



**Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino**

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

**NUMERO : 208**

**DATA : 07/02/2012**

# **A P P U N T I**

**STUDENTE : Montanari**

**MATERIA : Elettronica, Teoria + Temi**  
**Prof. Reyneri**

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

**\*ELETTRONICA\***

**1 DIODI**

$kT = 25,9 \text{ meV}$  [prodotto carica  $\times$  tensione = energia]

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ V} \cdot \text{C} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

energia di ogni  $e^-$  a  $25^\circ\text{C}$

fatt. costruttivo  $\ll 1 \text{ MeV}$

volt  $\times$  coulomb

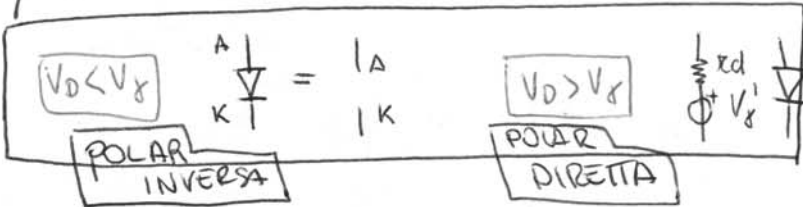
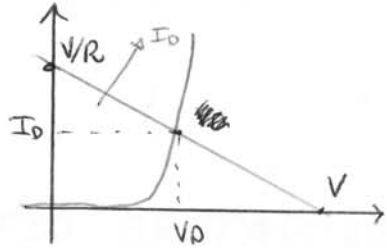
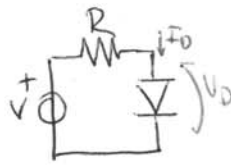
$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{25,9 \text{ meV}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,0259 \text{ V}$

$I = I_S (e^{\frac{V}{nV_T}} - 1)$  **VALE SEMPRE**

CORR. di POLARIZZAZ. INVERSA  
 $M_p \frac{S}{L} \frac{N_d}{RT} e^{-\frac{E_G}{RT}}$

**\*METODO della RETTA e CARICO**

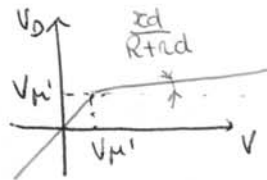
$V - RI_D - V_D = 0$  (RETTA di carico)  
 $I_D = I_S (e^{\frac{V}{nV_T}} - 1)$  (caratteristica del diodo)



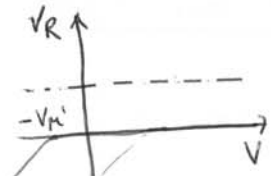
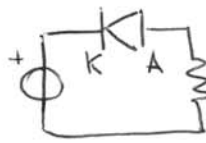
$r_d = \frac{nV_T}{I_D} = \frac{1}{\frac{dI_D}{dV_D}}$

$I_D = I_S (e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1)$

**CIRCUITO LIMITATORE**

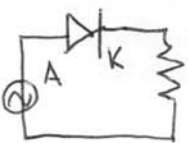
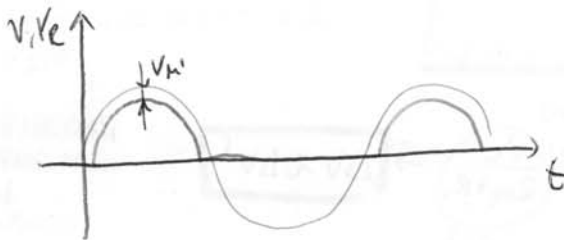


**CIRCUITO RADDRIZZATORE**



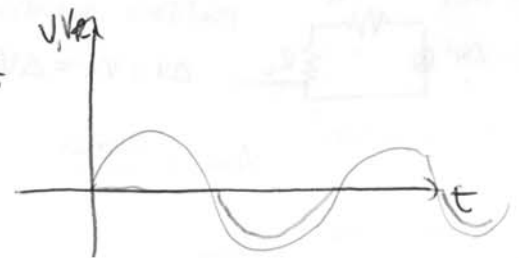
**V alternata**

RADDRIZZAT. A SEMI ONDA POSITIVA



⊕

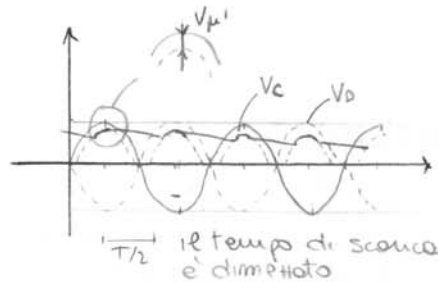
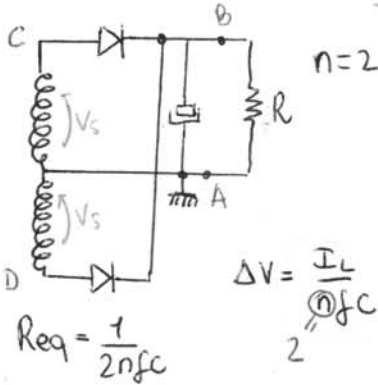
RADDRIZZATORE A SEMI ONDA NEGATIVA



LIMITATORE AD UNA SEMIONDA

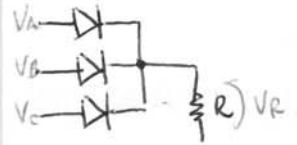


### \* TRASFORMATORE A PRESA CENTRALE



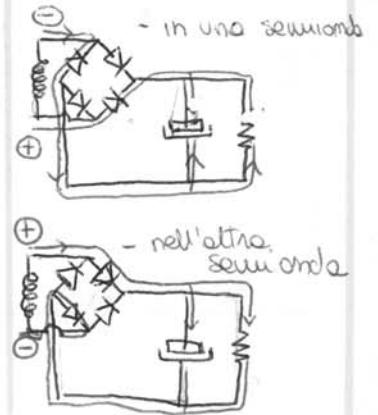
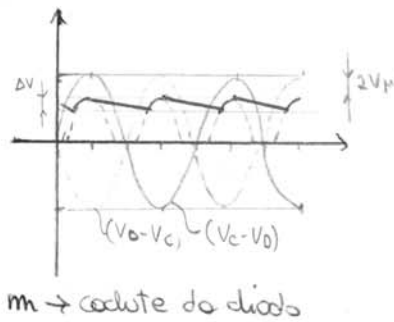
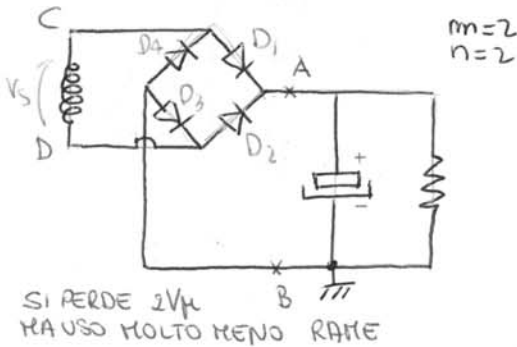
$V_{min} = V_{max} - \Delta V$   
 $V_{med} = V_{max} - \Delta V/2$

DIODI CON IL CATODO IN COMUNE:

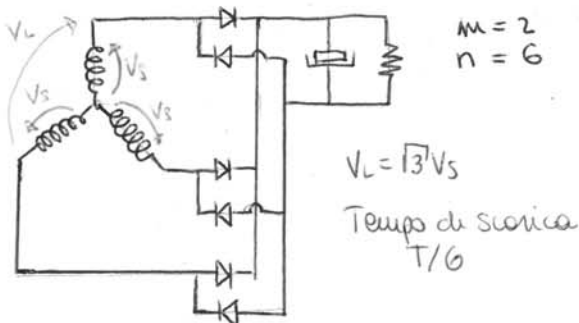


$V_R = \max\{V_A - V_{k1}, V_B - V_{k1}, V_C - V_{k1}, 0\}$   
 (invertendo i diodi)  
 $V_R = \min\{V_A + V_{k1}, \dots\}$

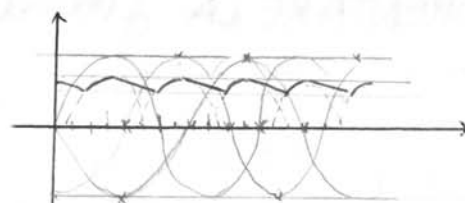
### \* PONTE DI GRAETZ



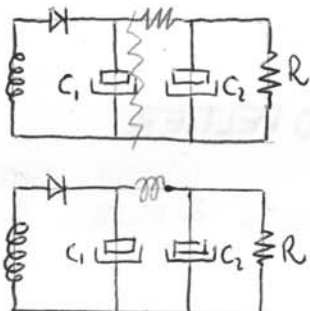
### \* ALIMENTATORE A 6 SEMIONDE



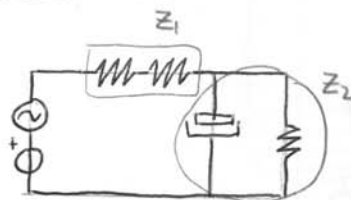
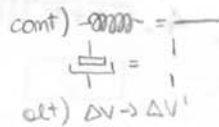
$\frac{V_B}{V_A}$  Solitamente, se non date si assume  $f=50\text{ Hz}$



### \* ALIMENTATORE A 1, 2, 3 SEMONDE CON FILTRO CAPACITIVO [-] O CAPACITIVO-INDUTTIVO [-]



Modello equivalente

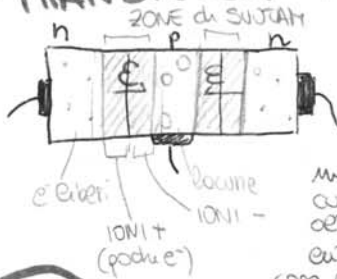


$|\Delta V_2| = |\Delta V| = \frac{|Z_2|}{|Z_1 + Z_2|}$  solitam.  $\ll 1$

Riduco di molto l'ondulazione come se avessi un condensat più grosso

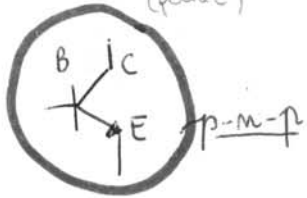
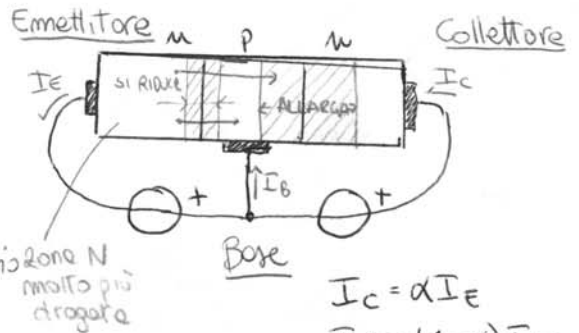
(3)

# \* TRANSISTOR n-p-n (esiste anche p-n-p)

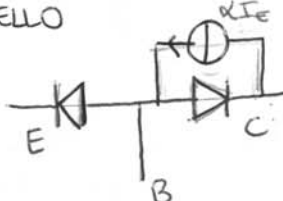


zona p molto sottile  
 $N_D \gg N_A$

Gli e vengono attratti da B ma per inerzia, non potendo curvare istantaneamente, oltrepassano la zona p e entrano nella zona di svuot. con campo elettrico  $E \rightarrow$  vengono anche sospinti verso c.



MODELLO

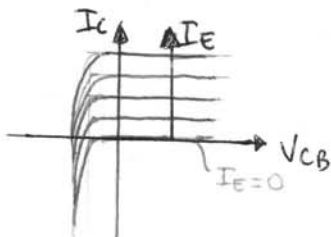


$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_B = (1 - \alpha) I_E$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{I_C}{I_B}$$

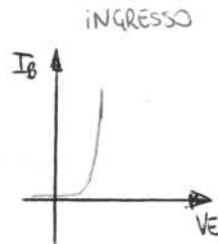
## \* GRAFICI



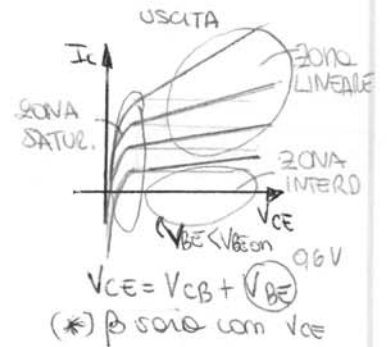
Se  $I_E > 0$  sommiamo la corrente di collettore

$$(*) V_{CE} \uparrow = V_{CB} \uparrow$$

$$\alpha \uparrow = \beta \uparrow \uparrow$$

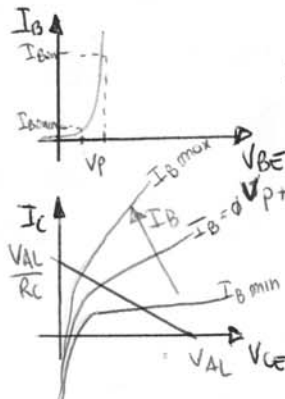
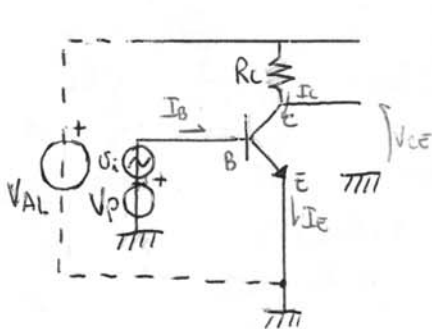


$V_{BE on} \approx 0.4$   
 $V_{BE lin} \approx 0.6$   
 $V_{BE sat} \approx 0.8$   
 $V_{CE sat} \approx 0.2 - 0.3$



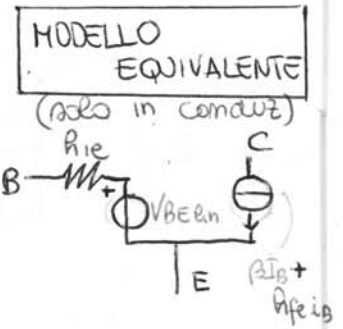
## \* AMPLIFICATORE

Siamo in zona lineare ( $V_p \sim V_{BE lin}$ )

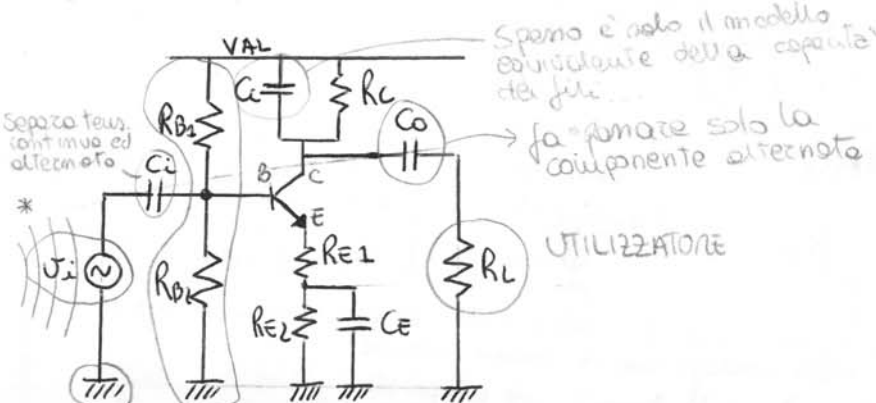


Al source di  $v_i$   
 $I_B$  varia molto

La tensione nel collettore varia molto



## \* MICROFONO



Spero c'è solo il modello equivalente della capacità del filo

fa passare solo la componente alternata

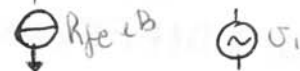
UTILIZZATORE

chassis metallico collegato a terra

creo la  $V_B$  (tensione alla base del transistor) in modo da non dover generare sia  $V_{AL}$  che  $V_B$  attraverso un partitore di tensione.

\* la voce fa vibrare, un magnete in una spira = corrente alternata.

in ALTERNATA

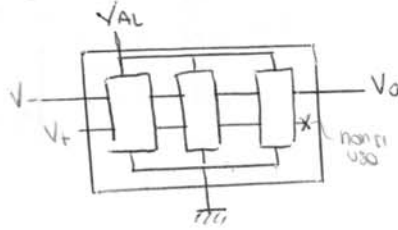
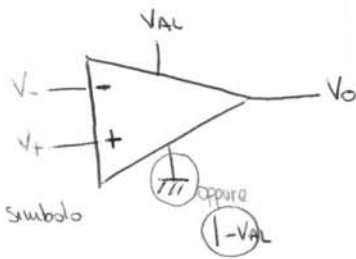


in CONTINUA



- TRANSISTORE INTERDETTO se  $V_{BE} < V_{BE on} (0.4V)$
- TRANSISTORE IN SATURAZIONE se  $I_B > \frac{I_C}{\beta}$

# • AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE



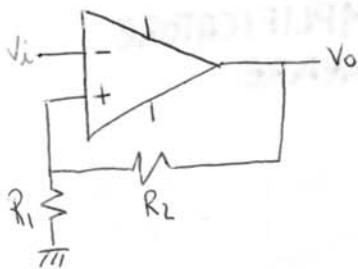
$$V_o = (V_+ - V_-) A_{vDIF}^3$$

LIMITI di FUNZIONAM.  $A_{vDIF} \approx 10^6$

$$V_{o\min} \leq V_o \leq V_{o\max}$$

$\downarrow$   $\delta_o$   $\downarrow$   
 VAL VAL

# + AMPLIFICATORE NON INVERTENTE



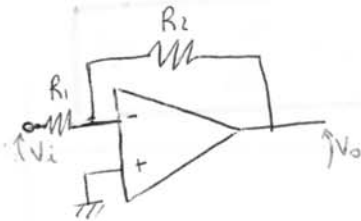
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

limiti:  
 $A_{v\min} = 1$   
 $A_{v\max} \rightarrow R_2 = 100R_1$   
 perché volgarmente le amplificat

NB nel procedim. si suppone di fare in modo che lo segnale in ingresso della rete sia 0

$$\begin{cases} V_o = A_d(V^+ - V^-) \\ V^- = V_i \\ V^+ = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

# + AMPLIFICATORE INVERTENTE



$$V_o = - \frac{R_2 A_d}{R_1 + R_1 A_d + R_2} V_i$$

$A_v$  guadagno

$$V_o = - \frac{R_2}{R_1} V_i$$

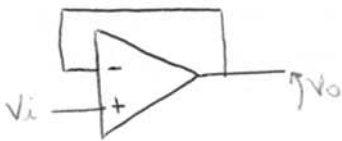
PRINCIPIO di CORTOCIRCUITO VIRTUALE (o di MASSA VIRTUALE)

$$\frac{V_o}{A_d} \approx 0 \rightarrow V^+ = V^-$$

RETROAZIONE

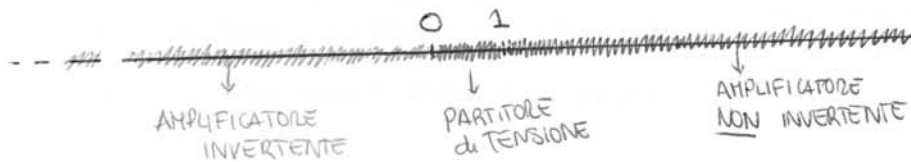
tutti i circuiti in cui ho qualcuno tra plusate e le meno hanno  $V^+ \approx V^-$

