

# MODULI DI INTERFACCIAMENTO CON IL PROCESSO

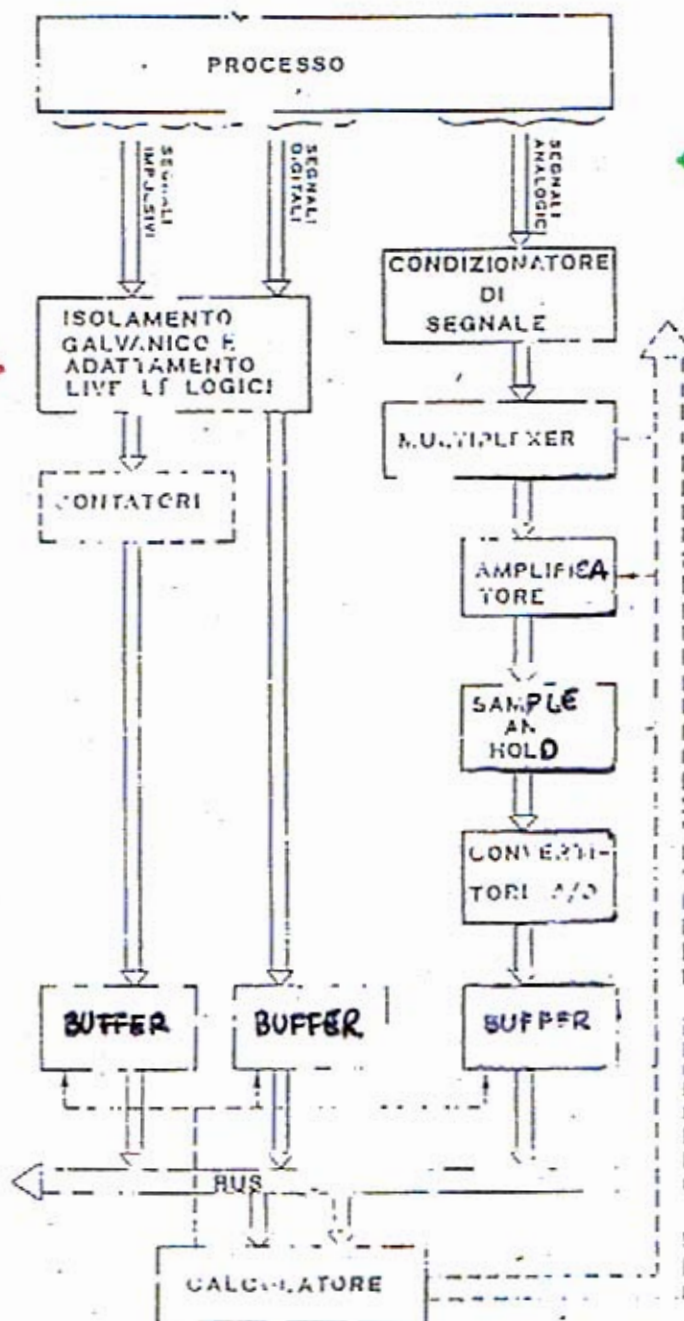
In un sistema di controllo digitale il calcolatore:

- misura le grandezze da controllare
- elabora gli algoritmi di controllo
- attua le leggi di controllo

← scambio di informazioni con il processo

Collegamento processo - calcolatore:

ad esempio gli impulsi da un encoder trasformati in un segnale numerico



← principali tipi di segnali disponibili dai sensori

← amplificazione e filtraggio per aumentare il rapporto segnale/rumore

← permette di sequenziare in sequenza i diversi segnali analogici



La tensione di riferimento  $E_R$  può essere fissa o variabile.

più accurati

può essere generata internamente, o si può utilizzare un generatore esterno stabile

convertitori moltiplicativi

in questo caso (DAC moltiplicativi) si ottiene una uscita proporzionale al prodotto dell'ingresso digitale con un riferimento analogico variabile:

$$V_{out}(t) = E_R(t) \cdot k(t)$$

Se  $E_R(t)$  è derivato da un altro DAC:

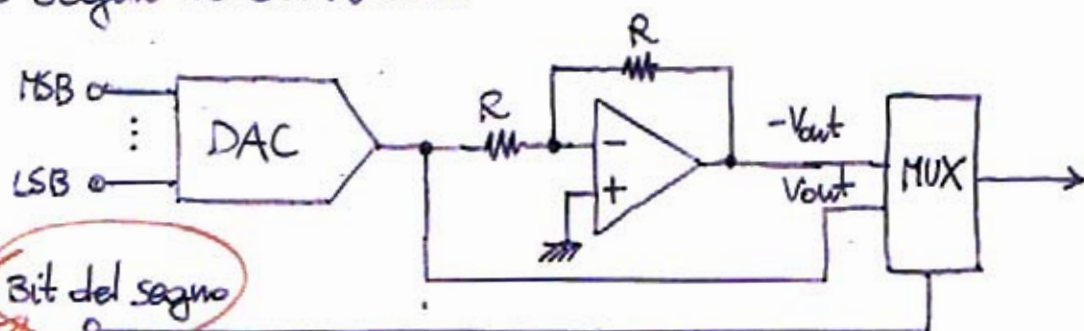
$$E_R(t) = E_R' \cdot k'(t)$$

si ottiene:

$$V_{out}(t) = E_R' \cdot k'(t) \cdot k(t)$$

tensione proporzionale al prodotto dei due numeri (digitali) d'ingresso.

Per generare segnali analogici a doppia polarità si può adoperare la seguente soluzione:





tempo di conversione  $t_c = \frac{n}{f}$

num. di bits

frequ. di clock

$$n = 12 \text{ bit}$$

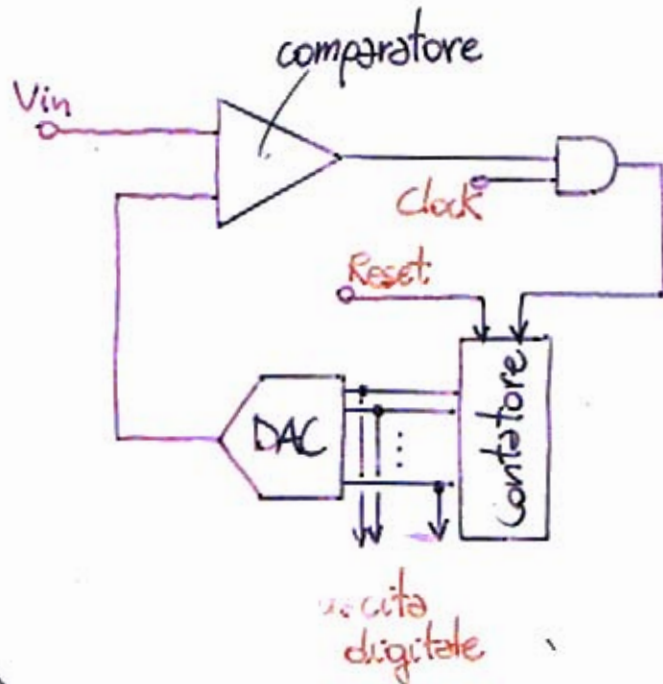
$$f = 1 \text{ MHz}$$

$$t_c = 12 \mu\text{sec}$$

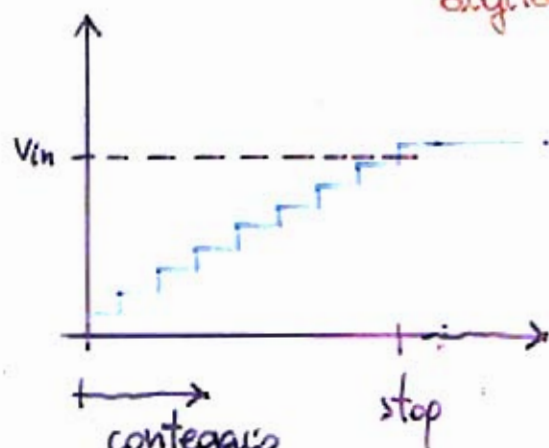
\* convertitore relativamente veloce

\* grande sensibilità a variazioni del segnale d'ingresso durante la conversione (è sempre necessario far uso di un "sample and hold")

### Convertitore A/D a contatore:



l'uscita del contatore bloccato rappresenta il valore convertito



tempo di conversione  $t_c$  funzione della grandezza da convertire (può risultare abbastanza lungo)





Per i DAC:

Risoluzione: è riferita in termini di num. di bits

Accuratezza: errore con cui i diversi livelli di tensione sono definiti;  
di solito  $\pm \frac{1}{2} \text{LSB}$

Precisione: si riferisce alla ripetibilità della misura (variazioni di linearità su lungo periodo, 0,1% l'anno)

Tempo di assestamento: il massimo valore è quello relativo ad una variazione su tutta la scala (0000  $\rightarrow$  1111)

Per i ADC esistono gli stessi parametri caratteristici.

