

## **SEAR - Prof Saponara**

**Esempi di esercizi d'esame (considerate di avere 30 min max a esercizio)**

**Sia Y= numero lettere Nome, X= numero lettere Cognome, Es. Antonio Rossi, Y=7, X=5**

### **Esercizio 1 (per preappello) – step-down converter**

Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, e valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi, duty cycle e frequenza di switching) di un convertitore di potenza che data  $V_{in} = 24V$  in DC è in grado di pilotare in uscita un motore elettrico in DC da 12V e 20A (oppure da 12 V e 300 W, oppure da 6 V su un carico di 0.5 Ohm).

### **Esercizio 2 - step-up converter**

Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi, duty cycle e frequenza di switching) di un convertitore di potenza che data  $V_{in} = 12V$  in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC da 36V e  $P_{out}=1000\text{ W}$ .

### **Esercizio 3 - step-down converter e inverter**

Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi, duty cycle e frequenza di switching) di un convertitore di potenza che data  $V_{in} = 200V$  in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC da 100V e  $R_{load}=1\text{ ohm}$ . Cosa va modificato nel circuito per realizzare un Inverter a 10 KHz invece che un DC/DC converter?

### **Esercizio 4 (per preappello)**

Dopo aver disegnato i simboli e definito acronimi di Mosfet, BJT, IGBT e SCR dire quale è il più adatto per implementare gli switch degli esercizi 1, 2 e 3 e giustificare la risposta. Se i dispositivi non sono ideali ma hanno perdite come va cambiato il duty-cycle del controllo rispetto al caso ideale per garantire stessa tensione di uscita negli esercizi 1 (per preappello), 2 e 3?

### **Esercizio 5 Convertitore AC/DC Monofase (per preappello)**

Data una alimentazione monofase a 50 Hz e 220Vrms disegnare schema circuitale con trasformatore e diodi di convertitore di potenza (raddrizzatore) che permette di caricare pacco batteria da 48 V

### **Esercizio 6 Convertitore AC/DC Trifase**

Ripetere esercizio 5 per il caso di alimentazione trifase

### **Esercizio 7 AC/AC con cambio di frequenza**

Data una alimentazione monofase a 50 Hz e 220Vrms disegnare schema circuitale (ma senza dimensionare i singoli componenti) di convertitore di potenza che permette di pilotare un attuatore elettrico da 1 kW in AC a frequenza  $F_o=Y*1\text{ kHz}$  (deve essere garantito isolamento galvanico tra ingresso a 50 Hz e uscita a  $F_o$ )

### **Esercizio 8 AC/AC con cambio di frequenza**

Data una alimentazione trifase a 50 Hz si vuole pilotare un attuatore elettrico da 5 kW in AC a frequenza di  $X*5\text{ kHz}$ . Disegnare lo schema circuitale del convertitore di potenza (ma senza dimensionare i singoli componenti).

### **Esercizio 9 (per preappello)**

Data una rete di 10 sensori con banda analogica per ogni sensore di 500 Hz:

1. Determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
2. Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione CAN e memoria necessaria per immagazzinare 5 min di acquisizione dei pacchetti CAN

### **Esercizio 10**

Ripetere Esercizio 9 per RS232 invece che CAN

### **Esercizio 11 (per preappello)**

Data una IMU 9D (3-assi accelerometri, 3-assi giroscopi, 3-assi magnetometro) con banda analogica per asse di  $B=100 \text{ Hz}^*X$ :

- A) determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
- B) Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione CAN e memoria necessaria per immagazzinare 10 min di acquisizione

### **Esercizio 12**

Ripetere Esercizio 11 per RS232 invece che CAN

### **Esercizio 13 (per preappello)**

Dato un sistema elettronico di potenza che gestisce una potenza utile al carico di  $100 \text{ W}^*Y$  con rendimento del 95% determinare Temperatura del Chip in funzione di Tamb se  $R_{jc}=1 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$  in 3 casi: dissipatore ideale, no dissipatore, dissipatore con  $R_{dissipatore}= R_{jc}$ . Descrivere sotto quali ipotesi vale modello per analisi termiche adottato. Commentare i risultati ottenuti considerando per  $T_{jmax}$  valori tipici di chip al silicio