# + CIRCUITO INSEGUITORE

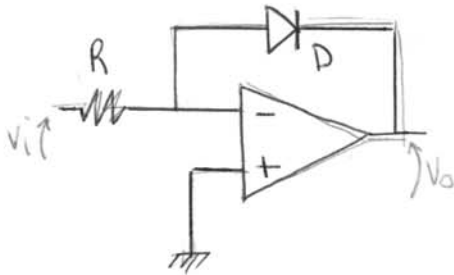


$$\frac{V_o}{V_i} = 1$$

$$R_1 R_2 \approx 10^9 \Omega^2$$



### \* CIRCUITO LOGARITMICO: o AMPLIFICATORE LOGARITMICO



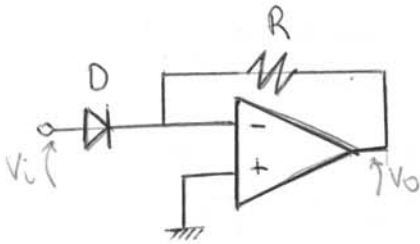
D in conduzione → strumenti manc'è nulla tra

$$V_o = -\eta V_T \ln\left(\frac{V_i}{R I_s}\right)$$

D interdetto  
 $V_o = V_{max}$  (perché saturo)  
 am:  $I_s = 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$  (tipicamente)

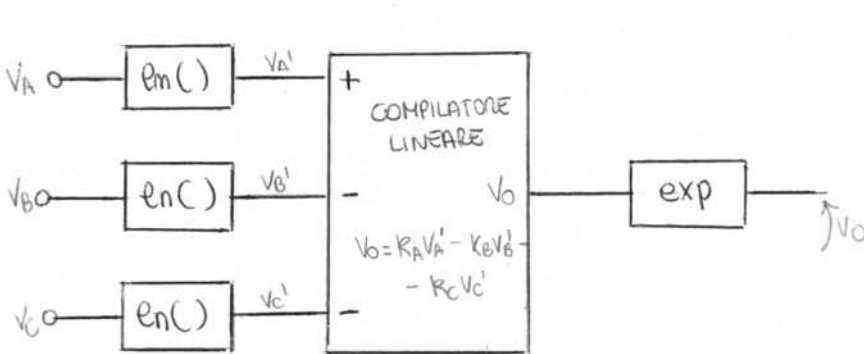
(VEDI quad AMPLIFICATORE LOGARITMICO HILBERT)

### \* AMPLIFICATORE ESPONENZIALE



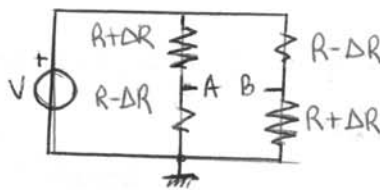
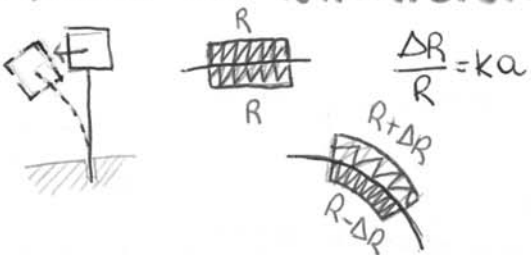
$$V_o = -R I_s e^{\frac{V_i}{\eta V_T}}$$

### → CALCOLATORE ANALOGICO



• suppone steme  $I_s$  e steme  $R$   
 CALCOLA RAPPORTI, PRODOTTI e POTENZE

### \* PONTE di WHEATSTONE per calcolo e ACCELERAZIONE



$$V_A = V \frac{R - \Delta R}{2R}$$

$$V_B = V \frac{R + \Delta R}{2R}$$

$$V_{BA} = V_B - V_A = V \frac{\Delta R}{R}$$

#### SENSIBILITÀ

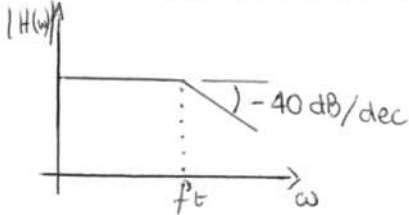
• Tensione  $V_{AB}$  proporzionale all'accelerazione  $\pm 1V/g$  sensibilita'

DATO dal PB  $\frac{\Delta R}{R} = 1\%$  ad  $\pm g = a \rightarrow$  trova  $K$

$$K = \frac{1\%}{\pm g} \leftarrow 9.81 \text{ m/s}^2$$

(9)

### \* FILTRO PASSA-BASSO



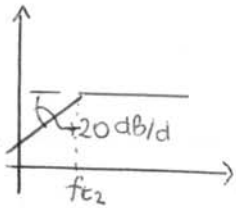
Tolgo le frequenze alte, tipo i fuscini mentre quelle basse al massimo vengono leggermente amplificate

$$H(\omega) = \frac{H_0}{\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_c}\right)^2} \rightarrow 2\pi f_c$$



FILTRO PASSA BASSO più semplice

### \* FILTRO PASSA-ALTO



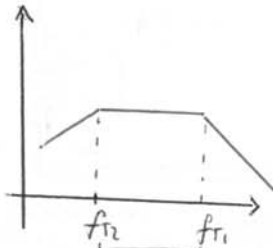
$$H(\omega) = \frac{(j\omega)^2 H_0}{\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_c}\right)^2} \rightarrow 2\pi f_c$$

elimina ad esempio le tensioni continue



FILTRO PASSA ALTO più semplice

### \* FILTRO PASSA-BANDA

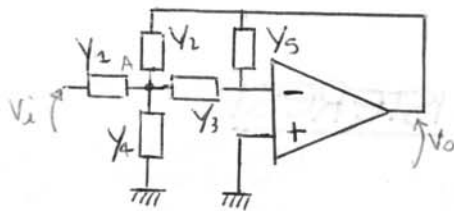


$$H(\omega) = \frac{H_0(j\omega)}{\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1}\right)\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_2}\right)}$$

con  $\omega_1 = 2\pi f_{c1}$   
 $\omega_2 = 2\pi f_{c2}$

BANDA PASSANTE

### \* FILTRO A 5 AMMETTENZE (AMMETTENZA = $\frac{1}{\text{IMPEDENZA}}$ )



$$Y \begin{cases} +j\omega C \\ -j\omega C \\ -1/R \end{cases}$$

$$V_0^+ = V_0^- = 0 \text{ m.v.}$$

$$I_A = \frac{V_i Y_1 + V_0 Y_2}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} \text{ (nota A)}$$

$$I = (V_A - 0) Y_3 = -V_0 Y_5$$

$$\frac{V_0}{V_i} = - \frac{Y_1 Y_3}{Y_2 Y_3 + Y_5 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)}$$

possono essere

GRADO 0: 2 RESISTENZE

GRADO 1: 1 RESISTENZA e 1 COND

GRADO 2: 2 CONDUTTORI

	PASSO	P-ALTO	P-BANDA
Y <sub>1</sub>	(R)	(C)	(R o C)
Y <sub>2</sub>	R	C	C o R
Y <sub>3</sub>	(R)	(C)	(C o R)
Y <sub>4</sub>	C	R	R o R o C
Y <sub>5</sub>	C	R	R o C

\* Termini singoli con le num

R costa meno

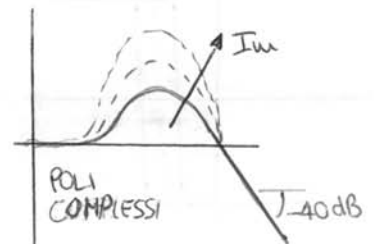
N.B. AL DENOMINATORE DEVO AVERE UN POLINOMIO COMPLETO!

a + bx + cx<sup>2</sup> con

$$a, b, c \neq 0$$

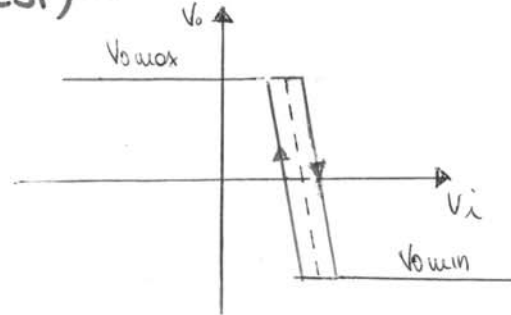
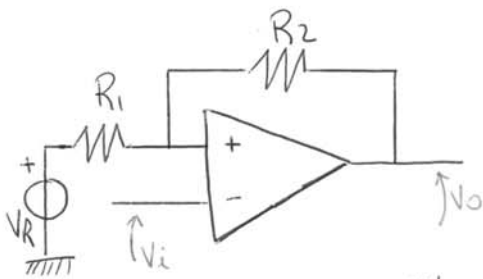
condire per riempire la tabella

11





# -invertente (con isteresi) -



$$V_i(R_1 + R_2) = V_R R_2 + \begin{cases} V_{0max} \\ V_{0min} \end{cases} R_2$$

definiamo TENSIONE DI SOGLIA il nodo COMUNE:  
 chiamiamo INVECE ISTERESI il nodo DIFFERENZIALE  
 con e' tip sempre positiva  $|V_{0max}| = -|V_{0min}|$

$$V_{\theta} = \frac{V_R R_2}{R_1 + R_2}$$

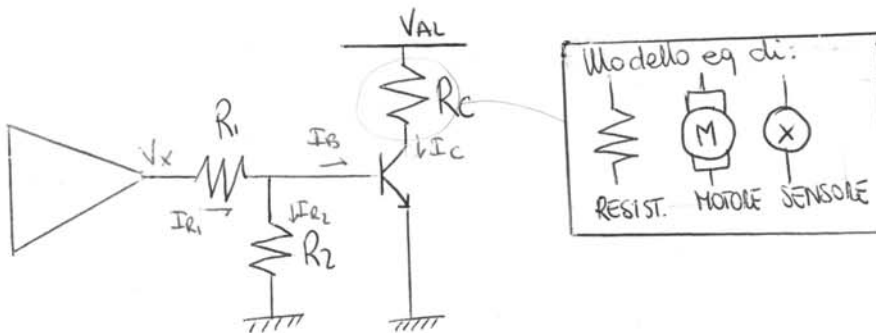
$$\Delta V = V_{0max} - V_{0min}$$

$$V_{\theta} = \frac{V_R R_2}{R_1 + R_2} \approx V_R$$

$$\Delta V = 2V_{0max} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \approx 2V_{0max} \frac{R_1}{R_2}$$

PROBLEMA: Se utilizzo semplicemente un diodo in uscita il comparatore di soglia commette un errore ogni qual volta la tensione in ingresso è troppo vicina alla soglia

## Soluzione: COMPARATORE DI SOGLIA + TRANSISTORE



• TRANSISTORE INTERDETTO

$$V_x < \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{BE\ on} = V_{x\ off} \Rightarrow \text{"LAMPADINA" spenta}$$

• TRANSISTORE IN SATURAZIONE

$$V_x > \frac{R_1}{\beta} I_c + V_{BE\ sat} \frac{R_1 + R_2}{R_2} = V_{x\ on} \Rightarrow \text{"LAMPADINA" accesa!}$$

da potenza dissipata del transistor?

$$P = V_{CE} I_c + V_{BE} I_B$$

→ ZONA LINEARE per alta = forte!

→ ZONA INTERDIZ. ~ nulla

→ ZONA SATURAZIONE ~ nulla

DEVO GARANTIRE

$$\begin{cases} V_{0max} > V_{x\ on} \\ V_{0min} < V_{x\ off} \end{cases}$$

[NON per altro prima metto un comparatore di soglia]

Infatti  $I_B = 0$   $I_C = 0$   
 $V_{BE} = V_x \frac{R_2}{R_1 + R_2} < V_{BE\ on}$   
 motore

$V_{CE} = V_{CE\ sat} (0.2V)$   
 $I_c \approx \frac{V_{AL}}{R_c}$   
 quindi è VAL che va accelerato!

Se  $I_B > \frac{I_c}{\beta} \rightarrow$  transistor in saturazione  
 con  $I_{E2} = \frac{V_{BE\ sat}}{R_2}$   
 $I_{E1} = \frac{V_x - V_{BE\ sat}}{R_1}$

# \* ELETTRONICA DIGITALE

... 0 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 ...

VARIABILE BOOLEANA  
 II  
 TENSIONI

0 → TENSIONE BASSA  
 1 → TENSIONE ALTA

Si definiscono operatori nell'Algebra Booleana quegli strumenti logici che permettono di legare più valori e fornirne un terzo.

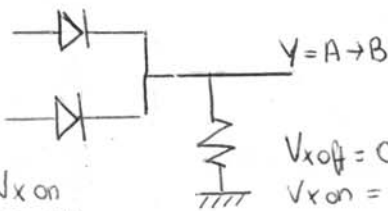
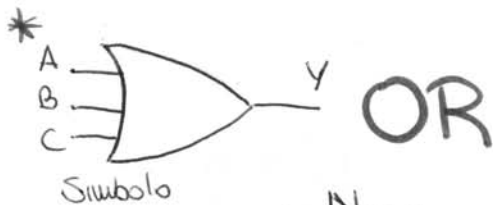
La funzione degli operatori si definisce:

A	B	NEGAZIONE NOT A !A $\bar{A}$	SOMMA LOGICA A+B A or B	PRODOTTO LOGICO AB A and B	PRODOTTO ESCLUSIVO A⊕B A XOR B
0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1

## Proprietà

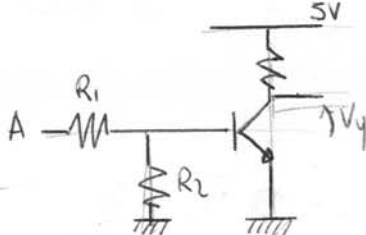
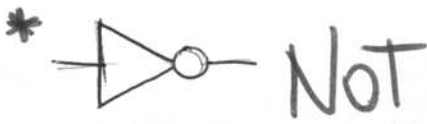
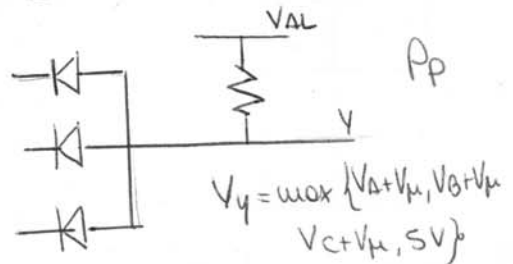
- $\bar{\bar{A}} = A$
- $A+1 = 1$
- $A \cdot 0 = 0$
- $A+0 = A$
- $A \cdot 1 = A$
- $A\bar{A} = 0$
- $A+\bar{A} = 1$
- $A+AB = A$
- $A(B+C) = AB+AC$
- $A(BC) = (A+B)(A+C)$

↑ A o B  
 ma non entrambi



Po Per tensioni prossime alla  $V_{xoff}$  o  $V_{xon}$  può non dare un segnale corretto

$V_{xoff} = 0.8V$   
 $V_{xon} = 2V$   
 $V_y = V_{max} - V_{\mu}$



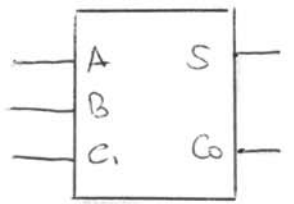
se def  
 $V_{xon} = 2V \cdot 1.4$   
 $V_{xoff} = 0.8V$

→ INTERDETTO  $V_A < V_{xoff} \rightarrow I = 0 \rightarrow V_y = 5V$

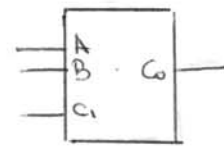
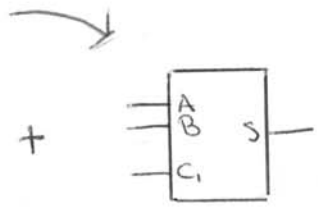
→ SATURO  $V_A > V_{xon} \rightarrow V_{cesat} = V_y = 0.2V$

→ HO UNA TENSIONE BUONA!  
 (NON COME SOLO AND o OR che abbiamo di  $V_{\mu}$  ed ogni operazione!)

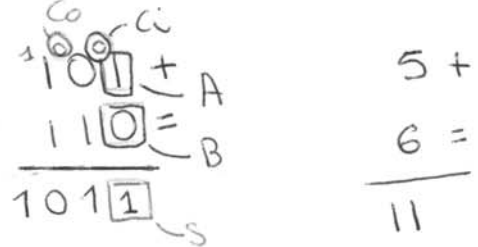
# \* APPL.: SOMMATORE FULL-ADDER



Simbolo



Il Sommatore Full-Adder esegue la somma tra due numeri espressi in formato binario

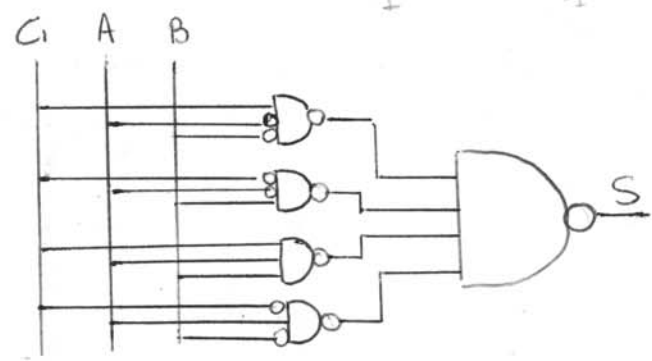


\* TABELLA della VERITA' S

AB \ Ci	0	1
00	0	1
01	1	0
11	0	1
10	1	0

- $A$  e  $B$  sono gli operandi
- $C_i$  → È IL RIPORTO in ingresso - Carry Input -
- $C_o$  → È IL RIPORTO in USCITA - Carry Output -
- $S$  → SOMMA

$$C_i \bar{A} \bar{B} + \bar{C}_i \bar{A} B + C_i A B + \bar{C}_i A \bar{B}$$



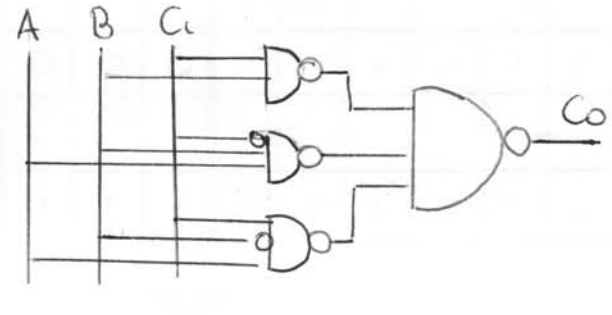
N.B. In realtà della relazione sopra si trova un circuito logico con un OR al posto dell'AND e 4 NAND sarebbero AND

Però questo circuito è equivalente e corrisponde a ciò che viene utilizzato nelle realtà [AVERE 3 NAND è meglio che avere 4 AND E 1 OR]

\* TABELLA della VERITA' Co

AB \ Ci	0	1
00	0	0
01	0	1
11	1	1
10	0	1

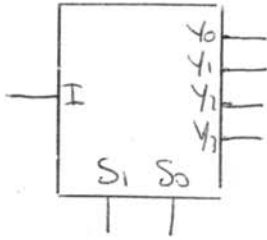
$$C_i B + \bar{C}_i A B + C_i \bar{A} B$$



(17)

# + DEMUX De Multi Plexer

$1 - 2^n$



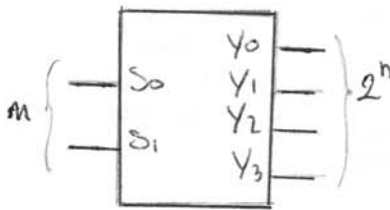
$n=2$   
 Il De Multi Plexer è il dispositivo con complemento del multiplexer, ha un solo ingresso e diverse uscite

S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	I	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
0	0	0/1	0/1	0	0	0
0	1	0/1	0	0/1	0	0
1	0	0/1	0	0	0/1	0
1	1	0/1	0	0	0	0/1

NB in questo caso le Y non possono essere x poiché devono essere segnale nullo

# + DECODER

$m - 2^n$

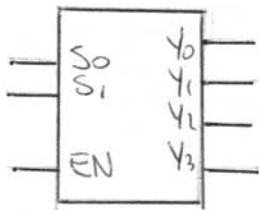


$m=2$   
 Un decoder si ottiene fissando gli ingressi del DEMULTIPLEXER a 1

S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

# + DECODER CON EN

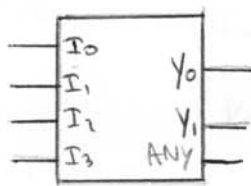
$m - 2^m$



$m=2$   
 È un decoder con in aggiunta la funzione ENABLE, se ENABLE è a '1' funziona da normale DECODER se a '0' è usata e a '0'.

