ESERCIZIO 4

Un etilometro è realizzato utilizzando un boccaglio per la raccolta di un campione di espirato, un sensore di alcool etilico (GS) e un misuratore di portata (FM). Il GS (caratteristiche in tabella 1) fornisce una tensione V_{GS} la cui componente differenziale V_{GSD} è funzione della concentrazione C di alcool etilico presente nel campione di espirato secondo la relazione: $V_{GSD} = K \cdot (C + C_0)^{2/3}$. Il FM (caratteristiche in tabella 2), utilizzato per determinare il volume del campione di espirato, fornisce una tensione V_{FM} proporzionale alla portata F del campione di espirato: $V_{FM} = H \cdot F$. Il test alcolemico, della durata T = 10 s, deve fornire come risultato la concentrazione di alcool etilico presente nel campione di espirato prelevato. Affinché il test risulti valido, il volume del campione di espirato raccolto nel tempo T deve risultare non inferiore a 0.5 L.

Tabella 1 – Sensore alcool etilico - GS

Supply voltage	V_{CC} = 15 V
Max supply power	30 mW
Concentration range	0.00 ÷ 4.00 g/L
Concentration offset – C_0	0.01 g/L
Scale factor - K	0.0198 V/(g/L)$^{2/3}$
Common mode output voltage	V_{GSC} = 7.5 V

Tabella 2 – Misuratore di portata - FM

Supply voltage	V_{CC} = 15 V
Max supply power	30 mW
Flow range	0.0 ÷ 14.0 L/s
Scale factor - H	0.107 V/(L/s)

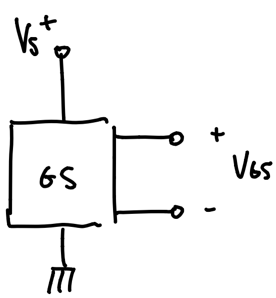
Si progetti e dimensioni un sistema elettronico, secondo la divisione in moduli suggerita, per la realizzazione dell'etilometro che fornisca in uscita le tensioni V_C e V_V proporzionali al valore della concentrazione di alcool etilico C ed al volume del campione di espirato, oltre ad una tensione V_{EN} che confermi la validità del test.

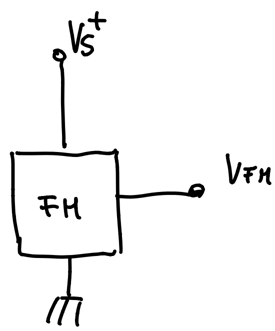
- ***Modulo X:*** *circuito che prelevi la componente differenziale V_{GSD} della tensione V_{GS} fornita da GS e la tensione V_{FM} fornita da FM.*
- ***Modulo Y:*** *circuito che limiti entro i 20 Hz la banda dei segnali in uscita dal Modulo X, con attenuazione di almeno 30 dB.*
- ***Modulo Z:*** *circuito che a partire dalle tensioni al Modulo Y fornisca in uscita le tensioni V_C e V_V. Il circuito deve inoltre fornire una tensione V_{EN}, normalmente a 0 V, che assuma un valore superiore a 5 V nel caso di test non valido (volume campione espirato < 0.5 L).*

Si hanno a disposizione: AD620, OP07 ed una linea di alimentazione DC a ± 15 V, oltre a componenti attivi e passivi elementari.

X)

