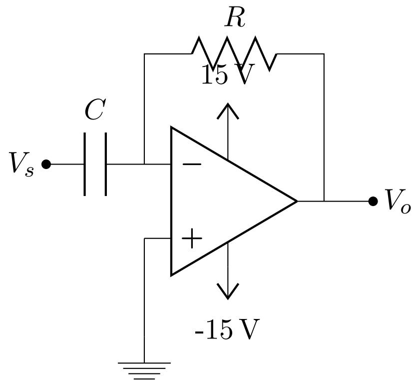
Laboratorio di Sistemi e Segnali AA 2017/18 – Esonero 2, Soluzioni
A

Esercizio 1 (8 punti):



Possiamo scrivere l'amplificazione come:

$$A_v = -\frac{Z'}{Z} = -\frac{R}{1/j\omega C} = -j\omega RC = -j\omega\tau \tag{1}$$

La risposta del derivatore quindi:

$$v_o = -j\omega\tau v_i \tag{2}$$

Per avere $\tau = 1\,\text{ms}$ possiamo scegliere $R = 100\,\text{K}$ e $C = 10\,\text{nF}$. La derivata massima all'uscita del circuito dato un ingresso $A\sin(\omega' t)$è:

$$\left|\frac{dv_o}{dt}\right|_{max} = \omega'^2\tau A_{max} \tag{3}$$

e deve essere inferiore alla Slew Rate $1\text{V}/1\mu s$. Pertanto, dato $\omega' = 10^4$ si ha:
$A_{max} = SlewRate/\omega'^2\tau = 10\,\text{V}$.

Esercizio 2 (7 punti): Dobbiamo scomporre la soluzione in tensioni variabili col tempo e tensioni continue. Per la parte variabile col tempo, il capacitore va assunto come un corto circuito e il generatore di corrente può essere assunto come un circuito aperto. Pertanto visto che in R_3 non scorre corrente il + può essere considerato a massa. L'amplificazione del segnale sinusoidale è pertanto quella dell'amplificatore invertente $-R_2/R_1$. Per la parte in continua il capacitore si comporta come un circuito aperto e il circuito è un inseguitore di tensione con in ingresso a + uguale a $-R_3 I$. Pertanto:

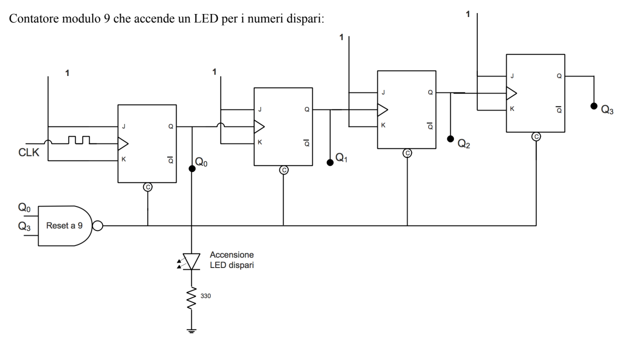
$$v_o = -10\text{V}\sin(\omega t) - 1V; \tag{4}$$

Alternativamente possiamo scrivere che l'amplificazione sul piedino invertente è data dalla seguente espressione:
$A_v^- = -\frac{Z'}{Z} = -\frac{R_2}{R_1 + 1/j\omega C}$

per le correnti variabili il capacitore va considerato come un corto per cui C=0, da cui si deriva che per la parte variabile si ha $A_V = -\frac{R_2}{R_1} = -10$.
Sul piedino non invertente è collegata una tensione continua data da $V_+ = -R_3 I = -1V$.
La sua amplificazione è quindi data da: $A_v^+ = 1 + \frac{Z'}{Z} = 1 + \frac{R_2}{R_1 + 1/j\omega C}$
in questo caso essendo $\omega = 0$ il termine $1/j\omega C$ diverge portando a zero il rapporto e di conseguenza $A_V = 1$. Pertanto si ha:

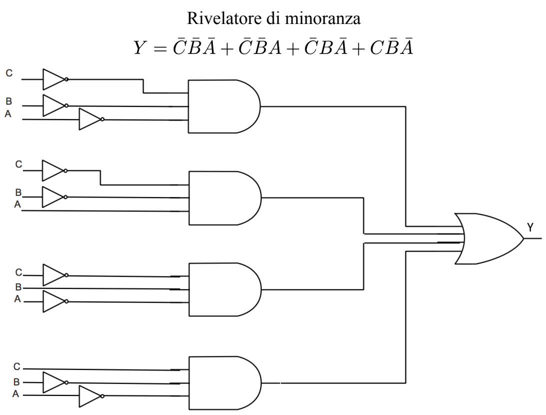
$$v_o = A_v^- 1\text{V}\sin(\omega t) + A_v^+(-1V) = -10\text{V}\sin(\omega t) - 1V; \tag{5}$$