# + ENCODER A PRIORITA'

$2^m - m$



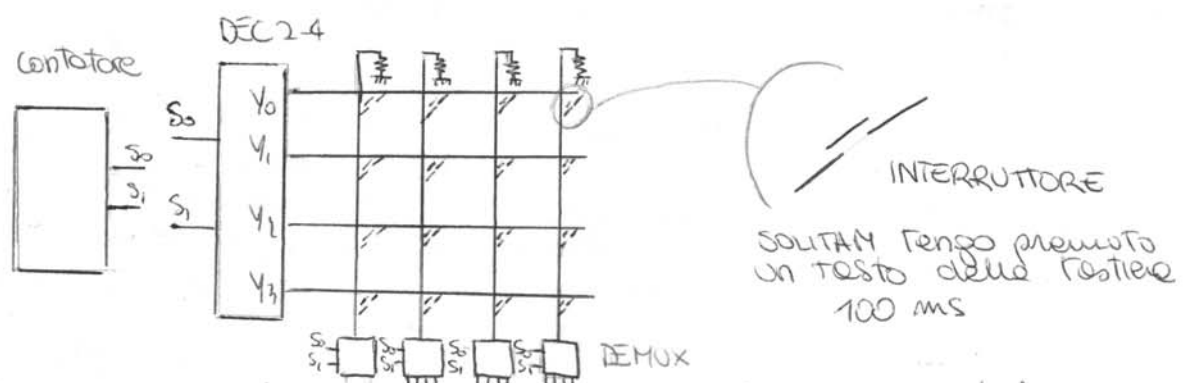
Per distinguere tra tutti gli ingressi a 0 ed I<sub>0</sub>=1 → ANY  
 ANY = 1 se I<sub>0</sub> ≠ 0 altrimenti 0

Se il primo ingresso è a '1' non importa come sono gli altri ingressi (8 combinazioni) x8  
 Se il secondo ingresso è a '1' mentre il primo è a '0' non importa come sono I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub>... (4 comb) ecc... x4  
 x2  
 x1

I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	ANY
1	⊗	⊗	⊗	0	0	1
0	1	⊗	⊗	0	1	1
0	0	1	⊗	1	0	1
0	0	0	1	1	1	1

19

# + APP: MATRICE di TASTIERA a SCANSIONE



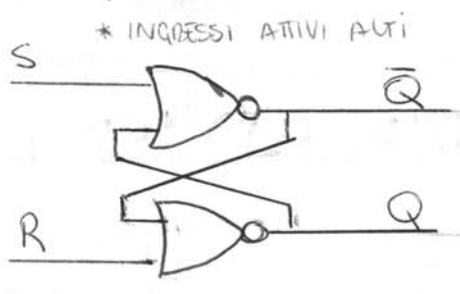
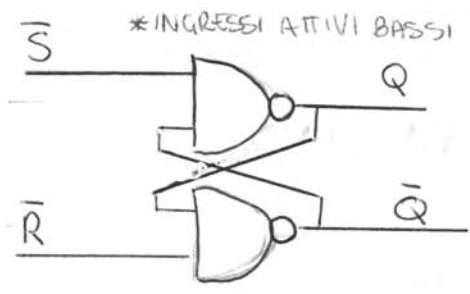
Il funzionamento è analogo al caso dello schermo led solo che in questo caso servono DEMULTIPLEXER poiché i dati sono in uscite non in entrate.

## => CIRCUITI SEQUENZIALI

Un circuito sequenziale è un circuito in cui le uscite all'istante  $t$  non dipendono solo dagli ingressi nel medesimo istante ma anche dai valori assunti in precedenza. SONO CIRCUITI DOTATI DI MEMORIA

\* logica

### + FLIP-FLOP SR



S	R	Q	Q̄	
0	0	Q <sub>i-1</sub>	Q̄ <sub>i-1</sub>	MEMORIA
0	1	0	1	RESET
1	0	1	0	SET
1	1	0	0	VETATA

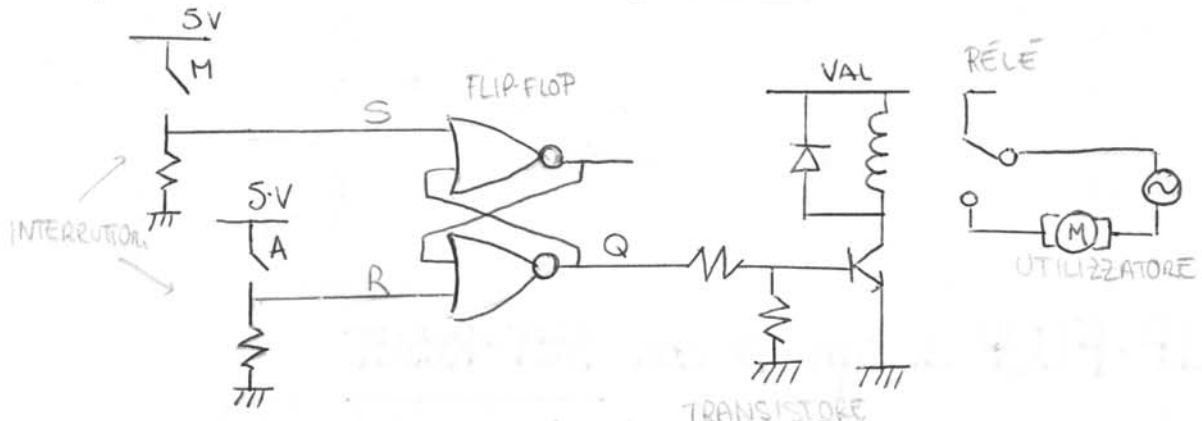
FLIP-FLOP sono circuiti molto semplici (circuiti ELETTRONICI SEQUENZIALI) e vengono utilizzati come dispositivi di MEMORIA ELEMENTARE.

S=1 R=0 → si SETTA q=1 q̄=0  
 S=0 R=1 → si RESETTA q=0 q̄=1  
 S=0 R=0 → il valore si conserva

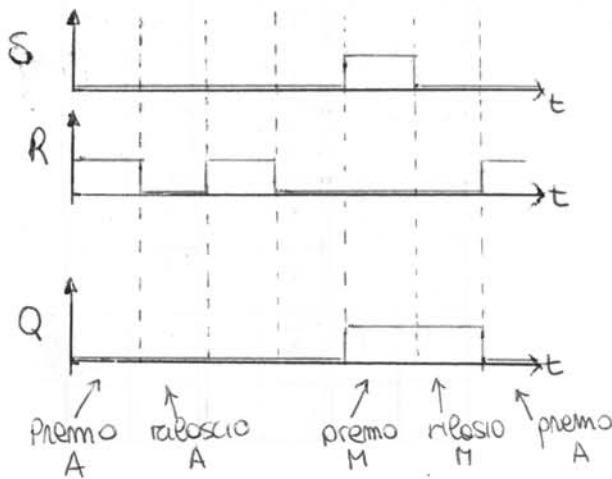
cioè mantiene il valore delle variabili allo stato precedente.

S=1 R=1 → valore logicamente non definito che si alterna rapidamente tra q=q̄=0 e q=q̄=1

# + APP: CIRCUITO di MARCIA ARRESTO



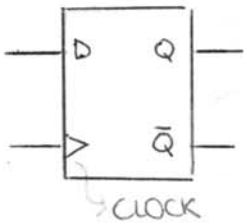
Tracciando un diagramma funz del tempo



Si nota che premendo A con Q a '0' non accade nulla mentre premendo M Q va a '1' (il motore parte) e Q rimane a '1' anche dopo aver rilasciato M. Q torna a '0' solo dopo aver ~~rilasciato~~ premuto A.

# + FLIP-FLOP di tipo D

DELAY



Il clock è un segnale brevissimo (ad es un ONDA QUADRA solitam) costituito da un livello di tensione che in maniera periodica e regolare fa una rapida transizione dal valore

'0' al valore '1' (solitam tensione di aliment circuito) e poi (dopo un breve lono di tempo in cui rimane a 1) torna rapidamente a '0'. la COMMUTAZIONE dei circuiti logici avviene solo durante la TRANSIZIONE (0 → 1) cioè in corrispondenza del fronte di SALTA del clock.



Ck	D	Q	Q̄
0	x	Q	Q̄
1	x	Q	Q̄
1	x	Q	Q̄
1	0	0	1
1	1	1	0
1	1/2	PROIBITA	

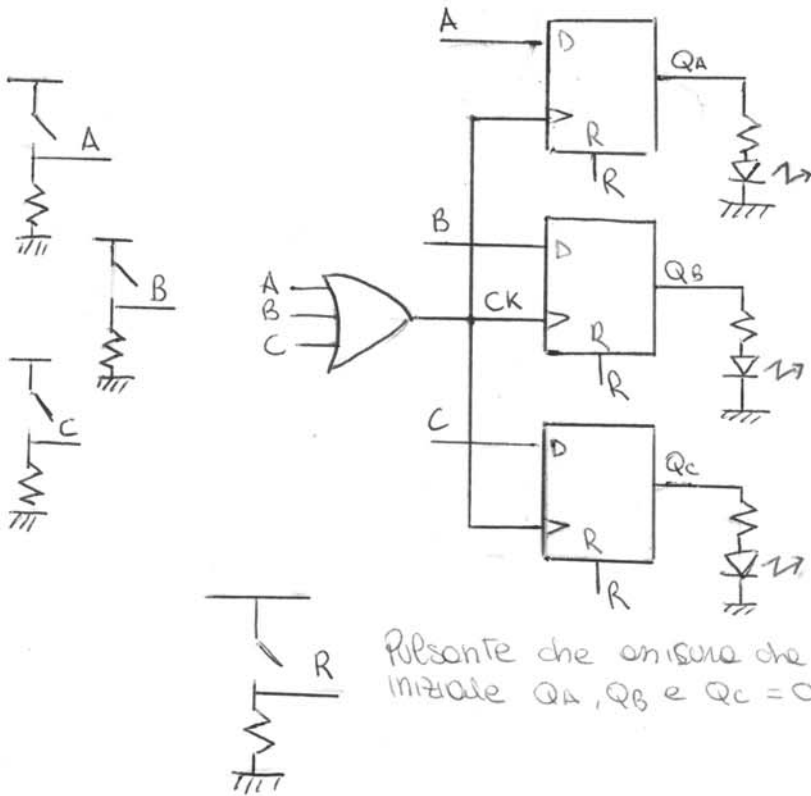
f istante brevissimo 1 nano secondo

Q ASSUME IL VALORE DI D

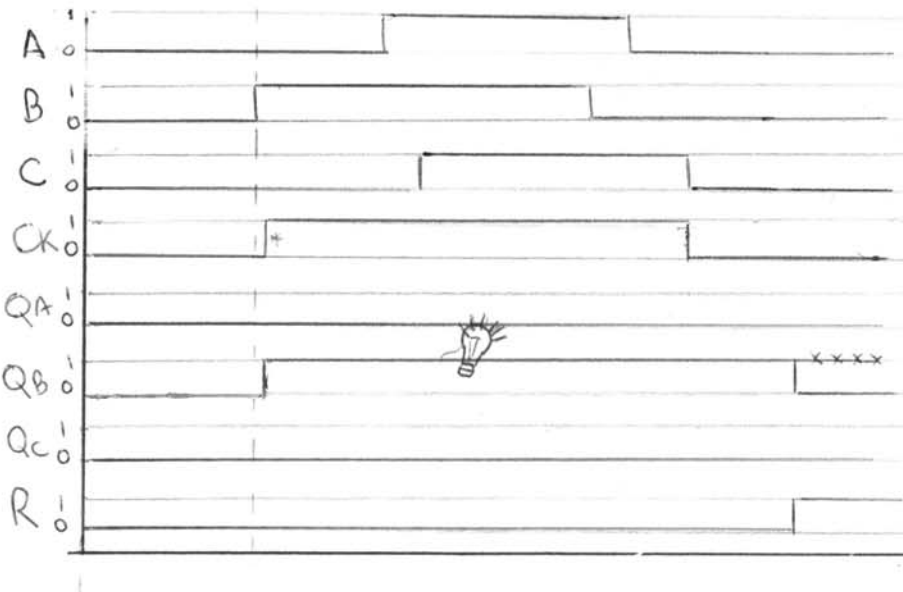
Problema in Trin seco nella creazione di un flip flop

VALORE LOGICAMENTE NON DEFINITO

# + APPL: PULSANTE PIÙ RAPIDO



Pulsante che aziona che all'istante iniziale  $Q_A, Q_B$  e  $Q_C = 0$



+ piccoli ritardi

Quando il primo pulsante viene premuto, pochi istanti dopo  $e' OR(A,B,C)$  diventa 1

$A \cdot B \cdot C = 1$  (essendo uno degli elementi 1)  
 A questo punto mentre il clock va ad uno di solito solo da un flip flop uscirà un dato  $Q_i = 1$  corrispondente al primo pulsante premuto (infatti tutti i pulsanti premuti dopo non vedono fronti di salita)

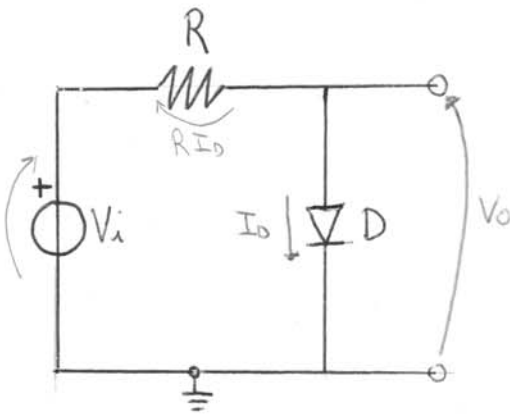
# ELETTRONICA

## esercizi

### PARTE 1 Circuiti a Diodi

#### 1.1 RESISTENZA e DIODO

1. Tracciare per punti, su un grafico, la caratt.  $V_0 = f(V_i)$



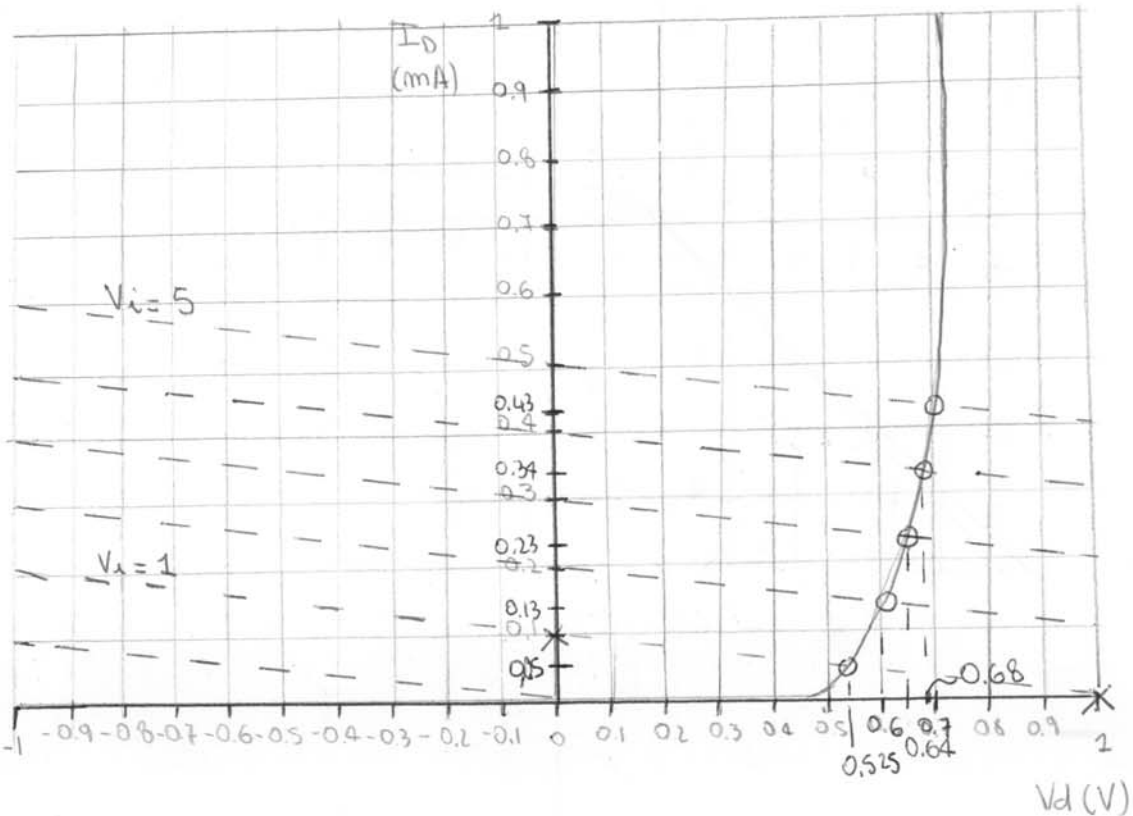
$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$-5 \text{ V} < V_i < 5 \text{ V}$$

$$V_0 = V_D$$

$$V_D = V_i - R I_D$$

Utilizziamo il metodo della cetta di carico



E1



2. Calcolare la massima dissipazione nel diodo

$$V_{Dmax} = 0.7V \quad I_{Dmax} = 0.43 \text{ mA}$$

Da cui si ricava la massima potenza dissipata

$$P_{Dmax} = (V_D I_D)_{max}$$

$$P_{Dmax} = V_D I_D = 0.301 \text{ mW}$$

3. Calcolare la massima dissipazione nelle resistenze

$$V_R = R I_D \rightarrow V_{Rmax} \Rightarrow I_{Dmax} = 0.43 \text{ mA}$$

$$V_{Rmax} = 0.43 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 4.3 \text{ V}$$

$$P_{Rmax} = 4.3 \text{ V} \cdot 0.43 \text{ mA} = 1.849 \text{ mW}$$

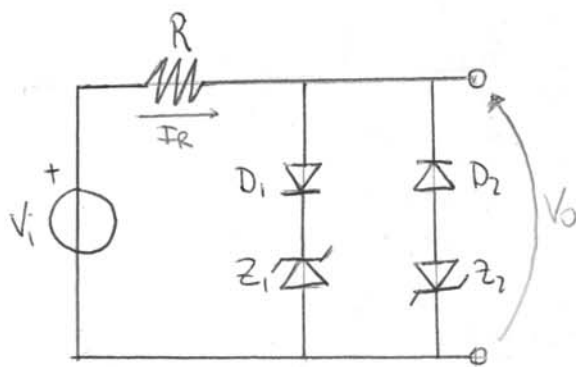
4. Calcolare la resistenza differenziale del diodo per  $V_i = 3V$

$$r_{d} = \frac{V_T \eta}{I_D} \quad \text{con } V_T = 0.0259 \text{ V}$$

$$\text{Assunto } \eta = 1 \Rightarrow r_{d} = \frac{0.0259 \text{ V}}{I_D}$$

$$\text{Per } V_i = 3 \text{ V} \rightarrow I_D = 0.23 \text{ mA} \rightarrow r_{d} = \frac{0.0259 \text{ V} \cdot 10^3}{0.23 \text{ A}} = 112.6 \Omega$$

