



POLITECNICO  
DI TORINO

DET

Department of Electronics and Telecommunications

# Introduzione ai Segnali ed ai Sistemi Elettronici

# Sistemi Elettronici e Tecnologie

- Sistemi Elettrici ed Elettronici utilizzano entrambi fenomeni elettromagnetici a fini applicativi
- Nei **sistemi elettrici**: l'attenzione è rivolta al contenuto energetico
- Nei **sistemi elettronici**: l'attenzione è rivolta all'*informazione*



Sistema Elettrico



Energia



Sistema Elettronico



Informazione



POLITECNICO  
DI TORINO

DET  
Department of Electronics and Telecommunications

# Sistemi Elettronici

## ■ Applicazioni

- Elaborazione delle informazioni e calcolo (scientifico, simulazione, contabilità...)
- Entertainment (audio, video, multimedia...)
- Telecomunicazioni (wireless, wired, broadcast (radio/TV), ...)
- Intelligenza artificiale (riconoscimento di immagini, apprendimento,...)
- Sistemi di controllo (robotica, automotive, automazione industriale...)
- Bio-medicali (strumentazione medica, dispositivi impiantabili...)
- ... e molte altre dove sistemi elettronici (**embedded**) sono utilizzati in sistemi di altro tipo per controllarli, monitorarli e migliorarne le prestazioni



- Spesso singoli sistemi/apparati svolgono numerose funzioni (e.g. smartphone, tablet...)

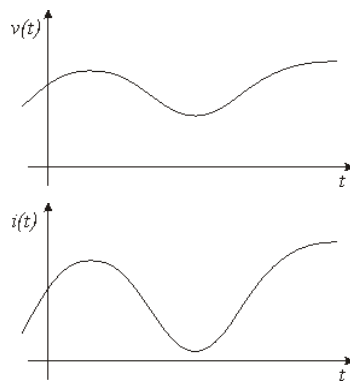
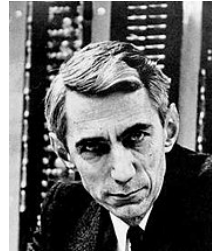


- Diffusione sempre più pervasiva di sistemi micro-nano elettronici a bassissimo costo interconnessi tra loro → **Internet of Things (IoT)**.

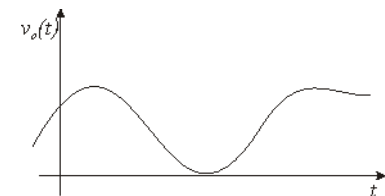


# Informazione e Sistemi Elettronici

- Significato convenzionale attribuito ad una **grandezza fisica variabile nel tempo** in base ad una opportuna codifica.
  - Teoria dell'informazione (Shannon, 1930)
  - **Segnale**: grandezza fisica variabile a cui è associata informazione.
- In Elettronica, si considerano **segnali elettrici**:  $v(t)$ ,  $i(t)$
- Un **Sistema Elettronico** è un qualsiasi apparato in grado di eseguire operazioni su segnali (*ingressi*) fornendo nuovi segnali (*uscite*).



Segnali in ingresso, Ingressi



Segnali in uscita, Uscite



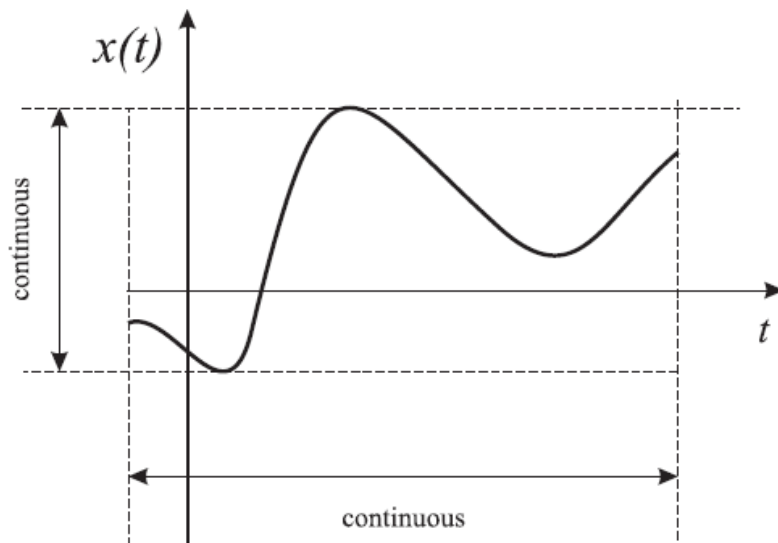
POLITECNICO  
DI TORINO

DET  
Department of Electronics and Telecommunications

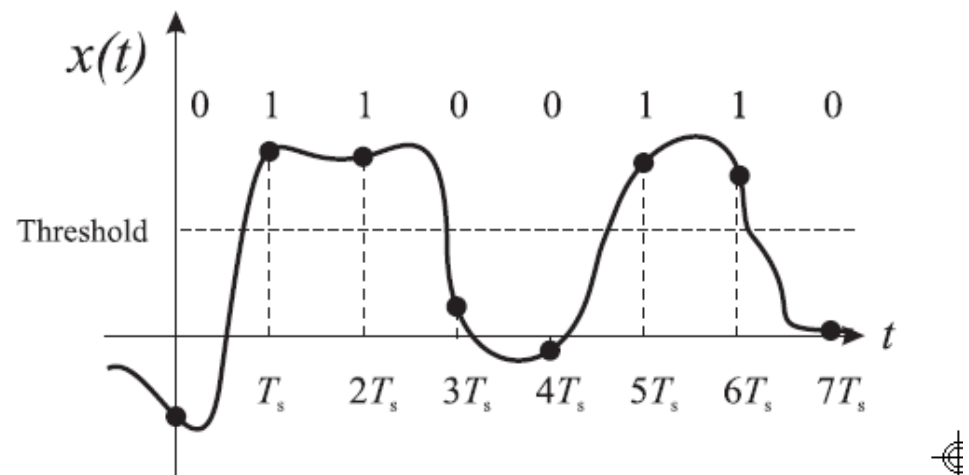
# Come associare informazione ad un segnale

