

Cap. 2 Diodi di segnale e d'alimentazione

2.1 Generalità

Il diodi, il cui simbolo grafico riportato in figura 2.1, sono caratterizzati da due connessioni elettriche di una giunzione a semiconduttore:

figura 2.1



A = anodo

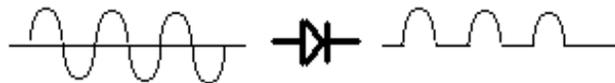
C = catodo

La caratteristica dei diodi è di presentare, per tensioni positive, bassa resistenza di conduzione nel senso anodo – catodo e resistenza molto alta nel senso catodo – anodo; ovvero di presentare, per tensioni negative, resistenza molto alta di conduzione nel senso anodo – catodo e bassa resistenza nel senso catodo – anodo.

I diodi possono avere giunzioni al germanio o giunzioni al silicio: le prime consentono il passaggio di corrente soltanto se la tensione supera il livello di circa 0.4 Volt, le seconde consentono il passaggio di corrente soltanto se la tensione a loro applicata è superiore a circa 0.7 Volt.

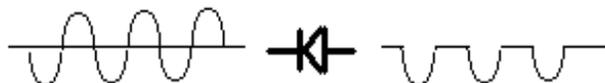
Per le ragioni di cui sopra quando un diodo è collegato in un circuito a corrente alternata con l'anodo verso la sorgente esso consente il passaggio di corrente solo nei periodi positivi e non consente, praticamente, il passaggio della corrente nei semiperiodi negativi; la figura 2.2 mostra il funzionamento del diodo.

figura 2.2



Viceversa quando un diodo è collegato in un circuito a corrente alternata; con il catodo verso la sorgente, esso consente il passaggio di corrente soltanto nei periodi negativi e non consente, praticamente, il passaggio della corrente nei semiperiodi positivi; la figura 2.3 ne mostra il funzionamento.

figura 2.3



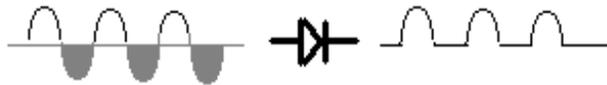
I diodi si possono dividono in due categorie:

- diodi per correnti alternate deboli in bassa ed alta frequenza
- diodi per correnti alternate forti a bassa frequenza

I diodi sono inoltre caratterizzati dalla massima tensione inversa, dalla corrente massima di conduzione, dalla potenza dissipabile e da molti altri parametri.

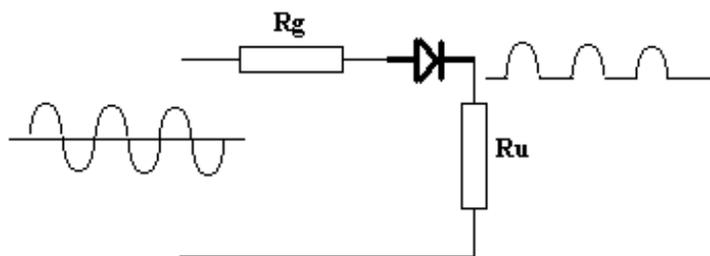
La tensione inversa in un diodo è indicativa del massimo valore di picco accettabile, nella fase di non conduzione, mostrato nella figura 2.4 con le zone grigie, picco di tensione che non deve mai superare i dati specifici, pena la distruzione del semiconduttore.

figura 2.4



La corrente massima di conduzione, che scorre nel diodo, deve essere limitata dal circuito connesso al diodo stesso così come è indicato in figura 2.5

figura 2.5



detta corrente può essere limitata, sia dalla resistenza R_g del generatore, sia dalla resistenza R_u dell'utilizzatore o da entrambe.

Tra le funzioni esplicabili da un diodo le più comuni sono:

- rivelazione dei segnali di bassa ed alta frequenza
- raddrizzamento delle tensioni alternate di bassa ed alta potenza
- assorbimento e smorzamento dei transitori di tensione
- svolgimento di funzioni logiche elementari
- generazione di scalini di tensione
- limitazione di tensioni
- commutazione

I diodi sono caratterizzati da molteplici parametri tra i quali evidenziamo:

I_f = Corrente massima di lavoro

V_r = Picco di tensione inversa

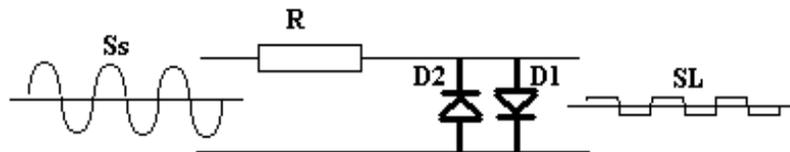
F_o = Frequenza di lavoro

2.2 Diodi per correnti alternate deboli in bassa ed alta frequenza

I diodi per correnti alternate deboli in bassa ed alta frequenza, detti anche diodi di segnale, sono impiegati in numerose applicazioni nei circuiti analogici.