## 1.2 Doppio Zener



$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$V_{Z1} = 5 \text{ V}$$

$$V_{Z2} = 2 \text{ V}$$

$$r_{Z1} = 1 \Omega$$

$$r_{Z2} = 2 \Omega$$

$$V_D = 0.6 \text{ V}$$

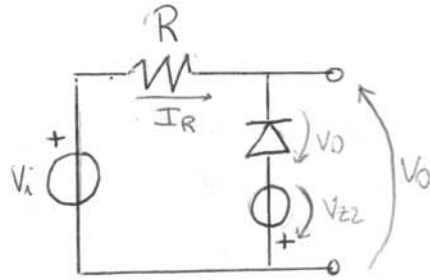
$$-10 \text{ V} < V_i < 10 \text{ V}$$

1. Tracciare, su un grafico con assi tarati, la caratteristica  $V_o = f(V_i)$

③  $Z_1$  INTERDETTO e  $Z_2$  in CONDIZIONE

$Z_1$  interdetto  $\Rightarrow V_i < 0$  in particolare

$$\boxed{-10V < V_i < -2,6V} \quad Z_{ONA3}$$



$$V_o = V_i - R I_R$$

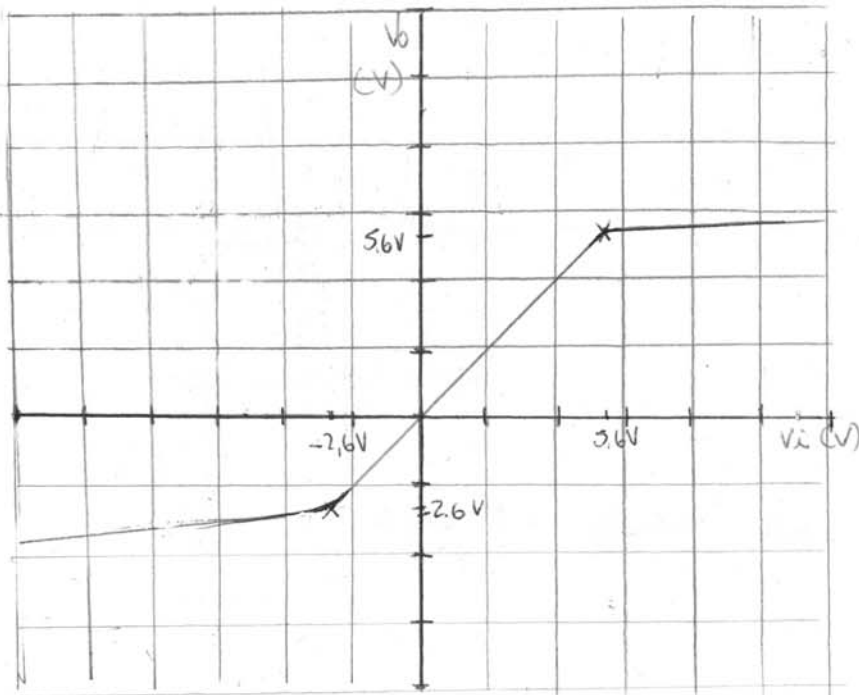
con 
$$I_R = \frac{V_i + V_D + V_{Z2}}{R + r_{Z2}}$$

$$V_o = V_i - \frac{R}{R + r_{Z2}} (V_i + V_D + V_{Z2}) = \frac{r_{Z2}}{R + r_{Z2}} V_i - \frac{R}{R + r_{Z2}} (V_{Z2} + V_D)$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{2 \cdot 10^{-4}} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{1} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{1,4V}$

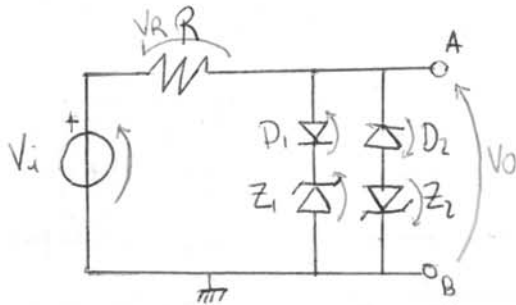
$$V_o = 2 \cdot 10^{-4} V_i - 2,6V$$

Da cui la caratteristica



# 1.4 Progetto doppio trasformatore

1. Tracciare lo schema di un doppio trasformatore a diodi



DOPPIO TRASFORMATORE A DIODI

2. Calcolare il valore dei componenti in modo da avere tensioni di soglia di  $V_{min} = -5V$  e  $V_{max} = 3V$

Per avere tensioni di soglia di  $-5V$  e  $3V$  i diodi Zener devono essere interdetti per  $-5V < V_i < 3V$

• Per  $V_i < 0 \rightarrow D_1$  interdetto,  $D_2$  conduce e dunque  $Z_2$

$$\begin{aligned} \rightarrow V_o &= V_i - R_i \\ i &= \frac{V_i + V_o + V_{z2}}{R + r_{z2}} \rightarrow V_o = V_i - \frac{R}{R+r_{z2}} V_i - \frac{R}{R+r_{z2}} (V_o + V_{z2}) \end{aligned}$$

Basta

$V_D = 0.6V$

$R = 10K\Omega$

$$V_o = \frac{r_{z2}}{R+r_{z2}} V_i - \frac{R}{R+r_{z2}} \frac{(V_o + V_{z2})}{10^4} V_i - (V_o + V_{z2})$$

supponendo  $r_{z2} \ll R$

$$\parallel V_{o_{min}} = -5V = \frac{1}{10^4} V_i - (V_o + V_{z2}) \parallel$$

• Nel caso  $V_i > 0$   $D_2$  interdetto,  $D_1, Z_1$  in conduz

$$\begin{cases} V_o = V_i - R_i \\ i = \frac{V_i - V_o - V_{z1}}{R + r_{z1}} \end{cases} \Rightarrow \parallel V_o = \frac{r_{z1}}{R+r_{z1}} V_i + \frac{R}{R+r_{z1}} (V_o + V_{z1}) \parallel$$

sempre supponendo  $R = 10K\Omega, r_{z2} \ll R, V_D = 0.6V$ , si ha

$$\begin{cases} V_{o_{max}} = 10^{-4} V_i + (V_D + V_{z1}) \\ V_{o_{min}} = 10^{-4} V_i - (V_D + V_{z2}) \end{cases} \Rightarrow$$

basta risolvere le tes. ai capi di AB,  $V_o$  dal punto di vista dei diodi

Infatti

$$\begin{aligned} V_{max} = 3V &= V_{z1} + V_D \Rightarrow V_{z1} = 2.4V \\ V_{min} = -5V &= -V_{z2} - V_D \Rightarrow V_{z2} = 4.8V \end{aligned}$$

2 Calcolare le tensioni max, med e min di  $V_Z$  poiché l'ampiezza e la frequenza dell'ondulazione  
 la tensione ai capi del diodo è

$$V_Z = V_{Z0} + r_Z I_Z = V_{Z0} + r_Z (I_L - I_0)$$

$$= 10 \text{ V} + 0.1 \Omega (0.57 \text{ A} - 0.1 \text{ A})$$

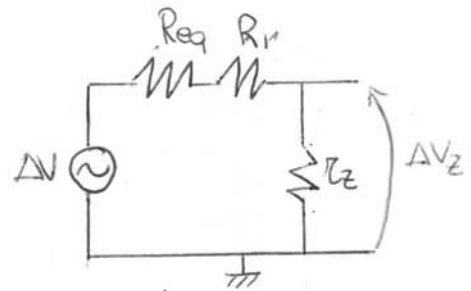
$$= 10.047 \text{ V}$$

Mentre per risolvere l'ondulazione

$$\Delta V_Z^* = \Delta V \frac{r_Z}{R_{eq} + R_1 + r_Z}$$

$$= 1.14 \frac{0.1 \Omega}{11.1} = 0.01 \text{ V}$$

$\sim$   
10.3 mV<sub>pp</sub>



$$f_r = n f = 50 \text{ Hz}$$

3 Calcolare la minima corrente  $I_0$  erogabile dall'alimentatore per garantire il corretto funzionamento

Per garantire il corretto funzionamento

$$I_Z > 0 \quad I_Z = I_L - I_0$$

$$I_{L \text{ min}} = \frac{V_{\text{min}} - V_{Z0}}{R} = \frac{15.23 - 10}{10} \text{ A} = \boxed{0.52 \text{ A}}$$

4. Calcolare la corrente media e di picco nel diodo

$$\bar{I}_D = \frac{I_L}{m} = I_L = 0.57 \text{ A}$$

la corrente di picco nel diodo è data da

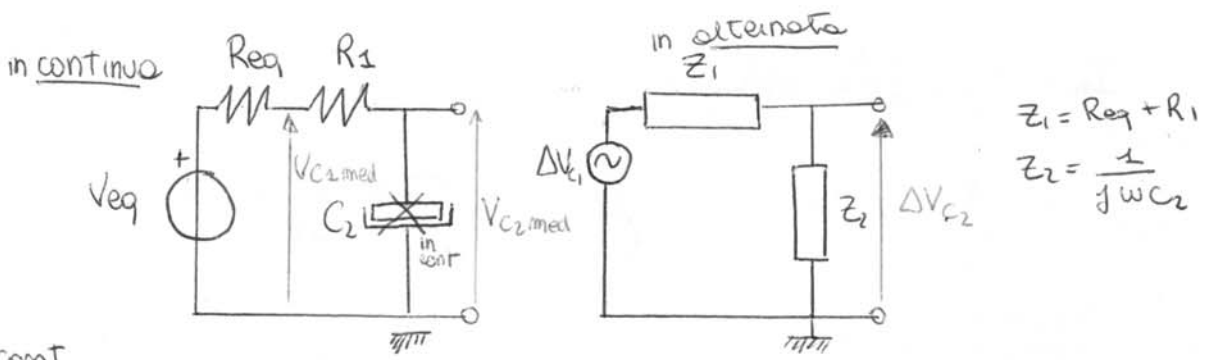
$$I_P = 2 \frac{2\pi}{\theta_c} \frac{I_L}{m}$$

$$\theta_c = \cos^{-1} \left( \frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{max}}} \right)$$

$$\theta_c = \cos^{-1} \left( \frac{15.23}{16.37} \right) = 0.375$$

$$I_P = 2 \frac{2\pi}{0.375} \frac{0.57 \text{ A}}{1} = 19.08 \text{ A} = 19.1 \text{ A}$$

2. Calcolare le tensioni massima media e minima di  $V_{C2}$  nonché l'ampiezza e la frequenza dell'ondulazione



cont

$$V_{C2,med} = V_{C1} - R I_L = 33,29 \text{ V} - 10 \Omega \cdot 1 \text{ A} = 23,29 \text{ V}$$

alt

partitore resistivo ai capi del condensatore

$$\Delta V_{C2} = \Delta V_{C1} \left| \frac{\frac{1}{j\omega C_2}}{R_{eq} + R_1 + \frac{1}{j\omega C_2}} \right| = \Delta V_{C1} \left| \frac{1}{j\omega C_2 (R_{eq} + R_1) + 1} \right| =$$

$$= \Delta V_{C1} \left| \frac{1}{1 + (R_{eq} + R_1) j\omega C_2} \cdot \frac{1 - j\omega C_2 (R_{eq} + R_1)}{1 - j\omega C_2 (R_{eq} + R_1)} \right| =$$

$$= \Delta V_{C1} \left| \frac{1}{1 + \omega^2 C_2^2 (R_{eq} + R_1)^2} - \frac{j\omega C_2 (R_{eq} + R_1)}{1 + \omega^2 C_2^2 (R_{eq} + R_1)^2} \right|$$

$$= \Delta V_{C1} \sqrt{\frac{1}{(1 + \omega^2 C_2^2 (R_{eq} + R_1)^2)^2} + \frac{\omega^2 C_2^2 (R_{eq} + R_1)^2}{(1 + \omega^2 C_2^2 (R_{eq} + R_1)^2)^2}}$$

$$= \Delta V_{C1} \sqrt{\frac{1}{(1 + (2\pi \cdot 100000 \mu\text{F} \cdot 10,05)^2)^2} + \frac{(2\pi \cdot 100 \cdot 10,05)^2}{(1 + (\dots)^2)^2}} = 0,1 \sqrt{6,2 \cdot 10^{-12} + 2,5 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 0,1 \sqrt{2,5 \cdot 10^{-4}} = 0,16 \text{ mV}$$

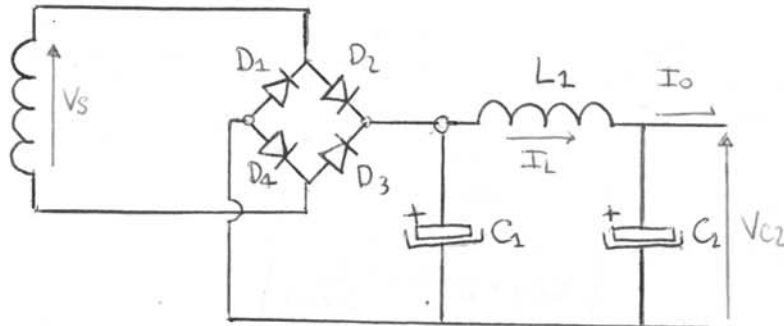
$$f_r = 2f = 100 \text{ Hz}$$

$$V_{C2,max} = V_{C2,med} + \frac{\Delta V_{C1}}{2} = 23,29 \text{ V} + 0,08 \text{ V} = 23,37 \text{ V}$$

$$V_{C2,min} = V_{C2,med} - \frac{\Delta V_{C1}}{2} = 23,29 \text{ V} - 0,08 \text{ V} = 23,21 \text{ V}$$

## 2.3 2 semionde con ponte di Graetz

$n=2$   
 $m=2$

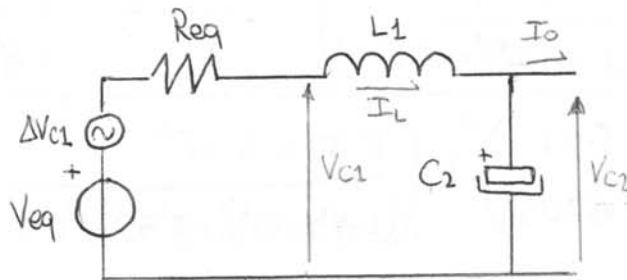


$V_{s,eff} = 15V$   
 $f = 50Hz$   
 $C_1 = 10\ 000\ \mu F$   
 $L_1 = 0.1H$   
 $C_2 = 10\ 000\ \mu F$   
 $I_0 = 1A$

1. Calcolare le tensioni massima, media e minima di  $V_{c2}$ , nonché l'ampiezza e la frequenza dell'ondulazione.

$$V_{c1,max} = \sqrt{2} V_{s,eff} - m V_D = \sqrt{2} \cdot 15V - 2 \cdot 0.6V = \boxed{20,01V}$$

Tracciamo il circuito equivalente



$V_{eq} = V_{c1,max}$   
 $R_{eq} = \frac{1}{2\pi f C_1}$   
 $\Delta V_{c2} = \frac{I_L}{\pi f C_2}$

$$R_{eq} = \frac{1}{2\pi \cdot 50Hz \cdot 10\ 000\ \mu F} = 0.5\ \Omega \quad I_L = I_0 = 1A$$

$$\Delta V_{c2} = \frac{1A}{2 \cdot 50Hz \cdot 10\ 000\ \mu F} = \boxed{1V}$$

$$V_{c1,med} = \frac{V_{c1,max}}{2} - \frac{\Delta V_{c1}}{2} = \frac{20,01V}{2} - \frac{0.5V}{2} = \boxed{19.51V}$$

$$V_{c1,min} = V_{c1,max} - \Delta V_{c2} = 20,01V - 1V = \boxed{19.01V}$$

$$f_x = 2f = \boxed{100Hz}$$

3. Calcolare le correnti medie e di picco nel diodo

$$\bar{I}_D = \frac{I_L}{m} = \frac{I_L}{2} = 0.5 \text{ A}$$

da corrente di picco invece

$$I_p = \frac{2\pi}{\theta_c} \frac{I_L}{\omega} \quad \text{con } \theta_c = \cos^{-1} \left( \frac{V_{\min}}{V_{\max}} \right)$$

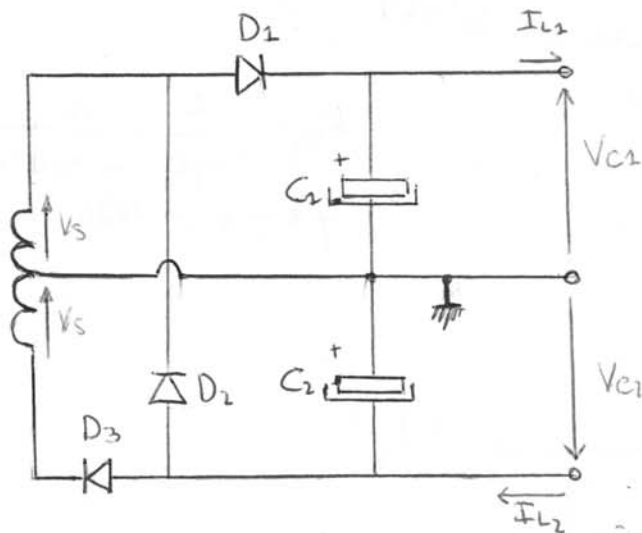
$$\theta_c = \cos^{-1} \left( \frac{19.01}{20.01} \right) = 0.31 \text{ rad}$$

$$I_p = \frac{2\pi}{0.31} 1 \text{ A} = 19.79 \text{ A}$$

4. Calcolare la massima tensione presente ai capi del diodo

$$V_{D\max} = \frac{2V_{c\max}}{n} = 20.01 \text{ V}$$

## 2.4 Doppio alimentatore asimmetrico



$V_{s\text{eff}} = 12 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$   
 $C_1 = 10000 \mu\text{F}$   
 $I_{L1} = 1 \text{ A}$   
 $C_2 = 50000 \mu\text{F}$   
 $I_{L2} = 1 \text{ A}$

$n=1 \quad m=1 \rightarrow V_{c1}$   
 $n=2 \quad m=1 \rightarrow V_{c2}$

1. Calcolare le tensioni massima, media e minima di  $V_{c1}$ , nonché l'ampiezza e la frequenza dell'ondulazione

$$V_{\max} = \sqrt{2} V_{s\text{eff}} - mV_D = \sqrt{2} 12 \text{ V} - 0.6 \text{ V} = 18.31 \text{ V}$$

3. Calcolare le correnti media e di picco nel diodo  $D_1$   
 Elemento  $D_1$  ...  $m=1$

3.2

L'angolo di conduzione  $\theta_c$

$$\bar{I}_D = \frac{I_L}{m} = 1A$$

$$\theta_c = \cos^{-1}\left(\frac{V_{min}}{V_{max}}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{14.37}{16.37}\right) = 0.49050 \text{ rad}$$

Da cui la corrente di picco

$$I_{pp} = 2 \frac{2\pi}{\theta_c} \frac{I_L}{\pi} = 2 \cdot \frac{2\pi}{0.5} \cdot I_L = 25.14A$$