- I segnali si differenziano *per come l'informazione è ad essi associata* in:
  - Segnali Analogici
  - Segnali Digitali (o Numerici)

Segnale Analogico



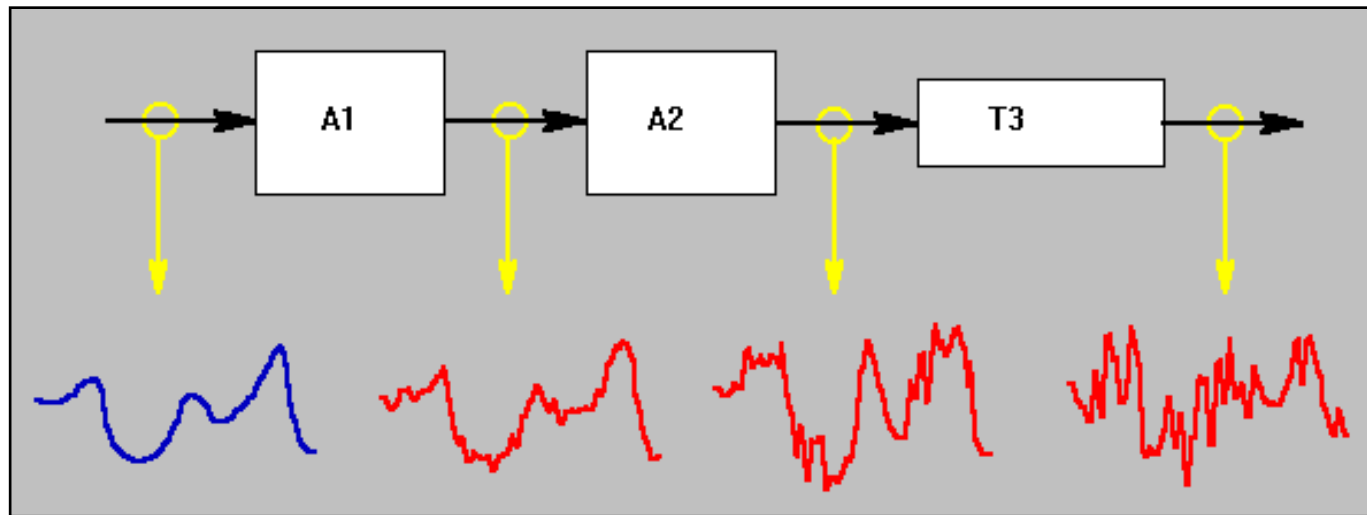
Segnale Digitale



# Segnale Analogico vs. Digitale

## ■ Il segnale analogico

- più vicino al mondo fisico (sensori, trasduttori)
- ha contenuto di informazione teoricamente infinito...
- ...ma il rumore aggiunto ad ogni elaborazione degrada parte dell'informazione in modo irreversibile, fino a corromperla completamente.



segnale analogico 'pulito'  
elevato rapporto segnale rumore (SNR)



segnale analogico degradato  
basso rapporto segnale rumore (SNR)