Vediamone, in figura 2.6, una caratteristica applicazione che evidenzia molto bene il comportamento di questo semiconduttore in un circuito di limitazione d'ampiezza:

figura 2.6



Il circuito di figura 2.6, detto limitatore, ha lo scopo di condizionare un segnale sinusoidale, S_s , d'ingresso, di ampiezza variabile, in un segnale d'uscita, S_L , a profilo quasi rettangolare, ad ampiezza costante, che riproduce il segnale d'ingresso soltanto nella durata dei suoi semiperiodi. L'ampiezza del segnale d'uscita è dell'ordine di ± 0.7 V picco.

Il funzionamento del limitatore è il seguente: La tensione sinusoidale S_s , attraverso la resistenza R , porta in conduzione nei semiperiodi positivi il diodo a valle mentre, nei semiperiodi negativi porta in conduzione il diodo a monte.

I diodi una volta entrati in conduzione fissano la tensione ai loro capi a $+0.7$ V per D_1 e a -0.7 V per D_2 ; ad incrementi dell'ampiezza di S_s non corrispondono significativi aumenti dell'ampiezza di S_L ma soltanto incrementi di corrente attraverso D_1 e D_2 .

Supponiamo ora di voler realizzare un circuito di limitazione d'ampiezza per una tensione di segnale con le seguenti caratteristiche:

Dati del generatore di segnali: generatore di corrente alternata a 10000 Hz
tensione variabile da 20 V_{eff} (minimo) a 100 V_{eff}. (massimo)
resistenza del generatore $R_g = 100$ ohm

Dati del circuito: resistenza di limitazione di corrente $R = 2200$ ohm

Dai dati del generatore e del circuito si evince:

- La funzione di limitatore deve essere affidata ad una coppia di diodi in grado di lavorare alla frequenza di 10000 Hz.
- I diodi devono essere in grado di sopportare una corrente di picco massima pari a:
 $I_p = 100 \text{ V eff} * 1.41 / R = 100 \text{ V eff.} * 1.41 / 2200 \text{ ohm} = 64 \text{ mA picco}$
- I diodi non necessitano del controllo del dato di "tensione inversa" perché quando conduce D_1 questo, limitando la tensione a $+0.7$ V, protegge dall'inversa D_2 , viceversa quando conduce D_2 questo, limitando la tensione a -0.7 V, protegge dall'inversa D_1

Sulla base dello schema elettrico e dei dati sopra computati procediamo alla ricerca del tipo di diodi necessari al nostro scopo:

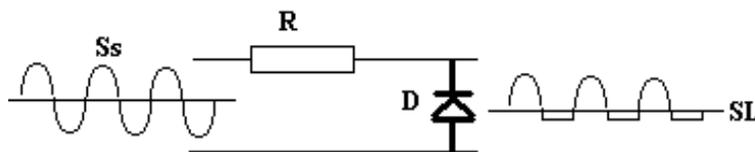
I diodi D1 e D2 possono essere scelti del tipo 1N536 che ha le seguenti caratteristiche

- **$I_f = 750 \text{ mA}$**
Osservazione: Il picco di corrente è, come voluto, superiore al picco di 64 mA richiesto dal circuito.
- **$V_r = 50 \text{ V}$**
Osservazione: Essendo i diodi protetti l'un l'altro dalla tensione inversa il valore di V_r è indifferente.
- **$F_o = 100 \text{ KHz}$**
Osservazione: La frequenza di lavoro è nettamente superiore a quella richiesta dal nostro esempio.

Un ulteriore esempio è utile per orientare alla scelta dei parametri dei diodi:

In figura 2.7 è mostrato un secondo circuito di limitazione parziale che ha il compito di limitare ad ampiezza costante soltanto i picchi negativi del segnale.

figura 2.7



Il circuito di figura 2.7 ha lo scopo di condizionare un segnale sinusoidale, S_s , d'ingresso, di ampiezza variabile, in un segnale d'uscita, S_L , nel quale vengono limitati ad ampiezza costante soltanto i semiperiodi negativi del segnale. L'ampiezza del segnale d'uscita è uguale ad S_s nei semiperiodi positivi e dell'ordine di -0.7 V picco nei semiperiodi negativi.

Il funzionamento del limitatore è il seguente: la tensione sinusoidale S_s , attraverso la resistenza R , porta in conduzione nei semiperiodi negativi il diodo D , mentre nei semiperiodi positivi si trova inalterata all'uscita della resistenza R .

Il diodo una volta entrato in conduzione fissa la tensione ai suoi capi a -0.7 V ; ad incrementi dell'ampiezza di S_s non corrispondono significativi aumenti di questo livello, mentre l'ampiezza dei semiperiodi positivi di S_s varia come varia S_s stesso.