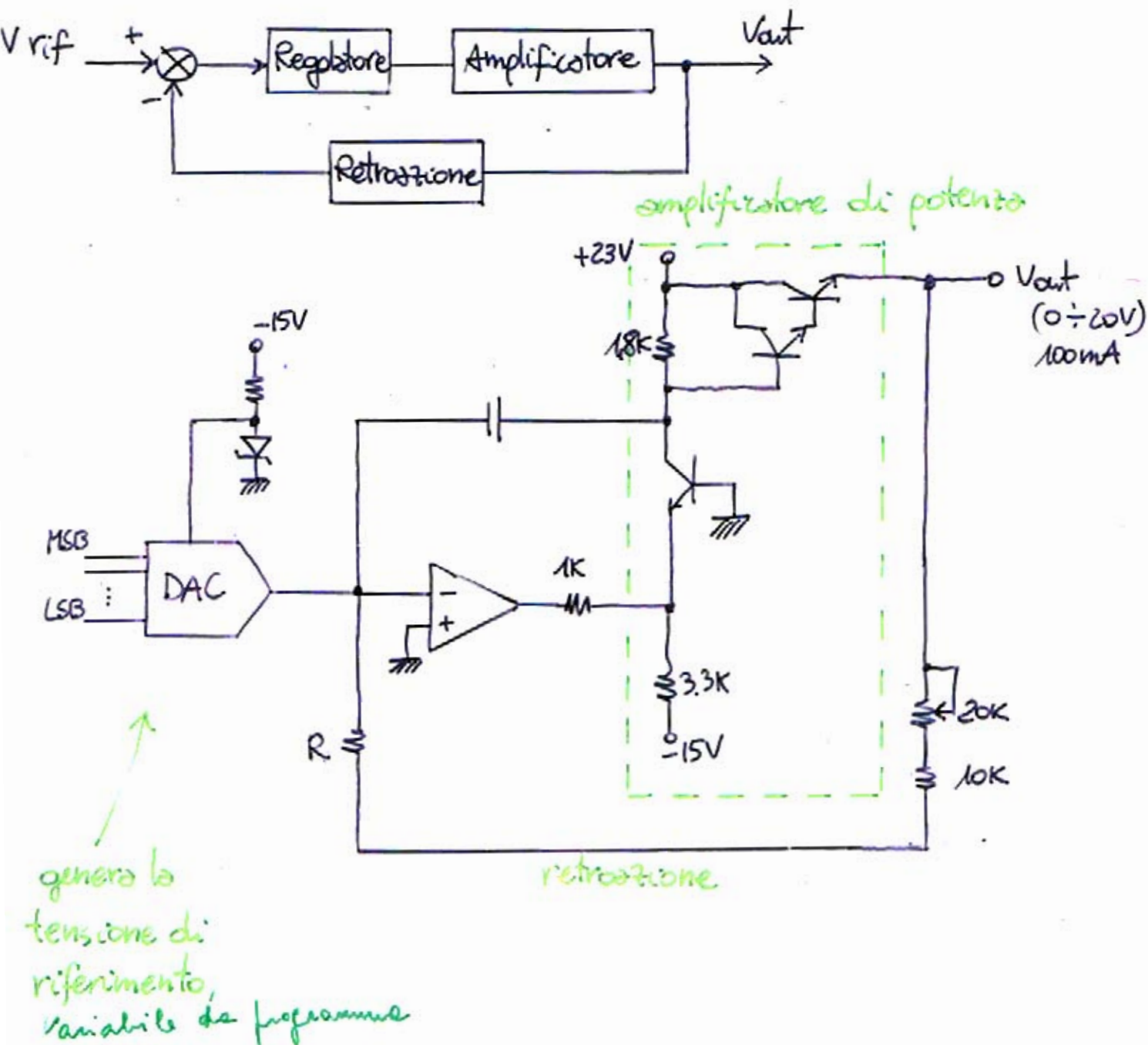




# Dispositivi a guadagno programmabile

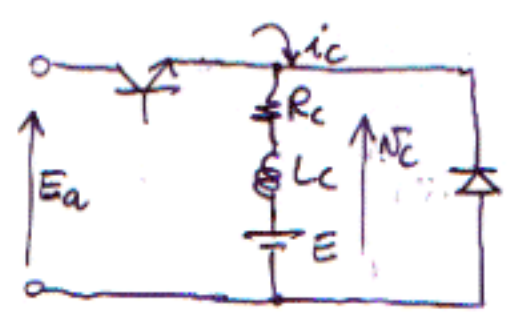
È possibile programmare il guadagno di amplificazione, oppure programmare una tensione di alimentazione.

Alimentatori a tensione di uscita programmabile:



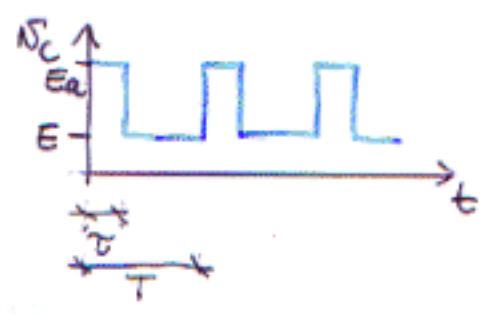


Nel caso di carico attivo



nel caso in cui  $i_c > 0$  si ha lo stesso funzionamento

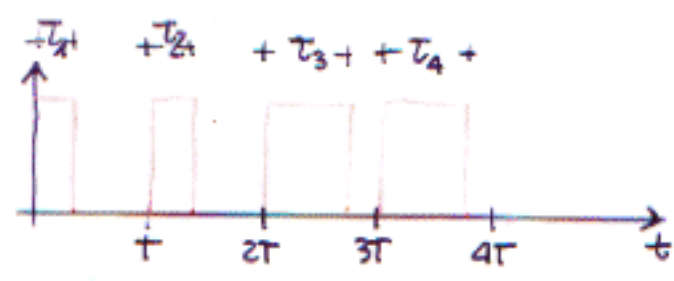
nel caso in cui  $i_c = 0$ ,  $V_c = E$  e non più  $V_c = 0$ , perciò il valor medio della tensione sul carico risulta maggiore rispetto al caso di carico puramente resistivo



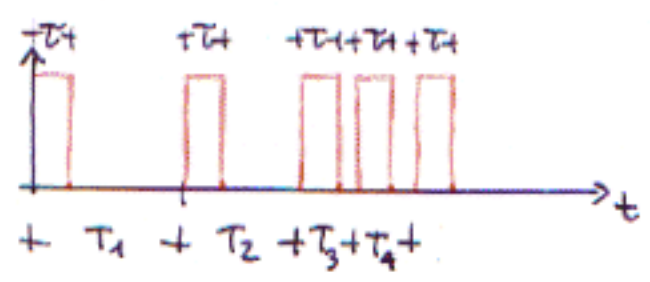
### Modalità di controllo:

\* modulazione a larghezza di impulsi (Pulse Width Modulation)

