



INDUSTRIA ELETTRONICA

COSA SI PRODUCE E COME

Cos'è l'industria?

- L'industria esercita un'attività di trasformazione delle materie prime in semilavorati o prodotti finiti.
- Il termine industria deriva dal latino **industria**, ovvero operosità, attività, diligenza, che, a sua volta, viene da **endo-** (dentro) e **-struo** (costruisco).

Cos'è l'industria?

- Scopo principe dell'industria è il produrre al meglio ed al miglior rapporto **costo/beneficio** il bene richiesto.
- L'industria si suddivide in molteplici settori, ognuno con una propria specializzazione ed è in costante mutamento adattandosi di volta in volta alle esigenze del consumo ed alle nuove tecnologie di produzione.



Cos'è l'industria?

- Di solito le industrie dovrebbero seguire la vocazione del territorio al fine di avere un impatto minimo sul territorio stesso, per questo chi governa dovrebbe fare dei piani di industrializzazione razionali al fine di ottenere il massimo da un territorio senza per questo rovinare il suo equilibrio **ecologico** ed **ambientale**.

Cos'è l'industria?

- Il problema è che poiché le industrie sono agganciate alla logica del **profitto**, non sempre quest'ultimo è in armonia con il territorio.



Cos'è l'industria?

- Il termine industria indica un sistema di processo il quale partendo da un prodotto detto "**primo**" (grezzo) se ne produce un "**secondo**" (manufatto) con un **valore aggiunto**.

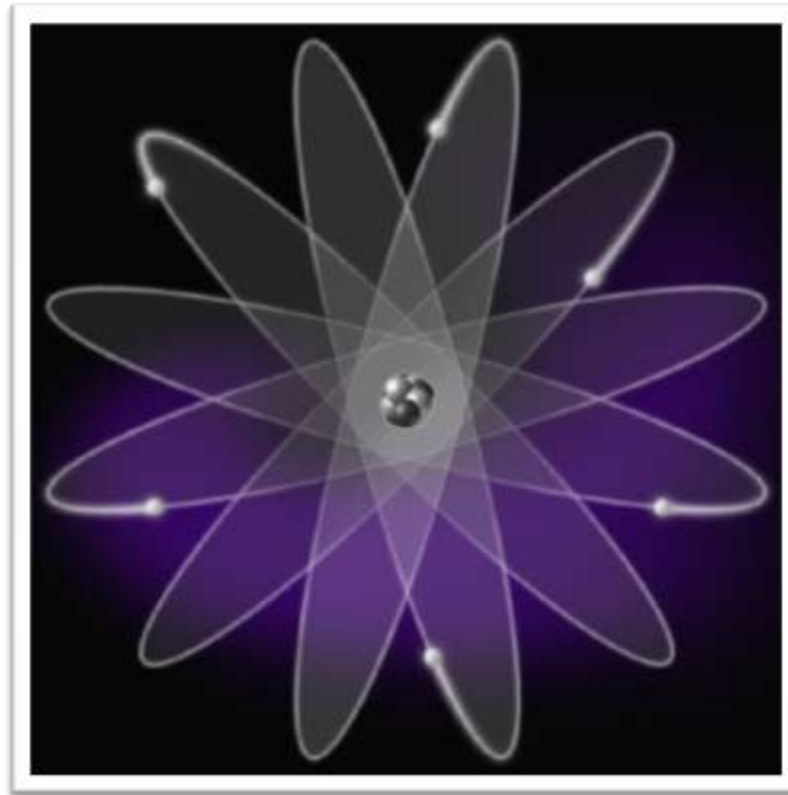


Cos'è l'industria?

- Il valore aggiunto, in breve, è proprio quello che il processo produttivo attraverso la tecnologia dà, trasformando il prodotto grezzo in un prodotto rifinito, pronto per essere introdotto nella filiera di distribuzione.
- In definitiva, l'industria è un sistema organizzato per produrre ricchezza, costituita appunto dal valore aggiunto.

Cos'è l'elettronica?

- Letteralmente, l'elettronica è la scienza e la tecnologia del controllo degli elettroni.

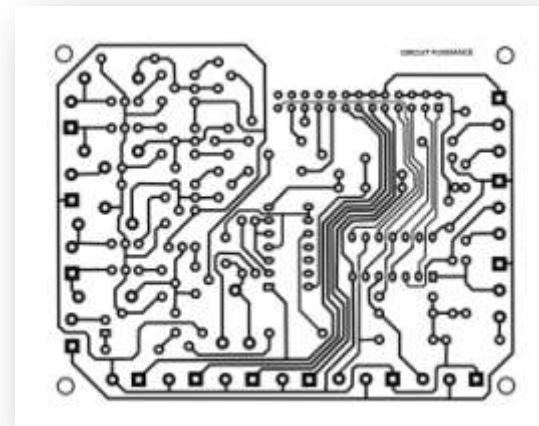
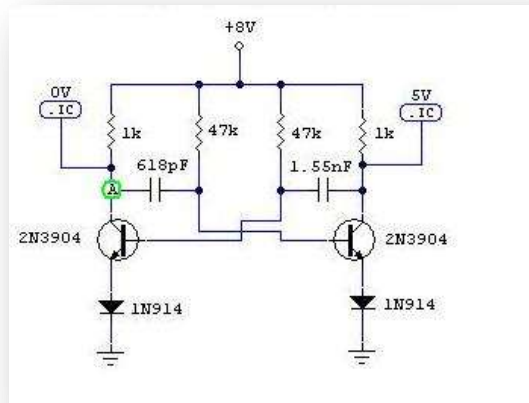


Cos'è l'elettronica?

- In pratica questo termine indica oggi l'insieme di conoscenze pratiche e teoriche necessarie per progettare e realizzare apparati in grado di elaborare grandezze fisiche, l'elettronica si basa su piccole tensioni, rispetto all'elettrotecnica, ottenute per mezzo di opportuni dispositivi.

Cos'è l'elettronica?

- Le realizzazioni dell'elettronica sono dei circuiti elettronici costituiti da dei componenti, **attivi** e **passivi**, collegati per mezzo di **fili** o **tracciati** conduttivi attraverso cui circolano correnti elettriche.



Cos'è l'elettronica?

- L'**elettronica** e l'**elettrotecnica** sono due discipline strettamente legate, che si differenziano per il tipo di applicazione: mentre l'elettrotecnica ha come scopo principale la trasmissione della **potenza elettrica** e la gestione e il progetto delle macchine elettriche, l'elettronica si occupa soprattutto dell'elaborazione dei **segnali elettrici** e quindi, in senso lato, dell'informazione.

Cos'è l'elettronica?

- L'elettronica, assieme all'informatica e alle telecomunicazioni, riassunte sotto la denominazione di **Information and Communication Technology (ICT)**, rappresenta a tutt'oggi uno dei settori economici trainanti della cosiddetta terza rivoluzione industriale.

Di cosa si occupa l'elettronica?