4. Calcolare la massima tensione ai capi del diodo  $D_1$

$$V_{Dmax} = \frac{2V_{Lmax}}{m} = 32.74V$$



$$V_{med} = V_{max} - \frac{\Delta V}{2} = (16.37 - 0.2)V = 16.17V$$

$$V_{min} = V_{max} - \Delta V = 16.37 - 0.4 = 15.97V$$

$$f_z = nf = 150 \text{ Hz}$$

2 - Calcolare le tensioni massima, media e minima di  $V_z$ , nonché l'ampiezza e la frequenza dell'ondulazione

$$V_{z,med} = V_{c1,med} = 16.17V \quad V_{z,med} = V_{z,med} + r_z(I_L - I_0) = 10 + 0.05 \cdot 10.05 = 10.05V$$

$$\Delta V_z = \Delta V_{c1} \left| \frac{z_z}{R_1 + R_z + R_{eq}} \right| = 0.4 \frac{0.01}{1.04} = 0.00384V_{pp} = 3.84 \mu V_{pp}$$

$$V_{z,max} = V_{z,med} + \Delta V_z / 2 = 10.013V$$

$$V_{z,min} = V_{z,med} - \Delta V_z / 2 = 10.009V$$

$$f_c = nf = 150 \text{ Hz}$$

3 - Calcolare l'angolo e il tempo di conduzione del diodo

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{V_{min}}{V_{max}} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{15.97}{16.37} \right) = 0.221 \text{ rad}$$

$$T_c = \frac{\theta}{\omega} = \frac{0.221}{2\pi \cdot 150} = 0.000703 \text{ s} = 0.703 \mu\text{s}$$

4. Calcolare la massima tensione presente ai capi del diodo

$$V_{D,max} = \frac{2V_{c1,max}}{m} = 32.74V$$

$$V_{eq} = V_{AL} \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 12V \frac{10k\Omega}{130k\Omega} = 0,92V$$

Per calcolare la corrente  $I_B$  facciamo un'equazione di MAGLIA per la MAGLIA 1

$$V_{eq} - R_{eq} I_B - V_{BE} - R_E I_E = 0$$

Sapendo che  $I_E = (1 + \beta) I_B$  e supponendo  $V_{BE} = 0,6V$

$$I_B = \frac{V_{eq} - V_{BE}}{R_{eq} + (1 + \beta) R_E} = \frac{(0,92 - 0,6)V}{9,23k\Omega + 101 \cdot 1k\Omega} = 2,93 \cdot 10^{-6} A = \boxed{2,93 \mu A}$$

Sapendo inoltre che  $I_C = \beta I_B$

$$I_C = 100 \cdot 2,93 \cdot 10^{-6} A = \boxed{293 \mu A}$$

$$\text{dunque } I_E = 101 \cdot 2,93 \mu A = \boxed{296 \mu A}$$

Si ottiene quindi che  $V_E, V_B$  e  $V_C$  sono

$$V_E = R_E I_E = 1k\Omega \cdot 296 \mu A = \boxed{296 mV}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = (0,6 + 0,296)V = \boxed{0,90V}$$

$$V_C = V_{AL} - I_C R_C = 12V - 293 \mu A \cdot 10k\Omega = 12V - 2,93V = \boxed{9,07V}$$

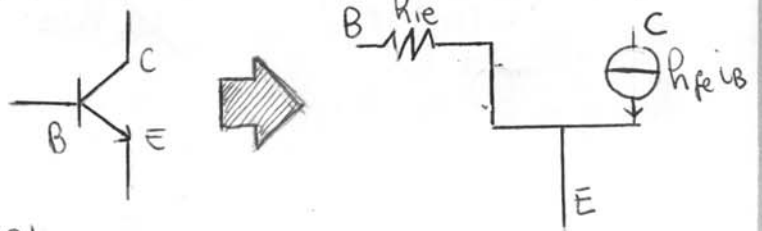
mentre  $r_{ie}$

$$r_{ie} = \frac{V_T (25^\circ C)}{I_B} = \frac{25,9 mV}{2,93 \mu A} = \boxed{8,84 k\Omega}$$

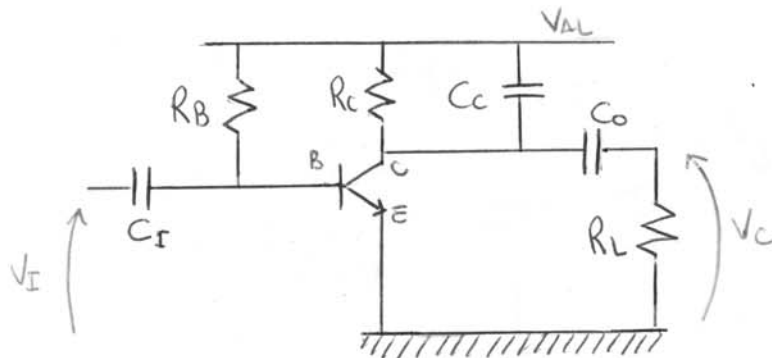
2. Calcolare il guadagno in BANDA  $A_v = \left(\frac{v_o}{v_i}\right)$  dell'AMPLIFICATORE

Per calcolare il guadagno in banda facciamo un'analisi del circuito in alternata ricordando che  $V_{AL}$  (emendo corrente continua) in alternata equivale a collegare.

a una mentre il modello equivalente del Transistore:



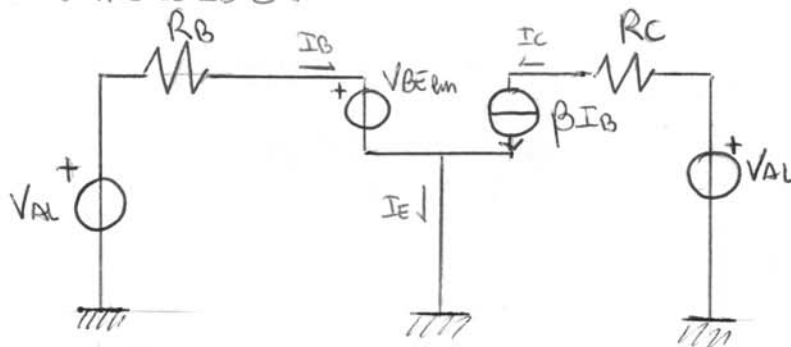
### 3.2 Emettitore comune



- $R_B = 1\text{ M}\Omega$
- $R_C = 5\text{ K}\Omega$
- $R_L = 10\text{ K}\Omega$
- $C_I = 1\text{ }\mu\text{F}$
- $C_C = 10\text{ nF}$
- $C_O = 1\text{ }\mu\text{F}$

$V_{AL} = 12\text{ V}$     $\beta = 100$     $h_{fe} = 200$

1) Calcolare il punto di lavoro del transistor ( $I_B, I_C, I_E, V_B, V_C, V_E$ ) e  $r_{ie}$  a  $25^\circ\text{C}$ .



Supponiamo  $V_{BEon} = 0.6\text{ V}$

Con un'equazione di maglia

$$V_{AL} - I_B R_B - V_{BEon} = 0 \Rightarrow I_B = \frac{V_{AL} - V_{BEon}}{R_B} = \frac{11.4\text{ V}}{1 \cdot 10^6 \Omega} = 11.4 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 11.4 \cdot 10^{-6} \text{ A} \cdot 100 = 1.14 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = 1.15 \text{ mA}$$

$$V_E = I_E R_E = 0\text{ V}$$

$$V_B = V_E + V_{BEon} = 0.6\text{ V}$$

$$V_C = V_{AL} - I_C R_C = 12\text{ V} - 1.14 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 5 \cdot 10^3 \Omega = 6.3\text{ V}$$

NON ESSENDO IL CONDENSATORE IN SATURAZIONE

$$I_B > 0 \quad V_{ce} > V_{ce\text{sat}} = 0.3\text{ V}$$

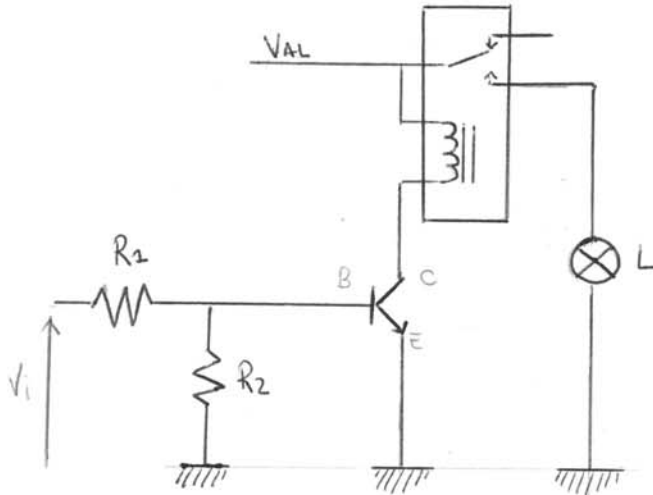
$$\downarrow$$

$$V_E - R_E I_E = V_E = 6.3\text{ V}$$

$$r_{ie} = \frac{V_T(26^\circ\text{C})}{I_B} = 2.28\text{ K}\Omega$$

# PARTE 4 Transistore in saturazione

## 4.1 Interruttore con relé



- $R_2 = 500 \Omega$
- $\beta = 80$
- $V_{AL} = 12V$
- $R_{relé} = 100 \Omega$
- $R_L = 10 \Omega$

1) Calcolare il valore della resistenza  $R_1$  sapendo che  $V_{off} = 1V$  e  $V_{on}$  il transistore può lavorare, onnato ad un relé, solo in due zone

- 1) INTERDIZIONE  $V_i < V_{off} \quad I_B = 0$
- 2) SATURAZIONE  $V_i > V_{on} \quad I_B < \frac{I_C}{\beta}$

1)  $V_i \leq V_{off} \quad I_B = 0$  si suppone  $V_{BEon} = 0.4V$

$$V_B = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} < V_{BEon} \leftarrow \text{condizione transistore INTERDETTO}$$

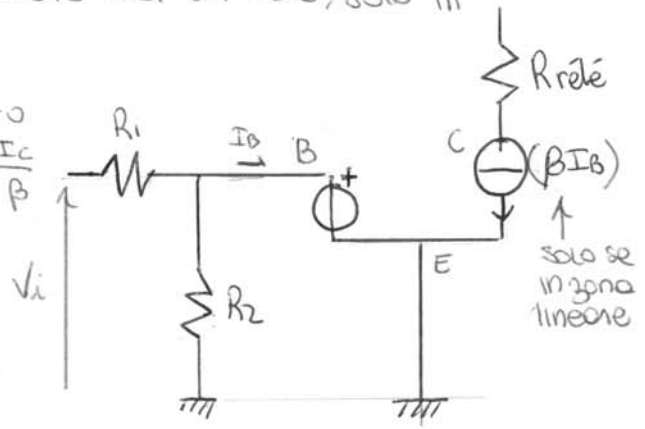
$$R_1 > \frac{V_i}{V_{BEon}} R_2 - R_2 \quad R_1 > \left( \frac{V_i}{V_{BEon}} - 1 \right) R_2$$

$$\rightarrow R_1 > \left( \frac{V_{off} - V_{BEon}}{V_{BEon}} \right) R_2 = \left( \frac{1 - 0.4}{0.4} \right) 500 \Omega = 750 \Omega$$

2)  $V_i > V_{on}$  supponendo il transistore è in SATURAZIONE se  $I_B > \frac{I_C}{\beta}$

$V_{BEsat} = 0.8$   
 $V_{CEsat} = 0.3$

$$I_B = \frac{V_{eq} - V_{BEsat}}{R_{eq}} < \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{AL} - V_{CEsat}}{\beta R_{relé}}$$



3) Calcolare la massima dissipazione nel transistore  
 la massima dissipazione nel transistore si ha quando  
 il transistore è in saturazione

$$V_{CE} = V_{CE\text{ sat}} = 0.3$$

$$V_{BE} = V_{BE\text{ sat}} = 0.8$$

da cui  $P_{\text{max}} = V_{CE\text{ sat}} I_C + V_{BE\text{ sat}} I_B$

con  $I_C = \frac{V_{AL} - V_{CE\text{ sat}}}{R_{\text{relé}}}$

$$I_B = \frac{V_{AL} - V_{BE\text{ sat}}}{R_1} - \frac{V_{BE\text{ sat}}}{R_2}$$

$$I_C = \frac{12V - 0.3}{1000\ \Omega} = 117\ \text{mA}$$

$$I_B = \frac{V_i}{1066} - \frac{0.8}{1066} - \frac{0.8}{500} =$$

Sappiamo che  $V_i > V_{on}$  e supponiamo

$$V_i = 6V$$

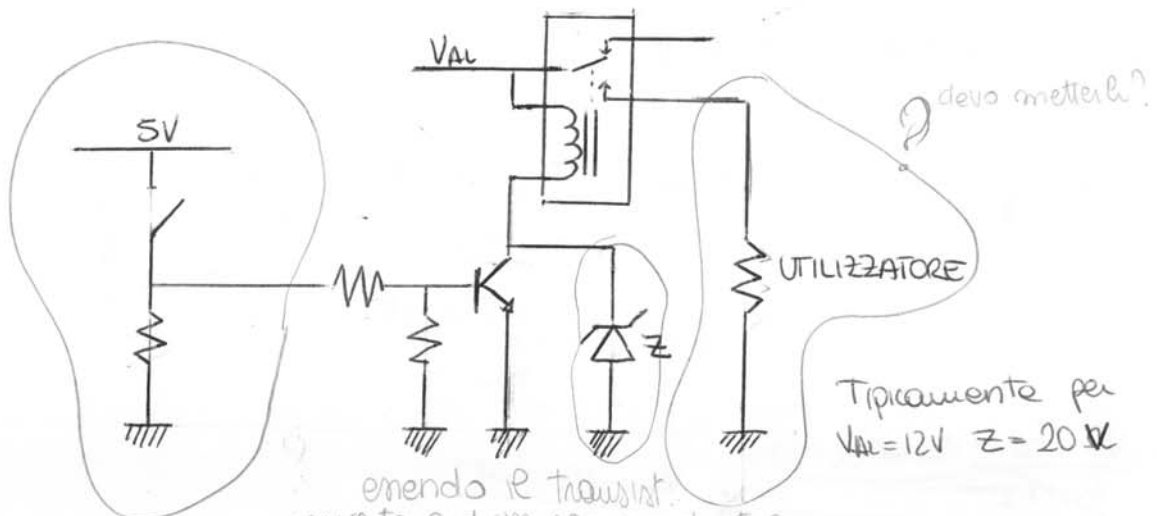
$$I_B = 3\ \text{mA} \approx 0$$

Da cui la POTENZA DISSIPATA

$$P_{\text{max}} = V_{CE\text{ sat}} I_C = 0.3V \cdot 117\ \text{mA} = 35\ \text{mW}$$

## 4.2 Progetto interruttore

Tracciare lo schema completo di un circuito con un transistore utilizzato come interruttore che piloti un relé e alimentato a 12V



essendo il transistor  
 connesso ad un carico di tipo  
 induttivo devo mettere un diodo Zener / o diodo  
 normale (per il C e VAL)

- E27 -

$$\frac{V_i - V_{BEsat}}{R_1} \gg \frac{V_{AL} - V_{CEsat}}{\beta R_L} + \frac{V_{BEsat}}{R_2}$$

$$R_1 < \frac{V_i - V_{BEsat}}{\frac{V_{AL} - V_{CEsat}}{\beta R_L} + \frac{V_{BEsat}}{R_2}} \rightarrow R_1 \leq \frac{10 - 0.8 \checkmark}{\frac{10 - 0.2 \checkmark}{200 \cdot 100 \Omega} + \frac{0.8 \checkmark}{1 \text{ k}\Omega}}$$

$$R_1 < \frac{9.2}{0.98 \cdot 10^{-3} + 0.8 \cdot 10^{-3}} \Omega \Rightarrow R_1 \leq 5168 \text{ k}\Omega$$

Si sceglie il maggiore dei due  $\Rightarrow R_1 = 5,1 \text{ k}\Omega$

2) Dire se il circuito funziona correttamente e, in caso contrario, modificarlo opportunamente

Essendo il Transistore collegato ad un carico di tipo resistivo non è necessaria alcuna resistenza collegata al collettore. Pertanto il circuito è corretto

3) Calcolare la massima dissipazione nel transistore  
 la massima dissipazione si ha quando il Transistore è in saturazione

$$P_{max} = V_{CEsat} I_C + V_{BEsat} I_B$$

$$I_C = \frac{V_{AL} - V_{CEsat}}{R_L} = \frac{9.8 \text{ V}}{100 \Omega} = 98 \mu\text{A}$$

$$I_B = \frac{V_i - V_{BEsat}}{R_1} - \frac{V_{BEsat}}{R_2} \quad \text{essendo } R_1 = 5 \text{ k}\Omega$$

Essendo  $I_B$  dell'ordine di qualche milliampere lo possiamo considerare trascurabile -  $I_B \approx 1 \text{ mA}$

Da cui

$$P_{max} \approx V_{CEsat} I_C = 0.2 \cdot 98 \mu\text{A} = 19.6 \text{ mW}$$

# ESERCIZI in CLASSE

## ES 6/12/11 Misura accelerazione

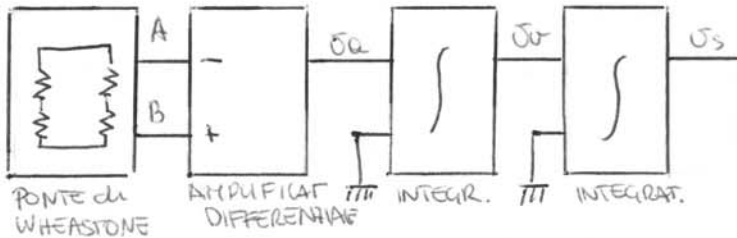
Progettare un navigatore inerziale che fornisca

- 1) tensione  $U_A$  proporzionale all'accelerazione  $\frac{1V}{m/s^2}$  sensibilità
- 2) tensione  $U_V$  proporzionale alla velocità  $\frac{1mV}{km/h}$
- 3) tensione  $U_S$  proporzionale allo spostamento  $\frac{1mV}{1000m}$

utilizzando un sensore di accelerazione a ponte di Wheatstone

con  $\frac{\Delta R}{R} = 1\%$  a  $981 m/s^2$   $\frac{\Delta R}{R} = k a$

Scegliamo  $V_{cc} = 10V$



### SENSIBILITA'

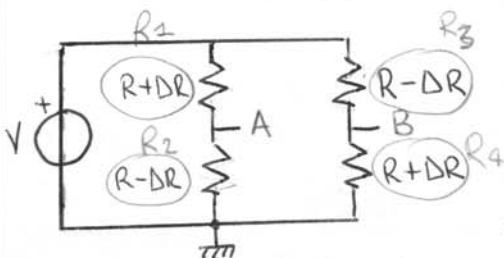
$\frac{\Delta R}{R} = k a \Rightarrow V_{BA} = V \frac{\Delta R}{R}$  per  $a \approx 1g \Rightarrow 1V \Rightarrow \frac{\Delta R}{R} = k = \frac{1\%}{9.81 m/s^2}$

$k = 0.001 / m/s^2 = 0.102\% / (m/s^2)$

$U_V = k_V V = \frac{1V}{km/h} \cdot V$  velocità

$U_S = k_S \Delta = \frac{1V}{1000 km} \cdot \Delta$

PONTE di WHEASTONE



$V_A = V \frac{R - \Delta R}{2R - \Delta R + R + \Delta R} = V \frac{R - \Delta R}{2R}$