$V_S = \pm 15 V$





$V_{GS_D} = K(C+C_0)^{2/3}$

$K = 0.0198 \ V/(g/L)^{2/3}$

$C_0 = 0.01 \ g/L$

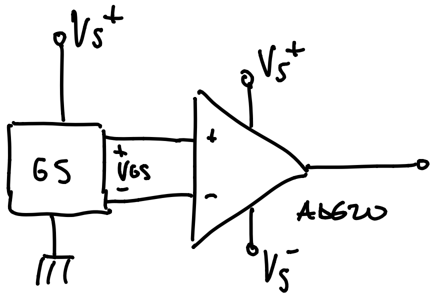
$C \in [\phi \div 4] \ g/L$

$V_{GS_C} = 7.5 \ V$

$V_{FM} = H \cdot F$

$H = 0.107 \ V/L/s$

$F \in [\phi \div 14] \ L/s$



$$V_{GS_1} = G \cdot V_{GS_D} = G \cdot K(C+C_0)^{2/3}$$

1. SATURAZIONE I° STADIO AD620

$$\begin{cases} V_{GS_C} + Ad_1 \cdot \dfrac{V_{GSD\,MAX}}{2} \leq V_{SAT_1}^+ \\ V_{GS_C} - Ad_1 \cdot \dfrac{V_{GSD\,MAX}}{2} \geq V_{SAT_1}^- \end{cases}$$

$$V_{SAT_1}^+ = V_S^+ - 1.4\,V = 13.6\,V$$

$$V_{SAT_1}^- = V_S^- + 1.9\,V = -13.1\,V$$

$$V_{GSC} = 7.5\,V$$

$$V_{GSD\,MAX} = K \cdot (C + C_0)^{2/3} \Big|_{C_0 = C_{0\,MAX}} = 49.97\,mV$$

$$\Rightarrow Ad_1$$

2. SATURAZIONE II° STADIO AD620

$$V_{SAT_2}^- \leq Ad_2 \cdot V_{GSD\,MAX} \leq V_{SAT_2}^+$$

$$V_{SAT}^+ = V_S^+ - 1.4\,V = 13.6\,V$$

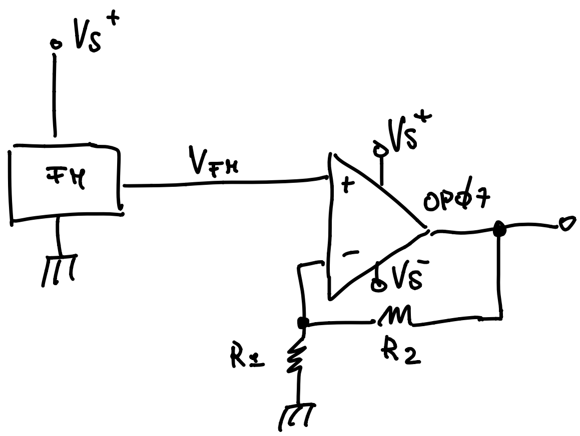
$$V_{SAT}^- = V_S^- + 1.2\,V = -13.8\,V$$

$\Rightarrow Ad_2$

$$Ad = \min \{ Ad_1, Ad_2 \}$$

$$\Rightarrow Ad = 1 + \frac{R_G}{49.4\,k\Omega} \Rightarrow R_G$$

$$V_{GS_1} = G \cdot V_{GS_0} = G \cdot K(C + C_0)^{2/3}$$



$$G_1 = \frac{G_{1\,MAX}}{G_{FILTRO}}$$

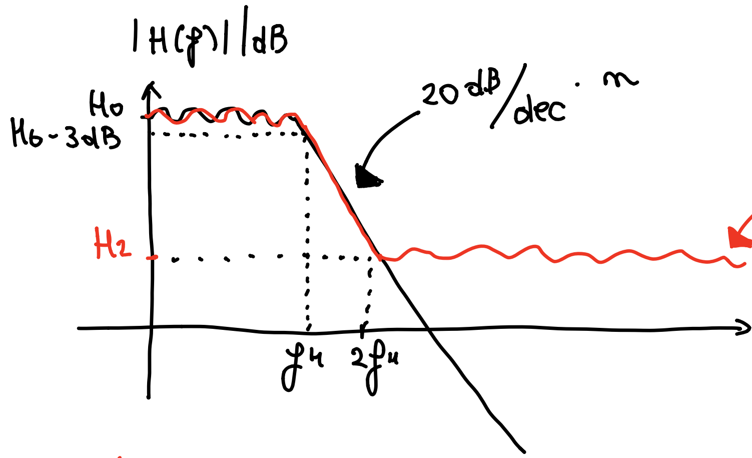
$$V_{FM1} = G_1 \cdot H \cdot F$$

$$G_1 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_{SAT}^- \le V_{FM1} \le V_{SAT}^+$$

