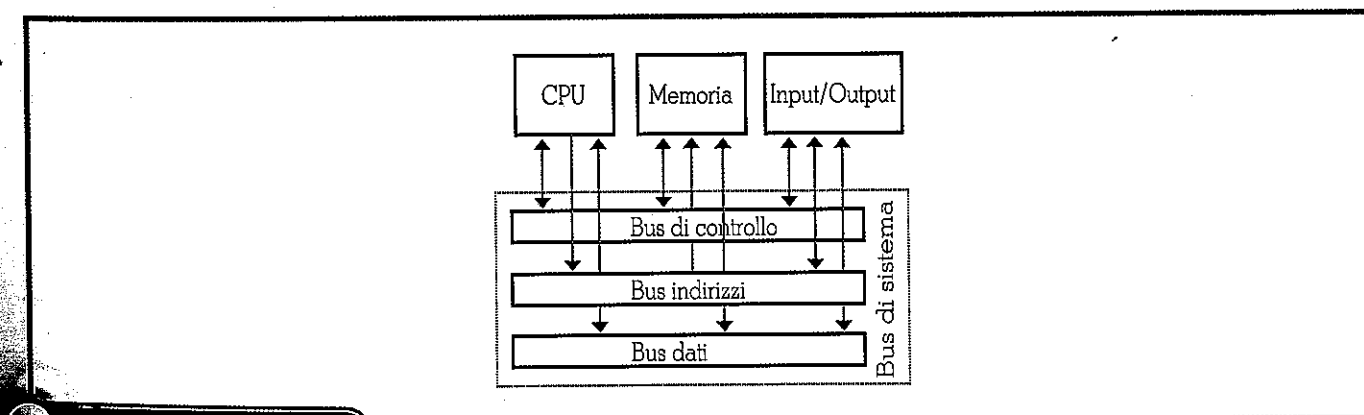


figura 3

### verifica le tue conoscenze

- 1 Che cos'è la CPU?
- 2 A che cosa serve la scheda madre?
- 3 A che cosa serve il Control-bus?
- 4 Che legame c'è tra CPU e microprocessore?

## Il processore

### ● Il processo di elaborazione

Il processore costituisce l'elemento fondamentale di un elaboratore in quanto elabora i dati provenienti dalle varie unità in base ai comandi che gli sono dati. La sua capacità di elaborare grandi quantità di dati deriva principalmente dalla velocità con cui esegue operazioni relativamente semplici realizzate con circuiti su silicio molto piccoli e veloci (il circuito completo di un microprocessore ha dimensioni di un cubo di silicio di qualche millimetro di lato). Le dimensioni esterne (un contenitore di alcuni centimetri di lato, come si vede in **figura 1**) sono dovute alla necessità di collegare il circuito vero e proprio con circa 200 collegamenti esterni.

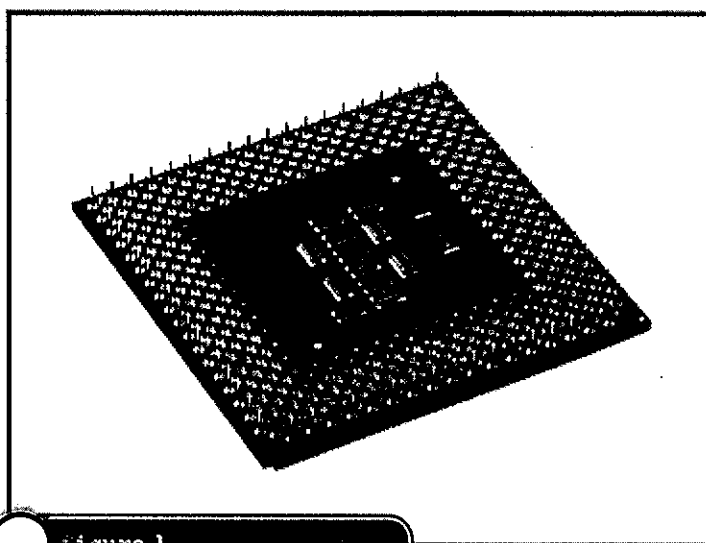


figura 1

Le operazioni che il microprocessore può compiere sono sostanzialmente:

- somma (le altre operazioni sono trasformate in somme con alcuni accorgimenti matematici grazie alle proprietà dei numeri binari);
- spostamento dati;
- controllo delle memorie e delle periferiche collegate attraverso il bus.

Per poter comunicare con gli altri dispositivi il microprocessore ha la necessità che questi siano sincronizza-

ti, vale a dire eseguono delle operazioni e comunichino con il microprocessore in istanti ben precisi.

Questa sincronizzazione è realizzata utilizzando un segnale elettrico comune a tutti i dispositivi: il clock.

È un segnale costituito da impulsi elettrici di ampiezza e frequenza costanti. Se un dispositivo termina l'esecuzione di un'operazione nell'intervallo di tempo tra un impulso e l'altro, potrà fornire i risultati agli altri dispositivi solo quando giungerà l'impulso successivo.

### ● Velocità di elaborazione

La velocità di elaborazione di un microprocessore dipende prevalentemente da:

- a) numero di bit che è in grado di elaborare simultaneamente (parallelismo dati);
- b) frequenza del clock;
- c) struttura interna del microprocessore;
- d) numero unità di elaborazione (core integrati);
- e) velocità delle periferiche collegate al microprocessore.

#### Parallelismo dati

La possibilità di eseguire operazioni con molte cifre consente al microprocessore di elaborare dati senza dover suddividere gli elementi da elaborare in più parti.

#### Velocità di clock

Maggiore è la frequenza di clock, più velocemente saranno eseguite le operazioni. L'aumento della frequenza è limitato dalla disposizione interna ed esterna dei collegamenti

e degli elementi che costituiscono il microprocessore. Inoltre l'aumento della frequenza fa aumentare notevolmente il calore emesso dal microprocessore, che quindi dev'essere opportunamente raffreddato.

#### Struttura interna

Nel corso dell'evoluzione del microprocessore sono stati sviluppati circuiti che riescono a eseguire più operazioni contemporaneamente, velocizzando il funzionamento complessivo. Inoltre i collegamenti interni del microprocessore sono stati ottimizzati rendendo più veloce il collegamento tra i vari circuiti.

#### Numero di core

Dal 2005 la corsa all'aumento della frequenza di clock si è fermata a causa dei notevoli problemi di raffreddamento. Si è preferito integrare su un unico dispositivo più microprocessori che si suddividono il compito di elaborare i dati, ma esternamente si ha un'unica CPU che lavora molto più velocemente.

#### Velocità delle periferiche

Uno dei problemi che storicamente ha interessato gli elaboratori è la notevole differenza di velocità tra il microprocessore e le periferiche. In particolare la memoria interna è quella che ha il maggior scambio di dati con il microprocessore; se è relativamente lenta, il microprocessore dovrà attendere che la memoria legga o scriva i dati che scambia con esso rallentandone il funzionamento. Si ha il fenomeno del "collo di bottiglia" (bottleneck), rappresentato in **figura 2**, dove la velocità complessiva dell'operazione dipende dal dispositivo più lento coinvolto. Le periferiche esterne hanno dei limiti fisici dovuti al loro funzionamento (elementi meccanici o esigenze circuitali), ma per le memorie si è cercato di risolvere il problema inserendo all'interno del microprocessore una memoria piccola, estremamente veloce (memoria cache interna), ma anche costosa sia economicamente sia in termini di spazio occupato all'interno del granello di silicio che costituisce il microprocessore.

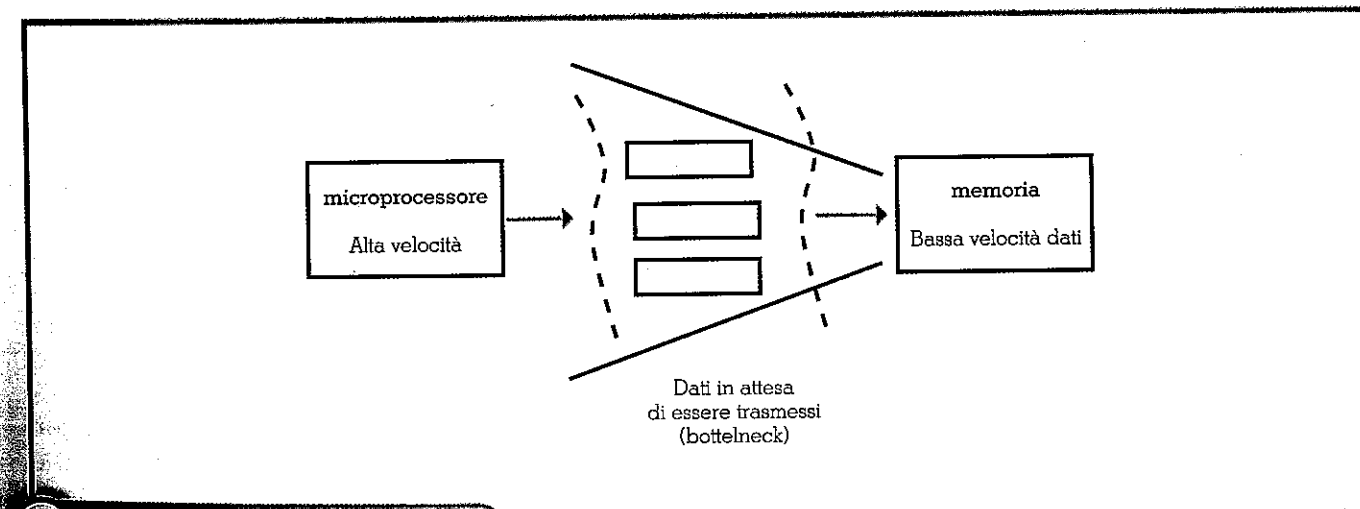


figura 2

### verifica le tue conoscenze

- 1 Quali operazioni svolge il microprocessore?
- 2 Quali fattori influenzano il microprocessore?
- 3 Che cos'è il clock?
- 4 Che legame c'è tra CPU e "core"?



# Il bus

## ● Tipi di bus

Il bus serve a collegare elettricamente il microprocessore con memoria e periferiche per lo scambio di informazioni e comandi.

L'insieme dei collegamenti è chiamato **bus di sistema** ed è costituito da un centinaio di fili disposti opportunamente sulla scheda madre, ma le varie parti svolgono compiti ben differenziati, quindi si preferisce parlare di:

### Bus dati (Data bus)

Il numero di fili che lo compongono dipende dal parallelismo dati del microprocessore (32 bit, 64 bit).

È bidirezionale in quanto i dati possono viaggiare da e verso il microprocessore.

### Bus indirizzi (Address bus)

Ad ogni cella di memoria e a ogni periferica è associato un codice binario che il microprocessore genera e gestisce direttamente. Il bus è monodirezionale in quanto i segnali su di esso sono generati dal microprocessore. Il numero di fili dipende anch'esso dal parallelismo dati, ma sono applicati degli accorgimenti che consentono di generare una quantità di indirizzi superiore a quella ottenibile solo dalla combinazione di n bit pari a 2<sup>n</sup> indirizzi.

### Bus di controllo (Control bus)

È un bus meno omogeneo rispetto ai due precedenti (solo dati o solo indirizzi) in quanto la funzionalità dei fili che lo compongono dipendono dalle periferiche interessate. Inoltre per ottimizzare il trasferimento dei dati sono presenti varie modalità di connessione (standard di comunicazione) tra periferiche e bus di controllo.

Per ridurre i consumi elettrici del microprocessore, tra i connettori del microprocessore e i vari fili di bus è presente un dispositivo, il *Bus controller*, che si occupa di fornire tensioni e correnti adeguate per gestire tutti i segnali elettrici da e verso il microprocessore. Poiché le periferiche (scheda video, hard disk ecc.) hanno esigenze e collegamenti diversi, sulla scheda madre sono presenti più Control Bus, specifici per le varie tipologie di collegamento, in grado di adattare le informazioni presenti sui bus gestiti dal microprocessore alle esigenze delle varie periferiche.

Tra i vari collegamenti che compongono il bus di controllo, alcuni sono fondamentali per le comunicazioni tra ciascuna periferica e il microprocessore:

- BUSY (occupato): indica se la periferica è già impegnata in altre operazioni oppure è libera;
- IRQ (interrupt request): consente alla periferica di segnalare al microprocessore la necessità di un'elaborazione in base a un evento (mouse che si muove, tasto premuto ecc.);
- IORD/IOWR: indica se la periferica si trova in fase di lettura (RD) o di scrittura (WR).

## ● Ottimizzazioni

Analizzando le modalità di trasferimento dei dati, si è visto che i trasferimenti che non richiedono operazioni di elaborazione (trasferimento da RAM ad hard disk e viceversa, per esempio), possono essere eseguiti senza far intervenire il microprocessore, che si limita ad attivare le periferiche coinvolte nel trasferimento e a generare gli indirizzi di inizio trasfe-

rimento. Tali tecniche sono chiamate Bus mastering (controllo del bus) e sono realizzate utilizzando dispositivi appositi che dopo aver acquisito le informazioni su sorgente e destinatario del trasferimento, si occupano della sua gestione, consentendo alla CPU di fare altro. L'esempio più noto è il DMA (Direct Memory Access) che si occupa del trasferimento di dati da e verso la memoria senza coinvolgere il microprocessore.

Un altro miglioramento delle prestazioni è stato ottenuto suddividendo il bus in più bus distinti per dispositivi veloci o lenti e utilizzando un circuito integrato apposito, il *chipset*, che si occupa di gestire le varie tipologie di bus.

Come si può notare in **figura 1**, per la disposizione dei vari dispositivi si parla di Northbridge (ponte settentrionale) e Southbridge (ponte meridionale). Il microprocessore si limita a comunicare con le periferiche attraverso il Front-Side Bus (FSB).

**Northbridge (memory controlled bus, MCH):** si occupa di gestire le comunicazioni con le periferiche più veloci che sono la RAM e la scheda video esterna (migliori prestazioni rispetto alla scheda video interna normalmente presente sulla scheda madre).

**Southbridge (I/O controlled hub, ICH):** si occupa di gestire le comunicazioni con le periferiche relativamente più lente; inoltre trasforma i segnali provenienti dal microprocessore in segnali adatti alle varie periferiche che adottano standard diversi in base alle varie esigenze di funzionamento.

Per migliorare ulteriormente le prestazioni del microprocessore è possibile inserire sulla scheda madre una memoria più veloce (e più costosa) della normale RAM, collegandola direttamente al microprocessore con un apposito bus detto **Back Side Bus (BSB)**. Tale memoria (cache esterna) contiene i dati di immediata elaborazione da parte del microprocessore e risulta utile quando la cache interna al microprocessore non è sufficiente.

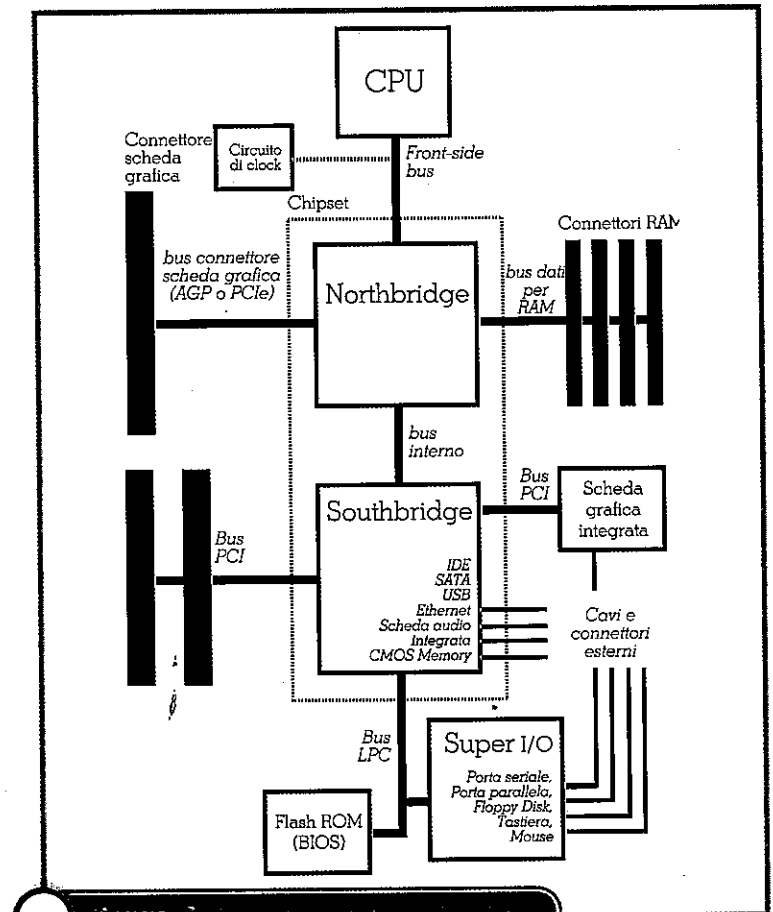


figura 1

## esempio

### Trasferimento dati da RAM ad hard disk

- 1) Il microprocessore memorizza l'indirizzo della prima cella della memoria da cui prelevare i dati;
- 2) genera l'indirizzo dell'hard disk per inviare una richiesta di scrittura dei dati;
- 3) l'hard disk, tramite il Control bus, comunica che è pronto a ricevere i dati;
- 4) il microprocessore memorizza l'indirizzo dell'hard disk e calcola la quantità di dati da trasferire;
- 5) trasferisce al DMA controller le informazioni sugli indirizzi e sulla quantità di dati da trasferire;
- 6) il DMA controller provvede al trasferimento, e il microprocessore riprende a svolgere altre operazioni;
- 7) al termine del trasferimento, l'hard disk comunica al DMA controller, tramite il Control bus, che il trasferimento è completo e il DMA controller a sua volta lo comunica al microprocessore.

## verifica le tue conoscenze

- 1 Quali bus compongono il System bus?
- 2 Che cos'è il DMA?
- 3 Quali periferiche sono collegate al Northbridge?
- 4 Che cos'è il Back Side Bus?

## La memoria cache

### ● Cache

Il termine "caché" deriva dal francese e vuol dire "nascosto".

La memoria cache è una memoria nascosta che svolge la funzione di conservare dati che molto probabilmente saranno immediatamente utilizzati dal microprocessore. Tale memoria si considera nascosta perché non è gestita da chi realizza i programmi, ma direttamente dal microprocessore tramite un dispositivo integrato chiamato *cache controller*. Per ottenere dei vantaggi, tale memoria dev'essere molto più veloce rispetto alla normale memoria presente sulla scheda madre del computer. Questo comporta un aumento dei costi e la necessità di dimensioni più ridotte per mantenere bassi i costi dell'elaboratore. Inizialmente la memoria cache era esterna al microprocessore, a causa delle difficoltà di integrazione all'interno del silicio. Col miglioramento della tecnologia di produzione è stato possibile integrarla all'interno del microprocessore (figura 1).

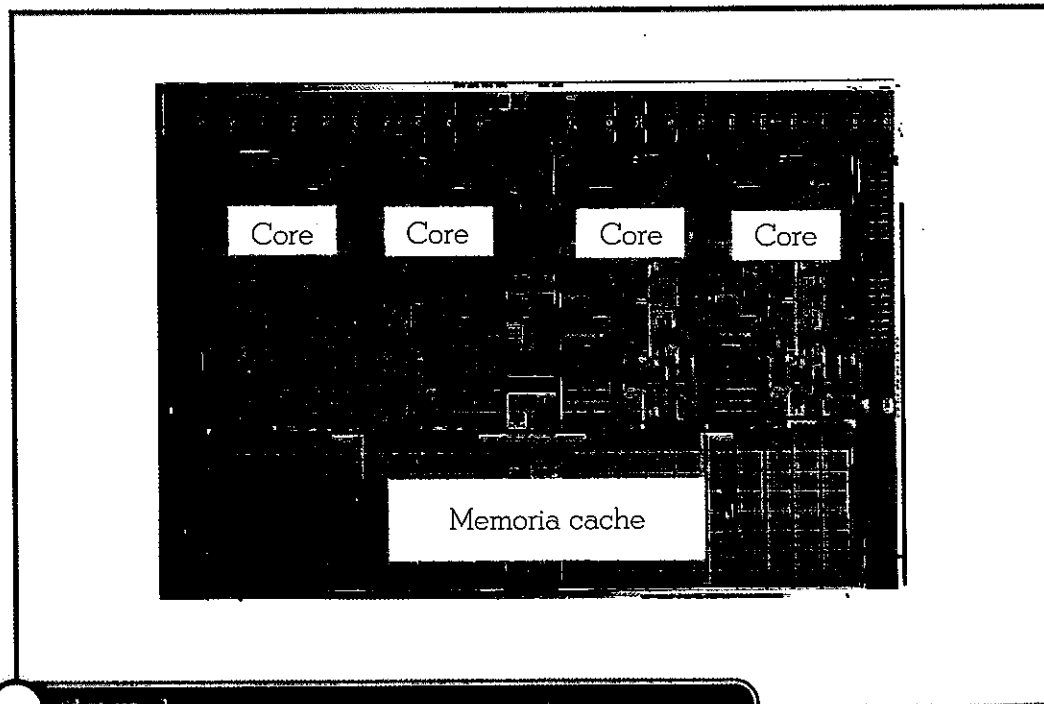


figura 1

Attualmente la memoria cache è suddivisa in 3 livelli L1, L2 ed L3, tutti integrati all'interno del microprocessore. Passando dal livello 1 al livello 3 aumenta la capacità della memoria, ma diminuisce la velocità. Complessivamente la memoria cache ha dimensioni di 8-12Mbyte in base al tipo di microprocessore.

### ● Gestione della cache

I dati, prelevati dalla memoria centrale e inseriti nella cache, sono organizzati in modo diverso rispetto alla memoria centrale: insieme ai dati viene memorizzata la posizione in memoria centrale, in modo da creare una corrispondenza diretta tra le due memorie. Quando il microprocessore deve prelevare un dato dalla memoria, conosce l'indirizzo in

memoria centrale, ma il *cache controller* (circuito che gestisce la memoria cache) effettua la ricerca nella cache; se lo trova (*cache hit*) il trasferimento è velocissimo, altrimenti (*cache miss*) si avvia il caricamento dei dati dalla memoria centrale. Il rapporto tra cache hit e accessi totali alla memoria, detto *hit rate* (rapporto di successo) misura l'efficacia della cache.

A causa della capacità limitata della cache è spesso necessario liberare spazio per inserire nuovi dati. Il criterio prevalentemente usato è quello di eliminare dalla cache i dati che non sono utilizzati da più tempo (LRU, Least Recently Used).

Un'altra esigenza è quella di mantenere la memoria centrale aggiornata rispetto ai cambiamenti effettuati nella cache. Sono possibili 2 strategie:

- write-through: ogni modifica nella cache è riportata immediatamente nella memoria principale;
- write-back: l'aggiornamento è fatto nel momento in cui il dato è eliminato dalla cache con il criterio dell'LRU.

Un altro problema, che si è presentato nei sistemi multiprocessore con i bus separati, è quello che la memoria centrale può contenere dati più aggiornati rispetto alla memoria cache, in quanto un altro microprocessore potrebbe aver modificato i dati autonomamente utilizzando la propria cache. La gestione di queste problematiche ha portato allo sviluppo di "protocolli di coerenza" che si occupano di garantire che i dati presenti nelle cache e nella memoria centrale siano sempre aggiornati tra loro.

Il posizionamento dei dati nella memoria cache (figura 2) può essere *libero* (i dati sono inseriti dove c'è un numero di celle vicine sufficientemente grande) oppure *vincolato* (alle varie parti della memoria centrale è assegnata una corrispondente area nella cache). Il secondo metodo consente un trasferimento più veloce, ma aumenta il rischio di dover spesso liberare spazio nella cache se quell'area è molto utilizzata.

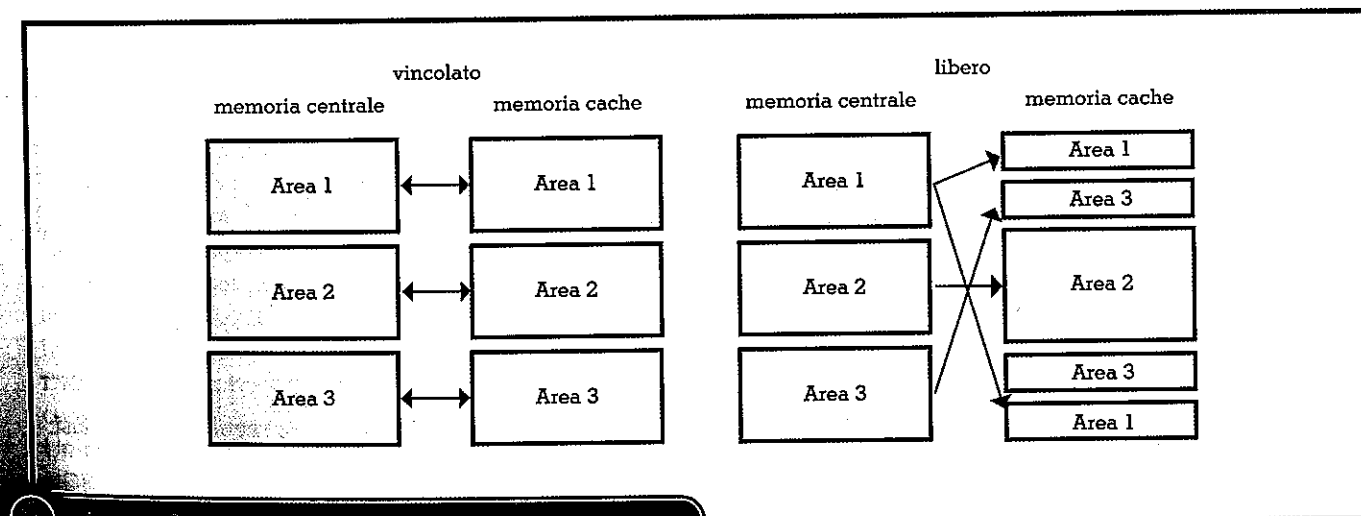


figura 2

### verifica le tue conoscenze

- 1 A che cosa serve la memoria cache?
- 2 Che cosa cambia tra i vari livelli di memoria cache?
- 3 Con quale criterio sono eliminati i dati della cache?
- 4 In che cosa consiste la strategia "write-through"?

## La memoria centrale

La memoria centrale è uno degli elementi fondamentali della struttura di un elaboratore. Le sue caratteristiche influenzano le prestazioni complessive dell'elaboratore.

Possiede le seguenti caratteristiche:

- è costituita da milioni di celle, ciascuna contenente lo stato di un bit; la gestione avviene a gruppi di almeno 8 bit (un byte), organizzati in righe e colonne come una gigantesca tabella;
- è ad accesso casuale (RAM, Random Access Memory): si può accedere a ogni byte semplicemente generando l'indirizzo fisico che contiene le coordinate della cella a cui si vuole accedere;
- i dati possono essere letti e scritti;
- è volatile: i dati rimangono solo mentre la memoria è alimentata. Lo spegnimento dell'elaboratore comporta la perdita dei dati presenti nella memoria.

Sulla scheda madre i moduli di memoria sono facilmente identificabili per la loro forma lunga e stretta (figura 1).

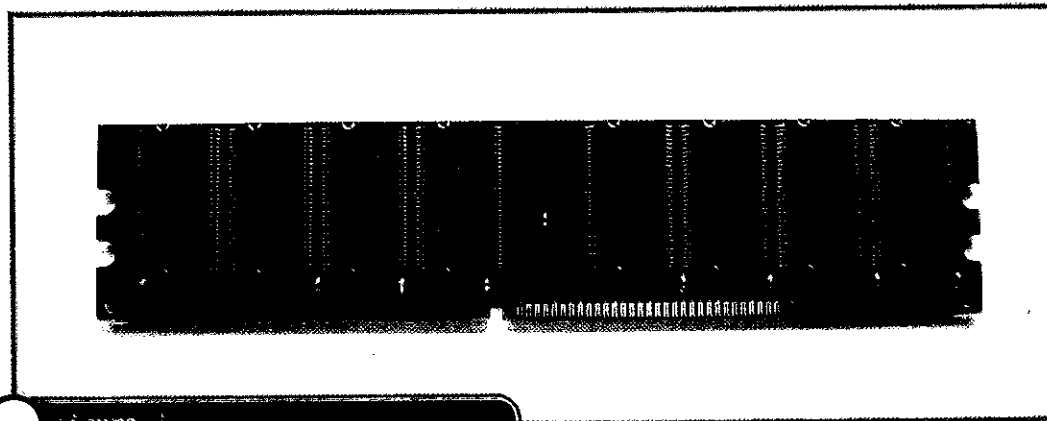


Figura 1

### ● Operazioni

In una memoria avvengono solo operazioni di lettura e scrittura che seguono alcune fasi.

#### Letture

- il microprocessore genera l'indirizzo della cella da leggere e lo invia alla memoria tramite l'Address bus;
- il circuito interno alla memoria decodifica l'indirizzo e attiva la cella interessata;
- lo stato dei vari bit della cella è trasferito sul circuito di collegamento tra memoria e Data bus;
- la memoria immette il dato sul Data bus e invia un segnale sul Control bus per avvertire il microprocessore che il dato è pronto.

#### Scrittura

- il microprocessore genera l'indirizzo della cella sulla quale scrivere e lo invia alla memoria tramite l'Address bus;
- il circuito interno alla memoria decodifica l'indirizzo e attiva la cella interessata, segnalando al microprocessore che è pronta per ricevere il dato;

- il microprocessore immette il dato sul Data bus;
- il dato è prelevato dal Data bus e trasferito nella cella e la memoria comunica al microprocessore che il dato è stato memorizzato.

### ● Controllo degli errori

A causa dell'importanza che riveste la memoria centrale, oltre alla gestione di lettura e scrittura, occorre garantire continuamente che non avvengano errori o malfunzionamenti. In genere, oltre ai bit di dato, sono presenti internamente dei bit aggiuntivi (error bit) che, con opportuni metodi di controllo, consentono di controllare costantemente lo stato della memoria; tali bit assumono dei valori coerenti con il valore presente nelle celle di memoria. Se viene rilevata un'incoerenza allora il dato è sbagliato; tale errore viene gestito dai sistemi operativi come un errore così grave da bloccare l'esecuzione di un programma o dell'intero Sistema Operativo. Se l'errore è rilevato in fase di avvio dell'elaboratore, l'operazione si blocca determinando un "Memory Parity Error" dove **parity** indica il metodo utilizzato (controllo di parità) per il controllo degli errori; un simile errore spesso indica che il modulo di memoria è danneggiato e occorre sostituirlo.

### ● Tipologie di RAM

Le RAM utilizzano due tecnologie per il loro funzionamento e questo le identifica in SRAM e DRAM.

#### SRAM (Static RAM)

Per mantenere l'informazione memorizzata, ogni cella è costantemente alimentata, anche se questo comporta consumi elettrici superiori, ma i tempi di risposta (latency time) al microprocessore sono piuttosto brevi. Per realizzare ciascuna cella sono necessari più componenti rispetto alla DRAM. Sono utilizzate per realizzare le memorie cache.

#### DRAM (Dynamic RAM)

Ciascuna cella è costituita da un piccolo condensatore che mantiene la carica elettrica per un tempo limitato. Nella memoria è presente un circuito (memory refresh) che provvede periodicamente a "ricaricare" le varie celle prima che perdano completamente la carica. Tale tecnica ha consentito di realizzare memorie con capacità maggiore senza aumentare le dimensioni esterne delle schede in quanto ogni cella è molto piccola; d'altra parte però la gestione è più complessa per la necessità di ricaricare continuamente le celle senza interferire con le operazioni di lettura e scrittura della memoria. Nel corso degli anni le DRAM hanno subito una notevole evoluzione con numerosi cambiamenti di standard e conseguenti problemi di compatibilità.

Un notevole miglioramento nella velocità si è ottenuto con l'introduzione della tecnologia DDR (Double Data Rate = flusso dati doppio). In pratica i dati sono trasferiti sia durante il fronte di salita dell'impulso di clock, sia durante il fronte di discesa. L'evoluzione di questo standard è arrivata al livello 3 (DDR3) per i normali microprocessori, ma nelle schede video si utilizzano DRAM di tipo DDR5, derivate dalle DDR3, anche se non è stato ancora standardizzato l'uso come memorie centrali.

### verifica le tue conoscenze

1 Che cosa vuol dire RAM?

2 Su quale bus viaggiano i dati tra memoria e microprocessore?

3 In che cosa differiscono SRAM e DRAM?

4 Perché le DDR RAM sono più veloci?

## La memoria secondaria

### ● Tipi di memorie

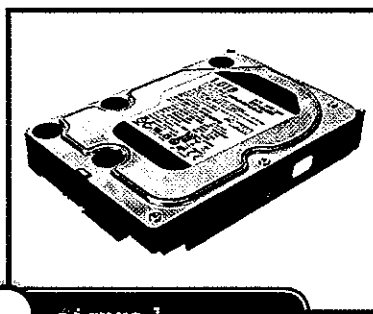


figura 1

Le memorie secondarie sono tutte quelle memorie necessarie al funzionamento dell'elaboratore, ma che vengono coinvolte solo in alcune fasi del suo funzionamento. Sono caratterizzate da una capacità di memoria molto superiore a quella della memoria centrale e dalla possibilità di mantenere i dati memorizzati anche in assenza di alimentazione elettrica, ma da tempi di accesso notevolmente più lunghi rispetto alla RAM.

Le principali sono:

- hard disk;
- SSD;
- flash memory;
- CD-ROM/DVD.

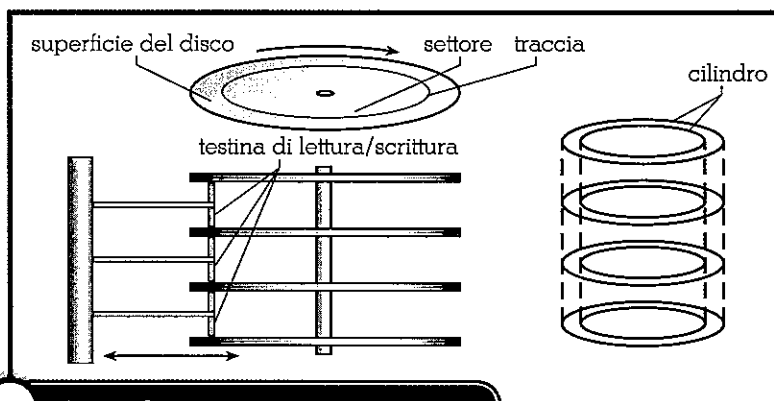


figura 2

### Hard disk

È costituito da una serie di piatti di plastica o vetro posti uno sull'altro distanziati sui quali è depositato del materiale ferromagnetico (figura 1). Mentre questi dischi sono in rotazione, un braccetto metallico che ha all'estremità una testina magnetica provvede a magnetizzare (1 logico) o meno (0 logico) le varie zone della superficie (figura 2).

La capacità si misura in Gbyte. La velocità di accesso ai dati dipende dalle caratteristiche meccaniche dei motorini che spostano la testina e dalla velocità di rotazione dei dischi, misurata

in rotazioni al minuto (rpm). Si va dai 9ms degli hard disk a 7200 rpm fino ai 4ms degli hard disk a 15000 rpm.

Per velocizzare i tempi di accesso ai dati sul circuito elettronico di controllo dell'hard disk è presente una memoria da 32MB a 64MB dove rimangono conservati gli ultimi dati letti. In questo modo una successiva richiesta di lettura avverrà molto rapidamente trattandosi di una RAM.

Il collegamento con il System bus avviene principalmente con 2 standard: EIDE (Enhanced Integrated Drive Electronics) (in fase di abbandono) e SATA (Serial Advanced Technology Attachment).

Per collegare gli hard disk esterni si utilizzano gli standard eSATA (external SATA) e USB (Universal Serial Bus).

### SSD (Solid State Drive)

Sono costituiti da particolari memorie (tecnologia NAND) che conservano il loro stato anche in assenza di alimentazione. Rispetto agli hard disk non hanno parti in movimento, quindi i tempi di accesso ai dati in lettura sono ridottissimi (circa 0,1ms), mentre in scrittura i tempi di accesso sono più elevati (0,2ms) a causa della diversa modalità di gestione dei blocchi di dati.

Il costo a bit è molto più elevato rispetto a un hard disk, ma si sta rapidamente riducendo insieme al rischio di guasti. Esternamente il contenitore ha le stesse dimensioni di un hard disk per consentirne la sostituzione senza problemi di montaggio e collegamento.

### Flash memory

Comunemente chiamate "chiavette USB" (USB key) sono periferiche di ridotte capacità (attualmente fino a 32-64 GB al massimo) che però hanno il notevole vantaggio dell'estrema robustezza, facilità di trasporto grazie alle ridotte dimensioni e costo decisamente basso (figura 3). La connessione è di tipo USB. Da alcuni anni i sistemi operativi prevedono la possibilità di utilizzare queste unità di memoria come memorie secondarie aggiuntive o addirittura di avviare un Sistema Operativo da flash memory. Il difetto principale è la limitata durata causata dall'uso: queste memorie, in particolare durante le fasi di scrittura, lentamente perdono le proprie caratteristiche elettriche (il costruttore garantisce qualche milione di scritture) e alla fine è impossibile recuperare i dati depositati su di esse.

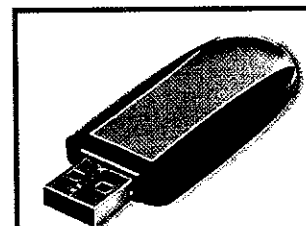


figura 3

### CD-ROM/DVD

Sono costituiti da un supporto in materiale plastico (substrato) su cui è depositato un sottile strato di alluminio (riflettore) sul quale è poi depositato un altro strato di materiale trasparente; per memorizzare le informazioni piccole aree della superficie metallica sono rese opache o meno, memorizzando i singoli bit (figura 4). Un raggio laser che colpisce queste aree sarà riflesso o meno in base all'opacizzazione, consentendo la lettura del dato. Sono memorie con elevata capacità (700MB per il CD e 4,7GB per il DVD), ma possono essere solo lette (la scrittura è possibile nei dischi masterizzabili, ma estremamente lenta e il numero di scritture possibili è piuttosto limitato). Sono nati per contenere musica e video, ma sono ormai sfruttati come supporto per conservare grandi quantità di dati che non saranno modificati (archivi) o per la distribuzione di programmi da installare di grandi dimensioni (sistemi operativi, applicativi complessi, giochi ricchi di elementi grafici). Un particolare uso è quello come CD-Live: su un CD viene memorizzata una versione particolare del Sistema Operativo in grado di funzionare senza utilizzare le periferiche di massa presenti nell'elaboratore. Tale caratteristica è molto utile quando il Sistema Operativo installato è gravemente danneggiato e si vogliono recuperare dei dati importanti. Il CD-Live si avvia utilizzando solo la RAM e il microprocessore e consente di svolgere molte operazioni sui file presenti nelle memorie di massa consentendone il trasferimento su altri supporti.

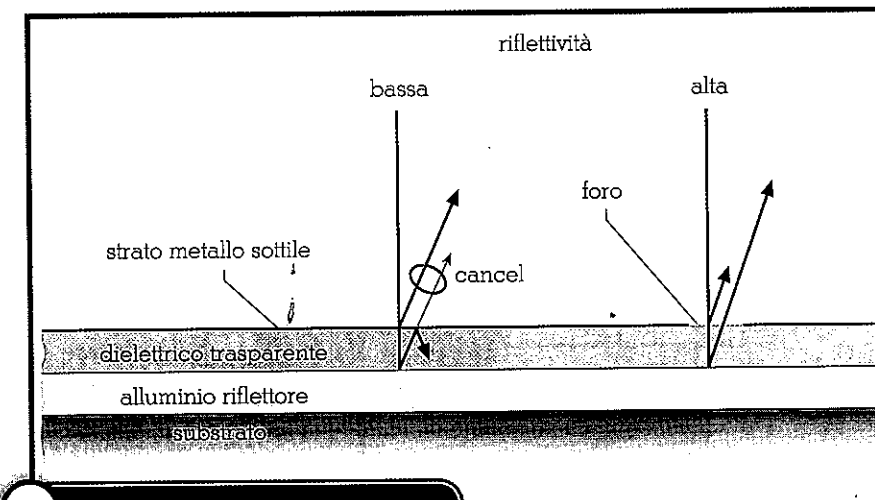


figura 4

### ● Memoria virtuale

Quando le applicazioni richiedono una quantità di memoria superiore a quella della RAM disponibile, il Sistema Operativo utilizza le periferiche di massa come l'hard disk per ottenere altra memoria, detta **memoria virtuale**, in modo invisibile all'utente, trasferendovi i dati meno utilizzati. Poiché le memorie di massa sono molto più lente della RAM, l'effetto complessivo è un rallentamento delle prestazioni di un elaboratore.

### verifica le tue conoscenze

- 1 Quale proprietà fisica sfruttano gli hard disk?
- 2 Perché l'SSD ha le stesse dimensioni esterne dell'hard disk pur avendo un ingombro interno minore?
- 3 Che cos'è la memoria virtuale?
- 4 Perché CD e DVD sono poco adatti alla scrittura ripetuta?



## Classificazione delle periferiche

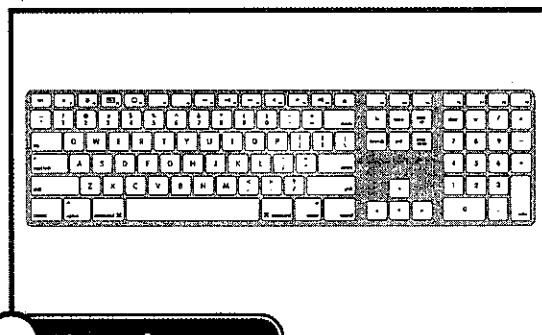


figura 1 Tastiera

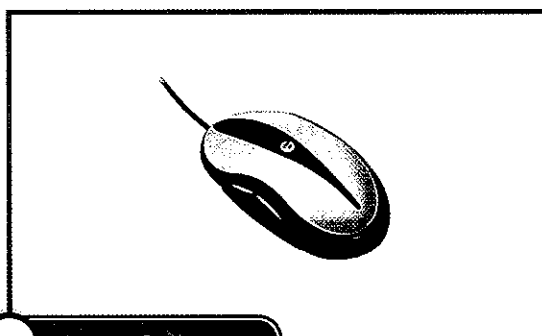


figura 2 Mouse

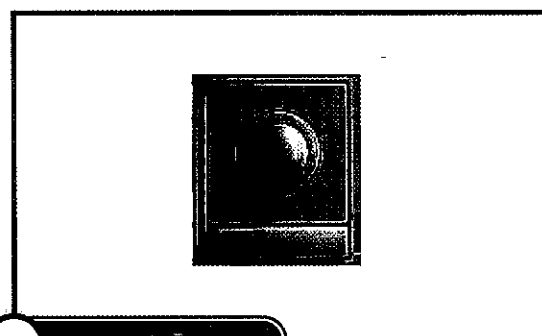


figura 3 Trackball

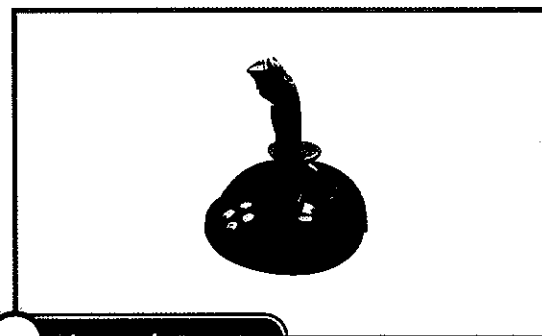


figura 4 Joystick

Come già visto in precedenza, le periferiche svolgono la funzione di consentire il dialogo tra l'elaboratore e l'utente.

La classificazione segue vari criteri. I principali sono:

- direzione del flusso dei dati: verso il microprocessore (**input**) o dal microprocessore (**output**) o entrambi (**Input/Output**);
- tipo di compito svolto: rilevazione movimenti, stampa, visualizzazione e comunicazione.

### ● Periferiche di input

Sono periferiche che si occupano di trasformare informazioni disponibili nei formati più vari in dati in formato digitale.

#### Tastiera

Rileva la pressione di un tasto e genera un codice binario (codifica ASCII) inviato al microprocessore (figura 1). Riceve l'alimentazione attraverso la connessione PS/2 o USB.

#### Mouse

Rileva i movimenti impressi dalla mano e la pressione dei tasti da parte dell'utente (figura 2). Per molti anni la rilevazione avveniva misurando i movimenti di rotolamento di una pallina al suo interno. Da alcuni anni si utilizza la rilevazione delle rugosità del piano di appoggio attraverso la radiazione a raggi infrarossi. I vari mouse differiscono per la risoluzione, cioè per il minimo movimento che sono in grado di rilevare. Riceve l'alimentazione attraverso la connessione PS/2 o USB.

#### Trackball

È una periferica nata inizialmente per le esigenze dei primi utilizzatori di PC portatili, usando i quali spesso non si aveva una superficie d'appoggio per il mouse. Sostanzialmente è un mouse ribaltato con una sferetta di plastica; l'operatore muove la sfera e il dispositivo trasmette i movimenti (figura 3). Esistono versioni estremamente ridotte, utili per chi deve svolgere lezioni al pc, che si indossano come un anello e consentono di muovere la sferetta con un dito. Esistono trackball speciali per persone con difficoltà motorie alle mani.

#### Touchpad

È un dispositivo sviluppato specificatamente per i dispositivi portatili in grado di sostituire il mouse. Consiste in una piccola superficie rettangolare sensibile al tocco posta davanti alla tastiera, in grado di rilevare il movimento del polpastrello.

#### Joystick

Periferica costituita da un perno verticale con uno snodo alla base e alcuni pulsanti attorno alla testa della leva (figura 4). Trasforma i

movimenti della leva in segnali elettrici per il controllo di giochi (simulatori di volo in particolare) e di bracci meccanici.

#### Tavoletta grafica

È una tavoletta delle dimensioni di un foglio di carta, in grado di rilevare i movimenti di una penna speciale che viene fatta strisciare su di essa (figura 5). Consente di scrivere e disegnare a mano libera e di salvare il lavoro come un'immagine. Alcuni programmi consentono il riconoscimento della scrittura e trasformano le parole scritte in caratteri di stampa. Una sua estensione è la **lavagna interattiva** che ha grandi dimensioni e consente di svolgere lezioni multimediali.

