

SEGNALI E SISTEMI

Ci chiediamo che cosa sia un sistema e che cosa un segnale.
Ad esempio, consideriamo un' AUTOMOBILE: il conducente preme l'acceleratore e l'auto risponde a tale sollecitazione aumentando la propria velocità

↳ SISTEMA: Automobile

SEGNALE di ingresso: pressione sull'acceleratore

⇒ risposta del sistema: velocità dell'automobile che varia

oppure ancora RADIO: dei diversi segnali radio presenti nell'aria ne selezioniamo uno (agendo sulla ~~memoria~~ selezione delle frequenze), esso è prelevato dall'antenna e opportunamente amplificato e trasmesso all'altoparlante in uscita

↳ SISTEMA: ricevitore radio

SEGNALE di ingresso: segnali captati dall'antenna

⇒ risposta del sistema: segnale audio in uscita dell'altoparlante

ELETTRONICA: Tecnologia di elaborazione delle informazioni basata sul trattamento dei segnali di tipo elettrico.

↳ progettazione e applicazione di dispositivi e sistemi elettronici.

- ⇓
- un segnale elettrico (variazione di tensione, variazione di corrente) è utilizzato per convogliare e trasmettere una data informazione.
- il sistema elettronico elabora (semplifica, filtra, condiziona) questi segnali e dunque, l'informazione in essi contenuta

9) per ~~se~~ perseguire determinati scopi e raggiungere certi obiettivi.

Ad esempio: fotocamera "digitale": l'immagine della fotografia è "convertita" con un opportuno sensore (matrice di CCD) in segnale elettrico e questo viene opportunamente filtrato per poter dire quanta carica è stato prodotto - Tale informazione viene elaborata e successivamente riprodotta sullo schermo della fotocamera oppure può essere trasferita, sempre come segnale elettrico, al PC per l'archiviazione, l'elaborazione, la trasmissione...

È più conveniente l'uso di un sistema elettronico rispetto ad uno meccanico (pensate ad esempio all'orologio "meccanico" rispetto a quello digitale) per diversi motivi:

- = dimensioni in genere più compatte
- = minor costo (non devo fare migliaia di pezzi meccanici di precisione, ma una replica di circuiti integrati, oggi disponibili ad un costo molto basso)
- = disponibilità dell'informazione per essere trasmessa, elaborata, resa disponibile ad altri sistemi senza necessità di ulteriori conversioni

Il segnale contengono informazioni di numerose attività e fatti della vita di ogni giorno (temperature, pressione, velocità del vento \Rightarrow condizioni, stinosferiche; segnale acustico + immagini \Rightarrow notizie dal mondo; numerosi parametri \Rightarrow processo industriale...)

ELETTRONICA: tecnologia di elaborazione delle informazioni basata sul trattamento dei segnali di tipo elettrico.

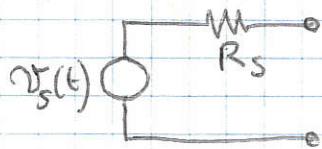
* **SEGNALI ANALOGICI**

A partire dai vari segnali esistenti in natura (Temperatura, luce, torsione ...) per poter disporre di un segnale elettrico che possa essere successivamente elaborato e trattato da un sistema elettronico è necessario un processo di **TRASDUZIONE**: processo che consente la traduzione di un generico segnale in un segnale elettrico di tensione o di corrente.

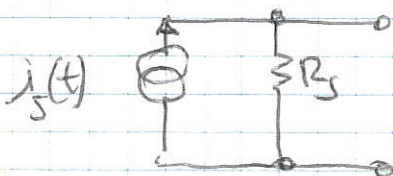
Grandezza fisica	Sensore	Attuatore
suono	microfono	altoparlante
temperatura	termistore, termocoppia	riscaldatore
luce	fotodiodo, fototransistore	LED, display...
forza	strain gauge, sensori piezoelettrici	solenoidi
torsione	misuratore di torsione	motore
posizione, angolo	encoder, potenziometro	solenoidi motore

Tutti i sensori possono essere modellizzati ai fini del segnale elettrico generato mediante il loro:

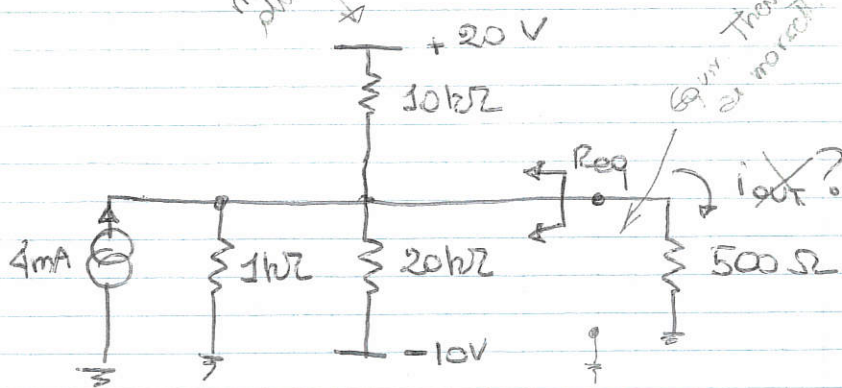
= equivalente Thevenin: preferito quando la resistenza R_s di sorgente è di basso valore



= equivalente Norton: preferito quando la resistenza R_s di sorgente è di alto valore



Esercizio



* +20, -10V: sono generatori riferiti a massa

* -10V (esistono anche Tensioni negative! il generatore di tensione è collegato con il morsetto positivo a massa)

* che cosa significa spegnere un generatore di tensione ed uno di corrente?

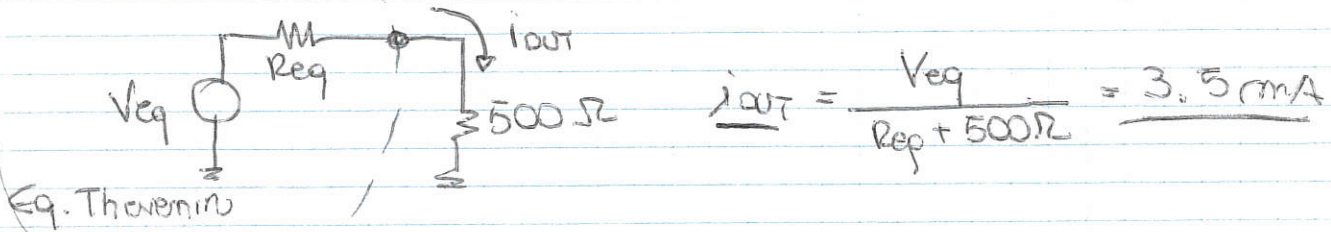
$$R_{eq} = 10k\Omega // 20k\Omega // 1k\Omega = 870\Omega$$

$$V_{eq1} = \left(\frac{10k\Omega // 20k\Omega // 1k\Omega}{20k\Omega + 10k\Omega + 1k\Omega + 10k\Omega \cdot 1k\Omega} \right) 4mA = \frac{(10k\Omega \cdot 20k\Omega \cdot 1k\Omega) 4mA}{20k\Omega + 10k\Omega + 1k\Omega + 10k\Omega \cdot 1k\Omega} = 3.48V$$

$$V_{eq2} = \frac{20k\Omega // 1k\Omega}{20k\Omega // 1k\Omega + 10k\Omega} \cdot 20V = \frac{\frac{20}{21}k\Omega}{\left(\frac{20}{21} + 10\right)k\Omega} \cdot 20V = 1.74V$$

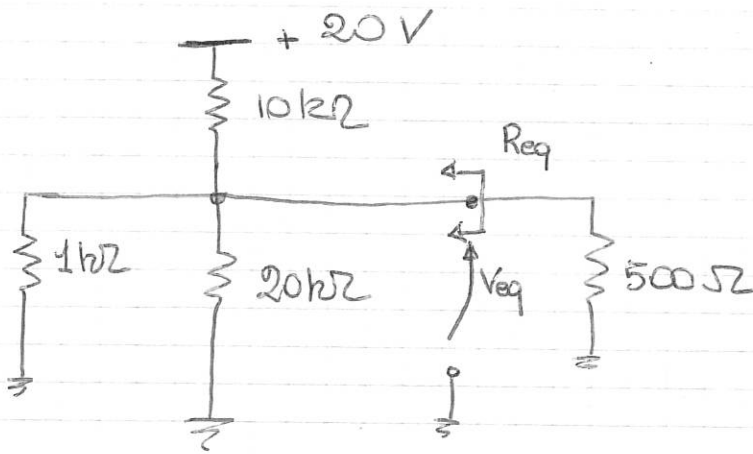
$$V_{eq3} = \frac{10k\Omega // 1k\Omega}{(10k\Omega // 1k\Omega) + 20k\Omega} \cdot (-10V) = \frac{\frac{10}{11}}{\frac{10}{11} + 20} \cdot (-10V) = 0.43V$$