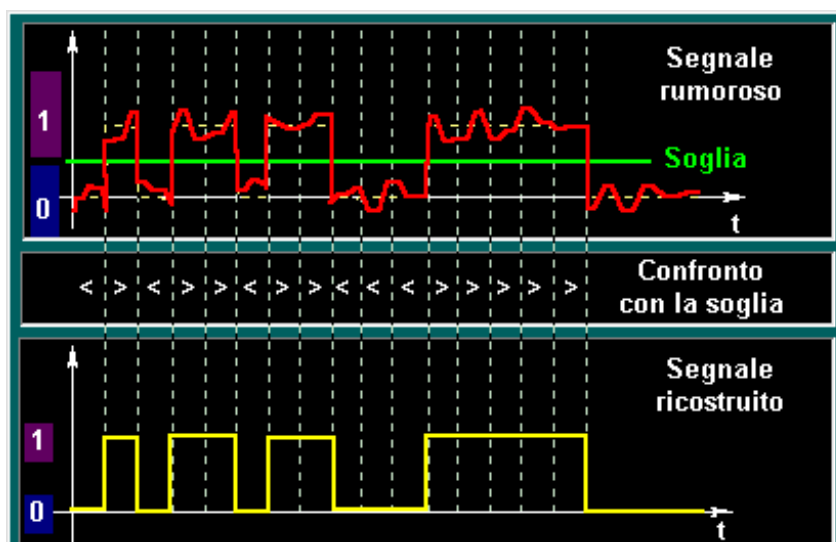
POLITECNICO  
DI TORINO

DET  
Department of Electronics and Telecommunications

# Segnale Analogico vs. Digitale

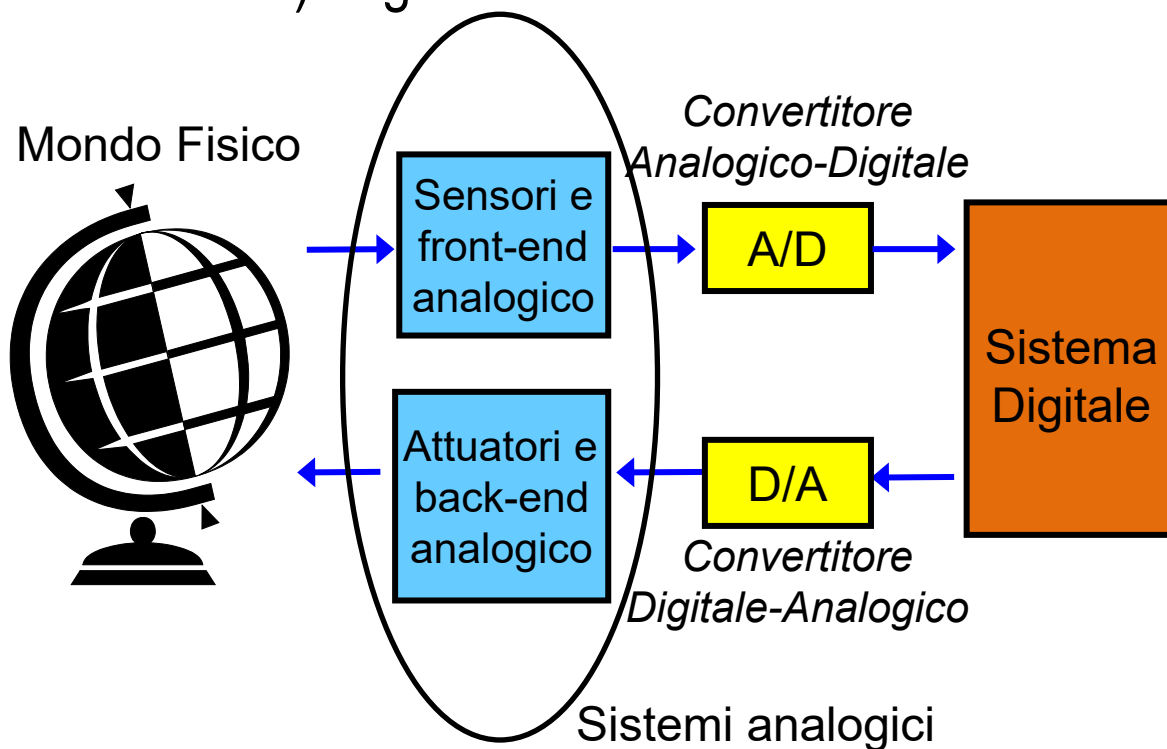
## ■ Il segnale digitale

- ha contenuto di informazione limitato ( $n$  campioni su due livelli  $\rightarrow n$  bit)
- il rumore aggiunto ad ogni elaborazione, se non è tale da invertire lo stato logico, *non degrada l'informazione*, che può essere recuperata esattamente confrontando il segnale con la soglia (**effetto rigenerativo**)
- E' più semplice da elaborare (HW riconfigurabile e a basso costo)



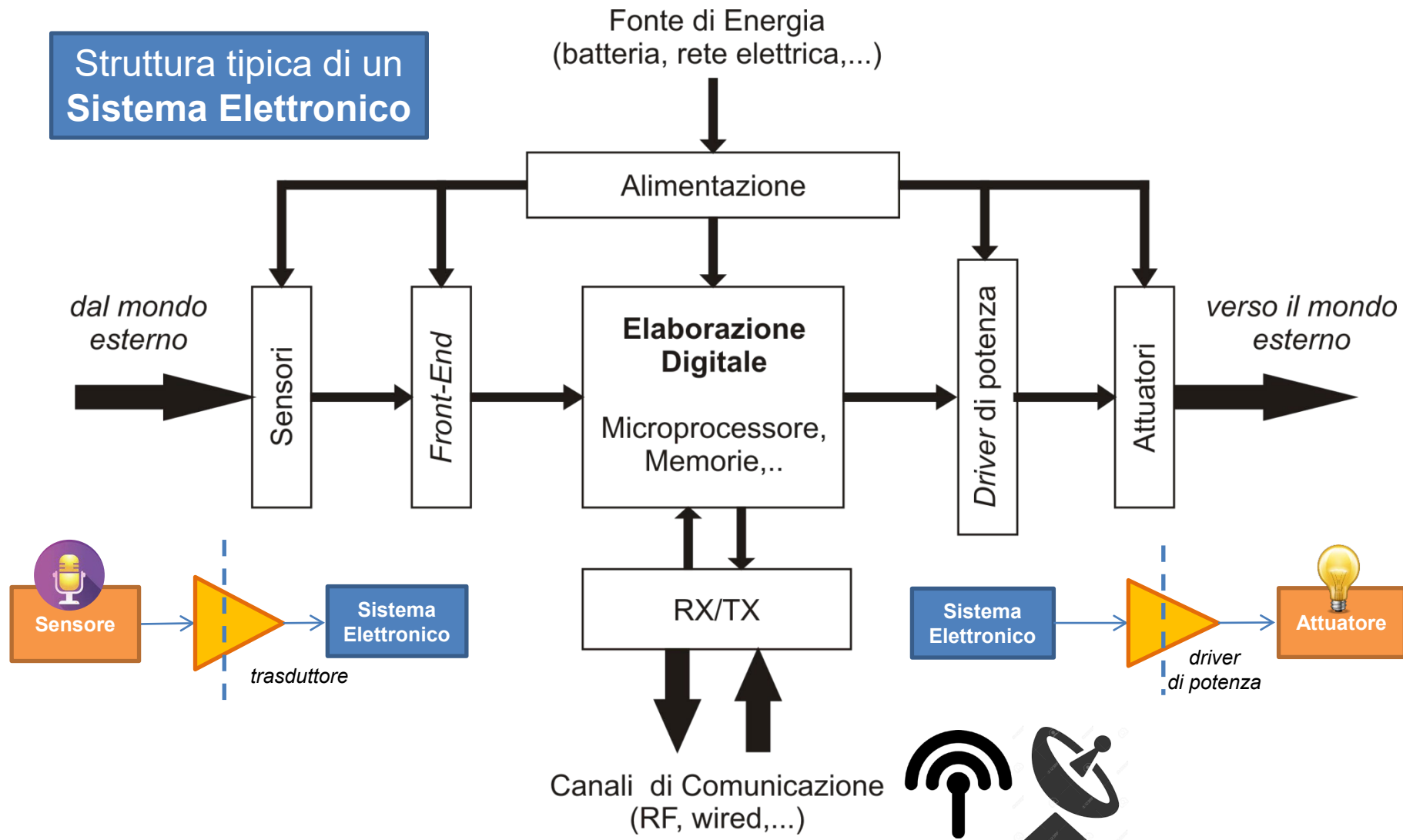
# Sistemi Elettronici

- Il corso di Sistemi Elettronici e Tecnologie è dedicato ai sistemi che elaborano **segnali analogici** (elettronica analogica)
- Si tratta tipicamente dei blocchi funzionali che elaborano (ricevono/trasmettono) segnali che comunicano «con il mondo fisico»





