NUMERO: 897

DATA: 12/03/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Mazziotta

MATERIA: Elettronica + temi d'esame

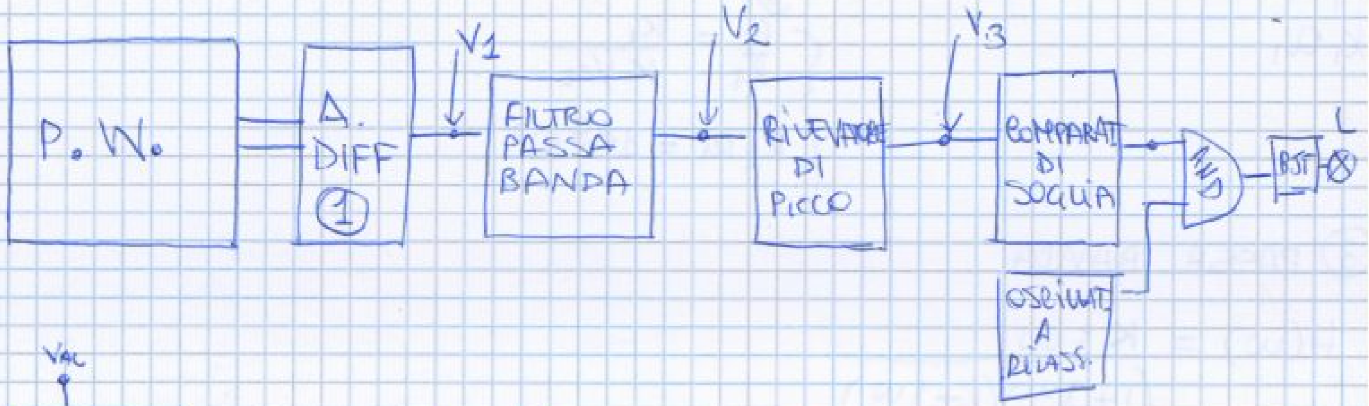
Prof. Reyneri

$1Hz < f < 100Hz$

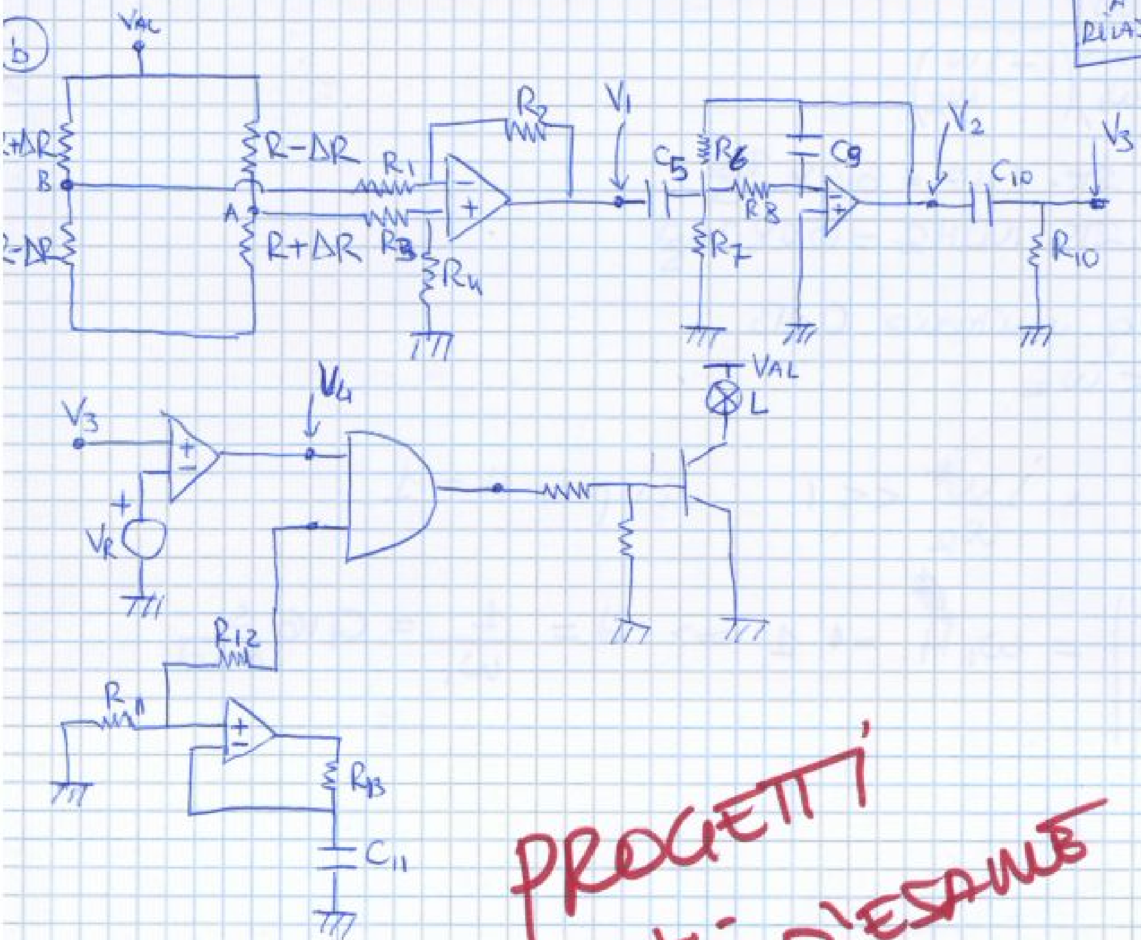
- $V_1 = k_1 \cdot a \qquad k_1 = 1V/g$
- Spia con $T = 1S$ quando $a > 5g$

$\frac{\Delta R}{R} = 1\%$ a $10 \frac{m}{s^2}$

a)



b)



PROGETTI + TEMA D'ESAME

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 68

Elettronica ing. Aereospaziale, nuovissimo ordin. **(07ATF, 02FTE)** 22/9/2010 **C**

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. Un punto in meno a chi non li riporta correttamente.

7. Si debba progettare un circuito che, data una tensione in ingresso $V_i(t)$ variabile nel tempo, compresa fra 0V e +2V, ne calcoli il valore efficace, definito come:

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

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

- Calcoli il quadrato della tensione di ingresso
- Passi V_i^2 attraverso un filtro passabasso con frequenza di taglio di 1000Hz e guadagno in banda unitario
- Calcoli la radice quadrata

a. Si tracci lo schema a blocchi del sistema
b. Si tracci lo schema elettrico completo
c. Si calcoli il valore dei componenti di uno dei blocchi, a scelta (quadrato, filtro o radice quadrata).

8. Tracciare lo schema di un alimentatore a 3 semionde funzionante a 60Hz;
b) calcolare il valore dei componenti per avere V_{max} = 10V, V_{min} = 9V, I_L = 10A;
c) calcolare la resistenza equivalente R_{eq} del modello di Thevenin linearizzato;
d) tracciare il grafico, con assi tarati, della tensione in uscita;
e) aggiungere, sullo schema, uno stabilizzatore di tensione

9. Si tracci lo schema di un doppio tosatore a diodi zener
g. si calcoli il valore dei componenti per avere in uscita Vmax = 20V, Vmin = -10V, utilizzando eventualmente resistenze da 1kΩ;
h. si calcolino la massima tensione e la massima corrente nei diodi sapendo che la massima tensione in ingresso e' di +50V;
i. si modifichi il circuito per avere Vmin = +5V.

Registrazione: Data e aula verranno comunicate sul portale

R	C	C
R	R	C
R	R	C
C	R	R
C	C	R

$\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_{s\,eff}$

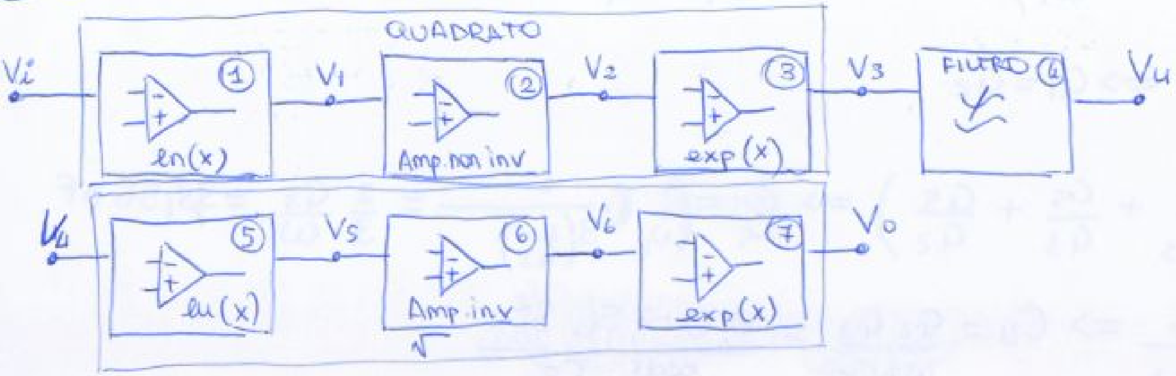
22/9/10

7) PROGETTO: $0V < V_i < 2V$

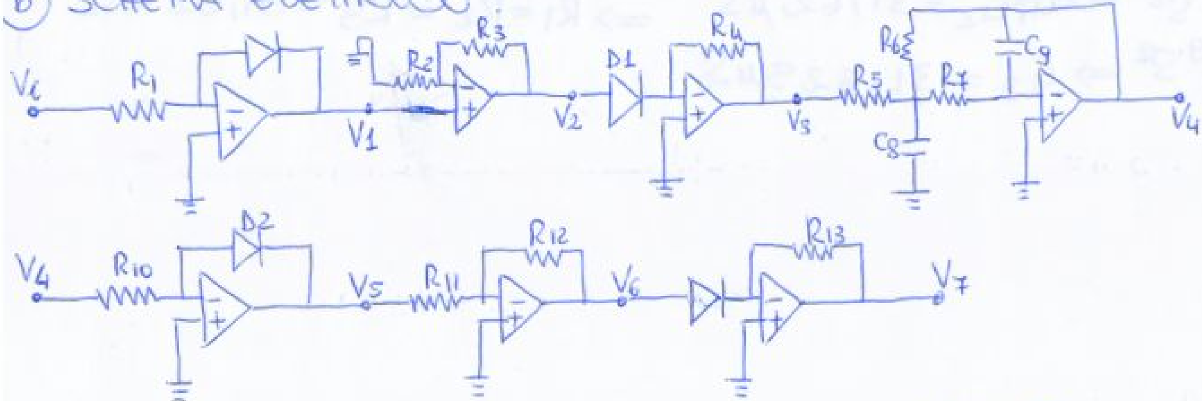
$$V_o = \frac{1}{T}\sqrt{\int_0^T (V_i(t))^2\,dt}$$

→ quadrato V_i^2
→ filtro passa basso con $f = 1000\,Hz$ e $H(\omega^*) = 1$
→ Radice quadrata

a) SCHEMA A BLOCCHI:



b) SCHEMA ELETTRICO:



c) VALORE COMPONENTI DI UN BLOCCO A SCELTA.
FILTRO: $\omega << \omega_1$ $\quad \omega_1 = 2\pi f = 6280\ rad/s$

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

⇒ sapendo che $H(\omega^*) = 1$ e che $\omega << \omega_1$ si ha: $K = 1$

⇓

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

y = AMMETTENZE

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{-y_1 y_3}{y_2 y_3 + y_5(y_1 + y_2 + y_3 + y_4)} = \frac{-y_1/y_2}{1 + \frac{y_1 y_5}{y_2 y_3} + \frac{y_5}{y_3} + \frac{y_5}{y_2} + \frac{y_5 y_4}{y_2 y_3}}$$

Nel FILTRO PASSA BASSO:

$y_1 = G_1$

$y_2 = G_2$

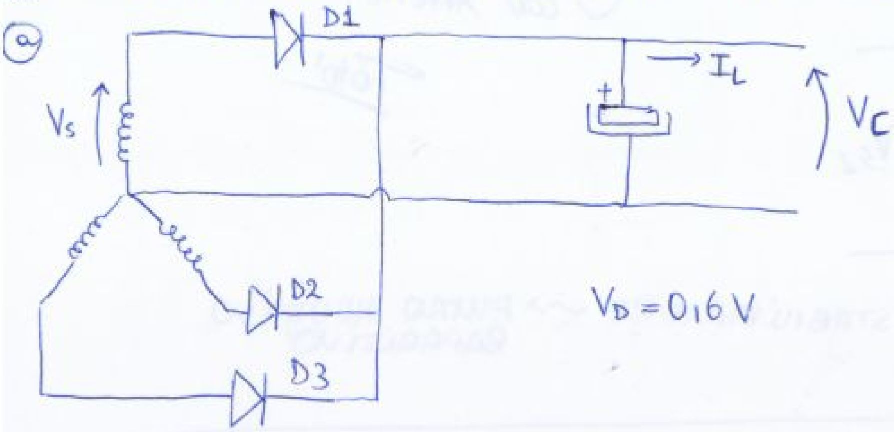
$y_3 = G_3$

$y_4 = C_4 j\omega$

$y_5 = C_5 j\omega$

8) ALIMENTATORE A 3 SEMIONDE FUNZIONANTE A 60 Hz:

a)



