

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
M320 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

Tema di: ELETTRONICA

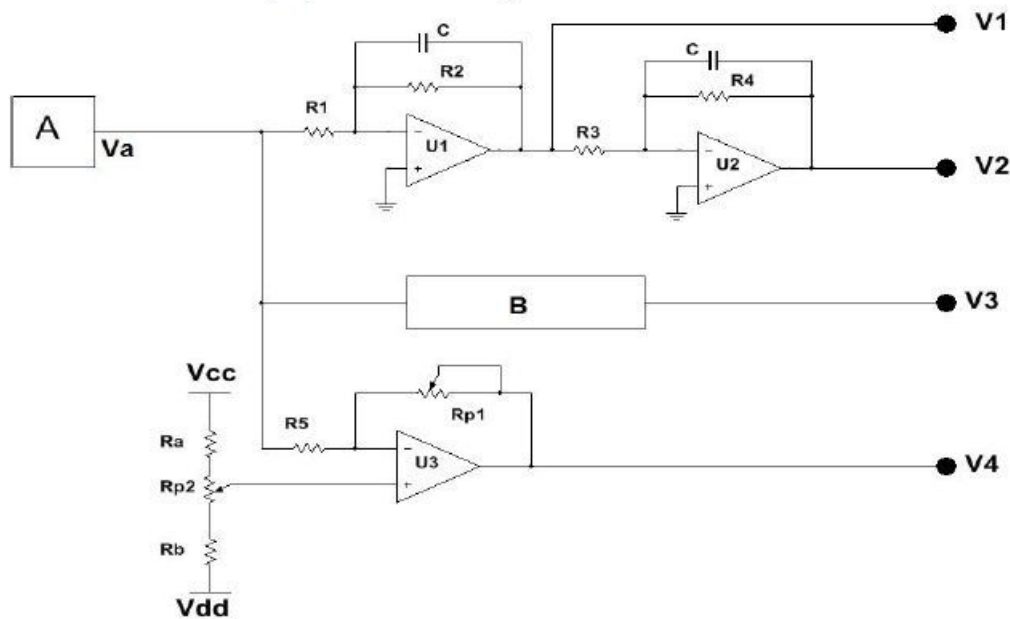
(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del progetto "SIRIO")

Un dispositivo per la generazione di segnali analogici rispettivamente onda quadra, onda triangolare e sinusoidale è realizzato mediante lo schema in figura secondo le specifiche circuitali di seguito riportate:

- il blocco A fornisce l'ingresso di trigger al dispositivo costituito da un segnale impulsivo V_a con ampiezza ± 10 Volt, Duty Cycle 50% e periodo $100 \mu\text{s}$;
- i condensatori C hanno capacità 10 nF ;
- i resistori e i potenziometri hanno i valori riportati in tabella;
- le tensioni di alimentazione richieste dal dispositivo sono rispettivamente $V_{CC} = +15\text{V}$ e $V_{DD} = -15\text{V}$.

Valori dei resistori e dei potenziometri del circuito								
R1	R2	R3	R4	R5	Ra	Rb	Rp1	Rp2
5 K Ω	20 K Ω	1 K Ω	20 K Ω	20 K Ω	10 K Ω	10 K Ω	1 K Ω	10 K Ω

*i valori della resistenza per potenziometri sono quelli di fondo scala



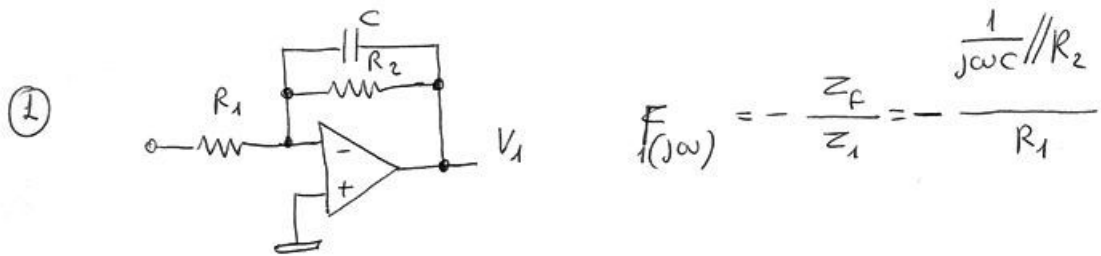
Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene opportune, risponda alle seguenti richieste:

1. ricavi la funzione di trasferimento nel dominio della frequenza dei blocchi U1 e U2 (uscite V1 e V2) ed esponga le motivazioni per cui tali circuiti possono considerarsi come integratori di segnale ideali;
2. calcoli il valore del modulo della funzione di trasferimento per i due blocchi in corrispondenza della frequenza del segnale applicato e determini in base a tali valori l'intervallo di variazione delle tensioni V1 e V2;
3. rappresenti graficamente le tensioni ai morsetti V1 e V2 in funzione del tempo motivandone l'andamento;
4. progetti il circuito del blocco B affinché il segnale in uscita al morsetto V3 sia un segnale impulsivo TTL compatibile e di frequenza pari a quella del segnale V_a;
5. descriva la funzione del blocco circuitale U3 definendo le conseguenze della variazione di valore di due potenziometri sulla tensione V4.

Inoltre, il candidato discuta almeno uno dei seguenti punti:

1. esponga le problematiche relative alla scelta dei valori per R1, R2, R3, R4 e C al fine della buona qualità dei segnali in uscita;
2. determini la relazione tra il segnale dell'uscita V4 e quello di trigger ponendo i cursori dei potenziometri Rp1 e Rp2 rispettivamente al 50% e al 100%.

Soluzione:



$$F_1(j\omega) = - \frac{1}{R_1} \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C} R_2}{\frac{1}{j\omega C} + R_2} = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega C R_2} \quad \text{f.d.t. di } M_1$$

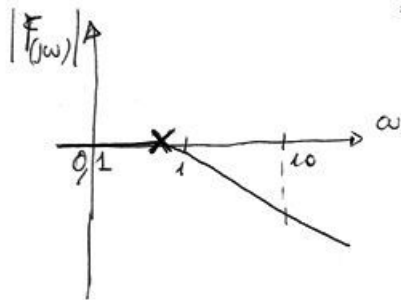
V_2 ha lo stesso circuito, quindi

$$F_2(j\omega) = - \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{1 + j\omega C R_4}$$

Essendo $R_1 = R_4 = 20 \text{ k}\Omega$, la freq. di taglio dei due circuiti è identica

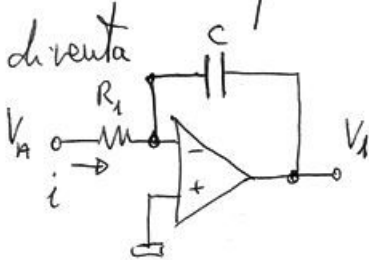
$$\omega_t C R_4 = 1 \quad f_t = \frac{1}{2\pi C R_4} = \frac{1}{6,28 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^3} = \frac{0,0796}{10^{-4}} =$$

$$= 0,796 \text{ kHz}$$



alla frequenza di 10 kHz il circuito (filtro p.b.) lavora già nella parte con pendenza -1 e quindi integra perfettamente il segnale di ingresso.

Oppure con altra considerazione: alla freq di lavoro di 10 kHz la resistenza in parallelo al condensatore si può trascurare rispetto all'impedenza $\frac{1}{\omega C}$ e il circuito diventa



$$V_1 = - \frac{1}{C} \int i_{(t)} dt = - \frac{1}{C} \int \frac{V_A}{R_1} dt$$

$$V_1 = - \frac{V_A}{C R_1} \int dt = - \frac{V_A}{C R_1} t + k_1 \quad t \in (0, \frac{T}{2})$$

e per V_2
$$V_2 = -\frac{1}{C} \int \frac{V_1}{R_3} dt = -\frac{1}{CR_3} \int V_1 dt$$

e sostituendo

$$V_2 = -\frac{1}{CR_3} \int \left(-\frac{V_A t}{CR_1} \right) dt = \frac{V_A}{C^2 R_1 R_3} \int t dt = \frac{V_A}{C^2 R_1 R_3} \cdot \frac{1}{2} t^2 + k_2$$

quindi il segnale V_2 non è una sinusoidale ma una sua approssimazione composta da parti di parabole.