$$V_{eq} = V_{eq1} + V_{eq2} + V_{eq3} = (3.48V + 1.74V - 0.43V) = 4.79V$$



$$i_{OUT} = \frac{V_{eq}}{R_{eq} + 500\Omega} = 3.5mA$$

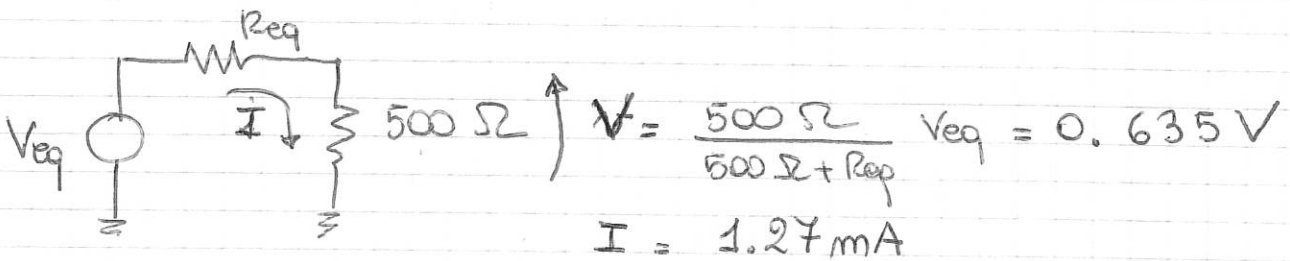
Il segnale elettrico ottenuto dal processo di trasduzione sollecitato in ingresso un sistema elettronico, al quale produce in uscita uno o più segnali elettrici che a loro volta possono essere utilizzati per far vedere quantità fisiche - d'operazione di conversione da segnali elettrici a grandezze fisiche è fatto mediante apparati, chiamati ATTUATORI.