$V_B = V \frac{R + \Delta R}{2R}$

$V_A - V_B = \frac{\Delta R}{R} V$

$\frac{\Delta R}{R} = k a = \frac{0.102\%}{(m/s^2)} a$



SENSIBILITA'  $\frac{\pm 1V}{1000km}$

$$V_S = \frac{1}{R_4 C_2} \int V_U(t) dt$$

$$V_S = \frac{1}{R_4 C_2} \int -\frac{1}{R_3 C_1} v(t) dt = -\frac{1}{R_4 C_2 R_3 C_1} \int v(t) dt$$

però sappiamo che  $\frac{1}{R_3 C_1} = \frac{\pm 1mV}{(km/h)}$   
da cui

$$\frac{1}{R_4 C_2} \frac{\pm 1mV}{(km/h)} = \frac{\pm 1mV}{km} \rightarrow C_2 = \frac{3.6}{31.62} sec$$

$$R_4^2 = 10^9 \Omega \rightarrow R_4 = 31.6 k\Omega$$

$$C_2 = 0.13 F$$

## ES2 6/12/11 Calcolo portata

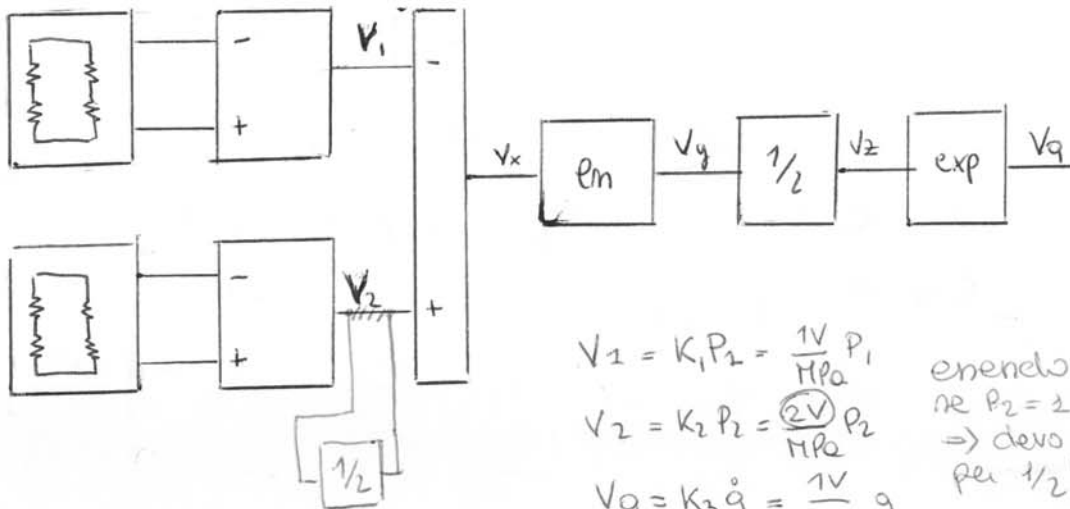
Progettare un misuratore di portata

$$\frac{\Delta R}{R} = 1\% \text{ a } \pm 1MPa$$

$$\dot{q} = \frac{2l}{s/\rho a} \sqrt{P_1 - P_2}$$

che fornisce:

- 1) tensione  $V_1$  proporzionale a  $P_1$  con sensibilità  $\frac{\pm 1V}{MPa}$
- 2) tensione  $V_2$  proporzionale a  $P_2$  con sensibilità  $\frac{2V}{MPa}$
- 3) tensione  $V_3$  proporzionale alla portata con sens.  $\frac{\pm 1V}{kg/s}$



$$V_1 = K_1 P_1 = \frac{1V}{MPa} P_1$$

$$V_2 = K_2 P_2 = \frac{2V}{MPa} P_2$$

$$V_q = K_3 \dot{q} = \frac{1V}{kg/s} \dot{q}$$

essendo  $V_2 = 2V$   
a  $P_2 = \pm 1MPa$   
 $\Rightarrow$  devo mult.  $V_2$   
per  $1/2!!$





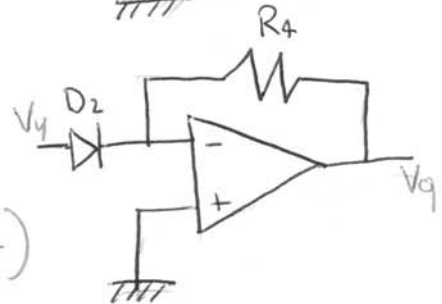
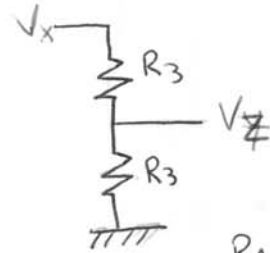
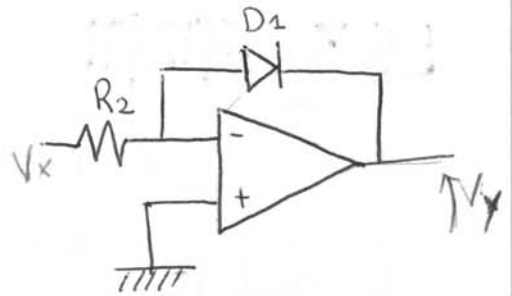
$$\begin{cases} V_x = \frac{V_2 - V_1}{2} \\ V_y = -\eta V_T \ln\left(\frac{V_x}{R_2 I_s}\right) \\ V_z = -\frac{1}{2} V_y = +\frac{\eta V_T}{2} \ln\left(\frac{V_x}{R_2 I_s}\right) \\ V_q = -R_3 I_s e^{\frac{V_z}{\eta V_T}} = -R_3 I_s e^{\frac{\eta V_T}{2 \eta V_T} \ln\left(\frac{V_x}{R_2 I_s}\right)} \\ = -R_3 I_s \left(\frac{V_x}{R_2 I_s}\right)^{1/2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_q = -\frac{R_3 I_s}{\sqrt{R_2 I_s}} \sqrt{V_x} \\ V_q = \frac{2000 V}{\sqrt{V}} \end{cases}$$

(ipotizziamo  $I_s = 1 \mu A = 10^{-9} A$  tipico.)

$$\begin{cases} R_3 I_s = 2000 V \\ R_2 I_s = 1 \rightarrow I_s = \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{R_3}{R_2} = 2000 V \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{R_3}{R_2} = 2000 V \\ R_2 R_3 = 10^9 \Omega \end{cases} \rightarrow \begin{cases} R_3^2 = 2000 V \cdot 10^9 \\ R_2 = \frac{10^9 \Omega}{R_3} \end{cases} \quad \begin{aligned} R_3 &= 1.414 K\Omega \\ R_2 &= 707 K\Omega \end{aligned}$$



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{z_1}{z_2} = -0,01592 e^{-90,26}$$

$$V_i = 20V \sin(2\pi \cdot 10^4 t)$$

$$|V_o| = 10 \cdot \frac{V_o}{V_i} = 0,1592$$

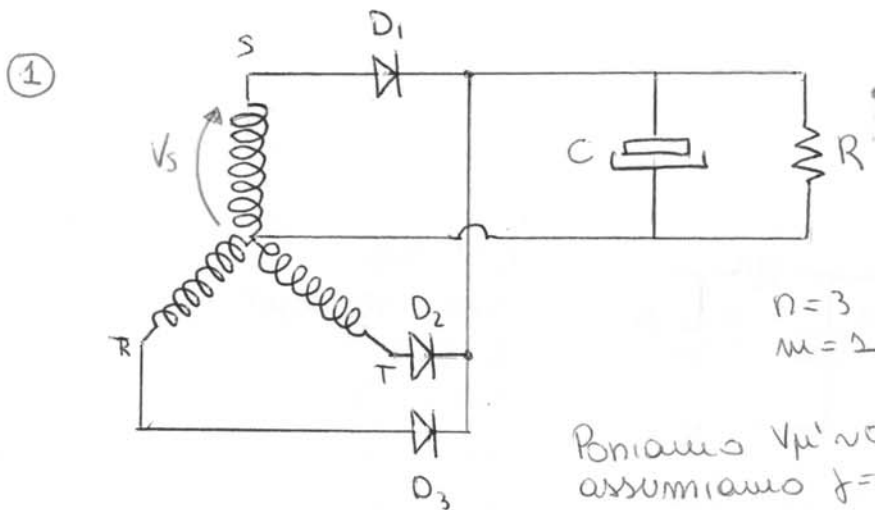
$$\angle V_o = -90,26^\circ$$

$$V_o = 0,1592 V \sin(2\pi \cdot 10^4 t - 1,575)$$

90,26 in radianti  
↓

## ESERCIZIO 1 15/11/11

- 1) Tracciare lo schema di un alimentatore a tre semionde
- 2) Calcolare C, V<sub>s</sub> per avere V<sub>med</sub> = 10V ΔV = 1V con I<sub>L</sub> = 3A
- 3) Calcolare Tensione e corrente max nei diodi
- 4) Modificare il circuito per ridurre l'onduazione



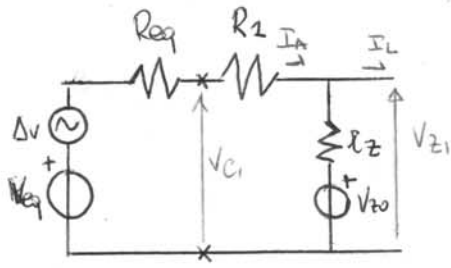
$$\textcircled{2} V_{max} = \sqrt{2} V_{s\text{eff}} - m V_{\mu'}$$

$$V_{med} = V_{max} - \frac{\Delta V}{2} \rightarrow V_{med} = \sqrt{2} V_s - V_{\mu'} - \frac{\Delta V}{2}$$

$$V_s = \left( V_{med} + V_{\mu'} + \frac{\Delta V}{2} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{(10V + 0.6V + 0.5V)}{\sqrt{2}} = \boxed{7.84 V}$$

$$V_{max} = V_{med} + \frac{\Delta V}{2} = \boxed{10.5 V}$$

$$\Delta V = \frac{I_L}{m f C} \rightarrow C = \frac{I_L}{m f \Delta V} = \frac{3A}{3 \cdot 50 \cdot 1V} = 6,7 mF$$



$$R_{eq} = \frac{1}{2mfC} = \frac{1}{450 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6} \frac{2}{F}} = 0.5 \Omega$$

$$I_A = \frac{V_{eq} - V_{z0}}{R_{eq} + R_1} = \frac{(13.54 - 5)V}{(2 + 0.5) \Omega} = \boxed{3.41 A}$$

$$\Delta V = \frac{I_A}{mfC} = \frac{3.41 A}{2 \cdot 50 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6} F} = \boxed{3.41 V}$$

$$V_{med_{z1}} = V_{max_{z1}} - \frac{\Delta V}{2} = \boxed{11.83 V}$$

la frequenza di ripple sarà

$$f_r = mf = \boxed{100 Hz}$$

2) Calcolare  $V_{max_{z1}}$ ,  $V_{med_{z1}}$ ,  $\Delta V$  ai capi di  $Z_1$

$$V_{z1, med} = \frac{\frac{V_{z0}}{R_L} + \frac{V_{eq}}{R_{eq} + R_1} - I_L}{\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_{eq} + R_1}} = \frac{V_{z0}(R_{eq} + R_1) + V_{eq}R_L - I_L R_L (R_{eq} + R_1)}{R_{eq} + R_1 + R_L} = \frac{5V \cdot 2.5 \Omega + 13.54 \cdot 0.1 \Omega}{2.6 \Omega} = 0.1 = \boxed{5.22 V} \quad V_{z1, med}$$

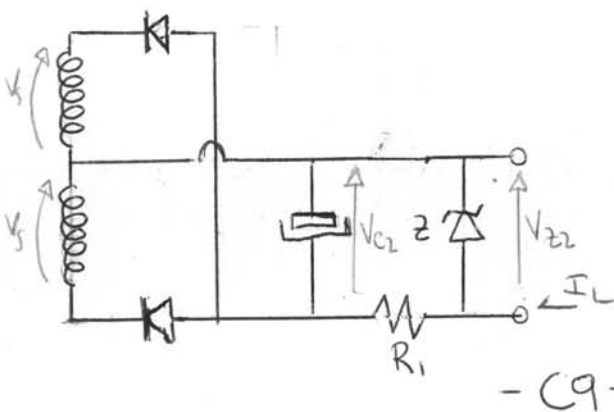
$$\Delta V_{z1} = \Delta V_1 \frac{R_L}{R_{eq} + R_1 + R_L} = 3.41 V \frac{0.1 \Omega}{2.6 \Omega} = \boxed{0.13 V}$$

$$V_{max_{z1}} = V_{z1, med} + \frac{\Delta V}{2} = \boxed{5.3 V}$$

$$V_{min_{z1}} = V_{z1, med} - \frac{\Delta V}{2} = \boxed{5.15 V}$$

$$f_r = mf = 100 Hz$$

3) Calcolare  $V_{max}$ ,  $V_{med}$ ,  $\Delta V$  e  $f_r$  ai capi di  $C_2$  e  $Z_L$



Per come sono state disegnate le tensioni  $V_{c2}$  e  $V_{z2}$  i calcoli sono, eccetto il segno, e simili a prima. Ovviamente i diodi faranno pensare (ovvero saranno in conduzione) solo per tensioni negative.

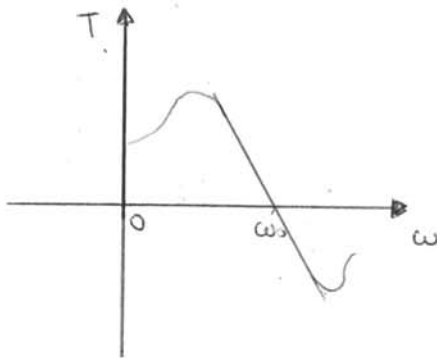
# ESERCIZIO N°1

Un motore a induzione a 2 coppie polari

teensione trifase 380 Veff

f = 50 Hz

Vediamo la caratteristica T



VELOCITÀ A VUOTO  
(o DI SINCRONISMO)

COPPIA

VELOCITÀ DI ROTAZ

$$T = (\omega_0 - \omega) K$$

con  $K = 100 \text{ Nm/rad/sec}$

Il motore trasforma una dinamica  
avente le seguenti caratteristiche:

$G = 102 \text{ mH}$

$R_0 = 0,1 \text{ m}\Omega$

$I_a = 1 \text{ A}$  CORRENTE DI ECITAZIONE

l'usata della dinamica è collegata da un ramo resistivo  $R_L$

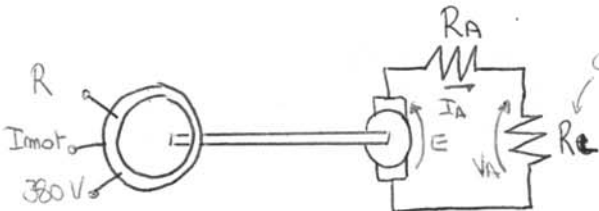
$$R_L = 1,5 \text{ m}\Omega$$

Calcolare:

1) la velocità di rotazione delle due macchine accoppiate

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{C}$$

NUMERO DI COPPIE POLARI



$$\begin{cases} T_{motrice} = (\omega_0 - \omega) K \\ T_{resistente} = G I_f I_a \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = G I_f I_a \\ I_a = \frac{E}{R_A + R_L} \Rightarrow T = \frac{(G I_f)^2 \omega}{R_A + R_L} \\ E = G I_f \omega \end{cases}$$

Imponendo  $T_{motrice} = T_{resistente}$

$$\rightarrow \omega_0 = \frac{2\pi f}{C} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157 \text{ rad/s}$$

$$\frac{(G I_f)^2 \omega}{R_A + R_L} = (\omega_0 - \omega) K \rightarrow \frac{(G I_f)^2}{(R_A + R_L) K} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega} \rightarrow \frac{(G I_f)^2}{(R_A + R_L) K} + 1 = \frac{\omega_0}{\omega}$$

da cui  $\omega = 147,49 \text{ rad/s}$

2) la potenza erogata sul carico

~~$R = I_a^2 R_L$~~   $P = V_A I_a \quad V_A = I_a R_L$

$$P = I_a^2 R_L$$

6) Calcolare il valore iniziale della con. di armatura  $I_{A2}$  che si avrebbe se invece di portare  $V_A \rightarrow 0V$ , lo si portasse a  $V_A \rightarrow -28V$  (frenato in controcorrente)

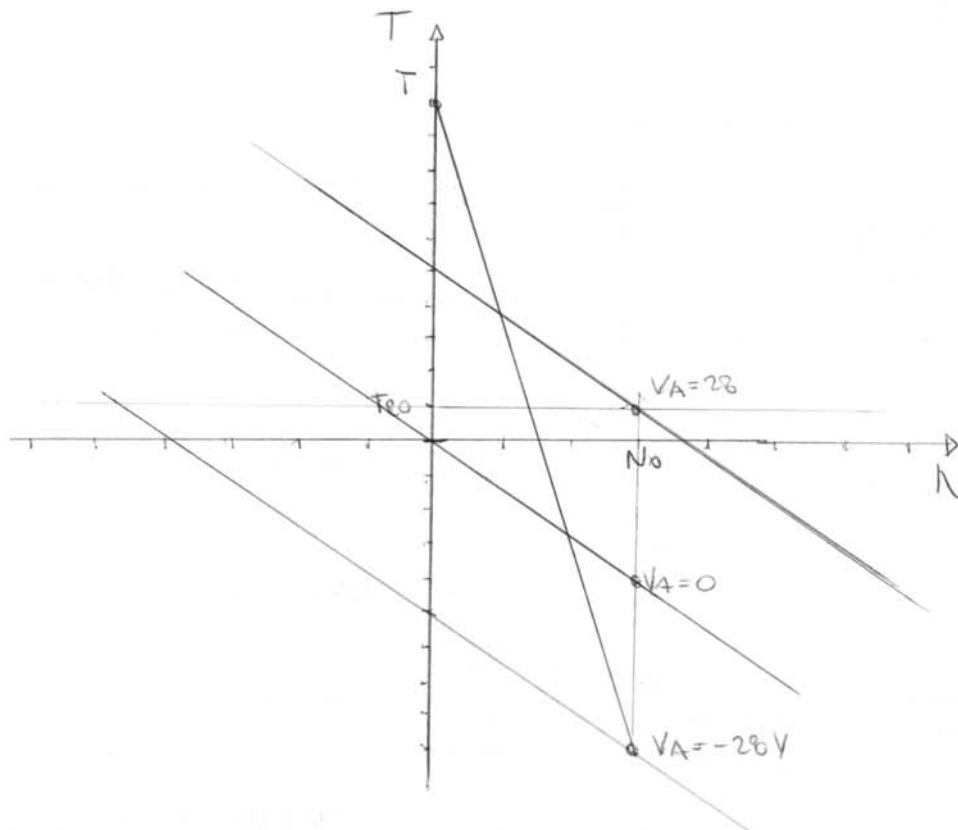
$$I_{A2} = -\frac{[E + V_A]}{R_A} = -\frac{23,41 + 28 \text{ V}}{0,1078 \Omega} = -476,9 \text{ A}$$

7) Calcolare il valore iniziale della corrente di armatura  $I_{A3}$  che si avrebbe se, lasciando  $V_A = 28V$ , si raddoppia il valore della corrente di eccitazione  $I_f = 2A$

~~$$I_{A3} = 2 I_{A1} = -439,4$$~~

$$I_{A3} = -\frac{[V_A - 2E]}{R_a} = +\frac{28 - 2 \cdot 23,41}{0,1078} = -174,58 \text{ A}$$

8) Ripartire il tutto su un diagramma



### \*ESERCIZIO N°3

MACCHINA A CORR. CONTINUA COME ECITAZIONE INDIP. FISSA  
 ( $I_f = 4A$ )