② Alla $f = 10 \text{ kHz}$ se l'ingresso V_A fosse sinusoidale ne avrebbe:

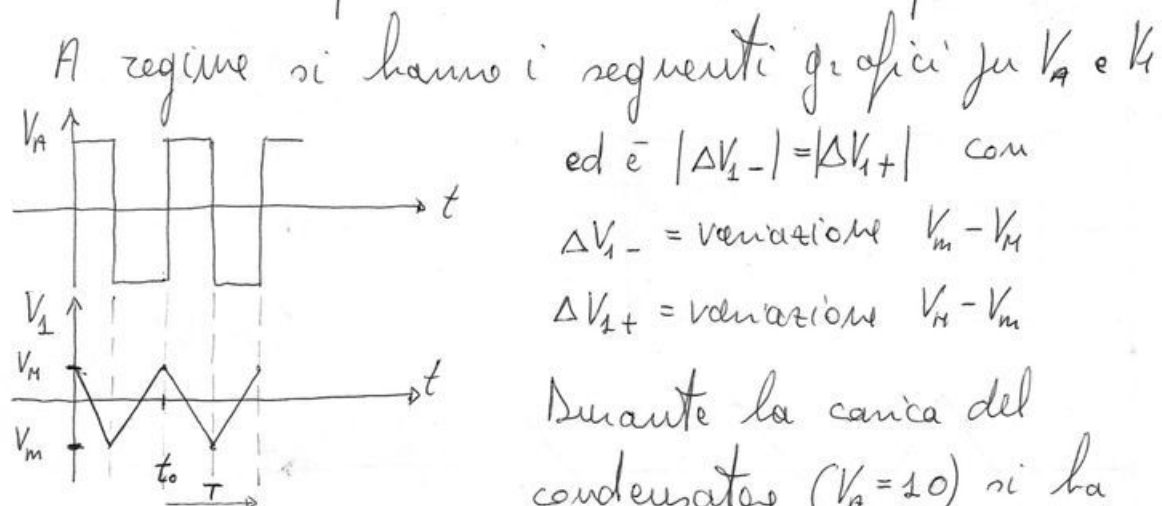
$$F_{1(j\omega)} = \frac{R_2/R_1}{\sqrt{1 + (\omega CR_2)^2}} = \frac{4}{\sqrt{1 + 12,56^2}} = 0,317$$

$$\omega CR_2 = 2\pi \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^3 = 12,56$$

$$F_{2(j\omega)} = \frac{20}{\sqrt{1 + (\omega CR_1)^2}} = \frac{20}{\sqrt{1 + 12,56^2}} = 1,587$$

Se V_A fosse sinusoidale il suo modulo (10V) verrebbe moltiplicato per 0,317 ottenendo 3,17 V per l'ampiezza di V_1 e $3,17 \cdot 1,587 = 5 \text{ V}$ per l'ampiezza di V_2 .

Dal momento che V_A non è sinusoidale non possiamo aspettarci di trovare tali valori in una simulazione. Per ricavare i valori richiesti bisogna lavorare nel dominio temporale come indicato al punto 1.



$$V_1 = -\frac{V_A}{CR_1} \cdot \frac{T}{2} \quad \text{e nell'intervallo di figura:}$$

$$\text{durante la carica } V_1 = V_H - \frac{V_A}{CR_1} (t - t_0)$$

$$\text{durante la scarica } V_1 = V_m + \frac{V_A}{CR_1} (t - t_0)$$

Consideriamo la prima: $V_1 = V_H - \frac{V_A}{CR_1} \cdot (t - t_0)$

al tempo $t - t_0 = 50 \mu s$ V_1 vale V_m per cui:

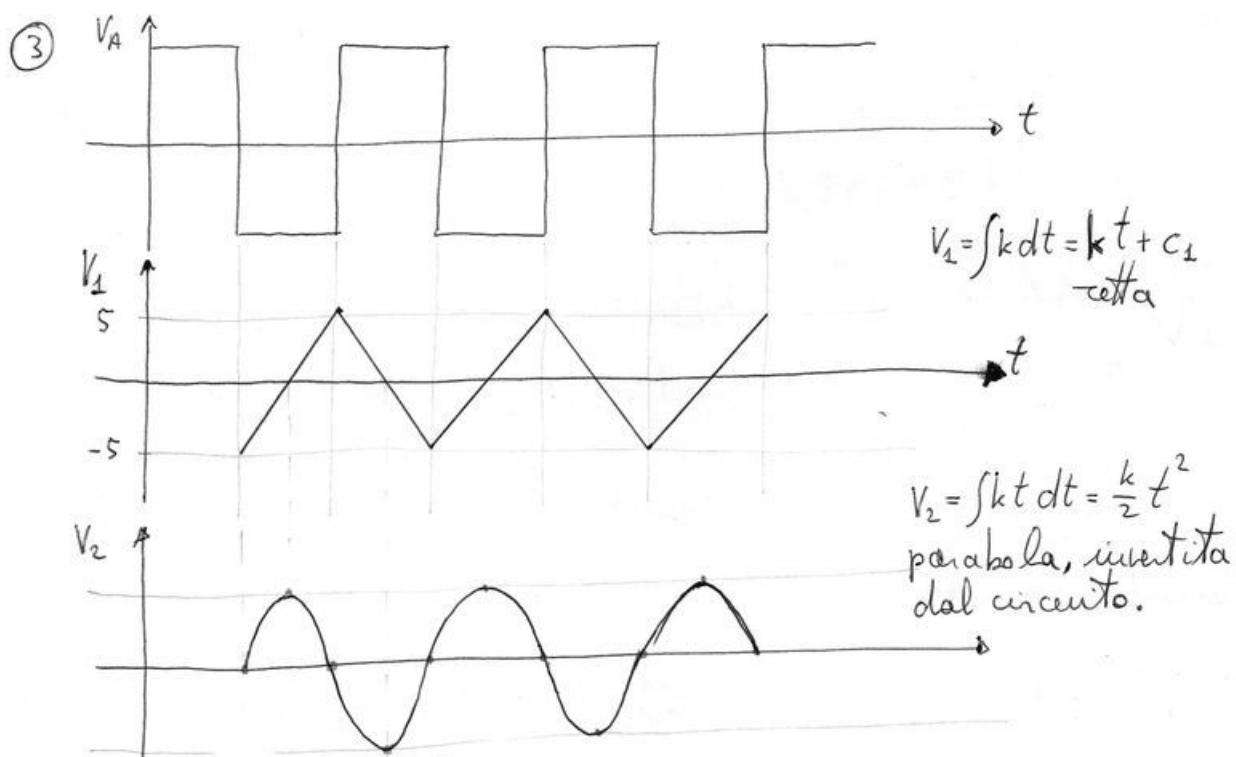
$$V_m - V_H = \frac{-V_A}{CR_1} \cdot 50 \cdot 10^{-6}$$

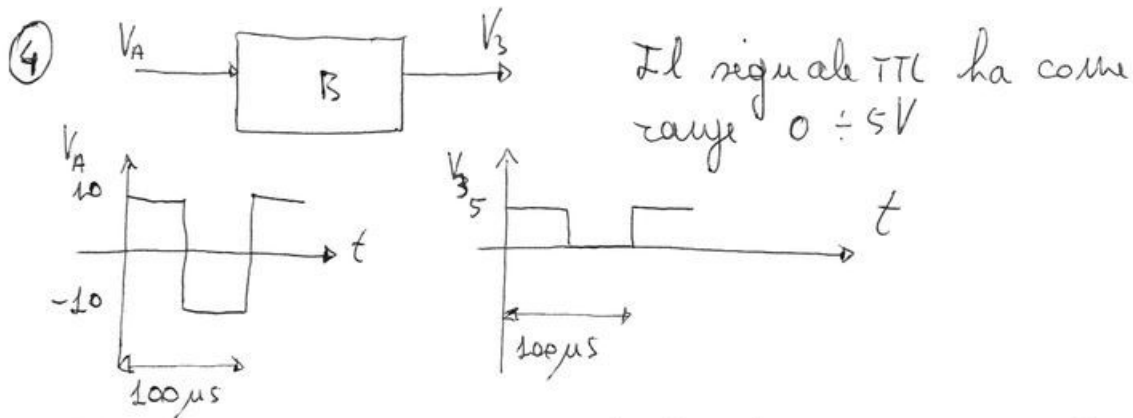
$$V_H - V_m = \frac{V_A}{CR_1} \cdot 50 \cdot 10^{-6}$$

$$V_H - V_m = \frac{10}{10 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^3} \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 10 [V]$$