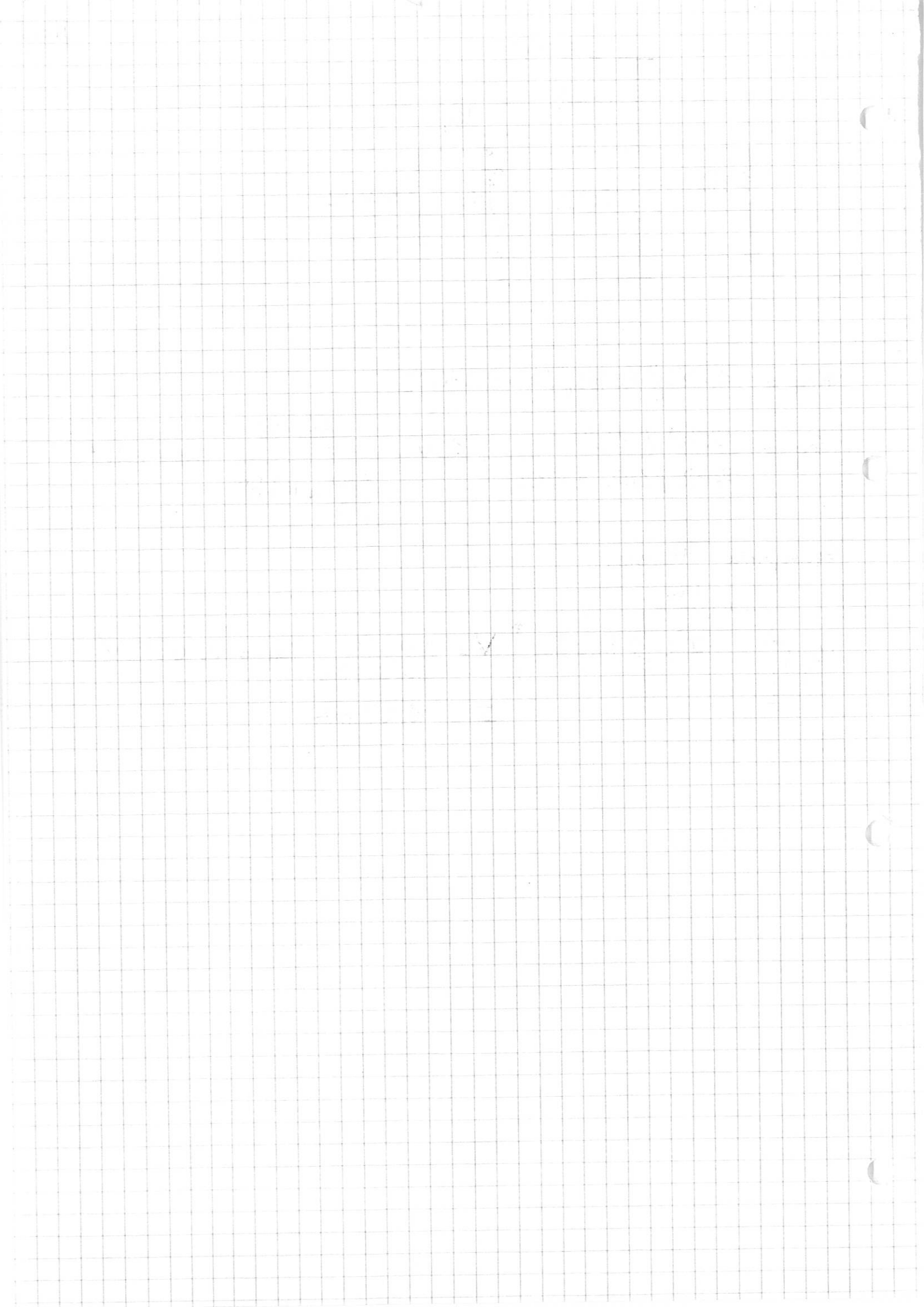


$$R_{eq} = 10 \text{ k}\Omega // 20 \text{ k}\Omega // 1 \text{ k}\Omega = 870 \Omega$$

$$V_{eq} = \frac{20 \text{ k}\Omega // 1 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega // 1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \cdot 20 \text{ V} = \frac{\frac{20}{21} \text{ k}\Omega}{\left(\frac{20}{21} + 10\right) \text{ k}\Omega} \cdot 20 \text{ V} = 1.74 \text{ V}$$

Äquivalente Thevenin:





Ad esempio un segnale audio corrisponde ad una variazione della pressione dell'aria. Un microfono trasduce la variazione di pressione producendo un segnale di tensione il cui andamento nel tempo è proporzionale all'andamento della pressione sonora.

Fig. 1

Tale segnale è un SEGNALE ANALOGICO, il nome deriva dal fatto che tale segnale è "analogo" alla grandezza fisica che rappresenta. L'andamento della forma d'onda nel tempo rappresenta la variazione nel tempo dell'informazione portata da tale segnale. Un segnale analogico assume una gamma continua di valori.

Vi sono anche segnali analogici più complessi in cui l'informazione è modulata su una portante, come accade nel caso dei segnali radio AM e FM

Fig. 2

Per elaborare le informazioni contenute nei segnali analogici occorre utilizzare circuiti elettronici per modificare selettivamente l'ampiezza, la fase e la frequenza di tali segnali; occorre aumentare significativamente, di solito, la tensione, corrente o potenza del segnale ⇒ AMPULIFICATORI

Oltre che nel dominio del tempo un segnale può essere anche rappresentato nel dominio della frequenza, attraverso il suo SPETTRO DI FREQUENZE. Tale descrizione è ottenuta attraverso lo strumento matematico delle SERIE DI FOURIER e della TRASFORMATA DI FOURIER, che ci consentono di rappresentare un segnale come la somma di segnali sinusoidali di differenti ampiezze e frequenze - ad esse di Fourier si con-

13 sente di rappresentare segnali periodici, mentre la Trasformata di Fourier è più generale e ci fornisce lo spettro di frequenza di un segnale di forma qualsiasi.

Fig. 3 e Fig. 4

Ad esempio, un ondo quadro può essere espresso come la somma di un numero infinito di sinusoidi di frequenze multiple dell'armonico fondamentale.

$$v(t) = \frac{4A}{\pi} \left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots \right)$$

$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ frequenza fondamentale

Dato che le ampiezze delle armoniche successive decrescono progressivamente, è possibile troncare la serie ed ottenere una riproduzione approssimata dell'ondo quadro.