$V_{SAT}^+ = 13\,V$
$V_{SAT}^- = -13\,V$

Y)



$f_H = 20$ Hz

Risposta di un filtro generico!

$$\Rightarrow H_0|_{dB} - H_2|_{dB} \ge 30\ dB$$

$H_0|_{dB} - H_2|_{dB} \geq 30\ dB \Rightarrow m = ?$

$H_0|_{dB}$ → Guadagno in Banda passante

$H_2|_{dB}$ → guadagno @ $f = 2f_H$

⚠ ALTRA TIPOLOGIA DI ESERCIZIO

→ Viene dato il ROLL-OFF

$[\text{ROLL OFF}] = dB/dec$

Modulo della Risposta del filtro di Butterworth:

$$|H(j\omega)| = \frac{m_0}{\omega_0^m \cdot \sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2m}}} \quad \frac{m_0}{\omega_0^m} \to H_0$$

$$= \frac{H_0}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2m}}}$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} \to \omega_H = 2\pi f_H$$

$[f] = Hz$

$[\omega] = rad/s$

$$|H(j2\omega_H)| = \frac{H_0}{\sqrt{1+\left(\frac{2\cancel{\omega_H}}{\cancel{\omega_H}}\right)^{2m}}} = \frac{H_0}{\sqrt{1+2^{2m}}} = H_2$$

$$H_2 = \frac{H_0}{\sqrt{1+2^{2m}}} \Rightarrow \frac{H_2}{H_0} = \frac{1}{\sqrt{1+2^{2m}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{H_0}{H_2} = \sqrt{1+2^{2m}}}$$

$$\left(\frac{H_0}{H_2}\right)^2 = 1+2^{2m}$$

$$H_0|_{dB} - H_2|_{dB} \geq 30 \text{ dB}$$

$$20 \log_{10}\left(\frac{H_0}{H_2}\right) \geq 30 \text{ dB}$$

$$\frac{H_0}{H_2} \geq 10^{30/20} = 10^{3/2} = 31,62$$

$$1 + 2^{2n} \geq 31,62^2 \quad \Rightarrow \quad 2^{2n} \geq 31,62^2 - 1$$

$$2n \geq \log_2(31,62^2 - 1)$$

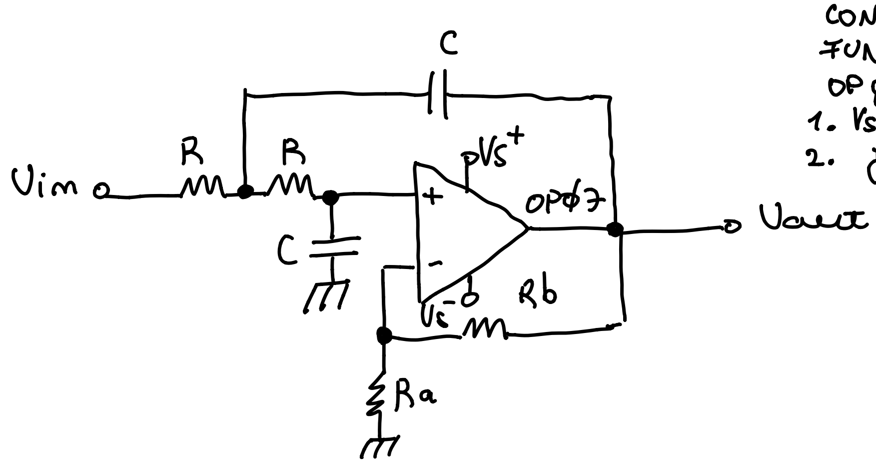
$$n \geq \frac{1}{2}\log_2(31.62^2 - 1) = 4,98$$