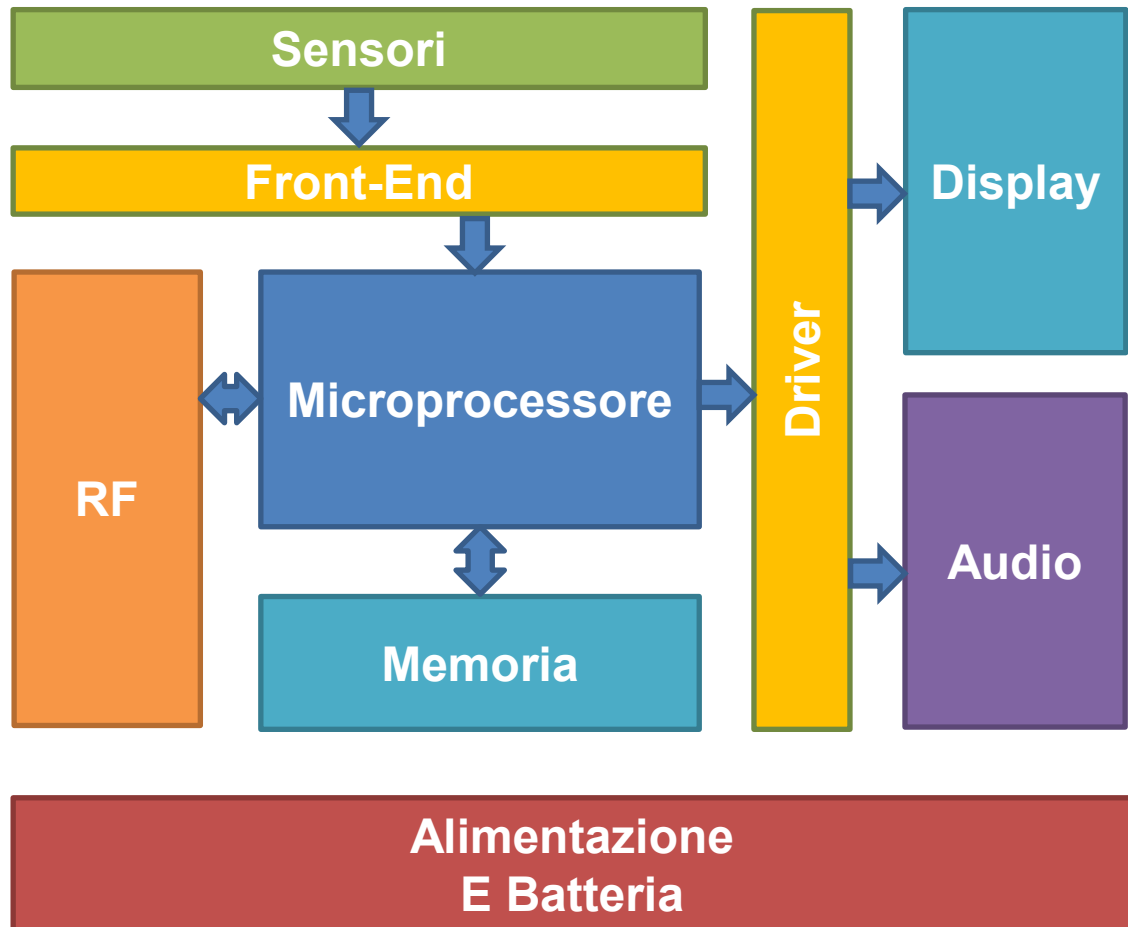
# Sistemi Elettronici



# Sistemi Elettronici: Smartphone

Schema a blocchi funzionale semplificato

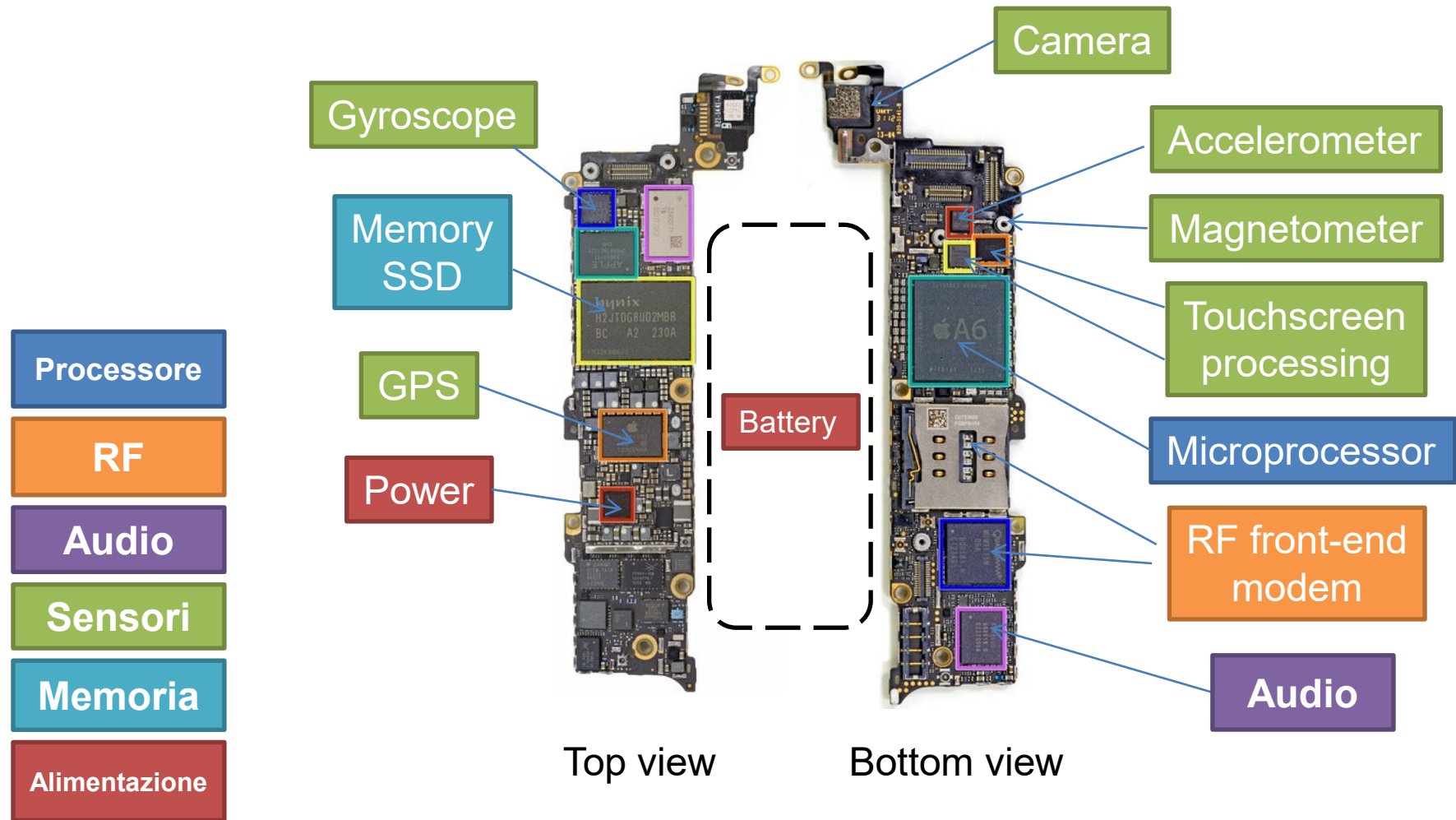
Smartphone



POLITECNICO  
DI TORINO

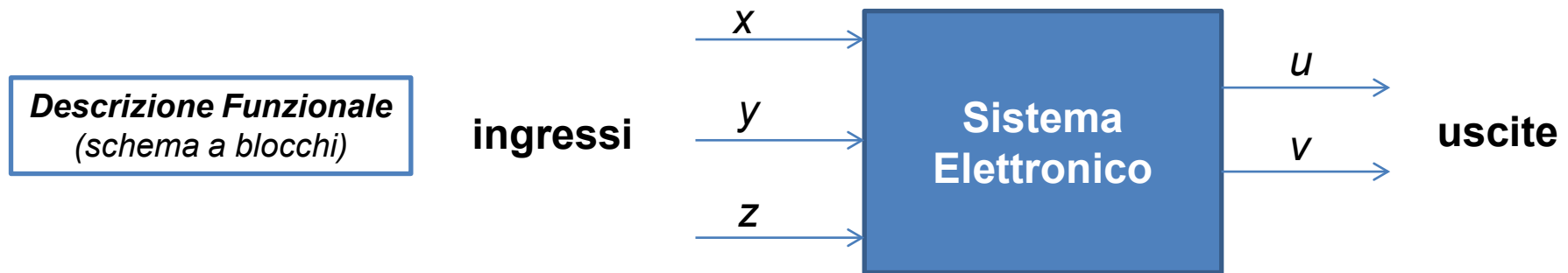
DET  
Department of Electronics and Telecommunications

# Sistemi Elettronici: Smartphone



# Sistemi Elettronici

- Un **Sistema Elettronico** è un qualsiasi apparato in grado di eseguire operazioni su segnali (*ingressi*) fornendo nuovi segnali (*uscite*).
- Può essere descritto in termini *funzionali* ...
  - Cosa fa? → *Funzione*
  - Quanta e quale energia richiede? → *Alimentazione*
  - Come interagisce con gli altri moduli? → *Specifiche d'Interfaccia*