Esercizio 3 (8 punti): Costruiamo un contatore modulo 16 asincrono basato su flip-flop J-K edge triggered. Per trasformarlo in un contatore modulo 9 dobbiamo riazzerare in maniera asincrona quando i bit del contatore codificano il numero 9. Usiamo a tale scopo la coincidenza dei bit Q_0 e Q_3 collegato all'ingresso C (Clear).



Per accendere correttamente il LED per ogni numero dispari basta notare che Q_0 e' sempre acceso se il numero codificato e' dispari e collegare il LED all'uscita Q_0 aggiungendo un resistore da 330Ω per proteggere il LED. La soluzione e' rappresentata in figura.

Esercizio 4 (7 punti): Il circuito deve mettere ad 1 l'uscita Y solo quando almeno 2 bit sono a 0. Questo porta alla tabella di verità in figura. Dalla tabella di verità, usando



C	B	A	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

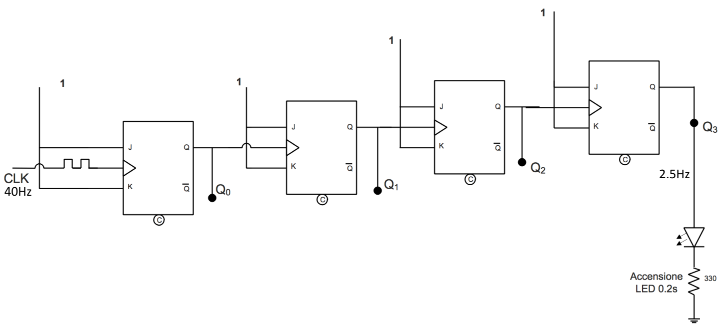
i termini con Y non nulla, si ricava l'equazione caratteristica che si traduce nel circuito disegnato.

La forma canonica può essere minimizzata utilizzando le proprietà dell'algebra. Nel rivelatore di maggioranza:
$Y = C\bar{B}\bar{A} + \bar{C}B\bar{A} + \bar{C}\bar{B}A + \bar{C}\bar{B}\bar{A}$
aggiungo 2 volte un minterm " $\bar{C}\bar{B}\bar{A}$" già presente che quindi non cambia l'equazione booleana:
$Y = C\bar{B}\bar{A} + \bar{C}B\bar{A} + \bar{C}\bar{B}A + \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{C}\bar{B}\bar{A}$
ora raccolgo e semplifico:
$Y = \bar{B}\bar{A}(\bar{C} + C) + \bar{C}\bar{A}(\bar{B} + B) + \bar{C}\bar{B}(\bar{A} + A)$
quindi si può scrivere:
$Y = \bar{B}\bar{A} + \bar{C}\bar{A} + \bar{C}\bar{B}$
realizzabile dall'OR a tre ingressi di 3 AND a due ingressi dopo aver negato i segnali ABC.

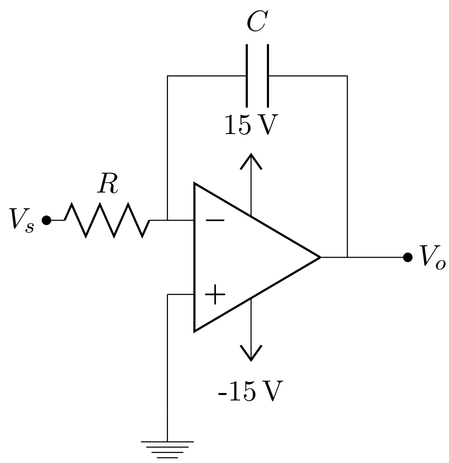
Laboratorio di Sistemi e Segnali AA 2017/18 – Esonero 2, soluzioni
B

Esercizio 1 (8 punti): Costruiamo un contatore modulo 16 asincrono basato su flip-flop J-K edge triggered a cui colleghiamo il clock a 40Hz. Abbiamo bisogno di un segnale di frequenza 2.5Hz. Per ottenerlo ricordiamo che il bit Q_3 del contatore ha una frequenza che vale $1/2^4 = 16$ del clock principale ovvero 40Hz/16=2.5Hz che corrisponde ad un periodo di 0.4s. Poichè il LED è acceso solo nel semi-periodo positivo del clock il tempo di accensione $(1/2.5\text{Hz})/2 = 0.2\text{s}$ come richiesto.