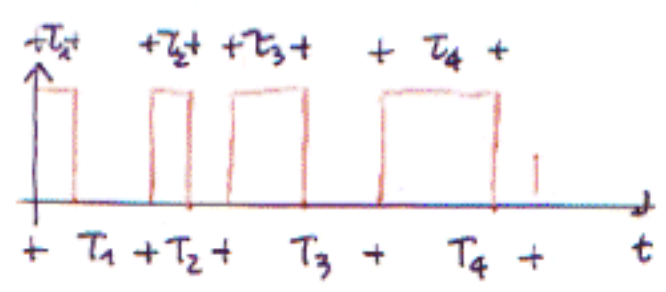
è la più usata



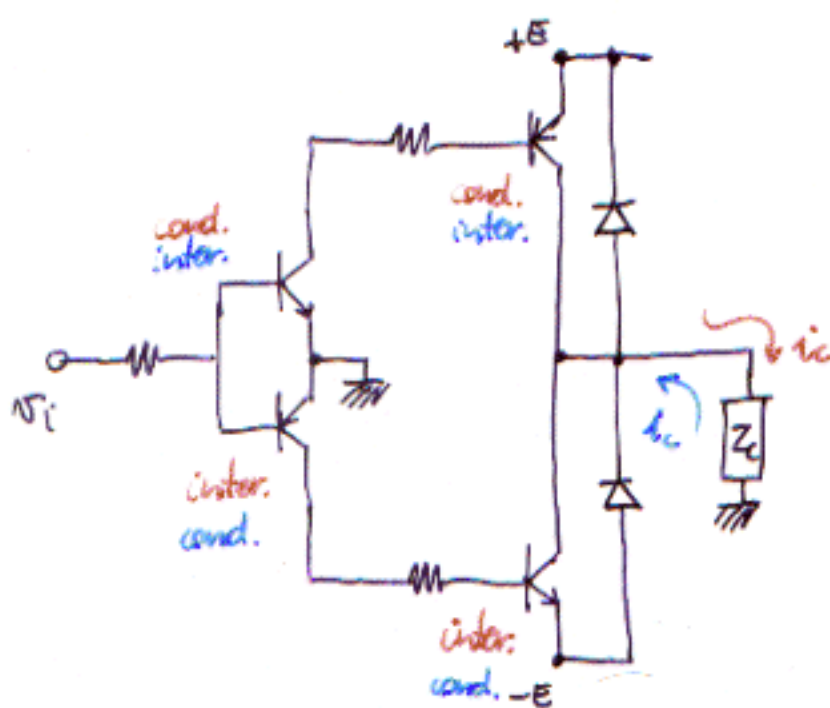
\* modulazione di frequenza (Pulse Frequency Modulation)



\* modulazione di rapporto (Pulse Ratio Modulation)







← doppia alimentazione e transistori in simmetria complementare (è simile al collegamento in push-pull degli amplificatori in classe B)

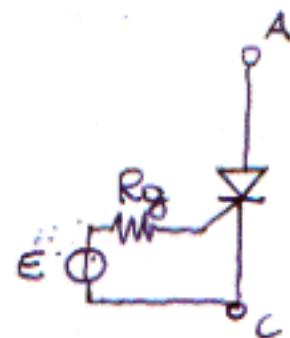
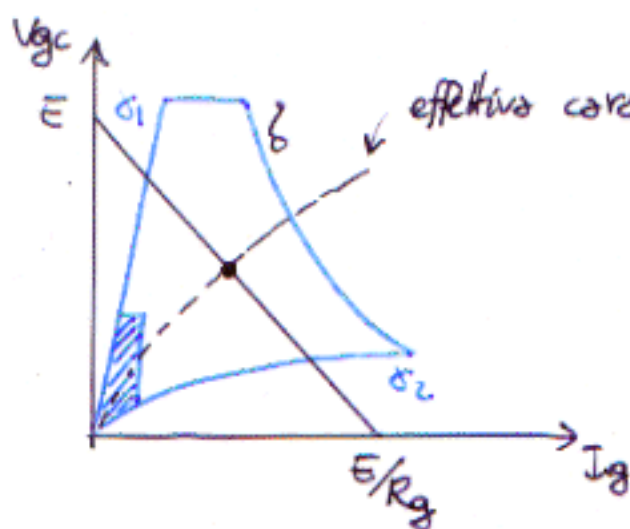
Per tensioni nominali  $>$  del centinaio di volts si possono adoperare i diodi controllati o SCR o tiristori.





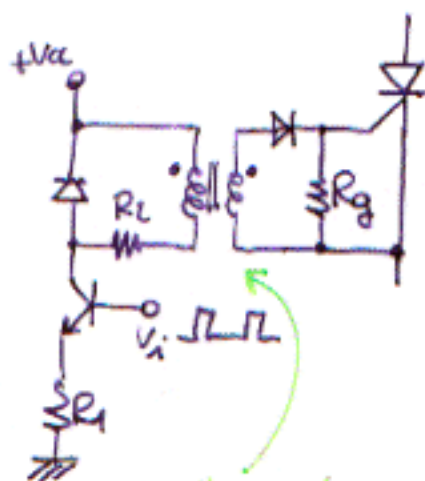
$\delta$  è scelto in funzione del carico (per carichi induttivi  $\delta$  deve essere più grande)

Fissato  $\delta$  è possibile individuare il circuito di gate:

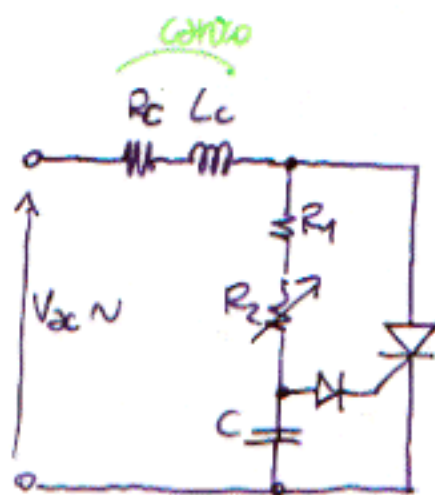


la retta di carico va scelta in modo che il punto di lavoro cada nella zona di sicura accensione.

Altri circuiti di pilotaggio:



per ottenere il disaccoppiamento elettronico tra i circuiti di potenza e quelli di segnale



$R_2 C$  può variare lo sfasamento degli impulsi di eccitazione tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$

Esistono SCR anche per 1000 V di  $V_{Ac}$ .



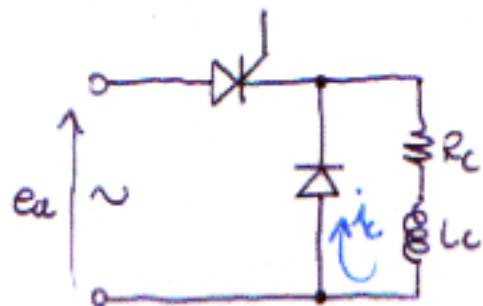
• Valore medio

$$\bar{V}_c = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha_i}^{\alpha_s} E_a \sin \omega t \, d\omega t = \frac{E_a}{2\pi} \cos \alpha_i - \frac{E_a}{2\pi} \cos \alpha_s$$

e diminuire la potenza media dissipata nell'SCR

↑ minore rispetto al caso puramente resistivo

Per aumentare tale valore medio, ma soprattutto per avere una tensione al carico con un contenuto di distorsione minore, si introduce un diodo di libera circolazione:

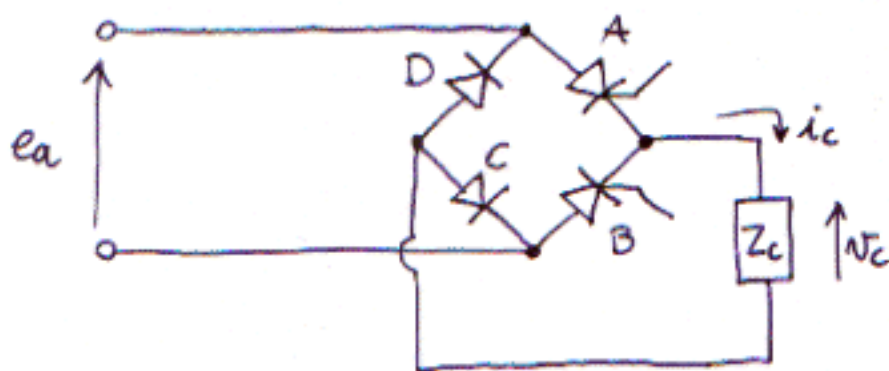


il diodo entra in conduzione quando la tensione di alimentazione cambia segno, mentre l'SCR si spegne.