- L'elettronica si divide in due grandi settori:



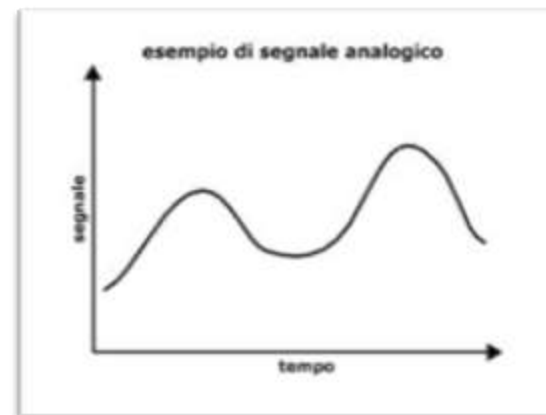
analogica



digitale

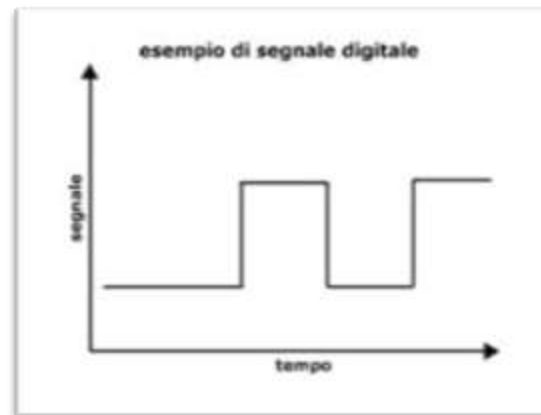
Di cosa si occupa l'elettronica?

- L'**elettronica analogica**, si occupa di segnali analogici, cioè che variano nel tempo in modo continuo, e che in linea di principio potrebbero assumere un valore qualsiasi in qualunque istante di tempo dato (per esempio voci, suoni, intensità luminose ecc.).



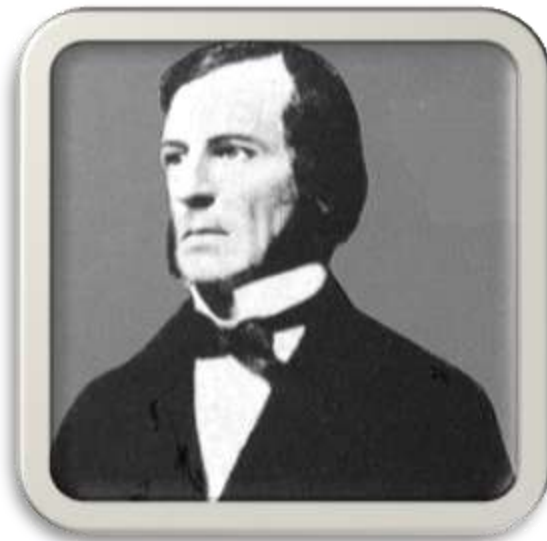
Di cosa si occupa l'elettronica?

- L'**elettronica digitale**, che invece tratta dei segnali elettrici che possono assumere soltanto alcuni valori di tensione, convenzionalmente due valori utilizzando il sistema binario: livello **“alto”** o **“basso”** che sono associati ai valori logici **“vero”** e **“falso”**.

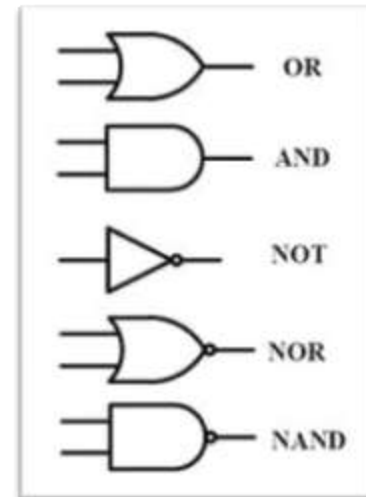


Di cosa si occupa l'elettronica?

- In questo caso ci si riferisce a segnali binari che in genere vengono sottoposti a operazioni logiche **booleane** come l'AND, l'OR, il NOT eccetera.



George Boole



Operatori logici

Di cosa si occupa l'elettronica?

- È proprio questo settore dell'elettronica che ha permesso la nascita e lo sviluppo del moderno **calcolatore elettronico**.



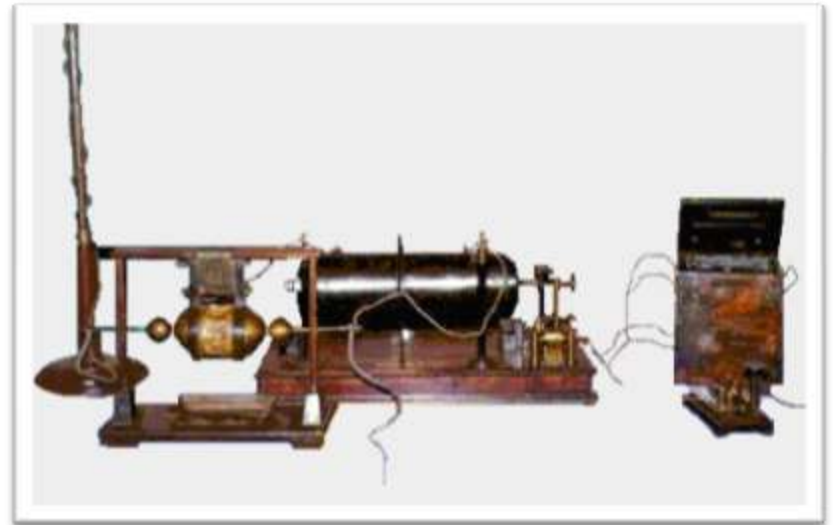
Quando nasce l'elettronica?

- Le prime realizzazioni dell'elettronica sono state i circuiti **radio riceventi e trasmittenti**; senza dubbio **Guglielmo Marconi** fu un pioniere, ma le sue prime radio non avevano nulla che non si potesse considerare più di una applicazione dell'elettrotecnica ad un problema nuovo.

Quando nasce l'elettronica?



Guglielmo Marconi

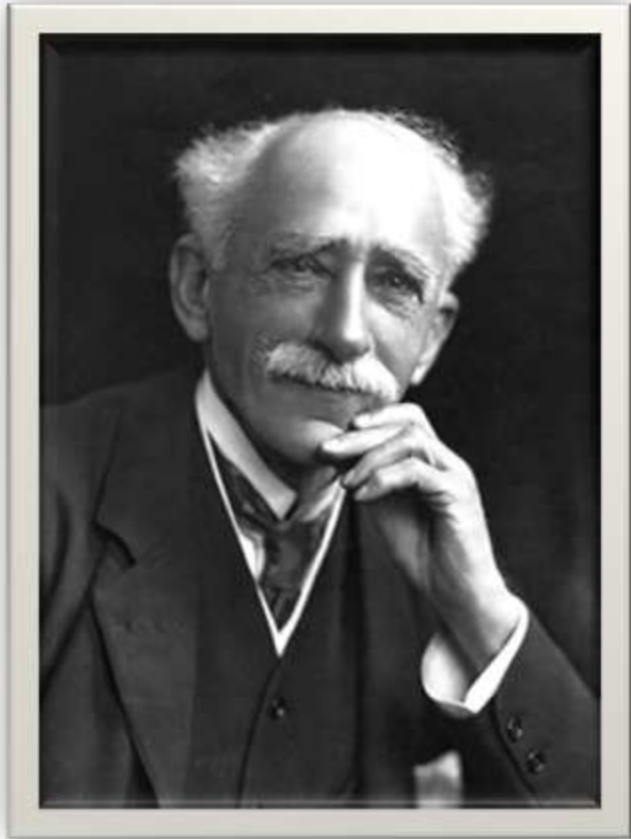


Trasmittitore di Marconi

Quando nasce l'elettronica?