### **Esercizio 14 (per preappello)**

Dato un sistema elettronico di potenza che gestisce una potenza utile al carico di  $1000 \text{ W}$  determinare Temperatura del Chip in funzione di rendimento se  $T_{amb}=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{jc}=1.25 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ,  $R_{dissipatore}= 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Descrivere sotto quali ipotesi vale modello per analisi termiche adottato. Commentare i risultati ottenuti considerando per  $T_{jmax}$  valori tipici di chip al silicio

### **Esercizio 15 (per preappello)**

Data una coppia di Mosfet di potenza, pilotati con frequenza di  $10 \text{ kHz}^*Y$  e duty-cycle di 40% per uno e 60% per l'altro, tali che con  $V_{gs}$  di 5V offrono una  $RDSon$  di  $1 \text{ m}\Omega\text{hm}$  e conducono una corrente media di 20A ed hanno  $Q_g$  di 100 nC

- A) Calcolare  $P_{dissipata}$  totale (perdite per resistenza in fase di conduzione corrente e perdite per pilotaggio gate dello switch) e efficienza di conversione se P fornita al carico è 1 kW
- B) Spiegare significato di  $RDSon$  e  $Q_g$  e  $R_{jc}$

### **Esercizio 16 (per preappello)**

Dato una Mosfet di potenza, pilotato con frequenza di  $100 \text{ kHz}$  e duty-cycle D di 40%, e un diodo pilotato alla stessa frequenza con duty-cycle 1-D, e sapendo che Mosfet con  $V_{gs}$  di 4V offre una  $RDSon$  di  $1 \text{ m}\Omega\text{hm}$  e conduce una corrente media di 15A ed ha  $Q_g$  di 90 nC mentre diodo conduce una corrente media di 10 A ma ha  $V_{soglia}=0.3\text{V}$  e  $R_{on}$  di  $1 \text{ m}\Omega\text{hm}$

- A) Calcolare Pdissipata dal Mosfet (perdite per resistenza in fase di conduzione corrente e perdite per pilotaggio gate dello switch)
- B) Calcolare Pdissipata dal diodo (perdite per Vsoglia e per resistenza in fase di conduzione corrente)
- C) Calcolare Pdissipatotale dagli switch (Mosfet e diodo) e rendimento di conversione se P fornita al carico è 1.5 kW
- D) Conviene sostituire il diodo con un altro Mosfet?

#### **Esercizio 17 (per preappello)**

Data una coppia di IGBT di potenza, pilotati con frequenza di 10 kHz\*Y e duty-cycle di 35% per uno e 65% per l'altro, tali che con VGE di 5V offrono una VCESAT di 0.2V e conducono una corrente media di 30A ed hanno Qg di 200 nC

- A) Calcolare Pdissipata totale (perdite per resistenza in fase di conduzione corrente e perdite per pilotaggio gate dello switch) e efficienza di conversione se P fornita al carico è 2 kW
- B) Spiegare significato di VCESAT e Qg

#### **Esercizio 18 (per preappello)**

1. Disegnare lo schema circuitale, dimensionare i componenti e ricavare la funzione di trasferimento di un filtro passa-basso del secondo ordine con 2 poli coincidenti a 10 KHz e guadagno in banda passante pari a 20 dB.
2. Se gli amplificatori operazionali utilizzati sono alimentati con tensioni +10 V e -10 V, determinare il range dinamico in ingresso e uscita.
3. Ricavare quanto deve valere il prodotto guadagno-banda degli amplificatori operazionali per non alterare il comportamento del filtro in banda passante.
4. Garantire che risposta del filtro è indipendente da R della sorgente

#### **Esercizio 18 (per preappello)**

1. Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi, duty cycle e frequenza di switching) di un convertitore di potenza che data Vin=36V in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC da 12V e Pout=1000 W.
2. Dopo aver disegnato i simboli e definito acronimi di Mosfet, BJT, IGBT e SCR dire quale è il più adatto per implementare gli switch e giustificare la risposta.
3. Cosa va modificato nel circuito al punto 1 per realizzare un Inverter invece che un DC/DC converter?