$$\Rightarrow \quad n = 5$$

$$P_5(s) = \underbrace{(s^2 + 0.618 \cdot s + 1)}_{P_{51}(s)} \underbrace{(s^2 + 1.618 \cdot s + 1)}_{P_{52}(s)} \underbrace{(s+1)}_{P_{53}(s)}$$

$$\Rightarrow P_5(s) = (s^2 + 0.618 \cdot \omega_H \cdot s + \omega_H^2) \cdot$$
$$\cdot (s^2 + 1.618 \cdot \omega_H \cdot s + \omega_H^2) \cdot$$
$$\cdot (s + \omega_H)$$

Cella di Sallen-Key L.P. non invertente:



CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO OP07:

1. $V_{SM}^- \leq V_{out} \leq V_{SM}^+$
2. $f_s \leq f_{s\,max\,OP07}$

$$H(s) = \frac{A_v / R^2C^2}{s^2 + \frac{3-A_v}{RC} \cdot s + \frac{1}{R^2C^2}} \quad , \quad A_v = 1 + \frac{R_b}{R_a}$$

$$V_{in} \longrightarrow \boxed{H_1(s)} \longrightarrow \boxed{H_2(s)} \longrightarrow \boxed{H_3(s)} \longrightarrow V_{out}$$

$n=2$	$n=2$	$n=1$
$P_{S1}(s)$	$P_{S2}(s)$	$P_{S3}(s)$
$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
CELL DI S.K. L.P. N.I.	CELL DI S.K. L.P. N.I.	FILTRO L.P. DEL I ORDINE

Dimensionamento della prima cella di S.K. L.P. N.I. :

$$H_1(s) = \frac{A_v / R^2C^2}{s^2 + \frac{3-A_v}{RC} \cdot s + \frac{1}{R^2C^2}} \quad , \quad A_v = 1 + \frac{R_b}{R_a}$$

$$P_{S1}(s) = s^2 + 0.618\,\omega_H \cdot s + \omega_H^2$$

$$0.618 \cdot \omega_H = \frac{3-A_v}{RC}$$

$$\rightarrow \frac{1}{R^2C^2} = \omega_H^2 \quad \Rightarrow \quad \omega_H = 2\pi f_H = 1/RC$$

$$\rightarrow \boxed{R \cdot C = 1/\omega_H} \Rightarrow R, C.$$

$$\rightarrow 0.618 \cdot \cancel{\omega_H} = \frac{3-A_v}{\cancel{R}C} \quad \Rightarrow \quad 0.618 = 3 - A_v$$

$$\omega_H = 1/RC$$

$A_V = 3 - 0.618 = 2.382$

$$\boxed{A_V = 1 + \frac{R_b}{R_a} = 2.382} \Rightarrow R_a, R_b$$

Dimensionamento della seconda cella di S.K, L.P. N.I :

$$H_2(s) = \frac{A_V/R^2C^2}{s^2 + \frac{3-A_V}{RC}\cdot s + 1/R^2C^2}, \quad A_V = 1 + \frac{R_b}{R_a}$$

$$P_{S2}(s) = s^2 + 1.618 \cdot \omega_H \cdot s + \omega_H^2$$

$$\to 1/R^2C^2 = \omega_H^2 \Rightarrow \boxed{\omega_H = 1/RC} \qquad (\omega_H = 2\pi f_H)$$

↳ R, C

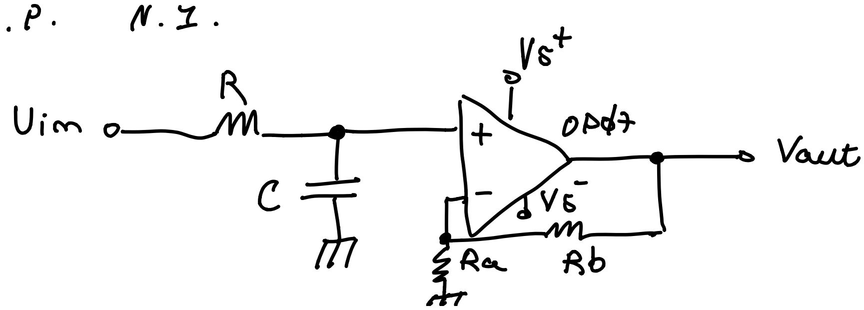
$$\to \frac{3-A_V}{\cancel{R}C} = 1.618 \cdot \cancel{\omega}_H$$