- Il vero salto di qualità avvenne per opera dell'ingegnere britannico **John Ambrose Fleming** dell'University College di Londra, che nel 1904 inventò il primo dispositivo elettronico a due terminali, il **diodo a vuoto**, cioè la prima **valvola termoionica**.

Quando nasce l'elettronica?



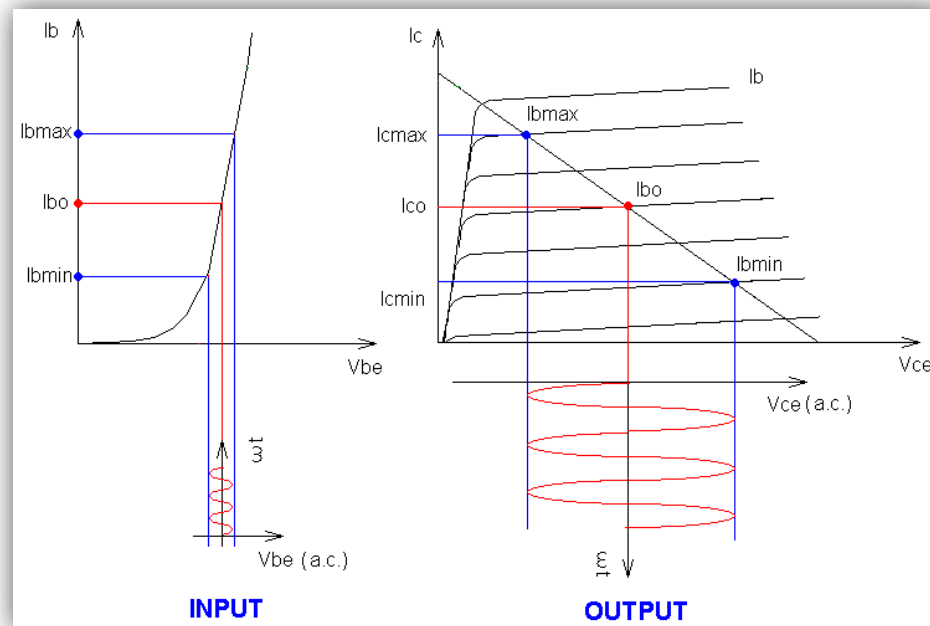
John Ambrose Fleming



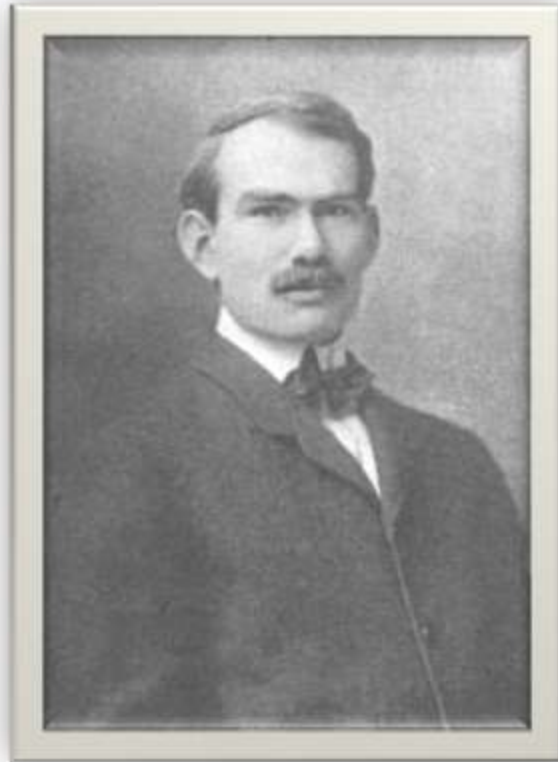
Valvola termoionica

Quando nasce l'elettronica?

- Seguì a breve (1906) il primo componente elettronico a tre elettrodi di **Lee De Forest**, il **triodo a vuoto**, che permetteva anche di amplificare un segnale.



Quando nasce l'elettronica?



Lee De Forest



Triodo a vuoto

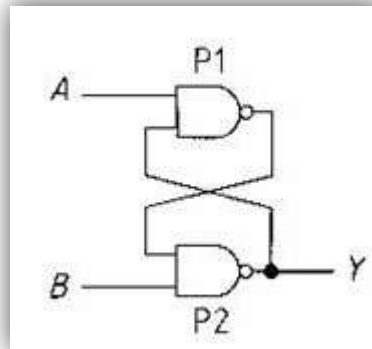
Quando nasce l'elettronica?

- Dopo la prima guerra mondiale l'elettronica si sviluppò rapidamente, soprattutto per merito della radio, che in quel periodo era la sua applicazione di punta.



Quando nasce l'elettronica?

- Nella teoria dei circuiti una pietra miliare fu nel 1927 l'invenzione del primo **circuito a reazione**, che permetteva di raggiungere con pochi componenti prestazioni nettamente superiori.

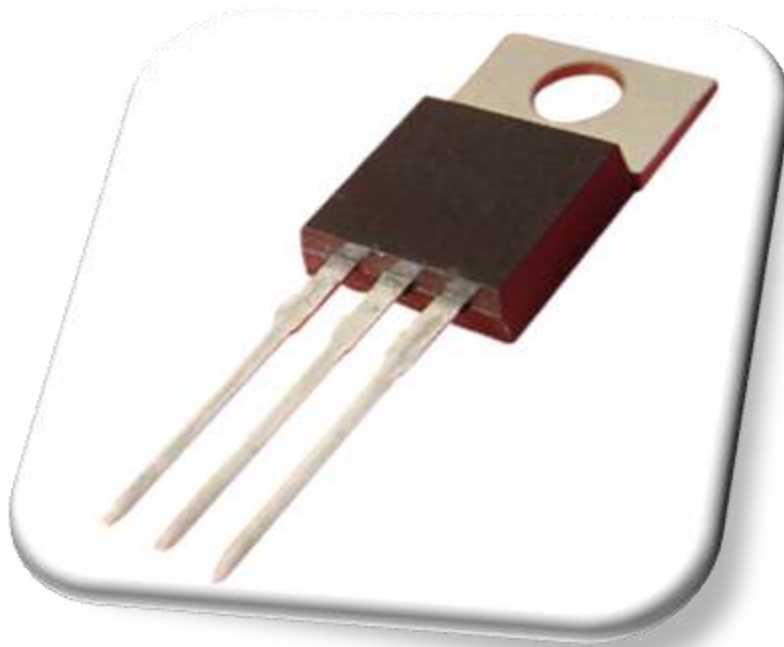


Circuito a reazione: il segnale di uscita Y viene riportato in ingresso

Come si sviluppa l'elettronica?