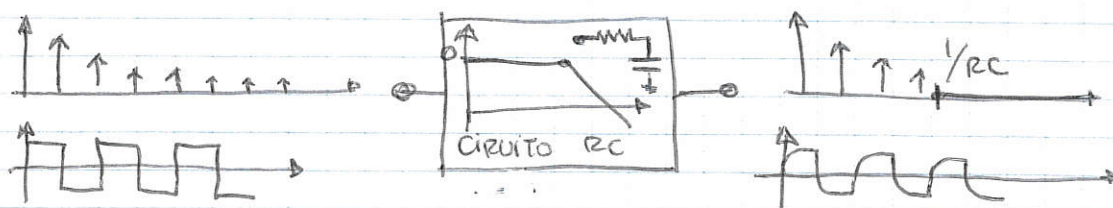
Le ~~proprie~~ componenti sinusoidali di tale serie costituiscono lo spettro di frequenza dell'ondo quadro.

La Trasformata di Fourier è applicata ai segnali non periodici del tempo e fornisce uno spettro di frequenza che è una funzione continua della frequenza \Rightarrow in un segnale non periodico sono in generale contenute tutte le componenti di frequenza. Tuttavia solitamente la porzione ~~più~~ essenziale dello spettro di un segnale è contenuta in una banda limitata di frequenze. Ad esempio, lo spettro di un segnale in "banda audio" si estende da circa 20 Hz a 20 kHz, che è la banda ~~che~~ ^{che} l'orecchio umano è in grado di udire.

↳ un segnale può essere equivalentemente rappresentato nel dominio del tempo o della frequenza; quindi anche nel caso di un segnale elettrico non sinusoidale siamo in grado di scomporre il segnale in una somma di sinusoidi.

calcolare la risposta del sistema elettronico ad ognuno di esse e poi applicando il principio di sovrapposizione degli effetti ricostruire il segnale di uscita.

(eventualmente esempio circuito RC:



perdo le componenti veloci \Rightarrow tolgo i fronti rapidi)

* SEGNALI DIGITALI

Una forma alternativa per rappresentare un segnale è utilizzare una sequenza di numeri, ciascuno rappresentante la grandezza di quel segnale ad un certo istante di tempo; questo è detto SEGNALE DIGITALE.

Consideriamo un segnale analogico (parlavo del segnale audio già visto) che venga campionato, cioè venga misurato l'ampiezza del segnale ad istanti di tempo successivi. Il segnale così ottenuto è definito solo negli istanti di campionamento \Rightarrow non è più una funzione continua del tempo, ma DISCRETA, tuttavia dato che la grandezza di ogni campione può assumere ogni valore in un intervallo continuo tale segnale è ancora un segnale analogico.

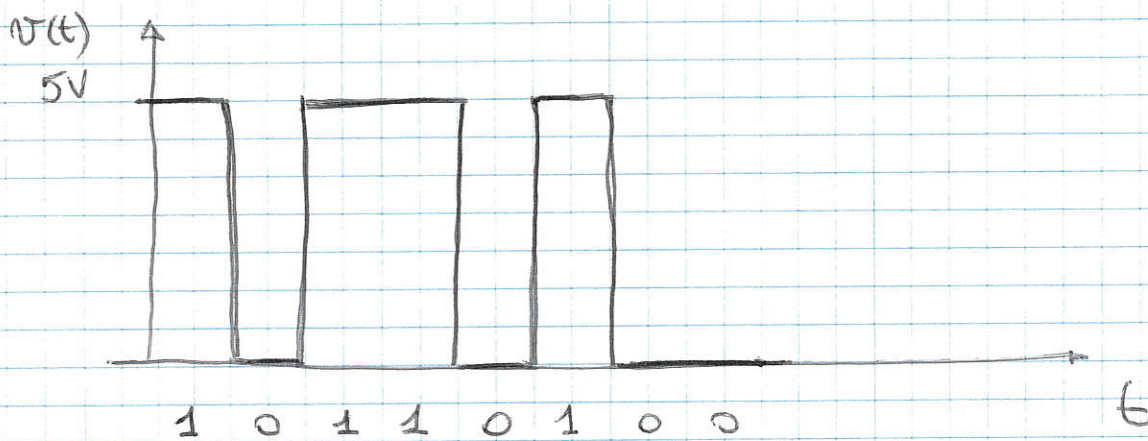
Fig. 5

Se ora rappresentiamo ~~lo~~ il valore di ogni campione di quel segnale con un numero codificato da un numero finito di cifre \Rightarrow l'ampiezza del segnale risultante DIGITALIZZATA (QUANTIZZATA) e non più continua. Il segnale digitale risultante sarà semplicemente una sequenza di numeri che rappresentano i valori di ogni campione.

da scelta del sistema di numerazione usato per la rappresentazione di tale segnale modifica il tipo di segnale digitale prodotto e condiziona la complessità del circuito necessario per il suo trattamento.