Supponiamo ora di voler realizzare un circuito di limitazione parziale per una tensione di segnale con le seguenti caratteristiche:

Dati del generatore di segnali: generatore di corrente alternata a 10000 Hz
tensione variabile da 20 V_{eff} minimo a 100 V_{eff} massimo
resistenza del generatore $R_g = 100 \text{ ohm}$

Dati del circuito: resistenza di limitazione di corrente $R = 2200 \text{ ohm}$

Dai dati del generatore e del circuito si evince:

- La funzione di limitatore deve essere affidata ad un diodo in grado di lavorare alla frequenza di 10000 Hz.
- Il diodo deve essere in grado di sopportare una corrente di picco massima pari a:
 $I_p = 100 \text{ V eff} * 1.41 / R = 100 \text{ Veff.} * 1.41 / 2200 \text{ ohm} = 64 \text{ mA picco}$
- Il diodo nei semiperiodi di non conduzione è sottoposto ad una tensione positiva pari al picco di S_s pertanto deve poter sostenere una tensione inversa pari a $100 \text{ Veff} * 1.41$, ovvero 141 V picco.

Sulla base dello schema elettrico e dei dati sopra computati procediamo alla ricerca del tipo di diodo necessario al nostro scopo:

*Il diodo D può essere scelto del tipo **1N538** che ha le seguenti caratteristiche:*

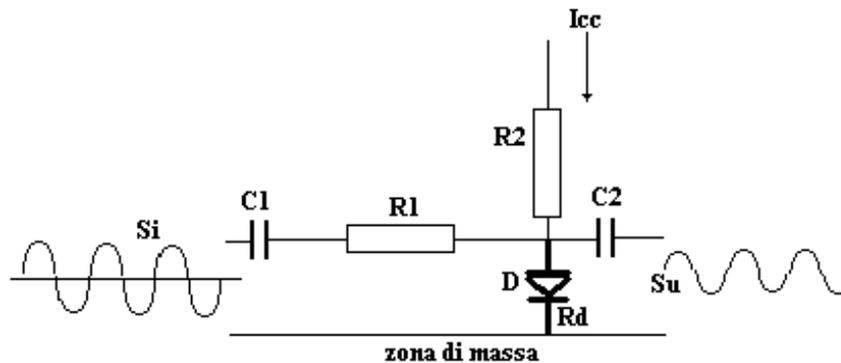
- **$I_f = 750 \text{ mA}$**
Osservazione: il picco di corrente è, come voluto, superiore al picco di 64 mA richiesto dal circuito
- **$V_r = 200 \text{ V}$**
Osservazione: La $V_r = 200 \text{ V}$ è, come voluto, superiore al picco inverso di 141 V che si manifesta nel circuito
- **$F_o = 100 \text{ KHz}$**
Osservazione: La frequenza di lavoro è nettamente superiore a quella richiesta dal nostro esempio

2.2.1 La resistenza dinamica nei diodi di segnale

Un diodo sottoposto al passaggio di una corrente continua I_{cc} presenta, per i segnali in corrente alternata I_{ca} , una resistenza R_d (resistenza dinamica), che è variabile con l'intensità di I_{cc} , R_d decresce con il crescere di I_{cc} ; questa particolare caratteristica dei diodi consente la realizzazione di circuiti di attenuazione di segnale mediante la variazione di una corrente continua.

Un circuito attenuatore è mostrato in figura 2.8:

figura 2.8



Come mostrato in figura 2.8 il segnale alternato S_i , che deve essere attenuato, è applicato tramite C_1 ed R_1 ai capi del diodo D , il quale, sottoposto alla corrente continua I_{cc} che viene fatta scorrere attraverso R_2 , presenta alla corrente del segnale la propria resistenza dinamica R_d . L'ampiezza del segnale S_u , tra C_2 e massa, dipende dal valore di I_{cc} ; l'ampiezza di S_u tenderà a ridursi quanto più la corrente I_{cc} tenderà ad aumentare.

Se la reattanza di C_1 è trascurabile rispetto ad R_1 ed

$$R_1 \gg R_d$$

$$R_2 \gg R_1$$

l'ampiezza di S_u è data dall'espressione:

$$S_u = S_i * R_d / R_1$$

Per ridurre al massimo la distorsione del segnale d'uscita S_u è necessario che la corrente di picco dovuta al segnale S_i d'ingresso sia almeno 1/10 della corrente I_{cc} .

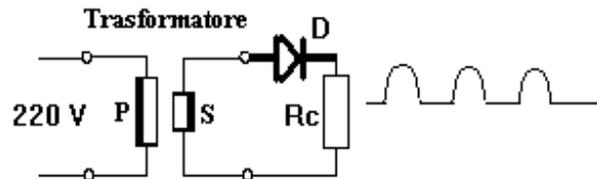
Generalmente le curve che mostrano come varia la resistenza dinamica di un diodo in funzione della I_{cc} devono essere ricavate sperimentalmente mediante un circuito analogo a quello di figura 2.8; i rilievi sperimentali devono essere condotti nel rispetto delle caratteristiche del diodo che indicano sia la corrente continua massima applicabile I_f sia la frequenza di lavoro F_o .

