

correttatrice Giulia Duccia → 30 h, le restanti fatte dalla Professoressa Chiara Guazzoni

Dala ricevimento via Golgi edificio 24

ORARI:

Lunedì 10,30 - 13,00. Ma sìla pausa.

Martedì 9,30 - 12,00. Ma sìla pausa.

Mercoledì 10,30 - 13,00. Nessuna pausa.

Sito ufficiale: <http://home.deib.polimi.it/guazzoni/fde/> utili gli appunti delle lezioni

Esame con scritto e orale (esiste la possibilità che l'orale sia via Skype)

Si sono due prove in itinere.

2 appelli a Febbraio, 1 a Maggio e 1 a Settembre.

2 Appelli EXTRA: 1 straordinario per chi deve recuperare l'anno in concomitanza con il primo itinere, e il comune preappello in concomitanza con la seconda Itinere

La Prova consta di 10 domande, suddivise in 2,3 o 4 esercizi. Ogni domanda vale 1 punto.

Sa Prima prova si posse pure con 17 (se possi la seconda con 19 almeno)

L'orale incide per ± 5 punti.

- Non è necessario svolgere la prova orale assieme alla prova scritta, si può fare anche dopo. Però si può fare l'uso orale.

PREREQUISITI:

- Leggi di Kirchoff
- Esercizi di Thévenin e Norton
- Accetto di impresa - Reti in regime sinusoidale
- Reti elementari in regime transitivo: circuiti RC e CE, risposta al gradino...

PROGRAMMA:

1) Sistemi elettronici

- 1.1 Segnali
- 1.2 richiami a Elettrotecnica

2) Dispositivi elettronici

- 2.1 Generalità dei semiconduttori: draghi, portatori
- 2.2 Diodo: Principio di funzionamento, caratteristiche statiche ideali, impiego come zaddrizzatore.
- 2.3 Transistor MOS

### 3) Elettronica digitale

- 3.1 Inverter cmos
  - 3.2 Porte logiche cmos

## 4) Elettronica analogica

- 4.1 Transistor MOS Prima prova su silenziatore

## 4.2 Stadi differenzioli

### 4.3 Amplificatori operazionali

#### 4.4 Reazione negativa

4.5 Circuiti con OAI redi per somma, differenza, integrazione, la derivazione e il filtraggio di fondo d'onda

### 5) Conversione analogica / Digitale

- ## 5.1 Generosità e compiacimento

## 5.2 Sample & hold

### 5.3 | convertitori DAC

#### 5.4 Competitori ADC

## INIZIO PROGRAMMA CORSO:

"elettronica" = tecnologia di elaborazione delle informazioni basata sul trattamento dei segnali di tipo elettrico

mer anche

Scienza che si occupa dell'acquisizione, elaborazione e trasmissione dell'informazione con segnali elettromagnetici

ma anche (e soprattutto)

## “Scienza e tecnologia del controllo degli elettronici, intesa come studio del moto degli elettronici”

(Troncomente, la migliore definizione è quella di Wikipedia)

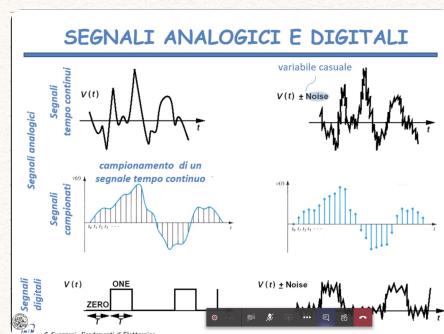
(cercare Edward. Fairstein)

(cercore Sergio Lora)

## SEGNALI ANALOGICI E DIGITALI:

"analogo" = (Deriva dal Greco) è "simile alla realtà", ovvero ha infiniti livelli di definizione (come nella realtà però coloro che

Il segnale però ha anche del rumore, ed è importante capire come è distribuito il rumore