Il Q3 demoltiplica il clock di un fattore 2^4=16 quindi il Q3 ha frequenza 40/16=2.5Hz.
Il LED e' acceso solo nel semiperiodo positivo quindi il tempo di accensione è (1/2.5Hz)/2 = 0.2s



Esercizio 2 (8 punti):



Possiamo scrivere l'amplificazione come:

$$A_v = -\frac{Z'}{Z} = -\frac{1/j\omega C}{R} = -\frac{1}{j\omega RC} = -\frac{1}{j\omega\tau} \tag{6}$$

quindi a risposta di un integratore :

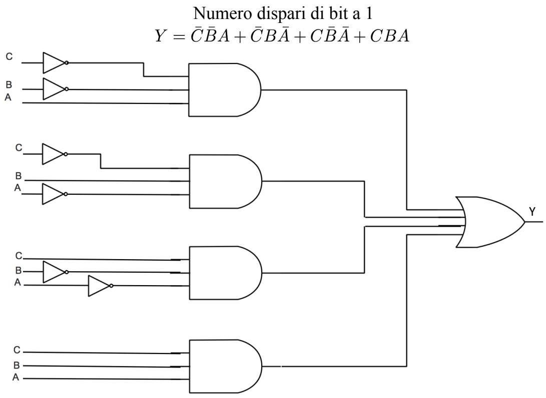
$$v_o = -\frac{1}{j\omega\tau} v_i \tag{7}$$

Per avere $\tau = 10\,\mu\text{s}$ possiamo scegliere $R = 1\,\text{K}$ e $C = 10\,\text{nF}$. La derivata massima all'uscita del circuito dato un ingresso $A\sin(\omega' t)$è:

$$\left|\frac{dv_o}{dt}\right|_{max} = \frac{1}{\omega'\tau}\omega' A_{max} = \frac{A_{max}}{\tau} \tag{8}$$

e deve essere inferiore alla Slew Rate. Pertanto, indipendentemente dalla frequenza, $A_{max} = 10\,\text{V}$.

Esercizio 3 (7 punti): Il circuito deve mettere ad 1 l'uscita Y solo quando un numero dispari d'ingressi sono ad 1. Questo porta alla tabella di verità in figura. Dalla tabella



C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

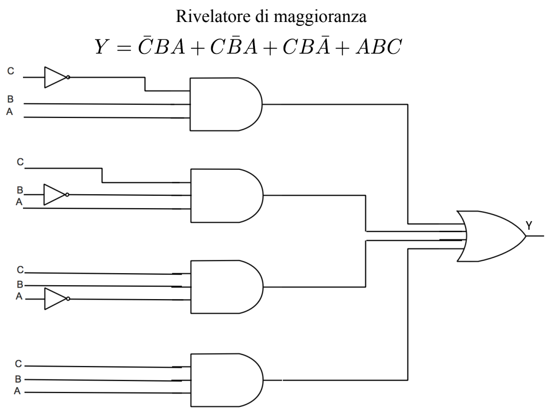
di verità, usando i termini con Y non nulla, si ricava l'equazione caratteristica che si traduce nel circuito disegnato.

Esercizio 4 (7 punti): Dobbiamo scomporre la soluzione in tensioni variabili col tempo e tensioni continue. Per la parte variabile col tempo, il capacitore va assunto come un corto circuito e il generatore di corrente può essere assunto come un circuito aperto. Pertanto visto che in R_3 non scorre corrente il + puoò essere considerato a massa. L'amplificazione del segnale sinuisodale è pertanto quella dell'amplificatore invertente $-R_2/R_1$. Per la parte in continua il capacitore si comporta come un circuito aperto, il + è sempre a massa e la tensione in uscita risulta $R_2 I$. Pertanto:

$$v_o = -10\text{V}\sin(\omega t) + 10V \tag{9}$$

Laboratorio di Sistemi e Segnali AA 2017/18 – Esonero 2, soluzione C

Esercizio 1 (7 punti): Il circuito deve mettere ad 1 l'uscita Y solo quando almeno 2 bit sono ad 1. Questo porta alla tabella di verità in figura. Dalla tabella di verità,