2.3 Diodi per correnti alternate forti in bassa frequenza

Generalmente i diodi per correnti alternate forti in bassa frequenza sono impiegati per la realizzazione di circuiti di raddrizzamento per i sistemi di alimentazione in corrente continua.

Un semplice esempio di raddrizzatore a diodo è mostrato in figura 2.9

figura 2.9



Il circuito è costituito da un trasformatore con il primario P collegato alla tensione alternata di rete di 220V; il secondario S fornisce una tensione alternata di circa 9 V che, tramite il diodo D, è applicata alla resistenza utilizzatrice $R_c = 5 \text{ ohm}$.

Il diodo conduce ad ogni semiperiodo positivo della tensione fornita dal secondario S per cui ai capi di R_c è presente una tensione pulsante positiva di circa 12 V picco, che potrebbe essere utilizzata ad esempio per la ricarica di una batteria di accumulatori al piombo.

In questo caso le caratteristiche del diodo devono soddisfare le seguenti esigenze:

$$I_f > 9 \text{ V} * 1.41 / 5 \text{ ohm} = 2.4 \text{ A}$$

$$V_r > 9 \text{ V} * 1.41 = 12 \text{ V}$$

F_o : non significativa

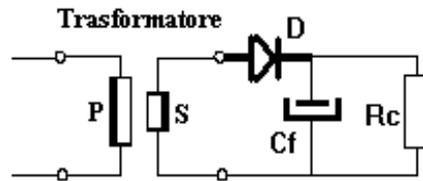
Il diodo D può essere scelto del tipo *1N5401* che ha le seguenti caratteristiche:

- **$I_f = 3 \text{ A}$**
Osservazione: il picco di corrente è, come voluto, superiore al picco di 2.4 A richiesto dal circuito
- **$V_r = 100 \text{ V}$**
Osservazione: La $V_r = 100 \text{ V}$ è , come voluto, superiore al picco inverso di 12 V che si manifesta nel circuito.

Il circuito raddrizzatore illustrato in precedenza non può essere impiegato per ottenere tensioni positive adatte ad alimentare la circuitazione elettronica, a causa dell'andamento pulsante della tensione positiva d'uscita; per ottenere una tensione continua è necessario che il circuito raddrizzatore sia dotato di condensatore di "filtro", così come riportato in figura 2.10.

La figura 2.10 differisce dalla figura 2.9 soltanto per la presenza del condensatore di filtro C_f che ha la funzione di caricarsi durante i semiperiodi positivi di conduzione del diodo D, per rendere poi parte dell'energia accumulata durante i semiperiodi di non conduzione del diodo; C_f esegue una sorta di media degli impulsi di tensione in uscita dal diodo.

figura 2.10



Il dimensionamento di questo circuito sarà trattato nel capitolo 8 dedicato al progetto degli alimentatori, in questo paragrafo è sufficiente accennare come nella scelta delle caratteristiche del diodo siano coinvolti, sia il valore della resistenza di carico R_c , sia il valore della capacità C_f . Se ad esempio fosse richiesta complessivamente una corrente massima di 4.5 A ed una tensione inversa massima di 400 V alla frequenza di 50 Hz, essendo F_o non significativa, si potrebbe scrivere:

Il diodo D può essere scelto del tipo MR756 che ha le seguenti caratteristiche:

- **$I_f = 6$ A**
Osservazione: il picco di corrente è, come voluto, superiore al picco di 4.5 A richiesto dal circuito
- **$V_r = 600$ V**
Osservazione: la $V_r = 600$ V è, come voluto, superiore al picco inverso di 400 V che si manifesta nel circuito.

2.3.1 La dissipazione nei diodi per correnti alternate forti

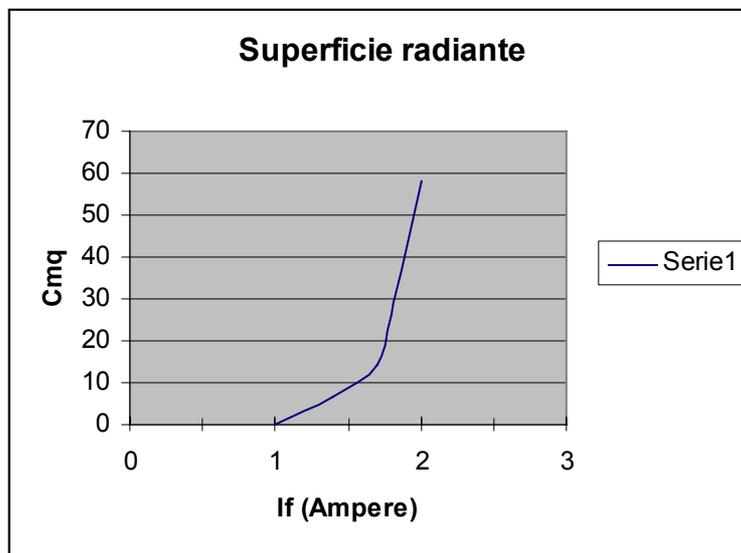
Nelle applicazioni dei diodi per forti correnti è necessario valutare la dissipazione dovuta al passaggio della corrente attraverso la giunzione, giunzione che come è noto richiede un valore di tensione dell'ordine di 0.7 V o più.