# Rettificatore a ponte semicontrolato:

si evita l'uso del trasformatore di alimentazione

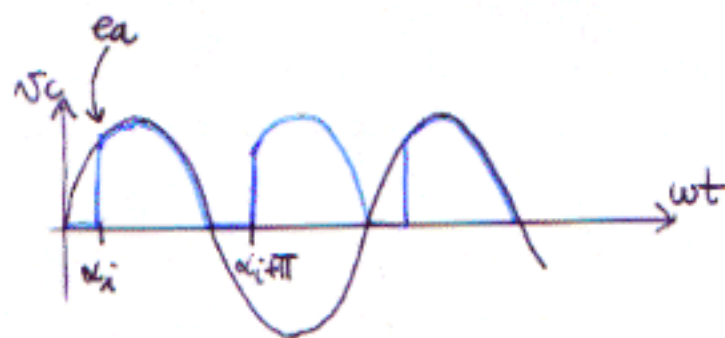


$$e_a = E_a \sin \omega t$$

Per  $e_a > 0$  possono condurre, se l'SCR A è eccitato, i rami A e C

come  $e_a$  diventa negativa, il diodo C si interdice e si ha circolazione di corrente nei rami D ed A (svolgono le funzioni di diodi di libera circolazione)

finchè non si innesci B, dopo di che conducono i rami B e D.



sia nel caso  $Z_c = R_c$  che  
 $Z_c = R_c + j\omega L$

per i rami D ed A di libera circolazione in questo intervallo

"Effetto semi-cond" quando si porta l'angolo di innesci bruscamente a  $\pi$ ,  
 si ha conduzione anche in assenza di segnali di innesci.





SCR pilota di piccola potenza

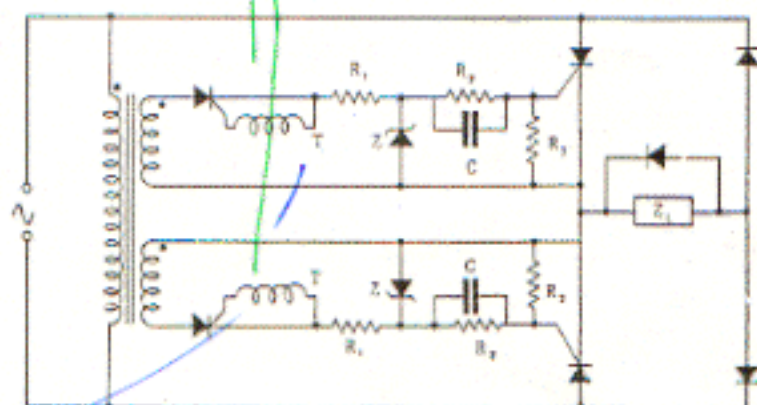


Fig. 8.198 - Impiego di SCR pilota in caso di carico induttivo.

rappresenta il  
secondario di  
un Trasformatore,  
al primario  
vengono applicati  
gli impulsi  
di accensione

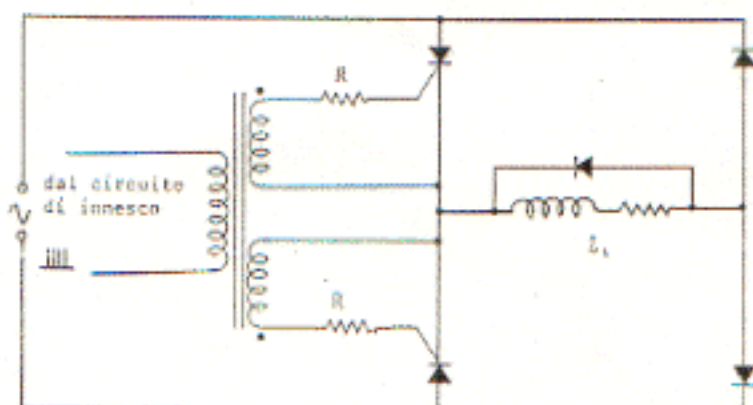
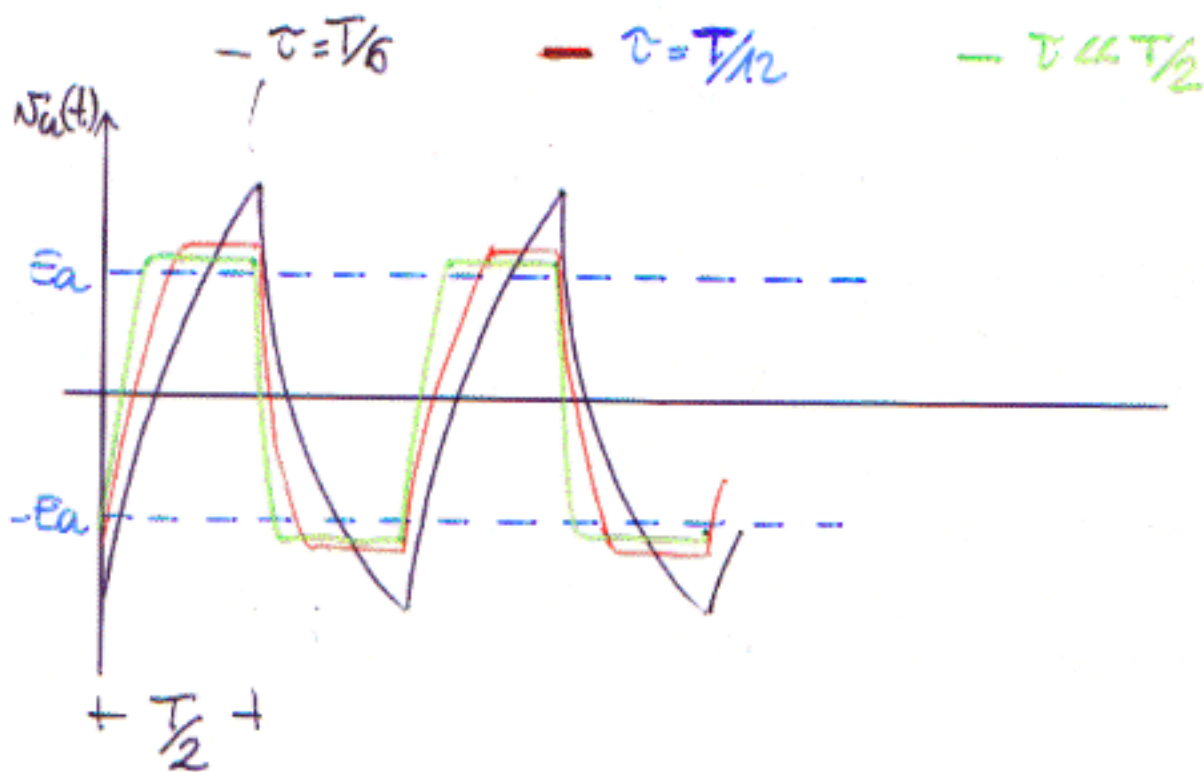


Fig. 8.199 - Impiego di treni di impulsi in caso di carico induttivo.

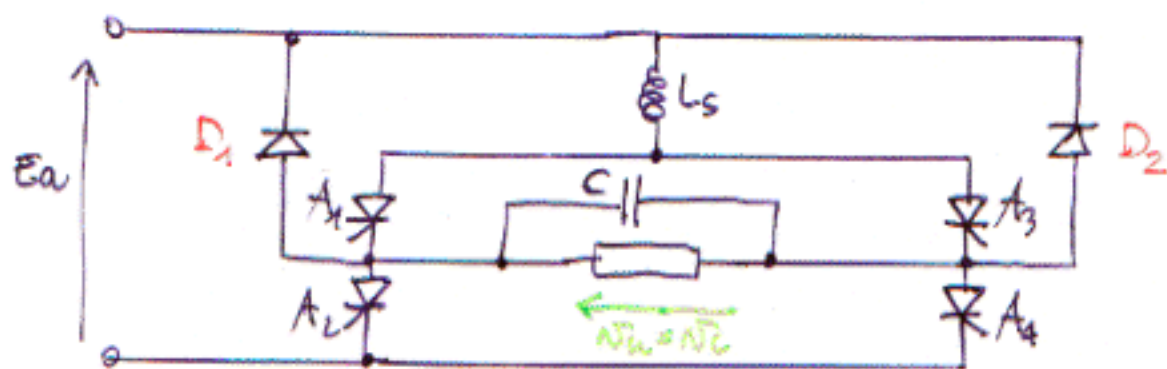
che partono dall'angolo  $\alpha_i$  fissato





La tensione sul carico è molto influenzata dal parametro  $T/\tau$  e quindi dal carico ( $\tau = RC$ ). Questa influenza è ancora maggiore quando il carico è di tipo induttivo-resistivo.