$m = 1$
$n = 3$
$m' = 3$

$V_D = 0{,}6\,V$

b) $V_{max} = 10\,V$, $V_{min} = 9\,V$, $I_L = 10\,A$

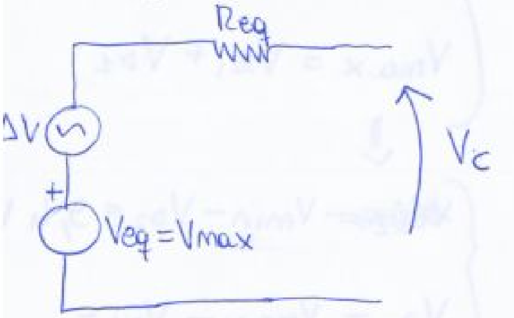
$$V_{max} = V_{picco} - mV_D = \sqrt{2}\,V_{s\,eff} - mV_D \Rightarrow V_{eff} = \frac{V_{max} + mV_D}{\sqrt{2}} = \frac{10V + 1\cdot 0{,}6V}{\sqrt{2}} = 7{,}4953\,V$$

$$\Delta V = \frac{I_L}{nfC} = V_{max} - V_{min} = 1\,V_{pp} \qquad f_r = 3\cdot f = 180\,Hz$$

$$\Downarrow$$

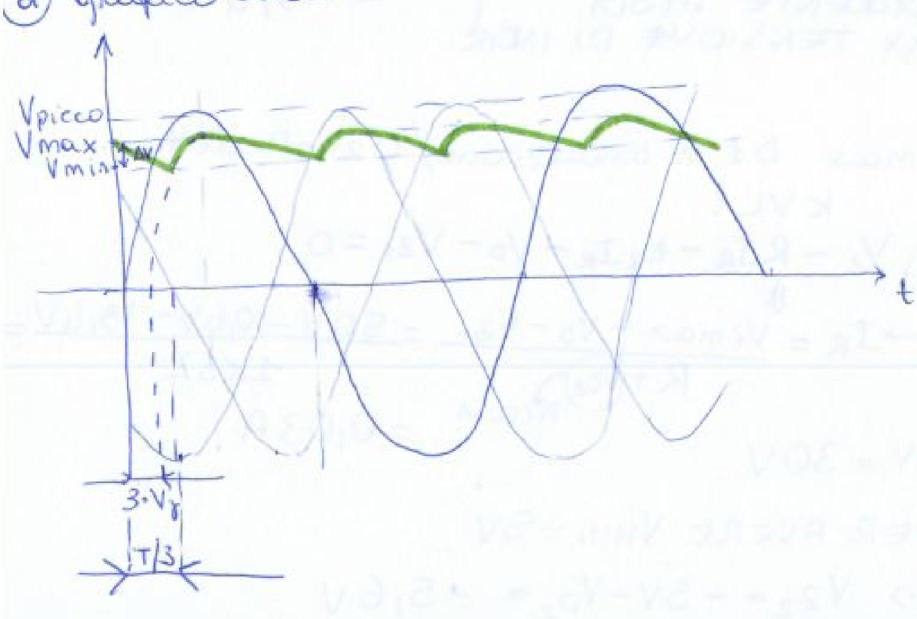
$$C = \frac{I_L}{nf\Delta V} = \frac{10A}{3\cdot 60Hz} = 0{,}055\,F = 55\,mF$$

c) R_{eq} modello Thévenin linearizzato:



$$R_{eq} = \frac{1}{2nfC} = \frac{1}{2\cdot 3\cdot 60Hz\cdot 0{,}055F} = 0{,}050$$

d) grafico della tensione in uscita:



$T = \frac{2\pi}{3}$

Esercizio 3

Si debba progettare un misuratore di vibrazione nella frequenza compresa tra $1Hz \div 100Hz$ che abbia le seguenti caratteristiche:

- Uscita in tensione proporzionale all'accelerazione, con sensibilità di 1V/g
- Accenda una spia a intermittenza con periodo T=1s quando il picco dell'accelerazione supera i 5g

Utilizzando sensori di accelerazione a ponte di Wheatstone i cui elementi sensibili abbiano una variazione $\Delta R/R$=1% a $10\frac{m}{s^2}$.

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

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

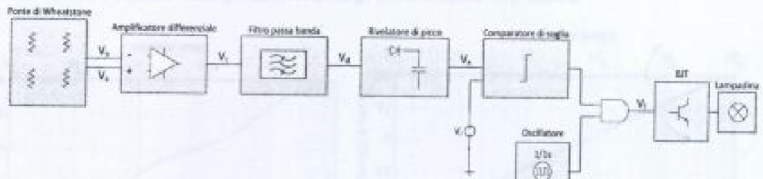
$$= \frac{K\omega j}{1 + j\omega\left(\frac{1}{\omega_1}+\frac{1}{\omega_2}\right) - \frac{\omega^2}{\omega_1\omega_2}}$$

$Y_1 = C$
$Y_2 = R$
$Y_3 = R$
$Y_4 = R$
$Y_5 = C$

SOLUZIONE:

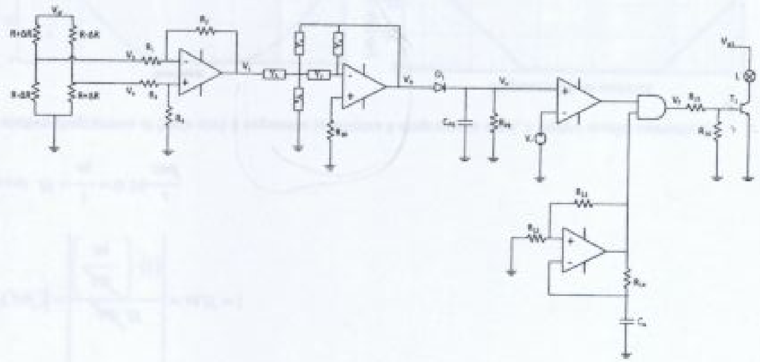
a)

Il seguente schema a blocchi permette di implementare il misuratore di vibrazioni richiesto:



b)

Lo schema elettrico completo sarà invece il seguente:



A questo punto è possibile andare a ricavare il valore di ogni singolo componente.

c)

- **Ponte di Wheatstone**

Si suppone che la corrente che vada verso l'amplificatore operazionale sia nulla, applicando quindi un partitore di tensione su ognuno dei rami del ponte, si ottiene:

$$V_b = \frac{V_{al}\cdot(R-\Delta R)}{2R} \qquad V_a = \frac{V_{al}\cdot(R+\Delta R)}{2R}$$

Avendo il sensore una sensibilità $\Delta R/R$=1% a $10\frac{m}{s^2}$ si ottiene:

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 68

Il filtro a cinque ammettenze implementato avrà invece la seguente funzione di trasferimento:

$$\frac{V_d}{V_c} = \frac{Y_7 \cdot Y_5}{Y_6 \cdot Y_7 + Y_9 \cdot (Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_5)}$$

Per ottenere la forma voluta si necessita di uno zero e due poli, a tale scopo si scelgono $Y_6; Y_7$ come elementi reattivi. Quindi:

$$Y_6 = j\omega C_6 \qquad Y_7 = j\omega C_7 \qquad Y_8 = \frac{1}{R_8} \qquad Y_5 = \frac{1}{R_5} \qquad Y_9 = \frac{1}{R_9}$$

Sostituendo il valore dei componenti reattivi e raccogliendo i termini dello stesso grado in ω si ottiene:

$$\frac{V_d}{V_c} = \frac{j\omega C_7 Y_5}{-\omega^2 C_6 C_7 + j\omega \cdot (C_6 Y_9 + C_7 Y_9) + Y_8 Y_9 + Y_5 Y_9}$$

Per poterla confrontare con la funzione di trasferimento da imporre non resta che normalizzarla in modo da avere il termine noto unitario.

$$\frac{V_d}{V_c} = \frac{j\omega \dfrac{C_7 Y_5}{Y_8 Y_9 + Y_5 Y_9}}{-\omega^2 \dfrac{C_6 C_7}{Y_8 Y_9 + Y_5 Y_9} + j\omega \cdot \dfrac{(C_6 \cancel{Y_9} + C_7 \cancel{Y_9})}{Y_8 \cancel{Y_9} + Y_5 \cancel{Y_9}} + 1}$$

Non resta che uguagliare i coefficienti di numeratore e denominatore con quelli della funzione di trasferimento da imporre per ricavare i valori dei componenti.

$$\begin{cases} H = \dfrac{C_7 Y_5}{Y_8 Y_9 + Y_5 Y_9} \\ \dfrac{1}{\omega_1 \omega_2} = \dfrac{C_6 C_7}{Y_8 Y_9 + Y_5 Y_9} \\ \dfrac{1}{\omega_1} + \dfrac{1}{\omega_2} = \dfrac{C_6 + C_7}{Y_8 + Y_5} \end{cases}$$

Restano da fissare due gradi di libertà da scegliere tenendo conto che $R_i \cdot R_j \cong 10^9 \Omega^2$, la scelta più ragionevole è quella di considerare $Y_8 Y_9 = \dfrac{1}{R_8 R_9} \cong 10^{-9} S^2 \qquad Y_5 Y_9 = \dfrac{1}{R_5 R_9} \cong 10^{-9} S^2$

Di conseguenza $Y_8 = Y_5$ e dunque

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 68

$$V_e = \overline{V}_c = K_p \cdot 5g - V_\gamma = 1\frac{V}{\cancel{g}} \cdot 5\cancel{g} - V_\gamma = 4.4V$$

Dato che si è scelto un comparatore senza isteresi dovrà essere $V_r = 4.4V$.

- **Oscillatore a rilassamento**

Il periodo di oscillazione dell'oscillatore usato sarà:

$$T = 2R_{14}C_o \ln\left(1 + \frac{2R_{12}}{R_{13}}\right) = 1s$$

Fissiamo i gradi di libertà considerando che $R_{12} \cdot R_{13} \cong 10^9\Omega^2$, ponendo arbitrariamente $\frac{R_{13}}{R_{12}} = 10$ e $R_{14} \cdot R_{14} \cong 10^9\Omega^2$

Da cui $R_{12} = 10k\Omega \qquad R_{13} = 100k\Omega \qquad R_{14} = 31.6k\Omega$

Quindi:

$$T = 11.5k\Omega \cdot C_o = 1s \qquad C_o = 87\mu F$$

- **Interruttore con lampadina**

Supponendo che le due soglie in uscita dalla porta logica siano $V_{on} = 3V; V_{off} = 1V$, supponendo che la resistenza della lampadina sia $R_L = 120\Omega$, supponendo che $V_{al1} = 10V$, supponendo che $\beta = 100$.

Distinguendo le due regioni di funzionamento nelle quali si vuole fare lavorare il transistore si ha:

Saturazione

Quando la $V_f \geq V_{on}$ voglio garantire che il transistore lavori in saturazione, quindi si vuole

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} = \frac{\frac{V_{al1} - V_{CE\_sat}}{R_L}}{\beta} = \frac{\frac{10V - 0.3V}{120\Omega}}{100} = 808\mu A .$$

In queste condizioni $V_{BE} = V_{BE\_sat} = 0.8V$ dunque $I_B = I_{15} - I_{16} > 808\mu A$

Dove $I_{15} = \frac{V_{on} - V_{BE\_sat}}{R_{15}} \qquad I_{16} = \frac{V_{BE\_sat}}{R_{16}}$

Dunque per le due resistenze bisogna garantire la seguente disuguaglianza:

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 68

ES. (3)

MISURATORE DI VIBRAZIONE:

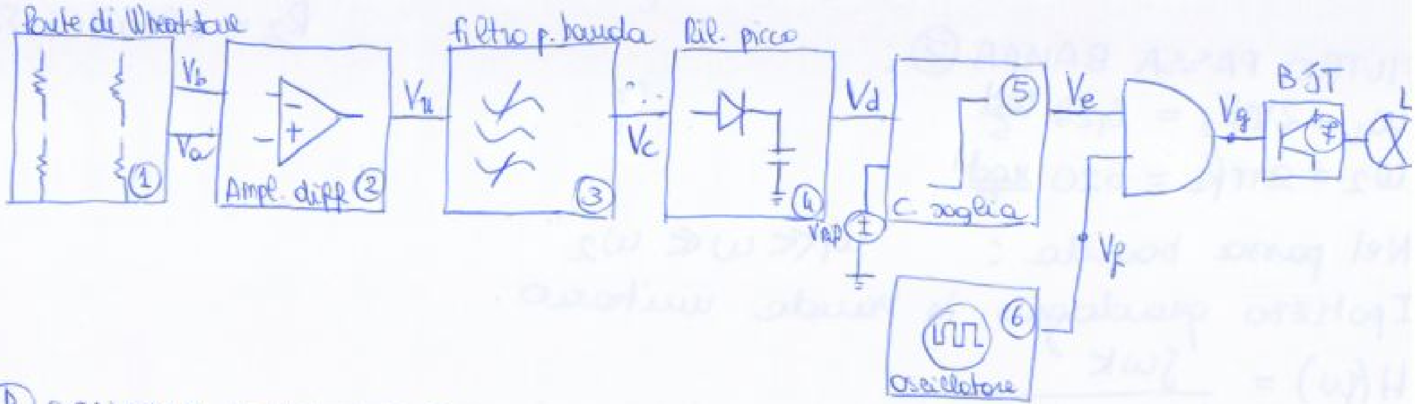
$1\,Hz < f < 100\,Hz$

- $V_u \propto a$ con $K_u = 1 \frac{V}{g}$

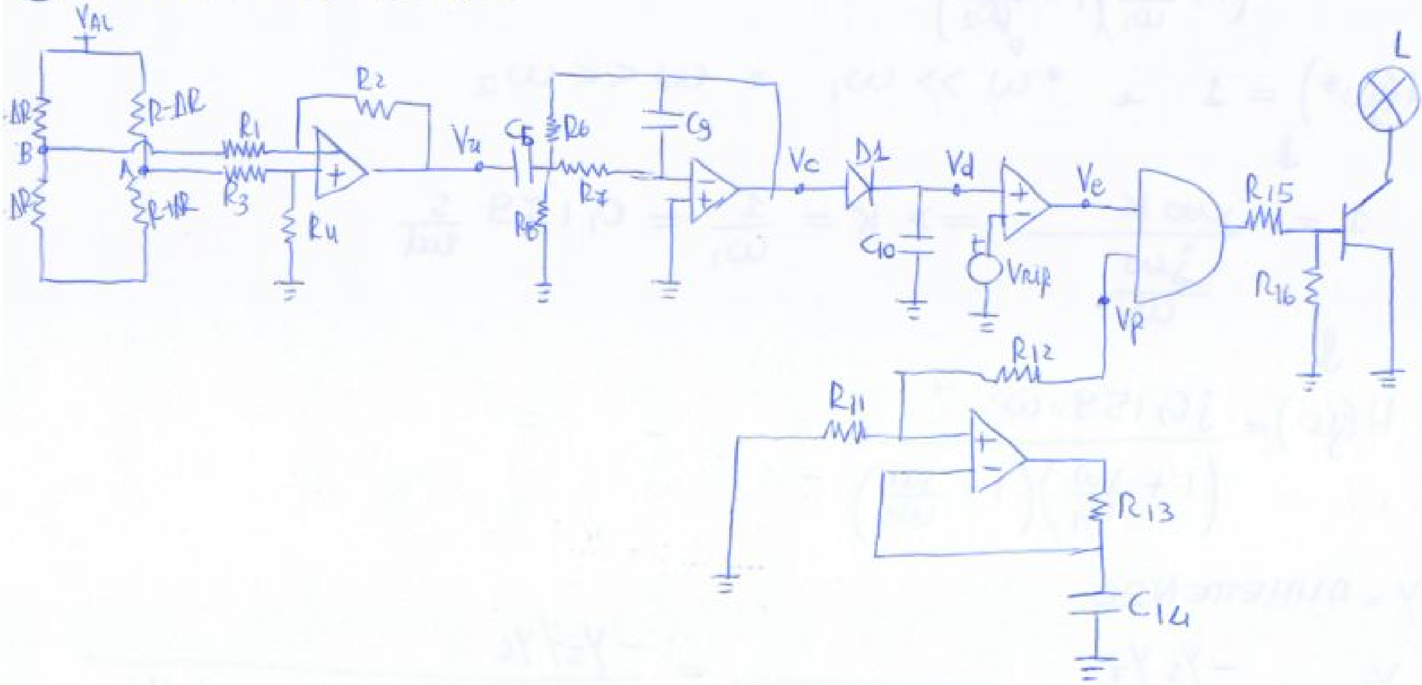
SPIA A INTERMITTENZA QUANDO a_{picco} supera i 5g $[T = 1s]$

$\frac{\Delta R}{R} = 1\%$ @ $10 \frac{m}{s^2}$

(a) SCHEMA A BLOCCHI:



(B) SCHEMA ELETTRICO:



$$\frac{V_c}{V_u} = \frac{-j\omega C_5 / G_6}{1 + \frac{j\omega C_9}{G_7} + \frac{j\omega C_9}{G_6} + \frac{j\omega C_9 \cdot G_8}{G_6 G_7} + \frac{-\omega^2 C_5 C_9}{G_6 G_7}}$$

$$H(j\omega) = \frac{0{,}159 \cdot j\omega}{1 + j\omega\left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2}\right) - \frac{\omega^2}{\omega_1 \omega_2}}$$

SISTEMA:

$$\begin{cases} \frac{C_5}{G_6} = 0{,}159 \Rightarrow C_5 = 0{,}159\, G_6 \\ \frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2} = \frac{C_9}{G_7} + \frac{C_9}{G_6} + \frac{C_9 G_8}{G_6 G_7} \\ \frac{1}{\omega_1 \omega_2} = \frac{C_5 C_9}{G_6 G_7} \xrightarrow{S} \frac{1}{\omega_1 \omega_2} = \frac{0{,}159 \cancel{G_6} \cdot C_9}{\cancel{G_6} \cdot G_7} \Rightarrow C_9 = \frac{G_7}{\omega_1 \omega_2 \cdot 0{,}159} \\ G_6 G_7 = 10^{-9}\, \Omega^2 \Rightarrow G_6 = \frac{10^{-9} S^2}{G_7} \\ G_7\, G_8 = 10^{-9}\, \Omega^2 \Rightarrow G_8 = \frac{10^{-9} S^2}{G_7} \end{cases}$$

$$\begin{cases} // \\ \frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{\omega_1 \omega_2\, 0{,}159} + \frac{G_7}{G_6\, \omega_1 \omega_2 \cdot 0{,}159} + \frac{G_8}{G_6\, \omega_1 \omega_2\, 0{,}159} \\ C_9 = \frac{G_7}{\omega_1 \omega_2\, 0{,}159} \\ G_6 = \frac{10^{-9} S^2}{G_7} \Rightarrow G_6 = G_8 \\ G_8 = \frac{10^{-9} S^2}{G_7} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{\omega_1 \omega_2\, 0{,}159} + \frac{G_7^2}{10^{-9} S^2\, \omega_1 \omega_2\, 0{,}159} + \frac{1}{\omega_1 \omega_2\, 0{,}159} \\ \Downarrow \\ G_7^2 = \left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2} - \frac{2}{\omega_1 \omega_2\, 0{,}159}\right) 10^{-9} S^2\, \omega_1 \omega_2\, 0{,}159 \\ \Vert \\ \left(0{,}16083\, \frac{s}{rad} - 3{,}1894\right. \end{cases}$$

4) RIVEV. PICCO:

$$V_d = V_{cmax} - V_\gamma$$

5) C. SOGLIA:

$$V_{rif} = V_{dmax} - V_\gamma$$

$$V_{dmax} = 5 \cdot \cancel{9{,}81} \cdot \frac{1\,V}{\cancel{9{,}81}} - 0{,}6\,V = 4{,}4\,V$$

6) OSCILLATORE:

$$T = 2R_{13}C_{14}\ln\left(1 + \frac{2R_{11}}{R_{12}}\right)$$

$$\begin{cases} \frac{R_{11}}{R_{12}} = 10 \Rightarrow R_{11} = 100\,k\Omega \\ R_{11}R_{12} = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{12} = 10\,k\Omega \\ R_{13}^2 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{13} = 31{,}62\,k\Omega \end{cases}$$

$$1 = 2R_{13}C_{14}\ln(21)$$

$$\Downarrow$$

$$C_{14} = \frac{1}{2 \cdot 31{,}62\,k\Omega \ln 21} = 5{,}19\,\mu F$$

7) BST

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Fondamenti di Elettronica

Ing. Aerospaziale

Prof. Leonardo Reyneri

Redatto da Gaetano Bacchi

Esercitazione n. 1/2/3

30/05/2012

Esercizio 1

Si progetti un misuratore di portata (m^3/s di fluido) composto da un tubo Venturi con due misuratori di pressione ai due estremi del tubo, nel quale sussista la seguente relazione fra portata q_t all'interno del tubo e la differenza di pressione P_1-P_2 fra l'ingresso e l'uscita del tubo stesso:

$$q_t = 8\frac{l}{sPa^{1/2}}\sqrt{P_1 - P_2}$$

Il circuito fornisca:

- un'uscita V_1 in tensione, proporzionale alla pressione P_1 all'ingresso del tubo, con sensibilità di 0.1mV/Pa
- un'uscita V_2 in tensione, proporzionale alla pressione P_2 all'uscita del tubo, con sensibilità di 0.1mV/Pa
- fornisca un'uscita in tensione proporzionale alla velocità del fluido all'ingresso nel tubo, con sensibilità di 10mV/(l/s)

Utilizzando sensori di pressione a ponte di Wheatstone i cui elementi sensibili abbiano una variazione ΔR/R=1% a 100kPa.

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

PONTI DI WHEATSTONE ①/②: $V_{AL} = 10\,V$

$$V_A = \frac{R+\Delta R}{2R} V_{AL}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = 0{,}01 = KP \quad \text{dove } P = 100\,kPa$$

$$V_B = \frac{R-\Delta R}{2R} V_{AL}$$

$$\Downarrow$$

$$K = \frac{\Delta R}{RP} = \frac{0{,}01}{100\,kPa} = 10^{-7}\,Pa^{-1}$$

$$V_A - V_B = \frac{\Delta R}{R} V_{AL} = KP V_{AL}$$

AMPLIFICATORI DIFFERENZIALI ③/④:

$$V_1 = \frac{R_6}{R_5}(V_A - V_B) = \frac{R_6}{R_5} KP V_{AL}$$

$$K_1 R = \frac{R_6}{R_5} K R \cdot V_{AL} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{R_6}{R_5} = \dfrac{K_1}{K V_{AL}} = \dfrac{0{,}1\,\frac{mV}{Pa}}{10^{-7}\,Pa^{-1}\cdot 10\,V} = 100 \\ R_6 R_5 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_7 = R_5 = 3{,}162\,k\Omega \\ \qquad R_8 = R_6 = 316{,}227\,k\Omega \end{cases}$$

Ampl. 4 = ampl. 3 (stesso K)

$R_1 = R_3 = 3{,}162\,k\Omega$; $R_2 = R_4 = 316{,}227\,k\Omega$

AMPLIFICATORE DIFF ⑤:

$$V_3 = (V_1 - V_2)\cdot\frac{R_{10}}{R_9} \Rightarrow \begin{cases} R_{10}/R_9 = 1 \Rightarrow R_9 = R_{10} \\ R_{10} R_9 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_9 = R_{10} = 31{,}62\,k\Omega \end{cases}$$

AMPLIFICATORE LOGARITMICO ⑥:

$$V_4 = -\eta V_T \ln\left(\frac{V_3}{R_{13} I_S}\right)$$

PARTITORE 1/2 ⑦:

$$V_5 = \frac{R_{15}}{R_{15}+R_{14}} \cdot V_4 \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{R_{15}}{R_{15}+R_{14}} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow 1 + \dfrac{R_{14}}{R_{15}} = 2 \Rightarrow R_{14} = R_{15} \\ R_{15} R_{14} = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{14} = R_{15} = 31{,}62\,k\Omega \end{cases}$$

AMPLIFICATORE ESPONENZIALE ⑧:

$$V_9 = -R_{16} I_S e^{-\frac{V_5}{\eta V_T}} = -R_{16} I_S e^{\frac{+\frac{1}{2}\eta V_T \ln\left(\frac{V_3}{R_{13} I_S}\right)}{\eta V_T}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_9 = -R_{16} I_S \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{R_{13} I_S}}$$

$I_S = 10\,nA$ per diodi in silicio:

$$\begin{cases} R_{16} I_S = 80\,mV \Rightarrow R_{16} = \dfrac{80\,m\cancel{V}^{\,\Omega}}{10\,n\cancel{A}} = 8\,M\Omega \\ R_{13} I_S = 0{,}1\,mV \Rightarrow R_{13} = \dfrac{0{,}1\,m\cancel{V}^{\,\Omega}}{10\,n\cancel{A}} = 10\,k\Omega. \end{cases}$$

29/1/08

$$H(\omega) = \frac{\begin{cases} K \\ j\omega K \\ -\omega^2 K \end{cases}}{\left(1+\frac{j\omega}{\omega_1}\right)\left(1+\frac{j\omega}{\omega_2}\right)}$$

PROGETTO:

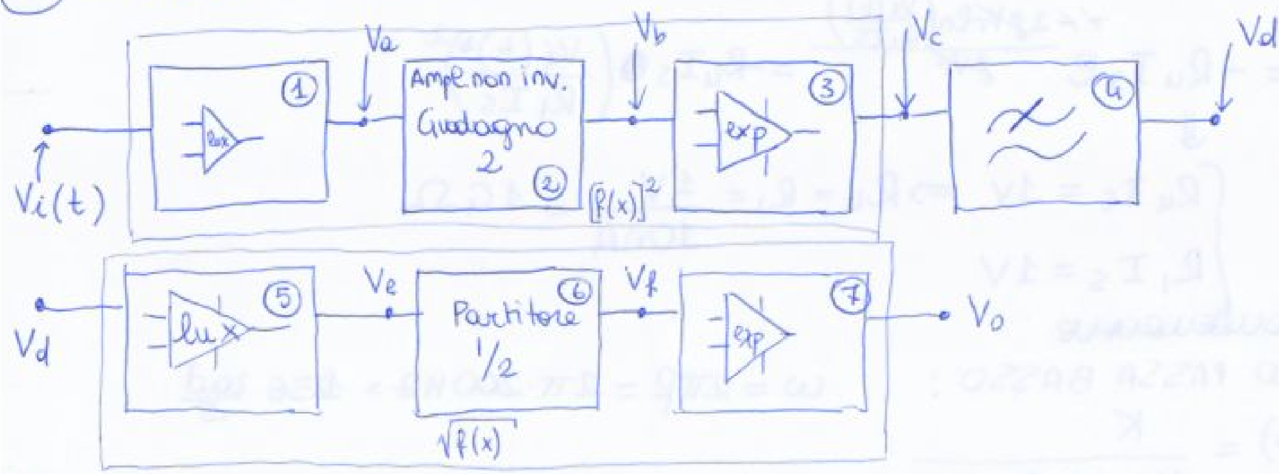
$V_i(t)$: DA 0 V A 10 V

Calcolare il valore efficace:

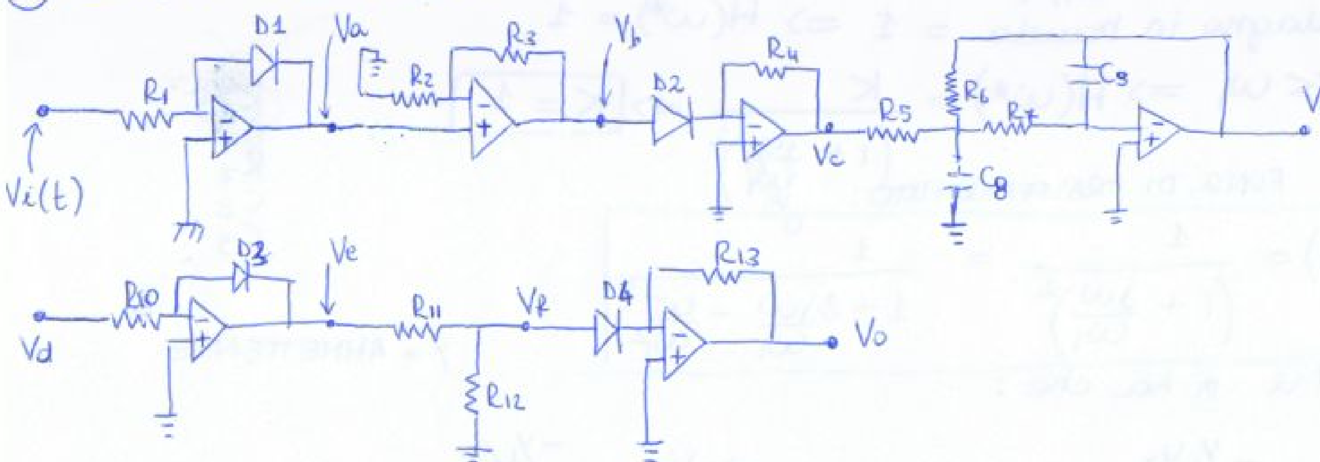
$$V_0 = \frac{1}{T}\sqrt{\int_0^T (V_i(t))^2\, dt}$$

PROCEDIMENTO
- → quadrato di $V_x = \left(\frac{V_i(t)^2}{1V}\right)$;
- → Filtro passa basso con frequenza 200 Hz e guadagno in banda unitario;
- → Radice quadrata di $V_0 = \sqrt{V_f(t) \cdot 1V}$.

ⓐ SCHEMA A BLOCCHI:



ⓑ SCHEMA ELETTRICO:



CREO UN SISTEMA ED EGUAGLIO I MEMBRI DELLA ① E DELLA ②:

$$\begin{cases} \frac{G_5}{G_6} = 1 \Rightarrow G_5 = G_6 \\ \frac{2}{\omega_1} = C_9\left(\frac{1}{G_7} + \frac{1}{G_6} + \frac{G_5}{G_6 G_7}\right) \\ \frac{1}{\omega_1^2} = \frac{C_9 C_8}{G_6 G_7} = \frac{C_9 C_8}{G_6^2} \\ G_5 G_6 = 10^{-9} S^2 \Rightarrow G_5^2 = 10^{-9} S^2 \Rightarrow G_5 = G_6 = 31,62 \mu S \\ G_6 G_7 = 10^{-9} S^2 \quad G_7 = 31,62 \mu S \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2 \quad s}{1256 \text{ rad}} = C_9 (31,62 k\Omega + 31,62 k\Omega + 31,62 k\Omega) \\ \frac{1 \quad s}{1256 \text{ rad}} = C_9 C_8 (31,62 k\Omega)^2 \end{cases}$$

$$\frac{S}{\Omega} = F?$$
$$\frac{1C}{1V} = 1F = \frac{1A \cdot 1s}{1V} = \frac{1s}{1\Omega} \text{ OK}$$
$$1C = 1A \cdot 1s$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{cases} C_9 = \frac{s}{\text{rad} \cdot \Omega} \cdot 16,7864 \cdot 10^{-9} = 16,7864 \text{ nF} \\ C_8 = \frac{1 s \cdot (31,62 \mu S)^2}{(1256 \text{ rad})^2 \, 16,7864 \text{ nF}} = 37,7693 \text{ nF} \\ R_5 = R_6 = R_7 = 31,62 k\Omega \end{cases}$$

- RADICE QUADRATA:

  STESSO PROCEDIM. DEL QUADRATO.

Elettronica ing. Aereospaziale, nuovissimo ordin. **(07ATF, 02FTE)** 11/3/2011 FARE B

Tempo 2h: é severamente vietato consultare testi, appunti, colleghi. É consentito un formulario di max. 5 formule. Ci si puo' 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 misuratore di vibrazione che fornisca due uscite in tensione proporzionali alla vibrazione in due punti:

- V_E, all'estremo di un'ala, con sensibilità di $1V/(m/s^2)$
- V_M, nel punto mediano di un'ala, con sensibilità di $5V/(m/s^2)$

e che accenda a intermittenza una lampadina quando il valore di picco della differenza fra le due vibrazioni supera 2g. Il periodo dell'intermittenza sia di 0,5s.
Si utilizzi il trasduttore di accelerazione ritenuto più adatto.

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 modifichi il circuito per avere una misura digitale della differenza delle accelerazioni

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 amplificatore esponenziale;
b) un doppio tosatore senza usare zener;
c) un ~~un~~ divisore modulo 16;
e) un alimentatore a 6 semionde;
f) il piú semplice circuito per calcolare la media di due tensioni.

3) Una macchina a corrente continua ha eccitazione indipendente e fissa If = 1A; la tensione di armatura é fornita da un generatore ideale di tensione continua e costante, Va = 28 V. La coppia a rotore bloccato é To = 5 Nm, la velocità a vuoto é No = 10500 giri al minuto primo (RPM). Non si tiene conto delle perdite per attrito ed effetto ventilante, supposte nulle.
La macchina trascina un carico che offre una coppia resistente costante TRo = 1Nm.
Calcolare quanto segue, in condizioni di regime:
1) La velocità di rotazione della macchina e del carico con essa solidale (RPM)
2) La coppia motrice erogata dalla macchina elettrica (Nm).
3) La potenza meccanica trasferita al carico (W).
4) La corrente assorbita dall'armatura della macchina elettrica, Ia (A).
5) La potenza elettrica assorbita dalla macchina (W).
6) La potenza perduta per effetto Joule (W).
7) Fermo restando il valore della corrente di eccitazione e della coppia di carico, calcolare la nuova velocità di rotazione (RPM) a regime della macchina elettrica che si ottiene portando la tensione di armatura ai valori:
-Va' = 16 V,
-Va" = 36 V.

Registrazione: voti, data e aula verranno comunicate sul portale non prima del 28/3 p.v.

11/3/11 (1) PROGETTO

DOPPIO MISURATORE DI VIBRAZIONE

- $V_E \propto a_E$ $K_E = 1V/(m/s^2)$
- $V_M \propto a_M$ $K_M = 5V/(m/s^2)$

Quando il valore di picco supera il valore della differenza tra le due vibrazioni supera i 2g.

$T_{intermittenza} = 0{,}5\ s$

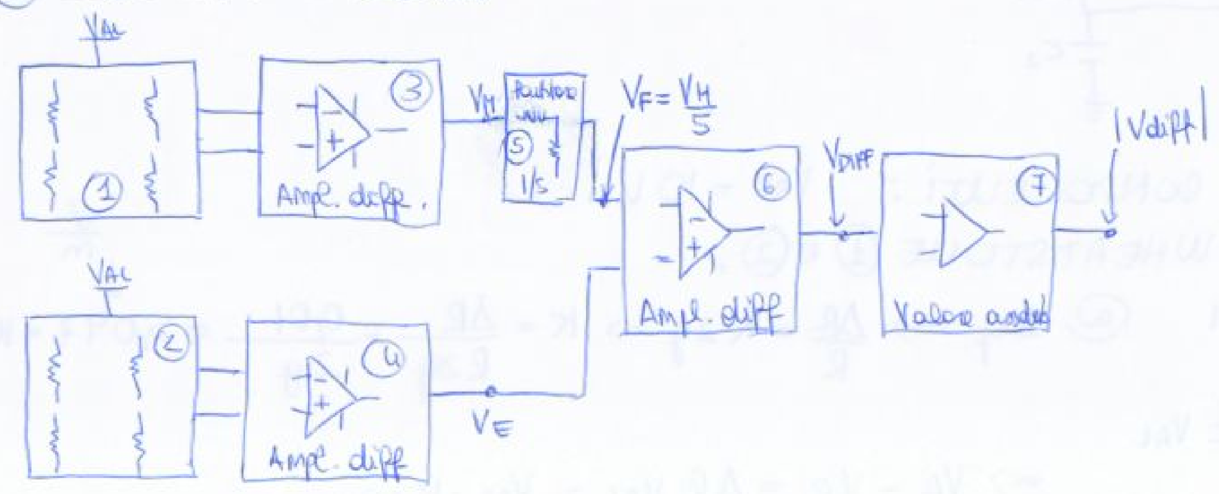
$\frac{\Delta R}{R} = 0{,}01$ con $a = 2g$ → USO PONTE DI WHEATSTONE

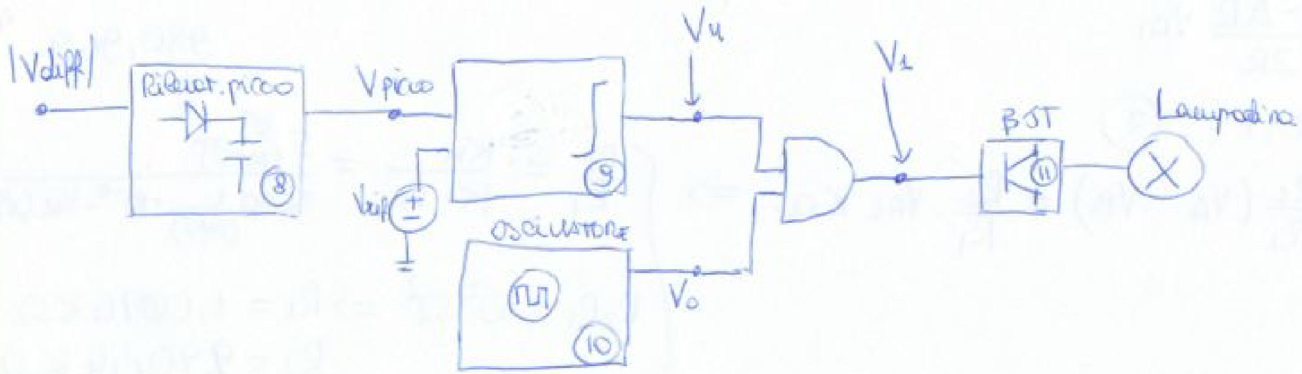
SVOLGIMENTO:

$$|a_E - a_M| = \left| \frac{V_E}{K_E} - \frac{V_M}{K_M} \right| = \left| \frac{V_E}{\left(\frac{1}{m/s^2} V\right)} - \frac{V_M}{\left(\frac{5V}{m/s^2}\right)} \right|$$

$$|a_E - a_M| = \left| V_E - \frac{V_M}{5} \right| \frac{m}{s^2}$$

(A) SCHEMA A BLOCCHI





AMPL. DIFF (4):

$$V_E = (V_A - V_B)\frac{R_6}{R_5} = V_{AL}\cdot K\cdot a\frac{R_6}{R_5} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_6}{R_5} = \frac{K_E}{K\,V_{AL}} = \frac{1\frac{V}{mol}}{5{,}097\cdot 10^{-4}\frac{1}{mol}\cdot 10V} = 196{,}194 \\ R_6 R_5 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_5 = 2{,}257\,k\Omega \\ R_6 = 442{,}94\,k\Omega \end{cases}$$

$K_E\, a_E$

PARTITORE 1/5 (5):

$$V_F = V_M\cdot\frac{R_{10}}{R_9+R_{10}} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_{10}}{R_9+R_{10}} = \frac{1}{5} \Rightarrow 1+\frac{R_9}{R_{10}} = 5 \Rightarrow \frac{R_9}{R_{10}} = 4 \\ R_9 R_{10} = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{10} = 15{,}81\,k\Omega \\ R_9 = 63{,}245\,k\Omega \end{cases}$$

DIFFERENZIALE (6):

$$V_{diff} = \frac{R_{12}}{R_{11}}(V_E - V_F) = \frac{R_{12}}{R_{11}}\left(V_E - \frac{V_M}{5}\right) \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_{12}}{R_{11}} = 1 \Rightarrow R_{12} = R_{11} \\ R_{12}R_{11} = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{12} = R_{11} = 31{,}62\,k\Omega \end{cases}$$