- Una nuova svolta si ebbe dopo la seconda guerra mondiale con l'invenzione del **transistore**, componente **attivo** che poteva assolvere le stesse funzioni delle valvole termoioniche ad una frazione del costo, dell'ingombro e della potenza necessari alle valvole.

Come si sviluppa l'elettronica?

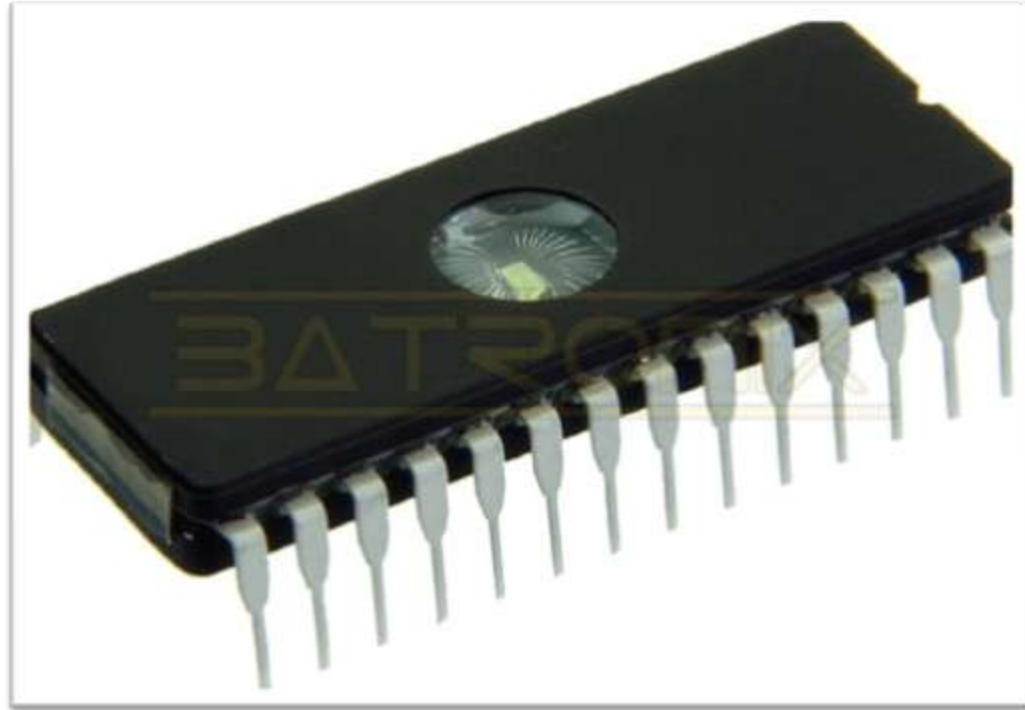


Tipi di transistori

Come si sviluppa l'elettronica?

- Inoltre, più transistori possono essere integrati in dispositivi complessi, i **circuiti integrati** appunto, che possono contenere oggi anche molti milioni di transistori (e altri componenti come resistenze, condensatori, diodi ecc) e quindi possono svolgere così funzioni molto complesse con costi e ingombri contenuti.

Come si sviluppa l'elettronica?



Circuito integrato

Come si sviluppa l'elettronica?

- Con i transistor prima e con i circuiti integrati poi l'elettronica conosce un vero boom, che a tutt'oggi non è ancora terminato.



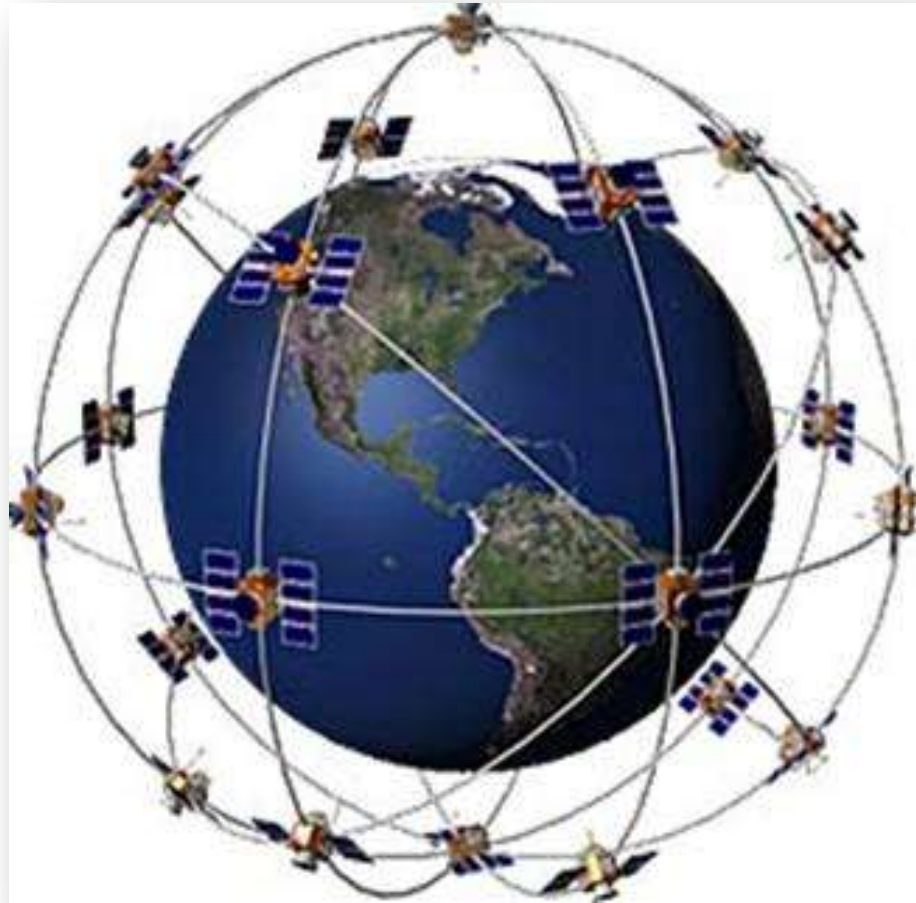
Cosa si fa con l'elettronica?

- Le applicazioni dell'elettronica sono ovunque.
 - Nelle telecomunicazioni.
 - Nell'informatica.
 - Nel controllo di robot e macchine industriali.
 - Nella diagnostica e nella clinica medica.
 - Nella conversione dell'energia elettrica.
 - Negli azionamenti di motori a velocità variabile.
 - Nei veicoli stradali e ferroviari.

Elettronica e Telecomunicazioni

- Le telecomunicazioni, abbreviazione TLC, sono l'attività di comunicazione a distanza (tele) tra due, tre o più persone per mezzo di dispositivi e/o infrastrutture implementanti particolari tecniche di trasferimento dell'informazione oggetto della comunicazione tramite segnali.