- ... senza necessità di conoscere la struttura o il funzionamento interno (*che cosa c'è dentro/come funziona*) → come una funzione di libreria in un linguaggio di programmazione ad alto livello.



# Sistemi Elettronici: Funzioni elementari

- Ma per comprendere il funzionamento o progettare un sistema elettronico è necessario conoscere la struttura interna
- Le funzioni di un sistema elettronico complesso si possono realizzare partendo da un numero relativamente ridotto di **funzioni elementari** (**decomposizione funzionale**) così com'è possibile sviluppare SW complesso a partire da poche istruzioni elementari.

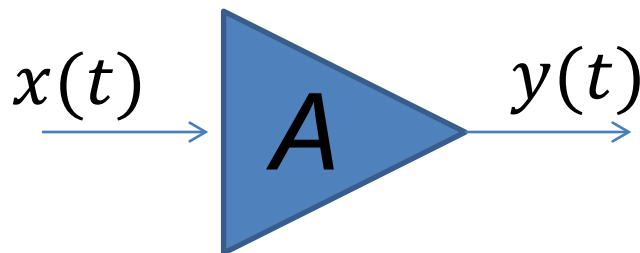


- In pratica, l'elettronica consiste nel saper progettare i circuiti che realizzano le funzioni elementari. Quali sono queste funzioni?

