

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “1<sup>a</sup> prova in itinere”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
3. Scrivere con grafia leggibile e con la penna.
4. Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a)...
5. Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 2.5 ore.
6. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

**ESERCIZIO 0 - DA RISOLVERE OBBLIGATORIAMENTE IN MANIERA ESATTA**  
(pena la non correzione dei restanti esercizi)

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1a. Determinare la costante di tempo del circuito ed il valore medio della tensione  $V_{out}$ , quando in ingresso e' applicato il segnale (periodico) mostrato in Fig. 1b, se  $T = 20\text{ ms}$ .

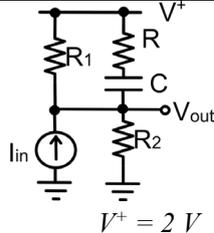


Fig. 1a

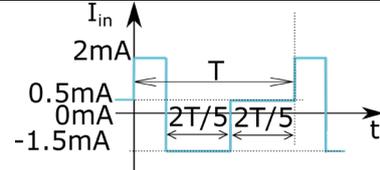


Fig. 1b

$V^+ = 2\text{ V}$

$R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$R = 3\text{ k}\Omega$

$C = 2\text{ nF}$

**Esercizio 1**

Si consideri nuovamente il circuito riportato nella Fig. 1a.

- a) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione  $V_{out}(t)$  quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se  $T = 20\text{ ms}$ . Si giustifichi la risposta.
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della corrente nel condensatore quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se  $T = 320\text{ }\mu\text{s}$ . Si assuma il circuito a regime e si giustifichi la risposta.

**Esercizio 2**

Si consideri il circuito a MOSFET riportato nella Fig. 2, in cui  $v_{in}$  e' un generatore di tensione di piccolo segnale

- a) Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).
- b) Determinare l'espressione ed il valore del guadagno di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  a bassa frequenza ( $C_d$  circuito aperto).
- c) Determinare le singularita' introdotte dalla capacita'  $C_d$  nel trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$ .
- d) Determinare l'effetto sulla tensione di uscita di segnale  $v_{out}$  di un disturbo sovrapposto alla massa, supposto sinusoidale di ampiezza  $10\text{ mV}$  e alla frequenza di  $100\text{ kHz}$ .

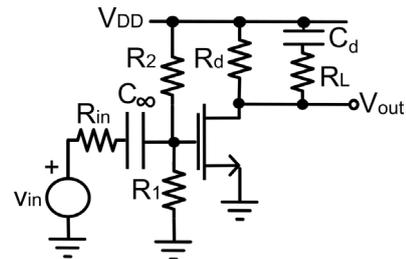


Fig. 2

$k_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L) = 1\text{ mA/V}^2$        $V_{Tn} = 1\text{ V}$   
 $V_{DD} = 6\text{ V}$        $C_d = 10\text{ pF}$        $R_1 = 200\text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 400\text{ k}\Omega$        $R_{in} = 1\text{ k}\Omega$   
 $R_d = 4\text{ k}\Omega$        $R_L = 12\text{ k}\Omega$

**Esercizio 3**

Si consideri la porta logica in tecnologia CMOS mostrata in Fig. 3.

- a) Determinare la funzione logica svolta dalla porta e disegnare la rete di pull-up della porta logica complessa in tecnologia CMOS che svolge tale funzione logica. Si giustifichino le scelte effettuate.
- b) Determinare il fattore di forma dei transistori pMOS necessario perche' il tempo di transizione HL e LH siano uguali nel caso meno gravoso.

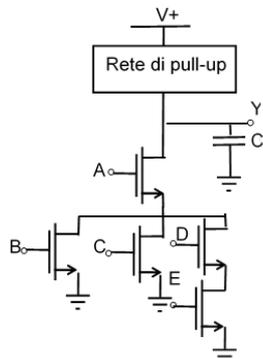


Fig. 3

$V^+ = 2.7\text{ V}$   
 $\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} = 120\text{ }\mu\text{A/V}^2$   
 $\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} = 50\text{ }\mu\text{A/V}^2$   
 $(W/L)_n = 4$   
 $|V_{Tp}| = V_{Tn} = 0.75\text{ V}$   
 $C_L = 5\text{ pF}$

**Esercizio 4**

Si consideri il circuito riportato in Fig. 4. I diodi conducono quando sono polarizzati in diretta con una tensione ai loro capi pari a  $0.7\text{ V}$ .  $V_{in}$  e' un segnale di tensione sinusoidale con ampiezza fino a  $5\text{ V}$  e periodo  $10\text{ ms}$ . Disegnare la caratteristica di trasferimento ingresso-uscita, quotandone tutti i punti ritenuti significativi e giustificando la risposta.