Elettronica e Telecomunicazioni



Telecomunicazioni su scala mondiale

Elettronica e Telecomunicazioni

- Determinante inoltre è l'ingresso delle moderne telecomunicazioni e in generale dell'ICT nella nascita e nello sviluppo di tre grandi rivoluzioni tecnologiche negli ultimi 10-15 anni quali i telefoni cellulari, la rete Internet e il GPS.



Elettronica e Telecomunicazioni

- Le telecomunicazioni fondamentalmente offrono tre tipi di servizio all'utente:
 - **Fonia** cioè trasferimento di dati vocali in una comunicazione real-time tra due o più utenti (ad es. la telefonia).
 - **Audio-video real-time**, (ad es. radio, televisione, videoconferenza).
 - **Comunicazione dati** cioè il trasferimento di dati non vocali, testuali (ad es. telegrafia e trasferimento file).

Elettronica e Telecomunicazioni

- In generale queste forme di comunicazione possono essere realizzate attraverso trasmissioni di tipo: **analogico** o **digitale**.
- Ciascuna di queste può a sua volta viaggiare a distanza su diversi **mezzi trasmissivi** che rappresentano a livello fisico il canale di comunicazione.

Elettronica e Telecomunicazioni

- Le telecomunicazioni possono essere:
 - **Cablate** (con cavi) le quali si suddividono a loro volta in comunicazioni elettriche e comunicazioni ottiche.
 - **Wireless** (senza cavi) le quali si suddividono a loro volta in ottiche e radiocomunicazioni che a sua volta si suddividono in comunicazioni terrestri e comunicazioni satellitari.

Electronica e Telecomunicazioni



Antenne satellitari

Elettronica e Telecomunicazioni

- L'infrastruttura utilizzata per implementare una telecomunicazione tra due utenti è chiamata **sistema** o impianto di telecomunicazioni mentre le telecomunicazioni tra più di due persone situate in più punti spaziali sono implementate attraverso quella che è chiamata **rete** di telecomunicazioni.

Elettronica e Telecomunicazioni

- Oggi le telecomunicazioni sono molto diffuse e strumenti che consentono le comunicazioni a lunga distanza come la **radio** o la **televisione** sono comuni in tutto il mondo.



Elettronica e Telecomunicazioni

- Esiste poi anche un vasto insieme di reti che collegano tra loro dispositivi di rice-trasmissione, come le reti di **computer**, la rete telefonica, le reti radiomobili cellulari, le reti televisive e radiofoniche.

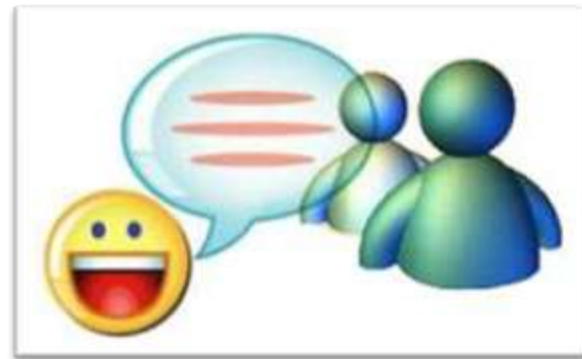


Elettronica e Telecomunicazioni

- Le comunicazioni attraverso Internet, come la **posta elettronica** o la **messaggistica istantanea** sono un altro esempio di telecomunicazione.



Posta elettronica



Messaggistica istantanea

Elettronica e Telecomunicazioni

- Recentemente dagli anni '70 l'utilizzo delle fibre ottiche ha notevolmente aumentato la banda disponibile per le comunicazioni intercontinentali nelle tratte di trasporto, contribuendo a rendere più rapido e ricco l'utilizzo di Internet.

Elettronica e Telecomunicazioni



Fibre ottiche

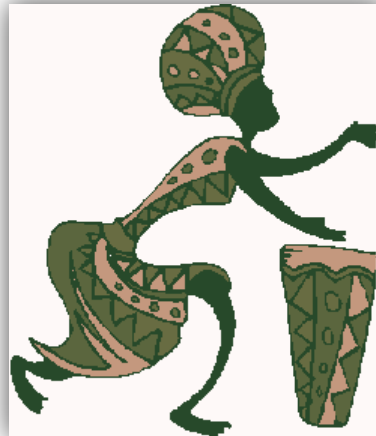
Elettronica e Telecomunicazioni

- Inoltre la televisione digitale ha consentito di ottenere trasmissioni ad alta definizione eliminando molti dei difetti delle trasmissioni analogiche.



Elettronica e Telecomunicazioni

- Le telecomunicazioni sono una parte importante di numerose società moderne.
- L'esistenza di una buona infrastruttura di telecomunicazioni è largamente riconosciuta come un successo importante di un paese.

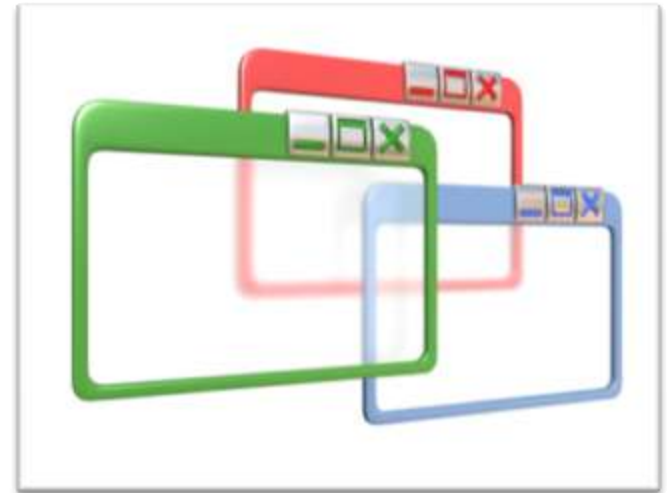


Elettronica e Informatica

- L'elettronica e l'informatica sono due discipline che non possono fare a meno l'una dell'altra.
- All'elettronica senza l'informatica mancherebbe il **software** per programmare i vari dispositivi **hardware** (ad es. microcontrollori e microprocessori).
- All'informatica senza l'elettronica mancherebbe l'hardware su cui far “girare” il software.



hardware



software



Elettronica ↔ **Informatica**

Elettronica e Robotica

- Il **robot** (pron. robòt, dalla parola ceca robota che significa "*lavoro pesante*", pronunciato all'inglese anche ròbot) è una qualsiasi macchina (di forma più o meno antropomorfa), in grado di svolgere più o meno indipendentemente un lavoro al posto dell'uomo.

Elettronica e Robotica



Robòt antropomorfo

Elettronica e Robotica

- Nel linguaggio comune, un robot è un'apparecchiatura artificiale che compie determinate azioni in base ai comandi che gli vengono dati e alle sue funzioni, sia in base ad una supervisione diretta dell'uomo, sia autonomamente basandosi su linee guida generali, magari usando processi di **intelligenza artificiale**.