Per questo tipo di valutazioni i costruttori dei semiconduttori espongono alcune serie di dati, o curve, dalle quali è possibile stabilire quale valore di I_f si può fare scorrere nel diodo affinché questo possa dissipare il calore che si sviluppa nella giunzione. Il calore può essere dissipato dall'involucro del diodo o, se necessario, con l'ausilio di una superficie radiante da connettere meccanicamente all'involucro del diodo stesso.

Un esempio di questi dati è riportato nel grafico di figura 2.11 per il diodo 1N7763 nell'ipotesi di impiego in aria libera alla temperatura ambiente di 50° C.

Il grafico ha in ascisse i valori di I_f , espressi in Ampere, che possono scorrere nel diodo, ed in ordinate i valori della superficie radiante, espresse in cmq, necessarie al raffreddamento.

figura 2.11



Un esame del grafico in alcuni punti è significativo:

Per $I_f = 1\text{ A}$ la superficie ausiliaria richiesta per dissipare il calore è nulla (il diodo è in grado di dissipare il calore della giunzione mediante il proprio involucro).

Per $I_f = 1.5\text{ A}$ la superficie ausiliaria richiesta per dissipare il calore è di circa 9 cmq.

Per $I_f = 2\text{ A}$ la superficie ausiliaria richiesta per dissipare il calore è di circa 58 cmq.

2.4 I diodi nella modulazione dei segnali

I diodi possono svolgere una funzione particolare, tra le altre già menzionate: quella di modulazione dei segnali a basso livello (modulazione non lineare).

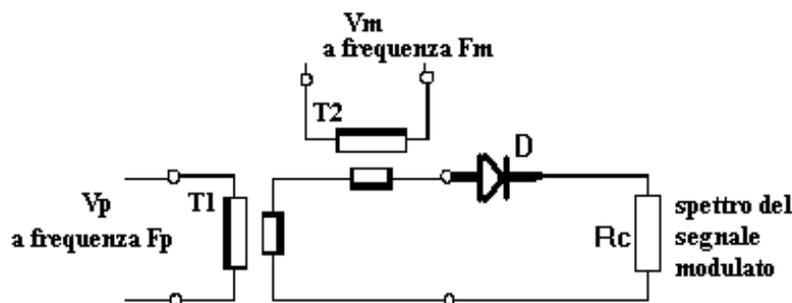
Il processo di modulazione è una tecnica con la quale si modifica l'ampiezza di un segnale a frequenza elevata (detto portante) con un altro segnale a frequenza inferiore (detto modulante).

Di modulazione si tratta, ad esempio, nelle trasmissioni radio A.M. (Ampiezza Modulata) nelle quali la "portante" (segnale a frequenza generalmente superiore ai 500 KHz) serve da supporto per la "modulante" (segnale a bassa frequenza in voce o musica), affinché quest'ultima possa attraversare l'etere.

Non ci occuperemo in questa sede della modulazione radio, che fa parte di una branca tutta particolare dell'elettronica, ma della modulazione di piccoli segnali necessaria in alcune applicazioni di elettronica analogica.

Il più semplice circuito di modulazione a diodo è mostrato in figura 2.12:

figura 2.12



Il modulatore è formato: dal trasformatore T1, al quale è applicata la tensione portante V_p a frequenza F_p , dal trasformatore T2, al quale è applicata la tensione modulante V_m a frequenza F_m , e dal diodo D collegato alla resistenza di carico R_C . Il funzionamento del circuito si basa sulla caratteristica di non linearità del diodo nel tratto iniziale di conduzione che, ricevendo la somma delle due tensioni V_p e V_m , la distorce dando luogo ad un insieme di segnali (lo "spettro di modulazione") le cui frequenze sono di seguito indicate:

- il segnale di frequenza F_d pari alla differenza tra le frequenze F_p e F_m
- il segnale F_s di frequenza pari alla somma tra le frequenze F_p e F_m
- quota del segnale F_p
- quota del segnale F_m
- il segnale F_{2m} di frequenza pari al doppio di F_m
- il segnale F_{2p} di frequenza pari al doppio di F_p

I due segnali F_d e F_s sono dette righe laterali.

Se la modulante F_m è costituita da una banda di frequenze, invece che da una sola frequenza, alle righe laterali si sostituiscono due insiemi di frequenze dette bande laterali.