## CENNI DI PROBABILITÀ STATISTICA:

$\sigma$  = indice di dispersione

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

media, momento del 1° ordine

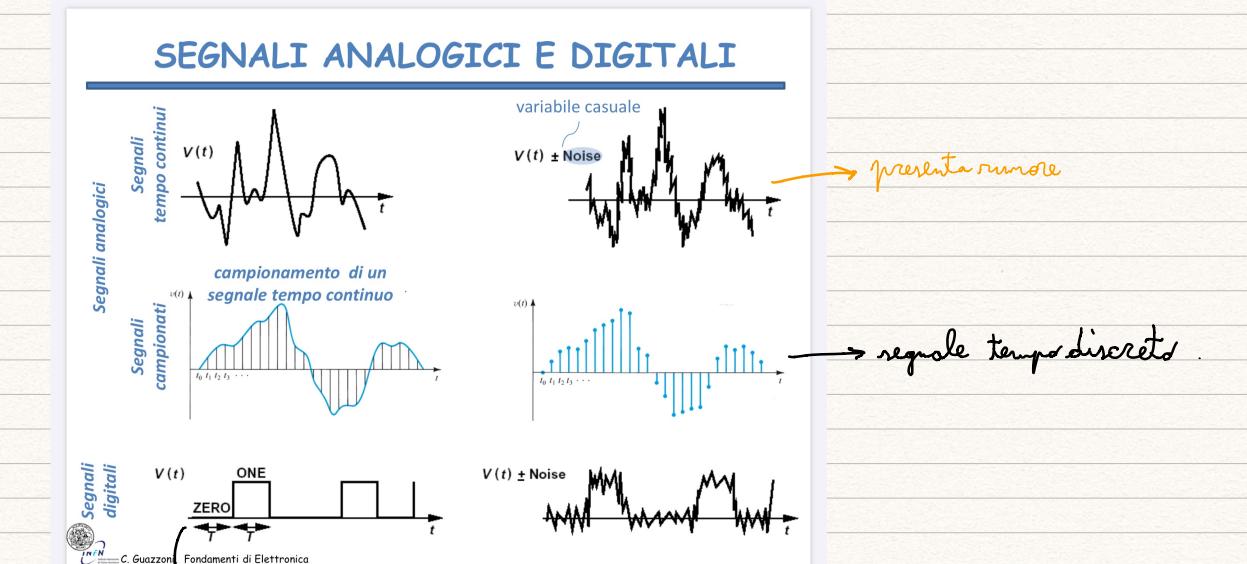
$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

varianza, momento del 2° ordine

valore quadratico medio - "root mean square", r.m.s.) =

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

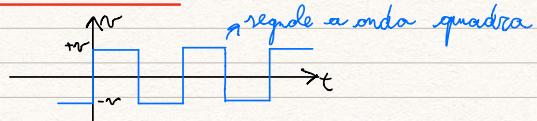
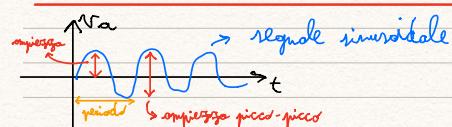
## SEGNALI ANALOGICI E DIGITALI



Logica digitale, combinazione lineare di bit con M.S.B e L.S.B.

- Il vantaggio dei segnali digitali è la codifica del segnale, che lo rende più immune al rumore
- Il problema però è che il segnale è limitato dalla quantizzazione, sia dal numero non infinito di valori sia dall'errore di quantizzazione (dovuto alla riduzione della tensione)