⇓
SISTEMA BINARIO: due soli valori possibili per ogni cifra del numero: 0 e 1.

⇓
 i segnali digitali in un sistema binario necessitano di due soli livelli di tensione: alto e basso, ad esempio 0V e 5V



Se usiamo N cifre ^(BITS) per rappresentare ogni campione di un segnale analogico, il campione digitalizzato può essere espresso

così come:

$$D = b_0 2^0 + b_1 2^1 + b_2 2^2 + \dots + b_{N-1} 2^{N-1}$$

$$b_i = 0, 1$$

b_0 : BIT MENO SIGNIFICATIVO (LEAS SIGNIFICANT BIT)

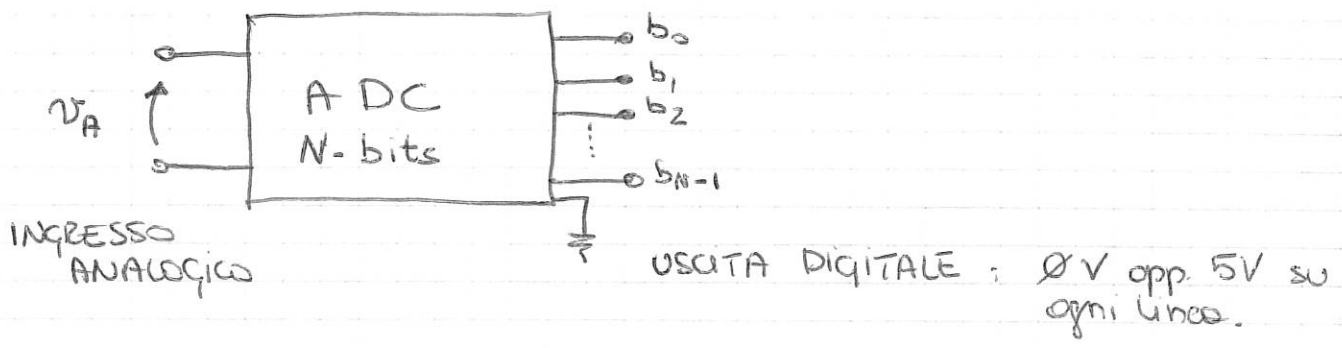
b_{N-1} : BIT PIÙ SIGNIFICATIVO (MOST SIGNIFICANT BIT)

⇓
 Questo numero binario si scrive:

$$b_{N-1} b_{N-2} \dots b_1 b_0$$

Lo stesso campione analogico è discretizzato in 2^N LIVELLI

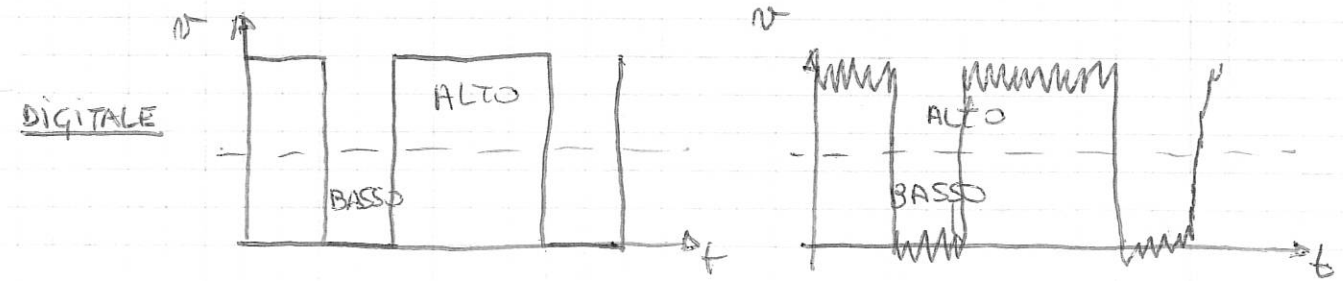
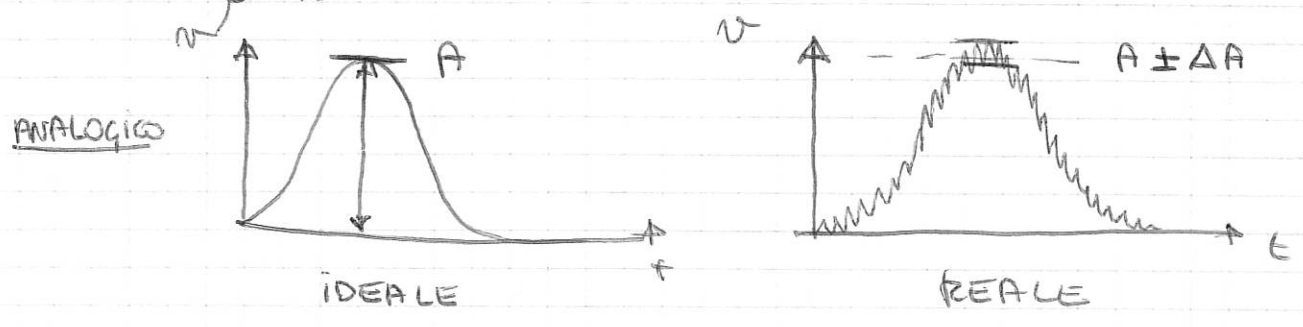
Maggiore è il numero di bits, meglio la parola digitale approssima il valore del campione analogico (cioè riduce l'errore di quantizzazione e aumenta la risoluzione della conversione A/D) alle spese di un maggior costo e complessità del convertitore