VALORE ASSOLUTO (7):

• CASO 1: $V_{diff} > 0 \Rightarrow |V_{diff}| = -\frac{R_{16}}{R_{15}} V_{diff}$

$I > 0$

• CASO 2: $V_{diff} < 0 \Rightarrow I < 0$:

$$|V_{diff}| = V_{diff}\frac{R_{16}}{R_{16}+R_{17}}$$

IMPONGO:

$$-\frac{R_{16}}{R_{15}} = \frac{R_{16}}{R_{16}+R_{17}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_{16}}{R_{15}} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_{16} = \frac{R_{15}}{2} \\ 1+\frac{R_{17}}{R_{16}} = 2 \Rightarrow R_{16} = R_{17} \\ R_{16}R_{15} = 10^9\,\Omega^2 \end{cases}$$

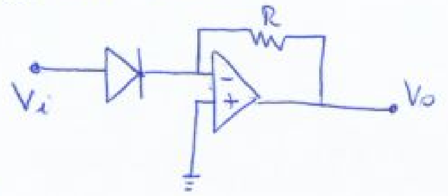
$\Downarrow$

$R_{15} = 22{,}36\,k\Omega$

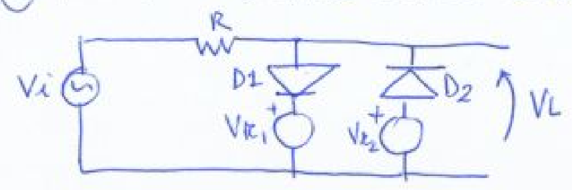
$R_{16} = 44{,}72\,k\Omega$

$R_{17} = 44{,}72\,k\Omega$

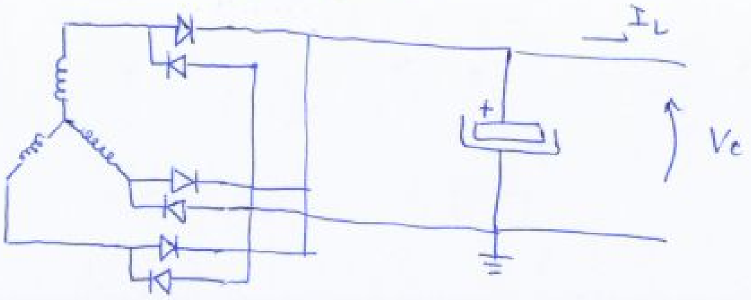
② ⓐ AMP. EXP :



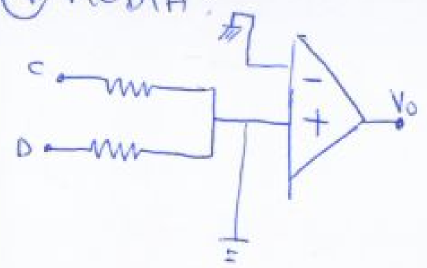
ⓑ TOSATORE DOPPIO SENZA ZENER:



ⓔ ALIM A 6 SEMIONDE:



ⓕ MEDIA:



$R_C = R_D$ ⇝ guadagno pari a $1/2$

$$V_o = \frac{1}{2}(V_C + V_D)$$

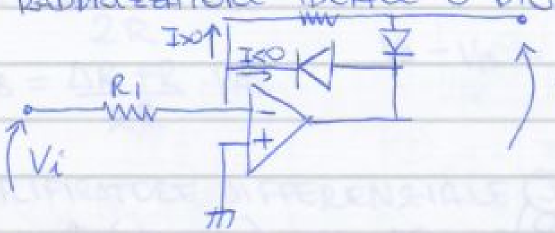
$$1{,}467 \frac{V}{R_{17}} - 0{,}8 \frac{V}{R_{17}} > 975\,\mu A$$

$$0{,}67 \frac{V}{R_{17}} > 975\,\mu A \Rightarrow R_{17} < 683{,}76\,\Omega$$

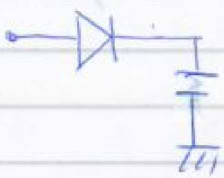
$$\Downarrow$$

$$R_{17} \cong 680\,\Omega \Rightarrow R_{16} = 1{,}5\,R_{17} = 1020\,\Omega$$

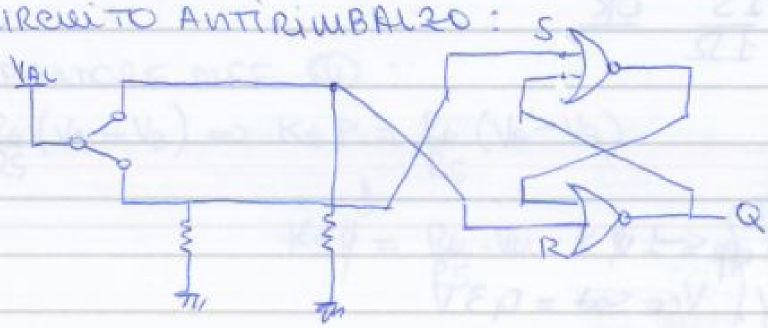
② RADDRIZZATORE IDEALE O DIODO IDEALE: Ⓐ



Ⓑ RILEVATORE DI PICCO:



Ⓒ CIRCUITO ANTIRIMBALZO:



① PER AVERE UNA MISURA DIGITALE DELLA SOMMA DELLE PRESSIONI AGGIUNGO DOPO IL SOMMATORE UN CONVERTITORE ANALOGICO-DIGITALE CON UN NUMERO DI BIT OPPORTUNO

Suppongo che la tensione in ingresso vari da 1V a 5V e scelgo un numero di bit (es. 8)

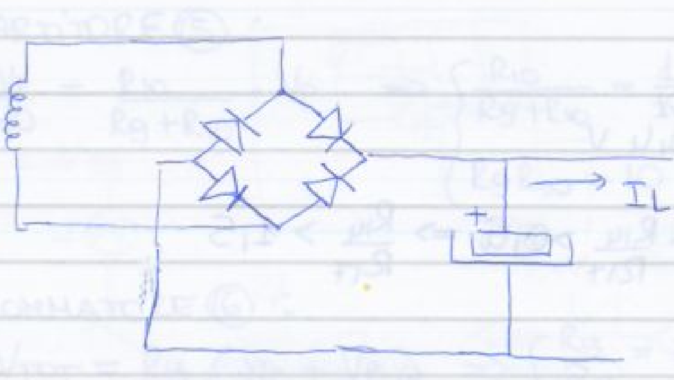
$$\Downarrow$$

$$V_i : 5V = N : (2^n - 1)$$

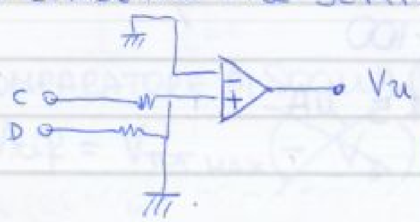
numero bit

num. binario corrispondente a 8 bit = Sarebbe 255 in binario

Ⓔ CIRCUITO ALIMENTATORE A 2 SEMIONDE A PONTE DI GRAETZ:



Ⓓ CIRCUITO PIÙ SEMPLICE PER CALCOLARE LA MEDIA:



$R_C = R_D \Rightarrow$ GUADAGNO $\frac{1}{2}$.

Nel progetto dopo la somma aggiungo valore assoluto:

• Caso $I > 0$

$$\downarrow$$

$$V_u = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_i$$

Caso $I < 0$

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

[illegible]

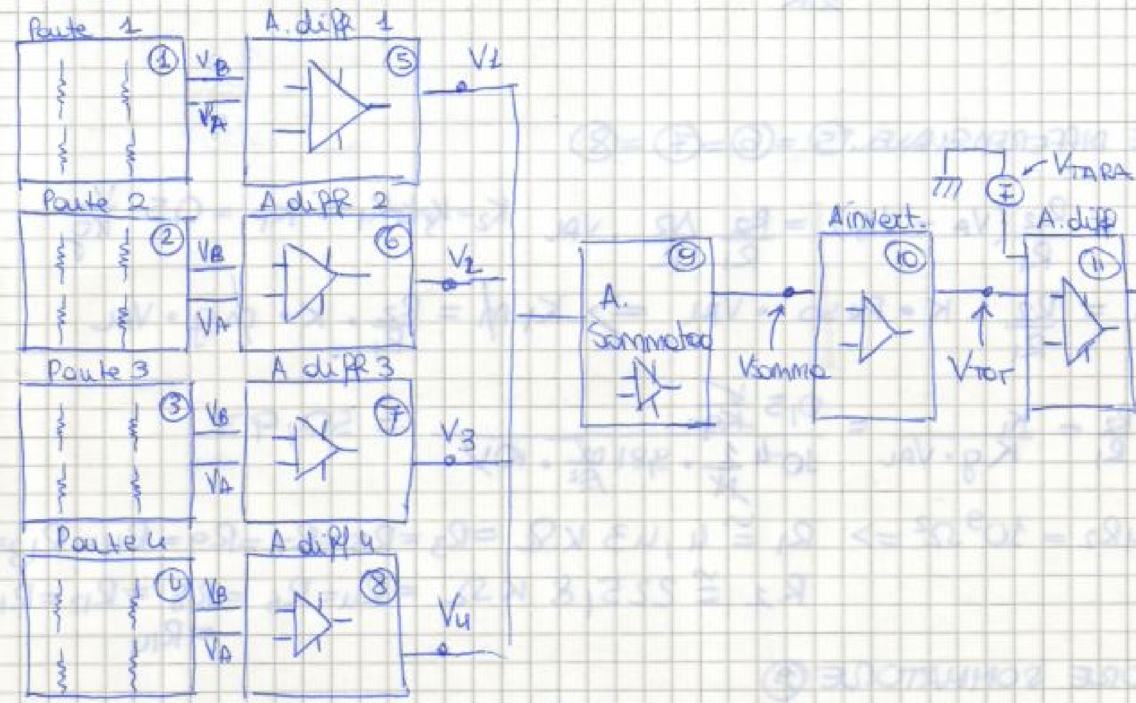
10/9/2013 ESERCIZIO ①:

BILANCIA ELETTRONICA: m = massa: 4 sensori a p. di Wheatstone

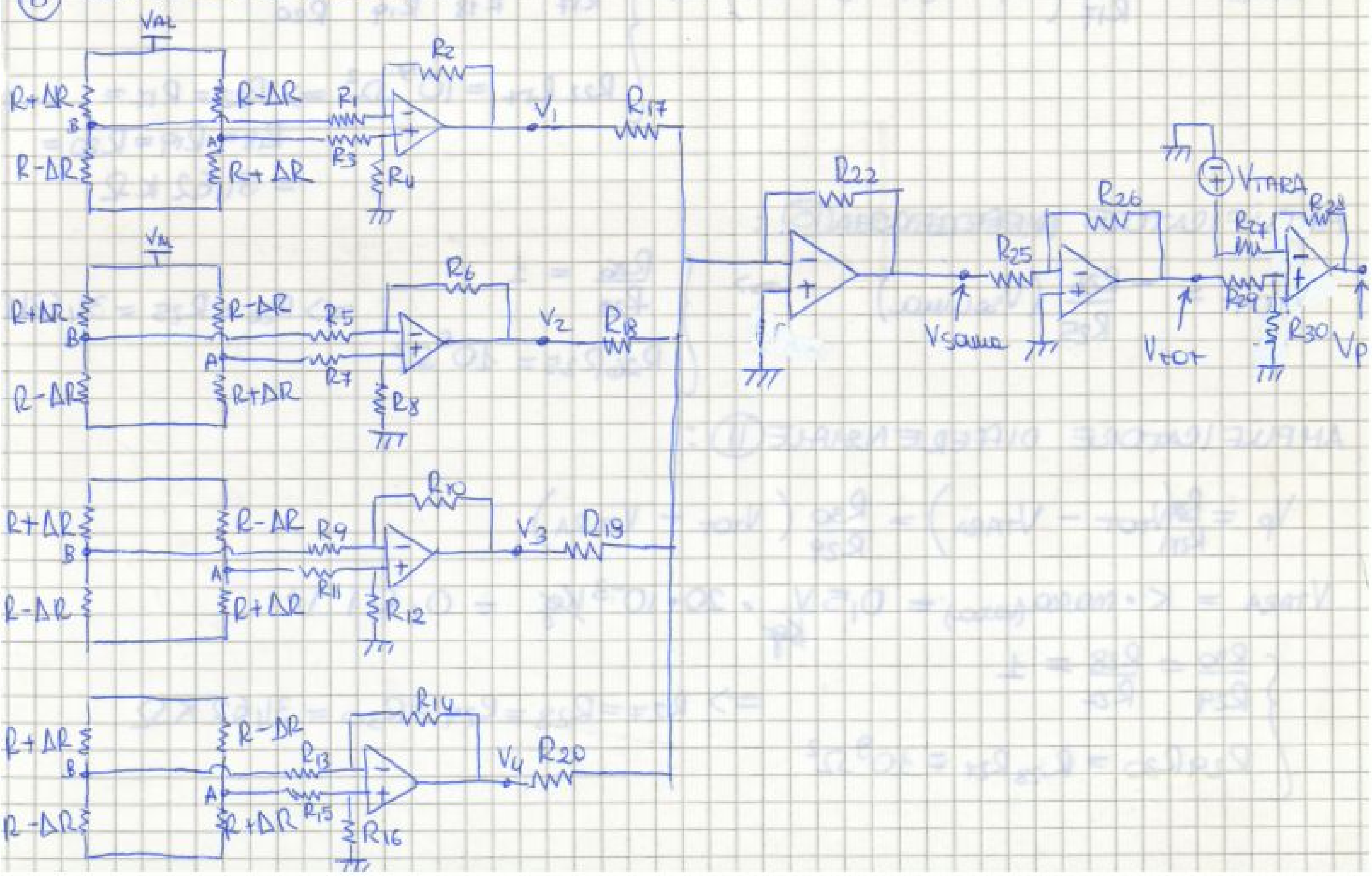
- USCITA: $V_p = K_p \cdot m$ con $K_p = 0{,}5\ V/Kg$