## SEGNALI NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE:



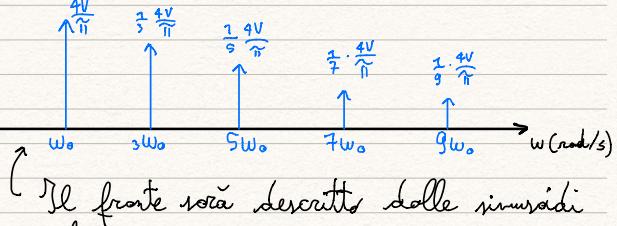
- frequenza =  $\frac{1}{T}$

- pulsazione ondolare  $\omega = 2\pi f$

Il valore medio è NULLO

serie di Fourier e spettro in frequenza

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



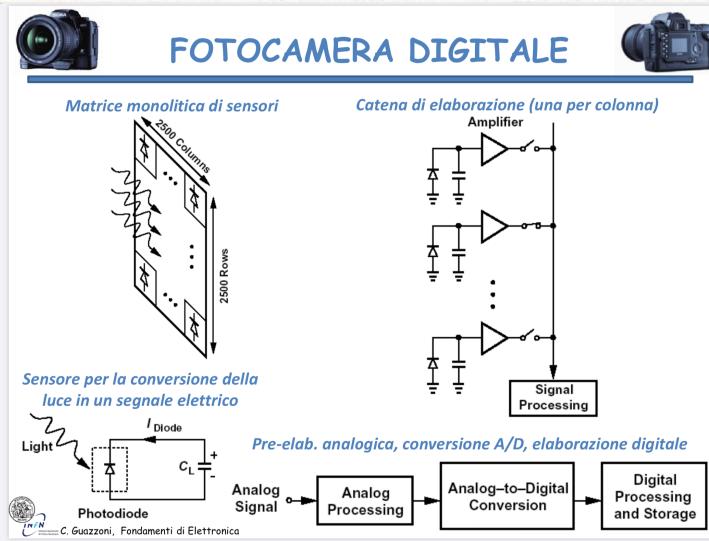
Il fronte sarà descritto dalle sinusoidi veloci

Valore medio in continuo = Valore in continuo

- Dall'aumentare del numero di armoniche migliora la definizione dei fronti dell'onda
- Se filtra le componenti ad alta frequenza perde la definizione dei fronti, se filtra le componenti a bassa frequenza perde il valore medio del segnale

banda di frequenza = è l'intervalle di frequenze in cui il suo segnale è significativamente diverso da zero  
banda di frequenza piatta = fronti d'onda infiniti

esempio pratico:



"pixel" = picture element

- La differenza di tensione ai capi dei fotodiodi sono proporzionali alla quantità di luce

- 4 lenti: 1 per il rosso - 1 per il blu e 2 per il verde (poiché il nostro occhio è "il doppio più sensibile")

"attuatori" = convertono segnali elettrici in grandezze fisiche (cone, monitor, ...)

(cercare "rolling shutter" delle fotocamere)



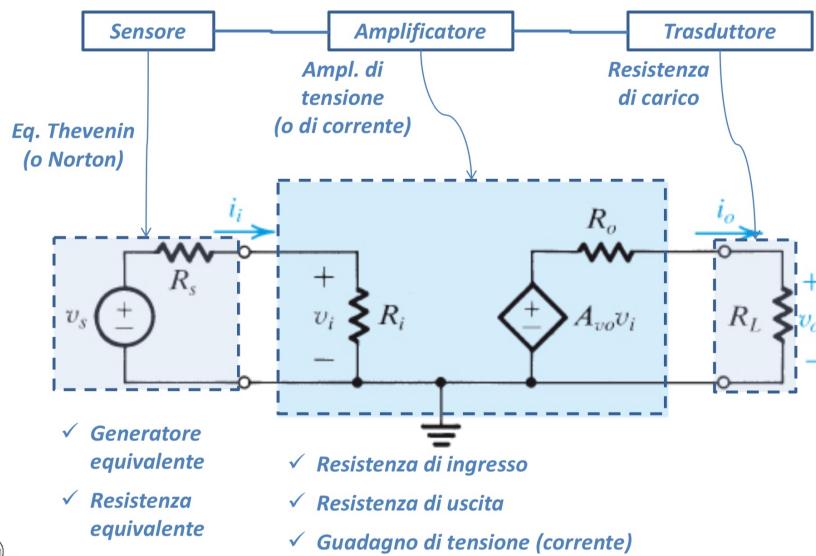
## RICHIAMO ALLE LEGGI DI KIRCHHOFF:

• Legge di Kirchhoff delle correnti: La somma di correnti entrate e uscenti da un nodo è 0  
 ↓  
 conservazione della carica

• Legge di Kirchhoff delle tensioni:  
 ↓  
 conservazione della forza elettromotrice