# Sistemi Elettronici: Funzioni Analogiche senza memoria

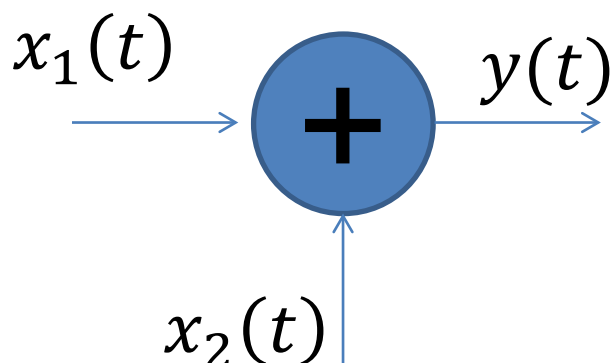
- Amplificazione (multipl. per una costante):  $y(t) = Ax(t)$

Amplificatore



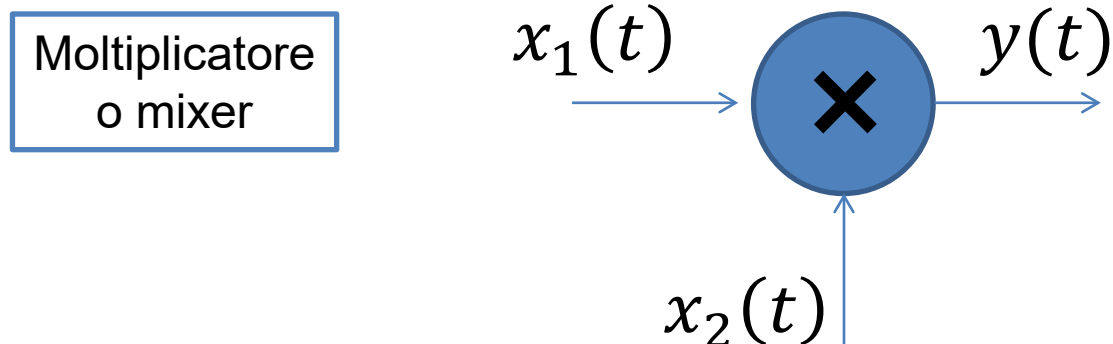
- Somma:  $y(t) = x_1(t) + x_2(t)$

Sommatore

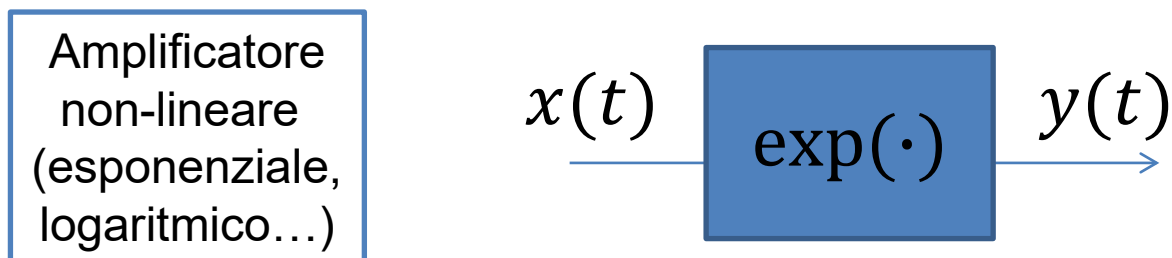


# Sistemi Elettronici: Funzioni Analogiche senza memoria

- Prodotto:  $y(t) = k_p x_1(t) * x_2(t)$



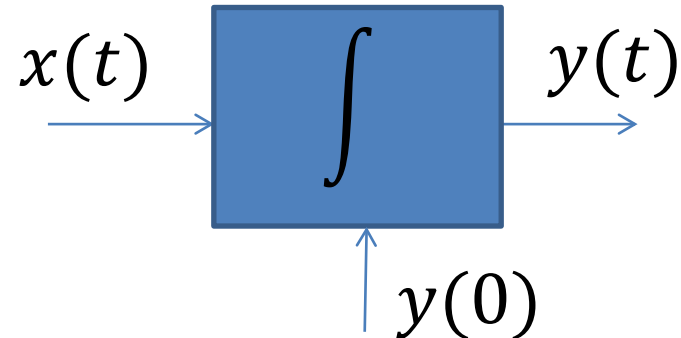
- Altre funzioni senza memoria (esponenziale, logaritmo,...):  
 $y(t) = k_1 \exp[k_2 x(t)]$



# Sistemi Elettronici: Funzioni Analogiche con memoria

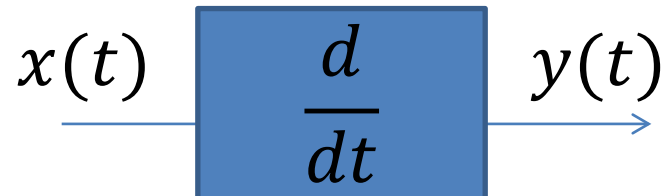
- Integrale definito nel tempo:  $y(t) = \int_0^t k_i x(t') dt' + y(0)$

Integratore



- Derivata temporale:  $y(t) = k_d \frac{dx}{dt}$

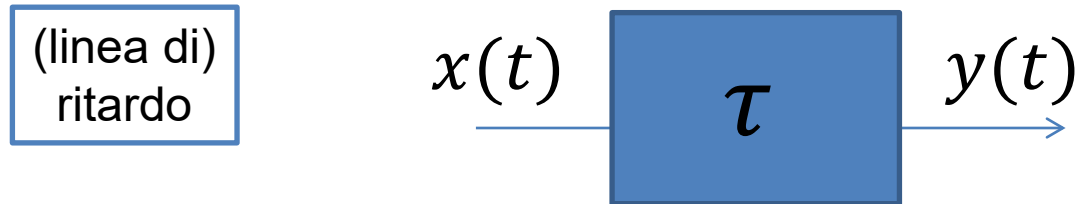
Derivatore





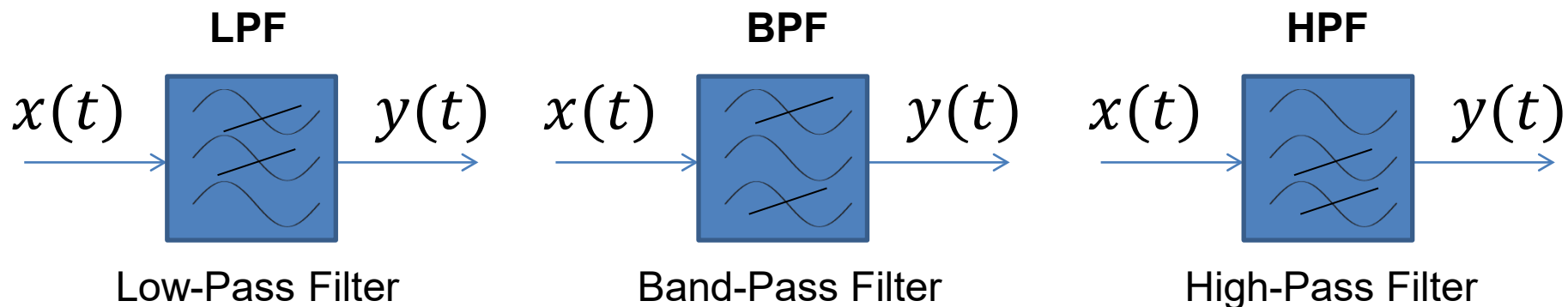
# Sistemi Elettronici: Funzioni Analogiche con memoria