$\frac{\Delta R}{R} = 10^{-3}$ @ 10 N

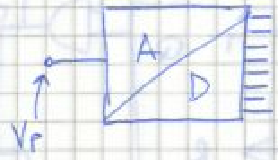
ⓐ SCHEMA A BLOCCHI:



ⓑ SCHEMA ELETTRICO:

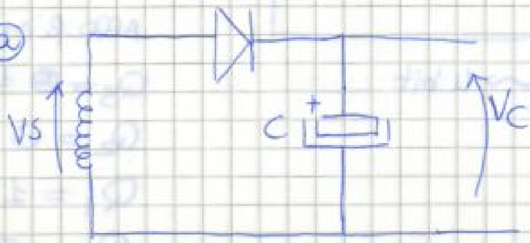


(D) PER OTTENERE UNA MISURA DIGITALE DELLA MASSA INSERISCO ALLA FINE UN CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE:



(2)

(a)



$f = 50\,Hz$

$V_{AL} = V_S = 10\,V$

$\Delta V = 1\,V$

$I_L = 1\,A$

$n = 1$
$m = 1$
$m' = 1$

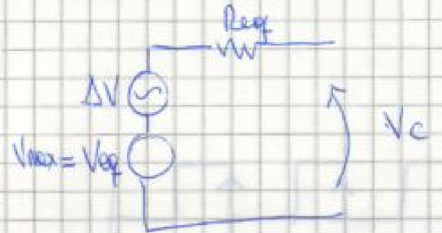
(b) VALORE DEI COMPONENTI: $V_D = 0{,}6\,V$

$V_S = 10\,V \rightarrow V_{max} = \underbrace{\sqrt{2}V_S}_{V_{picco}} - m V_D = 13{,}54\,V$

$\Delta V = V_{max} - V_{min} \Rightarrow V_{min} = V_{max} - \Delta V = 12{,}54\,V$

$\Delta V = \dfrac{I_L}{n f C} \Rightarrow C = \dfrac{I_L}{n f \Delta V} = 0{,}02\,F$ $\quad f_r = n f = 50\,Hz$

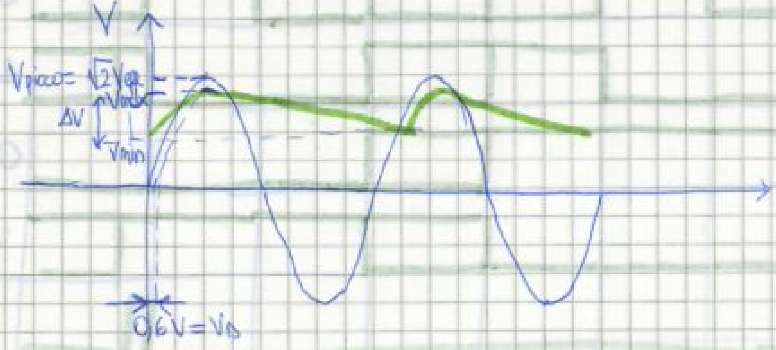
(c) Req MODELLO THÉVENIN LINEARIZZATO:



$R_{eq} = \dfrac{1}{2 n f C} = 0{,}5\,\Omega$

(D) FONTE D'ERRORE:

É dovuta alla sottrazione della V_D nella V_{max}:



L'alimentatore fa diminuire la V_{max} di $m \cdot V_D$ ciò causa un errore nella misura della "ripple" ΔV motivo per cui all'uscita avrò una tensione effettiva prevista ma avrò una tensione più bassa.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{K_r}{V_{id} K_R} = \frac{0.1 \frac{\cancel{mV}}{\cancel{Pa}}}{100n \frac{10\cancel{V}}{\cancel{Pa}}} = 100$$

l'ulteriore grado di libertà può essere fissato imponendo $R_1 \cdot R_2 \cong 10^9 \Omega^2$. Quindi $R_1 = 3.16k\Omega$; $R_2 = 316k\Omega$.

Quindi:

$$V_c = 100(V_a - V_b) = (V_1 - V_2)$$

- **Amplificatore logaritmico**

Considerando il blocco ideale si otterrà:

$$V_d = -\eta V_T \ln\left(\frac{V_c}{R_5 \cdot I_S}\right)$$

- **Guadagno ½**

In questo caso è possibile usare un amplificatore invertente con guadagno ½. L'alternativa sarebbe quella di usare un partitore di tensione realizzato con due resistenze dello stesso valore. Da tenere presente che le due soluzioni differiscono per il segno del risultato ottenuto.

Procedendo con il primo metodo si ottiene:

$$V_e = -\frac{R_7}{R_6} V_d = \frac{R_7}{R_6} \eta V_T \ln\left(\frac{V_c}{R_5 \cdot I_S}\right)$$

Deve essere garantito che $\frac{R_7}{R_6} = \frac{1}{2}$, l'ulteriore grado di libertà può essere fissato imponendo $R_6 \cdot R_7 \cong 10^9 \Omega^2$. Quindi $R_6 = 44.8k\Omega$; $R_7 = 22.4k\Omega$.

Quindi:

$$V_e = \frac{1}{2} \eta V_T \ln\left(\frac{V_c}{R_5 \cdot I_S}\right)$$

- **Amplificatore esponenziale**

Anche in questo caso considerando l'amplificatore operazionale ideale si ottiene:

$$V_q = -R_8 \cdot I_S \cdot e^{\frac{V_e}{\eta V_T}} = -R_8 \cdot I_S \cdot e^{\frac{\frac{1}{2}\cancel{\eta V_T} \ln\left(\frac{V_c}{R_5 \cdot I_S}\right)}{\cancel{\eta V_T}}} = -R_8 \cdot I_S \cdot e^{\frac{1}{2}\ln\left(\frac{V_1 - V_2}{R_5 \cdot I_S}\right)} = -R_8 \cdot I_S \cdot \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{R_5 \cdot I_S}}$$

A questo punto non resta che uguagliare le due equazioni per ricavare i valori dei rimanenti componenti. Trascurando le differenze di segno si ottiene:

$R_8 \cdot I_S = 80mV$ $\qquad$ $R_5 \cdot I_S = 0.1mV$

Supponendo che il diodo scelto abbia $I_s = 10nA$ si ottiene:

$R_8 = 8M\Omega$ $\qquad$ $R_5 = 10k\Omega$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 45 di 68

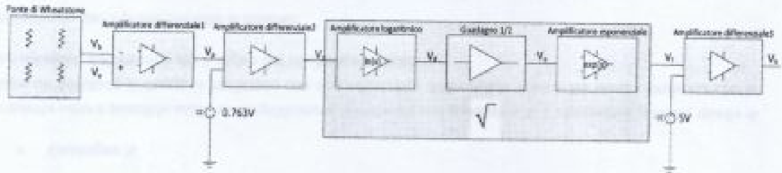
$$=\frac{V}{\cancel{km}}\frac{100\frac{mbar}{km}-\sqrt{\left(\frac{mbar}{km}\right)^2\cdot(10000-40520)+\frac{V_p\cdot 10000\,mbar}{10V}\cdot 40\frac{mbar}{km^2}}}{20\frac{mbar}{km^2}}=$$

$$=V\frac{100-\sqrt{-30520+40000\frac{V_p}{V}}}{20}=5V-1V\sqrt{-76.3+100\frac{V_p}{V}}=5V-1V\sqrt{\frac{V_p-0.763V}{10mV}}$$

È adesso possibile tracciare lo schema a blocchi necessario

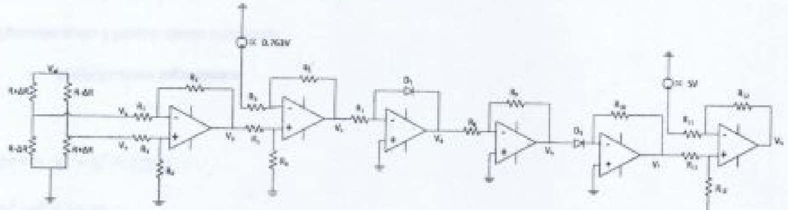
d)

Lo schema a blocchi che permette di implementare l'altimetro richiesto è il seguente:



e)

Lo schema elettrico completo sarà invece il seguente:



f)

A questo punto è possibile andare a ricavare il valore di ogni componente in modo da soddisfare l'equazione imposta.

- **Ponte di Wheatstone**

Si suppone che la corrente che vada verso l'amplificatore operazionale1 sia nulla, applicando quindi un partitore di tensione su ognuno dei rami del ponte, si ottiene:

$$V_b=\frac{V_{al}\cdot(R-\Delta R)}{2R}\qquad V_a=\frac{V_{al}\cdot(R+\Delta R)}{2R}$$

Essendo richiesta una sensibilità ΔR/R=1% a 100kPa si ottiene:

$$\frac{\Delta R}{R}=K_R\cdot P\qquad K_R=\frac{\Delta R}{R\cdot P}=\frac{0.01}{100kPa}=10^{-7}Pa^{-1}$$

Quindi:

$$V_a-V_b=V_{al}\cdot K_R\cdot P$$

- **Amplificatore differenziale1**

Imponendo che $\frac{R_2}{R_1}=\frac{R_4}{R_3}$ si otterrà che:

$$V_p=\frac{R_2}{R_1}(V_a-V_b)=\frac{R_2}{R_1}V_{al}\frac{\Delta R}{R}=\frac{R_2}{R_1}V_{al}K_RP$$

Imponendo la sensibilità richiesta $V_p=K_p\cdot P$

Uguagliando i secondi membri e scegliendo di alimentare il ponte con una $V_{al}=10V$ si ottiene:

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{K_p}{V_{al}K_R}=\frac{0.1\frac{mV}{Pa}}{100n\frac{10V}{Pa}}=100$$

l'ulteriore grado di libertà può essere fissato imponendo $R_1\cdot R_2\cong 10^9\Omega^2$. Quindi $R_1=3.16k\Omega$; $R_2=316k\Omega$.

Quindi:

$$V_p=100(V_a-V_b)$$

- **Amplificatore differenziale2**

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 47 di 68

ALTIMETRO BAROMETRICO:

$$p(h) = 1013\,mbar - 100\,\frac{mbar}{km}\cdot h + 10\,\frac{mbar}{km^2}\cdot h^2$$

- $V_p \propto p$ con $K_p = 10V/MPa$;
- $V_h \propto h$ con $K_h = 1V/km$.

$\frac{\Delta R}{R} = 1\%$ @ 100 kPa

SVOLGO L'EQUAZIONE RICAVANDOMI 2 SOLUZIONI:

$$10\,\frac{mbar}{km^2}\cdot h^2 - 100\,\frac{mbar}{km}\cdot h + 1013\,mbar - p = 0$$

$$h(p) = \frac{100\,\frac{mbar}{km} \pm \sqrt{10000\,\frac{mbar^2}{km^2} - 4\cdot 10\,\frac{mbar}{km^2}(1013\,mbar - p)}}{20\,\frac{mbar}{km^2}} =$$

$$= \frac{100\,\frac{mbar}{km} \pm \sqrt{10000\,\frac{mbar^2}{km^2} - 40520\,\frac{mbar^2}{km^2} + 40p\,\frac{mbar}{km^2}}}{20\,\frac{mbar}{km^2}} =$$

$$= 5\,km \pm \left(\sqrt{-30520\,\frac{mbar^2}{km^2} + 40P\,\frac{mbar}{km^2}}\right)\frac{1}{20\,\frac{mbar}{km^2}}$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{V_h}{K_h} = 5\,km \pm \frac{1}{20}\cdot\frac{km^2}{mbar}\cdot\sqrt{-30520\,\frac{mbar^2}{km^2} + 40\cdot\frac{V_p}{K_p}\frac{mbar}{km^2}}$$

$$V_h = 5\,V \pm \frac{1}{20}\cdot\frac{km^{\cancel{2}}}{mbar}\cdot 1\frac{V}{\cancel{km}}\sqrt{-30520\,\frac{mbar^2}{km^2} + \frac{\cancel{40}\,V_p\cdot MPa\cdot mbar}{1\cancel{0}V\ km^2}}$$

$$1\,MPa = 10^6\,Pa = 10\,bar = 10000\,mbar$$

$$V_h = 5V \pm 0{,}05\,\frac{km}{mbar}\cdot 1V\sqrt{-30520\,\frac{mbar^2}{km^2} + \frac{40000\,V_p\cdot mbar^2}{km^2\ V}} =$$

$$= 5V \pm 1V\sqrt{-76{,}3 + 100\,\frac{V_p}{V}}$$

$$\Downarrow$$

$$V_h = 5V \pm 1V\sqrt{\frac{-76{,}3V + 100\,V_p}{V}}$$

Prendo solo la soluzione col meno in quanto la pressione è inversamente proporzionale all'altezza:

$$\boxed{V_h = 5V - 1V\sqrt{\frac{-76{,}3V + 100\,V_p}{1V}}}$$

AMPL. DIFF.