#### Scanner

Serve a trasformare testi e disegni su carta in documenti in formato elettronico (figura 6). È costituito da un piano trasparente (in genere vetro) sul quale si appoggia il foglio con testo o immagini. Durante la scansione il foglio è illuminato con una luce molto forte e dei sensori rilevano colore e intensità di ciò che è presente sul foglio. Al termine della scansione si ottiene una foto del foglio. Nel caso di testi, appositi programmi (OCR = Optical Character Recognition) riconoscono la forma dei caratteri e trasformano i disegni in caratteri stampabili.

#### Webcam

Sensore ottico in grado di rilevare immagini in movimento (figura 7). La qualità dell'immagine non è eccellente, ma questo consente di mantenere il flusso dati da trasmettere su velocità compatibili con reti dati non particolarmente veloci.

### ● Periferiche di output

Sono periferiche che si occupano di trasformare informazioni in formato digitale provenienti dall'elaboratore nei formati più vari.

#### Scheda video

Si occupa di gestire tutta la parte di visualizzazione dell'elaboratore. Ha al suo interno un microprocessore specificatamente studiato per la gestione della grafica. La CPU si limita a dare i comandi principali, ma l'elaborazione grafica (GPU: Graphic Processing Unit) è effettuata dalla GPU della scheda video. Nei dispositivi portatili, per problemi di spazio e riduzione dei consumi, la parte grafica spesso è integrata nel chip del microprocessore.

#### Monitor

Serve a fornire all'utente un insieme di informazioni sul funzionamento dell'elaboratore, a visualizzare immagini e video. I suoi parametri principali sono le dimensioni (diagonale espressa in pollici, rapporto base-altezza), risoluzione (numero di punti in cui è suddiviso lo schermo), profondità di colore (numero massimo di colori visualizzabili), contrasto (rapporto di luminosità tra bianco e nero). La qualità delle immagini è strettamente legata a quella della scheda video. Le tecnologie utilizzate per generare l'immagine sono CRT (non più in produzione), LCD (Liquid Crystal Display) e LED (Light Emission Diode).

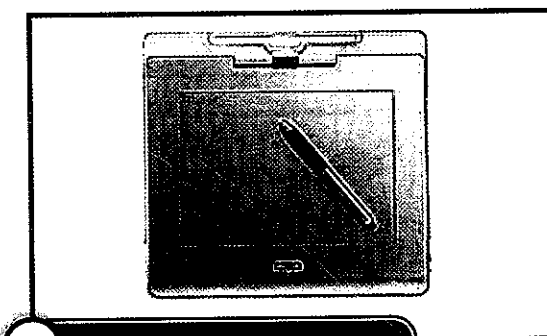


figura 5

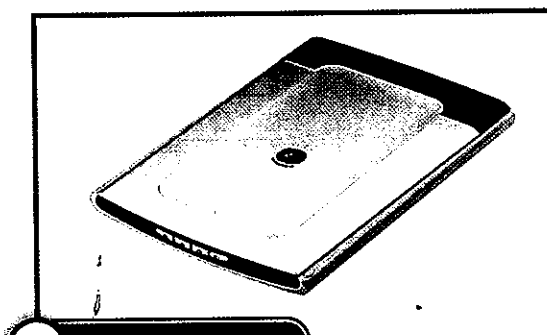


figura 6

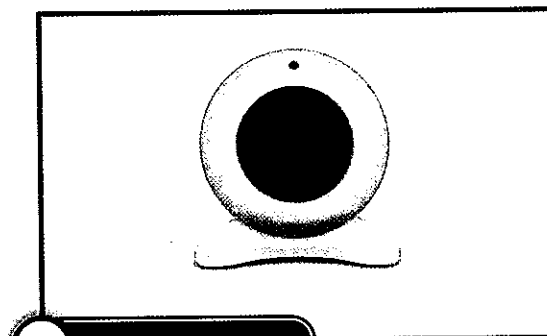


figura 7

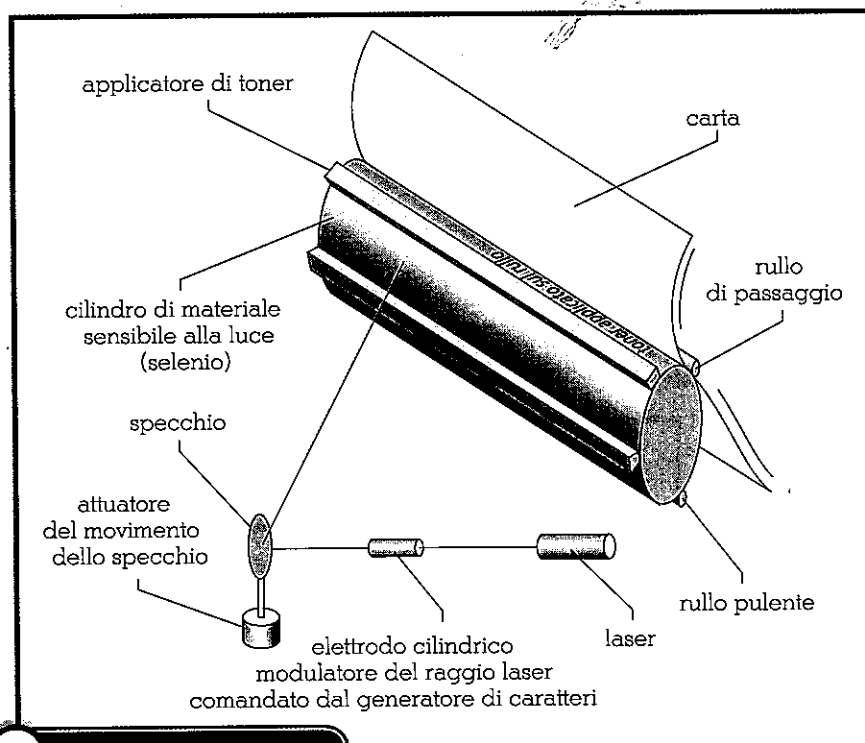


figura 8

### Stampante

Si occupa di trasferire testi, disegni e immagini su carta. Le stampanti si distinguono per le dimensioni massime del foglio, per la tecnologia utilizzata (aghi, getto di inchiostro, laser) e per la risoluzione (DPI: Dot Per Inch, cioè numeri di punti stampabili per pollice) (figura 8). Poiché per sua natura è una periferica lenta, è stata dotata di una memoria in grado di ricevere rapidamente i dati del documento da stampare, liberando il canale di comunicazione e gestendo poi autonomamente la stampa. Con il passaggio all'interfaccia USB è stato più semplice realizzare delle funzionalità che consentono il monitoraggio dello stato della stampante (livello inchiostri, quantità e tipo di carta utilizzati, manutenzione).

### Plotter

Svolge le stesse funzioni di una stampante, ma invece di utilizzare dei fogli di dimensioni standard, usa un rotolo di carta largo 841 mm (formato A0) (figura 9). Durante la stampa il rotolo scorre ed è possibile realizzare disegni di grandi dimensioni. Per la scrittura si usano le tecnologie a getto d'inchiostro o laser.

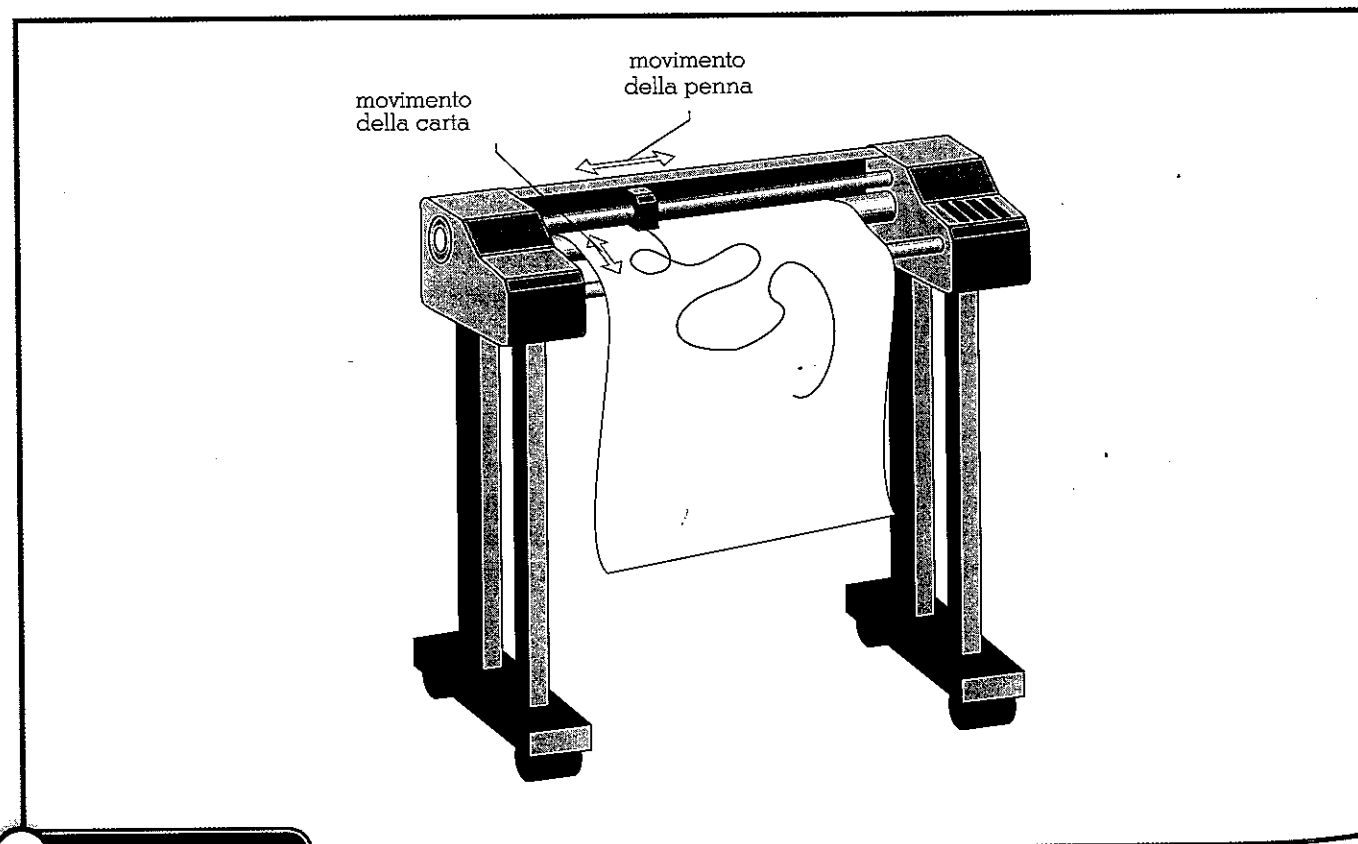


figura 9

## ● Periferiche di I/O

Sono periferiche che nel loro funzionamento hanno un continuo scambio di dati con il microprocessore:

### Scheda audio

Svolge molteplici funzioni. Trasforma i dati che costituiscono un brano musicale nei corrispondenti suoni (output), acquisisce il suono proveniente dal microfono e da altri dispositivi audio collegati e li trasforma in dati (input).

### Scheda di rete

Adatta i dati provenienti dall'elaboratore in un formato compatibile con la rete dati alla quale è collegata (output), rispettando gli standard di comunicazione, e trasforma i dati provenienti dalla rete dati in un formato compatibile con il microprocessore (input).

### Modem ADSL

In modo analogo alla scheda di rete consente la trasmissione e ricezione dei dati utilizzando lo standard ADSL che opera su linee telefoniche normali (doppino telefonico) (figura 10).

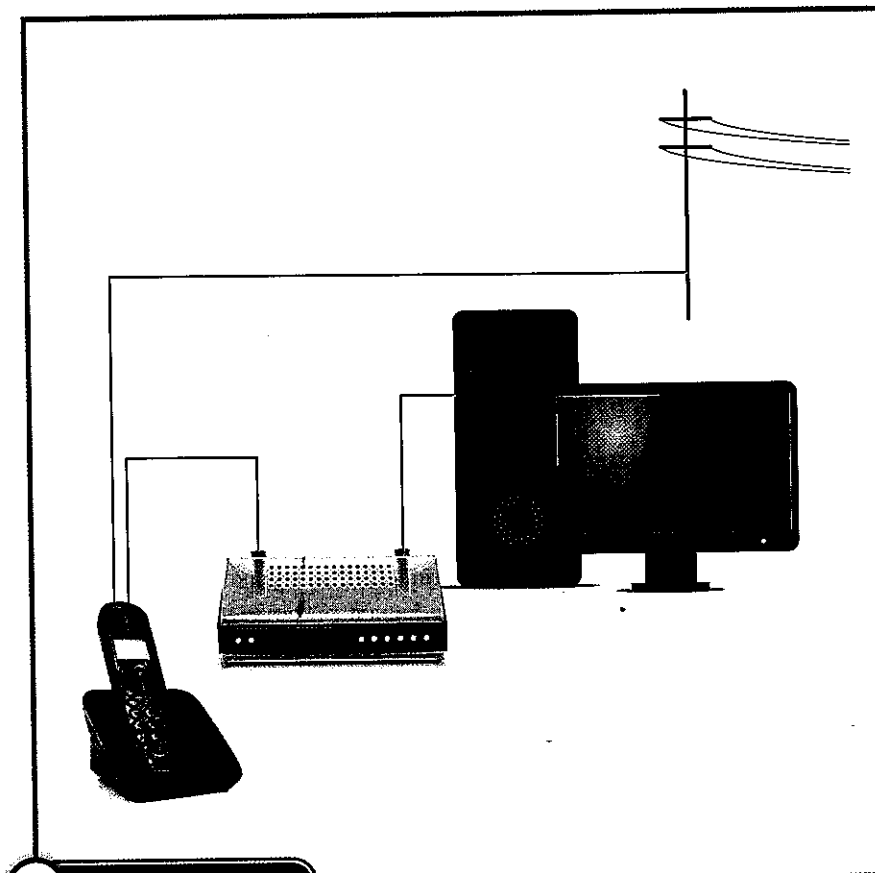


figura 10

Sempre più spesso nelle periferiche sono stati inseriti dei circuiti che si occupano di gestire funzioni complesse, rendendo la loro gestione semplice per l'utente. Questo comporta che, oltre al flusso principale dei dati che ne consente la classificazione, vi è un flusso dati nella direzione opposta, il quale consente il controllo della periferica con semplici comandi da parte dell'utente. Quindi la classificazione di input o output deriva dalla direzione del flusso dati tenendo conto della funzione principale della periferica.

### verifica le tue conoscenze

- 1 Che cosa si intende per periferica di input?
- 2 Perché la scheda audio è una periferica di input/output?
- 3 Lo scanner è una periferica di output? Perché?
- 4 Che differenza c'è tra mouse, trackball e touchpad?
- 5 Oltre ai dati, che cosa viene trasmesso tra elaboratore e periferiche?
- 6 In che cosa differisce una stampante da un plotter?

## Interfacciamento delle periferiche

### ● Standard di interfacciamento

Nel corso dell'evoluzione degli elaboratori sono stati sviluppati vari tipi di bus in grado di velocizzare e semplificare le operazioni di collegamento tra microprocessore e periferiche. Alcuni di questi standard sono stati soppiantati dai nuovi, altri sono rimasti perché possiedono delle caratteristiche (costi o dimensioni ridotte dei connettori per esempio) che li rendono ancora vantaggiosi per alcune applicazioni (figura 1).

#### Parallel port (LPT)

Standard ormai in disuso utilizzato per migliorare il trasferimento dati con le periferiche. Era utilizzato principalmente per le stampanti. Lo spinotto di collegamento è piuttosto ingombrante e il cavo poco flessibile per l'elevato numero di fili (25). Il parallelismo dati è di 8 bit. La sua presenza sulle schede madri è dovuta solo alla compatibilità con vecchi apparati. Sostituita dall'USB.

#### Serial port (RS-232)

Standard ancora utilizzato per periferiche a bassissima velocità con funzioni particolari (microcontrollori, dispositivi industriali). Se in passato era utilizzato anche un connettore a 25 pin, ormai si usa un connettore a 9 pin. Per i computer che non hanno più l'ingresso seriale esistono dei semplici adattatori RS-232/USB. La velocità massima raggiungibile è di 115kbps.

#### AGP (Accelerated Graphics Port)

Con l'aumento della risoluzione degli schermi è aumentata anche la quantità di dati da trasferire tra microprocessore e scheda video. Questo standard è specifico per le schede video e raggiunge una velocità massima di 16Gb/s. È stato ormai sostituito dal PCIe.

#### PCI (Peripheral Component Interconnect) - PCIe (PCI express)

Standard sviluppati per migliorare la velocità di collegamento dati tra scheda madre e schede interne a essa collegate (video, audio, rete). Le velocità di trasferimento sono passate da 1Gb/s per il PCI fino a 64Gb/s per il PCIe.

#### PATA (Parallel ATA)

Standard nato per il trasferimento dati con hard disk e lettori/masterizzatori CD/DVD. Utilizza dei cavi piatti (flat cable) a 40 fili (piuttosto ingombranti) di cui 32 per i bit dei dati; in passato era denominato EIDE (Enhanced IDE, Integrated Drive Electronics). Velocità massima fino a 133Mb/s. È in fase di abbandono a vantaggio della connessione SATA.

#### SATA

Standard sviluppato per migliorare le prestazioni dell'EIDE, riducendo contemporaneamente le dimensioni di cavi e connettori. La differenza rispetto all'EIDE consiste nel fatto che i dati sono serializzati (i bit sono trasmessi in sequenza su una coppia di fili) mentre nell'EIDE i dati erano trasferiti in parallelo. Il cavetto ha complessivamente 15 fili (8 dei quali per alimentare la periferica). Attualmente esistono tre versioni con prestazioni crescenti in termini di velocità di trasferimento dati: SATA (1,5Gb/s), SATA2 (3Gb/s) e SATA3 (6Gb/s). La periferica è riconosciuta automaticamente (hot swap) al momento dell'inserimento dello spinotto di collegamento.

### USB (Universal Serial Bus)

È stato sviluppato per consentire a tutte le periferiche di avere un unico standard di collegamento e un solo tipo di connettore; la periferica, al momento del collegamento, è riconosciuta automaticamente dal Sistema Operativo che provvede ad avviare i programmi per la sua gestione, evitando il riavvio del Sistema Operativo stesso. Questo standard è utilizzato prevalentemente per le periferiche esterne a basso consumo in quanto è previsto che il cavo alimenti le periferiche stesse (le periferiche a consumo elevato come hard disk, stampanti, scanner, devono essere alimentate separatamente). La distanza massima a cui può trovarsi la periferica è di 5 metri. Per esigenze di spazio esistono diverse versioni di connettori adatti al collegamento con periferiche di ridotte dimensioni: A (standard a sezione rettangolare), B (a sezione quadrata), mini-USB, micro-USB.

Il cavo è composto sempre da 5 fili, ma nelle versioni A e B il quinto filo (la massa) non è collegato a uno specifico piedino, ma solo alla parte metallica esterna del connettore.

La velocità di trasferimento (tabella 1) è asimmetrica: quando si trasferiscono i dati, le comunicazioni di controllo tra la periferica USB e la scheda madre avvengono a bassa velocità.

Anche per questo standard esistono più versioni differenti per velocità di trasferimento dati.

### FireWire (IEEE 1394)

Standard sviluppato con lo scopo principale di realizzare un collegamento veloce (fino circa a 400Mbit/s) con periferiche video quando l'USB non raggiungeva tali velocità. Una caratteristica particolare è la possibilità di connettere una periferica, dalla quale prelevare i dati, direttamente con una memoria di massa (hard disk), senza la presenza di un elaboratore, creando così una piccola rete locale. Attualmente la velocità è di circa 800Mbit/s. È presente in moltissimi dispositivi video.

### PS/2

Connettori specifici per tastiera e mouse a 6 fili. Nonostante sia uno standard molto vecchio (1987) mantiene la sua funzionalità in quanto consente di utilizzare tastiere e mouse non recenti e gli spinotti hanno un ingombro ridotto. Anche per mouse e tastiere la produzione è ormai orientata alla connessione USB.

tabella 1 Standard USB: velocità di trasmissione dati

tipo	prestazioni
USB 1.0	1,5Mbit/s (192kB/s)
USB 1.1	12Mbit/s (1,5MB/s)
USB 2.0	480Mbit/s (60MB/s)
USB 3.0	4,8Gbit/s (600MB/s)

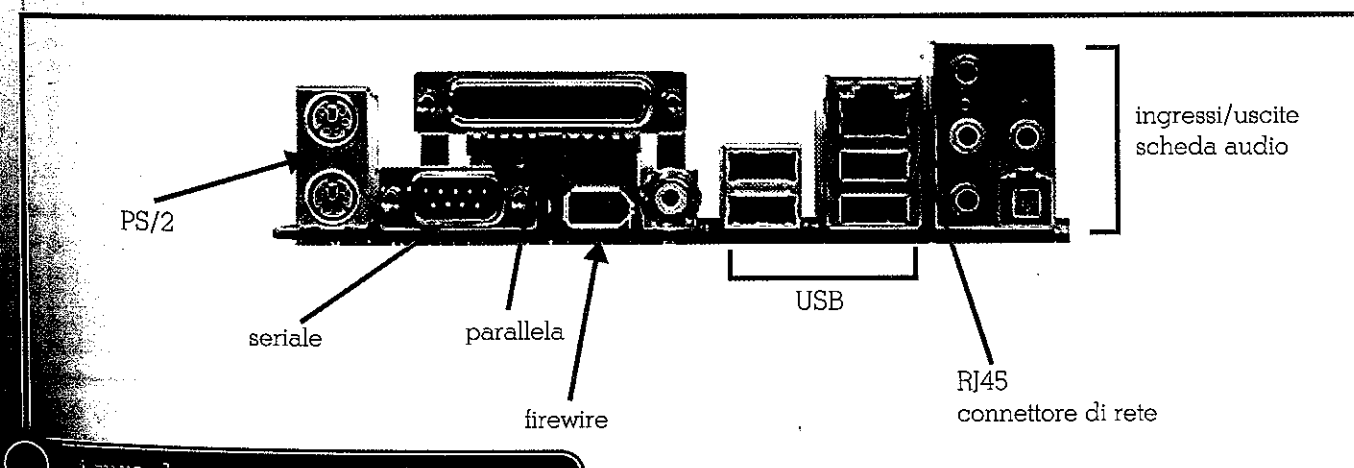


figura 1

### verifica le tue conoscenze

- 1 Quali standard di interfacciamento sono usati per gli hard disk?
- 2 Quali periferiche usano lo standard PS/2?
- 3 Quali vantaggi ha l'USB?
- 4 Cosa cambia tra le varie versioni dello standard USB?

## Laboratorio

Confrontare le caratteristiche dello standard USB 3.0 con lo standard USB 2.0 ed evidenziare le principali caratteristiche (tabella 1).

in English, please

tabella 1 Comparing USB 3.0 to USB 2.0

Characteristic	USB 3.0	USB 2.0
Data Rate	USB 3.0 (5.0 Gbps)	low-speed (1.5 Mbps), full-speed (12 Mbps), and high-speed (480 Mbps)
Data Interface	Dual-simplex, four-wire differential signaling separate from USB 2.0 signaling Simultaneous bi-directional data flows	Half-duplex two-wire differential signaling Unidirectional data flow with negotiated directional bus transition
Cable signal count	Six: Four for USB 3.0 data path Two for non-SuperSpeed data path	Two: Two for low-speed/full-speed/high-speed data path
Bus transaction protocol	Host directed, asynchronous traffic flow Packet traffic is explicitly routed	Host directed, polled traffic flow Packet traffic is broadcast to all devices
Power management	Multi-level link power management supporting idle, sleep, and suspend states. Link-, Device-, and Function-level power management	Port-level suspend with two levels of entry/exit latency Device-level power management
Bus power	Same as for USB 2.0 with a 50% increase for unconfigured power and an 80% increase for configured power	Support for low/high bus-powered devices with lower power limits for un-configured and suspended devices
Port State	Port hardware detects connect events and brings the port into operational state ready for USB 3.0 data communication	Port hardware detects connect events. System software uses port commands to transition the port into an enabled state (i.e., can do USB data communication flows)
Data transfer types	USB 2.0 types USB 3.0 constraints Bulk has streams capability	Four data transfer types: control, bulk, Interrupt, and Isochronous

Ricavare da ricerche su Internet le caratteristiche (tipo di cavi, velocità massima ecc.) di SATA e PATA e confrontarne le caratteristiche.

#### Esempi di configurazione di computer

Analizzare le caratteristiche tecniche di due personal computer di produttori diversi, ma con lo stesso prezzo.

Valutare un possibile acquisto, motivando la scelta.

Per la scelta dei prodotti, utilizzare siti di commercio on line.

	ACER - Aspire M5811	HP - Pavilion p7-1005it
processore	Intel Core i5 650/ 3,2 GHz	Intel Core i5 2310 / 2,9 GHz
memoria	4GB DDR3 SDRAM	4 GB DDR3 SDRAM
storage controller	Serial ATA-300	Serial ATA-300
hard disk	1 TB - 7200 rpm - Serial ATA-300	1 TB - 5400 rpm - Serial ATA-300
memoria ottica	DVD RW Super Multi Dual Layer	DVD±RW (±R DL) / DVD-RAM
audio	Scheda integrata High Definition Audio	Scheda integrata High Definition Audio
lettore di schede	---	15 in 1
scheda video	Nvidia GeForce G405	NVIDIA GeForce GT 530
input	Mouse, tastiera	Mouse, tastiera
scheda di rete	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, wireless
Sistema Operativo	Windows 7 Home Premium 64 bit	Windows 7 Home Premium 64 bit
prezzo (€)	619,99	619,99

#### A partire da esempi di applicazioni individuare la configurazione più adeguata del sistema

Un'applicazione richiede le seguenti specifiche tecniche:

- Sistema Operativo Windows® 7, Windows Vista® (SP2), Windows XP (SP3)
- Processore Intel® Pentium® o AMD Athlon™ da 1,8 GHz o superiore (2,4 GHz o superiore consigliato)
- Intel Core™ 2 Duo 2,4 GHz richiesto per AVCHD
- Intel Core™ 2 Quad 2,66 GHz o Intel Core i7 richiesto per AVCHD 1920
- 4 GB di memoria di sistema consigliato. 2 GB richiesti per AVCHD
- Scheda grafica compatibile DirectX® 9 o 10 con 64 MB (consigliati almeno 128 MB)
- 128 MB richiesti per il plug-in Red Giant Magic Bullet Looks: Pixelshader 2; scheda grafica integrata Intel GMA non supportata.
- 256 MB richiesti per il montaggio HD e AVCHD
- Scheda audio compatibile DirectX 9 o superiore
- 3,0 GB di spazio libero su disco per l'installazione del software
- Unità DVD-ROM per l'installazione del software

Utilizzando le informazioni disponibili su siti di e-commerce valutare i costi di un elaboratore in grado di soddisfare le caratteristiche sopra indicate.

#### A partire da esempi di applicazioni individuare i dispositivi periferici adatti a esse

A partire dalle specifiche tecniche sopra indicate, proporre 2 soluzioni complete di costi.



lezione

1 Modello funzionale

Il modello di Von Neumann prevede che l'elaboratore sia composto da un microprocessore che si occupa di elaborare le informazioni, una memoria nella quale sono immagazzinati i dati durante la loro elaborazione e un insieme di periferiche che consentono al microprocessore di comunicare con l'utente esterno, il quale può immettere dati o ricevere informazioni attraverso le periferiche.

lezione

2 Il processore

Il microprocessore costituisce l'elemento fondamentale dell'elaboratore. È realizzato su un supporto in silicio. Un microprocessore esegue molto velocemente operazioni elementari su numeri binari (somma, spostamento dati e controllo di periferiche e memoria). Per sincronizzare il suo funzionamento con quello dei dispositivi a esso collegati, sulla scheda madre è presente un segnale chiamato clock. I parametri principali di un microprocessore sono: parallelismo, frequenza del clock, numero di core, struttura interna, cache.

lezione

3 Il bus

È l'insieme di collegamenti esistenti tra microprocessore e periferiche. Si suddivide, dal punto di vista funzionale, in tre parti: bus dati, bus indirizzi e bus di controllo. Il bus dati serve a trasferire i dati tra il microprocessore e le periferiche e tra le periferiche stesse. Il bus indirizzi serve al microprocessore per attivare una cella di memoria o una periferica trasmettendo su di esso l'indirizzo del dispositivo con il quale intende comunicare. Il bus di controllo raggruppa una serie di collegamenti necessari per consentire al microprocessore e alle periferiche di stabilire e mantenere una comunicazione che consenta il trasferimento dei dati. I collegamenti utilizzati cambiano per ciascun tipo di periferica. Nelle attuali schede madri, per ottimizzare il trasferimento dei dati, i bus sono stati sdoppiati. Un bus chiamato Northbridge collega le periferiche più veloci al microprocessore, mentre l'altro, il Southbridge, collega le periferiche più lente.

lezione

4 La memoria cache

Per consentire al microprocessore di avere a disposizione una memoria molto veloce adeguata alla sua velocità di elaborazione, gli è stata affiancata una memoria dedicata, chiamata cache. Rispetto alla normale memoria è molto più veloce, ma è di piccole dimensioni, sia per problemi di spazio disponibile sia per problemi di costi elevati. L'evoluzione tecnica ha consentito di integrare questa memoria all'interno del circuito che contiene il microprocessore e di differenziarla in 3 livelli (L1, L2 e L3 dalla più veloce alla più lenta) ottimizzandone le prestazioni. La gestione della cache riveste un ruolo molto importante nella determinazione delle prestazioni complessive del microprocessore; esistono degli algoritmi che consentono di gestirne l'aggiornamento (write-through oppure write-back) e le modalità di posizionamento dei dati (libero o vincolato).

lezione

5 La memoria centrale

È costituita da milioni di celle, ciascuna contenente un bit di informazione. Si accede alle celle a gruppi di almeno 8 bit (un byte). L'accesso ai dati è causale (RAM), in quanto non è necessaria una lettura in sequenza delle varie celle per giungere a un dato: è sufficiente indicare nel bus indirizzi la posizione della singola cella. La memoria funziona solo se è alimentata (quindi con l'elaboratore acceso). Le operazioni sono lettura e scrittura. Un circuito interno provvede a controllare che i dati siano sempre corretti, segnalando eventuali problemi. Le RAM sono di tipo statico (SRAM) utilizzate prevalentemente per la cache o dinamico (DRAM) per la memoria centrale esterna al microprocessore.

lezione

6 La memoria secondaria

Sono tutte le memorie necessarie al funzionamento dell'elaboratore, ma non in tutte le fasi, come per la memoria centrale. Hanno capacità di memoria molto superiori a quelle della memoria centrale, ma sono più lente nelle operazioni di lettura/scrittura. Le principali sono: hard disk, SSD, flash memory, CD-ROM/DVD. L'hard disk sfrutta la magnetizzazione di granuli di ferro depositati su dischi che ruotano ad alta velocità, possiede grande capacità di memoria, ma è una periferica lenta. L'SSD è un circuito elettronico che non ha parti in movimento, quindi è molto veloce in scrittura e lettura, ma rispetto all'hard disk il costo è maggiore e la durata minore. Le flash memory sono memorie con le stesse caratteristiche dell'SSD, ma con capacità ridotte, non necessitano di alimentazione e funzionano con connessione al connettore USB. I CD-ROM/DVD sono dischi che memorizzano le informazioni tramite l'opacizzazione di piccole aree su uno strato metallico al loro interno hanno notevole capacità di memorizzazione, ma con tempi di lettura e scrittura elevati. Sono adatti per la conservazione di grandi quantità di dati (archivi). La memoria virtuale è parte della capacità di memoria dell'hard disk che può essere utilizzata come memoria aggiuntiva, quando la quantità di RAM non è sufficiente per il funzionamento dell'elaboratore, ma con notevole rallentamento delle operazioni a causa della lentezza delle memorie secondarie.

lezione

7 Classificazione delle periferiche

Le periferiche sono classificate per la direzione del flusso di dati tra esse e il microprocessore e per il compito svolto. La prima classificazione prevede tre sottocategorie: input (dati verso il microprocessore), output (dati dal microprocessore) e input/output (dati da/verso il microprocessore). La seconda classificazione è in base alla tipologia di informazioni da elaborare: rilevazione movimenti, stampa, visualizzazione, comunicazione.

lezione

8 Interfacciamento delle periferiche

Le periferiche possono essere collegate all'elaboratore utilizzando delle particolari connessioni adatte alla velocità di trasmissione di dati e alle caratteristiche della periferica. Le principali sono: porta parallela, porta seriale AGP, PCI e PCIe, PATA, SATA, USB, FireWire, PS2.



Struttura dell'elaboratore

Ripasso MP3

- 1 Indica e descrivi le caratteristiche dei vari blocchi del modello di elaboratore di Von Neumann.

→ L1

- 2 Indica e descrivi i principali parametri che caratterizzano un processore.

→ L2

- 3 Quale funzione svolge la memoria cache?

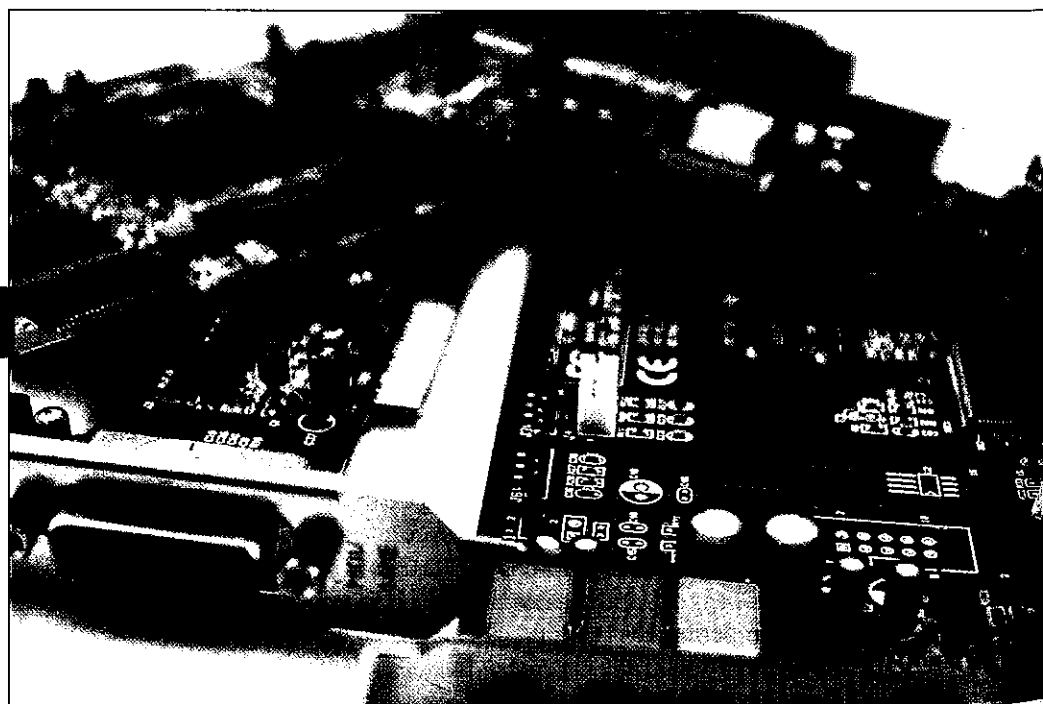
→ L4

- 4 Che vantaggi ci sono nell'utilizzare la memoria virtuale?

→ L6

- 5 Perché per le periferiche si utilizzano standard di comunicazione diversi?

→ L8



Tema proposto

Occorre valutare la quantità di dispositivi e i tempi per l'archiviazione di dati in modo continuativo senza intervento di un operatore. I dati affluiscono con un flusso di 2MB/s. Ogni 24h i dati sono trasferiti al computer centrale per l'elaborazione e cancellati da tali periferiche.

Le periferiche disponibili sono:

tipo di periferica	capacità	velocità di trasferimento dati	velocità di lettura	velocità di scrittura
Hard disk 1	500MB	6Gbps	8,9 ms	10,9 ms
SSD	520MB	6Gbps	32 μs	47,6 μs

Risoluzione

Occorre calcolare la velocità del flusso dati in MB/s per confrontarli con il flusso dati richiesto; occorre inoltre calcolare la capacità giornaliera richiesta:

6Gbps →  $v=6/8 = 0,75\text{Gbps} = 0,75 \times 1024 = 768\text{MB/s}$  ampiamente sufficiente per la velocità richiesta di 2MB/s.

In una giornata la quantità di dati ricevuti è pari a:  
 $2\text{MB/s} \times 60 \text{ (secondi)} \times 60 \text{ (minuti)} \times 24 \text{ (ore)} = 172800 \text{ MB} = 168,75\text{GB}$ , di conseguenza occorrono

$172800 : 500 = 346$  hard disk oppure  $172800 : 520 = 333$  SSD

(si considera per entrambi l'intero superiore della divisione).

Tempi di lettura di tutti i dati raccolti nelle 24 ore.

I tempi di lettura sono presi in considerazione all'inizio della lettura di ogni periferica a cui si aggiunge il tempo di trasferimento dei dati, uguale per tutti (768MB/s).

HDI:  $8,9 \text{ ms} \times 346 + 172800 : 768 = 3,08 + 232,81 = 235,89\text{s} = 3,93$  minuti  
 SSD:  $47,6 \mu\text{s} \times 333 + 172800 : 768 = 0,016 + 232,81 = 232,83\text{s} = 3,88$  minuti

Si può chiaramente notare che i tempi di trasferimento sono paragonabili nonostante l'SSD abbia tempi di scrittura inferiori.

compito in classe proposto



Verifica

Occorre trasferire 500 video in formato AVI con dimensioni pari a 700MB su DVD (4,7GB) per l'archiviazione.

L'hard disk ha i seguenti dati per il trasferimento:  
 • tempo di accesso in lettura: 8,5 ms;  
 • velocità di trasferimento: 6Gb/s.

Il masterizzatore DVD ha i seguenti dati:  
 • tempo di accesso (lettura/scrittura): 45 ms;  
 • velocità di trasferimento: 21,13MB/s (16x).

Tenendo conto che per il cambio disco e l'avvio si possono impiegare 20 secondi, determinare il numero di DVD necessari e i tempi complessivi per l'operazione.



**Abstract**

**COMPUTER STRUCTURE**

Computers are structured using the Von Neumann model. In this model the fundamental element is the CPU that handles the processing of the data that it receives. It processes and transmits the results to other peripherals. Besides the CPU, another fundamental element is the main memory that the CPU uses to store the processed data. Many devices are also connected to

the CPU; they allow to it to communicate with the user or to save information. The connection among CPU, memory and peripherals is made by the system bus, which is divided into three parts: Data bus, Address bus and Control bus. CPU, memory and bus are on the motherboard; other cards may be on the motherboard or connected to the motherboard by special connections.

**Exercise**

Use the appropriate number to match words and meanings.

...	Address bus	1	It is a high capacity memory device, but slow
...	Control bus	2	It is used to connect slow speed devices to CPU
...	Data bus	3	It is a high capacity memory device without mechanical elements
...	Northbridge	4	It connects CPU and other devices to carry signalling information
...	DVD	5	It is used for communicating where in memory the data is to be transferred to or from.
...	Southbridge	6	It is used to transfer data to or from memory
...	SSD	7	It is an optical device
...	Hard disk	8	It is used to connect high speed devices to CPU

**Questions**

Choose the correct answer.

- The CPU is:
  - a part of a computer that interprets instructions contained in the software
  - a part of a computer that interprets and processes instructions contained in the software
  - a part of a computer that interprets and processes instructions and data contained in the software
  - a part of a computer that interprets and processes data contained in the software
- Which of these are not a memory installed on the motherboard?
  - Cache
  - RAM
  - ROM
  - Hard disk
- Which of the following is an input device?
  - Printer
  - LED monitor
  - Mouse
  - Speakers
- Which of the following is an output device?
  - LCD screen
  - Keyboard
  - Scanner
  - Trackball



Glossario

**Glossary**

**Ack:** acknowledgement (signal acknowledging a peripheral or a piece of data).  
**Bus:** set of electrical conductors through which pass messages of a homogeneous kind (data, addresses, control).  
**Busy:** signal from the control bus that a peripheral is engaged and cannot process other data.  
**Cache:** a high-speed storage mechanism.  
**Core:** single microprocessor forming part of a CPU.

**Input device:** peripheral which receives information and sends it to the CPU.  
**Motherboard:** also known as the mainboard, it is the central circuit board making up a computer.  
**Peripheral:** refers to all the I/O devices related with a computer; it can be integrated or external.  
**Output device:** peripheral which receives information and produces it in the required format.

**Il microprocessore**

**Competenze**

- Classificare un microprocessore in base ai suoi parametri principali.
- Interpretare e scrivere brevi listati con programmazione di basso livello.

**Conoscenze**

- Conoscere i parametri principali che caratterizzano un microprocessore.
- Conoscere l'architettura interna di un microprocessore.
- Conoscere le principali applicazioni della programmazione a basso livello.

**Abilità**

- Capire quali sono le caratteristiche principali dei linguaggi a basso livello.
- Applicare le principali istruzioni di un linguaggio di programmazione di basso livello.
- Saper implementare e verificare semplici listati in linguaggio di basso livello.

**Prerequisiti**

- Conoscere le unità di misura binarie e i principali codici di rappresentazione.
- Conoscere le operazioni logiche e aritmetiche con numeri binari.
- Conoscere i collegamenti tra microprocessore e dispositivi esterni (memoria e periferiche).

**Accertamento dei prerequisiti**

- Un byte è formato da:
  - 8 bit
  - 16 bit
  - 32 bit
  - 64 bit
- Il codice ASCII serve per rappresentare:
  - numeri
  - caratteri alfanumerici
  - caratteri alfabetici
  - simboli diversi da numeri, lettere e segni di punteggiatura
- L'operazione 1011 OR 1001 ha come risultato:
  - 1011
  - 1001
  - 0000
  - 1111
- L'operazione 1011 AND 1001 ha come risultato:
  - 1011
  - 1001
  - 0000
  - 1111
- Il numero 100 in base 2 corrisponde in base 10 a:
  - 50
  - 4
  - 200
  - 100
- Il bus dati serve al microprocessore per:
  - ricevere dati
  - trasmettere dati
  - ricevere e trasmettere dati
  - ricevere e trasmettere dati e comandi
- Il bus indirizzi serve al microprocessore per:
  - comandare i dispositivi esterni
  - indirizzare i dati tra il microprocessore e i dispositivi esterni
  - collegare la memoria con il microprocessore
  - collegare la memoria con le altre periferiche
- Un numero formato da 8 bit rappresenta in base 10 un numero da 0 fino a:
  - 255
  - 11111111
  - 100000000
  - 25



# Struttura dei microprocessori ed evoluzione

## ● Struttura

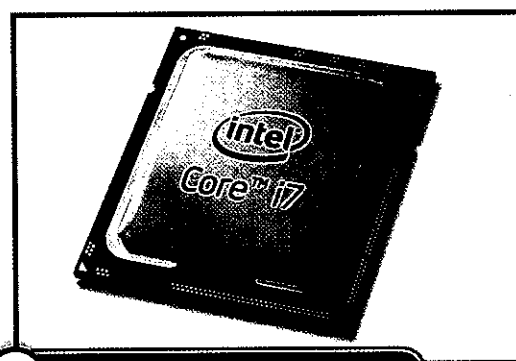


figura 1

Il microprocessore (figura 1), detto comunemente anche CPU (Central Processing Unit), come già studiato, rappresenta l'elemento fondamentale della struttura di un computer nel modello di Von Neumann. Nel corso dei decenni l'evoluzione è stata enorme in termini di capacità di elaborazione e velocità, ma la struttura interna (architettura) ha mantenuto le caratteristiche e le funzionalità che sono evidenziate in figura 2.

**Unità di controllo:** coordina e gestisce le operazioni interne dei vari blocchi in base ai segnali ricevuti dall'esterno e alle istruzioni da eseguire. **ALU (Arithmetic Logic Unit):** esegue tutte le operazioni logico-matematiche necessarie richieste dall'unità di controllo.

**Registri:** piccole aree di memoria (le dimensioni massime dipendono da quanti bit può elaborare simultaneamente l'unità di controllo) molto veloci che conservano i dati da elaborare e le informazioni relative alle operazioni

da eseguire durante l'esecuzione delle istruzioni.

**Cache interna:** area di memoria nella quale sono inserite le istruzioni successive a quella in corso di esecuzione; in questo modo si velocizzano le operazioni. È organizzata su più livelli (L1, L2 ecc.) in base alla velocità di accesso e alla frequenza d'uso.

**Logica di controllo:** insieme di circuiti che trasformano gli impulsi elettrici provenienti dall'esterno in segnali utili per l'unità di controllo e trasformano in impulsi elettrici i comandi provenienti dall'unità di controllo.

**Logica I/O (Input/Output):** insieme di circuiti che si occupa di fornire ai bus esterni di comunicazione (dati e indirizzi) gli impulsi necessari per le comunicazioni con le periferiche e di trasformare gli impulsi ricevuti dall'esterno in segnali utili per l'unità di controllo.

**Bus interno:** insieme di collegamenti elettrici che consente di trasferire dati e indirizzi tra i vari blocchi del microprocessore.

Per definire se una periferica è di input o di output bisogna far riferimento al verso del flusso dei dati rispetto al microprocessore.  
Input: la periferica trasferisce i dati verso il microprocessore.  
Output: il microprocessore trasferisce i dati verso l'esterno.