#### **Esercizio 19 (per preappello)**

Data una rete di 10 sensori con banda analogica per ogni sensore di 500 Hz:

1. Determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
2. Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione CAN e memoria necessaria per immagazzinare 5 min di acquisizione dei pacchetti CAN

### Esercizio 20

1. Disegnare lo schema circuitale di un convertitore digitale-analogico a 3 bit (con resistori a pesi binari).
2. Disegnare lo schema circuitale di un convertitore analogico-digitale SAR (o Flash) a 3 bit.
3. Ricavare, dai circuiti disegnati, la relazione tra uscita analogica e ingresso digitale.

### Esercizio 21 (per preappello)

- A) Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, e valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli switch) di un convertitore di potenza che data  $V_{in} = 3V \cdot X$  in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC con  $V_{mot} = 1.5V \cdot Y$  e potenza pari a  $P_{mot} = 30 \text{ Watt} \cdot Y$ .
- B) Dopo aver disegnato i simboli e definito acronimi di diodo, Mosfet, BJT, IGBT, SCR dire chi usare per implementare gli switch in 21.A). Se i dispositivi hanno perdite come va cambiato il duty-cycle del controllo rispetto al caso ideale per garantire stessa tensione di uscita in 21.A)?

### Esercizio 22 (per preappello)

Data una IMU 7D (3-assi accelerometri, 3-assi giroscopi, 1-intensità magnetica) con banda analogica per asse di  $B = 50 \text{ Hz} \cdot X$ :

- A) determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
- B) Determinare data-rate (bit/s) necessario per trasmetterli con connessione CAN e determinare memoria necessaria per immagazzinare  $Y \text{ min}$  di acquisizione (sia dati in formato CAN che dati non impacchettati)
- C) Ripetere Esercizio per RS232 invece che CAN

### Esercizio 23 (per preappello)

Dato un sistema elettronico che gestisce una potenza utile al carico di  $X \cdot 100 \text{ Watt}$  determinare il rendimento minimo necessario per garantire  $T_J < 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in questi 2 casi (Descrivere sotto quali ipotesi vale modello per analisi termiche adottato):

- A)  $T_{amb}=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{jc}=X \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ ,  $R_{dissipatore}=0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ .
- B)  $T_{amb}=0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{jc}=Y \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ , dissipatore ideale.

### Esercizio 24 (per preappello)

- A) Disegnare lo schema circuitale e dimensionare i componenti di un filtro passa-alto (non invertente se  $X$  è pari, invertente se  $X$  è dispari) con polo in  $X \cdot 150 \text{ Hz}$ , guadagno in banda passante pari a  $Y \text{ dB}$  e attenuazione fuori banda di  $40 \text{ dB/decade}$ . Si progetti in modo tale che la funzione di trasferimento sia indipendente dall'impedenza della sorgente e del carico.
- B) Si ricavi la funzione di trasferimento del filtro e si disegni il diagramma di Bode del modulo della relativa risposta in frequenza.
- C) Assumendo gli amplificatori operazionali alimentati tra  $-15 \text{ V}$  e  $+15 \text{ V}$ , determinare il range dinamico in ingresso e in uscita dal filtro.
- D) Ipotizzando che gli amplificatori operazionali utilizzati abbiano un prodotto guadagno-banda pari a  $20 \text{ MHz}$ , determinare l'effetto di questo sulla risposta in frequenza del filtro.
- E) Come cambia circuito se ingresso è in corrente?

### Esercizio 25

- A) Disegnare lo schema circuitale di un convertitore digitale-analogico che riceve in ingresso una quantità digitale D a N bit (con: N=3 se X è dispari, N=4 se X è pari) e una tensione di riferimento  $V_{REF}$  e fornisce in uscita una quantità analogica  $V_{out}$  proporzionale (tramite un coefficiente k negativo) alla quantità digitale D in ingresso:  $V_{out}=k*D$  (la scelta della configurazione circuitale è libera).
- B) Ricavare dal circuito l'esatta relazione tra la tensione di uscita  $V_{out}$  e la quantità digitale D in ingresso, in funzione della tensione di riferimento  $V_{REF}$  e delle resistenze utilizzate.
- C) Dimensionare  $V_{REF}$  e le resistenze in modo tale che il coefficiente di proporzionalità sia  $k=Y*(-0.1 \text{ V})$ .