$$\Rightarrow 3 - A_V = 1.618 \Rightarrow A_V = 3 - 1,618 = 1.382$$

$$\boxed{A_V = 1 + \frac{R_b}{R_a} = 1,382}$$

↳ R_a, R_b

Progettazione e dimensionamento filtro I ordine L.P. N.I.



$$H(s) = \left(1 + \frac{R_b}{R_a}\right) \cdot \frac{1/RC}{s + 1/RC} = A_v \cdot \frac{1/RC}{s + 1/RC}$$

$$P_{S3}(s) = s + \omega_H \quad \Rightarrow \quad \boxed{\omega_H = 1/RC}$$

$\rightarrow R, C$

In riferimento a V_{OSD}:

$V_{OSD_1} = G \cdot V_{OSD}$ la tensione in uscita dall'AD620

$\Rightarrow$ G andrà attenuata di un fattore $\dfrac{1}{A_{V1} \cdot A_{V2} \cdot A_{V3}}$

A_{V1}: guadagno 1° cella di S.K.

A_{V2}: guadagno 2° cella di S.K.

A_{V3}: guadagno del F.T.O.

Stessa cosa in riferimento alla V_{FM}

$V_{FM1} = G_1 \cdot V_{FM}$

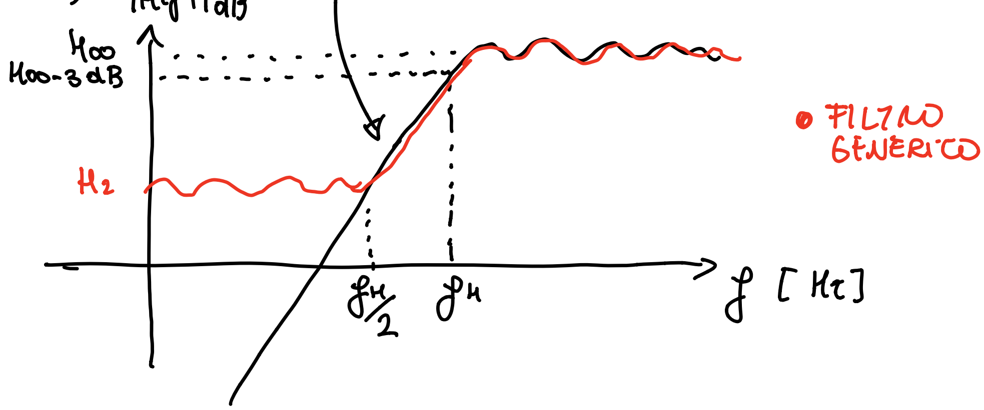
$\Rightarrow$ G_1 andrà attenuata di un fattore $\dfrac{1}{A_{V1} \cdot A_{V2} \cdot A_{V3}}$

A_{V1}: guadagno 1° cella di S.K.

A_{V2}: guadagno 2° cella di S.K.

A_{V3}: guadagno del F.T.O.

Y FITTIZIO)



FILTRO H.P. :

→ $f_H = 20$ Hz

→ Attenuazione di 30 dB

$$H_\infty|_{dB} - H_2|_{dB} \geq 30 \text{ dB}$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = 20 \text{ Hz}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{m_2 \cdot \omega^m}{\omega_H^m \sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^{2m}}} = \frac{H_\infty \cdot \omega^m}{\omega_H^m \sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^{2m}}}$$