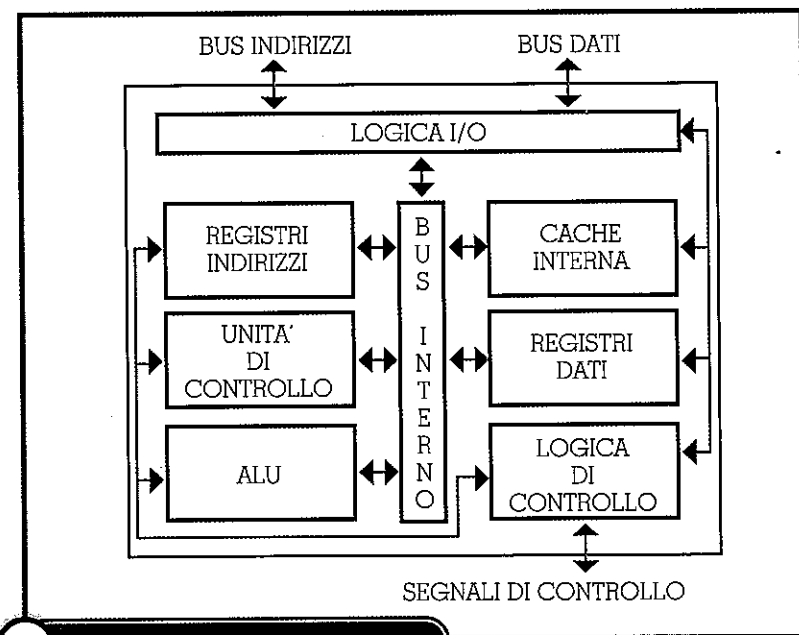


figura 2

## ● Parametri

Il microprocessore come dispositivo unico è nato dall'esigenza di realizzare un unico piccolo componente in grado di svolgere tutte le funzioni di dispositivi già esistenti separatamente, ma molto ingombranti.

Il primo a elaborare la struttura di un microprocessore fu, nel 1968, Federico Faggin. Egli contribuì inoltre allo sviluppo di vari tipi di microprocessori che hanno caratterizzato la storia dell'informatica; i microprocessori attuali sono i "discendenti" diretti di quelli inventati da Faggin.

I parametri principali che caratterizzano un microprocessore sono: **velocità di clock**, **parallelismo**, **cache**, **numero di microprocessori (core)** e **firmware**.

## Velocità di clock

Numero di impulsi inviati dal generatore di clock a tutti i dispositivi collegati alla scheda madre. Il clock è un circuito presente sulla scheda madre che fornisce una sequenza di impulsi. Tali impulsi servono a sincronizzare tutti i dispositivi presenti sulla scheda madre. Ogni volta che il microprocessore riceve un impulso esegue un'operazione semplice o parte di un'operazione più complessa e anche i dispositivi esterni al microprocessore eseguono operazioni in modo sincronizzato tra loro e con il microprocessore. Spesso si associa la velocità di clock espressa in Megahertz (MHz) o Gigahertz (GHz) alla velocità del microprocessore; la misura corretta è ips (istruzioni per secondo, anche se in pratica si usa il Mips = milioni di operazioni al secondo) in quanto nel corso dell'elaborazione interna di un'operazione vi sono fattori complessi che possono rendere un'operazione (per esempio un'addizione) di durata variabile in base alla lunghezza dei dati da elaborare e alla posizione (RAM esterna, registro interno, cache) in cui si trovano i dati.

## Parallelismo

Numero di bit di dati che possono essere letti o ricevuti in una singola operazione. Il primo microprocessore poteva eseguire operazioni su 4 bit (figura 3) in un solo passaggio, quindi se, per esempio, un'operazione prevedeva dati su 8 bit, il microprocessore prelevava 4 bit alla volta, eseguiva l'operazione conservando il risultato, prelevava gli altri 4 bit eseguiva una nuova operazione e poi forniva il risultato finale elaborando insieme i due blocchi da 4 bit. Attualmente i microprocessori lavorano con parallelismo fino a 64 bit.

## Cache di memoria

Inizialmente la tecnologia non consentiva di integrare all'interno del microprocessore le memorie che, quindi, erano collegate solo esternamente, con conseguente rallentamento delle operazioni di trasferimento dati e istruzioni col microprocessore. La tecnologia ha consentito progressivamente di inserire questa memoria all'interno del microprocessore e successivamente di creare più livelli di cache (L1, L2, L3) che consentono di precaricare all'interno del microprocessore un numero elevato di istruzioni e dati di imminente elaborazione evitando al microprocessore di collegarsi con le memorie esterne.

## Numero di microprocessori (core)

La prima fase dell'evoluzione dei microprocessori ha visto lo sviluppo della miniaturizzazione dei circuiti interni e l'aumento della velocità di clock, in modo da realizzare in dimensioni contenute circuiti sempre più complessi e sempre più veloci. Tali miglioramenti hanno, però, avuto come effetto negativo la produzione sempre più elevata di calore da parte del microprocessore (la potenza dissipata aumenta col quadrato della frequenza di clock), costringendo all'uso di ventole e sistemi di dissipazione del calore sempre più complessi e ingombranti. Raggiunta la velocità di clock di alcuni GHz, ormai i dissipatori di calore avevano raggiunto dimensioni eccessive per i ridotti spazi di un computer e ulteriori aumenti del clock non avrebbero portato particolari benefici. I progettisti si sono orientati allora nell'inserire in un unico dispositivo più microprocessori che svolgevano le elaborazioni in parallelo, anche se esternamente il dispositivo si comportava come un unico microprocessore. I primi dispositivi sono stati i cosiddetti dual core (2 microprocessori) e si è arrivati agli esacore (6 microprocessori), ma per applicazioni professionali esistono gli optocore (8 microprocessori) e dodecacore (12 microprocessori). La parte più complessa da gestire nei multicore è la modalità con cui sono suddivisi i compiti di elaborazione tra i vari microprocessori e con cui riunire i risultati delle varie elaborazioni per inviare esternamente i risultati; anche i programmi che funzionano con tali microprocessori devono essere realizzati in modo da sfruttare al meglio la struttura multicore. Nei notebook la necessità di ingombri ridotti e bassi consumi limita le prestazioni dei microprocessori e l'uscita sul mercato di modelli con un determinato microprocessore avviene mediamente con 1 o 2 anni di ritardo rispetto alla versione desktop. Per i notebook e gli smartphone sono stati sviluppati microprocessori specifici con prestazioni notevolmente inferiori rispetto ai corrispondenti modelli per desktop.

## Firmware

Parte dell'unità di controllo, composta da microistruzioni che si occupa di comprendere le istruzioni da eseguire.

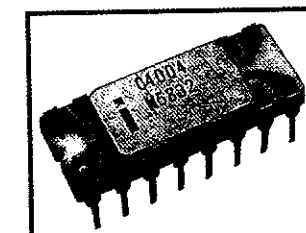


figura 3

Fin dai primi microprocessori si sono sviluppate due linee di progetto:

- CISC (Complex Instruction Set Computer = computer con un insieme di istruzioni complesse): il microprocessore è in grado di eseguire un numero elevato di istruzioni molto complesse, ma quelle più complesse richiedono tempi di esecuzione lunghi e la presenza nell'unità di controllo di un firmware complesso.
- RISC (Reduced Instruction Set Computer = computer con un insieme di istruzioni ridotte): il microprocessore può eseguire una tipologia abbastanza ridotta di istruzioni semplici, ma lo fa in modo estremamente veloce. Il firmware è molto semplice e in parte è sostituito da circuiti elettronici estremamente veloci. Attualmente molti microprocessori elaborano istruzioni di tipo CISC, trasformandole internamente in istruzioni di tipo RISC che poi vengono eseguite.

## ● Evoluzione

Il grafico mostra l'evoluzione nel tempo dei microprocessori; in figura 4 viene raffigurato un microprocessore AMD Phenom II a 6 core.

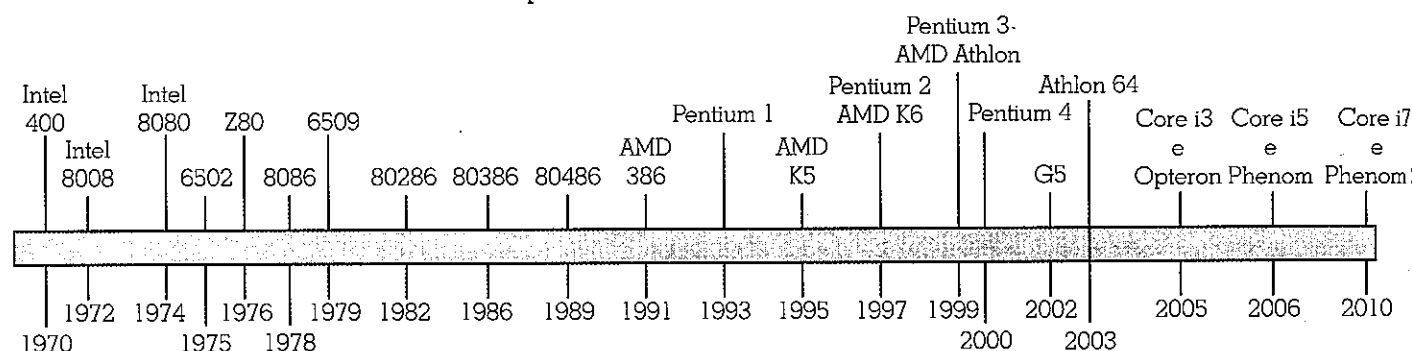
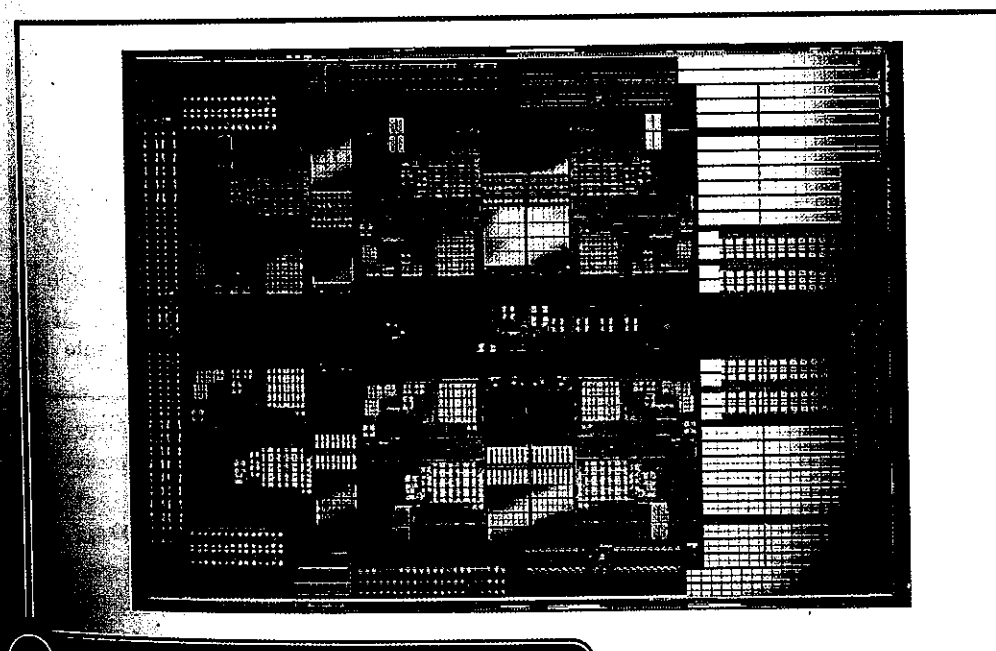


tabella 1 Cronologia dello sviluppo dei microprocessori

periodo	nome	n° bit	clock	n° registri dati/n° bit	note
1970	Intel 4004	4	740kHz	16/4	1° microprocessore integrato
1972	Intel 8008	8	800kHz	16/8	1° microprocessore a 8 bit
1974	Intel 8080	8	2MHz	7/8	
1975	MOS 6502	8	2MHz	1+ memoria interna da 256 celle/8	primi home computer Commodore VIC20 / Apple II
1976	Zilog Z80	8	8MHz	7(+7)/8	registri raddoppiati internamente
1976	TMS9900	16	3,3Mhz	16/16 nella RAM esterna	home computer TI-99
1978	Intel 8086	16	10MHz	8/16	primi microcomputer (personal computer M24 Olivetti)
1979	MOS 6809	8	1Mhz	2/8	istruzioni eseguite solo da circuiti quindi estremamente veloce
1982	Intel 80286	16	20MHz	8/16	PC IBM
1982	Motorola 68000	32	10MHz	8/32	Macintosh
1986	Intel 80386	32	40MHz	8/32	gestione sistemi operativi con memoria virtuale

(segue)

periodo	nome	n° bit	clock	n° registri dati/n° bit	note
1989	Intel 80486	32	100MHz	8/32	miglioramento del 386
1991	AMD386	32	100MHz	8/32	compatibile con Intel 386
1993	Pentium 1, 2 e 3	32	60MHz-80MHz	8/32	introdotte tecniche per la pre-elaborazione delle istruzioni. Viene integrata la cache fino a L2
1995	AMD K5 - K6 - Athlon	32	133MHz-1.4GHz	8/32	prestazioni comparabili con i Pentium, ma architettura diversa
2000	Pentium 4	32/64	1.3-3.8GHz	8/32	migliorata la pre-elaborazione cache integrata fino a livello L3
2002	PowerPC G5		2GHz		
2003	Athlon64	64	800MHz-1GHz	8/64	prestazioni comparabili con i Pentium 4, ma architettura diversa e frequenza di clock più bassa
2005	Pentium D (Intel) Core i3 Opteron (AMD)	64	3.6GHz 3.2GHz	8/64	dual-core. Cache L1 e L2 Core i3 con (L1, L2 e L3)
2006	Core 2 Quad Core i5(Intel) Phenom (AMD)	64	2.66GHz	8/64	quad-core. Cache L1, L2 e L3
2010	Core i7 Extreme Phenom 2 X6	64	3.3GHz	8/64	esa-core. Cache L1, L2 e L3



### verifica le tue conoscenze

1. Quale funzione svolge la ALU in un microprocessore?
2. Che cos'è e cosa contiene la cache interna?
3. Che cosa sono i registri?
4. Che cosa indica il parallelismo di un microprocessore?

## Programmazione del microprocessore

### ● Instruction Set Architecture

La Instruction Set Architecture (ISA) descrive sostanzialmente l'organizzazione e la sintassi delle istruzioni di uno specifico microprocessore. Come già accennato nelle precedenti lezioni le tipologie sono CISC e RISC.

Al suo interno il microprocessore usa il **linguaggio macchina** costituito esclusivamente da codici binari per rappresentare i comandi, le operazioni da eseguire e i dati. Tale rappresentazione rende molto difficile leggere le istruzioni per una persona, la quale dovrebbe continuamente tradurre lunghe sequenze di bit in istruzioni comprensibili. Per venire incontro a tale esigenza si utilizza un linguaggio mnemonico, l'**assembly**: per ogni comando esiste un'etichetta, corrispondente a un codice binario, che ricorda il tipo di operazione e la posizione dei dati da elaborare.

#### esempio

Le istruzioni, su dati a 16 bit, per inserire un dato in un registro (BX) e azzerare il registro principale (AX) sono:

MOV AX, 10011001	"move 10011001 into AX"	significa "copia il dato binario 10011001 nel registro AX"
MOV BX, AX	"move AX into BX"	significa "copia il dato contenuto nel registro AX nel registro BX"
MOV AX, 0	"move 0 into AX"	significa "copia il valore 0 (zero) nel registro AX"

Al termine delle tre istruzioni la situazione è la seguente: AX=0 e BX=10011001  
Il codice binario, tradotto dal programma assembler e letto dal microprocessore, è il seguente:

codice istruzione (parte 1)	n° byte utilizzati*	codice istruzione (parte 2)	registro destinazione	registro/dato sorgente
1011011	1	11000	000	0000000010011001
1000100	1	11	011	000
1100011	1	11000	000	0000000000000000

\* 0 = un byte, 1 = 2 byte

quindi nelle celle di memoria il contenuto, in codice binario, è:

10110111	11000000	00000000	10011001	istruzione da 4 byte
10001001	11011000			istruzione da 2 byte
11000111	11000000	00000000	00000000	istruzione da 4 byte

Come si vede dall'esempio, le istruzioni scritte inizialmente in codice assembly sono comprensibili a una semplice lettura, mentre l'interpretazione dei codici binari è molto complessa.

In genere ogni costruttore di microprocessori (Intel, AMD, AIM) mantiene la "retrocompatibilità", cioè le istruzioni scritte per i microprocessori "vecchi" sono perfettamente comprensibili dai nuovi, che ovviamente li eseguiranno in minor tempo, mentre le istruzioni nuove servono per sfruttare al meglio le nuove potenzialità, ma non possono essere comprese dai microprocessori precedenti.

in English, please

Intel Architecture Software Developer's Manual - Volume 2: Instruction Set Reference

Instruction and Format	Encoding
MOV - MOV Data	
register1 to register2	000100w: 11 reg1 reg2
register2 to register1	1000101w: 11 reg1 reg2
memory to reg	1000 101w: mod reg r/m
reg to memory	1000 100w: mod reg r/m
immediate to register	1100 011w: 11 000 reg: immediate data
immediate to register (alternate encoding)	1011 w reg: immediate data
immediate to memory	1100 011w: mod 000 r/m: immediate data
memory to AL, AX, or EAX	1010 000w: full displacement
AL, AX, or EAX to memory	1010 001w: full displacement

intel®

ABOUT THIS MANUAL

### 1.4.3. Instruction Operands

When instructions are represented symbolically, a subset of the Intel Architecture assembly language is used. In this subset, an instruction has the following format:

label: mnemonic argument1, argument 2, argument 3

where:

- A **label** is an identifier which is followed by a colon.
- A **mnemonic** is a reserved name for a class of instruction opcodes which have the same function.
- The operands argument1, argument2, and argument3 are optional. There may be from zero to three operands, depending on the opcode. When present, they take the form of either literals or identifiers for data items. Operand identifiers are either reserved names of registers or are assumed to be assigned to data items declared in another part of the program (which may not be shown in the example).

When two operands are present in an arithmetic or logical instruction, the right operand is the source and the left operand is the destination.

For example:

LOADREG: MOV EAX, SUBTOTAL

In this example, LOADREG is a label, MOV is the mnemonic identifier of an opcode, EAX is the destination operand, and SUBTOTAL is the source operand. Some assembly languages put the source and destination in reverse order.

### 1.4.4. Hexadecimal and Binary Numbers

Base-16 (hexadecimal) numbers are represented by a string of hexadecimal digits followed by the character H (for example, F82E1-H). A hexadecimal digit is a character from the following set: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, and F.

Base-2 (binary) numbers are represented by a string of 1s and 0s, sometimes followed by the character B (for example, 1010B). The "B" designation is only used in situations where confusion as to the type of number might arise.

## ● Applicazioni e limiti del linguaggio assembly

L'esempio mostrato in precedenza fa riferimento allo x86 ISA vale a dire alle istruzioni della famiglia x86 (Intel), che è un'architettura CISC dove una singola istruzione può eseguire operazioni complesse, ma prima di poter essere eseguita deve essere decodificata e il numero di istruzioni disponibili è piuttosto elevato (oltre 200 per un Pentium 4).

Il PowerPC G5 (AIM) anch'esso a 64 bit ha un ISA da 107 istruzioni che eseguono solamente spostamento valori, somma, sottrazione e alcune operazioni logiche elementari. Le operazioni viste nell'esempio precedente sono ottenibili con un numero di istruzioni circa doppio, ma più brevi ed eseguite molto rapidamente utilizzando un centinaio di registri interni. L'utilizzo di istruzioni semplici consente di velocizzare la loro esecuzione.

L'uso dell'assembly è ormai limitato ad applicazioni molto particolari per le quali occorre agire con funzionalità molto precise e con un numero ridotto di istruzioni come per esempio avviene su periferiche speciali. In genere chi si occupa di scrivere i programmi lavora con linguaggi ad alto livello che sono elaborati da particolari programmi, i compilatori, che si occupano di tradurre comandi molto complessi in semplici istruzioni in codice macchina, preoccupandosi anche di ottimizzare tali istruzioni. Il compilatore opera nel seguente modo:

1. traduce le istruzioni ad alto livello in istruzioni assembly;
2. analizza le istruzioni assembly eliminando le istruzioni ripetute o i calcoli superflui che forniscono dati già disponibili.

Il file generato, chiamato file oggetto (object file) dev'essere ulteriormente modificato per inserire elementi esterni previsti dal programma (funzioni particolari, riferimenti ad altri file, gestione delle richieste di memoria da assegnare al programma); di tale compito si occupa il linker.

Schematicamente si ha (figura 1):

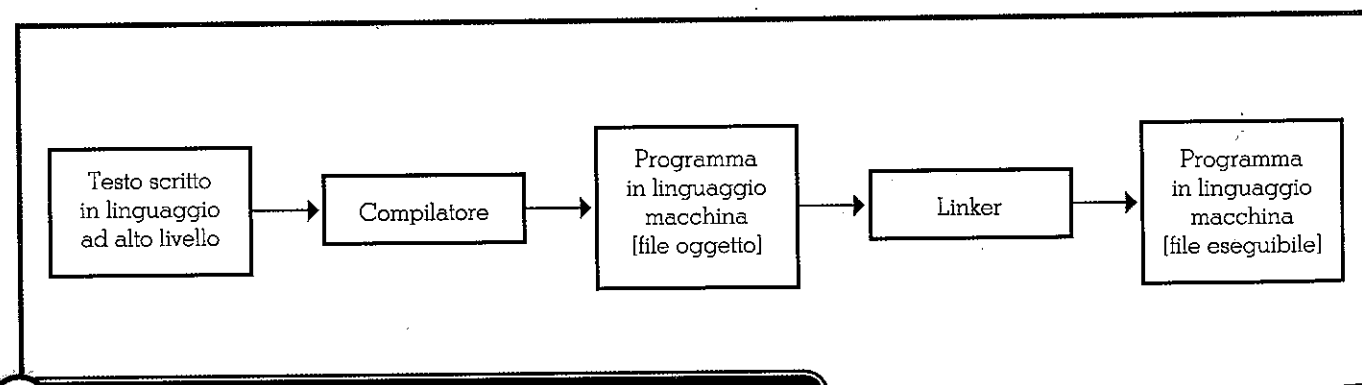


figura 1

Negli ultimi anni si è diffuso l'uso di **microcontrollori** all'interno di dispositivi ed elettrodomestici di uso comune (lavatrici, macchine per il caffè, navigatori satellitari, antifurti, robot aspirapolvere, smartphone, apparecchiature mediche, periferiche per videogiochi), consentendo così di realizzare dispositivi "intelligenti", in grado cioè di avere un funzionamento molto variabile in base alle esigenze dell'utente. Sono microprocessori con prestazioni ridotte, a basso costo e con bassi consumi, che al loro interno integrano circuiti elettronici in grado di semplificare il controllo dei dispositivi che formano, per esempio, l'elettrodomestico (pulsanti, motori, display ecc). Tali microcontrollori sono normalmente programmati in un linguaggio assembly specifico: le istruzioni sono simili a quelle dei microprocessori, ma sono in quantità estremamente ridotta e sono disponibili anche istruzioni specifiche che consentono un più semplice controllo dei segnali in ingresso e in uscita per il funzionamento degli apparati (figura 2).

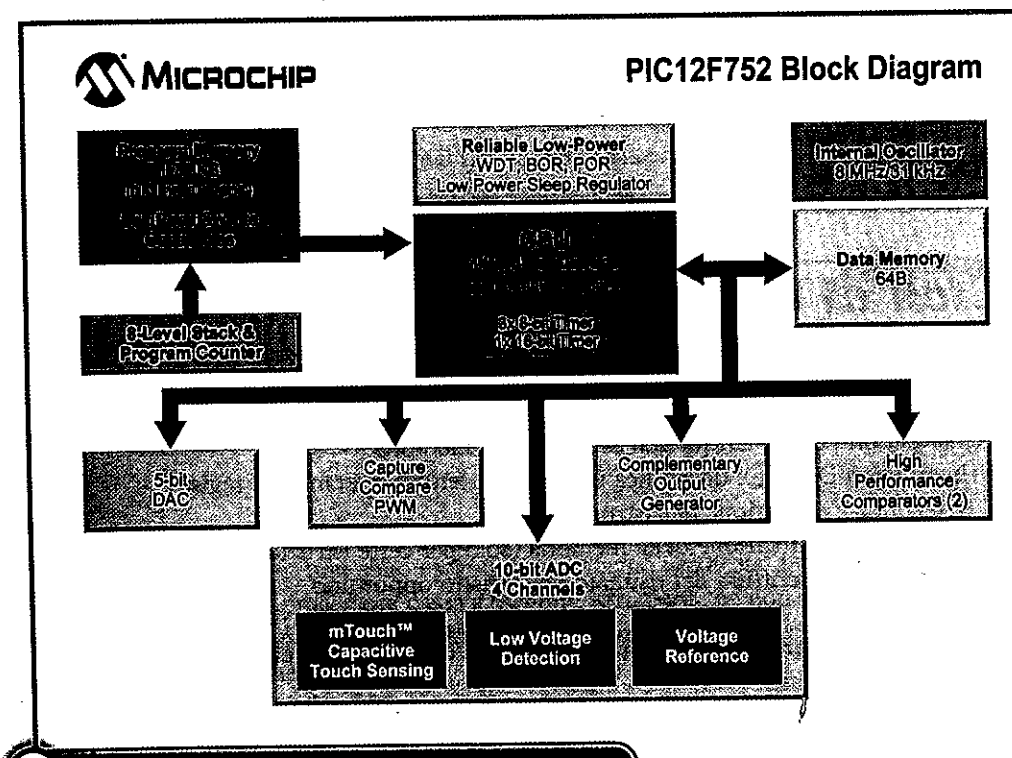


figura 2

### esempio

Caratteristiche di un microcontrollore (PIC12F752)

- ISA: 35 istruzioni
- Memoria flash da 1,75 kB
- Clock: 8MHz
- 64 registri da 8 bit
- Generatore di forme d'onda
- Generatore a impulso variabile (PWM)
- 2 comparatori analogici
- modulo indicatore di temperatura
- convertitori analogico-digitali
- convertitore digitale-analogico
- temporizzatori a 8 bit
- temporizzatore a 16 bit

### verifica le tue conoscenze

1. Che legame c'è tra linguaggio macchina e linguaggio assembly?
2. Per quali apparati si deve programmare in linguaggio assembly?
3. Perché è difficile programmare direttamente in linguaggio macchina?
4. Quali funzioni svolgono il compilatore e il linker?
5. Che cos'è un microcontrollore?
6. Perché l'uso dei microcontrollori rende i dispositivi "intelligenti"?



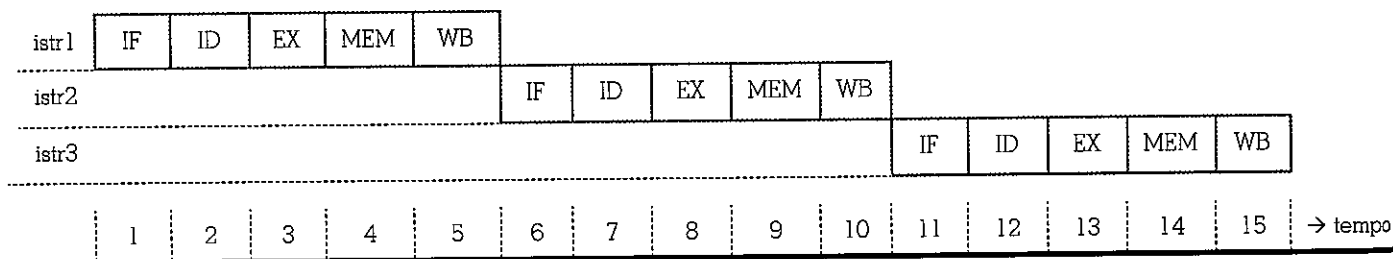
## Tecnica del pipeline

### ● Cicli di esecuzione

Analizzando attentamente le varie fasi durante le quali il microprocessore legge ed esegue le istruzioni si possono identificare le seguenti 5 fasi:

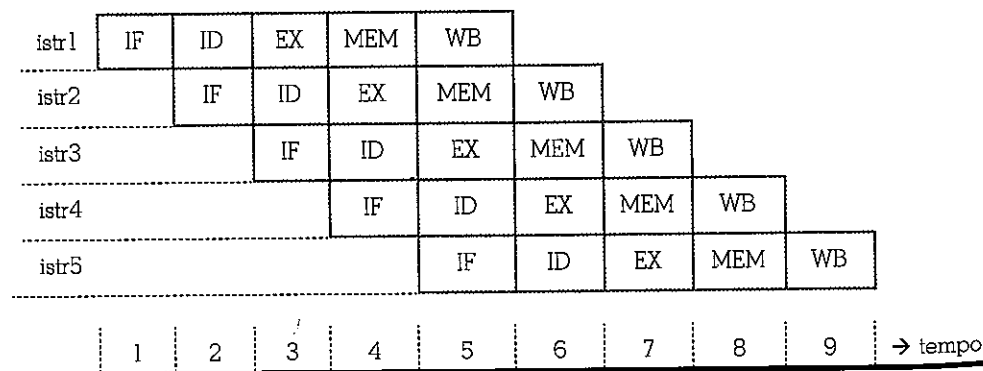
- IF (Instruction Fetch): lettura dell'istruzione da memoria;
- ID (Instruction Decode): decodifica istruzione e lettura operandi da registri;
- EX (Execution): esecuzione dell'istruzione;
- MEM (Memory): attivazione della memoria (solo per certe istruzioni);
- WB (Write Back): scrittura del risultato nel registro opportuno.

I primi microprocessori avevano una struttura che consentiva di elaborare un'istruzione alla volta nelle sue 5 fasi.



Col miglioramento della tecnologia è stato possibile realizzare 5 strutture che lavorano parallelamente su ciascuna delle 5 fasi.

Lo schema seguente mostra l'attività delle 5 strutture nel corso del tempo.



Quando la prima istruzione è ormai alla fase 5, la seconda si trova già alla fase 4 e potrà immediatamente passare alla fase 5. Come si può osservare, guardando lo schema, 5 istruzioni sono eseguite in 9 fasi complessive. Non utilizzando la tecnica del pipeline, occorre invece aspettare 25 fasi (= 5 fasi × 5 istruzioni). Ottimizzando i microprocessori ogni fase è ottenuta in un ciclo di clock.

### ● Problemi di gestione delle pipeline

Questa tecnica funziona molto bene se non vi sono legami troppo stretti tra due istruzioni; in particolare se a un'istruzione serve il risultato di un'istruzione precedente, essa non potrà entrare nella fase EX fino a quando l'istruzione precedente non è giunta alla fase WB.

#### esempio

Se l'istruzione 4 ha bisogno del risultato dell'istruzione 2, la pipeline per quella istruzione dovrà fermarsi e aspettare finché l'istruzione 2 non ha completato la fase WB.

Un altro problema che si presenta è quello conseguente ai cosiddetti salti di esecuzione: spesso alcune istruzioni non sono eseguite se non sono verificate determinate condizioni; in questo caso il microprocessore passa a eseguire istruzioni che non seguono le precedenti con la necessità di svuotare la pipeline prima di eseguire il "salto", con conseguente rallentamento dell'esecuzione.

Per ovviare a questi problemi le soluzioni sono state:

- utilizzare i cosiddetti registri a doppia porta che mettono a disposizione il risultato per le istruzioni che ne hanno bisogno al termine della fase EX, evitando che tali istruzioni debbano aspettare altre 2 fasi (MEM e WB) per disporre del dato;
- utilizzare più pipeline autonome in parallelo (tecnica superscalare) consentendo di elaborare molte istruzioni in parallelo;
- introdurre dei circuiti che si occupano di analizzare i possibili salti (unità di predizione delle diramazioni), attivando alcune pipeline per l'esecuzione delle istruzioni dopo il salto;
- suddividere l'esecuzione di un'operazione in fasi elementari (20-30) che possono essere eseguite molto rapidamente aumentando la frequenza del clock.

L'adozione delle CPU multicore ha ridotto i problemi di gestione delle pipeline in quanto ogni core lavora autonomamente; ma è necessario che il Sistema Operativo sia in grado di gestire tali microprocessori.

#### verifica le tue conoscenze

- 1 Quali sono le fasi di esecuzione di un'istruzione all'interno del microprocessore?
- 2 Perché con il pipeline si velocizza l'esecuzione delle istruzioni?
- 3 Che cos'è la tecnica superscalare?
- 4 Perché il salto delle istruzioni crea problemi al pipeline?



## Confronto tra microprocessori

### esercizio guidato

**Testo** Spesso è necessario scegliere tra vari tipi di processori. È importante confrontare le caratteristiche tecniche di ogni processore in modo da operare la scelta che meglio risponde alle esigenze tecniche richieste.

Osservando la **tabella 1** di confronto (reperibile sul sito Intel [www.intel.com](http://www.intel.com)) si possono osservare le principali differenze: numero di core e tecnologia produttiva.

**tabella 1** Confronto tra le caratteristiche di due microprocessori

parametro	microprocessore 1	microprocessore 2
nome prodotto	Intel® Core™ i5-680 Processor (4M Cache, 3.60GHz)	Intel® Core™ i7-920 Processor (8M Cache, 2.66GHz, 4.80GT/s Intel® QPI)
nome in codice	Clarkdale	Bloomfield
data di lancio	Q2'10	Q4'08
numero del processore	i5-680	i7-920
numero di core	2	4
numero di thread	4	8
velocità di clock	3.6GHz	2.66GHz
frequenza turbo massima	3.86GHz	2.93GHz
cache	4MB Intel® Smart Cache	8MB Intel® Smart Cache
bus di sistema	2.5GT/s	4.8GT/s
set di istruzioni	64-bit	64-bit
estensioni set di istruzioni	SSE4.2	SSE4.2
litografia	32nm	45nm
TDP massimo	73W	130W
dimensione memoria massima (in base al tipo di memoria)	16GB	24GB
tipi di memoria	DDR3-1066/1333	DDR3-800/1066
numero di canali di memoria	2	3
larghezza di banda di memoria massima	21GB/s	25.6GB/s
estensioni indirizzo fisico	36-bit	36-bit
grafica integrata	Yes	No
frequenza di base grafica	733MHz	

(segue)

parametro	microprocessore 1	microprocessore 2
Intel® Flexible Display Interface (Intel® FDI)	Yes	
tecnologia Intel® Clear Video HD	Yes	
supporto per doppio schermo	Yes	
revisione PCI Express	2.0	
configurazioni PCI Express	1x16, 2x8	
numero di porte PCI Express	1	
configurazione CPU massima	1	1
TCASE	72.6°C	67.9°C
numero di transistor su die di elaborazione	382 million	731 million
socket supportati	FCLGA1156	FCLGA1366

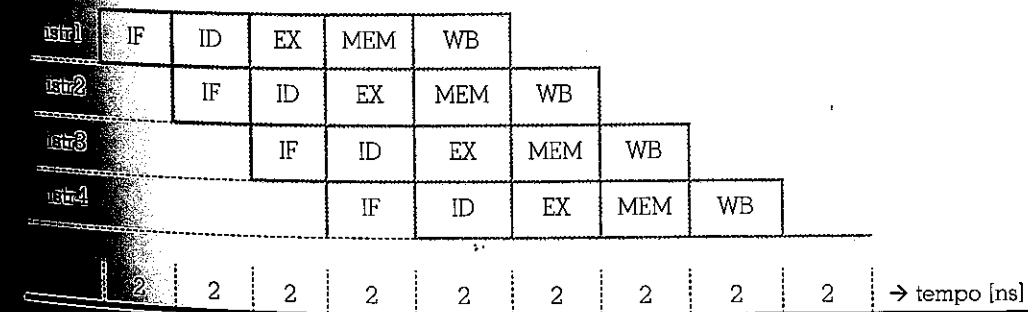
**Analisi** Partendo dalla tabella siamo in grado di rispondere alle seguenti domande:

1. Quale dei 2 microprocessori può lavorare con le memorie più veloci? *I5*, perché utilizza RAM-DDR3 con frequenza di 1066/1333MHz.
2. Quale lavora a frequenza più bassa? *I7*, perché lavora a una frequenza di clock di 2,66GHz.
3. Quale dei due ha già integrata la gestione della grafica? *I5*, perché nella riga "Grafica integrata" compare YES.
4. Quale dissipa più potenza e quindi scalda di più? *I7*, perché la TDP (Thermal Dissipation Power = Potenza di dissipazione termica) è di 130W.

### esercizio guidato

**Testo** Supponendo di avere una pipeline da 4 elementi e che ogni fase sia eseguita in 2ns, quale la velocità di elaborazione espressa in Mips (Mega instructions per second = milioni di istruzioni al secondo) nell'ipotesi migliore?

**Analisi** Disegniamo lo schema di funzionamento di una pipeline a 4 elementi.



Dallo schema si vede che 4 istruzioni sono eseguite in 8 fasi quindi in  $T = 8 \times 2ns = 16ns$  quindi la proporzione è

$$16ns = X \cdot 1s$$

$$X = \frac{4 \cdot 1}{16 \cdot 10^{-9}} = 250\,000\,000ips = 250Mips$$

lezione

1 Struttura dei microprocessori ed evoluzione

La struttura interna del microprocessore è composta da unità di controllo, ALU, registri, cache interna, logica di controllo, logica I/O, bus interno. I parametri che lo caratterizzano sono velocità di clock, parallelismo, cache e numero di core e tipo di firmware (CISC o RISC).

lezione

2 Programmazione del microprocessore

L'ISA rappresenta l'organizzazione interna e la tipologia delle istruzioni di un microprocessore. Il dispositivo elabora sequenze di bit che corrispondono ai codici e ai dati delle istruzioni. Per il programmatore è normale lavorare in linguaggio assembly dove le istruzioni sono scritte utilizzando delle sigle che ricordano la funzione delle istruzioni. Anche il linguaggio assembly è poco utilizzato e si preferisce lavorare con programmi scritti in linguaggi ad alto livello che il compilatore provvede a trasformare in istruzioni in linguaggio macchina.

lezione

3 Tecnica del pipeline

Una singola istruzione è eseguita in 5 fasi principali, ciascuna delle quali può spesso essere eseguita indipendentemente dall'esecuzione delle fasi interne dell'istruzione successiva. La pipeline è un circuito che si occupa di elaborare più istruzioni in parallelo velocizzando l'esecuzione complessiva. Tale struttura rende molto veloce l'esecuzione delle istruzioni tranne quando l'esecuzione di un'istruzione dipende dalla conclusione della precedente oppure è presente un salto di istruzioni.

lezione

4 Confronto tra microprocessori

Per scegliere il miglior processore per le proprie esigenze tecniche è necessario individuare e comprendere i parametri che influenzano le prestazioni dei vari modelli. Occorre inoltre verificare la compatibilità con le altre periferiche.

unità



Il microprocessore

Ripasso MP3

- 1 Quali sono i blocchi fondamentali che compongono la struttura interna di un microprocessore?

→ L1

- 2 Quali sono i parametri fondamentali che caratterizzano un microprocessore?

→ L1

- 3 Perché per aumentare ulteriormente la velocità di elaborazione si è preferito aumentare il numero di core invece di continuare ad aumentare la frequenza di clock?

→ L1

- 4 Quali sono le differenze tra CISC e RISC?

→ L1

- 5 Cosa si intende per ciclo di esecuzione di un'istruzione?

→ L2

- 6 Quali vantaggi porta utilizzare la tecnica del pipeline?

→ L3

**Tema proposto**

1) Osservando la seguente tabella, quale dei due microprocessori è più adatto per un dispositivo portatile? Motivare la scelta.

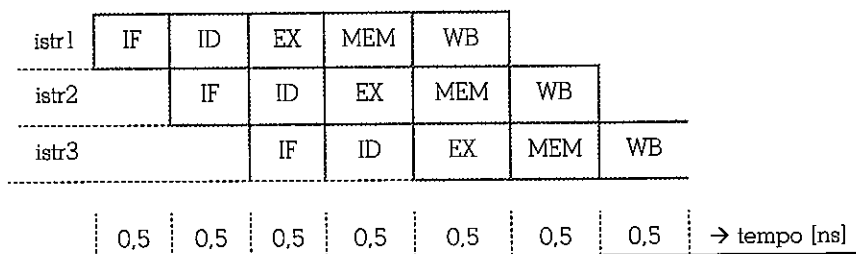
nome prodotto	Intel® Core™2 Quad Processor (12M Cache, 3.00GHz, 1333MHz FSB)	Intel® Core™2 Quad Processor (12M Cache, 2.26GHz, 1066MHz FSB)
numero del processore	Q9650	Q9100
numero di core	4	4
velocità di clock	3GHz	2.26GHz
cache	12MB L2 cache	12MB L2 cache
bus di sistema	1333MHz	1066MHz
set di istruzioni	64-bit	64-bit
litografia	45nm	45nm
TDP massimo	95W	45W
dimensione package	37.5 mm x 37.5 mm	35 mm x 35 mm
dimensione Die di elaborazione	214 mm <sup>2</sup>	214 mm <sup>2</sup>
numero di transistor su die di elaborazione	820 million	820 million
socket supportati	LGA775	PGA478

2) Supponendo di avere una pipeline da 3 elementi e che ciascuna fase sia eseguita in 0,5ns, nell'ipotesi migliore quante operazioni possono essere eseguite al secondo? Aumentando il numero di elementi a 5 si hanno dei miglioramenti nella velocità di elaborazione? In quanto tempo dovrebbe essere eseguita una fase della pipeline più lenta tra le 2 per ottenere la stessa velocità di elaborazione?

**Risoluzione**

1) Una delle esigenze più pressanti per un dispositivo portatile è la durata della batteria, che si ottiene ottimizzando e limitando i consumi di energia elettrica. Il parametro che misura il consumo di energia elettrica è il TDP (Thermal Dissipation Power) riconoscibile perché espresso in watt (W). Il dispositivo nella colonna a destra consuma meno della metà (45W) del microprocessore della colonna di sinistra (95W).

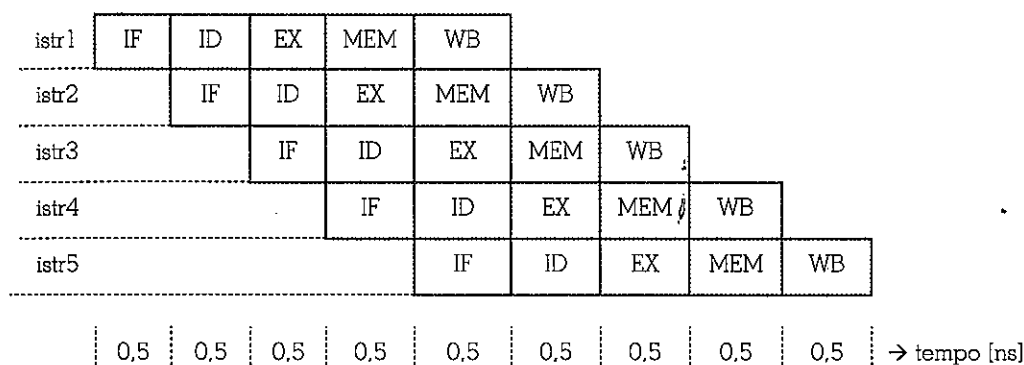
2) Schema pipeline da 3 elementi:



Dallo schema si vede che 3 operazioni sono eseguite in 7 fasi quindi in  $T = 7 \times 0,5ns = 3,5ns$  Quindi la proporzione è

$$3 : 3,5ns = X : 1 \quad X = \frac{3 \cdot 1}{3,5 \cdot 10^{-9}} = 857\,142\,857,1Mips = 857,1Mips$$

Schema di pipeline da 5 elementi



Dallo schema si vede che 5 operazioni sono eseguite in 9 fasi quindi in  $T = 9 \times 0,5ns = 4,5ns$  Quindi la proporzione è

$$5 : 4,5ns = X : 1 \quad X = \frac{5 \cdot 1}{4,5 \cdot 10^{-9}} = 1\,111\,111\,111Mips = 1\,111Mips$$

Il miglioramento è di  $n = 1111 - 857,1 = 253,9 Mips$

Per ottenere le stesse prestazioni, 1111Mips, con la pipeline da 3 elementi occorre prima calcolare il tempo complessivo in cui la pipeline da 3 elementi deve eseguire le istruzioni

$$3 : T = 1111 : 1 \quad T = \frac{3 \cdot 1}{1111 \cdot 10^6} = 0,0027 \cdot 10^{-6}s = 2,7ns$$

Una pipeline da 3 elementi utilizza 7 fasi quindi ogni fase dev'essere eseguita in

$$t = 2,7 : 7 = 0,39ns$$

**compito in classe proposto**



Verifica

Nel progetto di un microprocessore si utilizza una pipeline da 8 elementi con velocità di 1ns per fase. Si vuole realizzare una versione di dimensioni più ridotte della pipeline che mantenga le stesse prestazioni. La tecnologia consente di scendere fino a 0,5ns per fase. Da quanti elementi sarà composta questa pipeline?

Questi.

- a) Quali vantaggi porta lo spostamento della cache all'interno del microprocessore?
- b) Aumentare la velocità di clock è sempre vantaggioso? Perché?
- c) La ALU che tipo di elaborazioni effettua?



**Abstract**

**THE MICROPROCESSOR**

A microprocessor incorporates the functions of a computer on one or more integrated circuits. It is made up of a control unit, ALU, registers, internal cache, control logic I/O logic and internal bus for communication. Its distinguishing parameters are clock speed, parallelism, cache, core number and firmware type (CISC or RISC). A microprocessor contains a set

of basic instructions called an ISA (Instruction Set Architecture) Historically the first two philosophies to instruction sets were: Reduced Instruction Set Computing (RISC) and Complex Instruction Set Computing (CISC).

The pipeline technique provides execution of several instructions at the time so as to speed up overall execution.

**Exercise**

Use the appropriate number to match words and meanings.

...	Clock	1	It controls the computer's I/O functions
...	ALU	2	Number of bits of Data bus
...	I/O Logic	3	The set of basic instructions that a processor understands
...	ISA	4	It executes arithmetic operations
...	Core	5	It regulates the rate at which instructions are executed and synchronizes all computer components
...	Parallelism	6	Single microprocessor in a CPU
...	CISC	7	Reduced instruction set computer
...	RISC	8	Complex instruction set computer

**Questions**

Choose the correct answer.

- A machine code instruction set is:
  - specific to a class of processors
  - the same for any kind of processors
  - like assembly instructions
  - composed of commands for the operating system
- Which of the following is not a processor manufacturer?
  - Intel
  - Dell
  - AIM
  - AMD

**Glossary**

**Assembly:** a low-level programming language for microprocessors in which each statement corresponds to a single machine language instruction.