- Ritardo:  $y(t) = x(t - \tau)$



- Filtraggio:  $Y(f) = H(f)X(f)$

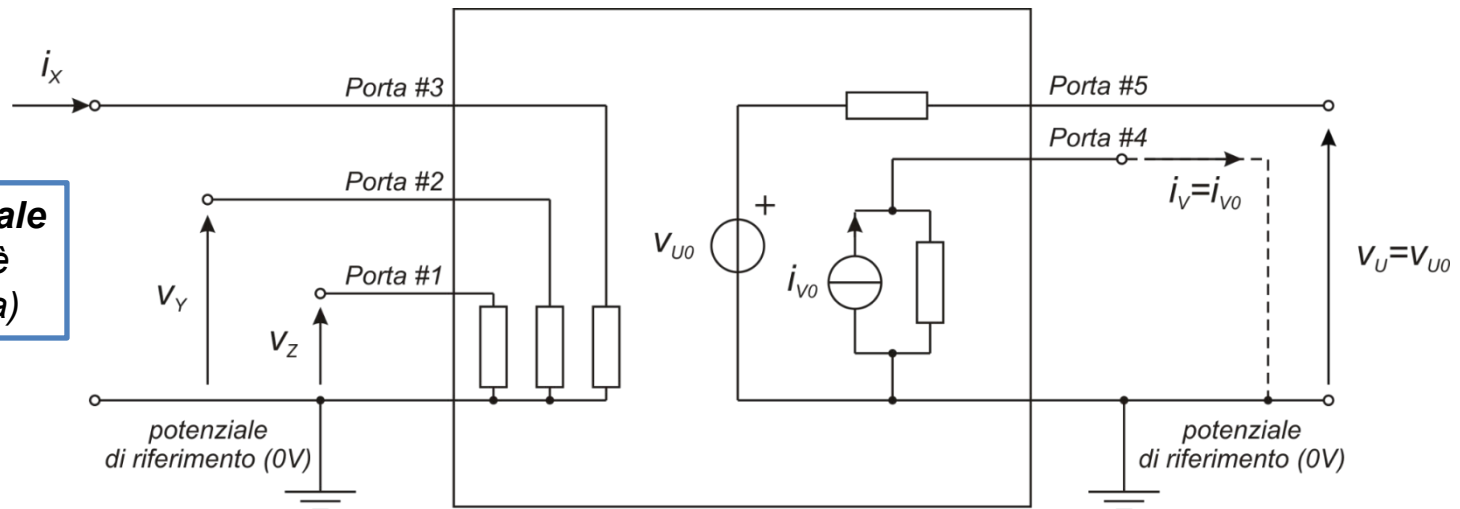
– La funzione di trasferimento  $H(f)$  può essere di tipo passa-basso, passa-banda passa-alto



# Dal Sistema al Circuito Elettronico

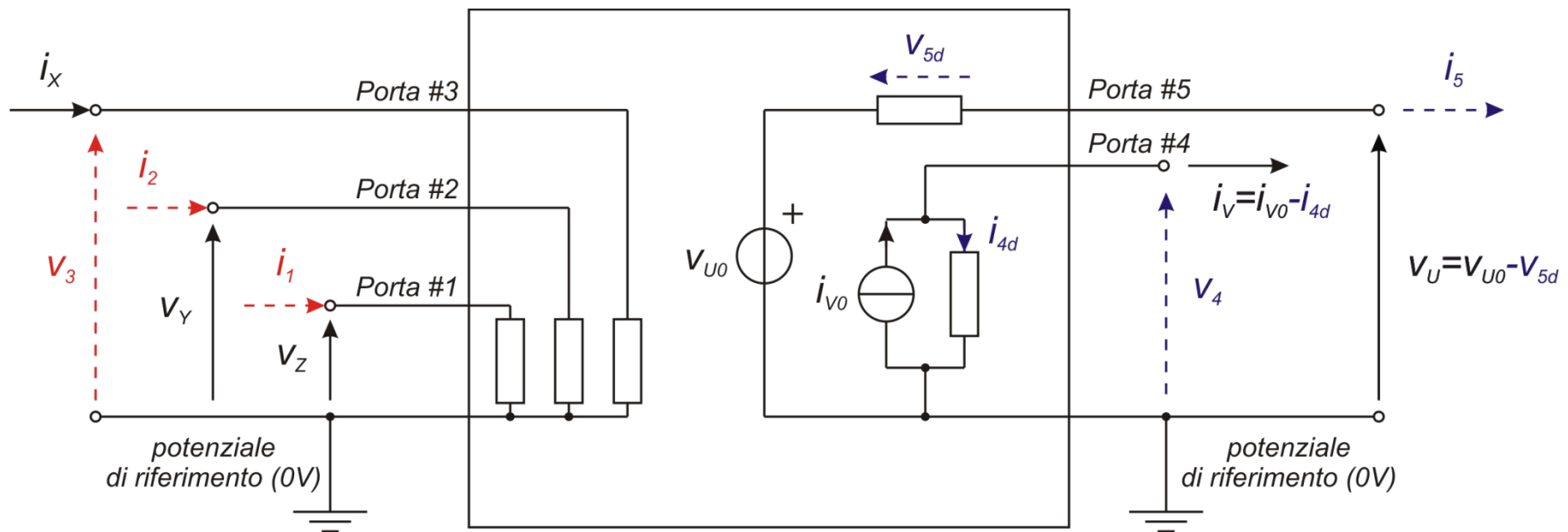
- *Ma che cosa c'è dentro/come funziona ciascun blocco elementare?*
- Un sistema elettronico è un *circuito elettrico*, o meglio un **N-porte**
  - gli ingressi sono **tensioni** (definite rispetto ad un potenziale di riferimento comune detto 0V, GND o anche *massa*) o **correnti**.
  - le uscite si possono vedere come **generatori di tensione** o **corrente non ideali**.
  - valgono le leggi di Kirchhoff (di  $V$  e  $I$ ) e tutte le regole della Teoria dei Circuiti.