### Esercizio 26

- A) Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, e valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi) di un convertitore di potenza che data  $V_{in}=1V*X$  in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC da 12V e 240W.
- B) Dopo aver disegnato i simboli e definito acronimi di Mosfet, BJT, IGBT e SCR dire quale è il più adatto per implementare gli switch del punto 1.A e giustificare la risposta. Se i dispositivi non sono ideali ma hanno perdite come va cambiato il duty-cycle del controllo rispetto al caso ideale per garantire stessa tensione di uscita?

### Esercizio 27

- Data una alimentazione monofase a 50 Hz e 220Vrms disegnare schema circuitale (ma senza dimensionare i singoli componenti) di:
- A) convertitore di potenza che permette di caricare pacco batteria da 48 V
  - B) convertitore di potenza che permette di pilotare un attuatore elettrico da 1 kW in AC a frequenza  $Fo=Y*1 \text{ kHz}$  (deve essere garantito isolamento galvanico tra ingresso a 50 Hz e uscita a  $Fo$ )

### Esercizio 28

- Data una IMU 9D (3-assi accelerometri, 3-assi giroscopi, 3-assi magnetometro) con banda analogica per asse di  $B=100 \text{ Hz}^*X$ :
- D) determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
  - E) Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione RS232 e memoria necessaria per immagazzinare 10 min di acquisizione
  - F) Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione CAN e memoria necessaria per immagazzinare 10 min di acquisizione

### Esercizio 29

Data una coppia di Mosfet di potenza, pilotati con frequenza di  $10 \text{ kHz}^*Y$  e duty-cycle di 40% per uno e 60% per l'altro, tali che con  $Vgs$  di 5V offrono una RDSon di 1 mohm e conducono una corrente media di 20A ed hanno  $Qg$  di 100 nC

- C) Calcolare Pdissipata totale (perdite per resistenza in fase di conduzione corrente e perdite per pilotaggio gate dello switch) e efficienza di conversione se P fornita al carico è 1 kW
- D) Determinare Temperatura di giunzione dei Mosfet ( $Tj$ ) in funzione di  $T_{amb}$  [nel range da 0 a  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ] se  $R_{jc}=1 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$  in 3 casi: dissipatore ideale, no dissipatore, dissipatore con  $R_{dissipatore}=R_{jc}$ . Descrivere sotto quali ipotesi vale modello per analisi termiche adottato.
- E) Spiegare significato di RDSon e  $Qg$  e  $R_{jc}$ , e commentare i risultati ottenuti in 4.B considerando per  $T_{jmax}$  valori tipici di transistor al silicio

**Esercizio 30**

- A) Disegnare lo schema circuitale e dimensionare i componenti di un filtro passa-basso con polo in  $\text{Y} \cdot 100 \text{ Hz}$ , guadagno in banda passante  $X \cdot 3 \text{ dB}$  e attenuazione fuori banda di  $60 \text{ dB/decade}$ . Si progetti in modo tale che in banda passante l'uscita sia in opposizione di fase rispetto all'ingresso (guadagno negativo) e che la funzione di trasferimento sia indipendente dall'impedenza della sorgente e del carico.
- B) Si ricavi la risposta in frequenza del filtro e se ne disegni il diagramma di Bode del modulo.
- C) Assumendo che gli amplificatori operazionali siano alimentati tra  $-10 \text{ V}$  e  $+10 \text{ V}$ , determinare il range dinamico in ingresso e in uscita del filtro.
- D) Scegliere il prodotto guadagno-banda degli amplificatori operazionali in modo da non alterare il comportamento del filtro in banda passante.

**Esercizio 31**

- A) Descrivere brevemente il funzionamento di un convertitore A/D flash e disegnarne uno schema circuitale nel caso di conversione a 3 bit.
- B) Descriverne le prestazioni in termini di risoluzione e velocità di conversione.
- C) Disegnare lo schema del circuito di Sample & Hold che lo precede.