**Chip:** a small piece of semiconductor (usually silicon) on which an integrated circuit is embedded.

**Chipset:** a group of integrated circuits designed to serve one or more related functions (for example, the input/output control chips of a motherboard).

**Clock Rate:** the speed at which a microprocessor executes instructions.

**Cycle:** a "clock cycle" is a single electronic pulse of a CPU. During each cycle a CPU can perform basic operations such as fetching an instruction, accessing memory, etc.

**Firmware:** it is the software embedded in a hardware device that enables its most basic functions.

**Pipeline:** an internal structure of microprocessor that executes many instructions at the same time; the execution of each instruction is divided into a sequence of simpler suboperations.



Glossario

**Le basi della comunicazione in rete**

**Competenze**

- Selezionare la topologia più adatta alla rete da realizzare.
- Selezionare il mezzo fisico più adatto alla trasmissione in base alle sue caratteristiche.
- Selezionare dispositivi e strumenti in base alle loro caratteristiche funzionali.

**Conoscenze**

- Le reti per la trasmissione dati.
- I mezzi fisici usati per la trasmissione dati.
- I dispositivi per la realizzazione di reti locali; apparati e sistemi per la connettività Internet.
- Le topologie per reti locali e geografiche.

**Abilità**

- Identificare i principali dispositivi periferici.
- Saper scrivere un semplice programma software per il controllo degli errori di trasmissione.
- Saper costruire un cavo UTP straight-through o cross-over.

**Prerequisiti**

- Conoscere l'algebra booleana.
- Conoscere lo spettro elettromagnetico e i principi fisici della riflessione e rifrazione di un raggio ottico.
- Conoscere il significato di frequenza.
- Conoscere le parti hardware di un computer.

**Accertamento dei prerequisiti**

- Effettuando l'operazione booleana AND tra le due stringhe 11010001 e 01001101 si ottiene:
  - 01000001
  - 11011101
  - 10011100
  - 10011101
- Effettuando l'operazione booleana XOR tra le due stringhe 11010001 e 01001101 si ottiene:
  - 01000001
  - 11011101
  - 10011100
  - 10011101
- Lo spettro elettromagnetico i raggi infrarossi:
  - sono nella parte visibile vicino al violetto.
  - sono nella parte visibile vicino al rosso.
  - sono nella parte non visibile con lunghezza d'onda maggiore della luce.
  - sono nella parte non visibile con lunghezza d'onda minore della luce.
- Due tra le seguenti affermazioni sono corrette, quali?
  - La lunghezza d'onda di un'onda periodica è definita come il rapporto tra la velocità di propagazione e il tempo.
  - La frequenza nel fenomeno ondulatorio è pari alla velocità dell'onda divisa per la lunghezza d'onda.
  - La frequenza di un'onda non cambia quando essa attraversa un materiale.
  - La frequenza si misura in dB.
- Due tra le seguenti affermazioni sono corrette, quali?
  - La memoria volatile di un computer non mantiene l'informazione in assenza di alimentazione.
  - La memoria non volatile di un computer mantiene l'informazione in assenza di alimentazione.
  - La memoria volatile di un computer mantiene l'informazione in assenza di alimentazione.
  - La memoria non volatile di un computer non mantiene l'informazione in assenza di alimentazione.



## Il segnale e il canale di comunicazione

Nel corso dei secoli, gli uomini hanno sviluppato vari modi per inviare informazioni a distanza (per esempio i segnali di fumo o di fuoco); con l'evoluzione delle tecniche usate è cresciuta anche la complessità della comunicazione. In questa Unità esamineremo le caratteristiche fondamentali della comunicazione alla base delle attuali reti.



Nelle reti dati, il verbo **trasmettere** si usa quando si fa riferimento all'invio di segnali attraverso un mezzo fisico (come per esempio un cavo elettrico o una fibra ottica). Con il termine **trasmissione** si intende sia il processo di trasmettere sia l'avanzamento dei segnali dopo che sono stati inviati. Quindi è normale dire "la scheda di rete del mio computer ha *trasmesso* un messaggio, ma poiché la rete è lenta, la *trasmissione* ha richiesto ben 10 secondi per arrivare al server".

Una delle caratteristiche fondamentali della trasmissione dati è il tipo segnale che si usa: *analogico* o *digitale*. I computer usano **segnali digitali** basati sulla corrente elettrica, in questo caso il segnale attraversa cavi in rame come corrente elettrica. Nel caso di cavi in fibra ottica, i segnali viaggiano come impulsi luminosi. Infine, nell'aria e nel vuoto essi viaggiano come onde elettromagnetiche.

Un **segnale analogico** è una forma d'onda continua, caratterizzata dalle proprietà tipiche delle onde: ampiezza, frequenza, fase e lunghezza d'onda.

### ● Il segnale analogico

I segnali analogici possono assumere un qualsiasi valore all'interno di un determinato intervallo senza soluzione di continuità. Questa tipologia di segnali può essere trasmessa sia attraverso mezzi fisici come i cavi sia attraverso l'aria o il vuoto.

Un segnale analogico periodico assume valori diversi che si ripetono ciclicamente in modo regolare nel tempo. I segnali periodici più utilizzati sono quelli sinusoidali. La loro diffusione dipende sia dalla loro semplicità di gestione sia dal fatto che un segnale periodico può essere descritto come la somma di segnali sinusoidali con frequenza pari o multipla della frequenza del segnale in esame e con ampiezza e fase opportuni (teorema di Fourier). Ogni segnale sinusoidale può essere descritto in termini di tre parametri che fanno riferimento a una grandezza che varia nel tempo e che viene scelta per descrivere il segnale, per esempio: una differenza di potenziale, un'intensità di corrente o un'intensità luminosa. I tre parametri sono:

- **ampiezza:** la distanza tra il valore medio e quello massimo della grandezza scelta;
- **frequenza:** il numero di volte in cui si ripete un ciclo in un secondo (viene misurata in Hertz);
- **fase:** intervallo di tempo, espresso in gradi, tra l'inizio di due segnali sinusoidali con la stessa frequenza.

In alternativa alla frequenza si utilizza il **periodo**, definito come l'intervallo di tempo impiegato dal segnale per compiere un ciclo completo.

I segnali analogici consentono la trasmissione di informazioni attraverso la modulazione di una o due di queste grandezze.

In **figura 1** è mostrato un grafico con un segnale analogico periodico (l'asse orizzontale indica il tempo, quello verticale l'ampiezza dell'onda sinusoidale), in cui l'onda disegnata ha un'ampiezza di 5 volt a 0,25 secondi, di 0 volt a 0,5 secondi e di -5 volt a 0,75 secondi (come grandezza si è usata la differenza di potenziale da +5V a -5V). La frequenza dell'onda è di 1 Hz, ossia di 1 ciclo ogni secondo. Infatti il ciclo inizia dal punto iniziale (0), pro-

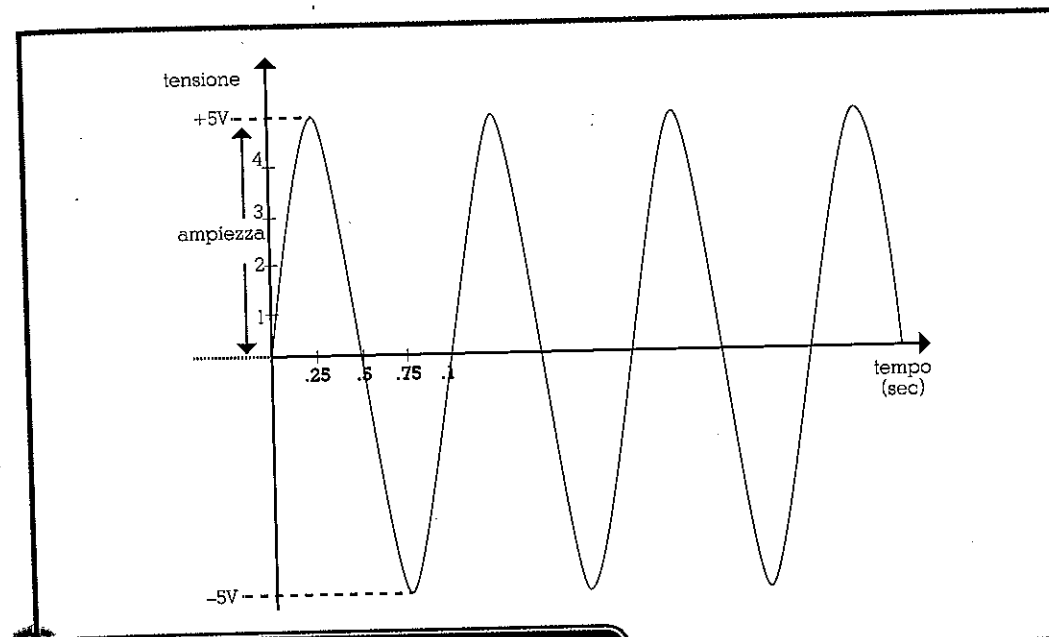


figura 1

segue fino a raggiungere l'ampiezza massima (+5), scende poi fino al punto minimo (-5) e quindi ritorna al punto iniziale; il tutto avviene nel tempo di 1 secondo.

In **figura 2** sono mostrate due diverse forme d'onda che rappresentano due segnali analogici, aventi lo stesso periodo con stessa ampiezza, stessa frequenza ma fase diversa. Infatti un ciclo completo equivale a 360° dove 0° rappresenta il punto di partenza, 90° il picco positivo, 180° il punto in cui interseca l'asse orizzontale, 270° il picco negativo e 360° la conclusione del ciclo. I due segnali analogici rappresentati in figura hanno una differenza di fase di 90°. Il calcolo dello sfasamento tra due segnali con la stessa frequenza si ottiene tenendo conto che alla durata di un periodo, indicato con T, corrispondono 360°, quindi si misura l'intervallo I e il periodo T sull'asse del tempo e successivamente si considera che:

$$I : T = \theta : 360^\circ$$

dove  $\theta$  indica lo sfasamento.

Risulta quindi che  $\theta = (360^\circ * I) / T$  (espresso in gradi).

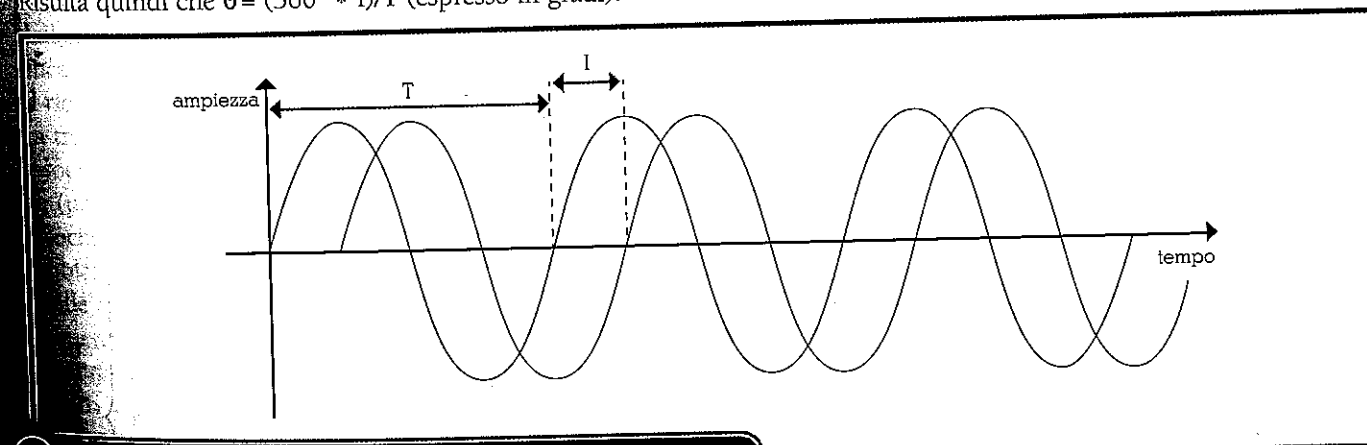


figura 2

### ● Il segnale digitale

I segnali digitali hanno due caratteristiche che li distinguono dai segnali analogici:

- possono assumere solo un numero limitato di valori discreti (due nel caso di segnali binari);
- la transizione da un valore all'altro avviene in modo quasi istantaneo.

Per queste caratteristiche un segnale digitale viene di solito rappresentato tramite un'onda triangolare (**figura 3**), dove un impulso con ampiezza positiva rappresenta un 1 e un



impulso di ampiezza zero (ossia ampiezza nulla) rappresenta uno 0. Ogni impulso del segnale digitale viene quindi chiamato **bit** (binary digit).

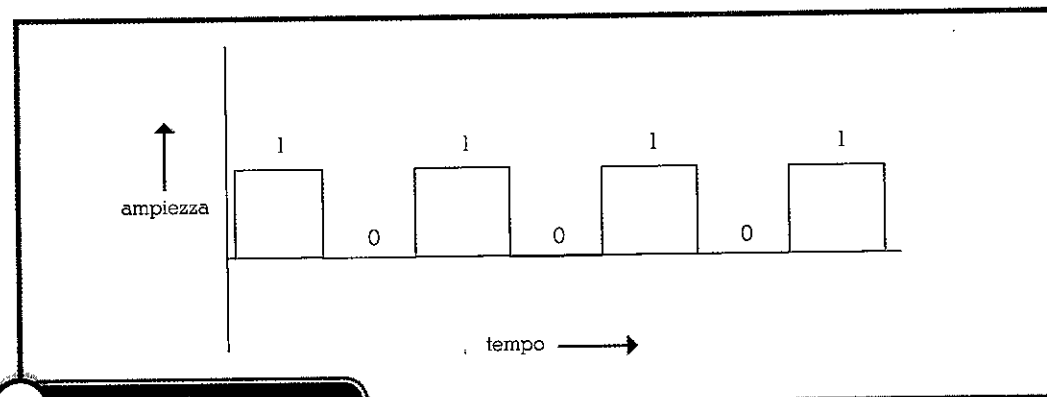


figura 3

La trasmissione dati si basa sulla trasmissione digitale, però ci possono essere casi in cui il tipo di connessione utilizzata è in grado di trasmettere solo segnali analogici (per esempio le linee telefoniche sono state progettate per trasportare segnali analogici).

Se ci si connette a una rete geografica, come Internet, tramite una linea telefonica, i segnali dati che escono dal computer (digitali) devono essere convertiti in segnali analogici prima di essere inviati sulla linea telefonica. In caso di ricezione dati avviene il processo inverso: i segnali analogici che giungono dalla linea telefonica devono essere convertiti nella forma

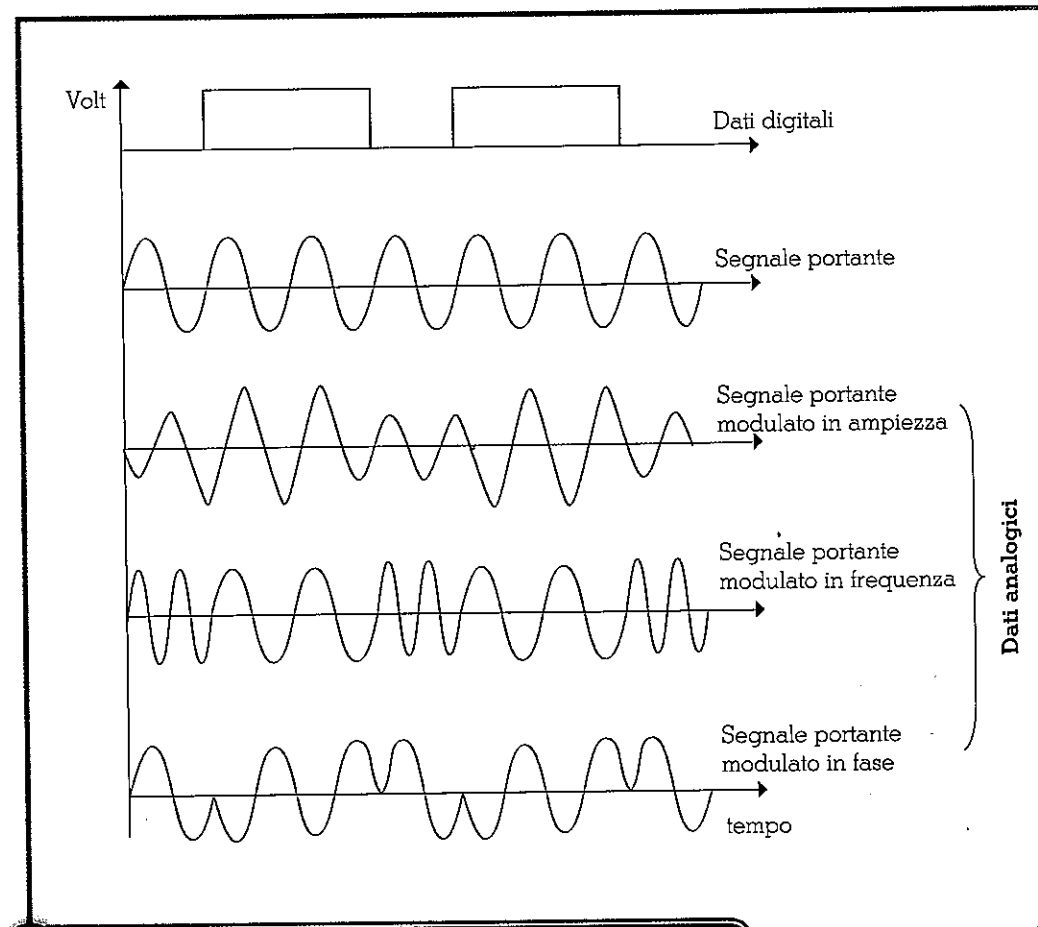


figura 4

originaria digitale. Questo processo è chiamato **modulazione/demodulazione** ed è realizzato tramite un apparato denominato **modem** (lezione 11). Nella **modulazione** un'onda, chiamata *segnale portante*, è combinata con un altro segnale, chiamato *segnale modulante*, per produrre un unico segnale che trasporta l'informazione da un sistema a un altro. Quando il segnale modulante è aggiunto al segnale portante, esso modifica un parametro del segnale, per esempio la frequenza o l'ampiezza o la fase. Il risultato è un nuovo segnale che viene inviato sul mezzo trasmissivo e quando arriva a destinazione, l'apparato ricevente separa il segnale modulante da quello portante (**demodulazione**), ricostruendo in tal modo il segnale originario (figura 4).

## Il canale e la codifica del segnale

Quando un segnale deve essere trasmesso, viene inviato attraverso un canale, cioè un mezzo fisico di trasmissione.

I canali possono essere logici o fisici: sono **logici** quando si realizzano più percorsi distinti utilizzando lo stesso "filo" fisico (per esempio un filo di rame), sono **fisici** quando si utilizzano fili diversi.

La tecnica che consente di separare un mezzo fisico in più canali logici viene detta **multiplexing** e permette di far viaggiare più segnali simultaneamente su uno stesso mezzo fisico. Esistono diverse tecniche per effettuare il multiplexing dei segnali: **TDM** (Time Division Multiplexing), **FDM** (Frequency Division Multiplexing), **WDM** (Wavelength Division Multiplexing) e **DWDM** (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Le ultime due sono modalità implementate nelle attuali reti in fibra ottica e permettono di usare in simultanea su una singola fibra tra gli 80 e i 160 canali logici.

I dati da trasmettere sul canale devono essere prima trasformati in un segnale elettrico con la **codifica di linea** (in ricezione si utilizza la **decodifica di linea**) che serve ad adattare il segnale fisico digitale al particolare mezzo trasmissivo utilizzato. Inoltre, la codifica di linea deve permettere di mantenere il **sincronismo** tra trasmettitore e ricevitore. Il segnale di sincronismo è il segnale di clock che sincronizza gli orologi (clock) delle schede di rete delle macchine connesse alla rete. Quindi, una caratteristica importante della codifica di linea è quella di mettere insieme i dati con il segnale di sincronismo in modo da permettere al ricevitore di effettuare correttamente la decodifica del segnale ricevuto.

La trasmissione dei dati in forma digitale prevede che ai valori 1 e 0 dei bit da inviare si associno determinati valori del fenomeno fisico che si è scelto di usare per la trasmissione (per esempio il livello di tensione nel caso di energia elettrica). La semplice scelta di associare due differenti valori per lo 0 e per l'1 non è quella ottimale in quanto comporta problemi di sincronismo tra trasmettitore e ricevitore, inoltre le tecniche migliori sono quelle che permettono di ridurre la banda necessaria alla trasmissione, cioè l'intervallo di frequenze dei segnali che compongono il segnale da trasmettere.

Esistono varie tecniche di codifica di linea, nel seguito se ne presentano tre: **NRZ** (Not Return to Zero), molto semplice, usata nei computer e nelle centrali numeriche, **RZ** (Return to Zero), usata nelle centraline telefoniche, **Manchester**, usata soprattutto nelle reti dati locali (figura 5).

### NRZ (Not Return to Zero)

È la codifica più semplice e associa un valore "alto" al bit 1 e un valore "basso" al bit 0. Si tratta di un metodo che non richiede circuiti complicati perché i dati che entrano come 1 e 0 vengono passati direttamente all'uscita senza modifiche.

Il problema principale di questa codifica è la difficoltà a mantenere il sincronismo a fronte di una lunga sequenza di bit uguali (tutti 1 o tutti 0) che porta il segnale ad avere lo stesso valore per un lungo intervallo di tempo: un minimo disallineamento nel clock del ricevitore comporterà un'interpretazione errata della sequenza di bit.

Un **canale (channel)** è un percorso definito che mette in comunicazione due nodi.

## RZ (Return to Zero)

Simile a NRZ ma con la differenza di portare il segnale a zero a ogni semiperiodo. Il bit 1 è quindi rappresentato da un valore alto per metà del periodo di clock e poi da un valore basso per la restante metà. Questa codifica risolve il problema di lunghe sequenze di bit 1 (valore alto) ma non di quelle di bit 0 (valore basso).

## Manchester

In questa codifica, definita all'Università di Manchester da cui prende il nome, il segnale di clock del trasmettitore e il segnale dei dati vengono combinati per garantire una transizione per ogni bit. Esistono due opposte convenzioni, entrambe con numerosi sostenitori, su come rappresentare il bit 1 e il bit 0:

- la prima è quella proposta da G.E. Thomas, che specifica che il bit 1 è rappresentato con una transizione al semiperiodo tra il segnale alto e il segnale basso, il bit 0 è rappresentato con una transizione al semiperiodo tra il segnale basso e il segnale alto;
- la seconda è specificata negli standard IEEE 802.3 e 802.4 (per le reti locali, vedi Unità 9) e afferma l'esatto opposto: il bit 1 è rappresentato da una transizione basso-alto e il bit 0 da una transizione alto-basso.

Con questa codifica si elimina il problema delle lunghe sequenze di bit con uguale valore, infatti il sincronismo tra trasmettitore e ricevitore è mantenuto grazie alle continue transizioni. Per contro, la sua efficienza è molto inferiore ai precedenti in quanto per ogni bit da trasmettere vengono trasferiti due valori e quindi il consumo di banda è doppio.

Un importante vantaggio della codifica di Manchester, tuttavia, è che permette di essere "violata": il trasmettitore può emettere una sequenza di bit 1 o 0 senza effettuare la transizione così da fornire un'informazione che il ricevitore può facilmente codificare come fine del messaggio.

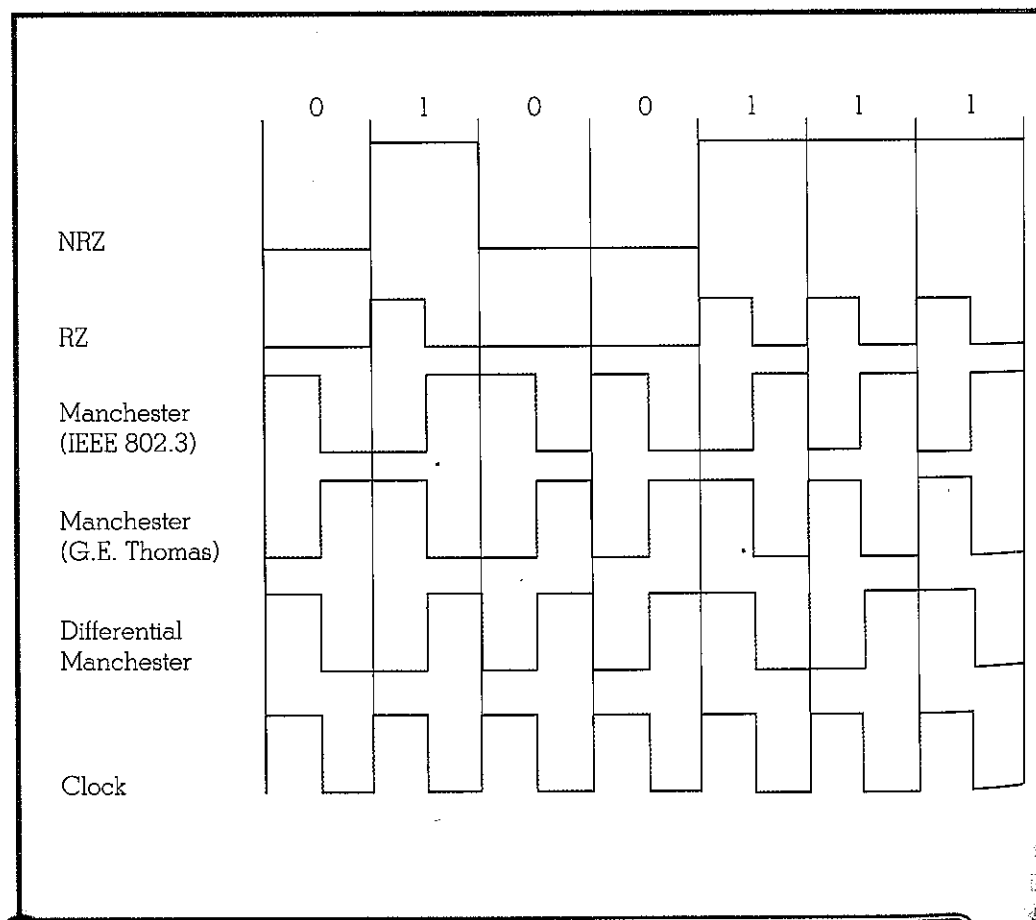


figura 5

L'ambiguità su quale rappresentazione utilizzare è superata dalla **Differential Manchester Coding**. In questa codifica la transizione usata per codificare il dato è all'inizio del periodo invece che nel semiperiodo. Quindi una transizione all'inizio di un bit rappresenta uno 0, mentre l'assenza della transizione all'inizio rappresenta un 1. Rimane comunque, come nella normale codifica di Manchester, la transizione nel semiperiodo.

La codifica Manchester è usata soprattutto nelle reti locali Ethernet, mentre la Differential Manchester in quelle Token Ring.

## ● Caratteristiche di una trasmissione dati

Come si è visto, una trasmissione dati consiste nell'invio di segnali da un nodo trasmettitore a un nodo ricevitore. Gli scenari che vengono a crearsi sono molteplici, in quanto ogni trasmissione, e quindi ogni rete, si caratterizza in base a vari parametri e modalità di trasmissione. Nel seguito se ne presentano i principali.

### Simplex e Duplex

La trasmissione dati, sia essa analogica o digitale, è caratterizzata dalla direzione in cui viaggiano i segnali sui mezzi trasmissivi:

- **trasmissione simplex**: i segnali possono viaggiare in una sola direzione, un esempio è l'uso del megafono per parlare a molte persone, la voce viaggia in una sola direzione;
- **trasmissione half-duplex**: i segnali possono viaggiare in entrambe le direzioni in un mezzo trasmissivo, ma in una sola direzione alla volta; un esempio è il walkie-talkie;
- **trasmissione full-duplex**: i segnali possono viaggiare in entrambe le direzioni contemporaneamente; spesso queste trasmissioni sono dette bidirezionali o, semplicemente, duplex. Un esempio è la trasmissione telefonica: chiamato e chiamante possono ascoltare e parlare in simultanea usando la stessa linea telefonica.

La trasmissione full-duplex è tipica delle reti dati e sovente si associa all'utilizzo di più canali sullo stesso mezzo fisico. Per esempio, se si utilizzano due distinti fili, uno per trasmettere e uno per ricevere, ciascun filo consente una trasmissione half-duplex, e mettendo insieme questi due fili in un cavo si ottiene un mezzo fisico che consente una trasmissione full-duplex.

L'impiego di mezzi trasmissivi full-duplex aumenta la velocità con cui i dati sono trasportati nella rete ed è una necessità, per esempio, per fornire un servizio di telefonia su Internet. Molti apparati di rete come i modem e le schede di rete consentono di specificare se si usa una connessione half o full duplex.

### Point-to-Pont e Multipoint

Un'altra importante caratteristica delle trasmissioni dati è il numero di nodi trasmettitori e ricevitori e le relazioni tra essi.

- **Point-to-Point**: è un tipo di trasmissione che coinvolge solo due nodi, uno che trasmette e uno che riceve; questo scenario viene anche indicato come trasmissione di tipo **unicast**;
- **Point-to-Multipoint**: questa trasmissione coinvolge un trasmettitore e molti ricevitori, e a sua volta si distingue in:
  - = **broadcast**: la trasmissione avviene tra un trasmettitore e molti ricevitori sconosciuti senza preoccuparsi se il segnale trasmesso potrà essere usato dalla stazione ricevente (esempio tipico: una stazione televisiva che trasmette un programma a migliaia di antenne riceventi; il trasmettitore non potrà sapere esattamente con chi ha comunicato, ossia chi ha ricevuto il segnale e visto il programma televisivo); questo tipo di trasmissioni può essere usato sia nelle reti via cavo (wired) che senza fili (wireless) in quanto è molto semplice da realizzare e veloce;
  - = **multicast**: in questo tipo di trasmissione un nodo invia i segnali a un insieme ben definito di ricevitori (per esempio un amministratore di rete decide quali workstation delle rete locale possono ricevere un certo video).

### in English, please

Originally, all broadcasting was composed of analog signals using analog transmission techniques and more recently broadcasters have switched to digital signals using digital transmission.

## Throughput e Bandwidth

Un elemento molto importante nella trasmissione dati è la velocità di trasmissione, misurata in bit per secondo (bps), che indica il numero di bit trasmessi in un secondo (tabella 1).

tabella 1 Unità di misura della velocità di trasmissione di una linea

unità di misura della velocità di trasmissione	simbolo	equivalenza
bit per secondo	bps	Unità di misura
Kilobit per secondo	Kbps	1Kbps = 1 000 bps
Megabit per secondo	Mbps	1Mbps = 1 000 000 bps
Gigabit per secondo	Gbps	1Gbps = 1 000 000 000 bps
Terabit per secondo	Tbps	1Tbps = 1 000 000 000 000 bps

Una delle caratteristiche più importanti della trasmissione dati è il throughput, in quanto ad essa è legato il concetto di "velocità".



**Throughput** è la misura di quanti dati sono trasmessi in un certo periodo di tempo. Tipicamente è espresso come la quantità di bit trasmessi in un secondo.

Il termine *throughput* è spesso usato come sinonimo di capacità (*capacity*) o banda (*bandwidth*), anche se, da un punto di vista strettamente tecnico, la banda è un concetto diverso dal throughput.



**Bandwidth** è la quantità di informazione che può fluire in una connessione di rete in un dato periodo di tempo.

La *bandwidth* è come il numero di corsie in autostrada: più ce ne sono e più auto possono passare.

La velocità effettiva è sempre minore della bandwidth per vari motivi: tipo di dati che devono essere trasmessi, numero di utenti della rete, topologia della rete, dispositivi di rete, disturbi presenti nel mezzo trasmissivo (il cosiddetto "rumore").

La **tabella 2** mostra come la bandwidth varia a seconda del mezzo fisico utilizzato per la trasmissione (le tipologie di mezzi elencate saranno descritte nelle lezioni successive), infatti il segnale viaggia all'interno del mezzo trasmissivo con una certa frequenza e la velocità di trasmissione è strettamente legata alla frequenza del segnale. In tabella è anche riportata la massima distanza che può essere raggiunta.

Si ricordi che l'attenuazione di un segnale dipende dalla distanza che il segnale deve percorrere e dal tipo di mezzo trasmissivo usato (wired o wireless). La presenza di rumore elettrico riduce ulteriormente la distanza entro la quale il segnale è utilizzabile: se l'intensità del rumore diventa paragonabile a quella del segnale, il ricevitore non è in grado di separare il segnale dal rumore (come voler capire cosa dice una singola persona in mezzo alla folla). In caso di distanza superiore a un certo valore, è necessario inserire sulla linea un ripetitore di segnale (figura 6).

*Bandwidth* è la velocità teorica raggiungibile mentre il *throughput* è la velocità effettivamente misurata che risulta sempre essere minore della bandwidth.

tabella 2 Come la bandwidth varia a seconda del mezzo trasmissivo

mezzo trasmissivo	massima bandwidth (teorica) in Mbps	massima distanza (teorica) in metri
Cavo coassiale 50 Ohm (10Base2, Thinnet)	10	185
Cavo coassiale 50 Ohm (10Base5, Thicknet)	10	500
UTP Cat5 (10BaseT)	10	100
UTP Cat5 (100BaseTX)	100	100
Fibra ottica multimode (100BaseSX)	100	300
UTP Cat5 (1000BaseTX)	1000	100
Fibra ottica multimode (1000BaseSX)	1000	220-550
Fibra ottica singlemode (1000BaseLX)	1000	5000
Fibra ottica singlemode (10GBaseLX)	10000	10000
Wireless	11-54	100-500

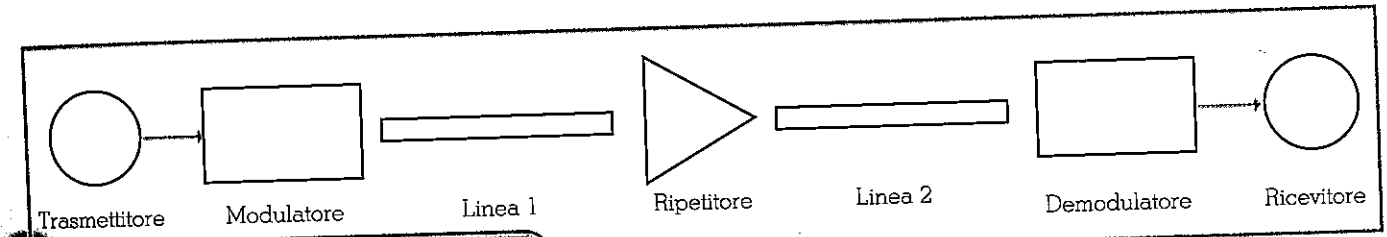


figura 6

### verifica le tue conoscenze

- 1 Descrivi le differenze tra segnale analogico e segnale digitale.
- 2 Che cosa si intende con modulazione di un segnale?
- 3 Che differenza c'è tra le codifiche Manchester e Differential Manchester?
- 4 Spiega la caratteristica duplex della trasmissione dati.
- 5 Spiega la caratteristica point-to-point e point-to-multipoint della trasmissione dati.
- 6 Che differenza c'è tra bandwidth e throughput?

## Gli errori di trasmissione

Il segnale inviato attraverso un canale può essere soggetto a rumore elettrico, interferenze e distorsioni che alterano il messaggio e lo rendono incomprensibile al ricevente o, peggio ancora, con un contenuto informativo differente da quello inviato dal mittente. Per fare in modo che il destinatario del messaggio sia in grado di riconoscere quando i dati ricevuti non corrispondono a quelli originali, li possa scartare richiedendone la ritrasmissione oppure possa correggerli, è necessario che il mittente aggiunga appositi codici ai bit da trasmettere (codifica di canale), che verranno interpretati dal destinatario (decodifica di canale).



La **codifica di canale** serve a garantire la correttezza della trasmissione e consiste nell'aggiungere ai dati inviati dal mittente un certo numero di bit ridondanti, utili per il sincronismo o per rilevare gli errori di trasmissione.

### ● Controllo degli errori

Il controllo dell'errore si basa su **codici di ridondanza** che aggiungono dei bit all'informazione da trasmettere per verificarne la correttezza in ricezione.

Tali codici si suddividono in:

- **codici rilevatori** (*error detection*): in grado solo di rilevare la presenza o meno di errori nella sequenza di bit ricevuti dal destinatario, ma non la loro posizione; in questo caso il ricevente può chiedere la ritrasmissione del messaggio o segnalare l'errore all'applicazione;
- **codici correttori** (*error correction*): in grado di rilevare una o più posizioni errate e quindi di correggerle per semplice inversione del bit (un 1 diventa 0 e viceversa) senza che l'applicazione se ne accorga.

Dati  $m$  bit di dati e  $r$  bit ridondanti (aggiunti per il controllo dell'errore), si ottiene un blocco complessivo di  $n$  bit ( $n = m + r$ ), detto **codeword**, che corrisponde alla sequenza di bit trasmessa sul canale.

I codici di rilevamento/correzione degli errori si basano sul seguente principio: i bit di ridondanza si calcolano in modo tale che non vengano utilizzate tutte le possibili codeword. Quindi delle  $2^n$  possibili codeword,  $2^m$  saranno valide (cioè codeword che si possono trasmettere) e le altre indicheranno la presenza di errori. Meno sono le codeword valide, rispetto all'insieme di tutte le possibili codeword, più è possibile riconoscere e correggere gli errori.

#### esempio 1

Prendiamo una sequenza di  $n = 2$  bit: questa può assumere  $2^n = 2^2 = 4$  differenti configurazioni: 00, 01, 10, 11. Se tutte e 4 queste configurazioni sono usate come dati validi, un errore trasformerà una parola valida in un'altra altrettanto valida, rendendo così impossibile rilevare l'errore.

#### esempio 2

Aggiungendo alla sequenza originale un bit di ridondanza si ottengono  $2^3 = 8$  configurazioni (codeword) di cui solo 4 valide. Nella **tabella 1** sono elencate, per ogni codeword valida, le codeword errate risultanti da un errore singolo.

**tabella 1** Codeword valide ed errate con due bit di dati e un bit di ridondanza

stati validi	001	010	100	111
stati di errore	000	000	000	110
stati di errore	011	011	110	011
stati di errore	101	110	101	101

Con l'aggiunta di un bit e la scelta delle codeword ammesse gli stati di errore non possono essere interpretati come stati validi; risulta così semplice la rilevazione dell'errore (singolo). Inoltre ogni codeword errata differisce dalla corrispondente valida per un solo bit, mentre due configurazioni valide differiscono tra loro per 2 bit (per esempio 010 e 111 differiscono nel primo e nell'ultimo bit).

Date due codeword valide si definisce **distanza di Hamming** tra esse il numero di bit di cui differiscono. Il suo significato è che, se due codeword hanno distanza di Hamming pari a  $d$ , saranno necessari  $d$  errori di singoli bit per trasformare l'una nell'altra.

La distanza di Hamming di un codice è quella minima tra tutte le coppie di codeword ammesse

La proprietà di un codice di rilevare/correggere gli errori dipende dalla sua distanza di Hamming.

Infatti, vale quanto segue:

- per rilevare  $k$  errori è necessario un codice la cui distanza sia  $d = k + 1$  perché è impossibile che  $k$  errori di singoli bit trasformino una codeword valida in un'altra codeword valida;
- per correggere  $k$  errori è necessario un codice con una distanza  $d = 2k + 1$ , perché in esso le codeword valide sono così distanti che, anche se si verificassero  $k$  alterazioni di bit, la codeword originale risulterebbe più vicina a quella alterata che a qualunque altra, per cui sarebbe univocamente determinabile.

Nell'esempio 1 la distanza di Hamming è 1:

$d = k + 1$  con  $d = 1$  si ha  $k = 0$

non è possibile rilevare alcun errore.

Nell'esempio 2 la distanza di Hamming è 2:

$d = k + 1$  con  $d = 2$  si ha  $k = 1$

è possibile rilevare un errore singolo, ma non correggerlo, infatti:

$d = 2k + 1$  con  $d = 2$  si ha  $k = 0$

### ● Codici di parità

I codici di parità sono quelli in cui la distanza di Hamming minima è 2 e sono quindi in grado di rilevare un errore singolo o, più in generale, rilevano l'occorrenza di un numero dispari di errori. Alla sequenza di bit da trasmettere si aggiunge un bit di controllo in modo che il numero totale di "1" (bit di dati più il bit di controllo) sia pari (*parità pari*) oppure dispari (*parità dispari*) a seconda del protocollo scelto.

#### esempio

la sequenza di bit: 01100010101111

il bit "1" è 8, quindi pari, allora il bit di parità sarà 0 per parità pari e 1 per parità dispari:

pari: 011000101011110

dispari: 011000101011111

Il ricevitore provvederà a ricalcolare la parità sulla sequenza di bit ricevuta, escluso il bit di parità aggiunto, e confronterà il bit di parità ottenuto con quello ricevuto: se sono diversi la trasmissione non è avvenuta correttamente, se invece sono uguali è probabile che la sequenza ricevuta sia quella originale, tuttavia, poiché questa tecnica non rileva gli errori doppi, non se ne ha la garanzia assoluta.



Un altro problema che i codici di parità presentano è che non sono in grado di riconoscere un errore sul bit di parità: questo comporta il rilevamento di un errore quando, invece, la sequenza dei bit dati è stata ricevuta correttamente. Per questi problemi, l'utilizzo dei codici di parità è limitato ai collegamenti asincroni con bassi tassi d'errore.

## ● Codici di ridondanza ciclica

Un altro metodo per la rilevazione degli errori è quello dei codici ciclici di ridondanza (CRC, Cyclic Redundancy Code).

Un codice ciclico prevede l'aggiunta in coda alla sequenza di bit da trasmettere, di un numero limitato di bit di controllo (generalmente 16 o 32).

### • Calcolo CRC da parte del trasmettitore:

1. gli  $n$  bit della sequenza da trasmettere vengono considerati come coefficienti di un polinomio di grado  $n-1$  (che chiameremo  $S(x)$ ) e valgono 0 o 1 a seconda del valore del bit corrispondente;
2. viene preso un secondo polinomio, chiamato *polinomio generatore*  $G(x)$ , stabilito a livello di standard internazionale e, quindi, noto a priori sia al trasmettitore che al ricevitore, le cui caratteristiche sono:
  - è sempre di grado inferiore al polinomio  $S(x)$  da trasmettere;
  - ha sempre il coefficiente del termine  $x^0$  uguale a 1;
3. alla sequenza di bit iniziale che costituisce  $S(x)$  si aggiunge in coda (cioè a destra) un numero di bit 0 pari al grado del polinomio  $G(x)$ , ottenendo un blocco di  $m=s+r$  bit, dove  $s$  è il numero dei bit dati da trasmettere e  $r$  è il grado del polinomio generatore; ottenendo così un nuovo polinomio  $M(x)$ ;
4. il polinomio  $M(x)$  viene diviso, in modulo 2, per  $G(x)$  (si effettua l'operazione logica XOR tra il resto parziale e la stringa del divisore, cioè  $G(x)$ );
5. i bit del resto della divisione, polinomio  $R(x)$ , sono i bit di ridondanza (CRC) che andranno a sostituire i bit  $r$  che erano stati aggiunti in coda al polinomio  $S(x)$ , ottenendo così il blocco di bit da trasmettere in linea formato dai bit di dato del messaggio originale più i bit del CRC calcolati tramite la divisione.

- **Calcolo CRC da parte del ricevitore:** per rilevare la presenza di un errore il ricevitore divide il polinomio, ricavato dalla sequenza di bit ricevuti, per  $G(x)$ , e verifica che il resto sia nullo. Se non lo è, il ricevitore deduce che si è verificato un errore durante la trasmissione.

### esempio

Supponiamo di dover trasmettere la sequenza di bit dati: 101010101101 e di usare come polinomio generatore  $G(x) = x^3 + x + 1$ .

$S(x) = x^{10} + x^9 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$  è il polinomio corrispondente alla sequenza di bit dati

$G(x) = x^3 + x + 1$  è un polinomio di grado 3 che corrisponde alla stringa di bit: 1011

Dovendo procedere con la divisione, si aggiunge in coda alla sequenza di bit di dati un numero di 0 pari al grado del polinomio generatore, quindi il dividendo sarà la stringa: 101010101101000, mentre il divisore sarà la stringa 1011 (corrispondente a  $G(x)$ ). Dal momento che ci interessa il resto della divisione, trascuriamo il calcolo del quoziente:

```

101010101101000 : 1011
  1011
-----
0001101
  1011
-----

```

### esempio

```

01100
 1011
-----
01111
 1011
-----
01001
 1011
-----
001001
 1011
-----
001000
 1011
-----
00110

```

==> CRC=110

La sequenza di bit che sarà trasmessa sul canale è: 101010101101110

Questo metodo di rilevazione ha il vantaggio di utilizzare sempre la stessa quantità di bit indipendentemente dalla quantità di dati (il codice di parità richiedeva almeno un bit per ogni byte). Il calcolo del resto viene effettuato via hardware in modo molto veloce soprattutto con grandi quantità di bit. È utilizzato in tutte le memorie di massa (hard disk, CD-ROM, DVD ecc.). Il tipo di polinomio utilizzato dipende dal tipo di trasmissione: infatti i diversi dispositivi di trasmissione presentano "errori tipici" (più bit errati in sequenza o bit errati distanti tra loro) e i vari  $G(x)$  sono ottimizzati per rilevare le diverse tipologie di errori. Il difetto principale è l'impossibilità di individuare quale bit sia errato, ragion per cui il ricevitore deve limitarsi a chiedere la ritrasmissione del dato.

## ● Codice di Hamming

Il codice di Hamming permette non solo di rilevare l'errore ma anche di correggerlo tramite una tecnica, detta appunto di *Hamming*, che aggiunge ai bit dati da trasmettere alcuni bit di controllo (**check bit**) per cui deve valere la seguente regola:

$$2^r - 1 \geq m + r$$

dove  $m$  sono i bit dati e  $r$  i bit di controllo.

Il principale svantaggio di questa tecnica (come di altre che non si limitano a rilevare l'errore ma lo correggono) è la lunghezza della stringa di controllo che comporta un notevole abbassamento del throughput visto che parte del tempo viene utilizzato a trasmettere bit ridondanti. Quindi, tipicamente, l'uso di codici di correzione viene limitato ai casi di linee in cui è richiesta un'elevata affidabilità e a collegamenti simplex dove il ricevente non può richiedere la trasmissione del messaggio ricevuto errato.