$V_a = 28V$

$T_0 = 9Nm$  coppia a rotore bloccato

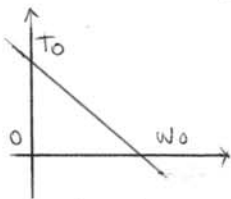
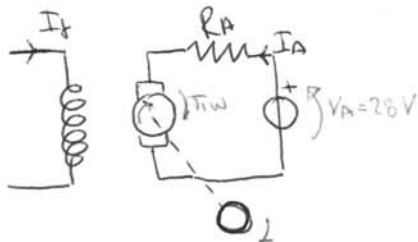
$N_0 = 5350 rpm$

Senza alterare le alimentazioni di eccitazione dell'armatura la macchina viene trascinata in rotazione a velocità costante

$N = 7000 rpm$  per mezzo di un motore esterno

CALCOLARE

1) T per trascinare la macchina a 7000 giri/min (Nm)



$N = 7000 rpm \Rightarrow 733,038 rad/s = \omega$

$N_0 = 5350 rpm \Rightarrow 560,25 rad/s = \omega_0$

$T = k I_f I_a$

$T = T_0 \left( 1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right)$

$I_a = \frac{V_a - k I_f \omega}{R_a}$

coppia erogata

$T = 9 Nm \left( 1 - \frac{733,038}{560,25} \right) = -2,77 Nm$

2) La potenza meccanica erogata dalla u.e. erogata dal motore

$P_{me} = T \omega = T N \frac{2\pi}{60} = -2,77 Nm \cdot 733,038 = -2,034 kW$

3)  $I_a$

$I_a = \frac{V_a - k I_f \omega}{R_a}$

$k I_f = \frac{V_a}{\omega_0} = \frac{28 V}{\frac{2\pi \cdot 5350}{60}} = 0,499 V$

$I_a = \frac{28 V - 0,499 \cdot 733,038 V}{0,155 \Omega}$

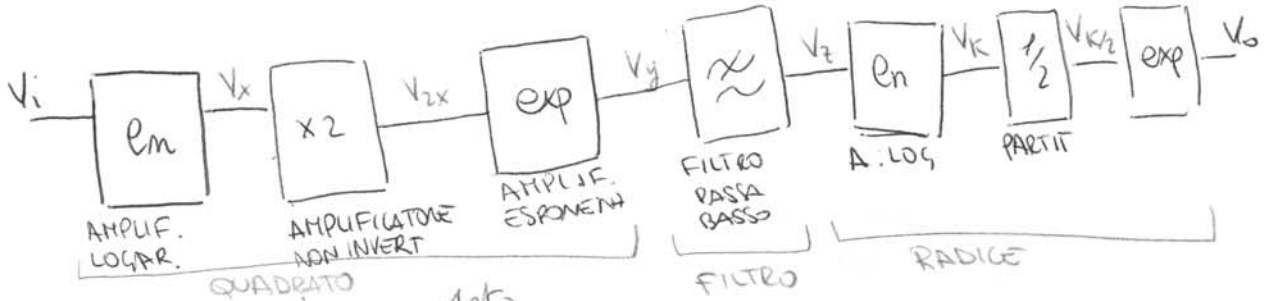
$R_a = \frac{V_a^2}{T_0 \omega_0} = \frac{28^2}{560,25 \cdot 9 Nm} = 0,155 \Omega$

$I_a = -55,7 A$

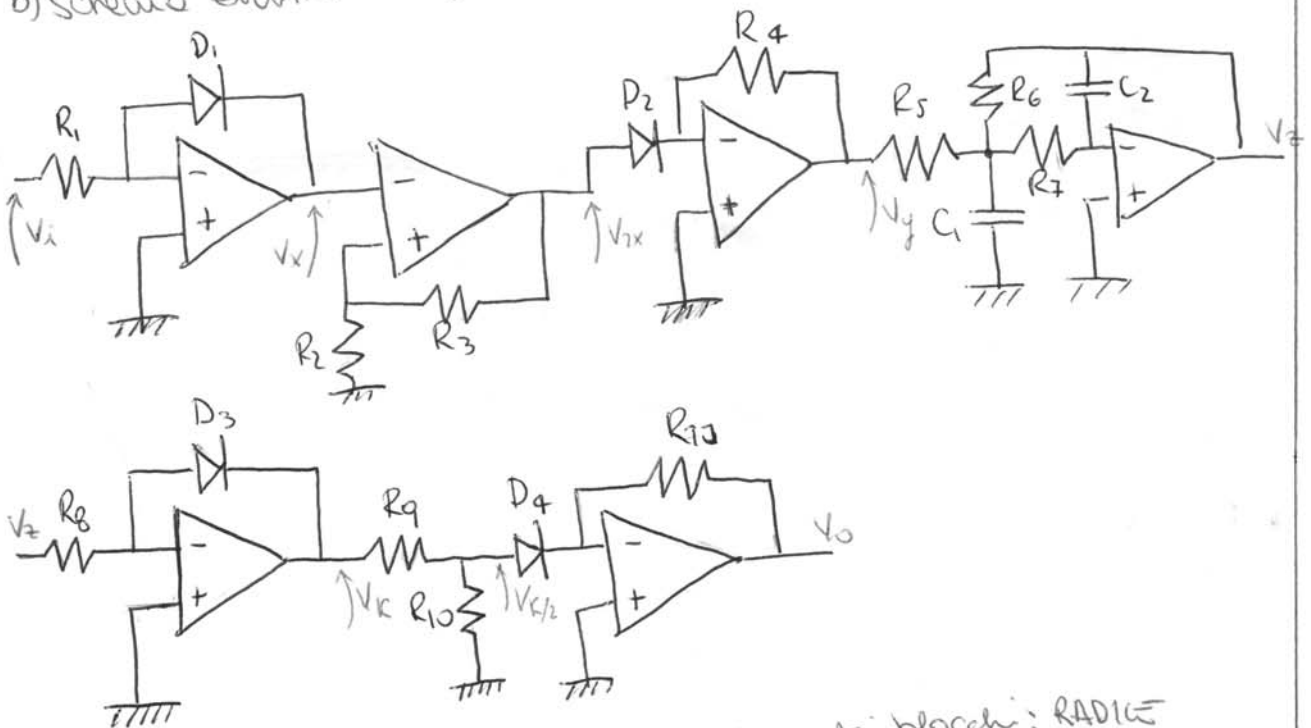
# TEMI D'ESAME

# TEMA 1 del 22/09/10 - ES7

a) Tracciare lo schema a blocchi del sistema



b) Schema elettrico completo



c) Si calcoler il valore dei componenti di uno dei blocchi: RADICE  
 Il partitore è di facile analisi:

$$\begin{cases} V_k = \eta V_T \ln\left(\frac{V_z}{R_8 I_s}\right) \\ V_{k2} = V_k \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \\ V_o = -R_{11} I_s e^{\frac{V_{k2}}{\eta V_T}} \end{cases}$$

$$V_{k2} = \frac{1}{2} V_k \Rightarrow \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} = \frac{1}{2}$$

$$2R_{10} = R_9 + R_{10}$$

$$\begin{cases} R_{10} = R_9 \\ R_{10} R_9 = 10^9 \Omega^2 \Rightarrow R_{10} = R_9 = 31,62 \text{ K}\Omega \end{cases}$$



b) calcolare il valore dei componenti per avere  $V_{max} = 10V$   
 $V_{min} = 9V$ ,  $I_L = 10A$

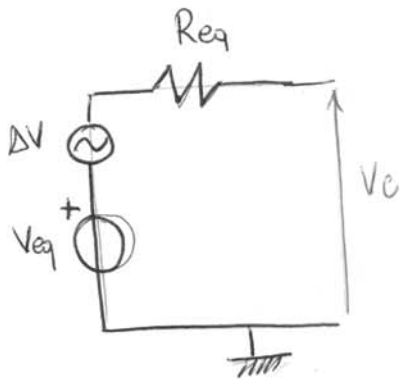
$$\Delta V = V_{max} - V_{min} = 1V$$

$$\Delta V = \frac{I_L}{\omega f C} \Rightarrow C = \frac{I_L}{\omega f \Delta V} = \frac{10A}{3.60 \cdot 1V} = 0.05F$$

$$V_{max} = \sqrt{2} V_s - \mu V_{\mu'} \quad \text{posto } V_{\mu'} = 0.6V$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} (V_{max} + V_{\mu'}) = V_s \rightarrow V_s = \frac{\sqrt{2}}{2} 10.6 = 7.495V$$

c) Calcolare la resistenza equivalente  $R_{eq}$  del modello di Thevenin lineare

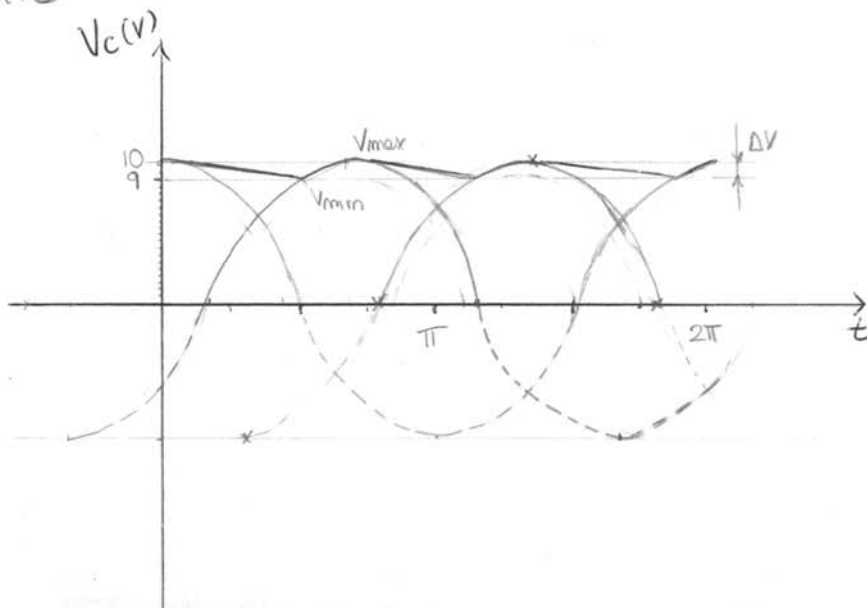


$$V_{eq} = V_{max}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{2\omega f C} = \frac{1}{2 \cdot 3.60 \cdot 0.05F}$$

$$R_{eq} = 0.0555 \Omega$$

d) tracciare il grafico, con assi tarati, della tensione in uscita



## TEMA 2

Elettronica ing. Aereospaziale, nuovissimo ordin. (07ATF, 02FTE)

18/2/2011

C

Tempo 2h: è severamente vietato consultare testi, appunti, colleghi. È consentito un formulario di max. 5 formule. Ci si può ritirare sino all'ultimo senza consegnare alcunché.

Punteggio massimo, se totalmente corretti: 15 p.ti per l'esercizio 1; 10 p.ti per gli altri.

**Riportare sul foglio: nome, cognome, matricola e lettera (A,B,C) del testo. Un punto in meno a chi non li riporta correttamente.**

1) Si debba progettare un doppio barometro che fornisca due uscite in tensione proporzionali alle pressioni:

- all'interno di una stanza, con sensibilità di 1V/MPa
- dentro una pentola a pressione, con sensibilità di 10V/MPa

e che accenda a intermittenza una lampadina quando la somma fra le due pressioni supera, in valore assoluto, 100kPa. Il periodo dell'intermittenza sia di 0,5s.

Si utilizzi il trasduttore di pressione ritenuto più adatto.

- i. Si tracci lo schema a blocchi del sistema
- j. Si tracci lo schema elettrico completo
- k. Si calcoli il valore di tutti i componenti
- l. Si modifichi il circuito per avere una misura digitale della somma delle pressioni

Per accendere ad intermittenza la lampadina si suggerisce di usare un oscillatore ad onda quadra con frequenza 2Hz.

2) Tracciare gli schemi di:

- a) un diodo ideale;
- b) un rivelatore di picco;
- c) un circuito antirimbazzo;
- e) un alimentatore a 2 semionde a ponte di Graetz;

f) il più semplice circuito per calcolare la media di due tensioni.

3) Una macchina a corrente continua con eccitazione indipendente e fissa ( $I_f = 1A$ ), è alimentata nel circuito di armatura con un generatore ideale di tensione continua e costante ( $V_a = 28V$ ) e presenta una coppia a rotore bloccato  $T_o = 8 Nm$ , ed una velocità a vuoto  $N_o = 5800$  giri/minuto primo.

Senza alterare le alimentazioni di eccitazione e di armatura, la macchina viene trascinata in rotazione a velocità costante e positiva di 7000 giri al minuto primo, per mezzo di un motore esterno. Si chiede di calcolare quanto segue:

1) La coppia applicata dal motore esterno per trascinare la macchina a 7000 giri/minuto primo ( $T$ , Nm).

2) La potenza meccanica assorbita dalla macchina elettrica ed erogata dal motore esterno. ( $P_m$ , W).

3) La corrente erogata dalla macchina elettrica ( $I_a$ , A).

4) La potenza elettrica fornita dalla macchina elettrica al generatore esterno di tensione di armatura ( $P_{ext}$ , W).

5) La potenza elettrica dissipata all'interno della macchina elettrica sotto forma di calore di Joule ( $P_h$ , W).

6) Il rendimento della macchina (che in queste condizioni funziona da generatore) in %.

Nota: Si trascurano tutte le perdite meccaniche per attriti, effetto ventilante ecc.

Registrazione: Data e aula verranno comunicate sul portale

# TEMA 2 del 18/02/11

## \*ESI

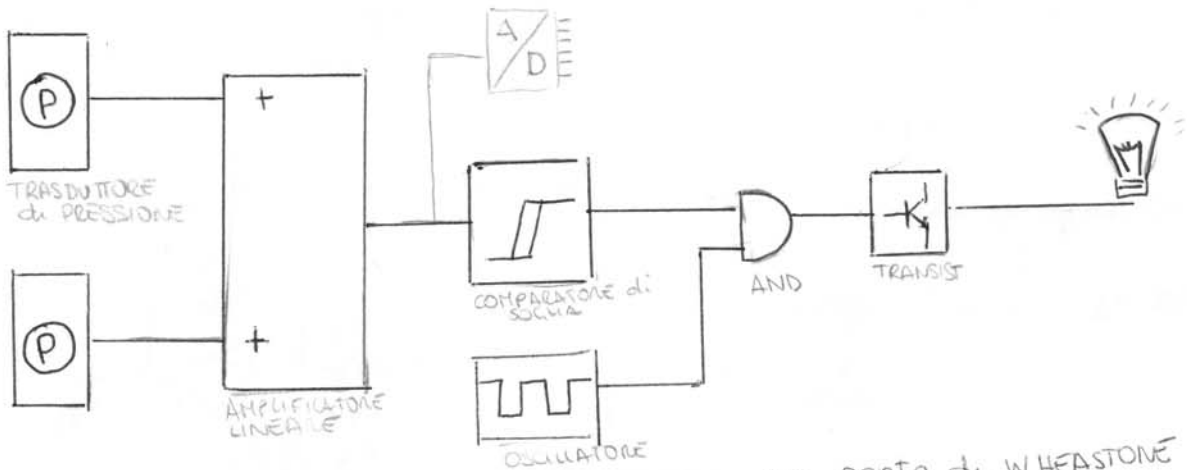
Si debba progettare un doppio barometro che fornisca due uscite in tensione proporzionali alle pressioni

- all'interno di una stanza con sensibilità  $\pm 1V/MPa$
- dentro una pentola a pressione con sensibilità  $10V/MPa$

e che accenda a intermittenza una lampadina quando la somma fra le due pressioni supera, in valore assoluto,  $100 KPa$

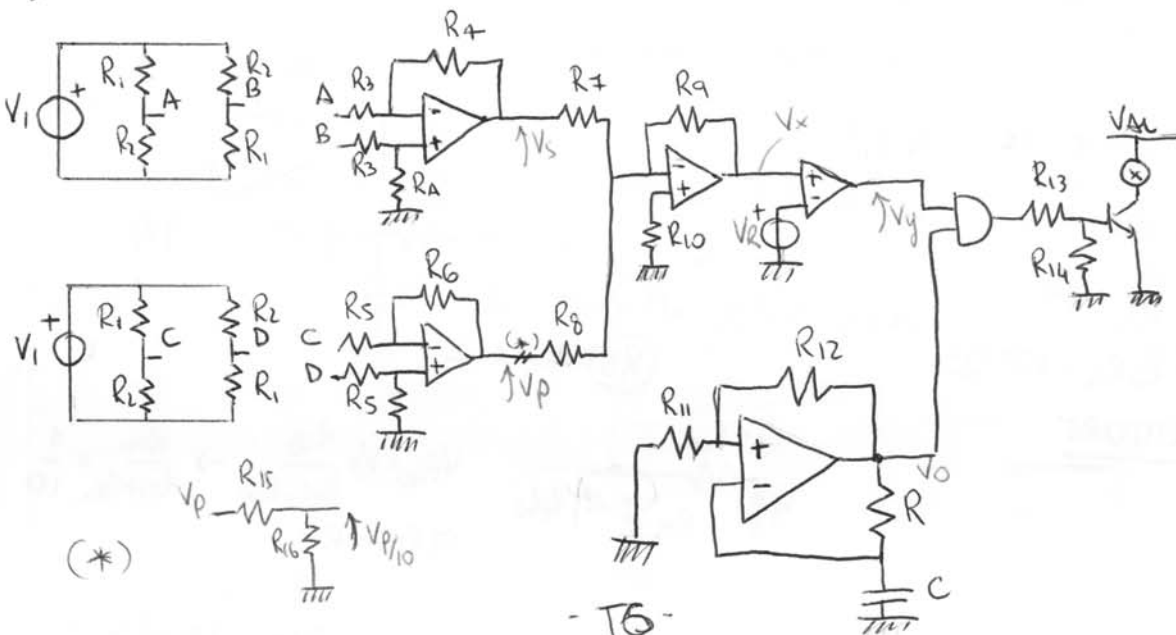
Il periodo dell'intermittenza sia  $0.5 s$

i) Si tracci lo schema a blocchi del sistema

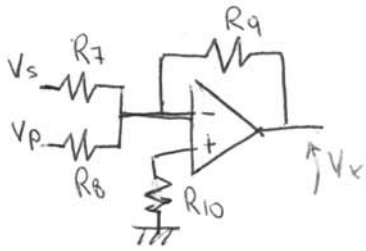


Come trasduttore di pressione scegliamo un ponte di WHEASTONE CON AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE e  $\frac{\Delta R}{R} = 1\%$  a  $\pm 1MPa$

j) SI TRACCI LO SCHEMA ELETTRICO COMPLETO



\* AMPLIFICATORE LINEARE



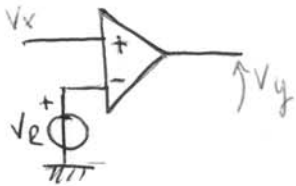
$R_7 = R_8$   
 $R_{10} \neq 0$

$V_x = \frac{R_9}{R_7} (V_P + V_S)$

$\frac{R_9}{R_7} = 1 \rightarrow R_9 = R_7 = R_8 = \sqrt{10^9} \Omega = 31,62 \text{ K}\Omega$

\* COMPARATORE DI SOGLIA

(senza isteresi)