Per evitare questo inconveniente si adopera la seguente soluzione:

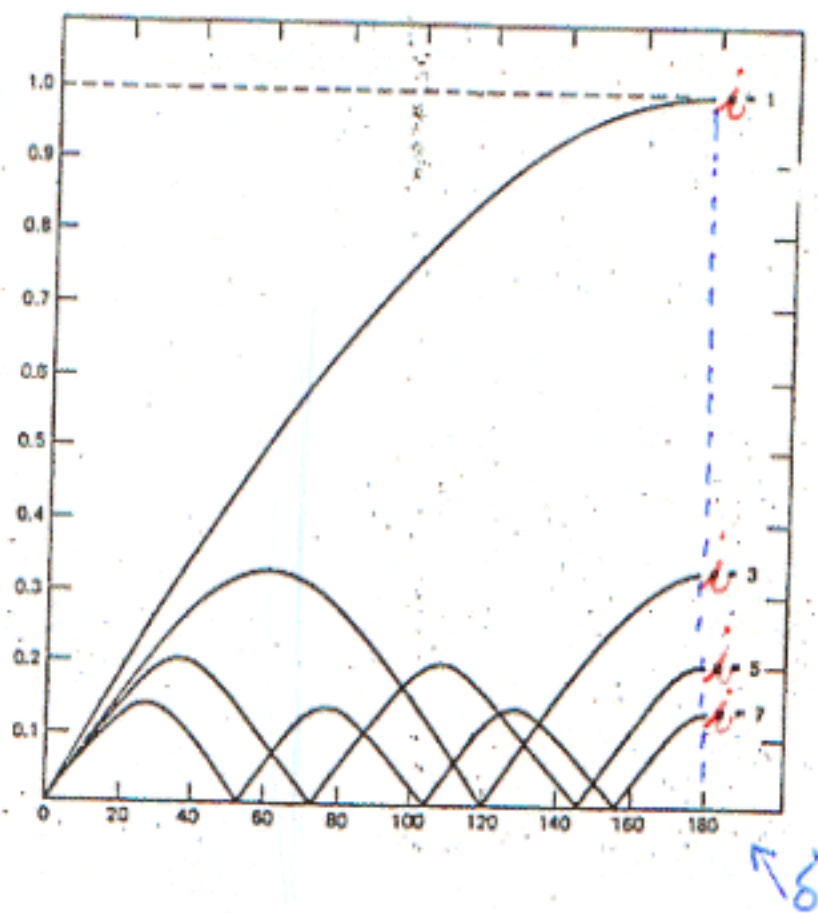


La tensione di uscita non può superare  $\pm E_a$ , si riduce l'effetto del parametro  $T/\tau$  (si ottiene sul carico un'onda quasi rettangolare, e notevolmente indipendente dal carico).  
 Nei due diodi  $D_1$  e  $D_2$  circola una corrente relativamente alta.



Per  $\delta = 180^\circ$  l'uscita dell'inverter è senza modulazione

In questo modo variando  $\delta$  si varia l'ampiezza di  $A_1$  (legame non lineare)







# Introduzione

- L'automazione industriale si occupa prevalentemente della *gestione* di celle di lavorazione automatizzate dedicate alla esecuzione di lavorazioni ripetitive e/o pericolose.
- Nel controllo di processo si controlla un processo continuo con l'obiettivo di garantirne certe prestazioni.
- Nei due casi:
  - Ridurre i costi di lavorazione
  - Migliorare la resa dell'impianto
    - Diminuendo il rapporto ore di lavoro / pezzo prodotto
    - Diminuire le perdite, i consumi
  - Aumentare il numero di pezzi prodotti
  - Aumentare la qualità del prodotto finale



# I vantaggi del CIM

- Riduzione delle **scorte** di materie prime;
- Riduzione dei magazzini per i **prodotti finiti**;
- Riduzione degli scarti di lavorazione



**Production  
“on demand”**



## Le reti informatiche come fondamento del CIM

- Brevi richiami sui concetti principali su cui si basano le reti informatiche per esemplificare l'architettura di una rete nelle sue funzionalità rispetto ai possibili impieghi
  - ➔ Un tecnico che operi nel settore dell'automazione ha la necessità di utilizzare le reti piuttosto che di progettare i dispositivi hardware e software che le fanno funzionare
    - Necessità di comprendere i concetti che ne regolano il funzionamento

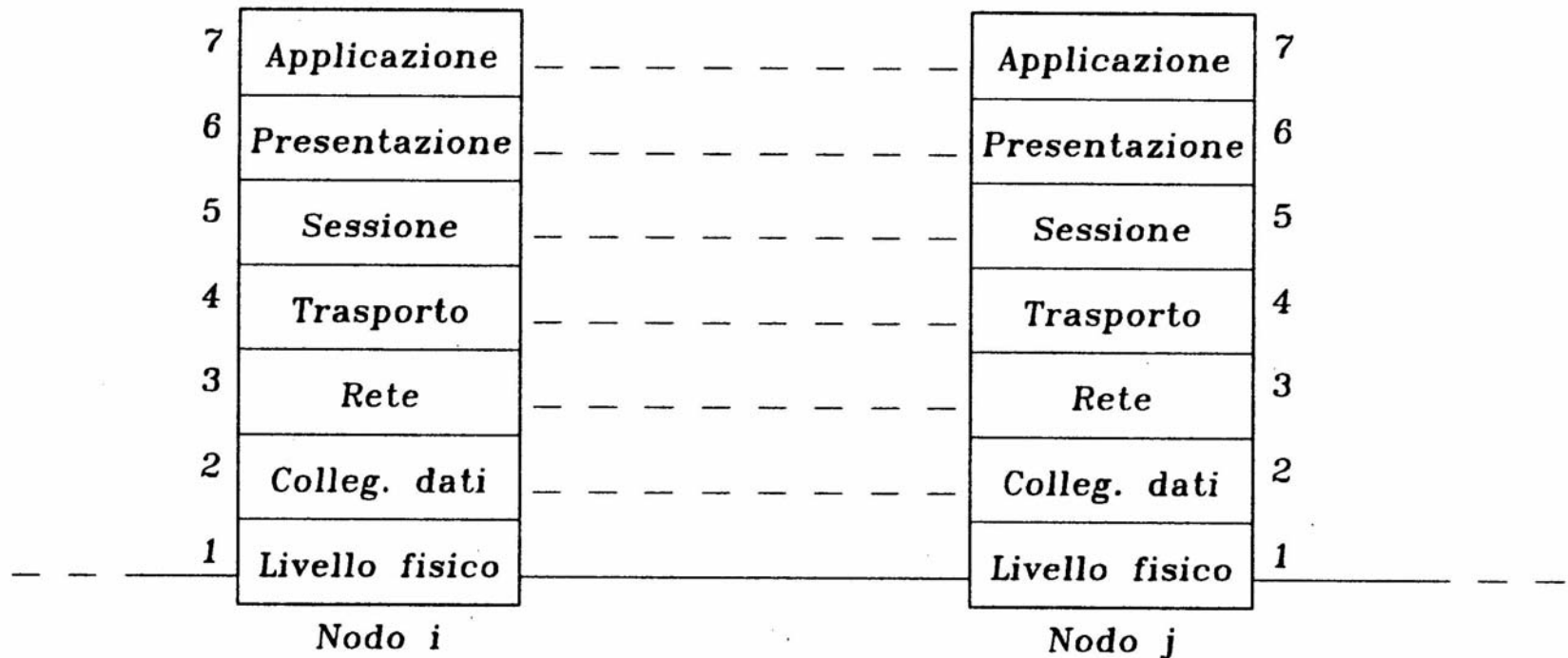




# Le reti informatiche

## Il modello di riferimento

- Ogni nodo della rete è visto come una successione gerarchica di sette livelli





# Le reti informatiche

## Il modello di riferimento

→ **(5) Livello di sessione (session layer):** si entra nell'area utente.