## CIRCUITI EQUIVALENTI:

### CIRCUITO EQUIVALENTE



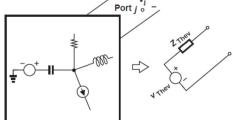
C. Guazzoni, Fondamenti di Elettronica

## EQUIVALENTE THEVENIN E NORTON:

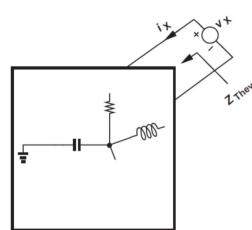
### EQUIVALENTE THEVENIN E NORTON

La rete è lineare  
 poiché composta da componenti lineari

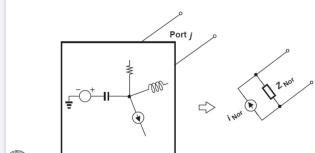
✓ Circuito Equivalente Thevenin



✓ Calcolo della resistenza equivalente



✓ Circuito Equivalente Norton



$$Z_{Nor} = Z_{Thev}$$

C. Guazzoni, Fondamenti di Elettronica

## RICHIAMI A ELETTRONICA:

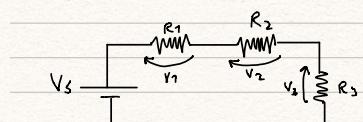
### RESISTORI:

vale la legge di ohm:  $v(t) = R \cdot i(t)$



I valori di resistenze solitamente sono  $\sim 100\Omega - 10K\Omega$

### ESEMPIO DI CIRCUITO DA ELETTRONICA:



La corrente va dal - al +

$$V_3 = V_1 + V_2 + V_3 = R_1 I + R_2 I + R_3 I = I R_{TOT}$$

$$I = \frac{V_S}{R_{TOT}}$$

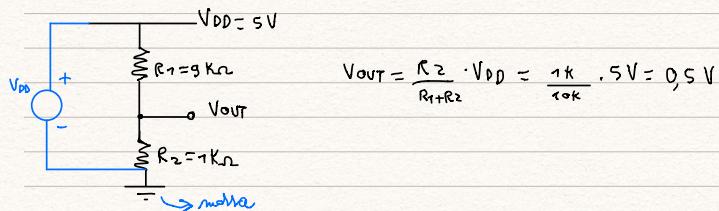
Se ci chiedono quale sia la tensione ai capi di  $R_2$ :

$$V_2 = I R_2 \rightarrow V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_S$$

In generale: PARTITORE DI TENSIONE:

$$V_X = \frac{R_X}{R_{TOT}} \cdot V_S \rightarrow \begin{array}{l} \text{resistenza ai cui capi voglio la tensione} \\ \text{voglio conoscere} \\ \text{Resistenza totale (serie di tutte le resistenze)} \end{array}$$

### ESEMPIO 2:



Le due D nella VDD esistono per ragioni storiche, e sono legate ai transistor.

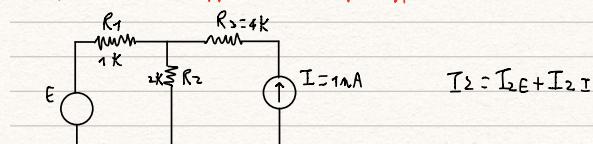
VSS è tipicamente una tensione negativa, VDD e VCC sono tipicamente positive

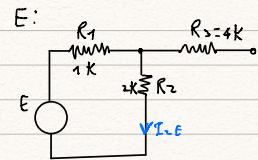
### PARTITORE DI CORRENTE:

$$\frac{\text{resistenza in cui non vado}}{\text{resistenza totale}} \cdot \text{tensione totale} = \text{resistenza desiderata}$$

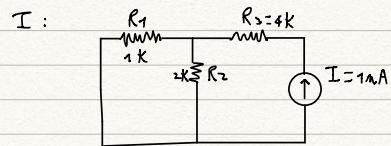
Il principio della sommazione degli effetti vale solo per reti lineari

### ESEMPIO DI SOMMATORIA DEGLI EFFETTI:





$$I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2}$$



$$I_{2I} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

$$I_2 = I_{2E} + I_{2I} = E \cdot \frac{1}{R_1 + R_2} + I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$