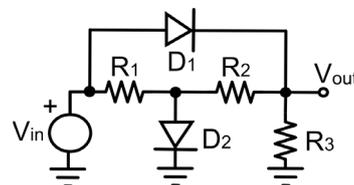


Fig. 4

$R_1 = 1\text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 2\text{ k}\Omega$   
 $R_3 = 3\text{ k}\Omega$

# Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2021/22

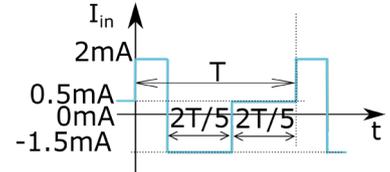
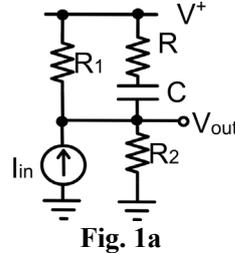
## Appello Straordinario – 13 aprile 2022

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “Appello Straordinario”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
3. Scrivere con grafia leggibile e con la penna.
4. Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a)...
5. Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 2.5 ore.
6. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

### Esercizio 1

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1a.

- a) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione  $V_{out}(t)$  quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (*periodico*), se  $T = 20\text{ ms}$ . Si giustifichi la risposta.
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della corrente nel condensatore quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (*periodico*), se  $T = 320\text{ }\mu\text{s}$ . Si assuma il circuito a regime e si giustifichi la risposta.



**Fig. 1b**

$$V^+ = 2\text{ V}$$

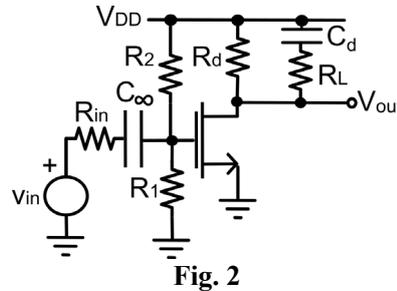
$$R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$$

$$R = 3\text{ k}\Omega \quad C = 2\text{ nF}$$

### Esercizio 2

Si consideri il circuito a MOSFET riportato nella Fig. 2, in cui  $v_{in}$  e' un generatore di tensione di piccolo segnale

- a) **Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore del guadagno di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  a bassa frequenza ( $C_d$  circuito aperto).**
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$ , quotandone tutti i punti significativi.



**Fig. 2**

$$V_{DD} = 6\text{ V}$$

$$k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L) = 1\text{ mA/V}^2$$

$$V_{Tn} = 1\text{ V}$$

$$C_d = 10\text{ pF}$$

$$R_1 = 200\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 400\text{ k}\Omega$$

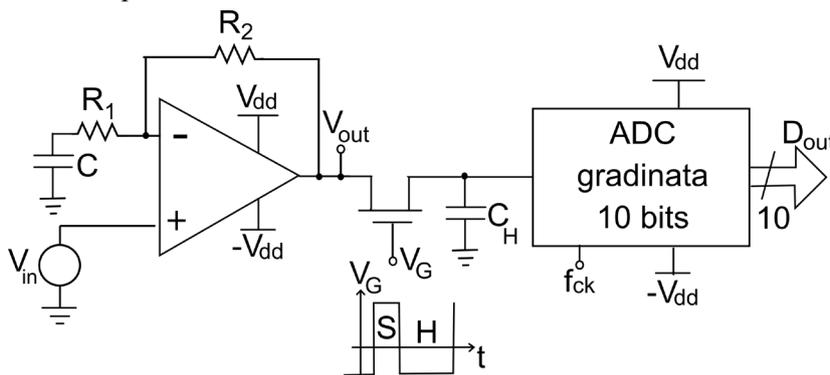
$$R_{in} = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_d = 4\text{ k}\Omega$$

$$R_L = 12\text{ k}\Omega$$

### Esercizio 3

Si consideri la catena di acquisizione riportata nella Fig. 3. L'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione,  $V_{in}$  sia un generatore di tensione di segnale. Il convertitore analogico digitale sia del tipo a gradinata con un numero  $n$  di bits pari a 10.



**Fig. 3**

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

$$C = 100\text{ nF}$$

$$R_1 = 2\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 18\text{ k}\Omega$$

$$n = 10\text{ bits}$$

$$C_H = 10\text{ nF}$$

$$k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L) = 10\text{ mA/V}^2$$

$$V_{Tn} = 1\text{ V}$$

- a) **Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento  $V_{out}/V_{in}$  nelle ipotesi di amplificatore operazionale ideale.**
- b) **Determinare le tensioni di comando del gate del transistore nMOS che garantiscano una resistenza idealmente infinita in fase di off e una resistenza  $R_{dson}$  pari a  $10\text{ }\Omega$ .**
- c) Determinare la minima frequenza di clock necessaria per l'ADC per garantire un errore massimo pari a  $LSB/3$  se il transistore presenta una resistenza in fase di off pari a  $50\text{ M}\Omega$ .
- d) Determinare il margine di fase dello stadio amplificatore, se l'amplificatore operazionale e' caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda pari a  $100\text{ MHz}$  ( $A_0$  e  $f_0$  non sono noti separatamente).
- e) Disegnare l'andamento temporale della tensione di uscita, in risposta a un segnale di ingresso a gradino, positivo e di ampiezza pari a  $200\text{ mV}$ .