Nella successiva lezione 3 verrà descritta in dettaglio la tecnica di Hamming.

### verifica le tue conoscenze

1. Che cosa si intende per "codifica di canale"?
2. Quali tipi di codici si possono usare per controllare se la sequenza di bit ricevuta dal destinatario corrisponde a quella originale inviata dal mittente?
3. Che cosa si intende con "distanza di Hamming"?
4. Come funzionano i codici di parità?
5. Descrivi come si effettua il calcolo del CRC.

I polinomi generatori standard più usati sono:

#### CRC-CCITT

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

#### CRC-12

$$G(x) = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$$

#### CRC-16

$$G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$



## Laboratorio: simulazione della tecnica di Hamming

Nella precedente lezione 2 abbiamo affrontato la problematica del controllo degli errori di trasmissione accennando alla tecnica di Hamming, che permette di rilevare gli errori doppi e correggere gli errori singoli in trasmissione. Nel seguito si descrive nel dettaglio tale tecnica e si presenta un programma, scritto in linguaggio C, che permette di simulare tale comportamento.

### ● Matrice di Hamming

Per poter rilevare gli errori doppi e correggere gli errori singoli occorre che la **distanza** tra le stringhe sia uguale a 3, cioè ogni stringa, nell'insieme delle stringhe accettabili, deve avere almeno tre bit differenti da ogni altra stringa:

```
00000000
00000111
00011110
01111111
```

e così via.

Questo fa sì che un errore singolo o doppio produca una stringa non appartenente all'insieme delle stringhe accettabili.



Se l'errore è singolo, la tecnica di Hamming consente di individuare la **posizione** del bit errato e quindi per correggerlo è sufficiente convertire automaticamente il bit errato in 1 se è uno 0 o in 0 se è un 1.

Il meccanismo che consente di rilevare il bit errato viene realizzato mediante una matrice particolare (detta **matrice di Hamming**) e un algoritmo per il calcolo dei **bit di check** basato su tale matrice e, ovviamente, sulla stringa di bit che si vuole trasmettere.

L'esempio che vedremo prevede 11 bit di informazione e 5 bit di check. Come si nota, il "costo" per ottenere la correzione automatica degli errori (singoli) è piuttosto alto visto che su due byte trasmessi solo 11 bit rappresentano l'informazione vera e propria, i restanti 5 (quasi il 30% del totale) sono bit di controllo per il rilevamento e la correzione dell'errore. La matrice che useremo è la seguente:

```
1 1111110000 10000
1 1110001110 01000
1 1001101101 00100
1 0101011011 00010
1 0010110111 00001
```

È una matrice 5 × 16 contenente, osservata per colonne, tutte le possibili combinazioni **dispari** di bit a 1:

- 1 colonna con 5 bit a 1
- 11 colonne con 3 bit a 1
- 5 colonne con 1 bit a 1



Mittente e destinatario devono accordarsi sulla parità con cui trasmetteranno: pari o dispari. Una stringa trasmessa in parità pari ha un numero totale di bit a 1 pari. Una stringa trasmessa in parità dispari ha un numero totale di bit a 1 dispari.

A questo punto vediamo come vengono generati i 5 bit di check che saranno trasmessi insieme agli 11 bit di informazione (algoritmo lato mittente) e come viene trattata la stringa (due byte) in ricezione (lato destinatario).

### ● Algoritmo di calcolo dei bit di check

#### Mittente

Il mittente deve generare i 5 bit di check, da aggiungere agli 11 bit di informazione, in base al seguente algoritmo:

1. gli 11 bit di informazione vengono messi in AND con i primi 11 bit di ciascuna riga (si escludono le ultime 5 colonne, quelle con un bit a 1);
2. supponendo di aver scelto la parità PARI avremo che:
  - il primo bit di check varrà 0 se il risultato dell'AND contiene un numero pari di 1 (per avere totale pari);
  - il primo bit di check varrà 1 se il risultato dell'AND contiene un numero dispari di 1 (sempre per avere totale pari);
 nel caso di parità *dispari* vale il contrario;
3. i 5 bit di check così calcolati (uno per ciascuna delle 5 righe della matrice) vengono accodati agli 11 bit di informazione e trasmessi.

Matrice di Hamming	→	1	1111110000	100001	
			1	1110001110	010001
			1	1001101101	001001
			1	0101011011	000100
			1	0010110111	000011
11 bit di informazione	→	0	1011001000		

In rosso gli 1 risultanti dalla messa in AND con i bit di informazione. In verde i 5 bit di check calcolati in parità PARI per righe.

A questo punto i 2 byte da trasmettere saranno:

$I_{10}$	$I_9$	$I_8$	$I_7$	$I_6$	$I_5$	$I_4$	$I_3$	$I_2$	$I_1$	$I_0$	$C_4$	$C_3$	$C_2$	$C_1$	$C_0$
0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1

#### Destinatario

Una volta ricevuti i due byte, per rilevare eventuali errori in trasmissione, il destinatario dovrà:

1. ricalcolare nello stesso modo i bit di check utilizzando gli 11 bit di informazione ricevuti;
2. confrontare con l'operazione logica XOR (eXclusive OR), i 5 bit di check ricalcolati coi 5 bit di check ricevuti;
3. se il risultato dello XOR è:
  - a. nessun 1 (cioè tutti zeri), allora nessun errore;
  - b. un numero pari di 1, allora errore doppio non correggibile (occorre chiedere la ritrasmissione);
  - c. un solo 1, allora errore singolo correggibile nei bit di check ( $C_4 C_3 C_2 C_1 C_0$ );
  - d. tre 1, allora errore singolo correggibile nelle posizioni tra  $I_9$  e  $I_0$ ;
  - e. cinque 1, allora errore singolo correggibile nella posizione  $I_{10}$ .

Per individuare la posizione dell'errore nei casi c. e d. basta confrontare la stringa risultante dall'operazione di XOR con le colonne della matrice, dove coincidono perfettamente.

Quella è la posizione dell'errore. Per esempio:

XOR = 11001 allora errore in posizione  $I_7$ ; XOR = 00010 allora errore in posizione  $C_1$ .

## ● Programma in C

Nel seguito si presenta il programma, scritto in linguaggio C, che realizza una simulazione dell'algoritmo descritto in precedenza dal punto di vista del mittente.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <windows.h>
#define r 5
#define c 16
#define x 16
#define y 11
HANDLE hConsole;
WORD wAttr;
int vet_info[x];
// MATRICE DI HAMMING 5x16
int hamming[r][c]= {1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,
1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,1,0,0,0,
1,1,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,
1,0,1,0,1,0,1,1,0,1,1,0,0,0,1,0,
1,0,0,1,0,1,1,0,1,1,1,0,0,0,1,0};

// PROTOTIPI DELLE FUNZIONI
void carica_info();
void visualizza();
void stampa_info();
void check_pari();
void check_dispari();
void stampa_check();
void esa();
void rosso();
void verde();
void blu();
// MAIN
int main(int argc, char *argv[])
{char d,p,scelta,continua;
do
{verde();
visualizza();
printf("\n\n");
carica_info();
printf("\n\n");
visualizza();
blu();
stampa_info();
verde();
printf("inserisci 'p' per la parita pari\n");
printf("\ninserisci 'd' per la parita dispari\n");
scelta=getche();
switch (scelta)
{case 'p':{check_pari();
break;}
case 'd':{check_dispari();
break;}
default:{printf("ERRORE,inserimento non valido");}
}
printf("\n");
visualizza();
blu();
stampa_check();
verde();
printf("\n");
printf("Il valore in esadecimale e':");
esa();
printf("\n");
printf("Inserire 'c' se si vuole continuare:");
continua=getche();
printf("\n\n");
}
while(continua=='c');
```

```
system("PAUSE");
return 0;
}
// FUNZIONI
void visualizza() // STAMPA LA MATRICE
{ int i,j;
for(i=0;i<r;i++)
{
for(j=0;j<c;j++)
printf("%d",hamming[i][j]);
printf("\n");
}
}
void carica_info() // CARICA GLI 11 BIT
D'INFORMAZIONE
{int i;
for(i=0;i<y;i++)
{
do{
printf("Inserire il bit di informazione %d: \n",i+1);
scanf("%d",&vet_info[i]);
if (vet_info[i]>1)
printf("Inserimento non valido\n Reinsirere
il valore:\n");
}while(vet_info[i]>1);
}
}
void stampa_info() // STAMPA GLI 11 BIT
D'INFORMAZIONE
{ int i;
for(i=0;i<y;i++)
printf("%d",vet_info[i]);
printf("\n");
}
void check_pari() // CALCOLA I 5 BIT DI CHECK IN
PARITA' PARI
{ int cont=0,i,j;
for(i=0;i<r;i++)
{ for(j=0;j<y;j++)
if (vet_info[j]==1)
if(hamming[i][j]==1)
cont++;
if(cont%2==0)
vet_info[y+i]=0;
else
vet_info[y+i]=1;
cont=0;
}
}
void check_dispari() // CALCOLA I 5 BIT DI CHECK IN
PARITA' DISPARI
{ int cont=0,i,j;
for(i=0;i<r;i++)
{ for(j=0;j<y;j++)
if (vet_info[j]==1)
if(hamming[i][j]==1)
cont++;
if(cont%2==0)
vet_info[y+i]=1;
else
vet_info[y+i]=0;
cont=0;
}
}
```

ESECUZIONE