Vediamo due esempi di come si caratterizzano numericamente gli spettri di modulazione:

1* esempio-Dati di base:

Si calcoli lo spettro di modulazione nel caso che la tensione portante V_p abbia la frequenza $F_p = 150000$ Hz e la tensione modulante V_m abbia la frequenza $F_m = 7000$ Hz; se ne traccino i grafici.

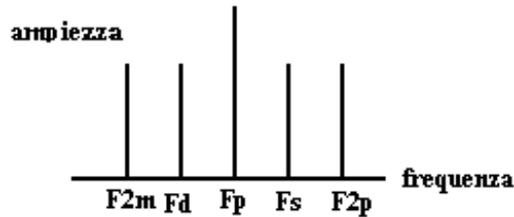
Computazioni dello spettro di modulazione e grafici:

Sulla resistenza di carico R_c avremo le seguenti combinazioni di modulazione elencate iniziando da quella avente frequenza inferiore:

$$\begin{aligned}
 F_{2m} &= 2 * F_m = 14000 \text{ Hz} \\
 F_d &= F_p - F_m = 143000 \text{ Hz} \\
 F_p &= 150000 \text{ Hz} \\
 F_s &= F_p + F_m = 157000 \text{ Hz} \\
 F_{2p} &= 2 * F_p = 300000 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

In figura 2.13 si traccia lo spettro di modulazione mediante un grafico a righe in cui in ascisse vengono posizionate le frequenze e in ordinate le ampiezze dei singoli segnali, entrambe non in scala:

figura 2.13



Se filtriamo lo spettro di modulazione in modo da bloccare il passaggio di tutte le frequenze sotto e sopra le righe laterali otteniamo la portante modulata che si presenta, se vista su di un oscilloscopio, come indicato in figura 2.14.

figura 2.14



Nella figura 2.14 i tratti fitti rappresentano la tensione della portante, alla frequenza di 150000 Hz, la cui ampiezza varia in dipendenza dell'ampiezza del segnale modulante V_m ; lo spettro di questo segnale è composto soltanto da:

$$\begin{aligned}
 F_d &= F_p - F_m = 143000 \text{ Hz} \\
 F_p &= 150000 \text{ Hz} \\
 F_s &= F_p + F_m = 157000 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

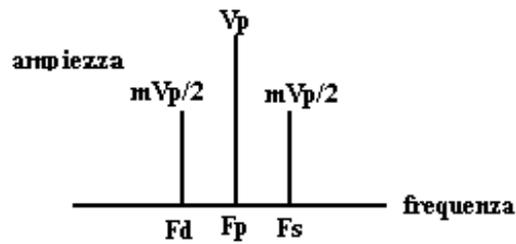
Osservazioni:

Nell' esempio illustrato non abbiamo messo in evidenza i rapporti esistenti tra le ampiezze dei segnali che compongono lo spettro di modulazione, detti rapporti dipendono da un particolare coefficiente "m" detto grado di modulazione espresso dal rapporto tra l'ampiezza di picco della tensione modulante $(V_m)_{picco}$ e l'ampiezza della tensione portante $(V_p)_{picco}$:

$$m = (V_m)_{picco} / (V_p)_{picco}$$

Una volta stabilito il grado di modulazione le ampiezze delle varie parti dello spettro risultano determinate così come indicato in figura 2.15:

figura 2.15



2* esempio-Dati di base:

Si calcoli lo spettro di modulazione nel caso che la tensione portante V_p abbia la frequenza $F_p = 100000$ Hz e la tensione modulante V_m sia composta da una banda di segnali compresa tra

$F_{m1} = 5000$ Hz e $F_{m2} = 8000$ Hz.

Si filtri lo spettro di modulazione in modo da bloccare il passaggio di tutte le frequenze sotto e sopra le bande laterali e se ne tracci il diagramma.

Computazioni dello spettro di modulazione e grafico:

In questo caso, collegato un filtro ai capi della resistenza di carico R_c , avremo, in uscita dello stesso, le seguenti le combinazioni di modulazione elencate iniziando da quella avente frequenza inferiore:

Se indichiamo:

-con F_{da} e F_{db} rispettivamente l'estremo inferiore e l'estremo superiore della banda laterale bassa

-con F_{sa} e F_{sb} rispettivamente l'estremo inferiore e l'estremo superiore della banda laterale alta

abbiamo:

$$F_{da} = F_p - F_{m1} = 95000 \text{ Hz}$$

$$F_{db} = F_p - F_{m2} = 92000 \text{ Hz}$$

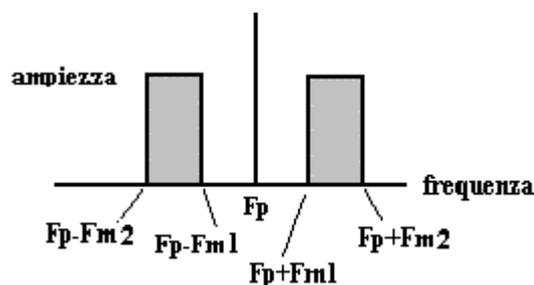
$$F_p = 100000 \text{ Hz}$$

$$F_{sa} = F_p + F_{m1} = 105000 \text{ Hz}$$

$$F_{sb} = F_p + F_{m2} = 108000 \text{ Hz}$$

In figura 2.16 è tracciato lo spettro del nuovo segnale modulato nel quale le bande laterali sono evidenziate in grigio (il grafico non è in scala):