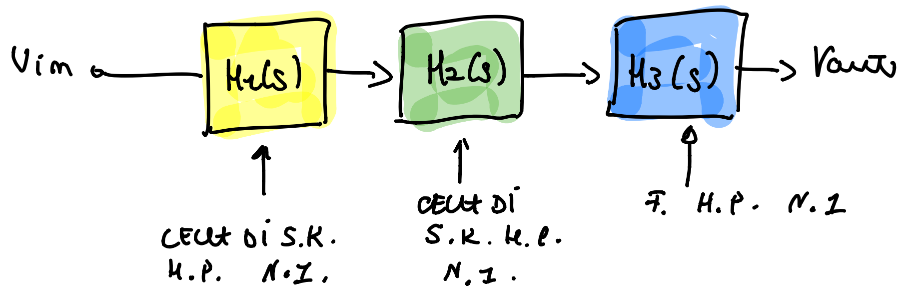
$$\lim_{\omega \to \infty} |H(j\omega)| = m_2 = H_\infty$$

$$\left|H\left(j\,\frac{\omega_H}{2}\right)\right| = \frac{H_\infty \cdot \left(\frac{\cancel{\omega_H}}{2}\right)^m}{\cancel{\omega_H^m} \cdot \sqrt{\left(1+\left(\frac{\cancel{\omega_H}}{2\cancel{\omega_H}}\right)^{2m}\right.}} = \frac{H_\infty}{2^m} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{2}\right)^{2m}}}$$

$$= \frac{H_\infty}{\cancel{2^m}} \cdot \frac{\cancel{2^m}}{\sqrt{1+2^{2m}}} = \frac{H_\infty}{\sqrt{1+2^{2m}}} = H_2$$

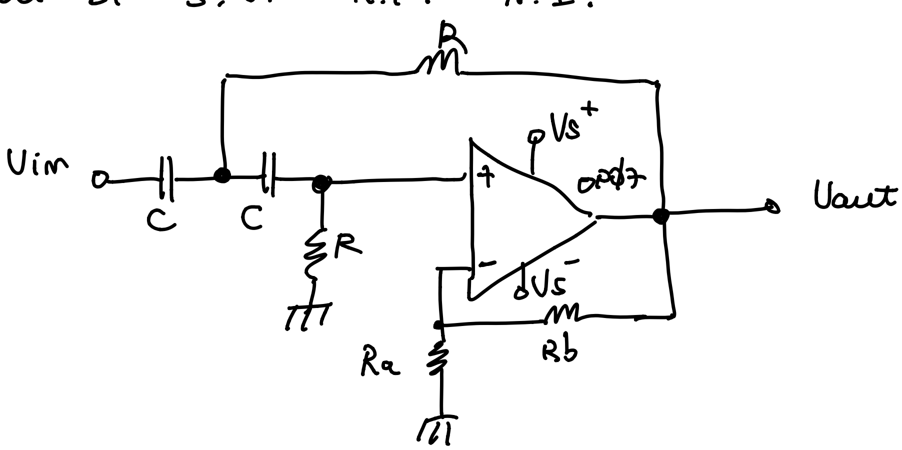
$$\frac{H_2}{H_\infty} = \frac{1}{\sqrt{1+2^{2n}}} \Rightarrow \frac{H_\infty}{H_2} = \sqrt{1+2^{2n}} \Rightarrow n$$

$$H_\infty\big|_{dB} - H_2\big|_{dB} \geq 30\,dB \Rightarrow \underline{n = 5}$$



$$P_5(s) = \left(s^2 + 0.618 \cdot \omega_H \cdot s + \omega_H^2\right) \cdot$$
$$\cdot \left(s^2 + 1.618 \cdot \omega_H \cdot s + \omega_H^2\right) \cdot$$
$$\cdot \left(s + \omega_H\right)$$

CELLA DI S.K. H.P. N.1.



$$H(s) = \frac{A_V \cdot s^2}{s^2 + \frac{3-A_V}{RC} \cdot s + \frac{1}{R^2C^2}}$$

$\rightarrow \frac{\omega_H}{Q}$ $\rightarrow \omega_H^2$