```
void stampa_check() // STAMPA GLI 11 BIT DI INF E I
5 BIT DI CHECK CALCOLATI
{ int i;
for(i=0;i<x;i++)
{if (i>10)
rosso();
printf("%d ",vet_info[i]);
}
printf("\n");
}
void esa() // CONVERTE IN ESADECIMALE I 16 BIT
(11 INF + 5 CHECK)
{ int d,cont,somma,i;
d=3;
cont=0;
somma=0;
while(d<=15)
{ for(cont=0;cont<=3;cont++)
{ i=d-cont;
somma=somma+vet_info[i]*pow(2,cont);
}
printf("%X ",somma);
somma=0;
d=d+4;
}
}
void rosso()
{hConsole=GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE);
wAttr=FOREGROUND_RED;//AL POSTO DI wAttr SI
PUO' USARE UN INTERO A PIACERE
SetConsoleTextAttribute(hConsole,wAttr);
}
void verde()
{hConsole=GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE);
wAttr=FOREGROUND_GREEN;
SetConsoleTextAttribute(hConsole,wAttr);
}
void blu()
{hConsole=GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE);
wAttr=FOREGROUND_BLUE;
SetConsoleTextAttribute(hConsole,wAttr);
}
```

### esercizio proposto

Scrivere un programma in C che simuli la tecnica di Hamming dal punto di vista del destinatario, continuando il programma sopra. Si introduca un errore random in una delle 16 posizioni, poi lo si rilevi e lo si corregga.

### verifica le tue conoscenze

- 1 In quali casi la tecnica di Hamming permette di correggere gli errori di trasmissione?
- 2 Come vengono calcolati i bit di check in trasmissione?
- 3 Come si comporta il destinatario alla ricezione della stringa di informazione comprensiva dei bit di check?
- 4 Spiega come si individua la posizione del bit errato.

## Il controllo di flusso

Nella trasmissione dati tra un mittente e un destinatario è necessario regolare il flusso dei dati in modo da evitare che i dati siano inviati a una velocità superiore alla capacità di ricezione del destinatario (dimensione del buffer di ricezione, velocità di elaborazione ecc.), con il rischio di perdita di informazioni.



Il **controllo di flusso** (*flow control*) è l'insieme dei meccanismi che consentono di regolare la velocità di trasmissione dei dati in modo che il destinatario riesca a elaborare quanto riceve.

In generale, i meccanismi del controllo di flusso prevedono che il destinatario invii un riscontro della corretta ricezione del messaggio, detto **acknowledge (ACK)**, che può essere trasferito:

- con messaggi appositi contenenti solo informazioni di controllo;
- con messaggi che contengono dati utente e sono trasferiti nel verso contrario a quello dell'informazione da riscontrare; in tal caso il riscontro è contenuto nella parte di controllo del messaggio (distinta dalla parte dati). Tale tecnica è detta "piggybacking".

Con la tecnica *piggybacking* si ritarda l'invio di ACK relativi a un flusso nell'attesa di eventuali messaggi dati da inviare nel verso opposto (al mittente), risparmiando in questo modo sull'occupazione del canale e l'utilizzo della banda.

I protocolli ARQ (Automatic Repeat reQuest) effettuano il controllo congiunto dell'errore, del flusso e della sequenza su una connessione. Questi protocolli prevedono che un messaggio sia:

- solo dati;
- solo controllo;
- sia dati sia controllo.

### Il meccanismo "Stop and Wait"

Questo semplice meccanismo prevede che il mittente attenda il riscontro della corretta ricezione del messaggio inviato prima di trasmettere il successivo. Il messaggio di riscontro (ACK) viene inviato dal destinatario solo se il messaggio è stato ricevuto senza errori, in caso contrario quest'ultimo verrà scartato e l'ACK non verrà inviato. Il mittente imposta un timer all'invio di ogni messaggio: se al suo scadere non avrà ricevuto l'ACK, ritrasmetterà il messaggio.

Lo svantaggio di questo meccanismo è che si potrebbero generare dei messaggi duplicati, infatti se l'ACK venisse perso a causa del rumore di linea, il mittente invierebbe di nuovo il messaggio. Per rilevare eventuali messaggi duplicati, è necessario inserire un **numero di sequenza** nel messaggio, così che quando il ricevente controlla questo numero, e lo trova uguale all'ultimo ricevuto, scarta il messaggio.

Il numero di sequenza può essere un bit che assume valori 0 e 1 in alternanza, infatti l'unica ambiguità è tra un messaggio e quello immediatamente precedente o successivo.

Si presentano tre possibili scenari (figura 1):

- situazione normale, ad ogni trasmissione di una sequenza di bit c'è un riscontro che conferma l'avvenuta ricezione;
- la stringa 1 dei dati trasmessi non è arrivata al destinatario (o è arrivata errata e quindi

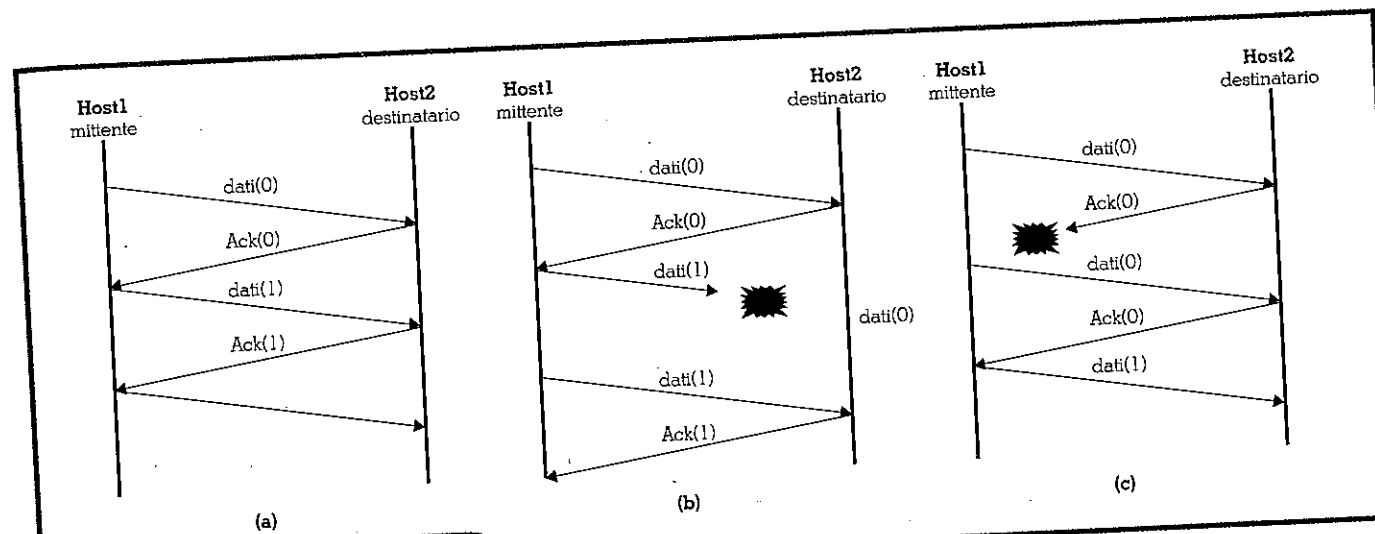


figura 1

stata scartata): allo scadere del timeout il mittente ritrasmette la sequenza di dati; c) nel caso in cui il messaggio di ACK non arrivi (o risulti errato), allo scadere del timeout il mittente ritrasmette la stringa dati, il destinatario, controllando il numero di sequenza, riconosce che si tratta di un messaggio duplicato e lo scarta, inviando, però, nuovamente il messaggio di conferma (ACK).

In questo meccanismo un elemento critico è il **timeout** del mittente, infatti se è troppo breve potrebbero essere ritrasmessi messaggi che invece erano stati ricevuti correttamente (duplicazione), mentre se è troppo lungo, risulterebbero aumentati i tempi di trasmissione con conseguente basso utilizzo della banda disponibile.

### La tecnica a finestra

Questa tecnica prevede di non inviare il riscontro per ogni messaggio ricevuto, permettendo che venga trasmesso un certo numero di messaggi (fino a un massimo prefissato che rappresenta la **dimensione della finestra**) prima che venga inviato un ACK. Ciascun messaggio contiene un numero di sequenza che può assumere valori compresi tra 0 e  $2^n - 1$  (nel meccanismo Stop and Wait i numeri di sequenza valgono 0 o 1, quindi  $n = 1$ ).

La figura 2 mostra un esempio di meccanismo a finestra con dimensione della finestra pari a 3. Host1 può inviare fino a tre pacchetti senza attendere la conferma della loro ricezione (finestra "aperta") dopodiché deve interrompere la trasmissione e aspettare di ricevere un riscontro (finestra "chiusa"). Host2 invia ACK 4 ad indicare che i pacchetti fino al numero 3 sono stati ricevuti correttamente e attende di ricevere il numero 4.

Supponendo che la dimensione della finestra sia  $n$ , si possono attuare due diversi meccanismi per gestire la ricezione di un messaggio errato in un punto intermedio della sequenza degli  $n$  messaggi:

- **Go-Back-N**: il mittente invia fino a  $n$  messaggi facendo di ognuno una copia, attiva un timer per ogni messaggio e si pone in attesa dei riscontri (ACK). Se si verifica un timeout prima dell'arrivo dell'ACK ripete la trasmissione di tutti i messaggi non ancora confermati. Nel protocollo Go-Back-N il ricevitore può accettare solo messaggi in sequenza, se arriva un messaggio corretto ma fuori sequenza, viene scartato;
- **Selective repeat**: si chiede la ritrasmissione solo dei messaggi errati o non arrivati, il destinatario fornisce il riscontro

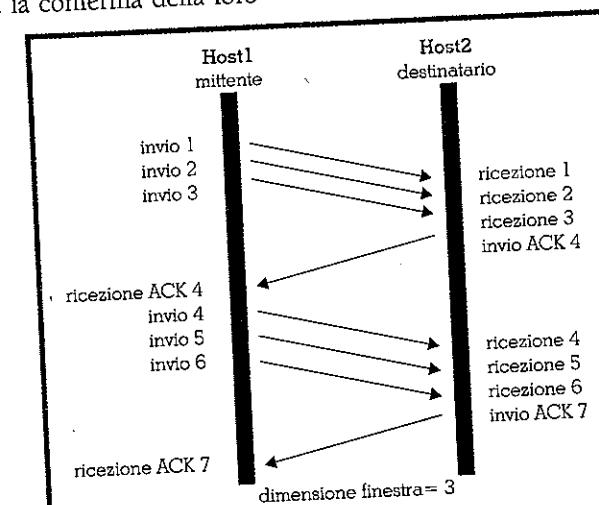


figura 2

Nella tecnica a finestra i riscontri, ACK, contengono il numero di sequenza del successivo messaggio atteso.

di un messaggio ricevuto correttamente, che sia o meno nel giusto ordine. I messaggi fuori sequenza sono archiviati in memoria fino a quando non vengono ricevuti tutti i messaggi precedenti (cioè con numeri inferiori a quello ricevuto e riscontrato). Questa tecnica implica che sia mantenuto un buffer in ricezione.

In generale, il meccanismo Go-Back-N è più efficiente rispetto allo Stop and Wait a fronte di un'elaborazione supplementare minima. Il Selective repeat ha un'efficienza leggermente maggiore del Go-Back-N ma i costi in termini di memoria ed elaborazione sono tali da far preferire il Go-Back-N.

### La finestra scorrevole (sliding window)

La tecnica di sliding window è un'evoluzione del meccanismo a finestra in quanto se il trasmettitore riceve un ACK prima di terminare gli invii delle sequenze di dati previsti all'interno della finestra, può continuare a trasmettere. Infatti il trasmettitore utilizza un contatore modulo  $2^k$ , dove  $k$  è il numero di bit che usa per numerare i messaggi inviati (i messaggi sono così numerati: 0, 1, ...,  $k-1$ , 0, 1, ...,  $k-1$  ecc.) e  $2^k-1$  è la dimensione della finestra.

Un fattore critico di questa tecnica è la scelta del parametro  $k$ , infatti al crescere di  $k$  aumenta il numero di messaggi che possono essere contemporaneamente presenti sulla linea e aumenta la quantità di risorse che trasmettitore e ricevitore devono riservare per la loro gestione. D'altra parte, se la finestra è troppo piccola rispetto al tempo medio di trasmissione, può succedere che il trasmettitore sia costretto all'inattività per un tempo non indifferente.

Tipicamente si sceglie un valore  $k = 3$  o  $k = 7$ .

In figura 3 è mostrato un esempio di funzionamento del protocollo sliding window con dimensione della finestra uguale a 7 (quindi con  $k = 3$ ). Si supponga che ogni quadratino corrisponda a una sequenza di bit da trasmettere: una finestra pari a 7 significa che possono essere inviate fino a 7 sequenze senza riceverne il riscontro (situazione a).

Quando il mittente riceve la conferma dell'avvenuta ricezione delle prime tre sequenze fa scorrere la finestra di tre posizioni (situazione b).

Il mittente usa un puntatore per distinguere quali sequenze ha già inviato (nell'esempio: dal numero 4 al numero 6) e quali devono ancora essere spedite; di queste ultime potrà ancora spedire solo quelle numerate dal numero 7 al numero 10, in quanto l'11 è "fuori" della finestra.

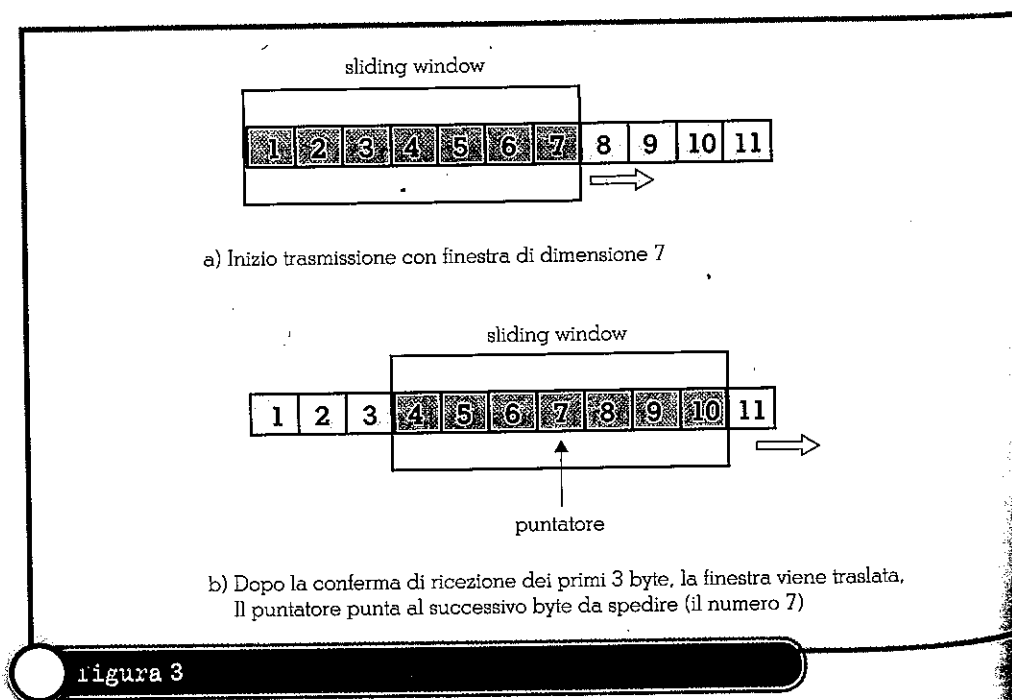


figura 3

Si noti che nel trasmettitore il "confine" della finestra a sinistra si muove verso destra di una posizione ogni volta che una sequenza di dati è stata inviata, mentre il "confine" di destra si muove verso destra quando il trasmettitore riceve un ACK e si sposta di un numero di posizioni pari alle sequenze confermate dall'ACK (figura 4).

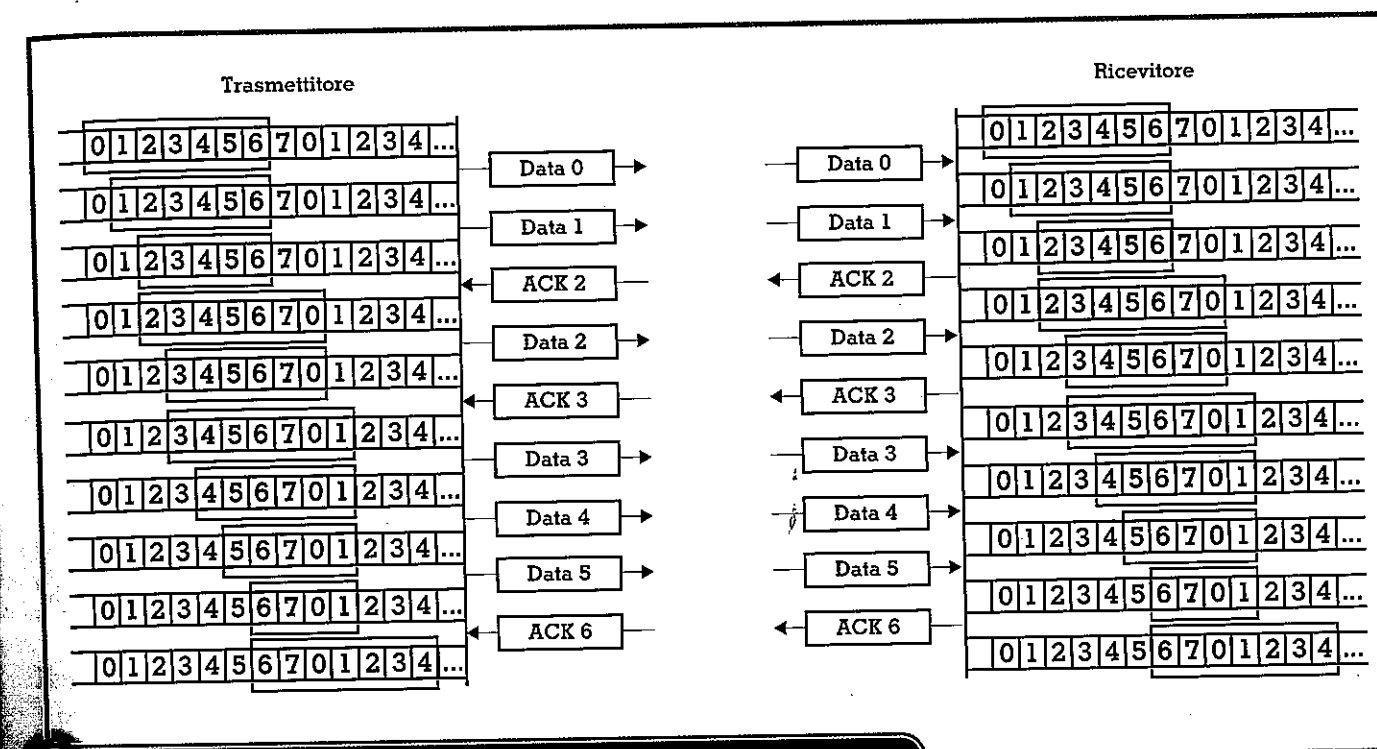


figura 4

### verifica le tue conoscenze

- 1 Quali sono i problemi che si intende risolvere con il controllo di flusso?
- 2 Che cosa si intende con protocolli ARQ?
- 3 Spiega il meccanismo Stop and Wait.
- 4 Spiega la tecnica a finestra e le varianti Go-Back-N e Selective repeat.
- 5 Spiega il meccanismo "sliding window".

## I protocolli per la trasmissione dati

Una volta stabilito quale canale di comunicazione usare tra un mittente e un destinatario, è necessario definire le modalità di trasferimento dei dati tenendo conto della velocità di trasmissione, del numero di bit dei dati, dei codici di rilevazione o correzione degli errori e, in generale, di tutto l'insieme di informazioni che il trasmettitore deve inviare al ricevitore affinché quest'ultimo sappia da chi ha ricevuto i dati, come sono organizzati e se sono arrivati correttamente.

A questo scopo si sono introdotti i protocolli per la trasmissione dati, detti anche **protocolli di linea** (*data link protocol*) che forniscono le regole che i terminali devono rispettare affinché la ricezione dei dati avvenga correttamente.

Questi protocolli si possono suddividere in due categorie:

- protocolli **asincroni** start-stop;
- protocolli **sincroni**:
  - orientati al byte (BCP, Byte Control Protocol), per esempio il protocollo BSC (Binary Synchronous Communications);
  - orientati al bit (BOP, Bit Oriented Protocol), per esempio il protocollo HDLC (High Data Link Control) o PPP (Point to Point Protocol).

### ● Protocolli asincroni

I protocolli asincroni **start-stop** consentono la trasmissione per singolo carattere, infatti prevedono che venga trasmesso e ricevuto un solo byte alla volta.

In questo tipo di trasmissione non è noto il tempo che intercorre tra due caratteri successivi. È quindi necessario aggiungere dei bit all'informazione da trasmettere, tali bit vengono detti *bit di start* e *bit di stop*. Ogni carattere è preceduto da un **bit di start**, che indica l'inizio della trasmissione del carattere, e seguito da un **bit di stop**, che ne indica la fine. L'introduzione di questi bit permette di sincronizzare il ricevitore con il trasmettitore e di distinguere la trasmissione dei singoli byte.

La trasmissione si dice *asincrona* perché l'intervallo temporale tra il bit finale di un carattere e il bit iniziale del carattere successivo è indefinito.

La **figura 1** mostra come avviene l'invio di un singolo carattere: agli 8 bit del carattere vero e proprio si devono aggiungere quelli richiesti dal protocollo per assicurare il sincronismo e, quindi, la corretta ricezione:

- **S** (start bit): inizio del byte;
- **LSB** (Less Significant Bit): bit meno significativo del byte;
- **MSB** (Most Significant Bit): bit più significativo del byte;
- **P** (Parity bit): bit di parità per il controllo degli errori;
- **STOP bit(s)**: linea di idle (a riposo) per almeno 1, 1,5 o 2 bit time ("bit time" è la durata del singolo bit).

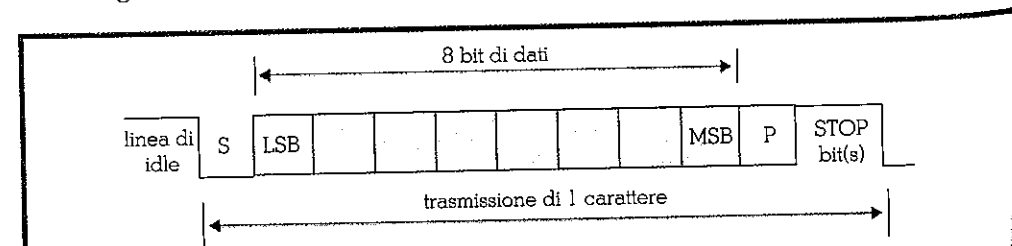


figura 1

La trasmissione asincrona storicamente deriva dalla necessità di collegare le telescriventi: i caratteri provengono dalla tastiera ad intervalli di tempo casuali, quindi si è dovuto trovare un sistema per permettere al ricevitore di decodificare correttamente i dati, indipendentemente dall'intervallo di tempo che trascorre tra un bit e l'altro.

Questo tipo di protocolli introduce un sovraccarico della trasmissione dovuto all'inserimento dei bit aggiuntivi, oltre a non funzionare bene sulle reti ad alta velocità, dove offre un grado di affidabilità decisamente basso. Per questa ragione nel tempo, la trasmissione asincrona è stata sostituita dalla trasmissione *sincrona*.

### ● Protocolli sincroni

Nella trasmissione sincrona i caratteri da inviare vengono raggruppati in **frame** (trame), ogni frame è preceduto da caratteri di sincronizzazione che permettono al ricevitore di sincronizzarsi con il trasmettitore.

Il ricevitore ricava dai caratteri di sincronismo un segnale di clock locale che pilota la lettura dei bit durante la ricezione del blocco dati.

La trasmissione sincrona è più veloce di quella asincrona, ci sono infatti meno tempi morti tra la trasmissione di un carattere e l'altro. Lo svantaggio è che un solo bit errato può danneggiare l'intero messaggio.

#### Byte Control Protocol (BCP)

I protocolli BCP hanno la caratteristica fondamentale che il flusso dei dati dal trasmettitore al ricevitore viene regolato mediante la formattazione del messaggio. A questo scopo si utilizzano opportuni caratteri di controllo che fanno parte del tipo di codice (per esempio ASCII) utilizzato per la trasmissione delle informazioni. Questi caratteri definiscono l'inizio e la fine del messaggio, l'inizio del campo indirizzo ecc.

#### Binary Synchronous Communication (BSC)

Il protocollo BSC risale al 1968 ed è stato quello più seguito nelle comunicazioni half-duplex asincrone. È orientato al carattere e ne esistono varie versioni.

Ogni messaggio (**figura 2**) deve iniziare e finire con un carattere SYN di sincronismo, cioè un carattere che permetta al ricevente di sincronizzarsi correttamente sui segnali che arrivano. Il testo vero e proprio è preceduto dal carattere SOH (*Start Of Header*) e dalla cosiddetta intestazione (*header*) che contiene dei parametri di controllo. Il testo è preceduto dai caratteri DLE (*Data Link Escape*) e STX (*Start of Text*) e seguito dalla coppia DLE e ETX (*End of Text*). Il messaggio termina con i caratteri BCC (*Block Check Character*) di ridondanza generati con un algoritmo a controllo di ridondanza ciclica per verificare la correttezza di trasmissione del messaggio.

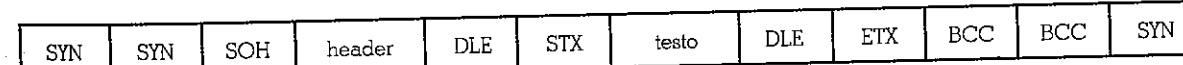


figura 2

#### Bit Oriented Protocol (BOP)

Questi protocolli si sono sviluppati per supportare una trasmissione dati con un alto rendimento e sono tipicamente utilizzati in reti di notevoli dimensioni. L'unità minima fondamentale diventa ora il singolo bit e non più il carattere (byte). I messaggi vengono trasmessi con una struttura ben definita e strettamente limitata ad alcune precise configurazioni definite a livello internazionale. Così, mentre un messaggio inviato con protocollo di tipo Byte Control Protocol può avere una lunghezza variabile, lo stesso messaggio inviato con un protocollo di tipo Bit Oriented Protocol avrà una lunghezza ben definita e invariabile; in questo modo i campi in cui il messaggio è suddiviso si troveranno sempre nella stessa posizione relativa e con una medesima lunghezza.

Un aumento della complessità gestionale del protocollo corrisponde una certa semplificazione a livello di linea, soprattutto in ricezione delle trame. Il significato posizionale di diversi campi induce infatti una semplificazione nella loro gestione, cosa che non si verifica nei protocolli BCP a causa di una disposizione variabile e non prevedibile dei campi di controllo.

Con **frame** si intende una particolare sequenza di bit suddivisa in alcuni campi secondo regole ben stabilite.



## High Level Data Link Control (HDLC)

Il protocollo HDLC è orientato al bit ed è generalmente utilizzato su reti di grandi dimensioni. Numerose sono state le specifiche emesse dall'ISO (*International Standard Organization*) relative a questo protocollo, che originariamente era in grado di funzionare solo su linee sincrone, ma in seguito fu esteso anche alle linee asincrone. L'ultimo standard, pubblicato nel 2002, che rende obsoleti tutti i precedenti, è ISO 13239.

In HDLC lo scambio delle informazioni avviene con frame di formato fisso. Alcuni campi del frame svolgono funzioni di controllo, mentre il campo dati contiene l'informazione inviata dall'utente. Il frame HDLC è composto da tre parti: un header, un campo dati a lunghezza variabile e un campo per il controllo degli errori (FCS).

flag	address	control	data	FCS	flag
01111110	8 bit	8 o 16 bit	Lunghezza variabile, 0 o più bit a multipli di 8	16 o 32 bit	01111110

figura 3 Formato del frame del protocollo HDLC

Nel protocollo HDLC ogni frame è composto dai seguenti campi (figura 3):

- **Flag:** due particolari sequenze di 8 bit 01111110, che racchiudono ogni frame. Hanno il compito di stabilire la sincronizzazione, inoltre vengono trasmessi in modo continuo quando non ci sono altre informazioni da trasmettere (la linea è *idle*). Accorgimenti particolari devono essere perciò usati nella trasmissione di sequenze di bit in cui figurino più di cinque bit a 1 consecutivi. In particolare, in trasmissione viene inserito un bit a 0 dopo cinque bit a 1 consecutivi (*bit stuffing*); in ricezione questo bit viene tolto in modo da ricostituire la sequenza originale;
- **Address:** si utilizza solo per linee multipunto, per identificare i diversi terminali, infatti il protocollo HDLC si usa di norma su link punto-punto e quindi non necessita di un indirizzo di destinazione;
- **Control:** serve a identificare univocamente il tipo di frame; si possono avere frame non numerati, di supervisione e informativi;
- **Data:** contiene il contenuto informativo del messaggio. Non esistono limiti di lunghezza per questo campo visto che sarà la sequenza flag a determinare la fine della trama (l'operazione di *bit stuffing*, vista precedentemente, fa sì che non siano trasmesse sequenze consecutive di bit a 1 superiori a 5, evitando qualsiasi confusione con la sequenza di flag);
- **FCS (Frame Check Sequence):** è un codice di ridondanza ciclica (CRC) che viene utilizzato dal ricevitore per controllare la correttezza di quanto ricevuto.

Il protocollo HDLC sfrutta un sistema di trasmissione a finestre scorrevoli (*sliding window*), che permette un incremento della velocità generale del sistema dal momento che i tempi di trasmissione possono essere relativamente lunghi e conviene perciò spedire più frame di seguito, in base alla considerazione che è assai più probabile che un frame risulti ricevuto correttamente piuttosto che distrutto o alterato.

## Point to Point Protocol (PPP)

Il protocollo HDLC non ha una modalità standard per trasmettere sullo stesso canale pacchetti generati da diversi protocolli di rete. Per questo motivo è stato creato un nuovo protocollo come estensione di HDLC, chiamato PPP (Point to Point Protocol) e definito nelle specifiche IETF RFC 1661, 1662 e 1663 emesse nel 1994.

La novità è l'aggiunta del campo Protocol, lungo 2 byte, che indica il tipo di protocollo di rete il cui pacchetto si trova nel campo dati (per esempio LCP, IP, IPX, Appletalk ecc.). (Il significato di protocollo di rete sarà compreso meglio dopo aver studiato l'architettura a livelli descritta nell'Unità 5).

Le specifiche di PPP definiscono anche il contenuto dei campi del frame (figura 4):

- **Address** vale sempre 11111111, che significa che non ci sono indirizzi in quanto PPP non gestisce linee multipunto essendo un protocollo punto-punto;
- **Control** deve sempre contenere la sequenza 00000011, che indica che si tratta di un *unnumbered frame*, cioè un frame senza numero di sequenza;
- **Information** ha una lunghezza compresa tra 0 e 1500 byte, anche se la lunghezza massima può essere cambiata su negoziazione tra i due host mittente e destinatario;
- **FCS** ha una lunghezza di 2 byte, ma può essere portato a 4 byte su negoziazione tra i due host mittente e destinatario.

byte:	1	1	1	1	variabile	2 oppure 4	1
	flag	address	control	protocol	information	FCS	flag
	01111110	11111111	00000011				01111110

figura 4

PPP fornisce un metodo standard per trasmettere pacchetti provenienti da più protocolli diversi, sullo stesso collegamento seriale. Tipicamente viene usato per la comunicazione punto-punto tra due router o nella comunicazione tra utente e provider (per esempio: tra Internet Service Provider e utente che accede tramite una connessione telefonica).

Per fare ciò utilizza:

- un protocollo di controllo LCP (Link Control Protocol) per creare, configurare e testare la linea; LCP stabilisce e termina la connessione PPP e negozia le opzioni di configurazione, per esempio la lunghezza dei campi Protocol, Information o FCS;
- una famiglia di protocolli NCP (Network Control Protocol) per configurare i diversi protocolli di rete, per esempio, nel caso del protocollo di rete IP, viene usato per negoziare l'attribuzione dell'indirizzo IP dinamico all'host.

Nella tabella 1 vengono messi a confronto i due tipi di protocollo BCP e BOP.

tabella 1 Confronto tra Byte Control Protocol e Bit Oriented Protocol

BCP	BOP
1) Il collegamento non può essere gestito in full-duplex (anche se il circuito dati lo permetterebbe).	1) È possibile il funzionamento sia in half-duplex che in full-duplex.
2) Le informazioni di servizio non possono essere inviate contemporaneamente ai messaggi dati.	2) I messaggi possono contenere sia i dati che le informazioni di servizio.
3) È necessaria una sequenza di accettazione (ACK) in risposta a ogni blocco trasmesso.	3) Più trame possono essere trasmesse in sequenza senza richiedere un avviso di accettazione (ACK) per ciascuna di esse.
4) Il controllo di validità (BCC) si applica soltanto ai blocchi di dati e non alle sequenze di supervisione.	4) Tutte le trame, anche se prive di dati, sono protette dagli errori di trasmissione dalla sequenza FCS (Frame Check Sequence).
5) Il protocollo necessita di un gran numero di caratteri di controllo, alcuni dei quali hanno significato diverso a seconda dello stato dei collegamenti.	5) Tutte le trame hanno un formato unico, con un solo delimitatore di inizio e di fine (denominato flag).

## verifica le tue conoscenze

- 1 Che cosa si intende per "protocollo per la trasmissione dati"?
- 2 Quali sono le differenze tra i protocolli BCP e quelli BOP?
- 3 Descrivi il frame del protocollo HDLC.
- 4 In che cosa il protocollo PPP migliora il protocollo HDLC?
- 5 In quali contesti si usa il protocollo PPP?

## La topologia delle reti

La topologia definisce la struttura di una rete. Ci sono due tipi di topologia (figura 1):

- la **topologia fisica**, che riguarda il collegamento dei cavi, ossia come i nodi sono interconnessi tramite canali;
- la **topologia logica**, che riguarda in modo in cui i dati fluiscono nella rete, ossia il percorso che compiono.

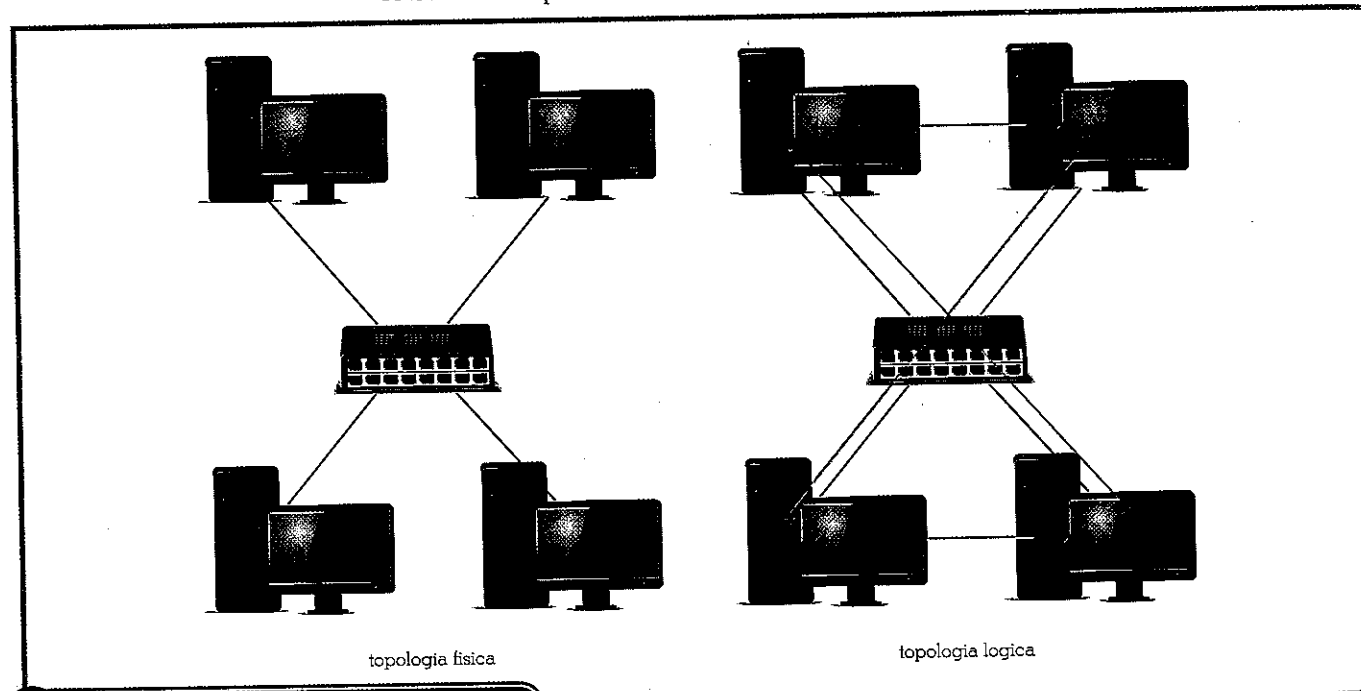


figura 1

### ● La topologia fisica

Nel seguito si descrivono le topologie fisiche più usate.

#### Topologia a bus

Questa topologia usa un singolo backbone (linea principale), detto **bus** a cui si collegano tutti gli host, alle due estremità del cavo è collocata una resistenza terminale, detta terminatore (figura 2).

Dal punto di vista del grafo, esiste un solo canale che collega tutti i nodi:  $C = 1$ , infatti esiste un solo percorso possibile tra ogni coppia di nodi. Da questo punto di vista è una topologia a basso costo.

I segnali passano lungo i cavi tra i due terminatori e vengono controllati da tutti gli host attestati sul bus: solo se l'indirizzo di destinazione del messaggio coincide con quello dell'host, il messaggio viene ricevuto ed elaborato dall'host. Si tratta quindi di una trasmissione di tipo broadcast.

Se un host non funziona la rete continua a funzionare, se però si guasta il cavo verso l'host l'intero bus, compreso tra i due terminatori, smette di funzionare. Il cavo è quindi il punto debole di questa topologia in quanto un guasto su di esso provoca il malfunzionamento dell'intera rete.

Inoltre, il fatto di avere un unico canale condiviso implica il non poter avere due trasmissioni in contemporanea.

La topologia di una rete è definita da un grafo formato da un insieme di vertici, che rappresentano i nodi (N) e da un insieme di archi che rappresentano i canali trasmissivi (C).

Questa topologia è tipica delle reti locali e metropolitane, molto usata in passato non è più realizzata fisicamente, ma resta valida come topologia logica.

#### Topologia ad anello

In questa topologia, detta anche "ring", un cavo collega un host al precedente e al successivo creando un circuito di rete continuo su cui sono trasmessi i dati (figura 3).

La topologia ad anello può essere unidirezionale o bidirezionale:

- $C = N/2$  se l'anello è unidirezionale, infatti per ogni coppia di nodi esiste un solo percorso possibile;
- $C = N$  se l'anello è bidirezionale, infatti per ogni coppia di nodi esistono due percorsi possibili.

In caso di guasto, l'anello bidirezionale consente alla rete di continuare a funzionare, anche se con una capacità dimezzata.

Questa topologia è usata nelle reti locali e, soprattutto, in quelle metropolitane.

#### Topologia a stella

In questa topologia tutti gli host sono collegati a un punto centrale, detto **centro stella**, che di solito è un hub o uno switch e costituisce il punto di connessione comune in modo che i computer siano in comunicazione l'uno con l'altro (figura 4).

Il numero di canali è pari al numero di nodi:  $C = N$ , in quanto il centro stella non è considerato un nodo del grafo.

Anche se questa topologia porta a un aumento del numero dei cavi rispetto, per esempio, a quella a bus, essa offre notevoli vantaggi in termini di:

- **fault-tolerance** (tolleranza ai guasti): il guasto di un canale o nodo della rete non ne compromette il funzionamento generale;
- **flessibilità e espandibilità**, infatti lo spostamento di un host da un punto ad un altro della rete o l'inserimento di uno nuovo non richiedono il fermo della rete;
- **semplicità di gestione**.

Per contro è vulnerabile nel centro della stella: se l'apparato che svolge questo ruolo si guasta, la rete smette di funzionare.

Questa topologia è usata nelle reti locali, nelle reti satellitari e in quelle radio.

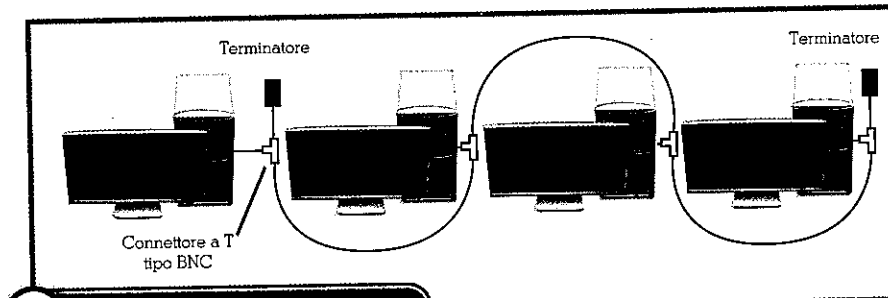


figura 2

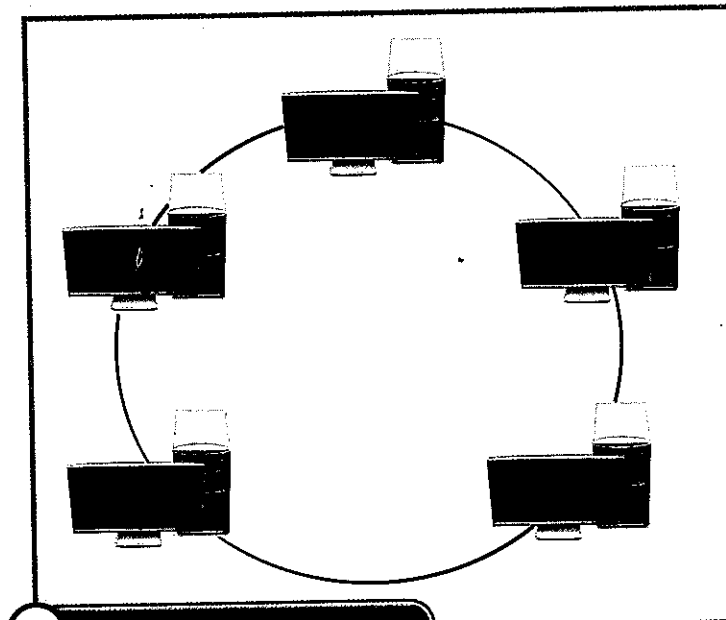


figura 3

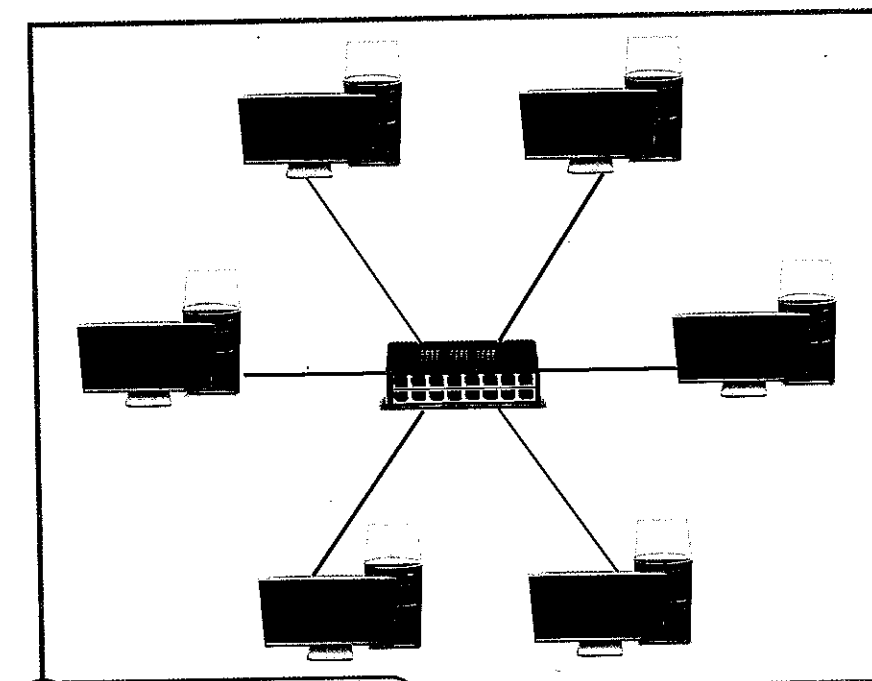


figura 4

## Topologia a stella estesa

Questa topologia, detta anche a stella gerarchica o ad albero, collega tra loro più topologie a stella (figura 5).

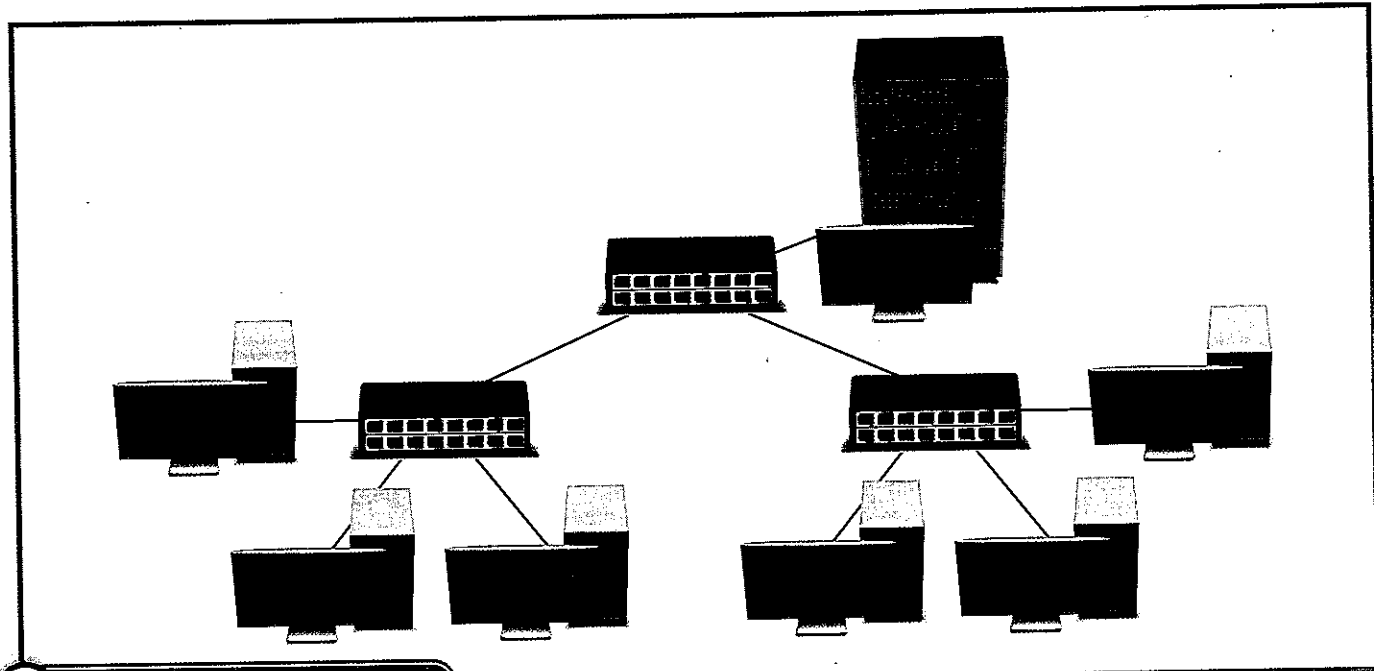


figura 5

La topologia a stella estesa è la più usata nelle moderne reti locali.

### in English, please

A star-wired topology introduces a **Single Point of Failure** in the network.

## Topologia a maglia completa

Questa topologia si usa quando si vuole che non ci siano assolutamente interruzioni. Infatti è completamente fault-tolerance, in quanto un guasto a un nodo o a un canale non interrompe il funzionamento della rete, esistendo molti percorsi tra i nodi (figura 6). Dal punto di vista del grafo vale:  $C = N(N - 1)/2$ , inoltre, tra tutti i possibili, si dovrà operare una scelta del percorso "migliore" da seguire.

La topologia a maglia è tipicamente usata nelle reti geografiche per connettere pochi nodi, cruciali per la comunicazione a livello nazionale. Infatti l'elevato numero di canali richiesti la rende poco economica all'impiego nelle reti locali o metropolitane.

## Topologia a maglia parziale

Questa topologia è simile alla maglia completa, ma con un numero inferiore di canali, infatti non tutti i nodi sono connessi con tutti gli altri nodi (figura 7). Mantiene comunque una buona tolleranza ai guasti e ha il vantaggio di lasciare libero il progettista nella scelta del numero di canali da usare.

Dal punto di vista del grafo vale:  $(N - 1) < C < N(N - 1)/2$ .

Questa topologia di rete è la più usata nelle reti geografiche.

## ● La topologia logica

La topologia logica di una rete indica come gli host comunicano tra loro, non considerando come sono connessi fisicamente (topologia fisica).

I due più comuni tipi di topologia logica sono:

- **broadcast**: significa che ogni PC manda i dati a tutti gli altri, non ci sono regole sull'ordine da seguire per usare la rete (es. Ethernet);
- **token passing**: permette l'accesso passando un token (gettone) sequenzialmente da un PC all'altro. Quando un PC ha il token può trasmettere i dati. Il token passing è usato nelle reti Token ring e FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

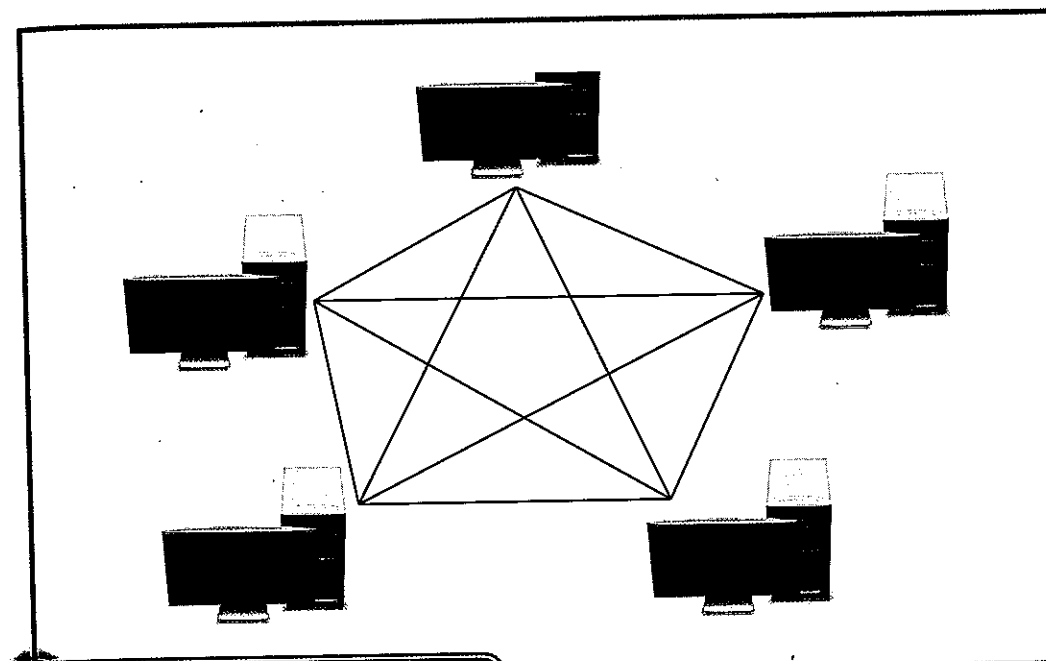


figura 6

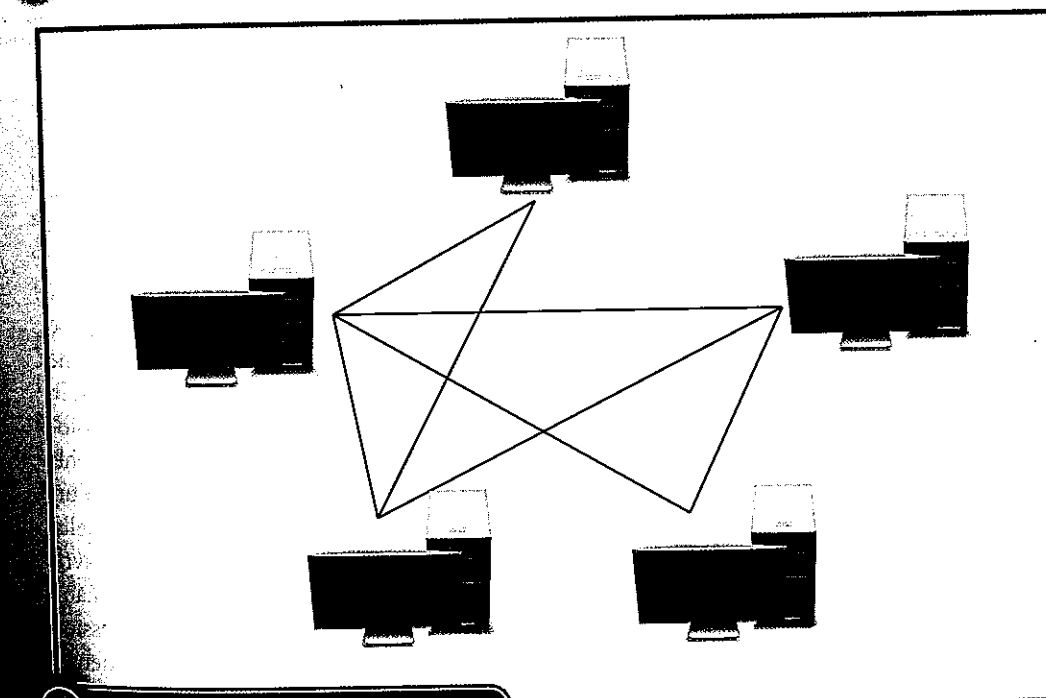


figura 7

## verifica le tue conoscenze

- 1 Che cosa si intende per topologia di rete?
- 2 Descrivi la topologia di rete a bus. A quali tipi di rete si applica?
- 3 Descrivi la topologia di rete a stella. A quali tipi di rete si applica?
- 4 Descrivi la topologia di rete a maglia. A quali tipi di rete si applica?

## La trasmissione via cavo: il cavo elettrico

I mezzi trasmissivi elettrici si basano sulla caratteristica dei metalli di condurre l'energia elettrica, infatti si associa al bit da trasmettere un particolare valore di tensione o di corrente (o una variazione di esse). Tipicamente i mezzi trasmissivi elettrici prevedono l'impiego di cavi in rame, quelli più comunemente usati sono i cavi di tipo *twisted-pair* (formati da coppie di fili in rame attorcigliati) e i cavi coassiali (*coax*) formati da un solo filo conduttore in rame circondato da materiale isolante e ricoperto da un intreccio di sottili fili di rame detto calza. I cavi coassiali, molto usati in passato per le connessioni dati, sono ormai in disuso da alcuni anni.

### ● Caratteristiche di un cavo elettrico

Le proprietà elettriche di un cavo sono:

- **resistenza:** è la resistenza passiva che frena il moto di scorrimento del flusso di elettroni lungo il conduttore (per esempio un filo di rame) dopo aver applicato allo stesso una forza elettromotrice (tensione); più la resistenza è alta più il segnale trasmesso perderà la propria "forza" e di conseguenza la capacità di arrivare a destinazione. Il valore della resistenza è dato dal prodotto tra la resistività del materiale conduttore e la sua lunghezza, diviso la sua sezione;
- **capacità:** fa riferimento alla proprietà di un materiale dielettrico posto tra due conduttori di conservare la carica elettrica quando esiste una differenza di potenziale tra i due conduttori stessi. Il valore della capacità varia in funzione della frequenza di misura anche se con modalità diverse a seconda del materiale usato (per esempio con il PVC cambia notevolmente mentre con il polietilene si mantiene un valore di capacità costante);
- **induttanza:** quando due conduttori sono percorsi da correnti uguali e contrarie, si viene a creare un campo magnetico nello spazio tra i due conduttori stessi. Il rapporto tra il flusso magnetico che attraversa lo spazio tra i due conduttori e la corrente che lo riproduce viene chiamato induttanza. Il valore dell'induttanza varia in funzione della frequenza di misura;
- **impedenza caratteristica:** è un parametro molto importante per le linee di trasmissione, infatti l'impedenza caratteristica è la risultante di tutti gli elementi passivi presenti che si oppongono al flusso degli elettroni (cioè resistenza, capacità e induttanza). In un sistema di trasmissione è importante che l'impedenza del cavo corrisponda con quella dei sistemi ricevente e trasmittente. Se c'è differenza di impedenza alla giunzione, si avrà una riflessione elettrica che ridurrà l'intensità del segnale. Quindi è fondamentale mantenere l'impedenza uniforme per tutto il cavo, eventuali variazioni comportano riflessioni interne che possono causare distorsioni e perdite del segnale. Il valore dell'impedenza si misura in Ohm e varia in funzione della frequenza di misura.

I problemi che possono sorgere con l'impiego di cavi elettrici come canale di trasmissione sono:

- **attenuazione:** è la riduzione d'ampiezza del segnale di uscita rispetto a quello di ingresso al cavo. Il valore di attenuazione (espresso in dB) cresce linearmente con la lunghezza del cavo e con la radice quadrata della frequenza. L'attenuazione dipende dalle caratteristiche fisiche del cavo (capacità, resistenza e induttanza) e per ogni tipo di cavo il costruttore definisce un intervallo di frequenze (*banda passante*) in cui l'attenuazione è minima;
- **diafonia (cross talk):** è l'interferenza che si può generare tra due conduttori vicini. Nella diafonia si verifica che parte del segnale presente in un conduttore si trasferisca al conduttore vicino per induzione, creando così un disturbo al segnale trasmesso (*figura 1*). Nel caso di coppie di fili in rame presenti nello stesso cavo, si possono verificare i seguenti disturbi:
  - NEXT (Near End Cross Talk): interferenza che si induce all'inizio di una coppia quando viene generato un segnale all'inizio della coppia adiacente; si rileva entro 20-30 metri dal trasmettitore;
  - FEXT (Far End Cross Talk): simile a NEXT ma la misurazione è effettuata all'estremità del cavo opposta a quella da cui si è originato il segnale.

Una variazione dell'impedenza può essere dovuta a difetti di fabbricazione del cavo, per esempio una qualità del conduttore non costante o una non uniformità del dielettrico, oppure a uno stiramento in fase di installazione.

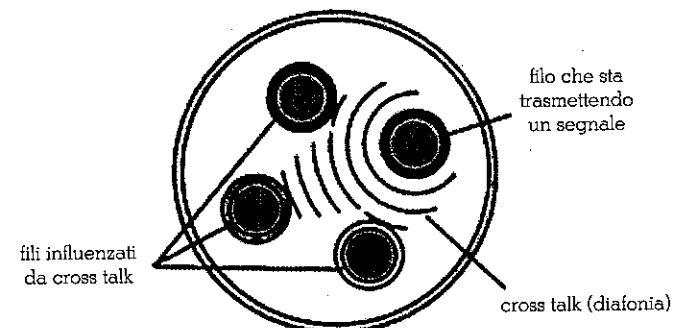


figura 1 Diafonia (cross talk) in un cavo a coppia di fili.

### ● Il doppino

Il **doppino** è un cavo elettrico formato da due fili conduttori (tipicamente in rame), avvolti da una guaina isolante e attorcigliati in modo da ridurre il rumore esterno e l'interferenza.

L'operazione che rende ritorte le coppie di fili è detta **binatura**: i conduttori componenti la singola coppia sono ritorti, le coppie sono poi ritorte tra loro con passi di **twistatura** (attorcigliamento) differenti, evitando in tal modo che si presenti il problema della diafonia tra coppie di fili che sono stati ritorti con lo stesso passo.

#### Cavo UTP

Il **cavo UTP** (Unshielded Twisted-Pair) ha quattro coppie di fili attorcigliati e non è schermato (unshielded) (*figura 2*).

Ha un'impedenza di 100 Ω, attualmente è il più usato nel mondo delle telecomunicazioni e ogni tratto raggiunge al massimo 100 m.

I suoi principali vantaggi sono:

- facile da installare;
- flessibile;
- poco costoso;
- piccole dimensioni (il diametro è di circa 0.43 cm);
- è il tipo di cavo in rame che consente la più elevata velocità di trasmissione.

I connettori usati con questo tipo di cavo sono gli RJ45 (*figura 3*).

Le specifiche TIA/EIA-568 hanno introdotto due tipologie di cavi: uno per la voce e uno per i dati; quello più frequentemente raccomandato è il CAT5 UTP (categoria 5 UTP).

Secondo le convenzioni stabilite nello standard, attualmente sono utilizzate solo due delle quattro coppie presenti nel cavo: la coppia 3 (verde) con i pin 1 e 2, e la coppia 2 (arancione) con i pin 3 e 6. Tale scelta non è casuale, infatti i pin 4 e 5 della coppia 1, utilizzati di solito per le connessioni telefoniche, restano a disposizione per quest'altro utilizzo, sebbene tale scelta sia altamente sconsigliata. Attualmente più usati sono di 2 tipi:

- **diritto (straight-through):** permette il collegamento tra la porta di un hub o di uno switch e un PC (*figura 4*);



figura 2 Cavo UTP.

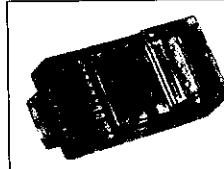


figura 3 Connettori RJ45.

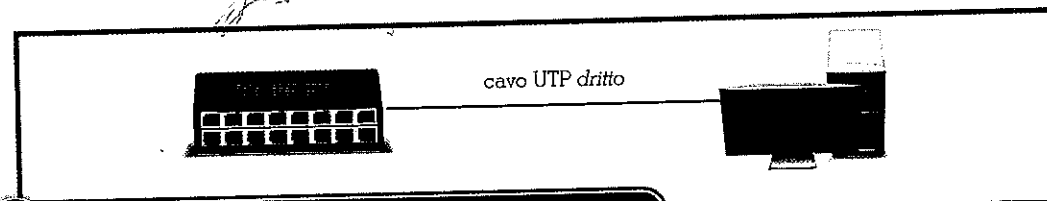


figura 4

• **incrociato (crossover):** permette il collegamento tra le porte di hub o switch, oppure tra due computer (figura 5).



figura 5

Il tipo di cavo si riconosce osservando i 2 connettori RJ45 alle estremità:

- nel straight-through la sequenza dei fili è identica;
- nel crossover cambiano i pin 1 - 2 - 3 - 6 del connettore RJ45, perché i fili di ricezione e trasmissione sono invertiti (figura 3).

Maggiori dettagli sono dati nella successiva lezione 8 in cui si descrive anche come costruire un cavo UTP.

### Cavo STP e FTP

STP (Shielded Twisted-Pair) è un cavo in cui ogni coppia di fili è attorcigliata e schermata con un foglio metallico. STP riduce quindi il rumore sia cross-talk sia elettromagnetico esterno. Ci sono quattro coppie di cavi con impedenza in genere di 150 Ω. È più costoso e difficile da installare dell'UTP perché lo schermo metallico deve essere collegato a massa.

Un ibrido tra UTP e STP è lo Screened UTP (ScTP), detto anche Foiled Twisted-Pair (FTP). È un UTP avvolto in un foglio metallico, ha un'impedenza tra 100-120 Ω.

In figura 6 si mostra un cavo STP in cui ogni coppia è schermata e un cavo FTP in cui il foglio metallico avvolge tutte e quattro le coppie.

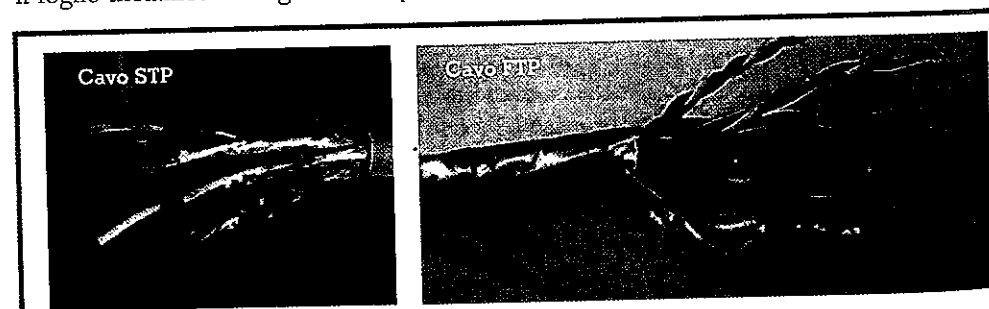


figura 6

## ● Il cavo coassiale

Il cavo coassiale è stato il mezzo trasmissivo usato per le prime reti Ethernet degli anni Settanta ed è stato molto usato fino agli anni Novanta, dopodiché lo si è sostituito con i cavi UTP e le fibre ottiche. Quindi nelle nuove reti non si usano più i cavi coassiali, mentre è ancora possibile trovarli in "vecchie" reti. Il cavo coassiale mantiene, però, alcuni vantaggi: può arrivare a distanze maggiori di STP e

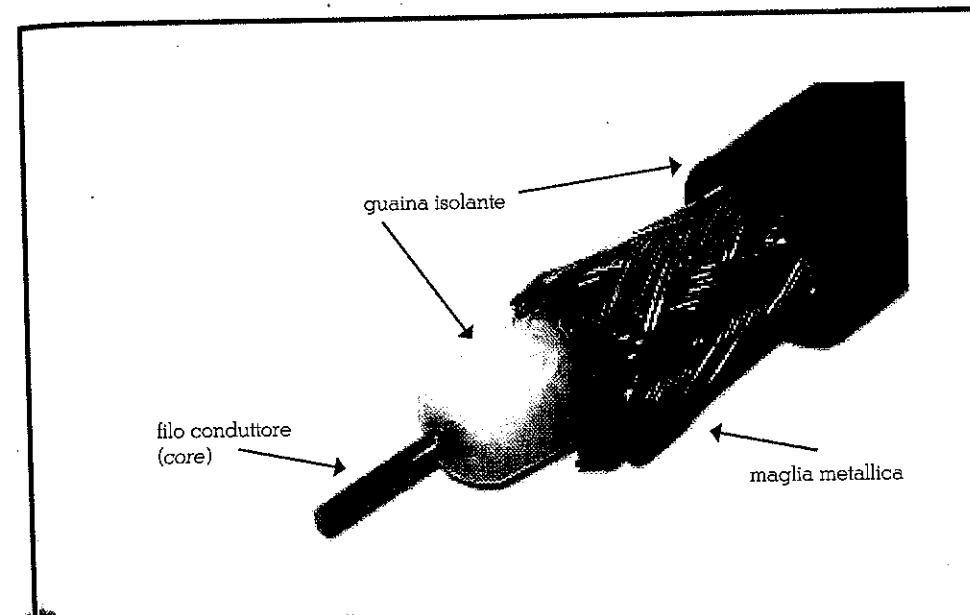


figura 7

UTP, è meno costoso delle fibre ottiche, è una tecnologia ben nota e collaudata. Un cavo coassiale è formato da un filo conduttore centrale (tipicamente in rame, detto *core*), racchiuso in una guaina isolante, che a sua volta è avvolta in un foglio metallico (anche questo solitamente in rame, detto *calza*) che serve a schermare il cavo centrale e bloccare le interferenze. L'involucro metallico esterno è usato come schermo e come secondo conduttore, esso è a sua volta rivestito da una guaina isolante. Tutto il cavo viene infine protetto da una guaina in plastica (figura 7).

Esistono vari tipi di cavo coassiale:

- **thick coax (coassiale spesso):** è il tipo storico usato nelle LAN Ethernet ed è indicato nelle specifiche originali per Ethernet dette 10 BASE 5, dove il 5 indica che il segnale può viaggiare per circa 500 m. Le reti realizzate con questi cavi raggiungono una velocità di 10Mbps. Questo cavo misura approssimativamente 1,27 cm di diametro e come tale risulta relativamente poco flessibile e di difficile installazione;
- **thin coax (coassiale sottile):** questo tipo si è diffuso con le LAN di personal computer, in quanto meno costoso e più facilmente manipolabile dell'altro, è usato per le specifiche Ethernet 10 BASE 2, dove il 2 indica che il segnale può viaggiare per circa 200 m. Le reti realizzate con questi cavi raggiungono una velocità di 10Mbps. Questo cavo misura approssimativamente 0,63 cm ed è molto simile al cavo coassiale usato per la TV.

Esistono molti tipi di cavi coassiali, quelli più comunemente usati hanno dei connettori denominati BNC (figura 8), dove BNC sta per Bayonet Neill Concelman, dal nome dei due inventori Neill e Concelman, e dal sistema utilizzato per l'innesto, definito "a baionetta".

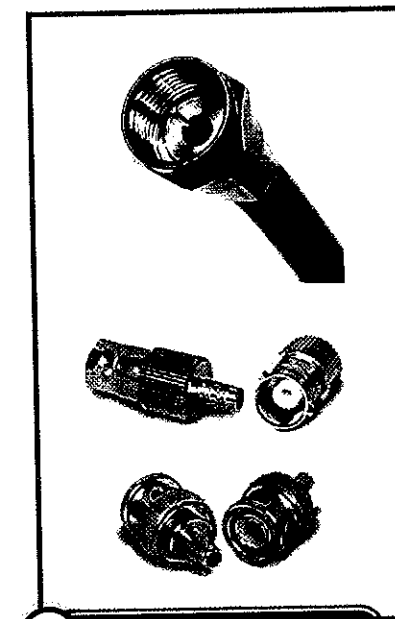


figura 8

### verifica le tue conoscenze

- 1 Spiega il problema della diafonia nei cavi elettrici.
- 2 Quali vantaggi si hanno nell'usare un cavo UTP rispetto a un cavo coassiale?
- 3 Che differenza c'è tra cavo UTP, STP e FTP?
- 4 Che cosa si intende con cavo dritto e cavo incrociato?
- 5 Come è fatto un cavo coassiale?



## Laboratorio: realizzazione di un cavo UTP

TIA/EIA 568 non è l'unica classificazione per i sistemi di cablaggio di tipo twisted-pair, ne esiste un'altra chiamata **ISO/IEC 11801** nella quale la distinzione tra i vari cavi e sistemi di cablaggio non si fa secondo delle *categorie* ma secondo delle **classi**, numerate con lettere crescenti (ad esempio la categoria 6 corrisponde alla classe F).

Nel 1991 due organizzazioni, TIA e EIA (Telecommunications Industry Association e Electronic Industries Alliance) definirono uno standard per i cavi *twisted-pair* chiamato **TIA/EIA 568**. Con il passar degli anni, queste organizzazioni hanno continuato a migliorare lo standard tenendo conto dell'evoluzione dei mezzi trasmissivi.

Attualmente si usa lo standard **TIA/EIA 568B**, che specifica non solo come costruire i cavi ma anche come progettargli e installarli. Secondo questa normativa sono state definite le seguenti **categorie**:

1. **Cat3**: è la prima specifica di cavi UTP a 100 Ω per reti locali Ethernet fino a 10Mbps (10BASE-T), utilizza frequenze di trasmissione fino a 16MHz;
2. **Cat4**: specifica per cavi UTP a 100 Ω per reti locali con frequenza fino a 20MHz, originariamente pensata per reti locali Token Ring a 16Mbps, può essere usata anche per reti Ethernet 10BASE-T;
3. **Cat5**: specifica per cavi UTP a 100 Ω per reti locali con frequenza fino a 100MHz e throughput fino a 100Mbps (100BASE-T o 100BASE-TX);
4. **Cat6**: specifica per i sistemi di cablaggio che devono supportare lo standard Gigabit Ethernet con throughput fino a 1000Mbps (1000BASE-TX) e frequenze fino a 250MHz;
5. **Cat7**: specifica per supportare trasmissioni con frequenze fino a 600MHz per le reti 10 Gigabit Ethernet.

Le LAN attuali sono tipicamente costruite secondo lo standard Cat5 o successivi.

I connettori che vengono usati sono **RJ45** (RJ = Registered Jack). Si tratta di un connettore trasparente con 8 pin, 4 dei quali, detti "tip", portano tensione, mentre gli altri 4, detti "ring", sono collegati a massa. Il connettore è sempre maschio, le femmine sono o nelle prese a muro (wall outlet) o nei patch panel che servono per fare le giunte nei cavi.

### Costruzione cavo UTP

Per costruire un cavo UTP abbiamo bisogno di (figura 1):

- un cavo con 4 coppie di fili attorcigliati;
- due connettori RJ45;
- un taglierino;
- una crimpatrice che serve a serrare le lamelle metalliche che ci sono sul connettore RJ45 in modo che i fili possano essere bloccati con sicurezza.

#### Istruzioni per costruire il cavo UTP

- Utilizzare un taglierino, o una semplice forbice o la stessa crimpatrice, per sguainare le due estremità del cavo per circa 3 cm;
- snodare i fili e stenderli in modo che siano dritti e non più attorcigliati, mettere ogni filo parallelo all'altro;
- seguire le combinazioni di colore riportate in figura 2 a seconda che si voglia costruire un cavo dritto o incrociato;
- tenendo i fili il più vicino possibile tra loro, si tagliano a circa 1 cm dalla guaina (fare attenzione a non modificarne l'ordine!);
- inserire il connettore RJ45, stando bene attenti che la parte ricoperta dalla guaina vada a finire sotto l'incavo rettangolare che c'è alla base dell' RJ45;
- usare la crimpatrice per bloccare saldamente i fili nel connettore; in questo modo si crea un contatto tra i fili del cavo e i pin del connettore;

- ripetere le operazioni 2-6 sull'altra estremità del cavo;
- verificare che ogni filo sia a contatto con il pin, operazione non facile da svolgere semplicemente guardando il connettore, meglio avere uno strumento di test (*cable tester*) che verifichi che il cavo sia effettivamente in grado di trasmettere e ricevere segnali.

Se il cavo è dritto (straight-through) guardando i 2 connettori i fili sono disposti nello stesso modo, mentre se il cavo è incrociato (crossover) si scambiano i fili 1 - 3 e 2 - 6.

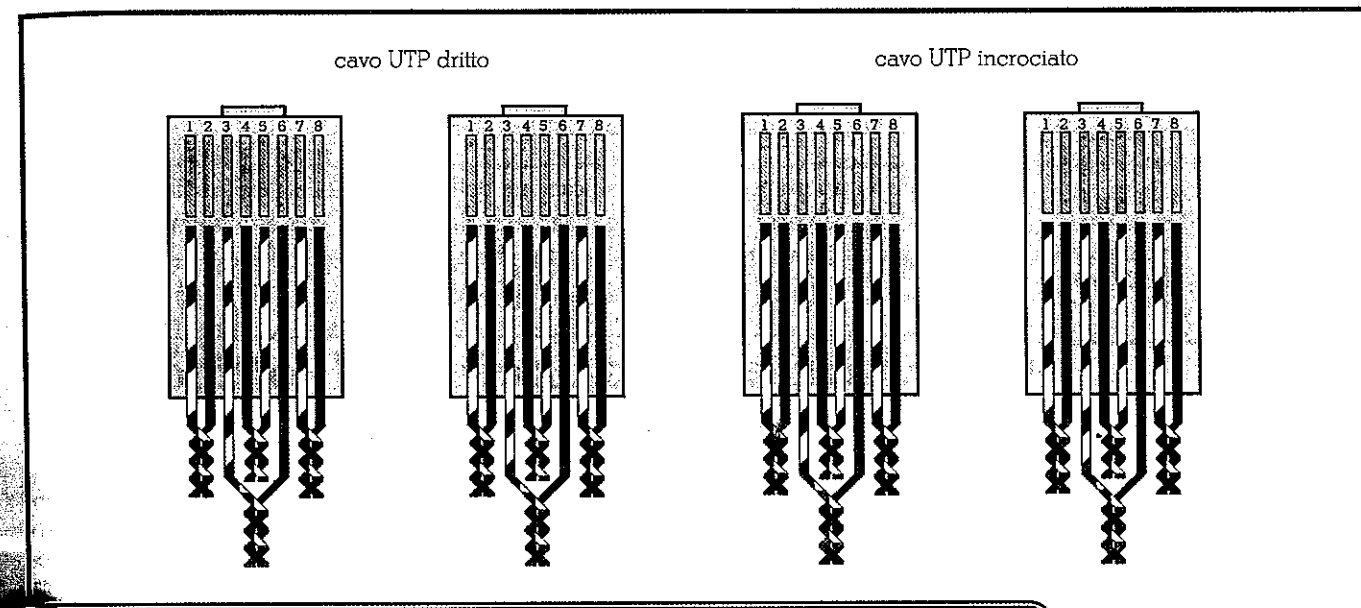


figura 2

Come si può capire se un cavo UTP è straight-through o crossover?

- si devono prendere le due estremità del cavo, mettendole con l'aletta di bloccaggio del connettore RJ45 verso il basso, così da vedere bene i colori, e la punta verso l'esterno, in questo modo il pin 1 è quello più a sinistra;
- se il cavo è dritto: i colori dei fili sono nello stesso ordine da entrambe le estremità del cavo;
- se il cavo è incrociato il colore del primo pin di un'estremità corrisponde al colore del terzo pin dell'altra estremità.

I fili blu e quelli marroni hanno impedenza diversa da quelli arancioni e da quelli verdi. Di conseguenza è indispensabile seguire l'ordine corretto indicato nello standard 568.

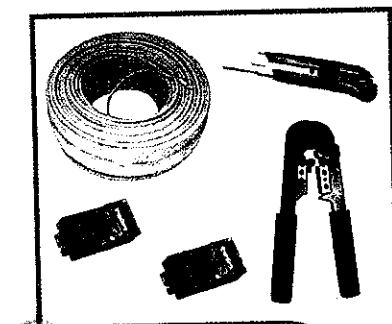


figura 1

### verifica le tue conoscenze

- 1 Quali standard si devono seguire per la realizzazione di un cavo UTP?
- 2 Che differenza c'è tra un cavo straight-through e un cavo crossover?
- 3 A che cosa serve la crimpatrice?
- 4 Come si può verificare se un cavo è funzionante o guasto?
- 5 Come si chiama il connettore usato per i cavi UTP?

# La trasmissione via cavo: la fibra ottica

Lo spettro elettromagnetico può essere suddiviso in vari tipi di onde: onde radio, microonde, raggi X, raggi  $\gamma$ . Tutte le onde elettromagnetiche viaggiano a 300 000 Km/s nel vuoto. La luce visibile ha una lunghezza d'onda che varia da 0.4 a 0.7  $\mu\text{m}$  (cioè dal viola al rosso).

A partire dagli anni Novanta si è diffuso l'impiego della fibra ottica nelle reti per la trasmissione dati. La fibra ottica usa la luce come forma di energia per trasportare il segnale. Infatti la luce è una forma di energia elettromagnetica: quando una carica elettrica si muove avanti e indietro o accelera, si produce energia elettromagnetica che può viaggiare attraverso il vuoto, l'aria e alcuni materiali come il vetro.

Un parametro importante per la classificazione delle onde è la *lunghezza d'onda* che indica la distanza che percorre l'onda elettromagnetica durante una sua oscillazione. Nelle fibre ottiche si usa la radiazione infrarossa con lunghezze d'onda di 0.85, 1.35 e 1.55  $\mu\text{m}$ .

## Richiamo dei principi dell'ottica relativi alla riflessione

La luce si propaga in linea retta all'interno di un mezzo trasparente *omogeneo* (cioè con densità costante) e *isotropo* (cioè il comportamento della luce è lo stesso in tutte le direzioni); l'aria, il vetro, l'acqua soddisfano di norma queste condizioni.

Il mezzo attraversato dai raggi può essere delimitato da una superficie su cui avviene il fenomeno della **riflessione** dei raggi luminosi (figura 1). Il raggio incidente sulla superficie forma con la normale un piano, detto *piano di incidenza*, in cui si trova anche il raggio riflesso.

La *legge della riflessione* afferma che: l'angolo  $\theta_i$  che il raggio riflesso forma con la normale è uguale all'angolo  $\theta_r$  che il raggio incidente forma con la normale:

$$\theta_i = \theta_r$$

Questa legge non dipende dalla lunghezza d'onda della luce incidente.

Nell'incontrare la superficie di separazione tra due mezzi trasparenti diversi, per esempio il vetro e l'aria, la luce viene in parte riflessa e in parte rifratta: da un raggio luminoso incidente hanno origine un raggio riflesso, che sta nel primo mezzo, e un raggio rifratto nel secondo mezzo che si trova sul piano di incidenza e forma con la normale un angolo  $\theta_r$ . La **legge di Snell** afferma che il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione è uguale al rapporto tra l'indice di rifrazione del secondo mezzo e l'indice di rifrazione del primo:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1}$$