- Questo livello è responsabile dell'organizzazione del dialogo tra due programmi applicativi residenti in macchine differenti e del conseguente scambio dati
- Questo livello gestisce lo scambio ordinato dei dati ed il sincronismo tra i nodi
  - Rende possibile la connessione remota
- Questo livello comprende quindi le funzionalità necessarie a supportare lo scambio di informazioni tra differenti macchine



# Le reti informatiche

## Il modello di riferimento

- Ogni entità è capace di interpretare unicamente le informazioni generate da una entità di pari livello
- Quando, sulla stazione mittente, una entità passa un pacchetto di dati al livello sottostante, lo correda delle informazioni che verranno utilizzate dalla peer-entity della stazione di destinazione per gestire il pacchetto stesso (del quale non è tenuta a conoscere nulla)
  - Tali informazioni prendono il nome di **Protocol Data Unit (PDU)**

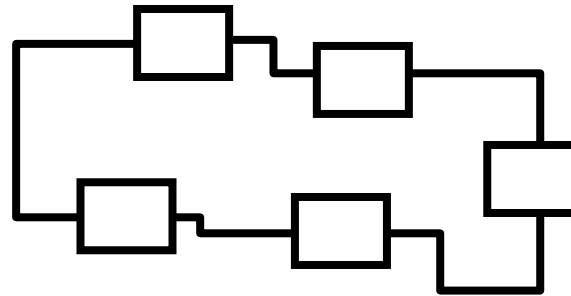


# Le reti informatiche

## Differenziazione delle realizzazioni

- Topologia: collegamenti

**RING**



- ➔ **Ring (o ad anello chiuso):** i messaggi attraversano i nodi che sono collegati in serie
  - I nodi devono quindi essere in grado di identificare a chi è stato trasmesso il messaggio ed eventualmente rispedirlo



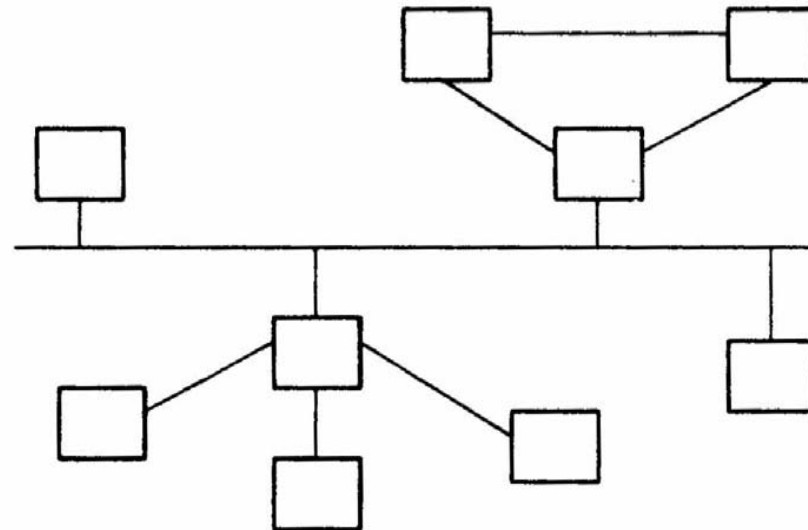


# Le reti informatiche

## Differenziazione delle realizzazioni

- Topologia: collegamenti

**IBRIDA  
(ad albero)**



→ **Ibrida (ad albero):** la struttura ad albero unisce in sé le topologie a ring ed a stella.



## Le reti informatiche

### Differenziazione delle realizzazioni

- Mezzo trasmissivo: supporto fisico
  - ➔ **Fibra ottica:** mezzo trasmissivo migliore
    - Velocità di trasmissione
    - Immunità ai disturbi
    - Possibilità di avere canali multipli
    - Svantaggi
      - ❑ Costosa
      - ❑ Installazione laboriosa



## Differenziazione delle realizzazioni

### ■ Metodo di accesso

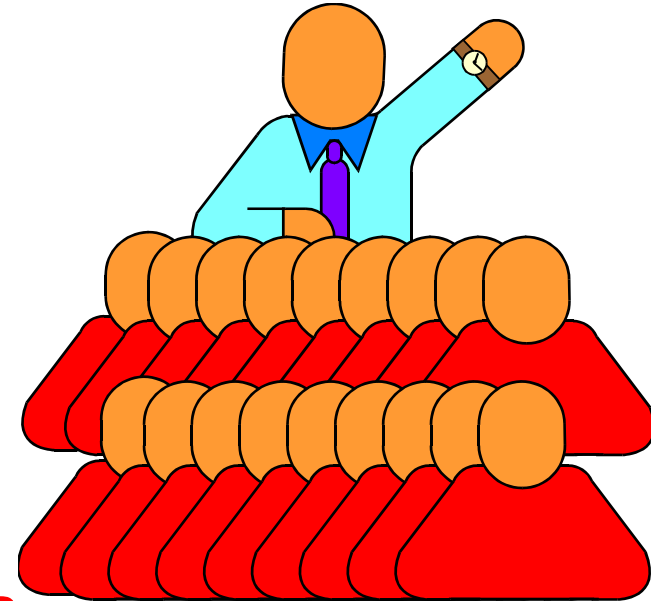
- ➔ **A gettone (Token):** prevede l'esistenza di una particolare stringa di bit, il **token** o gettone, che viene passata in sequenza tra tutti i nodi della rete connessi ad anello (**Token Ring**)
  - Quando una stazione riceve il token lo ritrasmette entro un certo periodo di tempo (determinato), accodandogli eventualmente il messaggio che si vuole spedire
  - È un metodo di accesso deterministico
    - ❑ È calcolabile il tempo massimo necessario affinché due nodi possano comunicarsi un messaggio



***Una persona comunica “produce” l’ora corrente (dato) solo una volta a una o più persone (“consumatori”)***

**Tutte le persone ascoltano il dato simultaneamente. Alcune persone possono scegliere di accettare (“consumare”) il dato (ad esempio aggiustando il loro orologio). Altre persone potranno scegliere di ignorare l’informazione.**

**Questa modalità di diffusione delle informazioni è fortemente deterministica**







# Le reti informatiche

## Differenziazione delle realizzazioni

- Standard esistenti (livello 1 e 2)

### → Ethernet (Full Ethernet):

- Un messaggio completo è chiamato **frame** ed è composto da un numero di byte variabile da 72 a 1526. Un frame contiene vari campi:
  - ❑ **Campo 1:** preambolo di 8 byte per il sincronismo
  - ❑ **Campo 2:** contiene 6 byte rappresentanti l'indirizzo del destinatario o del gruppo di destinatari. Viene esaminato da tutti i nodi per stabilire se il messaggio è loro diretto



## ➤ **Ethernet (Full Ethernet):**

→ **Problemi** nell'impiego di Ethernet:

- Sicurezza di Ethernet, come contropartita della facilità di connessioni esterne che Ethernet presenta
- Capacità di Ethernet di sopportare le condizioni ambientali che il processo presenta
- Robustezza della rete Ethernet nei confronti degli errori di trasmissione o della gestione del traffico
- Mancanza del determinismo nella trasmissione dei dati, in relazione alle esigenze del controllo del processo



# Le reti informatiche

## Differenziazione delle realizzazioni

- Standard esistenti (livello 3 e 4)

### → IP (Internet Protocol):

- **Indirizzamento:** parametro fondamentale che introduce il protocollo IP
  - ❑ É parte integrante dell'instradamento dei messaggi in rete
  - ❑ Gli indirizzi IP, univoci sulla rete, sono lunghi 4 byte e sono scritti indicando i valori decimali di ciascun byte separati da un punto (ad es. 128.155.12.4)