Elettronica e Robotica



Robòt industriale

Elettronica e Robotica

- Questi compiti tipicamente dovrebbero essere performati al fine di sostituire o coadiuvare l'uomo, come ad es. nella fabbricazione, costruzione, manipolazione di materiali pesanti e pericolosi, o in ambienti proibitivi o non compatibili con la condizione umana o semplicemente per liberare l'uomo da impegni.

Elettronica e Robotica

- Un robot così definito, dovrebbe essere dotato di connessioni guidate dalla retroazione tra percezione e azione, e non dal controllo umano diretto.
- L'azione può prendere la forma di motori elettro-magnetici, o attuatori, che muovono un arto, aprono e chiudono una pinza, o fanno deambulare il robot.

Elettronica e Robotica

- Il controllo passo-passo e la retroazione sono forniti da un programma che viene eseguito da un computer esterno o interno al robòt, o da un microcontrollori.
- In base a questa definizione, il concetto di robòt può comprendere quasi tutti gli apparati automatizzati.

Elettronica e Robotica

- I robòt utilizzati adesso sono in realtà dei computer muniti di servomeccanismi; esistono moltissime tipologie di robòt differenti sviluppate per assolvere i compiti più disparati.
- Ormai è larghissimo l'impiego dei robòt nell'industria metalmeccanica e non solo.

Elettronica e Robotica

- Quando gli studiosi di robotica iniziarono i primi tentativi di imitare l'andatura di uomini e animali, scoprirono che era incredibilmente difficile; era richiesta una capacità di calcolo molto superiore a quella disponibile all'epoca.

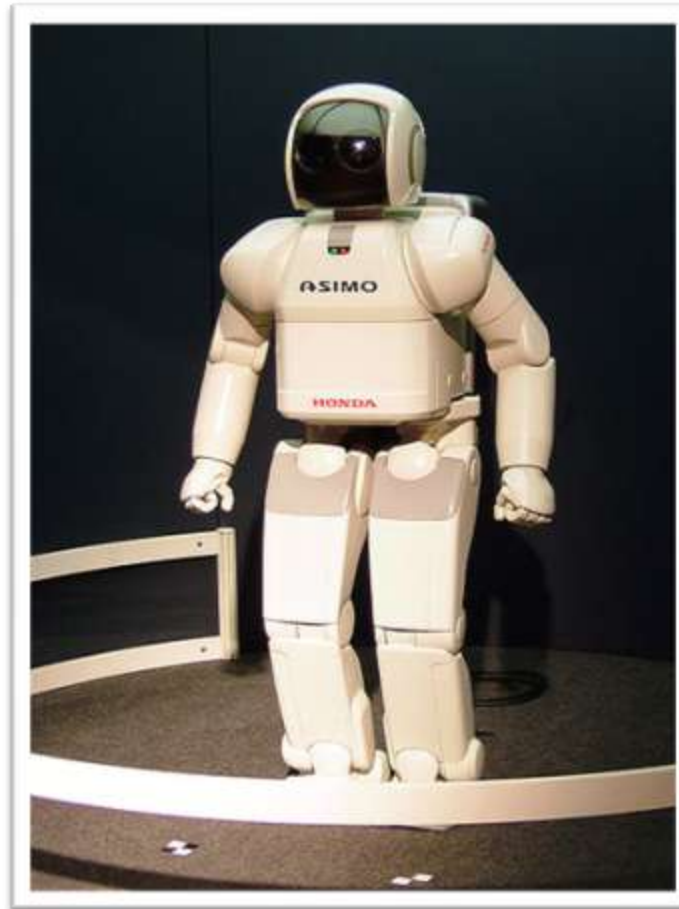
Elettronica e Robotica

- Quando gli ingegneri furono pronti a tentare di far camminare di nuovo i robot, scelsero di provare con esapodi o altre piattaforme a più zampe, simili per forma e movimento agli insetti ed agli artropodi.
- Questa scelta ha portato a risultati di grande flessibilità ed adattabilità a diversi ambienti.

Elettronica e Robotica

- La maggiore stabilità statica data dalle quattro o più zampe rende più facile il lavorare con loro.
- Solo in tempi molto recenti si sono fatti progressi verso robot deambulanti bipedi.

Elettronica e Robotica



Robòt bipede

Elettronica e Robotica

- Un altro campo di grandi progressi è quello medico.
- Alcune società produttrici hanno ottenuto le necessarie autorizzazioni per poter far utilizzare i loro robot in operazioni chirurgiche dall'invasività minima.

Elettronica e Robotica

- Un settore affine, è quello dell'automazione dell'attività di laboratorio analitico.



Laboratorio analisi

Elettronica e Medicina

- È praticamente impossibile individuare una branca della medicina in cui l'elettronica non entri oggi in maniera pesante.
- La stessa chirurgia, nel suo percorso verso tecniche sempre meno invasive e in grado di abbreviare la degenza dei pazienti, si avvale oggi dell'impiego di sistemi robotizzati che danno al chirurgo una carta in più.

Elettronica e Medicina



Chirurgia robotica

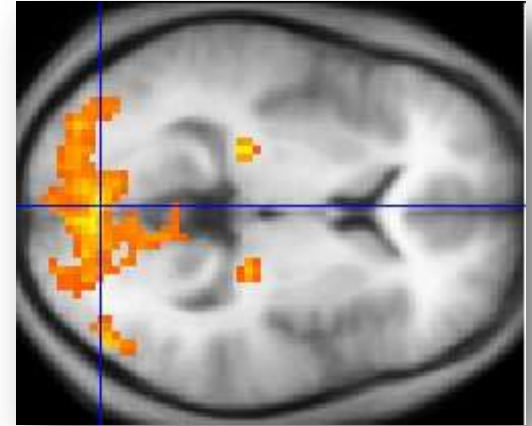
Elettronica e Medicina

- Se nel passato questa collaborazione interdisciplinare era indirizzata alla realizzazione di sempre più sofisticate e precise metodiche di diagnosi e di terapia come TAC, PET, RM e medicina nucleare, da qualche anno grazie ai crescenti sviluppi della microelettronica si è aperta la strada verso l'implementazione di dispositivi impiantabili che rendono possibile una più capillare sorveglianza di alcune funzioni vitali anche fuori dalle strutture sanitarie.