Si noti che esiste una proporzionalità inversa tra il seno dell'angolo e l'indice di rifrazione del rispettivo mezzo: il  $\sin \theta_i$  è inversamente proporzionale all'indice di rifrazione  $n_1$ , il  $\sin \theta_r$  è inversamente proporzionale all'indice di rifrazione  $n_2$ .

La legge di Snell porta alle seguenti possibilità:

- $\theta_i = \theta_r$  solo se  $\theta_i = 0$  e  $\theta_r = 0$ ;
- $\theta_i > \theta_r$  quando la trasmissione avviene da un mezzo con indice di rifrazione minore a un mezzo con indice di rifrazione maggiore (cioè,  $n_1 < n_2$ ), il raggio rifratto si avvicina alla normale (figura 2a);
- $\theta_i < \theta_r$  quando la trasmissione avviene da un mezzo con indice di rifrazione maggiore a un mezzo con indice di rifrazione minore (cioè,  $n_1 > n_2$ ), il raggio rifratto si allontana dalla normale (figura 2b).

L'indice di rifrazione è il rapporto tra la velocità  $c$  della luce nel vuoto e la velocità  $v$  della luce nel mezzo:  

$$n = \frac{c}{v}$$
 Per la luce visibile l'indice di rifrazione è sempre maggiore di 1 ed è funzione della lunghezza d'onda.

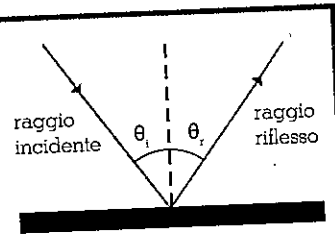


figura 1

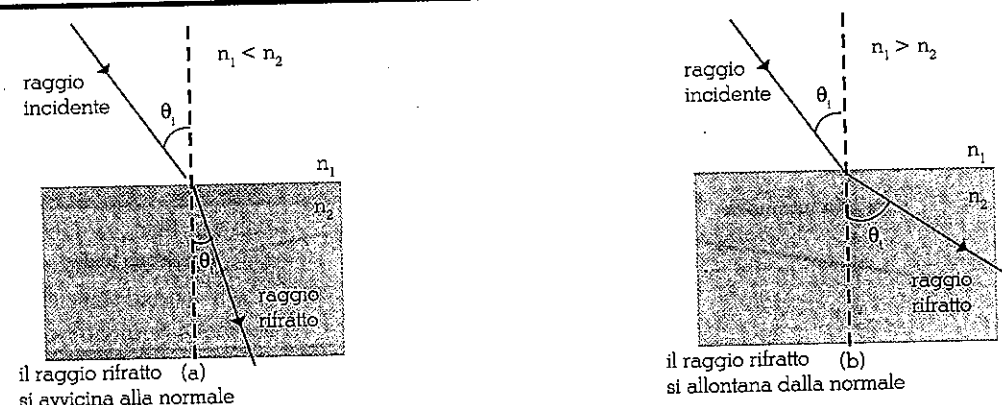


figura 2

Nel caso  $n_1 > n_2$  esiste un particolare angolo di incidenza  $\theta_L$  tale che  $\theta_r = 90^\circ$  (eliminando così la rifrazione). Tale angolo  $\theta_L$  è detto **angolo limite** e il suo valore si ricava dalla legge di Snell considerato che  $\sin \theta_r = \sin 90^\circ = 1$ , per cui:

$$\sin \theta_L = \frac{n_2}{n_1} \quad \theta_L = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Per valori di  $\theta_i$  maggiori di  $\theta_L$  non esiste raggio rifratto e la luce viene tutta riflessa: il fenomeno si chiama **riflessione totale**.

Quindi, se il raggio incidente ha un angolo inferiore all'angolo limite, allora il raggio penetra nel secondo materiale, ma subisce una deviazione; se invece il raggio incidente supera l'angolo limite il raggio viene totalmente riflesso e la superficie di separazione si comporta come uno specchio.

## Struttura di una fibra ottica

La trasmissione della luce attraverso la fibra è basata sul fenomeno della riflessione totale interna che si presenta quando il raggio di luce incide obliquamente sull'interfaccia di separazione tra due mezzi, aventi indice di rifrazione diverso, con un angolo superiore all'angolo limite. Per la fibra ottica i due mezzi sono di due diversi tipi di pasta vetrosa: uno interno, detto **core** (nucleo), con indice di rifrazione  $n_1$  e uno esterno detto **cladding** (mantello), con un indice di rifrazione  $n_2$  più basso rispetto al core ( $n_1 > n_2$  tipicamente  $n_1 = 1.5$  e  $n_2 = 1.475$ ). Quindi in seguito al fenomeno della riflessione totale i raggi luminosi che attraversano il core vengono riflessi quando cercano di passare dal core al cladding (figura 3).

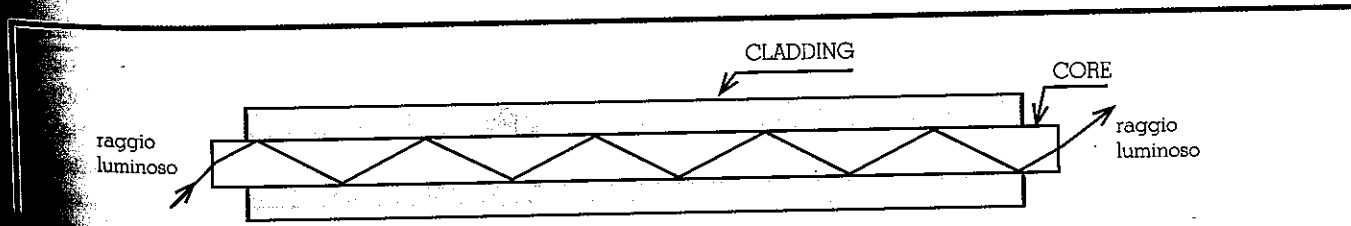


figura 3

Affinché il raggio luminoso rimanga entro il core (**riflessione totale**), conservando così la sua energia, è necessario che esso venga introdotto con un certo angolo, chiamato **angolo di accettazione della fibra**. Insieme di questi angoli forma una superficie tridimensionale chiamata **cono di accettazione** della fibra ottica. Un raggio luminoso introdotto nella fibra all'interno del cono di accettazione andrà a incidere l'interfaccia tra core e cladding con un angolo maggiore dell'angolo limite ( $\theta_L$ ) e verrà totalmente riflesso (figura 4).

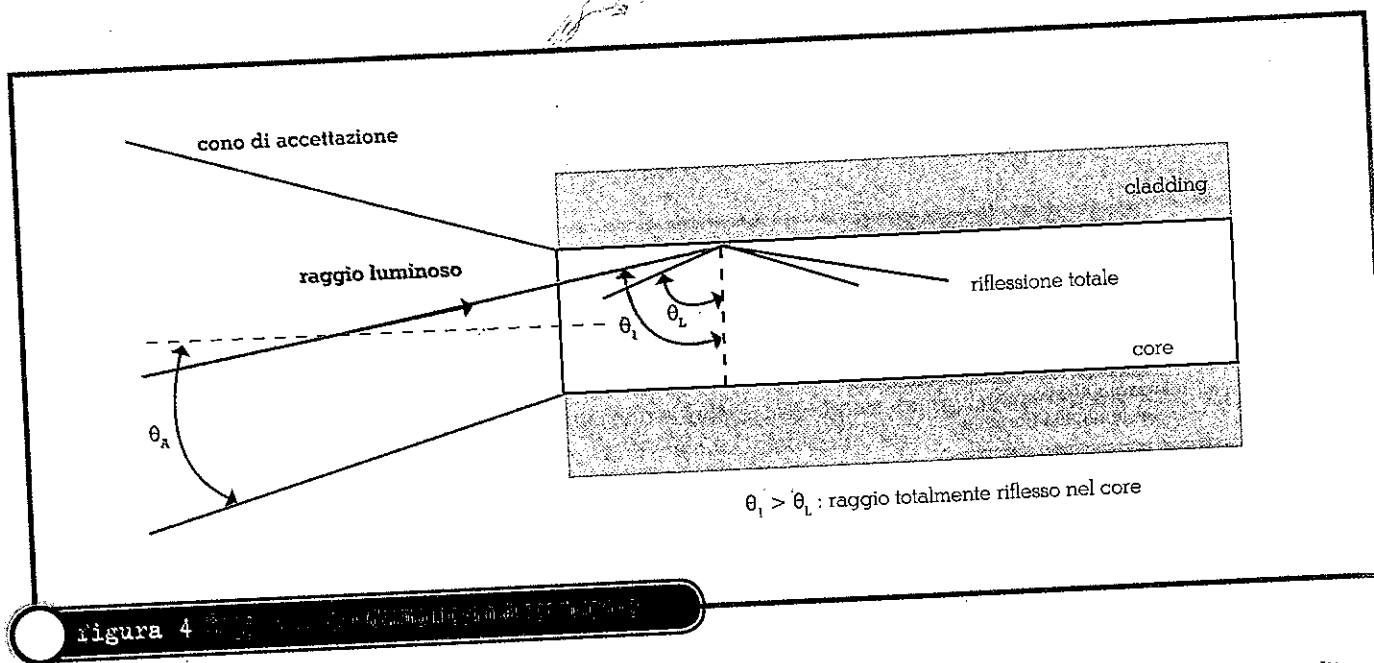


figura 4

Un raggio introdotto nella fibra al di fuori del cono di accettazione andrà a incidere l'interfaccia tra core e cladding con un angolo inferiore all'angolo limite e quindi verrà rifratto e si disperderà nel cladding (figura 5). Quindi, tanto è maggiore l'angolo di accettazione, tanto più alta è la copertura numerica della fibra, cioè la quantità di energia luminosa che si riesce a introdurre e mantenere confinata all'interno del core.

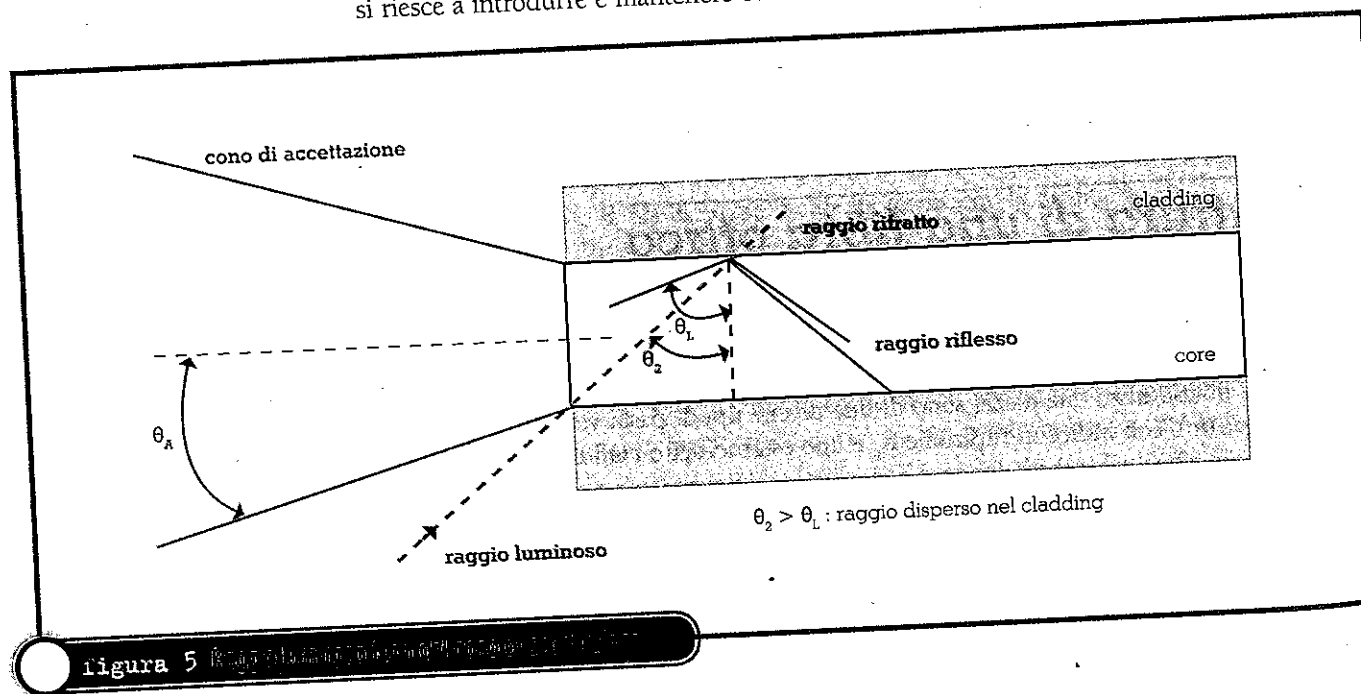


figura 5

## ● Il cavo in fibra ottica

Il sottilissimo filo di materiale vetroso viene "tirato" fino ad avere dimensioni piccolissime (dell'ordine dei micron) così da perdere la sua caratteristica fragilità e diventare un filo robusto e flessibile.

Il cladding poi è rivestito con un materiale plastico allo scopo di proteggere il vetro (figura 6).

Ogni cavo in fibra ottica è composto da due fibre: una per trasmettere e una per ricevere, per cui la trasmissione è full-duplex. Le due fibre sono messe in un singolo cavo protettivo fino all'innesto con i connettori. Un cavo può avere da 2 a 48 fibre o più.

Come si è descritto in precedenza, i raggi di luce penetrano nella fibra solo se il loro angolo di incidenza rispetto all'asse centrale ha valore inferiore rispetto a un limite massimo.

Se il diametro del core è largo abbastanza da avere più percorsi di luce, la fibra è detta multimodale (multimode); le fibre dette monomodali (singlemode) hanno il core molto più piccolo e la luce può avere solo un modo (da qui il nome) (figura 7).

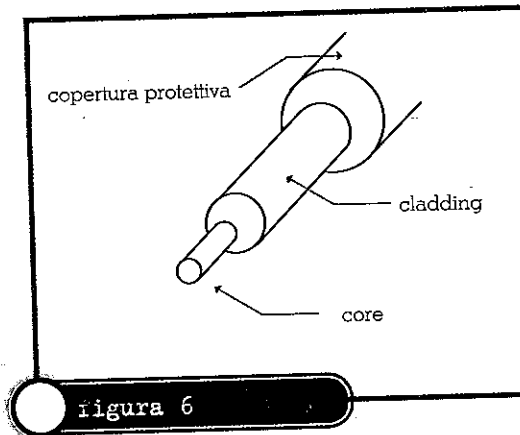


figura 6

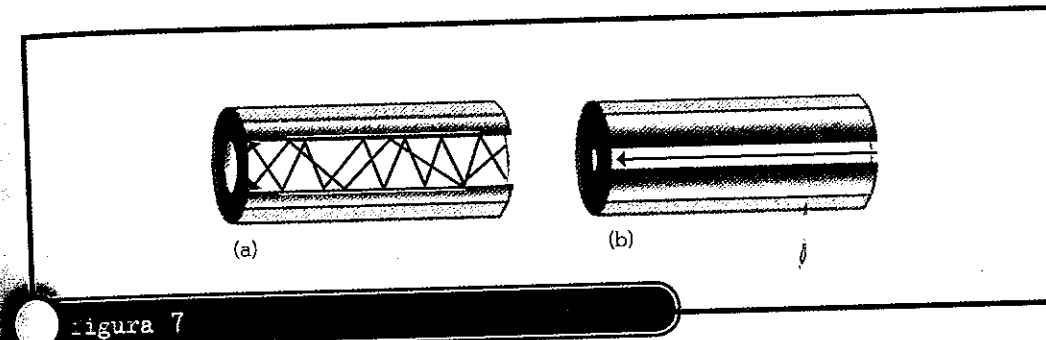


figura 7

Il connettore più comune per le fibre multimodali è SC (Subscriber Connector), mentre per le monomodali è ST (Straight Tip) (figura 8).

Caratteristiche delle fibre ottiche multimodali:

- hanno core di diametro 50 o 62.5  $\mu\text{m}$  e cladding di diametro pari a 125 o 140  $\mu\text{m}$  (di solito sulla fibra si indica la dimensione come: 50/125  $\mu\text{m}$  oppure 62.5/125  $\mu\text{m}$ );
- consentono una varietà di angoli di riflessione dei raggi;
- usano come sorgente di luce i diodi LED;
- arrivano fino a 2 Km;
- solitamente sono di colore arancione.

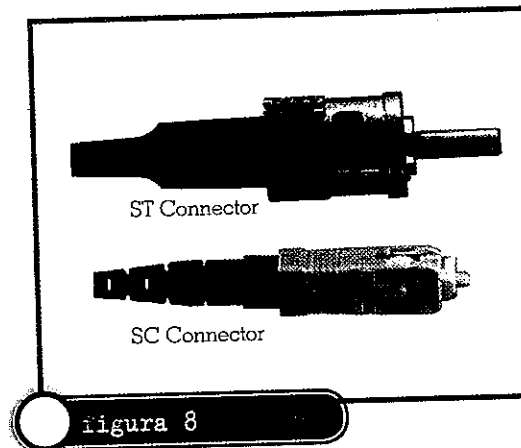


figura 8

Caratteristiche delle fibre ottiche monomodali:

- hanno core di diametro tra 5 e 10  $\mu\text{m}$  e cladding di diametro pari a 125 (esempio: 10/125 oppure 9.5/125);
- data la ridotta dimensione del diametro si forza il passaggio di un raggio con un solo angolo, quello assiale;
- usano come sorgente di luce i raggi laser;
- arrivano fino a 3 Km;
- solitamente sono di colore giallo.

In generale, le fibre ottiche monomodali si usano per trasmissioni a lunga distanza per le loro caratteristiche di ridotta attenuazione, assenza di dispersione ed elevata larghezza di banda. Per contro, le ridotte dimensioni e la necessità di introdurre un raggio con elevata potenza e diretto richiedono l'utilizzo di una sorgente laser aumentando quindi il costo della parte elettronica rispetto alle fibre multimodali. Le distanze coperte da una fibra ottica possono variare da 220 metri a una decina di chilometri (SX indica breve distanza, LX lunga distanza).

## ● Sistema di trasmissione ottico

Un sistema di trasmissione che utilizza la luce per trasportare il segnale si compone di tre elementi: un *trasmettitore* che converte il segnale elettrico in segnale luminoso, una *fibra ottica* attraverso la quale transita il segnale luminoso e un *ricevitore* che trasforma il segnale luminoso in segnale elettrico.

### Trasmettitore

Per trasmettere si usano LED (Infrared Light Emitting Diode) o LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Si tratta di sorgenti di luce infrarossa:

- i LED sono meno costosi, ma trasmettono meno lontano e il raggio emesso tende ad allargarsi rapidamente; sono tipicamente usati nelle fibre multimodali;
- i LASER producono un sottilissimo e intenso raggio di luce infrarossa con lunghezza d'onda maggiore ai raggi prodotti dai LED; il raggio risulta più potente e preciso, di conseguenza si possono raggiungere maggiori distanze; sono tipicamente usati nelle fibre monomodali.

### Ricevitore

In genere è un **fotodiodo PIN**, che trasforma l'impulso di luce ricevuto nel corrispondente impulso elettrico.

### L'attenuazione nelle fibre ottiche

Le fibre non necessitano di un trasferimento di una massa fisica (come gli elettroni per la corrente elettrica), non risentono del rumore elettrico (disturbi dovuti prevalentemente al passaggio di corrente in altri conduttori) e, di conseguenza, per i mezzi trasmissivi ottici non esiste il problema della diafonia (*crosstalk*). L'attenuazione, pur ridottissima per distanze di alcuni chilometri, è comunque presente anche nei mezzi trasmissivi ottici e dipende dalla qualità della fibra e degli elementi di interconnessione utilizzati.

Infatti possono essere presenti nel vetro delle disomogeneità che causano riflessioni e dispersione del raggio luminoso (*scattering*) oppure delle impurità chimiche che provocano l'assorbimento di parte dell'energia del segnale trasformandola in calore (*absorption*). La dispersione o l'assorbimento del segnale luminoso influenzano le distanze raggiungibili con una fibra ottica.

Infine, una causa frequente di eccessiva attenuazione è la non corretta installazione: la fibra non va tirata o posizionata con curve troppo strette (è necessario il rispetto delle specifiche di raggio minimo di curvatura fornite dal costruttore della fibra), né piegata o schiacciata. Per questo motivo, spesso la fibra è messa in una condotta metallica (canalina).

## ● Vantaggi e svantaggi delle fibre ottiche

I principali **vantaggi** che si hanno nell'impiego delle fibre ottiche sono:

- caratteristiche trasmissive: bassa attenuazione, banda di modulazione elevata, alto throughput, notevoli capacità trasmissive;
- caratteristiche meccaniche: dimensioni e peso ridotti, buona flessibilità ed elasticità;
- immunità ai disturbi: le fibre ottiche non sono soggette a interferenze elettromagnetiche in quanto non utilizzano materiali conduttori e trasportano fotoni che sono particelle elettricamente neutre;
- costi a lungo termine: è possibile aumentare la velocità della rete solo sostituendo gli apparati elettronici alle estremità della fibra.

A fronte dei numerosi vantaggi, la fibra ottica presenta anche alcuni **svantaggi** legati soprattutto ai costi dei dispositivi di rete oltre che dei cavi, che però tendono a diminuire con il miglioramento delle tecnologie costruttive, e alla difficoltà di posa in opera e realizzazione di giunture e connettizzazioni che richiedono operatori altamente specializzati e l'impiego di macchinari specifici piuttosto costosi. Quanto descritto vale in particolar modo per le fibre monomodali per via delle loro ridottissime dimensioni.

I fotodiodi PIN sono così chiamati perché includono un diodo PIN, cioè un diodo con una parte di semiconduttore I (intrinseco = "non drogato") e una parte di semiconduttore P e una parte di semiconduttore N (estrinseci = "drogati").



### Verifica le tue conoscenze

- 1 Qual è il principio fisico su cui si basa la trasmissione con le fibre ottiche?
- 2 Come è formata una fibra ottica?
- 3 Che differenza c'è tra fibre multimodali e monomodali?
- 4 Come viene generata la luce per transitare all'interno della fibra?
- 5 Descrivi quali fattori influiscono sull'attenuazione nelle fibre ottiche.



## La trasmissione senza fili: il wireless

L'uso delle onde radio nella trasmissione ha dato origine alle reti wireless, cioè senza fili. Infatti, a differenza delle reti *wired*, formate da cavi elettrici o fibre ottiche, le wireless non utilizzano alcun tipo di cavo: il segnale è trasportato nell'aria tramite la propagazione di onde radio emesse da un'antenna.

### Le onde elettromagnetiche nella trasmissione

Le onde radio possono attraversare o meno i materiali: i metalli le riflettono, mentre gli isolanti in genere le deviano (rifrazione). La presenza di onde elettromagnetiche, in particolare in ambienti chiusi, pone però problemi di salute in quanto tali onde possono creare danni ai tessuti organici, quindi è necessario limitare la loro energia senza limitare la velocità di trasmissione. La soluzione adottata prevede l'utilizzo di trasmettitori con potenze molto piccole (100mW per il wireless e 10mW per il Bluetooth); limitando la potenza si ha anche il vantaggio di ridurre i consumi e aumentare la durata delle batterie dei sistemi portatili. La limitazione di potenza ha ovviamente determinato un accorciamento delle distanze di utilizzazione di un singolo trasmettitore, distanze che si riducono ulteriormente se sono presenti muri.

Un'altra limitazione riguarda le frequenze utilizzabili: si tratta di intervalli molto stretti in cui devono poter operare tanti dispositivi senza interferire tra loro. La soluzione adottata (Wi-Fi) è stata quella di consentire a ciascun dispositivo di disperdere (*spreading*) il segnale in un ampio intervallo di frequenze. Questa tecnica è conosciuta con il nome di **Spread Spectrum Signals (SSS)**.

Le tecniche SSS consentono una buona ricezione dei segnali deboli, garantiscono l'integrità del segnale e una maggior sicurezza, distribuendo il segnale attraverso l'intero spettro delle frequenze. In questo modo il segnale non rimane stabile su una singola frequenza, così più utenti possono lavorare in contemporanea (compatibilmente con la larghezza di banda disponibile).

Lo standard definito per il Wi-Fi prevede l'uso di due tecniche della categoria SSS: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, dispersione di spettro a salto di frequenza) e DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, dispersione di spettro in banda base). Il sistema FHSS risulta valido contro le interferenze e l'intercettazione in quanto è statisticamente impossibile disturbare tutte le frequenze che possono essere usate. Il sistema DSSS, invece, è più limitato per quanto riguarda la resistenza all'interferenza.

Le cause più frequenti di disturbi sulle reti wireless sono: il forno a microonde, i telefoni cordless, la tecnologia Bluetooth a 2.4GHz nelle reti wireless che utilizzano il protocollo 802.11b. In ambiente aperto provocano l'attenuazione del segnale trasmesso: i fenomeni atmosferici che generano gocce d'acqua molto piccole, come la nebbia e la pioviggine, e in genere le condizioni meteo avverse.

L'intensità delle onde radio diminuisce con il quadrato della distanza. Per esempio: a 10 m dall'antenna il segnale ha solo 1/100 della sua energia originale.

## Sistemi infrarossi

La tecnologia a raggi infrarossi è usata per comunicazioni a brevissima distanza (pochi metri), infatti la luce infrarossa non è in grado di attraversare alcun ostacolo (anche il vetro di una finestra attenua di molto il segnale!).

L'IRDA (Infrared Device Application) è lo standard per la trasmissione dati tramite infrarossi, è bidirezionale e point-to-point tra dispositivi con collegamento "a vista" (LoS, Line of Sight). Come si è detto, tali dispositivi sono indicati per comunicazioni a breve distanza e non per le reti vere e proprie.

## Le reti wireless

Le reti Wi-Fi hanno avuto un'enorme diffusione negli ultimi anni perché i costi degli apparati si sono molto ridotti e si sono diffusi dispositivi portatili diversi dai notebook, come per esempio gli smartphone che consentono la connessione alla rete Internet. L'esigenza di connettere e condividere varie periferiche (stampanti, videocamere di sorveglianza ecc. **figura 1**) senza utilizzare cavi di connessione ha spinto le aziende produttrici a immettere sul mercato prodotti già predisposti per la connessione wireless.

Sempre più spesso nelle città e nelle aree commerciali si trovano le cosiddette "Wi-Fi free area" (**figura 2**), zone in cui enti pubblici o privati mettono a disposizione una connessione gratuita wireless a Internet.

Anche nelle aziende si sono diffuse le reti wireless per consentire ai dipendenti di avere l'accesso alle risorse informatiche pur spostandosi tra i vari reparti.

Un approfondimento sulle reti wireless si trova nell'Unità 9, in cui si descrivono gli standard 802.11 per le reti senza fili, e nell'Unità 13, in cui si descrivono scenari di reti wireless e mobile.

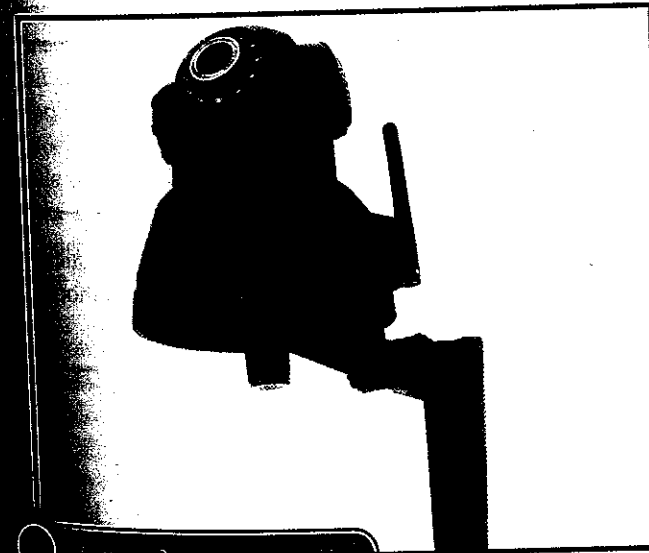


figura 1



figura 2

### Verifica le tue conoscenze

- 1 Come avviene la propagazione del segnale nelle reti senza fili?
- 2 Quali possono essere le cause dell'attenuazione del segnale nelle reti wireless?
- 3 In che cosa consiste la tecnica Spread Spectrum Signals?
- 4 In quale ambito si usano i raggi infrarossi per trasmettere dati?

## Apparati di rete locale

### ● La scheda di rete (NIC)

La scheda di rete (NIC) è un circuito stampato che collega l'host al mezzo (cioè il PC al cavo). È chiamata anche **LAN adapter**. Ogni scheda di rete è identificata da un codice univoco (il **MAC address** che sarà descritto nell'Unità 9). Può capitare che la NIC abbia un connettore diverso da quello usato dal mezzo trasmissivo, in tal caso è necessario utilizzare un adattatore chiamato **transceiver**.

Solitamente la NIC si trova integrata nella scheda madre del computer. Nel caso in cui, si volesse installare una seconda interfaccia di rete (per esempio, perché ha prestazioni migliori di quella integrata) si può ricorrere a una NIC in formato PCIe, per i computer desktop, o in formato PC Card o USB per i computer notebook (figura 1).

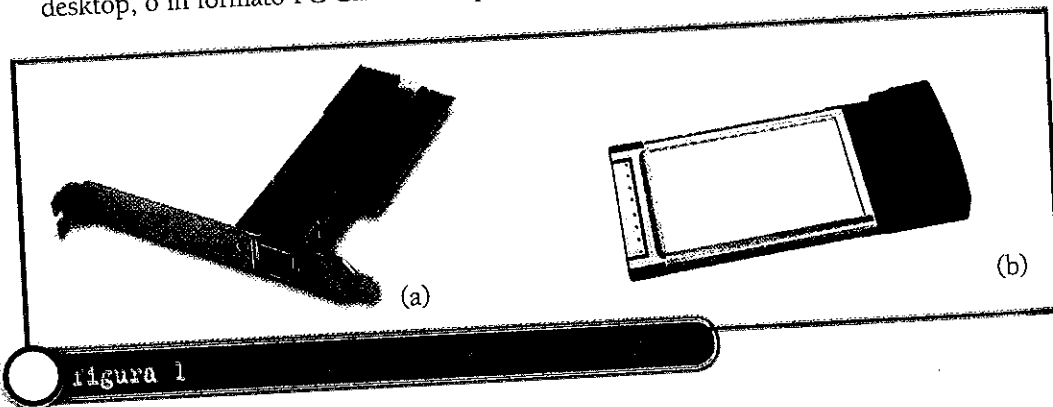


figura 1

### ● Il modem

La parola "modem" riflette la funzione di questo apparato che è un **modulatore/demodulatore**, esso cioè modula i segnali digitali in segnali analogici in trasmissione, mentre demodula i segnali analogici in segnali digitali in ricezione (figura 2).

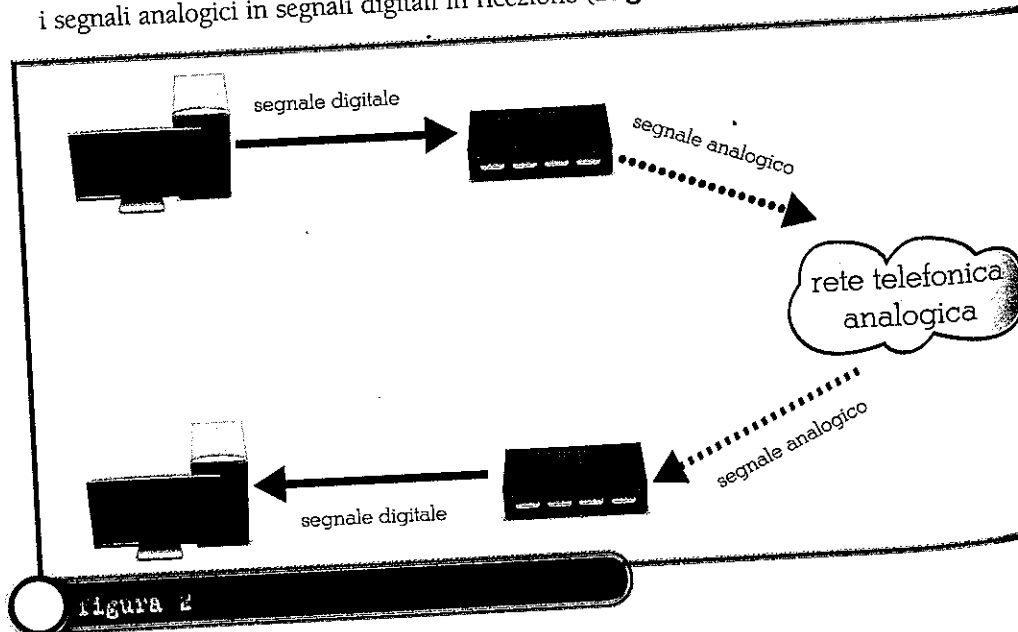


figura 2

Caratteristica del modem è quindi la trasformazione del segnale digitale in modo da adattarlo al trasporto sul doppino telefonico, con banda molto ridotta. Inoltre, il modem può avere solo una connessione remota alla volta.

### ● Repeater

È un apparato che permette di ritrasmettere un segnale su una rete. Ricordiamo che un segnale che transita su un supporto fisico tende ad attenuarsi dopo una certa distanza, oltre a essere distorto a causa del rumore, è quindi necessario rigenerare il segnale tramite appunto dei repeater.

Un repeater riceve un segnale, lo rigenera, riportandolo al livello originale, lo risincronizza e lo passa oltre.

Il repeater serve quindi a estendere la lunghezza del canale trasmissivo su LAN omogenee (figura 3). Infatti, è un apparato utilizzato in modo estensivo nelle trasmissioni a lunghe distanze.

Per una rete LAN a 10 Mbps Ethernet vale la regola dei 4 ripetitori, secondo la quale tra 2 host non possono esserci più di 4 ripetitori. Questo per evitare la latenza, cioè il ritardo di un segnale nell'arrivare a destinazione. Una latenza troppo alta rende la rete meno efficiente.

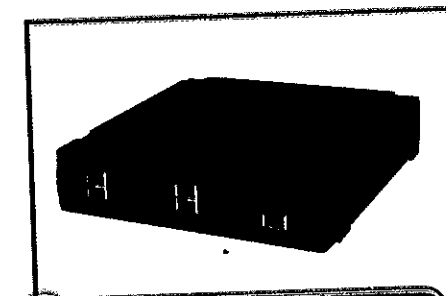


figura 3

### ● Hub

Gli hub (figura 4) sono repeater multiporta, che in genere hanno da 4 a 24 porte seguendo i multipli di 4.

L'hub (o concentratore) ha il compito di ricevere le informazioni dai vari nodi presenti sulla rete e di inoltrarle agli altri nodi collegati alle sue porte. L'hub non è in grado di verificare quale sia il reale destinatario di tali dati, per cui li invia su tutte le porte tranne quella da cui sono arrivati (modalità broadcast). Saranno gli stessi dispositivi riceventi a valutare se i dati inviati dall'hub siano o meno di loro pertinenza e, in caso contrario, a rifiutarli senza processarli.

Tale operazione, oltre a provocare un traffico inutile sulla rete, crea anche incertezze sulla sicurezza dei dati stessi. Infatti bisogna considerare che tutte le informazioni potranno essere lette anche dai dispositivi a cui non sono realmente destinate.

Ci sono 3 tipi di hub:

- **passivi**: servono solo come punto di connessione fisica, non vedono i dati che passano. Essendo passivi non necessitano di alimentazione elettrica;
- **attivi**: necessitano di alimentazione elettrica per amplificare e ripulire i segnali che arrivano e trasmetterli sulle altre porte;
- **intelligenti**: chiamati anche *smart hub*, funzionano come gli hub attivi ma al loro interno hanno un microprocessore che fornisce informazioni di diagnostica. Sono più costosi degli hub attivi ma sono utili nelle situazioni di *troubleshooting* (ricerca del guasto).

I dispositivi collegati a un hub ricevono tutto il traffico che passa attraverso di esso: più dispositivi ci sono e più facile sarà avere collisioni. Una *collisione* si ha quando due dispositivi trasmettono nello stesso istante; ciò causa la distruzione dei dati, che dovranno essere ritrasmessi. Si dice che tutti i dispositivi collegati all'hub appartengono allo stesso *dominio di collisione* (il problema delle collisioni sarà descritto nel dettaglio nell'Unità 9).

Il hub sono adatti a reti di dimensioni ridotte o con traffico limitato e tipicamente si usano per creare una topologia a stella.

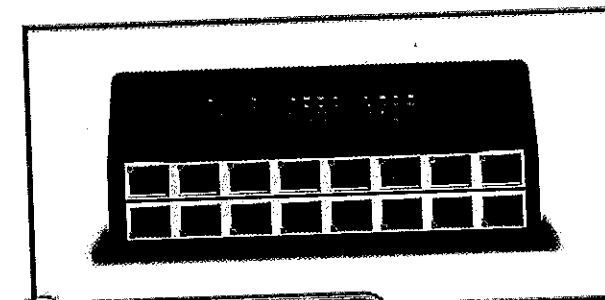


figura 4

## ● Il bridge

Si tratta di dispositivi che permettono di collegare tra loro reti differenti, purché utilizzino lo stesso protocollo. Permettono quindi la suddivisione di grosse reti creando delle sottoreti in modo da facilitare la gestione e il controllo delle stesse, oppure permettono di creare delle macroreti partendo da reti locali già esistenti. È possibile in questo modo creare delle reti dipartimentali che verranno poi inglobate nell'unica rete aziendale.

In figura 5 si può vedere come l'inserimento in rete di un bridge crea due segmenti distinti, con la conseguenza di diminuire la quantità di traffico che transita su un singolo segmento migliorando così le prestazioni della rete.

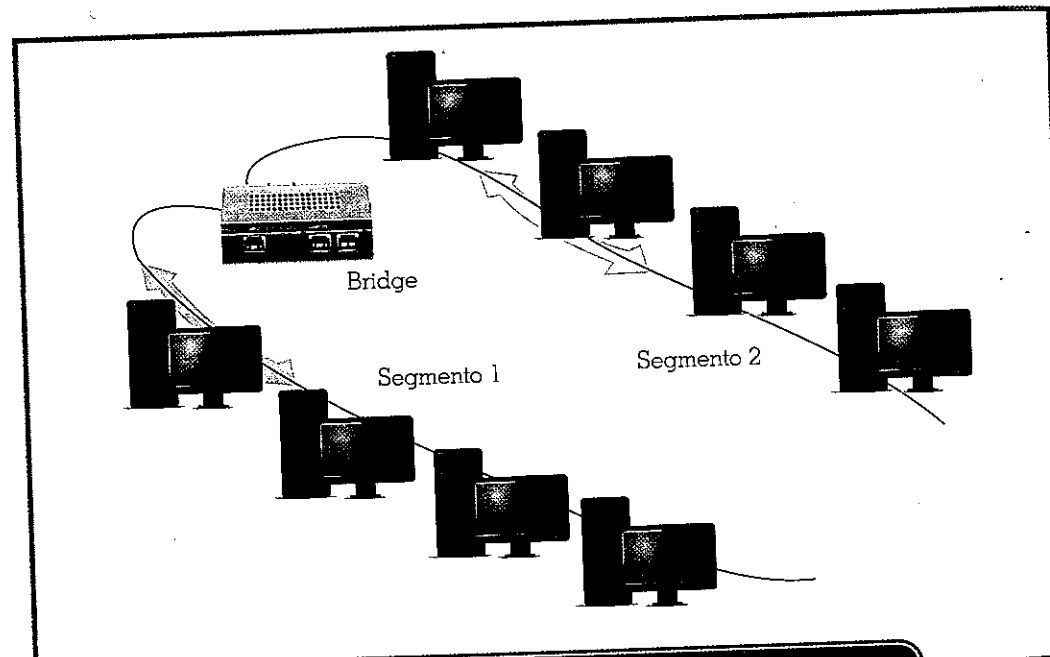


figura 5

## ● Lo switch

Uno switch si può definire come un bridge multiporta, infatti mentre un bridge in genere ha 2 porte, lo switch ne può avere 24 o 32 o più.

Uno switch è un apparato più "intelligente" di un bridge dovendo decidere su più porte, infatti differisce dal bridge per le modalità con cui tratta e inoltra i dati. Uno switch è in grado di analizzare il contenuto di un pacchetto di dati ricevuto e di inoltrarlo solo al reale destinatario, riducendo in tal modo il traffico superfluo nella rete (nell'Unità 9 viene descritto in dettaglio il comportamento di uno switch).

Infine, gli switch operano a velocità più elevate rispetto ai bridge e supportano nuove funzioni come le LAN virtuali (Unità 6).

Uno switch permette che avvengano più comunicazioni in parallelo, infatti durante la comunicazione collega solo le due porte interessate, rendendo possibili più colloqui contemporaneamente con conseguente aumento della bandwidth totale.

Gli switch attuali offrono la funzionalità di autoconfigurazione, cioè sono in grado di riconoscere dinamicamente il dispositivo all'altro capo del cavo, adeguando di conseguenza il collegamento interno per garantire una corretta comunicazione. In questo modo non è più necessario usare cavi cross e si possono usare sempre cavi dritti, in quanto lo switch configura in automatico la porta in modo diverso se dall'altra parte del cavo c'è un altro switch.

Esistono modelli di switch di tipo "ibrido" ossia con porte che usano differenti velocità, per esempio porte 10/100 e porte 1000Mbps. In figura 6 è mostrato uno switch con 48 porte 10/100 e 2 porte Gigabit.

Gli switch sono associati a topologie a stella, dove svolgono funzioni di centro stella, o ad albero, e sono adatti a reti di qualsiasi dimensione e con un elevato livello di traffico.

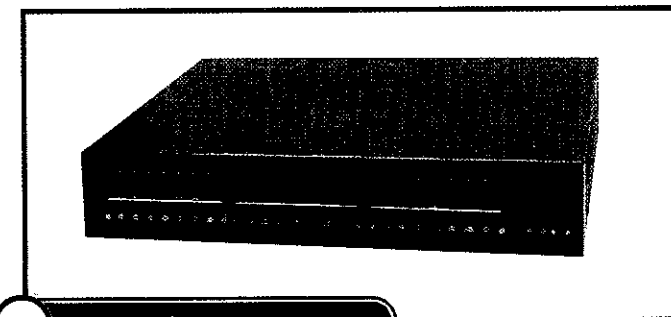
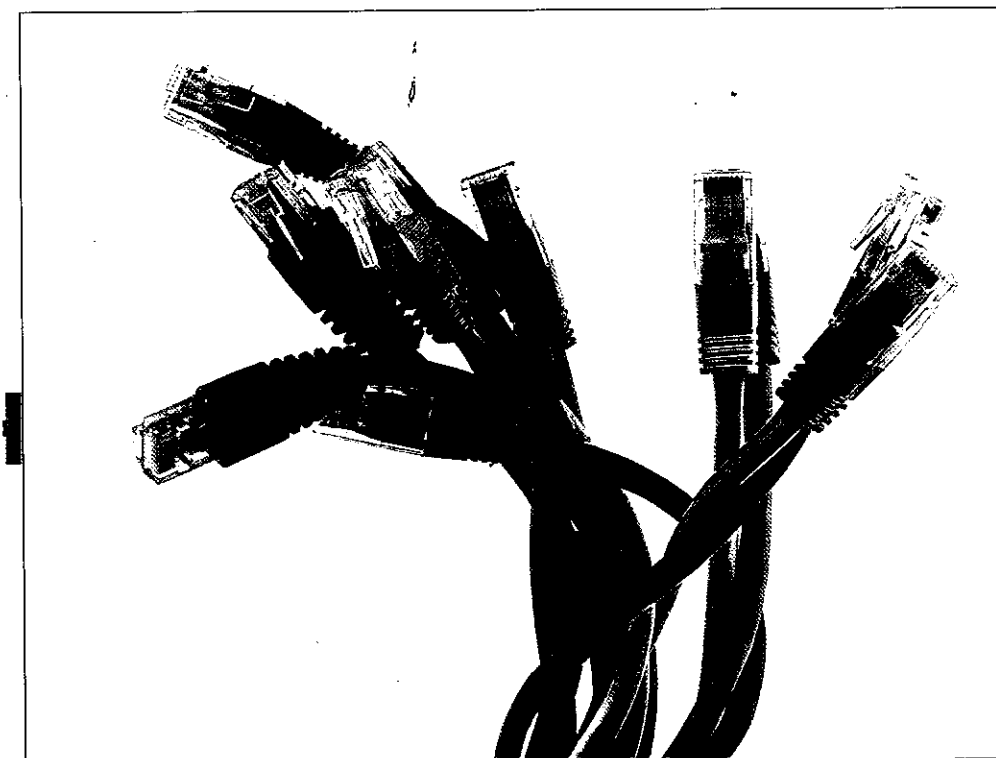


figura 6



### verifica le tue conoscenze

- 1 Dove si trova, in genere, la scheda di rete (NIC) di un computer?
- 2 Che differenza c'è tra un repeater e un hub?
- 3 Come viene usato di solito un bridge?
- 4 Descrivi le funzionalità di uno switch.

## Apparati per connessione a reti geografiche

### ● Il router

Con **pacchetto (packet)** si intende una sequenza finita di dati in formato digitale (bit) trasmessa su una rete.

Un router (o "instradatore") è un dispositivo hardware che si occupa di far comunicare tra di loro reti differenti ed eterogenee. Il router, in particolare, è il dispositivo utilizzato per permettere l'accesso di tutti i computer di una rete LAN a un'altra rete (per esempio a Internet). Reti diverse parlano "linguaggi" diversi, quindi, a livello di trasmissione fisica, di accesso e di controllo, per collegare tra loro due reti non è sufficiente metterle in comunicazione tramite un bridge o uno switch. È necessario invece che tra una rete e l'altra venga posto un apposito dispositivo, il **router**, che parli entrambi i protocolli delle due reti e provveda a leggere, tradurre e rispeditore (*store and forward*) i dati che lo attraversano (figura 1, figura 2).

Il router, quindi, è connesso a due o più reti e si occupa di indirizzare i messaggi decidendo quale percorso far compiere ai dati sulla base delle informazioni dello stato delle reti alle quali è collegato, cioè determinando il successivo punto della rete a cui inoltrare il pacchetto di dati ricevuto. In questo modo il router reindirizza i messaggi che vengono trasmessi tra reti di computer, in modo che vengano instradati fino a raggiungere la destinazione finale. Per far questo crea e gestisce una tabella delle possibili vie e delle condizioni di queste vie, decidendo quale percorso far compiere al pacchetto anche in base alla distanza. Agli algoritmi e protocolli di routing è dedicata l'Unità 10.

Il router è un **computer dedicato al routing** (instradamento dei pacchetti), necessita di un Sistema Operativo e dal punto di vista hardware è dotato di almeno due schede di rete e di:

- **CPU**: un microprocessore che esegue le istruzioni del Sistema Operativo;
- **RAM**: memoria volatile usata per memorizzare la tabella di routing, il file di configurazione, i pacchetti in attesa. La RAM viene condivisa come memoria del processore e memoria di input/output (I/O) per i pacchetti in attesa; la RAM in genere è dinamica (DRAM);
- **flash**: memoria di tipo read-only cancellabile e riprogrammabile, è usata per contenere il Sistema Operativo e mantiene il suo contenuto anche se non c'è alimentazione (a differenza della RAM);

- **NVRAM (Non Volatile RAM)**: è usata per memorizzare il file di configurazione di startup (quello che viene eseguito all'accensione del router), come la memoria flash mantiene il suo contenuto anche se non c'è alimentazione;
- **bus**: la maggior parte dei router contiene un system bus e un CPU bus. Il System bus si usa per le comunicazioni tra la CPU e le interfacce, mentre il CPU bus è usato per accedere alle memorie;
- **ROM**: è una memoria non volatile usata per contenere i programmi di diagnostica allo startup dell'hardware;
- **interfacce**: sono le schede di rete del router usate per le connessioni verso l'esterno. generalmente sono di 3 tipi: LAN, WAN, gestionale. Quelle LAN in genere sono di tipo Ethernet o Token Ring, quelle WAN possono essere seriali o ISDN. La porta gestionale (detta anche console o AUX) è usata per la configurazione del router.

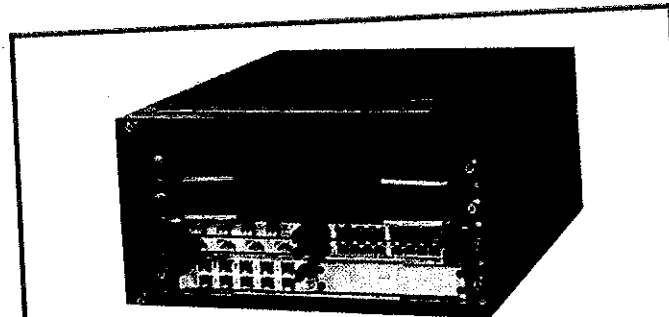


figura 1

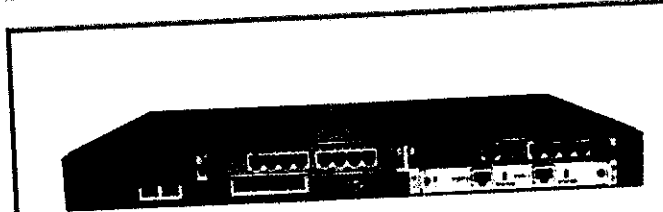


figura 2

Come descritto in precedenza, il compito principale di un router è decidere il percorso che un pacchetto deve prendere per arrivare a destinazione. Le due attività principali di un router sono:

- scegliere il percorso migliore;
- mettere i pacchetti sull'interfaccia in uscita corretta.

In figura 3 è mostrato uno schema molto generale di funzionamento di un router, l'immagine di sinistra mostra il router come un apparato con più di una linea d'ingresso e più di una linea di uscita, a destra si mette in evidenza la funzionalità di elaborazione (E) dei pacchetti in arrivo e il successivo instradamento verso una linea di uscita.

Anche se un router può essere usato per segmentare una rete locale, il suo principale utilizzo è come dispositivo per reti geografiche. Tipicamente i router che vengono impiegati nelle reti locali

per la connessione a Internet, integrano al loro interno le funzioni di modem, di conseguenza in rete viene installato un unico apparato con funzionalità di modem/router che può essere direttamente connesso allo switch che fa da centro stella della rete locale.

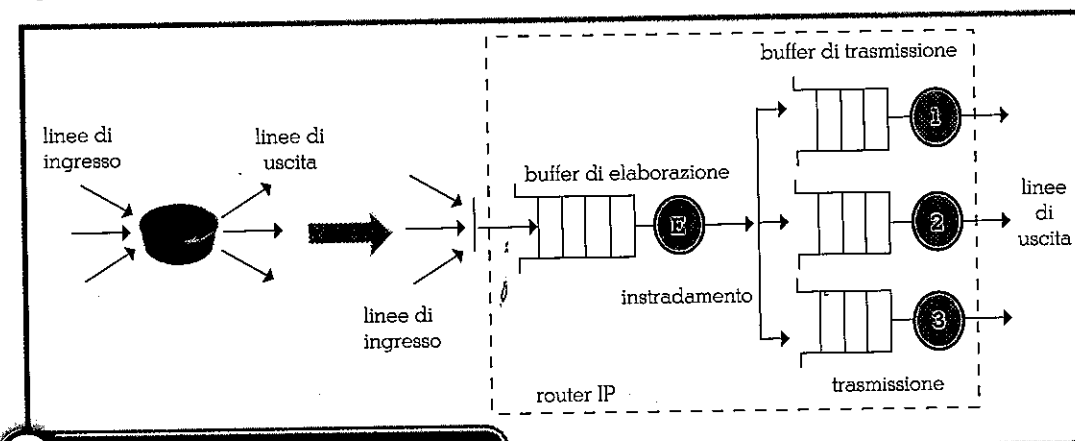


figura 3

### ● I gateway

I gateway sono apparati che lavorano sia a livello di rete sia a livello delle applicazioni che usano la rete.

In generale si tratta di sistemi che permettono di mettere in comunicazione due reti che usano differenti protocolli. Da questo punto di vista sono a tutti gli effetti dei router, con la differenza che nei gateway si aggiungono nuove funzionalità oltre a quelle tipiche di *store and forward* svolte dai router. Per esempio si possono introdurre caratteristiche di sicurezza che rendono il router anche firewall.

Un gateway può essere implementato completamente in hardware o completamente in software o un misto di entrambe le soluzioni. Spesso nelle piccole reti locali si prende un "vecchio" computer con un'installazione di Linux (Sistema Operativo open source adatto alla gestione della rete e che non richiede computer con prestazioni elevate), lo si equipaggia con due schede di rete (NIC), lo si configura come gateway e, attraverso esso, si rende condiviso l'accesso a Internet per tutti i computer della rete locale.

Spesso i gateway svolgono funzionalità per le applicazioni di rete, per esempio possono agire come proxy server per i servizi di connessione a Internet.

### verifica le tue conoscenze

1. Quali compiti principali svolge un router?
2. Quali sono le caratteristiche hardware di un router?
3. Quando un semplice router diventa un "gateway"?
4. Come si può implementare un gateway?



## Il cablaggio strutturato degli edifici

Uno degli aspetti normalmente presenti nello sviluppo di una rete è il collegamento tra i vari apparati per consentire la realizzazione delle varie topologie di rete. Il progressivo aumento della complessità dei collegamenti ha reso necessaria la creazione di regole ben precise per la realizzazione di collegamenti che devono soddisfare i seguenti criteri:

- **affidabilità:** i collegamenti devono garantire il corretto funzionamento della rete con un bassissimo numero di guasti (teoricamente nessuno);
- **semplicità realizzativa:** in base alla struttura dell'edificio o dell'insieme di edifici da collegare e in base alla topologia scelta occorre studiare i percorsi migliori, che consentano di ottenere collegamenti brevi e passaggi tali da semplificare la posa e la manutenzione;
- **contenimento dei costi:** in base alle esigenze della rete occorre analizzare le diverse soluzioni tecniche esistenti, confrontando benefici e costi;
- **flessibilità:** nella fase di progetto occorre ipotizzare possibili modifiche future (cambio della disposizione delle apparecchiature, ampliamento della rete, rinnovo delle apparecchiature collegate) e predisporre la rete in modo che le modifiche siano facilmente eseguibili senza intervenire sull'intera rete; occorre anche tener conto che le apparecchiature appartengono a costruttori diversi, ma i collegamenti non devono essere vincolati a un particolare prodotto commerciale;
- **rispetto degli standard normativi:** in ogni rete le apparecchiature rispettano degli standard fissati internazionalmente; occorre garantire che tutti i collegamenti siano eseguiti "a regola d'arte"; le norme che indicano le specifiche di ogni tipo di rete, indicano sempre a quali prove occorre sottoporre la rete per verificare la sua funzionalità.

### Standard di cablaggio

L'insieme delle regole che portano a soddisfare i criteri sopra elencati è detto **cablaggio strutturato**.

Le normative di riferimento sono:

- **ISO/IEC 11801:** è lo standard internazionale per il cablaggio per telecomunicazioni; in questo standard si definisce un generico sistema di cablaggio che è indipendente dal tipo di applicazione e compatibile con i componenti di cablaggio (di differenti costruttori) rispondenti a tale standard;
- **TIA/EIA 568B:** è lo standard americano per il cablaggio per telecomunicazioni in edifici commerciali; in questo standard si definisce un generico sistema di cablaggio per le telecomunicazioni che dovrà supportare un ambiente multi-prodotto e multi-fornitore installato in edifici commerciali;
- **TIA/EIA 570:** è lo standard americano per gli edifici residenziali;
- **EN50173-1:** è lo standard europeo per un generico cablaggio per telecomunicazioni; questo standard deriva dalla norma ISO/IEC 11801, da cui differisce in modo minimo.

Gli standard suddividono la realizzazione del cablaggio strutturato nello studio dei seguenti aspetti:

- scelta dei mezzi trasmissivi;
- topologie di rete;
- distanze previste;
- connettori da utilizzare per le connessioni ai vari apparati;
- norme di progettazione;
- norme per l'installazione;
- norme per il collaudo.

### Scelta dei mezzi trasmissivi

I criteri di scelta tengono conto delle distanze dei collegamenti, della velocità di trasmissione dei dati e della presenza dei disturbi (tabella 1).

tabella 1 Criteri di classificazione in base alla banda richiesta per la trasmissione

frequenza di trasmissione	categoria	classe	ISO/IEC 11801	TIA/EIA 568B	EN50173
fino a 100KHz	1 (1)	A	(2)	•	• (2)
fino a 1MHz	2 (1)	B	(2)	•	• (2)
fino a 16MHz	3 (1)	C	•	•	•
fino a 20MHz	4	•	•	•	•
fino a 100MHz	5	D	•	•	•
fino a 100MHz	5e	D 2000	•	•	•
fino a 250MHz	6	E	•	•	•
fino a 600MHz	7	F	•	•	•
>2GHz	fibra ottica	ottica	•	•	•

La categoria attesta le caratteristiche trasmissive del singolo componente, escludendo il tipo di posizionamento. La classe, invece, è riferita alle prestazioni di ogni singola linea (link).

(1) Trasmissione dati a bassa velocità e/o fonia.

(2) Non considerano le categorie 1 e 2, ammettono però le classi A e B.

### Topologia di rete

Nelle reti locali (LAN) la topologia utilizzata è quella a stella gerarchica: la rete locale è suddivisa in piccole reti a stella i cui centri stella fanno capo a un centro stella di livello superiore, realizzando così un modello a stella gerarchico (figura 1).

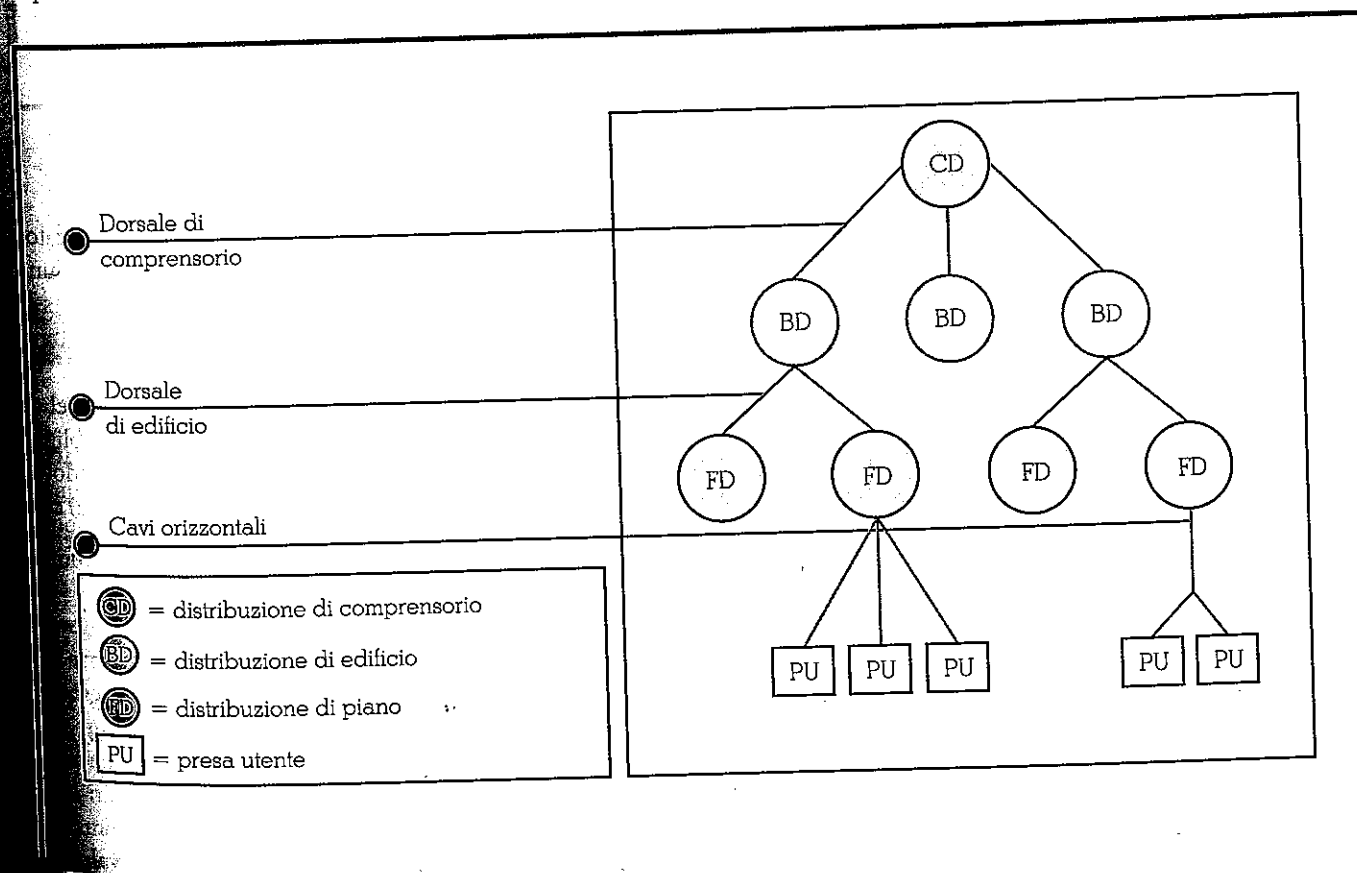


figura 1

La classificazione segue in parte la dislocazione (figura 2) degli apparati all'interno degli edifici:

- 1° livello: centro stella di comprensorio (CD = campus distributor, distribuzione di comprensorio);
- 2° livello: centro stella di edificio (BD = building distributor, distribuzione di edificio);
- 3° livello: centro stella di piano (FD = floor distributor, distribuzione di piano).

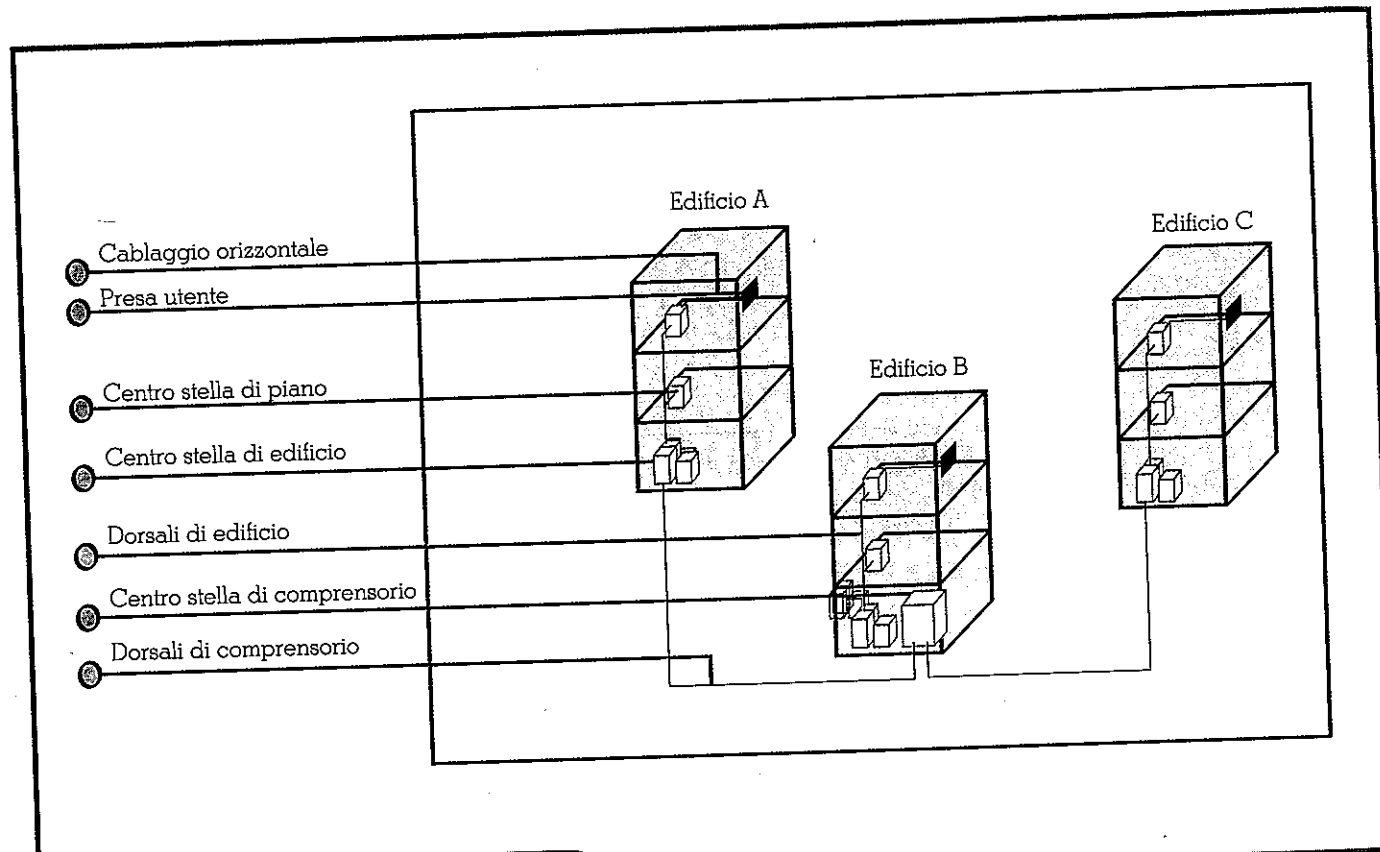


figura 2

### Distanze previste

Le distanze dipendono sia dalla dislocazione degli edifici, sia dal tipo di cavo utilizzato. Come evidenziato nella lezione sui mezzi trasmissivi uno dei parametri critici per la lunghezza massima di un singolo cavo è la sua attenuazione, in quanto se il segnale trasmesso scende sotto un certo livello minimo, i disturbi naturalmente presenti lungo il percorso prevalgono sul segnale utile, rendendo impossibile la comunicazione (figura 3); Per ogni tipo di cavo i costruttori forniscono l'attenuazione espressa in dB/km (decibel al chilometro). Nel calcolo delle distanze occorre tener conto degli eventuali percorsi obbligati (aree non attraversabili, presenza di cavi elettrici a tensioni elevate, presenza di condotte idrauliche, curve che il cavo deve effettuare, passaggi obbligati in condotte predisposte) che rendono il percorso reale di un collegamento decisamente più lungo di un collegamento in linea retta.

### Connettori da utilizzare

Il connettore normalmente utilizzato per le connessioni in rame (cavi UTP, FTP e STP) è l'RJ45; per le fibre ottiche si utilizzano specifici connettori.

### Norme di progettazione

Oltre a tener conto della topologia di rete e dei mezzi trasmissivi utilizzati, occorre valutare alcuni aspetti legati prevalentemente al numero degli utenti finali e alla loro distribuzione nella LAN. Occorre tener conto di:

- densità di terminali per zona orizzontale;
- numero di postazioni e posizione delle prese di collegamento;
- posizionamento dei vari centri stella in posizione centrale rispetto ai vari link a cui sono connessi per ridurre le lunghezze dei cavi; tale criterio spesso contrasta con la struttura edilizia dell'edificio e non sempre il punto di connessione con le reti dati pubbliche si trova nella posizione migliore (è più facile posizionare un armadio di piano in quanto è più legato alla suddivisione dei locali);
- rispetto delle distanze previste dalle specifiche tecniche.

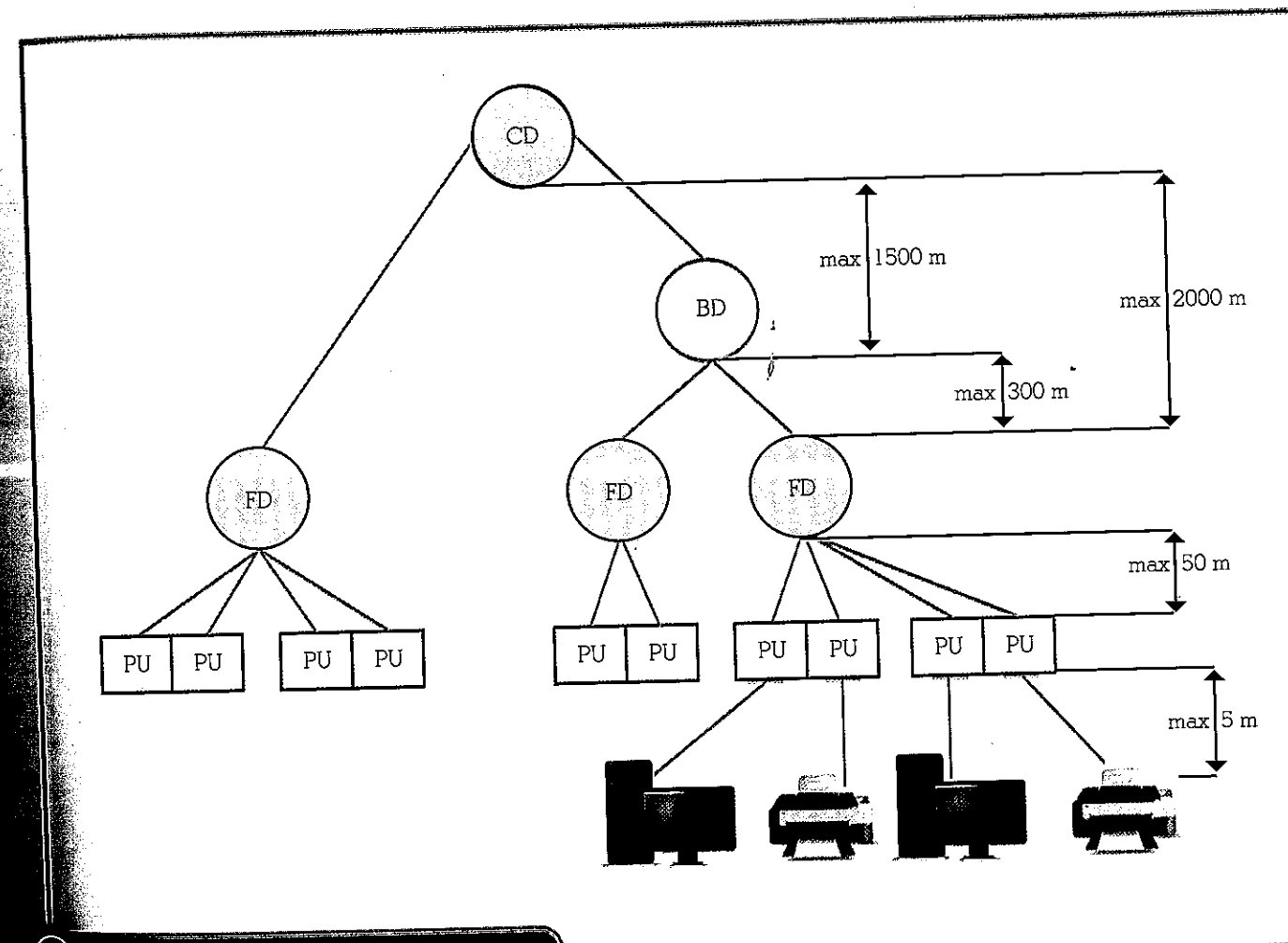


figura 3

### Norme per l'installazione

Le apparecchiature di rete devono soddisfare sia la normativa specifica per le reti dati, sia la normativa relativa all'installazione di apparecchiature elettriche negli armadi che fisicamente costituiscono i centri stella.

Le regole principali sono:

- l'armadio che contiene le apparecchiature deve avere dimensioni tali da consentire una corretta areazione in modo da impedire che all'interno si abbiano temperature superiori a quelle di normale funzionamento (circa 25°C); inoltre tutti i collegamenti devono essere eseguiti seguendo gli appositi percorsi previsti all'interno dei quadri, etichettando in modo chiaro i singoli cavi e l'etichettatura dev'essere riportata sullo schema di collegamento che fa parte della documentazione tecnica dell'impianto;
- i cavi devono essere inseriti dentro canaline e tubi protettivi di dimensioni tali da consentire un'adeguata dispersione del calore e lasciare un terzo della sezione libera per futuri ampliamenti (tabella 2);

- i cavi devono rispettare dei raggi minimi di curvatura (in genere 4 volte il diametro del cavo) per evitare rotture e non devono mai trovarsi in trazione;
- i cavi devono trovarsi a distanza di sicurezza e del tutto separati dai cavi elettrici (tabella 3).
- i percorsi, soprattutto nei tratti orizzontali, che in genere sono più critici da realizzare, devono essere studiati con attenzione in quanto occorre rispettare la topologia di rete e i vincoli di progetto (ritardi di propagazione, attenuazione dei segnali) e le esigenze edilizie costruttive. In un edificio di nuova costruzione i percorsi sono decisi in fase di progetto, mentre negli edifici esistenti occorre trovare dei compromessi tra le varie esigenze;
- la qualità delle apparecchiature dev'essere uguale o superiore a quella dei cavi utilizzati in modo da non deteriorare la qualità complessiva della LAN.

tabella 2 Diametro minimo dei tubi protettivi in relazione al diametro del cavo

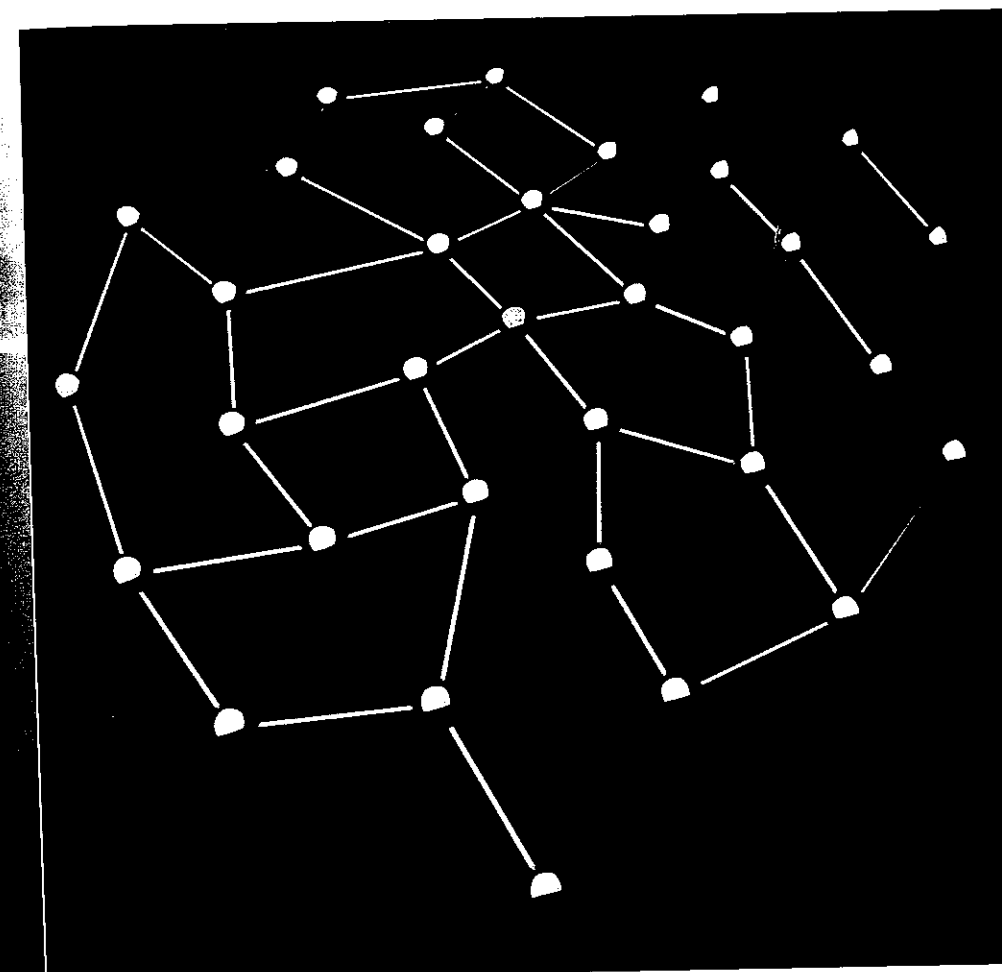
diametro del tubo (mm)	diametro dei cavi (mm)									
	3.3	4.6	5.6	6.1	7.4	7.9	9.4	13.5	15.8	17.8
15.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20.9	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0
26.6	8	8	7	6	3	3	2	1	1	1
35.1	16	14	12	10	6	4	3	1	1	1
40.9	20	18	16	15	7	6	4	2	1	1
52.5	30	26	22	20	14	12	7	4	3	2
62.7	45	40	36	30	17	14	12	6	3	3
77.9	70	60	50	40	20	20	17	7	6	6
90.1							22	12	7	6
102.3							30	14	12	7

tabella 3 Distanze minime da linee elettriche di alimentazione (EN 50174-2)

campo di applicazione	2kVA - 500 V		
	senza separatore	con separatore non metallico	con separatore metallico
Cavo alimentazione non schermato Cavo dati non schermato	200 mm	100 mm	50 mm
Cavo alimentazione non schermato Cavo dati schermato	50 mm	20 mm	5 mm
Cavo alimentazione schermato Cavo dati non schermato	30 mm	10 mm	2 mm
Cavo alimentazione schermato Cavo dati schermato	0 mm	0 mm	0 mm

## Norme per il collaudo

Il collaudo è effettuato sull'impianto completo e consiste in una serie di misure (tasso di errori di trasmissione, livello dei segnali, velocità massima, tolleranza ai disturbi ecc.) che tendono a collaudare la rete nelle condizioni di massimo utilizzo; in base alla classe per cui è stata progettata la rete, le misure possono essere diverse e più o meno severe. In genere si pone un'apparecchiatura che invia dati sulla rete partendo da un centro stella e si verifica la qualità dei dati giunti alle prese dei terminali (in genere quelli più distanti dal centro stella). Al termine delle prove di collaudo l'installatore della rete rilascia una certificazione che attesta il corretto funzionamento della rete realizzata.



### verifica le tue conoscenze

1. Quali sono i criteri seguiti nel cablaggio strutturato?
2. Quali sono gli aspetti che vengono analizzati nel cablaggio strutturato?
3. Che cosa dimostra la certificazione finale?
4. Che cos'è il centro stella di comprensorio?

lezione

1 Il segnale e il canale di comunicazione

Le informazioni che un'applicazione utente invia in rete devono essere opportunamente modificate per essere trasmesse sul mezzo fisico che si utilizza per mettere in comunicazione il mittente con il destinatario dei dati. La codifica di linea converte la sequenza di bit 1 e 0 in un segnale da inviare sul mezzo trasmissivo che verrà poi decodificato a destinazione, inoltre permette di mantenere il sincronismo tra trasmettitore e ricevitore. Alcune codifiche di linea sono: NRZ, RZ e Manchester.

lezione

2 Gli errori di trasmissione

La codifica di canale aggiunge un codice informativo utile per la rilevazione degli errori. Infatti il controllo dell'errore si basa su codici di ridondanza, che aggiungono dei bit all'informazione da trasmettere per verificarne la correttezza in ricezione. I codici si suddividono in codici rilevatori, in grado di rilevare la presenza di un errore nei dati ricevuti, e codici correttori che oltre a rilevare l'errore possono correggerlo.

lezione

3 Laboratorio: simulazione della tecnica di Hamming

Il codice di Hamming permette non solo di rilevare l'errore ma anche di correggerlo tramite una tecnica, detta appunto di Hamming, che aggiunge ai bit di dati da trasmettere alcuni bit di controllo (check bit). La lezione presenta come realizzare un programma in linguaggio C che genera i bit di check che saranno trasmessi insieme ai bit di informazione (algoritmo lato mittente) e come viene trattata la stringa completa in ricezione (lato destinatario).

lezione

4 Il controllo di flusso

Il controllo di flusso (*flow control*) è l'insieme dei meccanismi che consentono di regolare la velocità di trasmissione dei dati in modo che il ricevente riesca a elaborare ciò che riceve. I meccanismi del controllo di flusso prevedono che il ricevente invii un riscontro della corretta ricezione del messaggio, detto acknowledge (ACK). Una delle tecniche più usate per il controllo di flusso è quella della finestra scorrevole (*sliding window*).

lezione

5 I protocolli per la trasmissione dati

I protocolli per la trasmissione dati, detti anche protocolli di linea (*data link protocol*), forniscono le regole che i terminali devono rispettare affinché la ricezione dei dati avvenga correttamente. Si distinguono in protocolli asincroni e sincroni; questi ultimi sono quelli attualmente utilizzati nelle trasmissioni dati, derivati per lo più dal protocollo HDLC.

lezione

6 La topologia delle reti

Ci sono due tipi di topologia di rete: la topologia fisica che si riferisce alla configurazione dei cavi, dei computer e di altri apparati, e la topologia logica che riguarda la modalità con cui i dati passano da un computer a un altro. Le tipiche topologie per le reti locali sono quelle a bus, ad anello e quella attualmente più usata, a stella. Per le reti geografiche si usano topologie a maglia, completa o parziale.

lezione

7 La trasmissione via cavo: il cavo elettrico

I mezzi trasmissivi elettrici si basano sulla caratteristica dei metalli di condurre l'energia elettrica; al bit da trasmettere si associa un particolare valore di tensione o di corrente (o una variazione di esse). Quelli più usati sono i cavi di tipo *twisted pair* formati da due fili in rame intrecciati tra loro per evitare il disturbo della diafonia.

lezione

8 Laboratorio: realizzazione di un cavo UTP

I cavi elettrici UTP sono i più usati in ambito locale, poco costosi e facili da realizzare. La lezione descrive come realizzare un cavo UTP, seguendo le linee guida standard TIA/EIA 568, e distinguendo le due modalità: *straight-through* e *cross-over*.

lezione

9 La trasmissione via cavo: la fibra ottica

Il mezzo trasmissivo ottico usa la luce come forma di energia per trasportare il segnale. I segnali elettrici generati dai computer sono trasformati in segnali ottici e introdotti in una fibra ottica, dal diametro ridottissimo e con bassissima attenuazione. In ricezione il segnale ottico viene convertito nel segnale elettrico originario.

lezione

10 La trasmissione senza fili: il wireless

L'uso delle onde radio nella trasmissione dati ha dato origine alle reti wireless, cioè senza fili, in cui il segnale è trasportato nell'aria tramite la propagazione di onde radio emesse da un'antenna. Per comunicazioni a brevissima distanza si possono usare i raggi infrarossi.

lezione

11 Apparati di rete locale

In ambito locale per consentire la trasmissione dati tra gli host della rete è necessario che ognuno di essi sia dotato di una scheda di rete; inoltre sono presenti apparati con specifici compiti di comunicazione, quali hub, bridge e switch. Nelle attuali reti locali la comunicazione avviene tramite switch secondo una topologia a stella estesa.

lezione

12 Apparati per connessione a reti geografiche

Per consentire agli host della rete locale di accedere a una rete esterna è necessario avere un router, apparato di rete che permette la comunicazione tra reti diverse. Il collegamento verso l'esterno può anche essere gestito con un gateway, che ha le caratteristiche di base del router ma in più può svolgere compiti di livello applicativo.

lezione

13 Il cablaggio strutturato degli edifici

Il cablaggio è l'insieme degli impianti fisici (cavi, permutatori, infrastrutture di supporto) che permettono l'interconnessione di computer realizzando una rete locale nell'ambito di un edificio o di un campus. La realizzazione del cablaggio deve seguire delle regole e degli standard definiti a livello internazionale (cablaggio strutturato).





Le basi della comunicazione in rete

Ripasso MP3

1 Spiega il ruolo del canale di comunicazione e del segnale nella trasmissione dati.

→ L1

2 Che differenza c'è tra un codice di rilevazione degli errori e uno di correzione?

→ L2

3 Perché è necessario un controllo del flusso dei dati? Descrivi alcune modalità per effettuarlo.

→ L4

4 Quali sono le caratteristiche della trasmissione di dati su una rete?

→ L5

5 Spiega cosa si intende con topologia fisica e logica di una rete.

→ L6

6 Quali sono le caratteristiche di un cavo elettrico?

→ L7

7 Descrivi brevemente i vari tipi di fibra ottica.

→ L9

8 Come avviene la comunicazione nelle reti wireless?

→ L10

9 Quali sono le differenze tra hub, bridge e switch?

→ L11

10 Quali funzionalità svolge un router nelle reti?

→ L12

11 Descrivi in cosa consiste il cablaggio strutturato degli edifici.

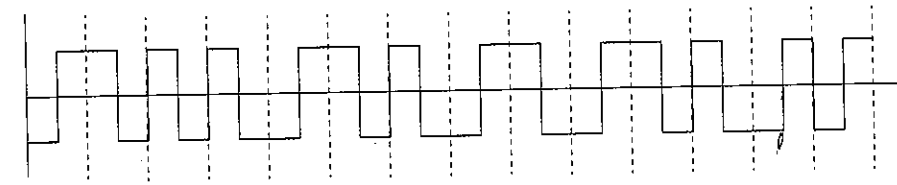
→ L13

Tema proposto

1. Codificare secondo le regole della codifica di Manchester (nella versione di G.E. Thomas) la seguente sequenza di bit:

110001011010101

2. Data la seguente successione di bit codificati secondo la codifica di Manchester (nella versione di G.E. Thomas), determinare il flusso di bit ricevuto.



3. Data la seguente sequenza di bit da trasmettere: 10100101101011, calcolare il CRC sapendo che il polinomio generatore è:  $G(X) = x^4 + x + 1$

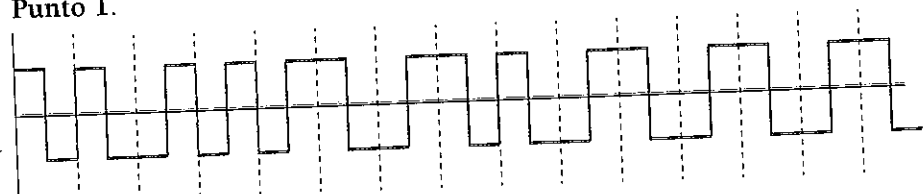
4. Data la seguente matrice di Hamming e gli 11 bit di informazione da trasmettere: 01101001100, determinare i check bit supponendo che mittente e destinatario si siano accordati su una parità PARI. Se in ricezione la stringa arrivata fosse 00101001100, con i 5 bit di check calcolati e inviati senza errori, descrivere il procedimento che esegue il destinatario per rilevare e correggere l'errore.

1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1



# Risoluzione

Punto 1.



Punto 2. la sequenza di bit ricevuti è: 01110110101100

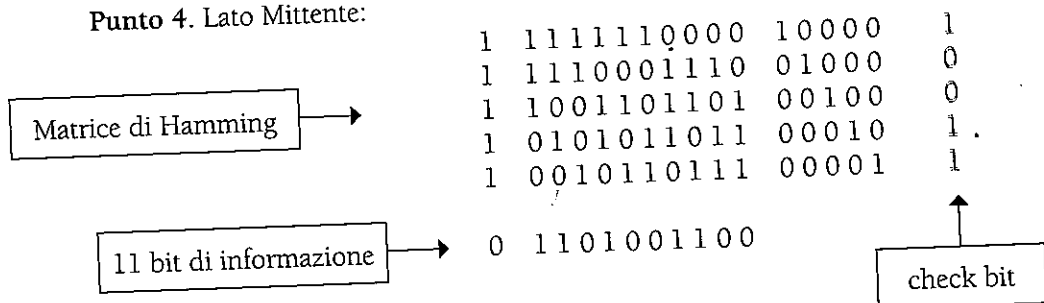
Punto 3. 101001011010110000 : 10011  
10011