C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

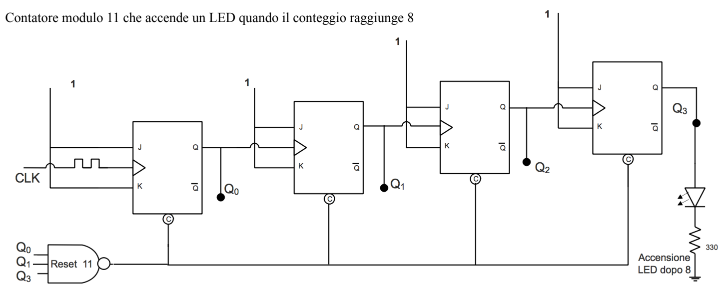
usando i termini con Y non nulla, si ricava l'equazione caratteristica che si traduce nel circuito disegnato.

La forma canonica riportata pu‘øessere minimizzata utilizzando le proprietà dell'algebra. Nel rivelatore di maggioranza:
$Y = \bar{C}BA + C\bar{B}A + CB\bar{A} + CBA$
aggiungo 2 volte un minterm "CBA" già presente che quindi non cambia l'equazione booleana:
$Y = \bar{C}BA + C\bar{B}A + CB\bar{A} + CBA + CBA + CBA$
ora raccolgo e semplifico:
$Y = BA(\bar{C} + C) + CA(\bar{B} + B) + CB(\bar{A} + A)$
quindi si può scrivere:
$Y = BA + CA + CB$
realizzabile dall'OR a tre ingressi di 3 AND a due ingressi.

Esercizio 2 (8 punti): Costruiamo un contatore modulo 16 asincrono basato su flip-flop J-K edge triggered. Per trasformarlo in un contatore modulo 11 dobbiamo riazzerare in maniera asincrona quando i bit del contatore codificano il numero 11. Usiamo a tale scopo la coincidenza dei bit Q_0 Q_1 e Q_3 collegato all'ingresso C (Clear).

Per accendere correttamente il LED basta notare che Q_3 si porta la livello logico 1, +5V, al raggiungimento del numero 8 e collegare il LED all'uscita Q_3 aggiungendo un resistore da 330Ω di protezione. La soluzione e' rappresentata in figura.

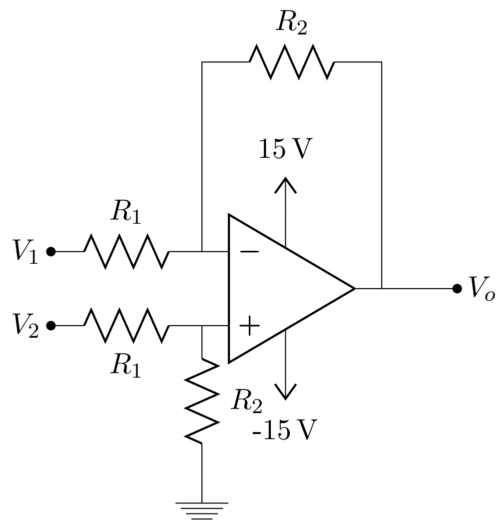
Esercizio 3 (7 punti): Dobbiamo scomporre la soluzione in tensioni variabili col tempo e tensioni continue. Per la parte variabile col tempo, il generatore V_A si comporta come un corto circuito e pertanto il + è a massa. L'amplificazione del segnale sinusoidale è



pertanto quella dell'amplificatore invertente $A_V^- = -R_2/R_1 = -10$. Per la parte in continua il generatore di segnali si comporta come una massa e quindi la sua amplificazione è quella dell'amplificatore non invertente $A_V^+ = 1 + R_2/R_1 = 11$. Pertanto :

$$v_o = A_V^- 1V \sin(\omega t) + A_V^+ 1V = -10\text{V} \sin(\omega t) + 11V \tag{10}$$

Esercizio 4 (8 punti):



Per realizzare un'amplificazione differenziale pari a 10 si possono scegliere le resistenze $R_2 = 10\,K$ e $R_1 = 1\,K$. Dato un segnale $A\sin(\omega t)$:

$$v_o = |A_d|(v_2 - v_1) = 2AA_d \sin(\omega t) \tag{11}$$

La derivata:

$$\left|\frac{dv_o}{dt}\right|_{max} = 2A\omega A_d \tag{12}$$

deve essere inferiore alla Slew Rate. Pertanto $f < SR/2AA_d 2\pi \simeq 16kHz$.