Esistono anche blocchi circuiti che effettuano l'operazione opposta: i convertitori digitale analogico.

Una volta che il segnale è nella sua forma digitale esso viene trattato usando circuiti digitali

- * i circuiti digitali sono in generale più semplici di quelli analogici, avendo ingressi solo 0 o 1.
- * sistemi digitali possono essere realizzati usando una varietà limitata di blocchi circuiti replicati un numero elevato di volte.
- * segnali digitali sono insensibili al rumore e ai disturbi.



17

- * segnali digitali sono facili da elaborare
- * segnali digitali sono facili da memorizzare (RAM, ROM, EPROM, FLASH...)

Tuttavia, in molti sistemi elettronici non è sufficiente una parte digitale, ma è anche necessaria una sezione analogica per effettuare il trattamento in maniera ottimale del segnale.

↳ un buon ingegnere elettronico deve conoscere sia per progettare sia l'elettronica analogica che quella digitale.

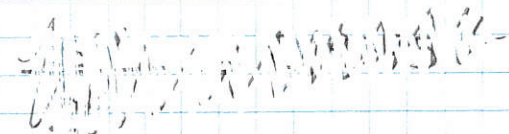
ESERCIZIO

Si consideri una parola digitale a 4 bits:

$$D = b_3 b_2 b_1 b_0$$

usata per rappresentare un segnale analogico v_A che varia tra 0 e +15V

- Quale parola digitale D si ottiene quando $v_A = 0, 1, 2, 15V$
- Di quanto deve cambiare v_A affinché b_0, b_1, b_2, b_3 rispettivamente cambino da 0 a 1
- se $v_A = +5.2V \Rightarrow D = ?$ e qual è l'errore nella rappresentazione?

a) 

$$v_A = 0V \Rightarrow D = 0000$$



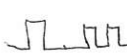
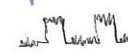
$$v_A = 1V \Rightarrow D = 0001 = 2^0$$

$$v_A = 2V \Rightarrow D = 0010 = 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1$$

$$v_A = 15V \Rightarrow D = 1111 = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3$$

$$b) \quad b_0 \rightarrow 1V \quad ; \quad b_1 \rightarrow 2V \quad ; \quad b_2 \rightarrow 4V \quad ; \quad b_3 \rightarrow 8V$$

$$c) \quad 5.2V \rightarrow 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^2 \Rightarrow 0101 \Rightarrow \epsilon = \frac{5V - 5.2V}{5V} = -4\%$$

- SISTEMA ELETTRONICO: sensori, elaborazione a/d, trasduttori
 - ↳ segnali → analogici → tempo continuo 
 - ↳ tempo discreti (campionati)  A±AA
 - ↳ digitali  
- ↳ Es. Thevenin, Es. Norton

- amplificatori → linearità e distorsione
 - amplificazione di potenza ≠ traslo emettitore
 - tipi di amplificatore (corrente e tensione)