(3) $V_D = \frac{R_6}{R_5}(100 V_p - 76{,}3\,V) \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_6}{R_5} = 1 \\ R_6 R_5 = 10^9\,\Omega^2 \end{cases} \Rightarrow R_6 = R_5 = R_8 = R_7 = 31{,}62\,K\Omega$

(4) AMPL. LOG:

$V_E = -\eta V_T \overset{\ln}{\log}\left(\frac{V_D}{R_9 I_S}\right)$

(5) PARTITORE:

$V_F = V_E \cdot \frac{R_{11}}{R_{10}+R_{11}} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_{11}}{R_{10}+R_{11}} = \frac{1}{2} \Rightarrow 1 + \frac{R_{10}}{R_{11}} = 2 \Rightarrow R_{10} = R_{11} \\ R_{10} R_{11} = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{10} = R_{11} = 31{,}62\,K\Omega \end{cases}$

(6) AMPL. ESPONENZIALE:

$V_G = -R_{12} I_S\, e^{-\frac{V_F}{\eta V_T}}$

$\parallel$

$V_G = -R_{12} I_S\, e^{\frac{\frac{1}{2}\cancel{\eta V_T} \log\left(\frac{V_D}{R_9 I_S}\right)}{\cancel{\eta V_T}}} = -R_{12} I_S \sqrt{\frac{100 V_p - 76{,}3 V}{R_9 I_S}}$

Impongo quindi: $\begin{cases} R_{12} I_S = 1V \\ R_9 I_S = 1V \end{cases}$ Sapendo che $I_S = 10\,nA$

$\Downarrow$

$R_{12} = R_9 = 100\,M\Omega$

(7) AMPL. DIFF:

$V_h = \frac{R_{14}}{R_{13}}(-V_G + 5V) \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_{14}}{R_{13}} = 1 \\ R_{14} R_{13} = \sqrt{10^9\,\Omega^2} = 31{,}62\,K\Omega = R_{14} = R_{13} = R_{15} = R_{16} \end{cases}$

11/2/131 — 2 misuratori di pressione

$$K = 12{,}5 \frac{m}{s\,Pa^{1/2}} \cdot \sqrt{P_2 - P_1}$$

PROGETTO

- $V_1 \propto P_1$ con $K_1 = 0{,}1\ mV/Pa$
- $V_2 \propto P_2$ con $K_2 = 0{,}2\ mV/Pa$
- $V_K \propto K$ con $K_K = 10 \frac{mV}{m/s}$

$\frac{\Delta R}{R} = 1\%$ @ 1 MPa

$$V_1 = K_1 P_1 \Rightarrow P_1 = \frac{V_1}{K_1}$$

$$V_2 = K_2 P_2 \Rightarrow P_2 = \frac{V_2}{K_2}$$

$$V_K = K_K \cdot K \Rightarrow K = \frac{V_K}{K_K}$$

Sostituisco i risultati ottenuti nella formula:

$$\frac{V_K}{K_K} = 12{,}5 \frac{m}{s \cdot Pa^{1/2}} \cdot \sqrt{\frac{V_2}{K_2} - \frac{V_1}{K_1}}$$

$$V_K = K_K \cdot 12{,}5 \frac{m}{s \cdot Pa^{1/2}} \cdot \sqrt{\frac{V_2}{0{,}2 \frac{mV}{Pa}} - \frac{V_1}{0{,}1 \frac{mV}{Pa}}} =$$

$$= 10 \frac{mV}{\frac{m}{s}} \cdot 12{,}5 \frac{m}{s \cdot Pa^{1/2}} \cdot \sqrt{\frac{V_2 - 2V_1}{0{,}2 \frac{mV}{Pa}}} =$$

$$= 10 \frac{mV}{\cancel{\frac{m}{s}}} \cdot 12{,}5 \frac{\cancel{m}}{\cancel{s \cdot Pa^{1/2}}} \cdot \cancel{Pa^{1/2}} \sqrt{\frac{V_2 - 2V_1}{0{,}2\ mV}} =$$

$$= 125\ mV \sqrt{\frac{V_2 - 2V_1}{0{,}2\ mV}}$$

CALCOLO DEI VALORI DEI COMPONENTI:

1) PONTI DI WEATSTONE: Sono uguali:

$$\frac{\Delta R}{R} = 0{,}01 = K \cdot P \quad \text{dove } P = 10^6\,Pa$$

$$\Downarrow$$

$$K = \frac{0{,}01}{10^6\,Pa} = 10^{-8}\,Pa^{-1}$$

All'uscita del ponte si ha:

$$V_A = V_{AL} \cdot \frac{R+\Delta R}{R+\Delta R+R-\Delta R} = V_{AL}\,\frac{R+\Delta R}{2R} = V_C$$

$$V_B = V_{AL} \cdot \frac{R-\Delta R}{R+\Delta R+R-\Delta R} = V_{AL} \cdot \frac{R-\Delta R}{2R} = V_D$$

Impongo $V_{AL} = 10\,V$.

2) AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE 1:

$$V_1 = \frac{R_2}{R_1}(V_A - V_B) = \frac{R_4}{R_3}(V_A - V_B)$$

$$V_1 = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{AL}\left(\frac{R+\Delta R - R + \Delta R}{2R}\right) = \frac{R_2}{R_1} V_{AL} \frac{\Delta R}{R} = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{AL} \cdot K \cdot P$$

$\uparrow$
$K_1 P$

$$\Downarrow$$

$$K_1 \cancel{P} = \frac{R_2}{R_1} V_{AL} \cdot K \cancel{P} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{R_4}{R_3} = \dfrac{K_1}{K \cdot V_{AL}} = \dfrac{0{,}1\,\frac{mV}{Pa} \cdot Pa}{10^{-8} \cdot 10\,V} = 1000 \\ R_1 R_2 = R_4 R_3 = 10^9\,\Omega^2 \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$1000\,R_1^2 = 1000\,R_3^2 = 10^9\,\Omega^2$$

$$\Downarrow$$

$$R_1 = R_3 = 1000\,\Omega = 1\,k\Omega$$

$$R_4 = R_2 = 1000\,k\Omega = 1\,M\Omega$$

3) AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE 2:

$$V_2 = \frac{R_{12}}{R_{11}}(V_C - V_D) = \frac{R_{14}}{R_{13}}(V_C - V_D)$$

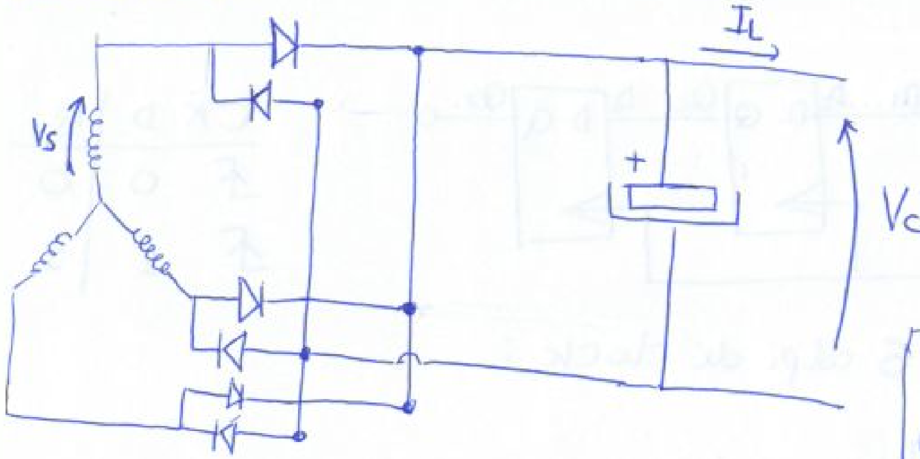
$$K_2 \cancel{P} = \frac{R_{12}}{R_{11}} V_{AL} K \cancel{P} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{R_{12}}{R_{11}} = \dfrac{K_2}{K \cdot V_{AL}} = \dfrac{0{,}2\,\frac{mV}{Pa} \cdot Pa}{10^{-8} \cdot 10\,V} = 2000 \\ R_{11} R_{12} = 10^9\,\Omega^2 = R_{13} R_{14} \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$2000\,R_{11}^2 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_{11} = R_{13} = 707{,}1\,\Omega$$

$$R_{12} = R_{14} = 1414{,}2\,k\Omega$$

ESERCIZIO 2:



$V_{MAX} = 12\,V$
$V_{MIN} = 11{,}5\,V$
$I_L = 10\,A$
$f = 400\,Hz$

n = numero semionde = = 6
m = numero diodi con uguale corrente = = 2 (diodi conduttori)
m' = numero diodi con catodo in comune = 3

Calcolo componenti:

$$\Delta V = V_{MAX} - V_{MIN} = 0{,}5\,V_{PP}$$

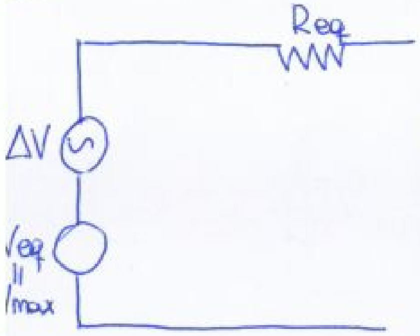
$$\Delta V = \frac{I_L}{n f C} \Rightarrow C = \frac{I_L}{n f \Delta V} = \frac{10A}{6 \cdot 400Hz \cdot 0{,}5V} = 8{,}3\,mF$$

$$V_{S_{eff}} = \frac{V_{max} + m V_D}{\sqrt{2}} = \frac{12V + 2 \cdot 0{,}6V}{\sqrt{2}} = 9{,}33\,V$$

$$V_{max} = \underbrace{V_{S_{eff}}\sqrt{2}}_{V_{picco}} \cdot \sqrt{3} - m \underset{\uparrow \atop 0{,}6V}{V_D}$$

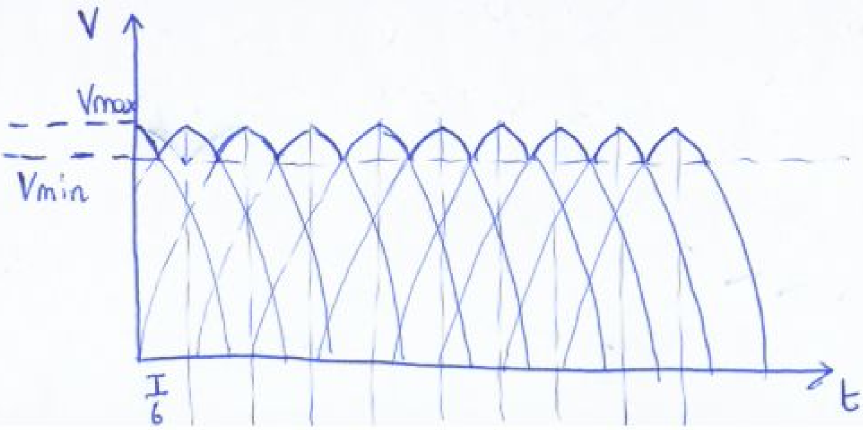
$$V_{media} = \frac{1}{2}(V_{max} + V_{min}) = \frac{1}{2}(12 + 11{,}5)V = 11{,}75\,V$$

Calcolo la resistenza del mod. thévenin linearizzato:



$$R_{eq} = \frac{1}{2 n f C} = 0{,}0251\,\Omega$$

Traccio il grafico della tensione in uscita:



$$T = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$$

APPELLO DEL 24/7/2013

ESERCIZIO 1

SI DEBBA PROGETTARE UN MISURATORE DI ACCELERAZIONE ANGOLARE, VELOCITÀ ANGOLARE E ROTAZIONE, CHE ABBIA TRE USCITE IN TENSIONE:

- Va, CON SENSIBILITÀ DI 1V/(rad/s²); $V_a = \ddot{\alpha} K_a$
- Vv, CON SENSIBILITÀ DI 2V/(rad/s); $V_v = \dot{\alpha} K_v$
- Vs, CON SENSIBILITÀ DI 5mV/°. $V_s = \alpha K_s$

CHE UTILIZZI UNA DINAMO TACHIMETRICA CHE GENERI 5V a 1000 RPM (giri/min). $1000 \cdot \frac{2\pi}{60s} = 104{,}67 \frac{rad}{s}$

a) TRACCIARE SCHEMA A BLOCCHI;
b) TRACCIARE SCHEMA ELETTRICO;
c) CALCOLARE VALORE COMPONENTI;
d) INDICARE QUAL È LA PRINCIPALE FONTE DI ERRORE NELLA MISURA DELL'ANGOLO.

ESERCIZIO 2

TRACCIARE LO SCHEMA DI UN ALIMENTATORE A 3 SEMIONDE FUNZIONANTE A 400 Hz;

a) CALCOLARE VALORE COMPONENTI PER AVERE $V_{MAX} = 15V$, $V_{MIN} = 13V$, $I_L = 1A$;
b) CALCOLARE Req DEL MODELLO EQUIVALENTE THÉVENIN LINEARIZZATO;
c) TRACCIARE IL GRAFICO, CON ASSI TARATI, DELLA TENS. IN USCITA.