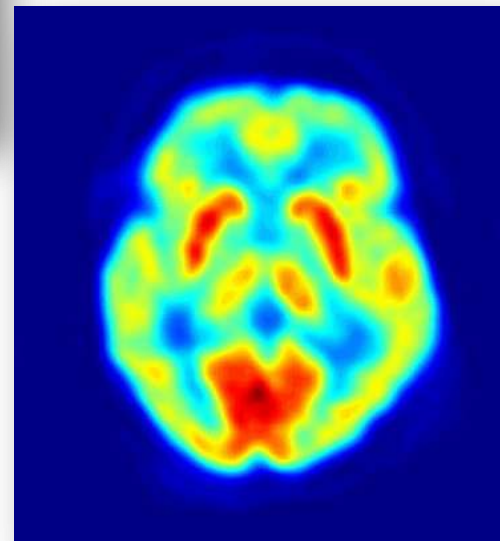
Elettronica e Medicina



Radiografia



Risonanza magnetica



TAC

Elettronica e Medicina

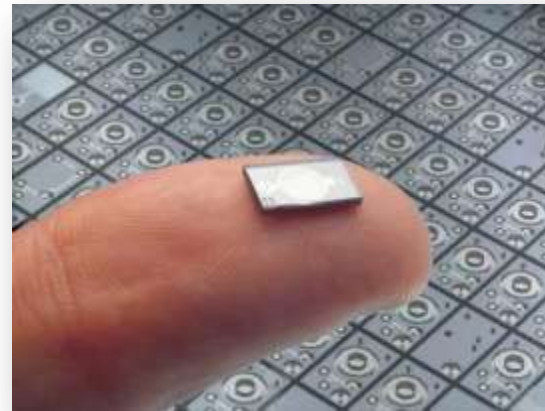
- È il caso dei pacemaker e dei defibrillatori impiantabili, dei monitor per elettrocardiogramma dinamico (Holter), delle micro pompe a infusione per la somministrazione controllata di farmaci, per citare solo alcune delle innumerevoli applicazioni che sono oggi rese possibili dalle tecnologie elettroniche dell'infinitamente piccolo.

Elettronica e Medicina



Holter

Pacemaker



Micro pompa

Elettronica e Medicina

- Se nelle grandi apparecchiature vengono utilizzati circuiti nati per applicazioni generali, è nei dispositivi impiantabili che l'industria elettronica si deve misurare con le sfide più ardue e stimolanti.
- Il “sempre più piccolo” impone infatti una molteplicità di esigenze spesso difficili da conciliare.

Elettronica e Medicina

- Alla estrema miniaturizzazione, che implica una rincorsa verso tecnologie sempre più “**nano**”, si affianca il bisogno di garantire una lunga autonomia anche in presenza di richieste energetiche di una certa rilevanza.



Electronica ed Energia elettrica

- L'**electronica di potenza** è la tecnologia associata alla conversione, al controllo e alla modifica efficiente della potenza elettrica a partire dall'ingresso disponibile per trasformarla in un'uscita desiderata.
- I convertitori elettronici di potenza si trovano ovunque ci sia necessità di modificare la **forma** dell'energia elettrica (ad esempio modificare la tensione, la corrente o la frequenza).

Elettronica ed Energia elettrica

- Pertanto, la loro gamma di potenza varia da alcuni milliwatt (come nei telefoni cellulari) a centinaia di megawatt (come nei sistemi di trasmissione HVDC).
- Nell'elettronica "classica", la corrente elettrica e la tensione sono utilizzate per trasportare l'informazione, mentre nell'elettronica di potenza sono utilizzate per trasportare potenza.

Elettronica ed Energia elettrica

- Il principale obiettivo dell'elettronica di potenza è pertanto l'efficienza.
- I sistemi di conversione di potenza possono essere classificati secondo il tipo di potenza di ingresso e in uscita:
 - da AC a DC (**raddrizzamento**)
 - da DC a AC (**inversione**)
 - da DC a DC (**conversione**)
 - da AC a AC (**conversione**)

Elettronica ed Energia elettrica

- I convertitori AC/DC (raddrizzatori) sono i più tipici strumenti dell'elettronica di potenza, che si trovano in molti oggetti elettronici, come nelle televisioni, nei personal computer, nei carica batterie etc.
- La gamma di potenza varia solitamente da decine di watt a diverse centinaia di watt.



Elettronica ed Energia elettrica

- Dato che l'efficienza è l'obiettivo dei convertitori di elettronica di potenza, le dispersioni di potenza dei dispositivi elettronici devono essere ridotte al minimo.
- La potenza istantanea dissipata da un dispositivo è uguale al prodotto della tensione (*volt*) ai capi dell'oggetto per la corrente (*ampere*) che vi scorre.

Elettronica ed Energia elettrica

- Per questo motivo, si può notare che le perdite di potenza sono ridotte al minimo quando la tensione è prossima allo zero, oppure quando non scorre corrente attraverso di esso.
- Perciò un convertitore elettronico di potenza è costruito con uno o più dispositivi che operano commutando dallo stato ON (tensione nulla) allo stato OFF (corrente nulla).

Elettronica ed Energia elettrica

- Ogni volta che un dispositivo elettronico è collegato alla rete (computer, televisione etc.) si trovano i convertitori AC/DC.



Elettronica ed Energia elettrica

- Un convertitore DC/AC è un apparato elettronico in grado di convertire una corrente continua in una corrente alternata.



Elettronica ed Energia elettrica

- Esso è funzionalmente il dispositivo anti-tetico rispetto al convertitore AC/DC; è alimentato con corrente continua, e dà una corrente alternata in uscita.



Elettronica ed Energia elettrica

- Le applicazioni sono molteplici:
 - nei gruppi di continuità convertono la tensione fornita dalla batteria in corrente alternata;
 - nella trasmissione di energia elettrica convertono l'energia in corrente continua di alcuni elettrodotti per essere immessa nella rete in corrente alternata;
 - nell'utilizzo di pannelli fotovoltaici, consentono di trasformare la tensione continua in tensione alternata da poter utilizzare in ambito domestico o immettere sulla rete di distribuzione.

Elettronica ed Energia elettrica

- Nella maggior parte degli strumenti mobili (cellulari etc.) si trovano i convertitori DC/DC per mantenere la tensione fissa a un certo livello, qualunque sia la carica della batteria.



Elettronica ed Energia elettrica

- I convertitori AC/AC sono usati per modificare sia il livello di tensione che la frequenza (adattatori di potenza internazionali etc.).



Elettronica ed Energia elettrica

- Nelle reti di distribuzione della potenza i convertitori AC/AC possono essere utilizzati per scambiare potenza tra le reti di distribuzione a 50 Hz e quelle a frequenza maggiore.



Elettronica e Motori elettrici

- Tra le funzioni fondamentali di ogni sistema industriale automatizzato vi è la **variazione di velocità** dei motori elettrici che fanno parte del sistema stesso.
- La scelta della velocità di rotazione ottimale offre infatti importanti benefici, come la maggiore durata di vita delle parti meccaniche e il risparmio energetico.

Elettronica e Motori elettrici

- Gli attuali **variatori elettronici** di velocità hanno ormai sostituito definitivamente le apparecchiature basate su tecnologie idrauliche, meccaniche ed elettromeccaniche.



Elettronica e Motori elettrici

- Nel controllo di velocità, l'azionamento deve gestire il moto di accelerazione e di decelerazione, oltre a garantire una velocità costante nel movimento a regime.
- I variatori elettronici di velocità, largamente utilizzati da molti anni e costantemente sviluppati e perfezionati, sono oggi classificabili in due categorie fondamentali i **variatori analogici** ed i **variatori digitali** che si distinguono, in particolare, per la natura del segnale di riferimento utilizzato.