```

0011110
 10011
-----
011011
 10011
-----
010001
 10011
-----
00010010
 10011
-----
000011100
 10011
-----
011110
 10011
-----
011010
 10011
-----
01001
 10011
-----
01001 ==> CRC=1001
    
```

La sequenza di bit che sarà trasmessa sul canale è: 101001011010111001

Punto 4. Lato Mittente:



In rosso gli 1 risultanti dalla messa in AND con i bit di informazione, in verde i 5 bit di check calcolati in parità PARI per righe.

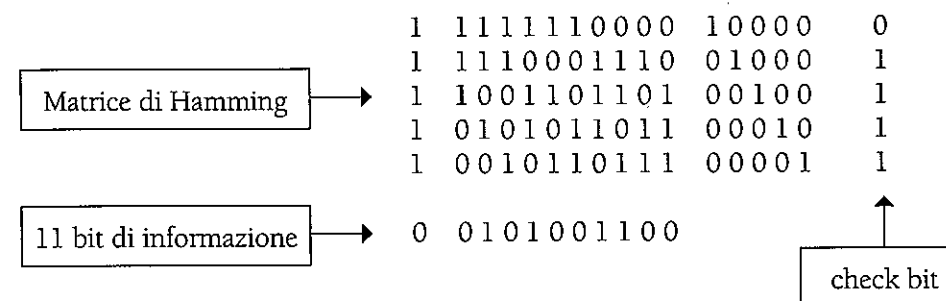
A questo punto i 2 byte da trasmettere saranno:

$I_{10} I_9 I_8 I_7 I_6 I_5 I_4 I_3 I_2 I_1 I_0 C_4 C_3 C_2 C_1 C_0$   
0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1

Lato destinatario, la sequenza di bit (errata) ricevuta è:

$I_{10} I_9 I_8 I_7 I_6 I_5 I_4 I_3 I_2 I_1 I_0 C_4 C_3 C_2 C_1 C_0$   
0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1

Il ricevitore effettua nuovamente il calcolo dei check bit e li confronta con quelli ricevuti:



Effettuiamo l'operazione di XOR tra i check bit ricevuti e quelli calcolati:

```

10011
01111
-----
11100
    
```

il risultato dello XOR indica la presenza di 3 uno, vuol dire che c'è stato un errore singolo nei bit di informazione tra la posizione 0 e la posizione 9. Confrontando il risultato 11100 con le colonne della matrice, si rileva che coincide con la posizione 9, quindi il bit errato è  $I_9$  che dovrà essere invertito: 0 → 1 quindi la sequenza corretta è: 01101001100.

## compito in classe proposto

Verifica

- Codificare secondo le regole della codifica di Manchester (nella versione di G.E. Thomas) la seguente sequenza di bit:  
100011010010111
  - Data la seguente successione di bit codificati secondo la codifica di Manchester (nella versione di G.E. Thomas), determinare il flusso di bit ricevuto.
- 
- Data la seguente sequenza di bit da trasmettere: 101001011010, calcolare il CRC sapendo che il polinomio generatore è:  $G(X) = x^4 + x^2 + 1$
  - Data la matrice di Hamming del compito precedente e gli 11 bit di informazione da trasmettere. 01101101101, determinare i check bit, supponendo che mittente e destinatario si siano accordati su una parità PARI.  
Se in ricezione la stringa arrivata fosse: 11101101101, descrivere il procedimento che segue il destinatario per rilevare e correggere l'errore.



**Abstract**

**FUNDAMENTALS OF COMMUNICATION NETWORKS**

To transmit data, communication networks require a physical infrastructure consisting of means of transmission and devices. Moreover, mechanisms need to be implemented which ensure that any errors in transmission may be identified and that the data flow is such as to ensure correct data reception.

For this purpose, data transmission is regulated by internationally accepted standards. The definition of a network's physical and logical topology provides information about the configuration of its physical components (from cables to devices) and about the means by which data is transmitted on the network.

**Exercise**

Use the appropriate number to match words and meanings.

...	Analog	1	Measure of bandwidth
...	Digital	2	A twisted pair cable used to connect PC to PC
...	Bps	3	Signals may travel in only one direction over a medium
...	Frame	4	A signal that uses variable voltage to create continuous waves
...	Straight-through	5	A twisted pair cable used to connect PC to Switch
...	Cross-over	6	A unit of data that includes also sender's and recipient's address
...	Simplex	7	A transmission that involves one sender and one receiver
...	P2P	8	A signal composed of pulses that can have a value of only 1 or 0

**Glossary**

**ACK (ACKnowledgement):** it is a signal sent by the receiver indicating the receipt of data.  
**Attenuation:** the degree to which a signal has weakened after travelling a given distance.  
**Bandwidth:** a measure of the difference between the highest and lowest frequencies that a medium can transmit.  
**Channel:** it is a distinct communication patch between nodes: these can be separated either logically or physically.  
**Checksum:** a method of error checking that determines if the contents of an arriving data unit match the contents of the data unit sent by the source.  
**CRC (Cyclic Redundancy Check):** an algorithm used to verify the accuracy of data contained in a data frame.  
**Fault tolerance:** the ability of a network to respond

to an unexpected failure and to continue operation.  
**Flow Control:** a method of gauging the appropriate rate of data transmission based on how fast the recipient can accept data.  
**Link:** it is a point-to-point connection between nodes.  
**Node:** end point of a network connection. Nodes include any device attached to a network such as computers, printers, switches, routers and so on.  
**Throughput:** it is the measure of how much data is transmitted during a given period of time. The physical nature of every transmission media determines its potential throughput.  
**Topology:** the physical topology refers to the configuration of cables, computer and other peripheral devices. Logical topology is the method used to pass data between the network nodes.

**I modelli standard di riferimento per le reti**

**Competenze**

Gestire le reti secondo la normativa.

**Conoscenze**

- Conoscere come è organizzato il software di rete in livelli.
- Conoscere il significato di Protocol Data Unit.
- Conoscere i principali organismi internazionali che emettono standard per le telecomunicazioni.

**Abilità**

- Saper distinguere i servizi offerti da ogni livello del modello di riferimento.
- Essere in grado di definire se un servizio di rete è affidabile o meno.
- Saper reperire le informazioni sugli standard delle comunicazioni.

**Prerequisiti**

- Conoscere il significato di protocollo e di standard.
- Saper distinguere le varie topologie fisiche delle reti.
- Conoscere i principali apparati di rete e i mezzi usati per la trasmissione del segnale.

**Accertamento dei prerequisiti**

1. Con protocollo di comunicazione si intende:
  - a) la progettazione di una rete
  - b) un insieme di regole che definiscono le modalità di comunicazione
  - c) come far funzionare un mezzo fisico
  - d) le caratteristiche della connessione su cui avviene la comunicazione
2. Nelle reti l'aderenza agli standard consente di:
  - a) far comunicare apparati e computer di diverso produttore
  - b) far comunicare apparati e computer dello stesso produttore
  - c) avere reti più veloci
  - d) avere apparati allo stesso prezzo
3. Le fibre ottiche:
  - a) sono usate per le reti wireless
  - b) hanno una bandwidth limitata
  - c) sono usate nelle reti geografiche (WAN)
  - d) sono soggette ad interferenze elettromagnetiche
4. L'apparato denominato switch è usato:
  - a) nelle reti geografiche (WAN)
  - b) per creare topologie a stella estesa
  - c) per creare topologie a bus
  - d) in sostituzione del modem