ESERCIZIO 3

TRACCIARE IL CIRCUITO PER ACCENDERE UNA LAMPADINA DA 12V A PARTIRE DA UN SEGNALE DIGITALE.
IMPOSTARE IL CALCOLO DEL VALORE DELLE RESISTENZE.

verificato che:

$$\frac{1s}{1\Omega} = 1F$$

$$1F = \frac{1C}{1V} = \frac{1A \cdot 1s}{1V} = \frac{1s}{1\Omega} \rightarrow \text{VERIFICATO}$$

$$1C = 1A \cdot 1s$$

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

$$\Downarrow$$

$$C_1 = 6{,}63 \cdot 10^{-4}\ F = 0{,}663\ mF = 663\ \mu F$$

$$R_1 = 31{,}62\ K\Omega$$

③ AMPLIFICATORE INVERTENTE:

$$V_a = -\frac{R_3}{R_2} V_B \qquad \begin{cases} \frac{R_3}{R_2} = 1 \Rightarrow R_3 = R_2 = 31{,}62\ K\Omega \\ R_3 R_2 = 10^9\ \Omega^2 \end{cases}$$

④ AMPLIF. NON INVERTENTE:

$$V_V = \frac{R_5 + R_4}{R_4} \cdot V_1$$

$$K_V \cdot \dot{\theta} = \frac{R_5 + R_4}{R_4} \cdot K_1 \dot{\theta} \Rightarrow \begin{cases} \frac{K_V}{K_1} = 1 + \frac{R_5}{R_4} \Rightarrow \frac{R_5}{R_4} = \overbrace{\frac{2\,V/(rad/s)}{0{,}0477\,V/(rad/s)}}^{40{,}928} - 1 \\ R_4 R_5 = 10^9\ \Omega^2 \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$40{,}928\ R_4^2 = 10^9\ \Omega^2$$

$$\Downarrow$$

$$R_4 \cong 4943\ \Omega \quad R_5 \cong 202{,}31\ K\Omega$$

⑤ CIRCUITO INTEGRATORE:

$$V_c = -\frac{1}{R_6 C_2} \int V_1(t)\,dt = -\frac{1}{R_6 C_2} \int K_1 \dot{\theta}\,dt$$

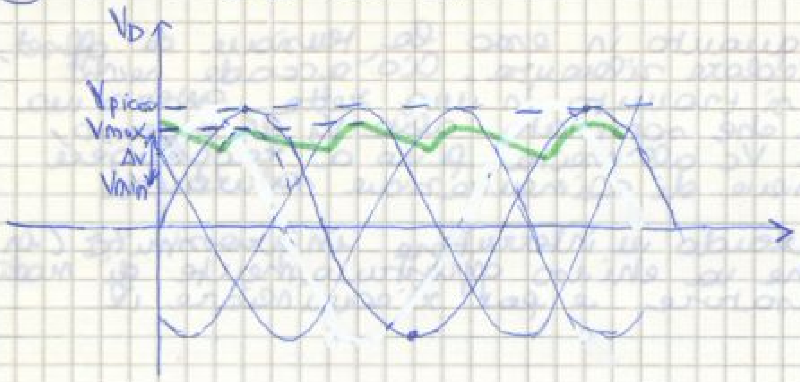
$$K_s \cdot \cancel{\theta} = -\frac{1}{R_6 C_2} K_1 \cancel{\theta} \Rightarrow \begin{cases} \frac{K_s}{K_1} = \frac{1}{R_6 C_2} \Rightarrow R_6 C_2 = \frac{K_1}{K_s} = \frac{0{,}0477\,\frac{\cancel{V}}{(\cancel{rad}/s)}}{5 \cdot 10^{-3}\,\frac{\cancel{V}}{\pi\,\cancel{rad}} \cdot 180} = 0{,}16 s \\ R_6^2 = 10^9\ \Omega^2 \rightarrow R_6 = 31{,}62\ K\Omega \end{cases}$$

$$C_2 = \frac{0{,}16\ s}{R_6} = 5{,}26\ mF$$

⑥ AMPL. INVERTENTE:

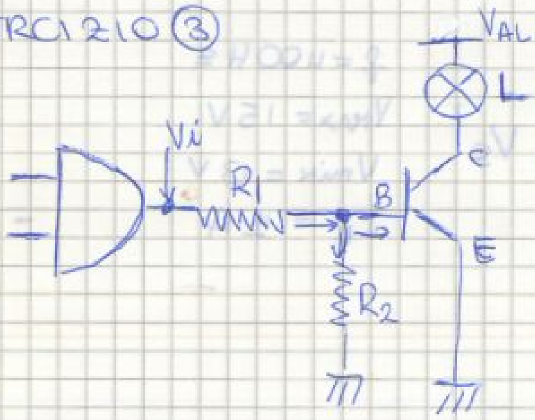
$$V_S = -\frac{R_8}{R_7} V_C \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_8}{R_7} = 1 \\ R_8 R_7 = 10^9\ \Omega^2 \end{cases} \Rightarrow R_8 = R_7 = 31{,}62\ K\Omega$$

(C) GRAFICO CON ASSI TARATI :



$T = \frac{2\pi}{3}$

ESERCIZIO (3)



$R_L = 120\ \Omega$

Suppongo che

$V_{on} = 3V$

$V_{off} = 1V$

$V_{BEON} = 0{,}4V$

$V_{BE-SAT} = 0{,}8V$

$V_{CE\ SAT} = 0{,}3V$

- INTERDIZIONE:

$I_B = \phi$

$V = V_{off}$

PARTITORE:

$$V_{BE} = V_{off} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} < V_{BEON} = 0{,}4V$$

$$\frac{R_2}{R_1+R_2} < \frac{V_{BEON}}{V_{off}} \Rightarrow \frac{R_1+R_2}{R_2} > \frac{V_{off}}{V_{BEON}} \Rightarrow 1 + \frac{R_1}{R_2} > \frac{1}{0{,}4}$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{R_1}{R_2} > 1{,}5$$

- SATURAZIONE: $\beta = 100$

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} = \frac{\frac{V_{AL} - V_{CEsat}}{R_L}}{\beta} = \frac{\frac{12-0{,}3}{120}}{100} = 975\mu A$$

IMPONGO $R_1 = 1{,}5 R_2$

$$I_B = I_1 - I_2 = \frac{V_{on} - V_{BEsat}}{R_1} - \frac{V_{BEsat}}{R_2} > 975\mu A$$

$$\frac{V_{on} - V_{BEsat}}{1{,}5 R_2} - \frac{V_{BEsat}}{R_2} > 975\mu A$$

$$\Downarrow$$

$$R_2 < 683{,}76\ \Omega \Rightarrow R_2 = 600\ \Omega \Rightarrow R_1 = 900\ \Omega$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 63 di 68

③ CIRCUITO INTEGRATORE :

$$V_v = -\frac{1}{R_5C_1}\int V_a\, dt = -\frac{1}{R_5C_1}\int K_a \cdot a\, dt = -\frac{1}{R_5C_1}\cdot K_a \cdot v$$

$$\Downarrow$$

$$K_v \cancel{v} = -\frac{1}{R_5C_1} K_a \cdot \cancel{v} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{1}{R_5C_1} = \dfrac{K_v}{K_a} \Rightarrow R_5C_1 = \dfrac{K_a}{K_v} = \dfrac{0{,}5 \frac{V}{9{,}81 \frac{m}{s^2}}}{20 \cdot \frac{mV}{\frac{Km}{h}}} \\ R_5^2 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_5 = 31{,}62 K\Omega \end{cases}$$

$$R_5C_1 = \frac{0{,}051 \frac{\cancel{V}}{(m/s^2)}}{\dfrac{20\cdot 10^{-3}\cancel{V}}{\frac{1}{3{,}6}\frac{m}{s}}} = 0{,}7083\ \frac{s^2}{\cancel{m}}\cdot\frac{\cancel{m}}{s}$$

$$\Downarrow$$

$$C_1 = \frac{0{,}7083\ s}{31{,}62\ K\Omega} = 0{,}224\ \mu F\ ?$$

22,4 µF

④ AMPLIFICATORE INVERTENTE :

$$V_D = \frac{R_7}{R_6} V_v \Rightarrow \begin{cases} R_7 = R_6 = 1 \\ R_7 R_6 = 10^9\,\Omega^2 \Rightarrow R_7 = R_6 = 31{,}62 K\Omega \end{cases}$$

⑤ COMPARATORE DI SOGLIA :

$$V_{rif} = V_{D_{MAX}} - V_\gamma$$

$$V_{D\,MAX} = 500 \frac{Km}{h} \cdot K_v = 500 \frac{\cancel{Km}}{\cancel{h}} \cdot 20 \frac{mV}{\cancel{(Km/h)}} = 10 V$$

Suppongo $V_\gamma = 0{,}6 V \Rightarrow V_{rif} = 10V - 0{,}6V = 9{,}4 V$

ⓓ PRINCIPALE FONTE DI ERRORE

$\Downarrow$

CIRCUITO INTEGRATORE.

dove C_ℓ e ℓ ... il coeff. di portanza ... del profilo e la corda

$\rightarrow$ $dL = C_\ell \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 \, \ell \, dy$, $\| C_\ell = k 2\pi (\alpha - \alpha_0) \|$, $k < 1$

$\| \alpha - \alpha_i = \alpha_e \|$, incidenza aerodinamica

α_e = incidenza di portanza nulla

confrontando: $\rho V_\infty \Gamma(y) \, dy = C_\ell \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 \ell \, dy$, $\Gamma(y) = \frac{1}{2} V_\infty \ell C_\ell$

dove $C_\ell = k 2\pi [\alpha_e - \alpha_i]$

$$\alpha_i = \frac{1}{4\pi V_\infty} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{d\Gamma(y') / dy'}{y - y'} \, dy'$$

$$\rightarrow \left\| \Gamma(y) = k(y) \pi V_\infty \ell(y) \left[\alpha_e - \frac{1}{4\pi V_\infty} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{d\Gamma(y') / dy'}{y - y'} \, dy' \right] \right\|$$

equazione integro-differenziale di Prandtl

$$\rightarrow \| \Gamma(y) = k(y) \pi V_\infty \ell(y) [\alpha_e(y) - \alpha_i(y)] \|$$

- $k(y)$: funzione debole di y, vale molto poco
- $\ell = \ell(y)$ se le ali rastremate
- $\alpha_e = \alpha - \alpha_0$ è $\alpha_e(y)$ in due casi:
  1) ala geometricamente svergolata (quindi $\alpha = \alpha(y)$)
  2) ala a profilo variabile ($\alpha_0 = \alpha_0(y)$)
  3) ala svergolata sia geometricamente sia aerodinamicamente.

per l'ala intera: $L = C_L \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S = \int_{-b/2}^{b/2} C_\ell(y) \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 \ell(y) \, dy$

da cui $C_L = \frac{1}{S} \int_{-b/2}^{b/2} C_\ell(y) \ell(y) \, dy$

- Distribuzione ellittica di portanza

se $\Gamma(y)$ è ellittica, si è notata la distribuzione di Γ

$\left\| \frac{\Gamma^2(y)}{\Gamma_0^2} + \frac{y^2}{(b/2)^2} = 1 \right\|$ (ellisse) $\rightarrow$ $\Gamma(y) = \Gamma_0 \sqrt{1 - \frac{4y^2}{b^2}}$

$L = \rho V_\infty^2 \pi (\alpha_e - \alpha_i) \, k \, S =$

$= \left\| \rho V_\infty^2 \pi k \left(\alpha_e - \frac{C_L}{\pi \lambda} \right) S = L \right\|$

$\left\| \alpha_i = \frac{C_L}{\pi \lambda} \right\|$

$\left\| C_L = \frac{2\pi k \alpha_e}{1 + \frac{2k}{\lambda}} = \frac{2\pi k (\alpha - \alpha_0)}{1 + 2k/\lambda} \right\|$

$\boxed{C_L < C_\ell}$

$\Downarrow$

un'ala ha c.d. minore di portanza delle sue sezioni

$\left\| C_L = \frac{C_\ell}{1 + \frac{C_\ell}{\pi \lambda}} \right\|$

α_i = cost (non svergolata)

ℓ = cost

- la distribuzione ellittica non è mai realizzata $\rightarrow$ $\|$ ellittica + variazioni lungo θ $\|$

$\Gamma(\theta) = V_\infty b \, \underbrace{\gamma(\theta)}_{\text{distribuzione di portanza}}$

$\left\| \gamma(\theta) = \sum_{n=1,3,\dots} A_n \sin n\theta \right\|$ (espansione in serie di Fourier)

le termini da 3 in su perturbano la distribuzione ellittica, $\rightarrow$ da $n=3$ si introduce una variazione lungo θ.

$L = \rho V_\infty \int_0^\pi V_\infty b \, \gamma(\theta) \frac{b}{2} \sin\theta \, d\theta$ $\rightarrow$ $\left| C_L = \frac{\pi \lambda}{2} A_1 \right\|$ (solo il 1° termine contribuisce alla portanza)

$\|$ gli altri termini riguardano solo la D_i! $\|$ $\leftarrow$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 67 di 68