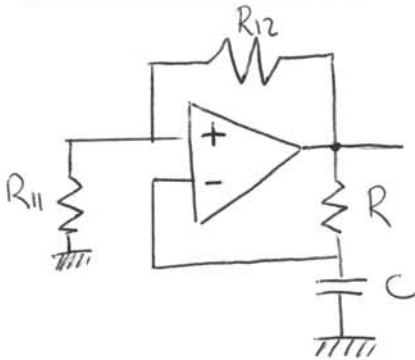
Essendo la soglia : : : 100 kPa

$100 \text{ MPa} \rightarrow 100 \text{ V}$

$100 \text{ kPa} = 0.1 \text{ MPa} = 0.1 \text{ V}$

$V_{ref} = 0.1 \text{ V}$

\* OSCIUATORE A RIASSAMENTO



$T = 2RC \frac{2R_{11}}{R_{12}}$

sapendo che  $R_{11} \ll R_{12}$

$T = 0.5 \text{ s}$

$T = 2RC \frac{2R_{11}}{R_{12}}$

$R_{11} R_{12} = 10^9 \Omega^2 \rightarrow R_{11}^2 = \frac{10^9}{100} \rightarrow R_{11} = 3,16 \text{ K}\Omega$   
 $R_{12} = 100 R_{11} \rightarrow R_{12} = 316 \text{ K}\Omega$

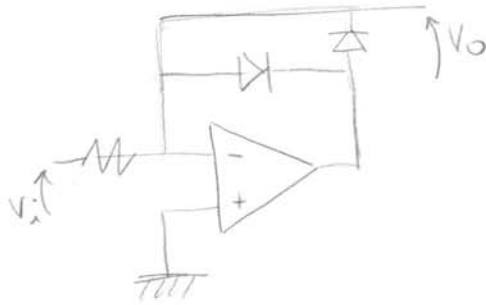
$T = 0.5 = 2 \cdot RC \frac{2R_{11}}{R_{12}} = \frac{1}{2} \cdot RC \frac{R_{12}}{R_{11}} \rightarrow 12.5 = RC$

$R^2 = 10^9 \Omega^2 \rightarrow R = 31,62 \text{ K}\Omega$

$C = \frac{12.5}{31,62 \cdot 10^3 \Omega} = 395,3 \mu\text{F}$

# \*ES 2

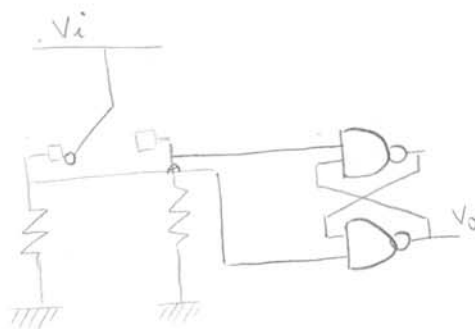
a) diodo ideale



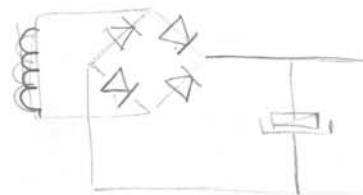
b) rifeversione di polo



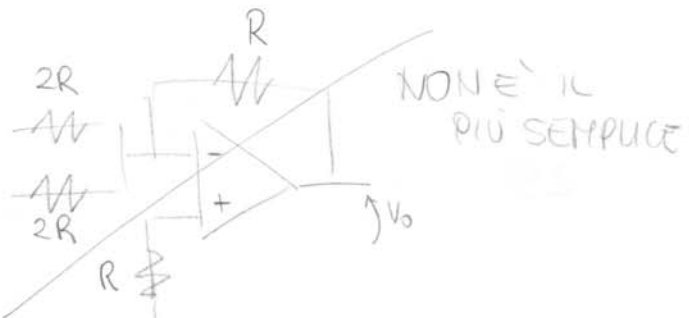
c) circuito anti rimbolzo



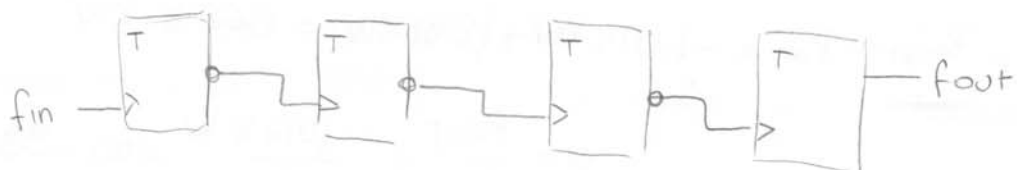
d) un alimentatore a 2 semionde a ponte di Graetz



f) il più semplice circuito per calcolare la media tra due tensioni



++ divisore modulo 16



# \* TEMA 4

Elettronica ing. Aerospaziale, nuovissimo ordin. (07ATF, 02FTE)

29/1/2008 **B**

Tempo 2h: é vietato consultare testi, appunti, colleghi. É consentito un formulario di max. 5 formule.

Punteggio massimo, se totalmente corretti: 15 p.ti per il primo esercizio; 10 p.ti per gli altri.

**Riportare sul foglio: nome, cognome, matricola, codice del corso e lettera (A,B,C) del testo. Un punto in meno a chi non li riporta correttamente.**

- 1) Si debba progettare un circuito che, data una tensione in ingresso  $V_i(t)$  variabile nel tempo, compresa fra 0V e +10V, ne calcoli il valore efficace, definito come:

$$V_o = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T (V_i(t))^2 dt}$$

In pratica, non essendo facile realizzare tale funzione, si realizzi un circuito che calcoli l'approssimazione seguente:

- Calcoli il quadrato della tensione di ingresso  $V_x = \left( \frac{V_i(t)}{1V} \right)^2$
  - Passi  $V_x$  attraverso un filtro passa basso con frequenza di taglio di 200Hz e guadagno in banda unitario
  - Calcoli la radice quadrata della tensione filtrata  $V_o = \sqrt{V_f(t) \cdot 1V}$
- a. Si tracci lo schema a blocchi del sistema  
b. Si tracci lo schema elettrico completo  
c. Si calcoli il valore dei componenti del filtro.

- 2) Si traccino gli schemi elettrici di:

- a. Un convertitore seriale-parallelo a 4 bit e si tracci il diagramma temporale delle uscite sapendo che all'ingresso vi é la sequenza 0,1,1,0,1
- b. Un demultiplexer 1-2
- c. Un flip-flop SR con gli ingressi attivi bassi

- 3) Una macchina a corrente continua con eccitazione indipendente ha le seguenti caratteristiche:

- Resistenza di armatura  $R_a = 0,1$  ohm,
- Coefficiente di mutua induzione  $G = 0,1$  H.

La macchina é alimentata come segue.

- Tensione di armatura  $V_a = 28$  V costante.
- Corrente di eccitazione  $I_f = 0,25$  A costante.

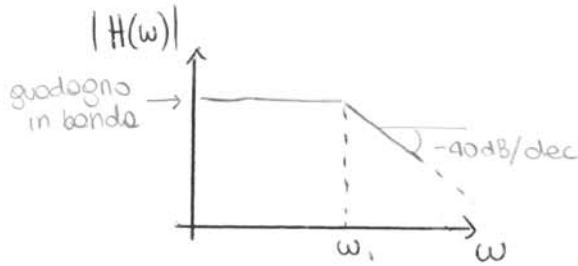
La macchina trascina direttamente un carico che esercita una coppia resistente costante e, raggiunta la condizione di equilibrio, la macchina assorbe una corrente di armatura  $I_a = 70$  A. Le perdite meccaniche della macchina sono considerate trascurabili. Calcolare:

- a. La coppia a rotore bloccato,  $T_o$  (Nm).
- b. La velocità a vuoto  $N_o$  (RPM), giri al minuto primo.
- c. La coppia esercitata dal carico,  $T_1$  (Nm).
- d. La velocità di rotazione a regime della macchina accoppiata col carico,  $N_1$  (RPM).
- e. La potenza meccanica erogata al carico,  $P_m$  (W).
- f. La potenza elettrica assorbita dalla macchina,  $P_e$  (W).
- g. Il rendimento della macchina nelle condizioni soprascriptate,  $\eta$  (%).

Registrazione: lunedì 4 febbraio, ore 9.30, aula 10C

con

$$\begin{cases} Y_1 = 1/R_5 \\ Y_2 = 1/R_6 \\ Y_3 = 1/R_7 \\ Y_4 = j\omega C_1 \\ Y_5 = j\omega C_2 \end{cases}$$



Solendo un guadagno in banda unitario la costante  $H_0$  diventa:

per  $\omega^* \ll \omega_1$  si vede  $|H(\omega=\omega^*)| = 1$

$$H(\omega) = \frac{H_0}{\left(1 + \frac{j\omega^*}{\omega_1}\right)^2} \Rightarrow H_0 = 1$$

Da cui

$$H(\omega) = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{\omega_1}\right)j\omega + \frac{1}{\omega_1^2}(j\omega)^2} = \frac{1}{1 - \frac{1}{\omega_1^2}\omega^2 + \frac{2}{\omega_1}j\omega}$$

$$\frac{V_0}{V_2} = - \frac{Y_1 Y_3}{Y_2 Y_3 + Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3) + Y_5 Y_4}$$

$$= - \frac{Y_1 Y_3 / Y_2 Y_3 \leftarrow H_0}{1 + \frac{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3) + Y_5 Y_4}{Y_2 Y_3}}$$

$$\frac{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3) + Y_5 Y_4}{Y_2 Y_3} \begin{matrix} \text{termine in } j\omega \\ \text{termine in } \omega^2 \end{matrix}$$

Da cui si ottiene

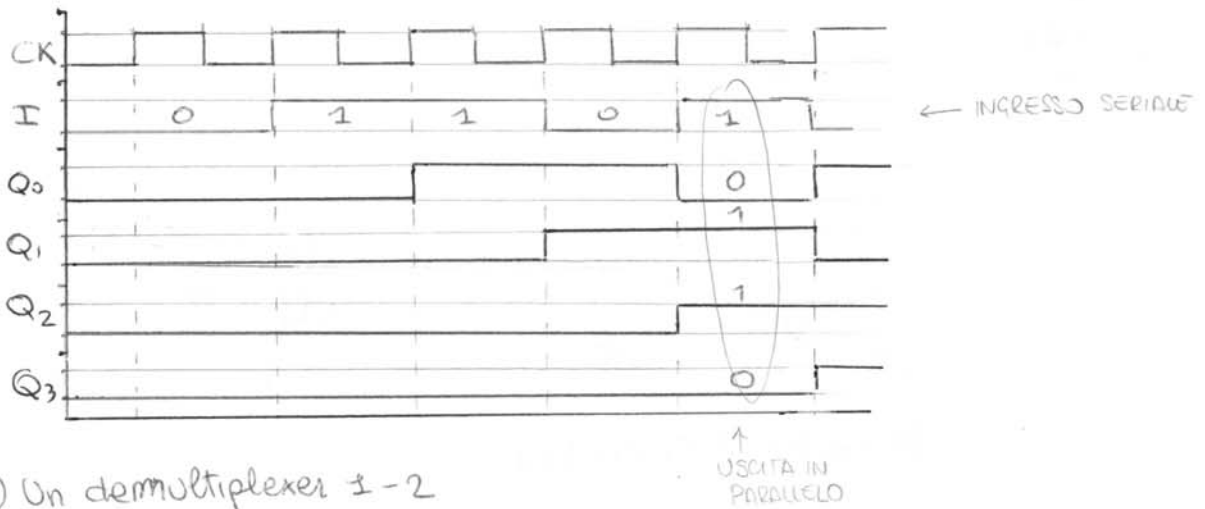
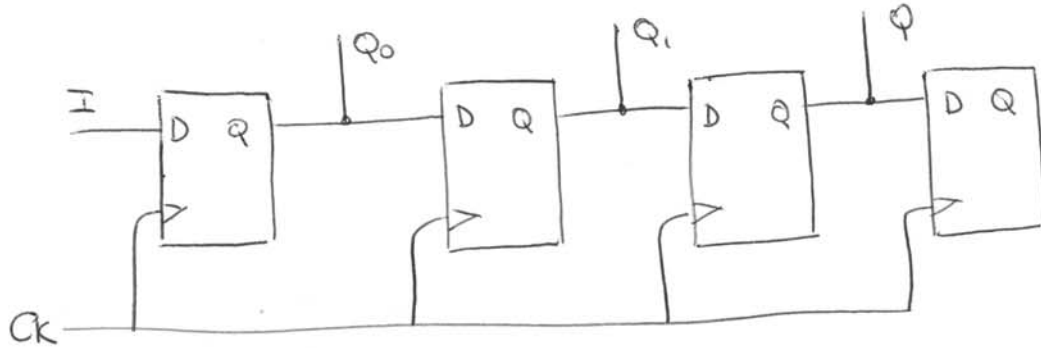
$$\begin{cases} \frac{Y_1}{Y_2} = 1 \rightarrow Y_1 = Y_2 \\ \frac{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3)}{Y_2 Y_3} = \frac{2}{\omega_1} j\omega \\ \frac{Y_5 Y_4}{Y_2 Y_3} = - \frac{\omega^2}{\omega_1^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_5 = R_6 \\ \frac{Y_5(2Y_2 + Y_3)}{Y_2 Y_3} = \frac{2}{\omega_1} j\omega \\ \frac{Y_5 Y_4}{Y_2 Y_3} = - \frac{\omega^2}{\omega_1^2} \end{cases}$$

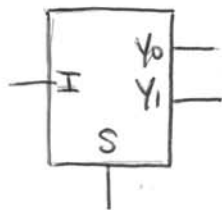
### \* ES 2

SI TRACCIANO GLI SCHEMI ELETTRICI DI

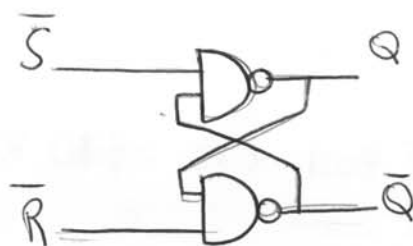
a) convertitore seriale/parallelo  
4 bit con ingresso 0,1,1,0,1



b) Un demultiplexer 1-2



c) Un flip flop SR con ingressi attivi bassi





# \* TEMA 5

Elettronica ing. Aerospaziale, nuovissimo ordin. (07ATF, 02FTE)

8/1/2008

B

Tempo 2h: é severamente vietato consultare testi, appunti, colleghi. É consentito un formulario di max. 5 formule.

Punteggio massimo, se totalmente corretti: 15 p.ti per l'esercizio 1; 10 p.ti per gli altri.

**Riportare sul foglio: nome, cognome, matricola e lettera (A,B,C) del testo.**

**Allegare lo statino!!!**

X) Si debba progettare un misuratore di accelerazione e velocità, che abbia due uscite in tensione:

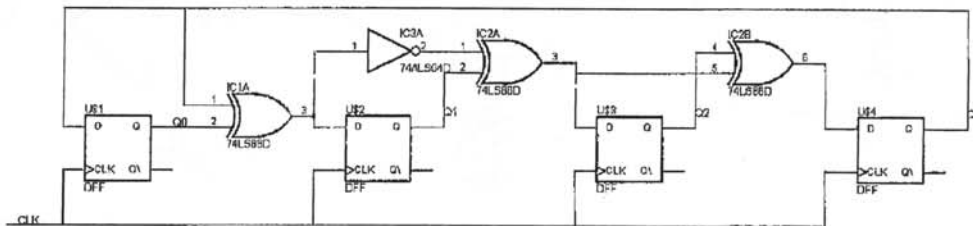
- $V_a$ , con sensibilità di  $0.5V/g$
- $V_v$ , con sensibilità di  $20mV/(km/h)$

e che fornisca una tensione alta su una terza uscita (su una terza uscita) se la velocità supera gli  $500km/h$ .

Il sistema utilizzi un sensore di accelerazione a ponte di Wheatstone, in cui gli elementi sensibili abbiano una resistenza linearmente dipendente dall'accelerazione con sensibilità  $\Delta R/R=1\%$  a  $5m/s^2$ .

- a. Si tracci lo schema a blocchi del sistema
- b. Si tracci lo schema elettrico completo
- c. Si calcoli il valore di tutti i componenti
- d. Si indichi qual é la principale fonte di errore nella misura della posizione

4) Sia dato il circuito seguente:



- c. Tracciare il diagramma temporale delle uscite, supposte inizialmente a  $(Q_3, Q_2, Q_1, Q_0) = (1, 0, 0, 0)$ , per 10 colpi di clock.
- d. Dire la frequenza dell'uscita  $Q_0$ , sapendo che la frequenza del clock é  $1MHz$

2) Una macchina a corrente continua ha eccitazione indipendente e fissa  $I_f = 1A$ ; la tensione di armatura é fornita da un generatore ideale di tensione continua e costante,  $V_a = 28V$ . La coppia a rotore bloccato é  $T_o = 8Nm$ , la velocità a vuoto é  $N_o = 10000$  giri al minuto primo (RPM). Non si tiene conto delle perdite per attrito ed effetto ventilante, supposte nulle.

La macchina trascina un carico, di coppia resistente costante  $T_{Ro} = 4Nm$ , attraverso un riduttore ideale avente rapporto di riduzione  $N_1:N_2 = 2:1$ . Calcolare quanto segue, in condizioni di regime:

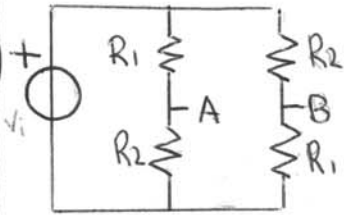
- a. La velocità di rotazione della macchina,  $N_1$ , (RPM), e quella del carico,  $N_2$ , (RPM)
- b. La potenza meccanica trasferita al carico,  $P_m$ , (W)
- c. La corrente assorbita dall'armatura della macchina elettrica,  $I_a$ , (A)
- d. La potenza elettrica assorbita dalla macchina,  $P_e$ , (W)
- e. La potenza perduta per effetto Joule,  $P_j$ , (W).

Registrazione: mercoledì 15 gennaio, ore 14.30 uff. Prof. Reyneri

-T18-

c) Si calcoli il valore di tutti i componenti

PONTE DI WHEASTONE



$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta R}{R} V_i = V_i \frac{R_1}{R_2 + R_1} - V_i \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \alpha \rightarrow k = \frac{1\%}{5 \text{ m/s}^2} = \frac{0.2\%}{\text{m/s}^2} = 1.962\% / g$$

Supponiamo

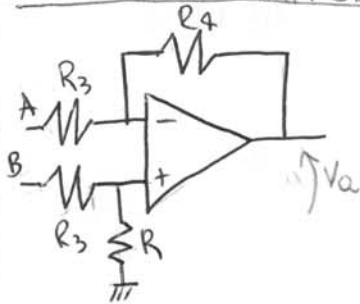
$$V_i = 10 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = \pm 1.962\%$$

$$R_1 - R_2 = k_g R_1 + k_g R_2 \quad (\pm - k_g) R_1 = (\pm + k_g) R_2$$

$$R_1 = \frac{1 + k_g}{1 - k_g} R_2 = 1.00039265 R_2$$

\* AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE



Si deve avere  $R \neq 0$

$$\begin{cases} V_A = -\frac{R_4}{R_3} (V_B - V_A) = -\frac{R_4}{R_3} \left( \frac{\Delta R}{R} V_i \right) = -\frac{R_4}{R_3} k \alpha \\ V_A = \frac{0.5 \text{ V}}{g} \end{cases}$$

$$+ \frac{R_4}{R_3} k V_i = \frac{0.5 \text{ V}}{g} \rightarrow \frac{R_4}{R_3} = \frac{0.5 \text{ V}}{1.962\% / g \cdot V_i} = \frac{0.5 \cdot 10^6}{1.962 \cdot 10^6}$$

$$\begin{cases} \frac{R_4}{R_3} = 2.55 \\ R_4 R_3 = 10^9 \Omega^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} R_4^2 = 2.55 \cdot 10^9 \Omega^2 \\ R_3 = \frac{10^9 \Omega^2}{R_4} \end{cases} \begin{cases} R_4 = 50,482 \text{ K}\Omega \\ R_3 = 19,809 \text{ K}\Omega \end{cases}$$