## Differenziazione delle realizzazioni

### ■ Applicazioni per TCP/IP

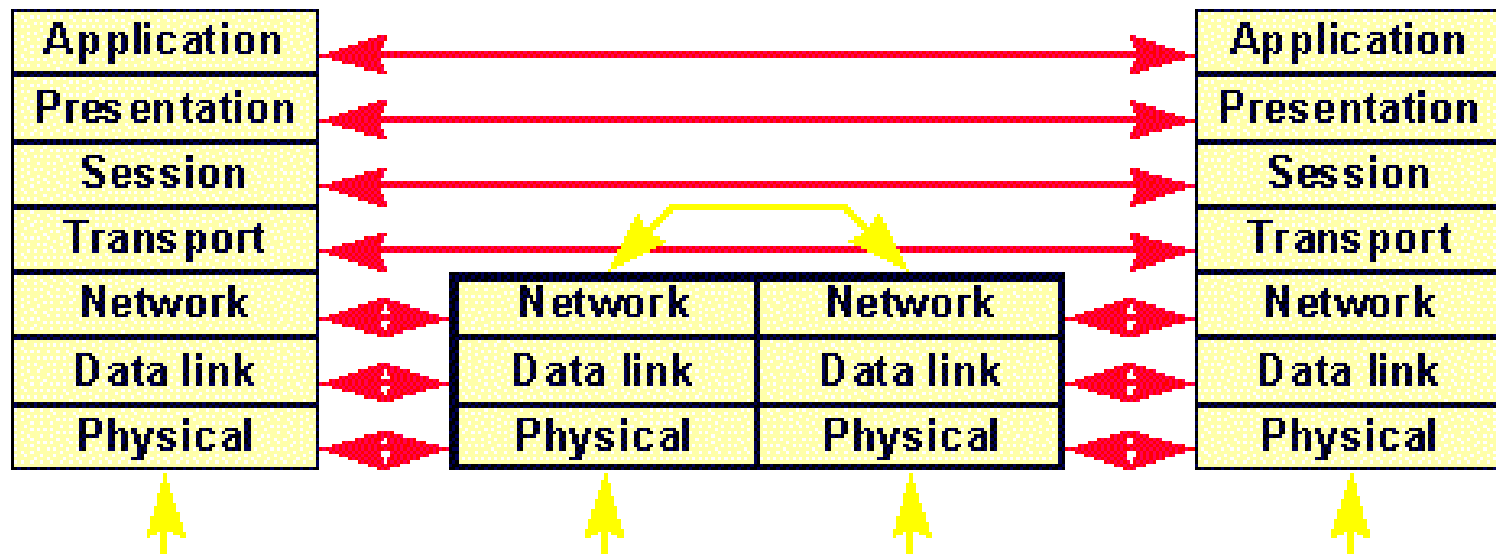
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol):** permette di inviare posta elettronica agli utenti di rete
  - Ogni utente è identificato da un indirizzo avente forma Utente@Computer
- **NFS (Network File System):** è un applicativo che permette a più computer client di condividere un file system messo a disposizione da un computer server (Unix)
- **CIFS (Common Internet File System):** è un applicativo per condividere dati e file in rete (Windows e Unix)





## ■ Integrazione tra reti

- ➔ **Instradatori (Router):** stabiliscono come un pacchetto dati debba essere instradato per giungere a destinazione scegliendo, eventualmente, il migliore tra più percorsi possibili
  - ❑ Allo scopo di effettuare tale compito, il *router* deve interpretare i messaggi fino al livello 3 del modello OSI





## Differenziazione delle realizzazioni

### ■ Stratificazione delle reti

→ **Reti per le informazioni:** sono quelle che assicurano le comunicazioni tra i dispositivi dedicati al controllo e quelli dedicati alla gestione dello stabilimento e dell'azienda (gestione della produzione)

- È una rete che deve garantire il trattamento di informazioni di tipo complesso, composte da molti byte
- Queste informazioni vengono inviate con frequenze non molto elevate
- Non vi è bisogno di assicurare il trasferimento del messaggio entro intervalli di tempo determinati

□ **Non necessita di sincronismo**



# Le reti informatiche

## Differenziazione delle realizzazioni

### ■ Stratificazione delle reti

→ **Reti per il campo (Bus di campo):** sono state introdotte recentemente per l'interfacciamento tra dispositivi di controllo e sensori ed attuatori "intelligenti" (**Intelligent Field Device – IFD**)

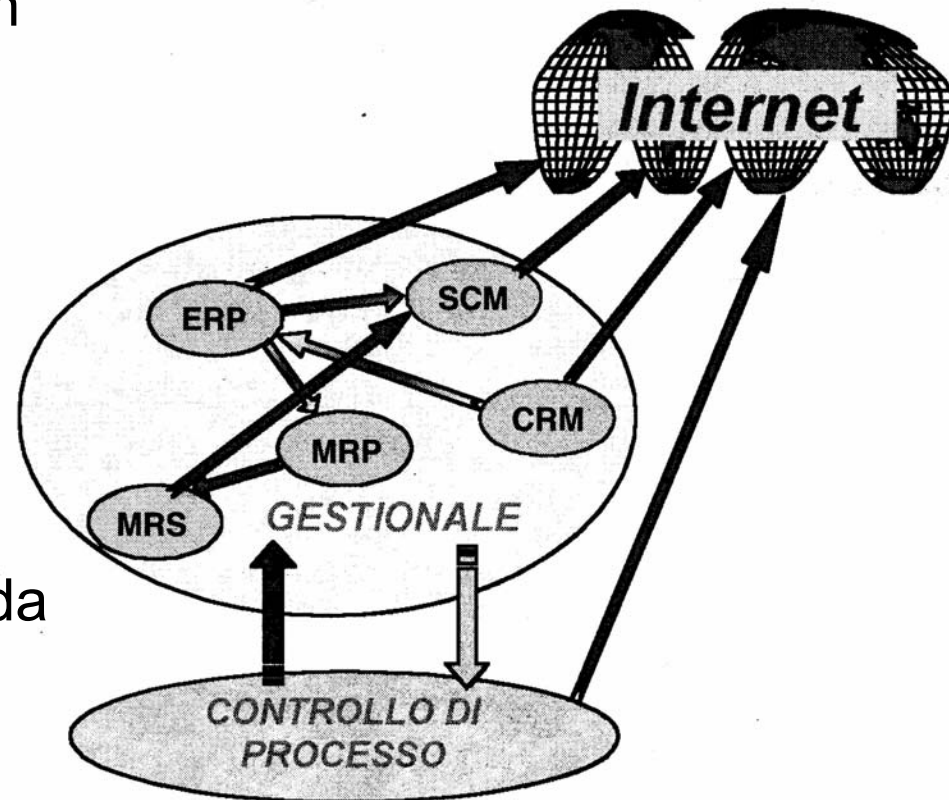
- Utilizzano la tecnologia digitale per l'elaborazione delle misure o delle azioni ed offrono i seguenti vantaggi:
  - ❑ Prestazioni elevate
  - ❑ Elevata affidabilità
  - ❑ Auto-diagnostica
  - ❑ Flessibilità operativa e programmabilità
  - ❑ Capacità di comunicazione remota



## Internet per l'automazione industriale

Sia il livello gestionale, sia il livello processo richiedono interazioni con Internet

- CRM (Customer Relationship Management): gestione clienti
- SCM (Supply Chain Management): acquisti e logistica
- ERP (Enterprise Resource Planning): gestione dell'azienda
- Funzioni di **supervisione** e **manutenzione remota** per i processi e gli apparati







## La rete aziendale

- ➔ **HUB:** dispositivi molto semplici che interconnettono gruppi di utenti
- Un hub invia qualsiasi pacchetto di dati che riceve da una porta a tutte le altre porte
    - ❑ È quindi possibile una sola conversazione alla volta
  - Tutti gli utenti collegati ad un hub (o ad un gruppo di hub in cascata) fanno parte dello stesso segmento e condividono la larghezza di banda e la capacità di trasferire dati del hub
    - ❑ All'aumentare del numero di utenti la parte di banda disponibile per ciascuno diminuisce