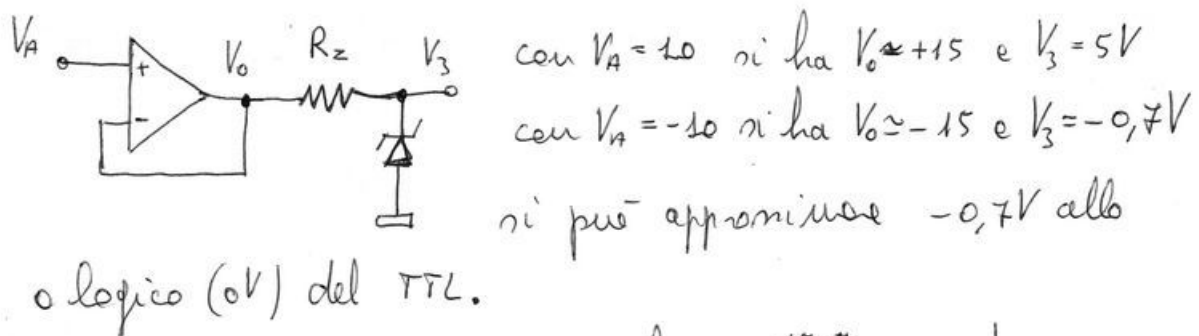
per tanto sarà $V_H = +5 [V]$ e $V_m = -5 [V]$

Con analogo ragionamento, sempre nel dominio del tempo si può ricavare $V_2(t)$ con il suo valore massimo e il suo valore minimo.

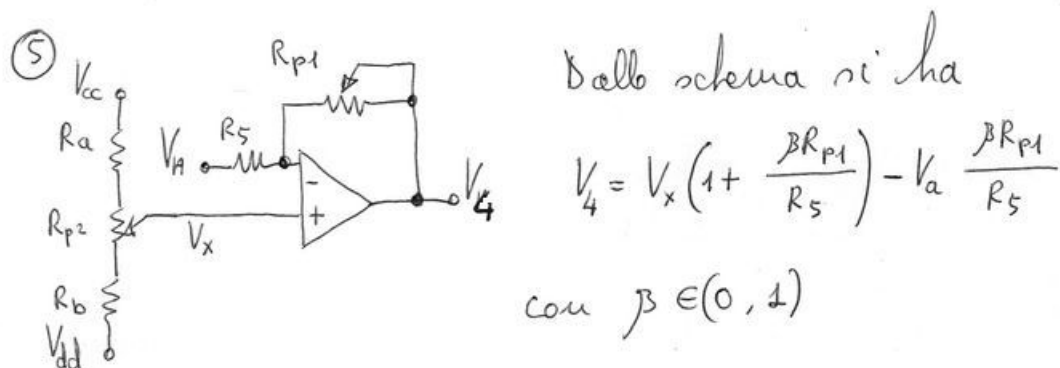




Dai grafici è evidente che basta eliminare la parte negativa di V_A e limitare l'ampiezza dell'impulso a $5V$, si può usare un A.O. seguito da una resistenza e uno zener da $5V$



Scegliendo una $I_Z = 10mA$ si ha $R = \frac{15-5}{10 \cdot 10^{-3}} = 1k\Omega$.



$$V_4 = V_X \left(1 + \frac{\beta R_{P1}}{R_5} \right) - V_A \frac{\beta R_{P1}}{R_5}$$

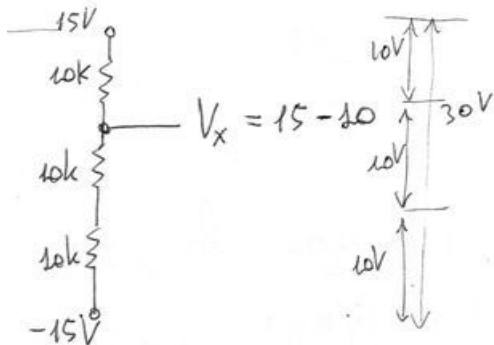
con $\beta \in (0, 1)$

$$V_4 = V_X + (V_X - V_A) \frac{\beta R_{P1}}{R_5}$$

R_{P2} varia V_X che quindi opera da offset su V_4
 R_{P1} varia l'amplificazione, cioè la differenza $V_X - V_A$ e quindi l'ampiezza di V_4 .

Con $\beta = 0,5$ $R_{p1} = 500 \Omega$ mentre $R_{p2} = 10k\Omega$

$$V_x =$$



$$V_x = 15 - 10 = 5 \text{ V} \quad \text{ottenendo}$$

con $V_A = 10$:

$$V_L = 5 + (5 - 10) \cdot \frac{500}{20000} = 5 - \frac{25}{200} = 4,875 \text{ [V]}$$

$$\text{e con } \underline{V_A = -10}: V_L = 5 + (5 + 10) \cdot \frac{5}{200} = 5 + \frac{75}{200} = 5,375 \text{ [V]}$$

Simulando il circuito con circuitmaker si ottengono le seguenti forme d'onda in accordo con i punti sviluppati.