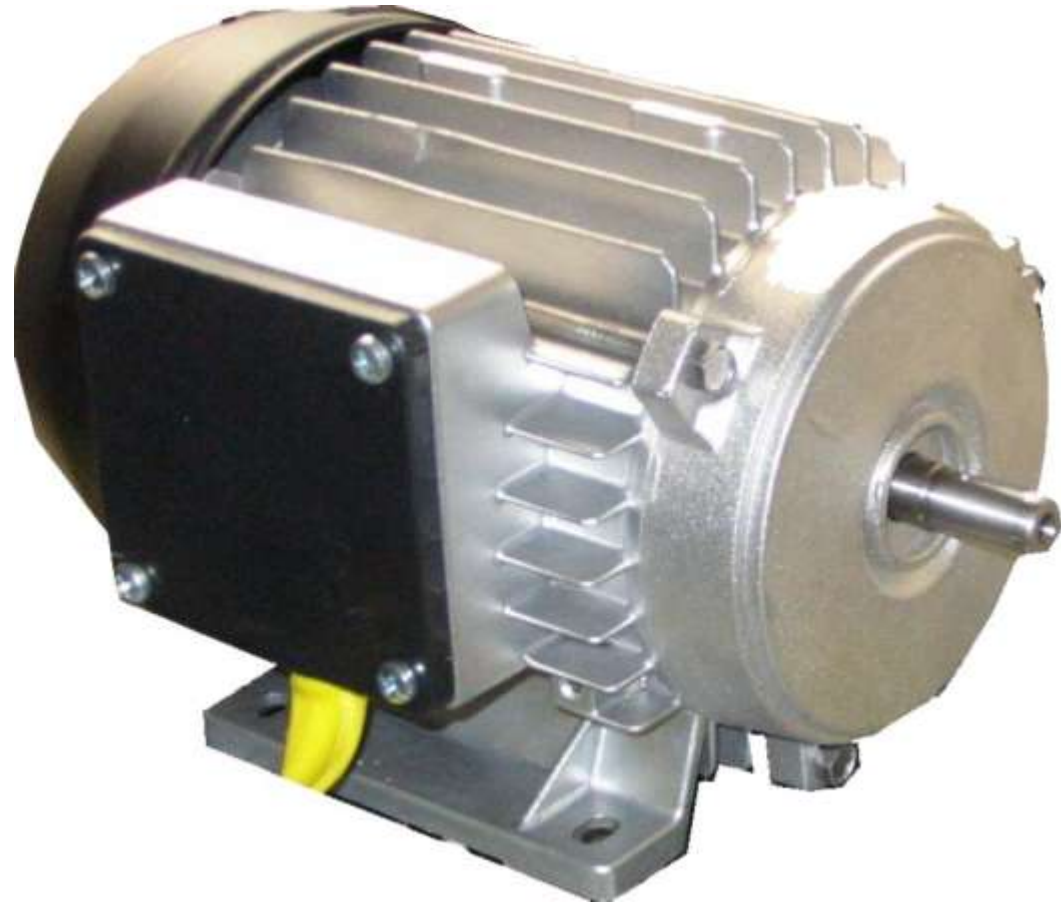
Electronica e Motori elettrici

- Gli azionamenti a velocità variabile, un insieme costituito dal motore elettrico dal sistema elettronico di alimentazione e controllo coadiuvato da trasduttori di posizione e velocità, oltre ad essere, per certe applicazioni, assolutamente indispensabili, consentono un'ottimizzazione dei processi con incremento di produzione e miglior rendimento degli impianti.

Elettronica e Motori elettrici

- Il motore asincrono è, a grandi linee, un motore a velocità praticamente costante se la frequenza è costante.
- La regolazione di velocità si ottiene quindi variando la frequenza.
- La variazione della frequenza richiede un circuito elettronico più complesso di un circuito elettronico che vari la sola tensione.

Elettronica e Motori elettrici



Motore asincrono

Elettronica e Motori elettrici

- Fino a qualche decennio fa un sistema di regolazione della velocità era un dominio assoluto del motore a corrente continua, la cui velocità è variabile con la tensione d'armatura, attualmente la regolazione di velocità con variazione di frequenza ottenuta con motori asincroni, sottrae sempre più spazi agli azionamenti in continua.

Elettronica e Automobile

- **EBD** (*Electronic Brake-power Distribution*)
“distribuzione elettronica della forza frenante”
- **ECM** (*Engine Control Module*)
“controllo elettronico del motore”
- **ECT** (*Electronic Controlled Transmission*)
“controllo elettronico della trasmissione”
- **ECU** (*Electronic Control Unit*)
“unità di controllo elettronico”

Electronica e Automobile

- **ESP** (*Electronic Stability Program*)
“programma elettronico della stabilità”
- **ETC** (*Electronic Traction Control*)
“controllo elettronico della trazione”
- **ESS** (*Electronic Suspension System*)
“sistema elettronico delle sospensioni”
- **ETCS** (*Electronic Throttle Control System*)
“sistema elettronico di controllo dell'alimentazione”

Elettronica e Automobile



Elettronica e Treno

- Il Sistema di Controllo della Marcia del Treno (conosciuto tra gli addetti ai lavori con l'acronimo **SCMT**) ha il compito di mantenere sotto vigilanza elettronica il comportamento del personale di macchina in base all'aspetto dei segnali ferroviari, la velocità massima consentita sul tratto di linea che si percorre e la velocità massima del treno stesso o materiale rotabile.

Elettronica e Treno



Elettronica e Treno

- Nel momento che il macchinista porta il treno in una condizione non sicura, il SCMT protegge la marcia del treno prima segnalando al personale di macchina la condizione di pericolo e se perdura azionando automaticamente la frenatura di emergenza fino ad arrivare a treno fermo.

Electronica e Treno

- L'installazione di tale sistema di controllo è iniziata nel 2003 e fino al 29 maggio 2007 sono stati attrezzati all'incirca 9.080 km.
- Il piano di realizzazione complessivo interessa 10.500 km circa di rete ferroviaria.

Elettronica e Treno

- Il Sistema Controllo Marcia Treni (SCMT) garantisce l'incremento degli standard di sicurezza dell'esercizio.
- Permette inoltre il possibile affidamento dei mezzi di trazione ad agente unico addetto alla guida.
- Il sistema è suddivisibile in **SST** (Sottosistema di Terra) e **SSB** (Sottosistema di Bordo).

Electronica e Treno

- Il Sottosistema di Terra è composto, nella sua unità minimale da un apparato encoder, generalmente posto in stazione, che genera un telegramma contenente una serie di informazioni secondo un protocollo prestabilito, in base alle condizioni che l'apparato di sicurezza rileva.

Elettronica e Treno

- Questo telegramma viene trasferito ad una **BOA** (o *balise*, o *trasponder*), posta su una traversa del binario, che ha la funzione di trasmetterlo al Sottosistema di Bordo.



BOA

Elettronica e Treno

- La boa viene "*energizzata*" dal passaggio dell'antenna del treno e trasmette così l'informazione codificata.



Elettronica e Treno

- Il Sottosistema di Bordo è composto principalmente da un computer che analizza i dati immessi in fase di partenza e quelli ricevuti dalle boe e genera così una curva di frenatura che il macchinista deve rispettare con la sua guida.
- Se questo non avviene il sistema avvia la frenatura d'emergenza.