# I BUS DI CAMPO (Reti di campo)

- Sono delle realizzazioni di reti informatiche per il collegamento dei dispositivi di controllo (PLC) ed i dispositivi presenti sul piano officina o campo:
  - **Sensori**
  - **Attuatori**
- La situazione tipica attuale è quella in cui i sensori e gli attuatori sono collegati al controllore o direttamente, oppure tramite una linea seriale (remoti)
- In una rete di campo tali dispositivi diventano a tutti gli effetti dei nodi di una rete informatica
  - **Ciò richiede che i dispositivi siano dotati di un minimo di capacità elaborativa locale per comunicare tramite la rete**



# I BUS DI CAMPO

- Nonostante tutti i dispositivi interessati a questo tipo di reti si trovino al piano officina, possono richiedere l'implementazione di **differenti funzionalità**
- Nascita di **tre differenti classi** di reti di campo
  - **Sensorbus** (bus di sensori)
    - Operano a livello di bit
  - **Devicebus** (bus di dispositivi)
    - Operano a livello di byte
  - **Fielbus** (bus di campo)
    - Operano a livello dei blocchi di byte



# I BUS DI CAMPO

## → WorldFIP (Flux Informatin Process):

- **Al livello 2** è realizzato un meccanismo di accesso del tipo produttore/consumatore in cui uno dei nodi è l'arbitro del bus e periodicamente chiama tutti i nodi (un produttore e più consumatori) interessati ad una certa variabile
  - Vi è un accesso ciclico alle variabili, con una garanzia sull'istante di aggiornamento fissato dal ciclo





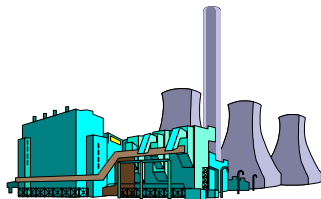
**PROFIBUS is used in a wide range of applications**  
more than 50,000 applications have been realised



e.g. BMW manufacturing,  
Regensburg, Germany



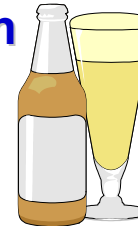
e.g. Bibliothèque Nationale  
de France, Paris, France



e.g. Oil refinery, Esmeralda,  
Ecuador

### **Manufacturing Automation**

**Car manufacturing**  
**Bottling systems**  
**Storage systems**



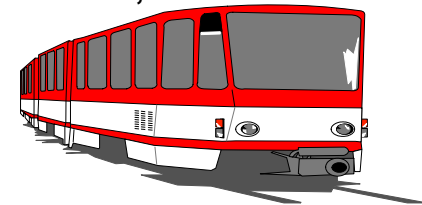
e.g. bottling plant  
Taunton, UK



e.g. Darboven Coffee,  
Hamburg, Germany

### **Building Automation**

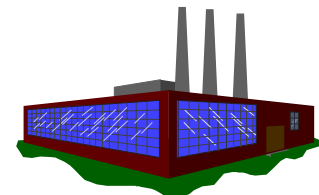
**Traffic automation**  
**Heating, air-conditioning**



e.g. Warsaw Subway,  
Warsaw, Poland

### **Process Automation**

**Purification plants**  
**Chemical and petrochemical industry**  
**Paper and textile industry**



e.g. Polymer storage tank,  
Scarborough, Canada

### **Power industry and power distribution**

**Power plants**  
**Switching gears**



## APPLICAZIONI TIPICHE

- Normalmente trovato in:
  - Sistemi di controllo della movimentazione,
  - Assemblaggio,
  - Macchine saldatrici e per la movimentazione di materiale.
  
- Connessione a cavo singolo di:
  - Blocchi di sensori a più ingressi;
  - Sensori smart;
  - Valvole pneumatiche;
  - Lettori di codici a barre;
  - Interfacce attuatori e operatori;



# SPECIFICHE:

- **Distanza:** da 100M a 500M
- **Baudrate:**
  - 125, 250 e 500 Kbits/sec
- **Massima dimensione del messaggio**
  - 8 byte di dato per nodo per messaggio
- **Metodo per lo scambio di messaggi:**
  - Modello basato sul protocollo Produttore/Consumatore
- **Organizzazione di Supporto**
  - Open DeviceNet Vendor Association (ODVA)



# DEVICENET e la tecnologia CAN Ultra-Affidabile (3)

- I produttori di automobili hanno trovato che se l'assemblaggio (la raccolta) dei fili non è corretta, è conveniente più ripetere da capo l'intero cablaggio che cercare di trovare l'errore di cablaggio;
- In una rete, è possibile realizzare il cablaggio via software, per cui il lavoro aggiunto nella realizzazione del software (compiuto solo una volta) è più che compensato dal lavoro (e dal materiale) risparmiato nell'assemblaggio hardware;
- La stessa considerazione si applica per l'automazione di processo;





# SPECIFICHE:

- **SDS:**

- ➔ **The 'Smart Sensor' Fieldbus**

- **Origine:** Honeywell, 1989

- Basato sulla tecnologia CAN (Controller Area Network), ereditata dall'industria automobilistica

- **Numero massimo di nodi:**

- ➔ 64 (126 indirizzi)

- **Connettori:** I diffusi 'Mini' connettori (maschio e femmina) da 18mm e i 'Micro' da 18 mm, resistenti all'acqua, e i 5pin blocchi terminali di tipo Phoenix.



# APPLICAZIONE TIPICA

- Operazioni critiche
- Cablaggio di una rete tra più PC, PLC e tra controllori di processo
- Situazioni che richiedono il trasporto ad alta velocità di I/O critico (nel tempo) e di messaggi di dati, incluso upload e download di dati di configurazione e di programmazione



# **The Profibus fieldbus**



## Typical Applications

- Commonly found in:
  - Process Control
  - Large assembly, and material handling machines.
- Single-cable wiring of:
  - multi-input sensor blocks,
  - pneumatic valves,
  - complex intelligent devices,
  - smaller sub-networks (such as ASI),
  - operator interfaces.





# The Profibus Fieldbus

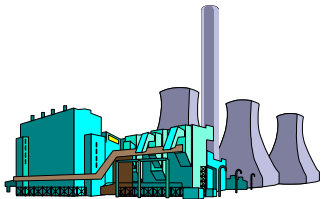
PROFIBUS is used in a wide range of applications  
to date (7/1996) more than 50,000 applications have been realised



e.g. BMW manufacturing,  
Regensburg, Germany



e.g. Bibliothèque Nationale  
de France, Paris, France



e.g. Oil refinery, Esmeralda,  
Ecuador

## Manufacturing Automation

**Car manufacturing**  
**Bottling systems**  
**Storage systems**



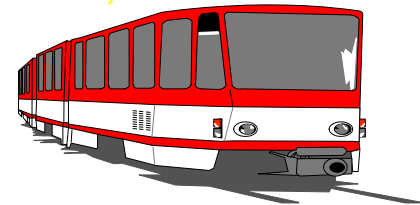
e.g. bottling plant  
Taunton, UK



e.g. Darboven Coffee,  
Hamburg, Germany

## Building Automation

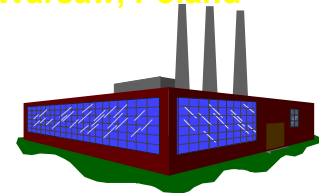
**Traffic automation**  
**Heating, air-conditioning**



e.g. Warsaw Subway,  
Warsaw, Poland

## Process Automation

**Purification plants**  
**Chemical and petrochemical industry**  
**Paper and textile industry**



e.g. Polymer storage tank,  
Scarborough, Canada

## Power industry and power distribution

**Power plants**

**Switching gears**

case studies are listed in the Electronic Product Guide



## **Intrinsically Safe**

- The Profibus PA protocol is the same as the latest Profibus DP with V1 diagnostic extensions, except that voltage and current levels are reduced to meet the requirements of intrinsic safety (Class I div. II) for the process industry.
- Some master cards support Profibus PA, but barriers which convert between DP and PA are necessary (available from a number of companies).
- PA devices are normally powered by the network at intrinsically safe voltage and current levels.



# The Profibus Fieldbus

## PROFIBUS-DP and PROFIBUS-FMS Combisystem