**Descrizione Circuitale**  
(ad ogni ingresso è associata una porta)



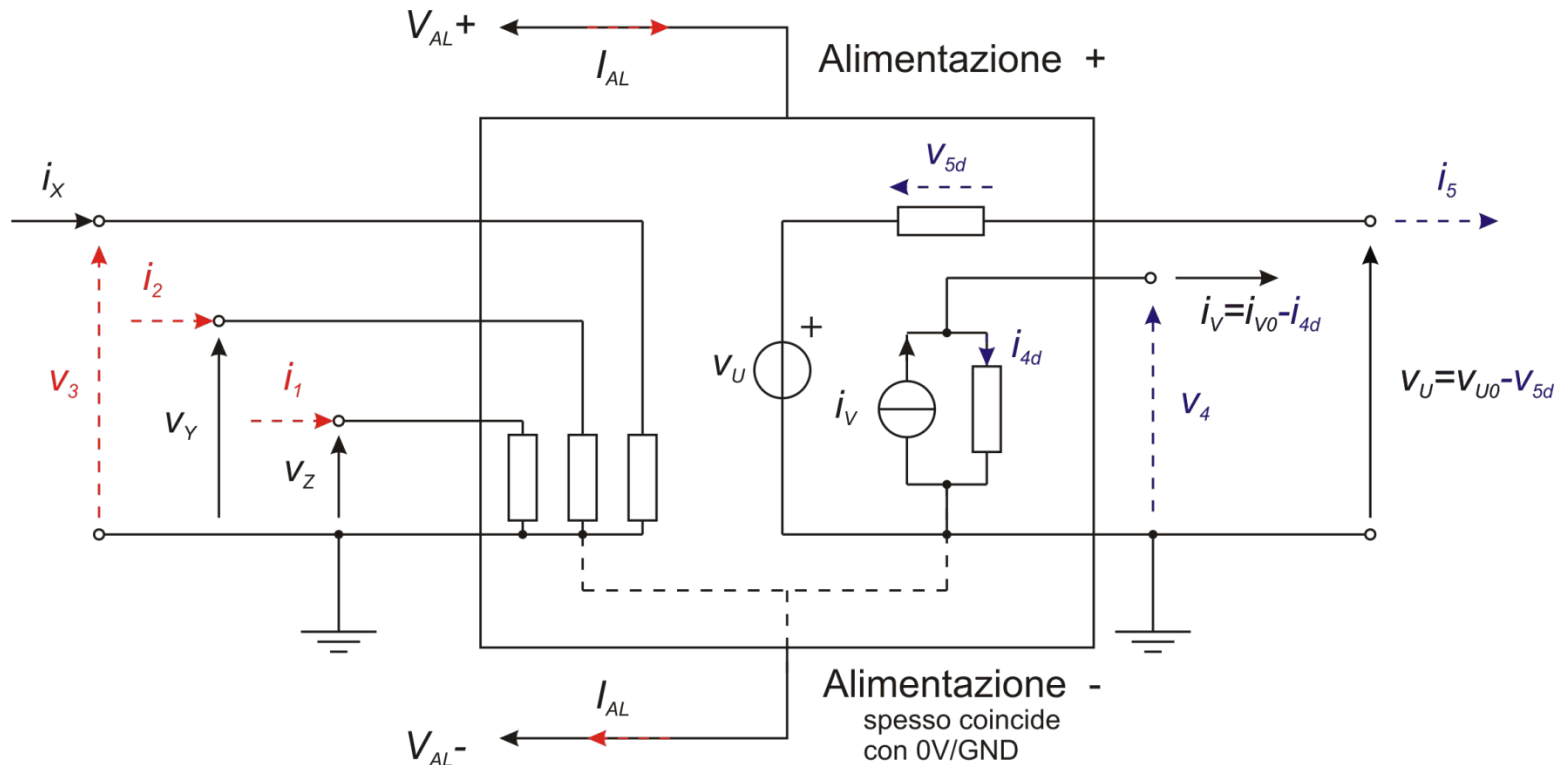
# Dal Sistema al Circuito Elettronico

- Un sistema elettronico è un *circuito elettrico*.
  - Anche se il segnale di interesse ad una porta (ingresso o uscita) è una tensione (una corrente), alla stessa porta è definita anche una corrente (una tensione) che dipende da ciò che è collegato esternamente (condizioni di carico) e può influenzare il comportamento del circuito e/o di quanto è ad esso collegato.



# Dal Sistema al Circuito Elettronico

- Un sistema elettronico è un *circuito elettrico*
  - per il suo funzionamento ***richiede energia elettrica***, normalmente sotto forma di ***tensione continua tra due morsetti*** (valori tipici: 5V, 3.3V, 2.5V, 1.8V, 1V)



# Dal Sistema al Circuito Elettronico

- Pre comprendere il flusso di progetto (dal “sistema” al “circuito”) si analizzeranno principalmente i circuiti amplificatori
- I circuiti elettronici utilizzano *componenti non ancora noti*
  - **dispositivi a semiconduttore, principalmente transistori**
  - per poter comprendere il funzionamento di un sistema elettronico e le specifiche d'interfaccia, è necessario conoscere e saper analizzare i dispositivi a semiconduttore ed avere idea dei principi fisici su cui si basano