**Sia Y= numero lettere Nome, X= numero lettere Cognome, Es. Antonio Rossi, Y=7, X=5**

#### **Esercizio 32**

- A) Disegnare il circuito e dimensionare i componenti (determinando per tutti tensione massima da supportare e andamento della corrente nel tempo, e valore dei componenti per i passivi e dei tempi richiesti per trise/tfall negli attivi) di un convertitore di potenza che data  $V_{in} = 1V*Y$  in DC è in grado di pilotare un motore elettrico in DC da 10V e 300W.
- B) Dopo aver disegnato i simboli e definito acronimi di SCR, Mosfet, BJT, IGBT dire quale è il più adatto per implementare gli switch del punto 1.A e giustificare la risposta. Se i dispositivi non sono ideali ma hanno perdite come va cambiato il duty-cycle del controllo rispetto al caso ideale per garantire stessa tensione di uscita?

#### **Esercizio 33**

- A) Data una alimentazione trifase a 50 Hz disegnare schema circuitale (ma senza dimensionare i singoli componenti) di convertitore di potenza che pilota un attuatore elettrico da 5 kW in AC a frequenza di  $F_o = X*5$  kHz.). Deve essere garantito isolamento galvanico tra ingresso a 50 Hz e uscita a  $F_o$
- B) Data una alimentazione monofase a 50 Hz e 220Vrms disegnare schema circuitale (ma senza dimensionare i singoli componenti) di convertitore di potenza che alimenta un carico in DC da  $Y*5$  V

#### **Esercizio 34**

Dato un array di X sensori con banda analogica ciascuno  $B=100$  Hz\*X:

- determinare frequenza di campionamento e numero di bit del sistema di digitalizzazione per garantire un errore di quantizzazione inferiore allo 0.1 %,
- Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione RS232 e memoria necessaria per immagazzinare 1 min di acquisizione
- Determinare data-rate (bit/s) necessari per trasmetterli con connessione CAN e memoria necessaria per immagazzinare 1 min di acquisizione

#### **Esercizio 35**

Data una coppia di Mosfet di potenza, pilotati con frequenza di  $20$  kHz\*X e duty-cycle di 30% per uno e 70% per l'altro, tali che con  $V_{gs}$  di 10V offrono una  $RDSon$  di 1 m $\Omega$ hm e conducono una corrente media di 25A ed hanno  $Q_g$  di 50 nC

- Calcolare  $P_{dissipata}$  totale (perdite per resistenza in fase di conduzione corrente e perdite per pilotaggio gate dello switch) e efficienza di conversione se  $P$  fornita al carico è 2 kW
- Determinare grafico che esprime Temp di giunzione ( $T_j$ ) dei Mosfet in funzione di  $T_{amb}$  [nel range 0, 100 °C] se  $R_{jc}=2$  °C /W in 3 casi: dissipatore ideale, no dissipatore, dissipatore con  $R_{dissipatore}=R_{jc}$ . Descrivere sotto quali ipotesi vale modello per analisi termiche adottato.
- Spiegare significato di  $RDSon$  e  $Q_g$  e  $R_{jc}$ , e commentare i risultati ottenuti in 4.B considerando per  $T_{jmax}$  valori tipici di transistor al silicio

#### **Esercizio 36**

- A) Disegnare lo schema circuitale e dimensionare i componenti di un filtro passa-basso con polo in  $\omega_0 = 50$  Hz, guadagno in banda passante  $X^2$  dB e attenuazione fuori banda di 60 dB/decade. Si progetti in modo tale che in banda passante l'uscita sia in fase rispetto all'ingresso (guadagno positivo) e che la funzione di trasferimento sia indipendente dall'impedenza della sorgente e del carico.
- B) Si ricavi la risposta in frequenza del filtro e se ne disegni il diagramma di Bode del modulo.
- C) Assumendo che gli amplificatori operazionali siano alimentati tra -15 V e +15 V, determinare il range dinamico in ingresso e in uscita del filtro.
- D) Scegliere il prodotto guadagno-banda degli amplificatori operazionali in modo da non alterare il comportamento del filtro in banda passante.

#### Esercizio 37

- A) Descrivere brevemente il funzionamento di un convertitore A/D con registro ad approssimazione successive (SAR) e disegnarne uno schema a blocchi qualitativo.
- B) Descriverne le prestazioni in termini di risoluzione e velocità di conversione.
- C) Disegnare lo schema del circuito di Sample & Hold che lo precede.