figura 2.16

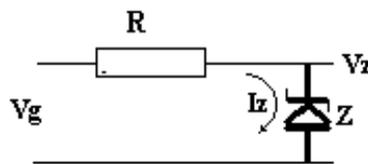


2.5 Diodi Zener

I diodi Zener sono un particolare tipo di semiconduttori che, sfruttando la conduzione inversa della giunzione, consentono di ottenere valori di tensione V_z costanti una volta raggiunta la corrente I_z di funzionamento.

Questa caratteristica è utilizzata per la stabilizzazione delle tensioni continue così come mostrato in figura 2.17; in essa si nota come per il diodo Z venga adottato un simbolo diverso da quello impiegato per i diodi rettificatori.

figura 2.17



Il circuito consente di ricavare una tensione costante V_z partendo da una tensione V_g non stabilizzata purché sia sempre verificata la condizione:

$$V_g > V_z$$

Il funzionamento del circuito di stabilizzazione è semplice:

La tensione continua V_g del generatore, tramite la resistenza R , fa scorrere nel diodo una corrente che, se raggiunto il valore I_z , porta ai capi di Z una tensione costante V_z detta “tensione di Zener”; una volta raggiunto il valore di corrente I_z , ulteriori aumenti della tensione di V_g portano ad incrementi della corrente nel diodo, ma la tensione V_z resta ad ampiezza costante.

L’incremento della corrente di I_z , a seguito della variabilità di V_g , è tollerabile fino a quando è valida la relazione:

$$(I_z + \text{incremento}) * V_z < P_d$$

dove P_d è la potenza massima dissipabile dal diodo Zener .

I diodi Zener disponibili sul mercato offrono le seguenti caratteristiche:

La V_z è selezionabile in un ventaglio di valori compreso tra $V_z = 2V$ e $V_z = 75 V$.

La I_z è selezionabile tra valori compresi tra 1 mA e 100 mA .

La P_d è selezionabile da frazioni di watt a decine di watt.

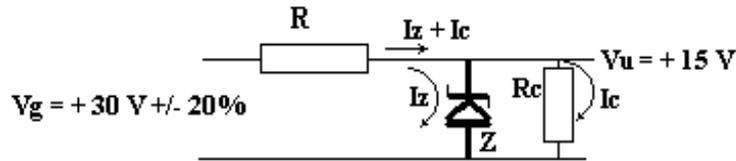
Un esempio d’applicazione di un diodo Zener è utile per prendere confidenza con il metodo di calcolo del circuito:

Supponiamo di voler realizzare un circuito di stabilizzazione per ottenere, su di un carico $R_c = 15000 \text{ ohm}$, una tensione costante $V_u = + 15 V$ disponendo di:

- Un generatore di corrente continua non stabilizzata che fornisce una tensione $V_g = +30 V$ $\pm 20 \%$
- Un diodo Zener tipo BZV55C15

collegati così come è mostrato in figura 2.18.

figura 2.18



Da un esame dei dati iniziali risulta:

- La tensione V_g è variabile tra $V_{g \text{ min}} = +24 \text{ V}$ a $V_{g \text{ max}} = +36 \text{ V}$
- Il carico R_c richiede una tensione $V_u = +15 \text{ V}$
- Dallo stabilizzatore è richiesta una corrente

$$I_c = V_u / R_c = 15 \text{ V} / 15000 \text{ ohm} = 1 \text{ mA}$$

- Le caratteristiche del diodo BZV55C15 sono:
 $V_z = 15 \text{ V}$

$$I_z = 5 \text{ mA}$$

$$P_d = 0.5 \text{ W}$$

Sulla base dello schema elettrico di figura 2.18 e dei dati sopra riportati procediamo al dimensionamento del circuito:

Calcolo della resistenza di limitazione di corrente R:

La tensione non stabilizzata V_g di $+30 \text{ V} \pm 20\%$ è applicata a monte del circuito e tende a far scorrere nel diodo Z una corrente I_z e nel carico una corrente I_c pari a:

$$I_z + I_c = (V_g - V_z) / R$$

Il valore di $I_z = 5 \text{ mA}$ deve essere raggiunto per la tensione minima di V_g

$$V_{g \text{ min}} = +30 \text{ V} - 20\%(+30 \text{ V}) = +24 \text{ V}$$

scriveremo pertanto

$$5 \text{ mA} + 1 \text{ mA} = (+24 \text{ V} - 15 \text{ V}) / R$$

da cui

$$R = 1500 \text{ ohm}$$

La resistenza dovrà dissipare la potenza:

$$P_r = [V_{g \text{ max}} - V_z]^2 / R = (36 - 15)^2 / 1500 \text{ ohm} = 0.29 \text{ W}$$

Verifica della dissipazione nel diodo Zener:

Le condizioni di massima dissipazione nel diodo Zener si avranno per il valore massimo di V_g ed in assenza del carico R_c , queste si calcolano come segue:

Essendo

$$V_{g\max} = +30 \text{ V} + 20\%(+30 \text{ V}) = +36 \text{ V}$$

la corrente I_z salirà da 5 mA, per $V_{g\min} = +24 \text{ V}$ ed in presenza di carico, a

$$I_z + \text{incremento} = (+36\text{V}-15\text{V}) / 1500 \text{ ohm} = 14 \text{ mA}$$

e di conseguenza la potenza massima da dissipare diventerà:

$$P_{\max} = (I_z + \text{incremento}) * V_z = 14 \text{ mA} * 15 \text{ V} = 0.21 \text{ W}$$

Compatibile con i dati costruttivi dello Zener che indicano una $P_d = 0.5 \text{ W}$.

Data la caratteristica del diodo Zener la tensione ai suoi capi si manterrà “costante” a + 15 V sia quando la tensione di V_g sarà di +24 V sia quando detta tensione sarà di +36 V.

2.6 Diodi emettitori di luce (LED)

Particolari tipi di diodi hanno la proprietà di emettere luce quando attraversati da corrente elettrica, questi componenti sono detti LED (Light Emitter Diode); questi semiconduttori hanno una bassa inerzia nelle fasi d'accensione e spegnimento che ne differenzia il comportamento rispetto alle lampade ad incandescenza.

I LED sono impiegati come indicatori luminosi in molteplici circuiti elettronici come avvisatori di cambiamento di stato; sono prodotti in un'ampia gamma di caratteristiche quali:

Colorazioni:

(singole) -rosso -giallo -verde -blu

(combinata) -verde/rosso - ambra - tricolore.

Dimensioni:

(tipi a sezione circolare) da 1.8 mm a 7.5 mm

(tipi a sezione rettangolare) da 5x5 a 7x2.5 mm e più

(tipi multipli) da 8 a 20 mm

Montaggio:

da pannello- a saldare in verticale- da saldare superficiale

Caratteristiche ottiche:

luminosità normale - superluminosità

(fascio d'emissione della luce) direttivo- ad angolo ampio- luce diffusa

(angoli d'emissione della luce) da 35° a 60° ed oltre

Nell'impiego dei LED si devono considerare le loro caratteristiche elettriche che, come i diodi di rettificazione, sono definite principalmente dalla corrente e dalla tensione di lavoro, rispettivamente I_f e V_f ; la produzione offre una ampia gamma di valori di I_f , da 2 a 40 mA, in base alla intensità della luce generata (generalmente si va da 5 a 25 mA per il colore rosso, da 10 a 40 mA per i colori verde e giallo). I valori di V_f variano, secondo i tipi, da 1.8 volt a circa 6 volt.

I LED, di solito sono costruiti per il funzionamento in corrente continua, soltanto alcuni tipi, con doppia giunzione, sono costruiti per correnti alternate; in entrambi i casi il loro impiego deve prevedere un controllo della corrente I_f per non distruggere il diodo. Il dimensionamento di un circuito con LED è cosa estremamente semplice; vediamo un esempio:

Dati di base:

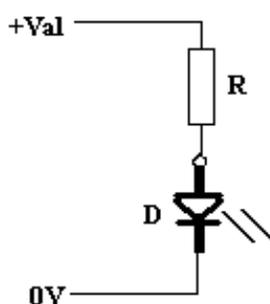
Si debba utilizzare un LED per una segnalazione di colore blu con un angolo d'emissione luminosa non superiore a 20°, sia disponibile una tensione continua d'alimentazione $V_{al} = + 15 V$.

Scelta del componente e dimensionamento del circuito:

Un LED con le caratteristiche richieste è, tra gli innumerevoli disponibili, il tipo HP-blu-15° che ha il colore voluto e l'angolo d'emissione inferiore ai 20° richiesti; altri dati forniti per il dimensionamento del circuito sono: $I_f = 20 mA$, $V_f = 3.6 V$.

Per il montaggio del diodo è sufficiente un solo resistore per la limitazione della corrente I_f secondo il circuito di figura 2.19 nel quale il diodo LED è tracciato con il caratteristico simbolo ∇ :

figura 2.19



Il valore di R si calcola con l'espressione

$$R = (V_{al} - V_f) / I_f$$

avremo quindi:

$$R = (15 V - 3.6 V) / 20 mA = 570 \text{ ohm (arrotondabile a } 680 \text{ ohm)}$$

La resistenza dovrà dissipare una potenza di $(15V-3.6V)^2 / 680 \text{ ohm} = 0.19 \text{ w}$