

Appunti per sostenere l'esame da radioamatore.

“ Parte Quarta “

(Circuiti risonanti-Filtri-Piezoelettricità-Conversione numeri decimali-binari-Effetti fisiologici della corrente elettrica)

Di IU5HIV , Maurizio Diana

CIRCUITI RISONANTI

La frequenza di risonanza si ha quando $X_L=X_C$ e si calcola così:

$$f_0 = \frac{1}{6,28\sqrt{LC}}$$

Dove L è in H ; C in F ; f_0 in MHz ; ma risulta più comodo usare la formula:

$$f_0 = \frac{159}{\sqrt{LC}}$$

Dove L è in μH ; C in pF ; f_0 in MHz .

RISONANZA IN SERIE (o in corrente): alla frequenza di risonanza si ha impedenza bassa e intensità di corrente massima .Visto che in un circuito RLC serie alla frequenza di risonanza $X_L=X_C$ (dunque si elidono) rimane solo R ad opporsi al passaggio di corrente ,quindi

$$Z=\sqrt{R^2} = R \quad \text{data dalla formula } I_{\text{MAX}} = \frac{V}{R}$$

La reattanza induttiva aumenta con l'aumentare della frequenza($X_L=2\pi fL$) idem la tensione(V_i).

La reattanza capacitiva diminuisce con l'aumentare della frequenza ($X_c=1/(2\pi fL)$) idem la tensione(V_c).

-COEFFICIENTE DI RISONANZA(o Q)IN SERIE: visto che in condizioni di risonanza la corrente entro L e C è limitata solo alla R , se R è sufficientemente piccola o addirittura zero, le tensioni che si localizzano ai capi delle reattanze di L e C possono essere molto più elevate della tensione del generatore, quindi il “ coefficiente di sovratensione” è definito da: $Q = VC/V = VI/V$ ed è il fattore Q di qualità la cui espressione più esatta è $Q = X/R = \omega L/R$, ovvero il rapporto tra l'elemento (di norma l'induttanza) e la resistenza globale di perdita.

-RISONANZA IN PARALLELO(o antirisonanza o risonanza di tensione): nella maglia LC alla frequenza di risonanza si ha impedenza alta ,tensione massima ai suoi capi e corrente minima .Questo perché pur avendo IC e IL valori alti nei rispettivi rami ma essendo uguali alla frequenza di risonanza avendo i sensi di circolazione opposti questi si elidono quasi completamente e quindi il generatore fornirà una corrente minima. Anche qui l'unica componente dell'impedenza di risonanza resta R, quindi $Z = R$ senza reattanze in parallelo che ne abbassino il valore.

La reattanza induttiva diminuisce con l'aumentare della frequenza.

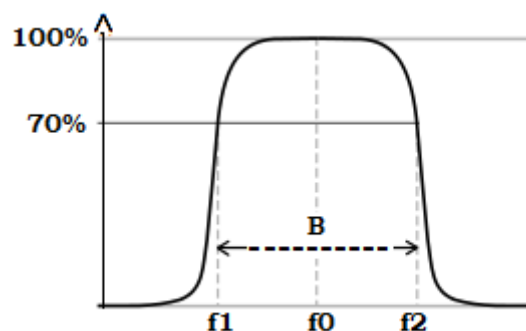
La reattanza capacitiva aumenta con l'aumentare della frequenza.

-COEFFICIENTE DI RISONANZA IN PARALLELO: è sempre espresso dal rapporto tra potenza resistiva e potenza reattiva ,quindi: $Q=R/XL = R/\omega L$, pertanto il Q di sovracorrente è $Q= IL/IR$.

-SELETTIVITA' E LARGHEZZA DI BANDA: più la R è grande per i circuiti a risonanza serie e più la R è piccola per quelli a risonanza parallelo, meno sentito è l'effetto di compensazione fra le reattanze e quindi meno sensibile è il picco di risonanza.

Più il Q è basso e più è appiattita la curva, più è alto e più è ripida e acuta la curva e quindi più selettiva.

Il Q può essere anche ricavato per via grafica:



In un circuito LC ,la differenza fra le due frequenze rispettivamente a destra e sinistra di f_0 , per le quali la tensione o la corrente(a seconda se è un circuito in parallelo o serie) subisce una diminuzione del 30% (dal 100% al 70%) , è detta "larghezza di banda" e viene indicata con " B "(In questi due punti la potenza diminuisce del 50% e si ritiene che i valori di risposta della tensione o della corrente alle variazioni di frequenza siano accettabilmente costanti),pertanto:

$$Q = f_0/B \text{ dove } B \text{ è dato da } f_2 - f_1$$

-Q DEI COMPONENTI E DEI CIRCUITI: La R di perdita è determinante agli effetti della larghezza di banda. Il Q degli induttori difficilmente raggiunge e supera valori di qualche centinaio. Il Q dei condensatori è sempre superiore a quello degli induttori e può raggiungere valori di migliaia. Sia in un circuito di risonanza in serie che in parallelo, se rispettivamente si aggiunge una R esterna in serie o parallelo ,si abbassa il comportamento selettivo del circuito e quindi il valore del Q .

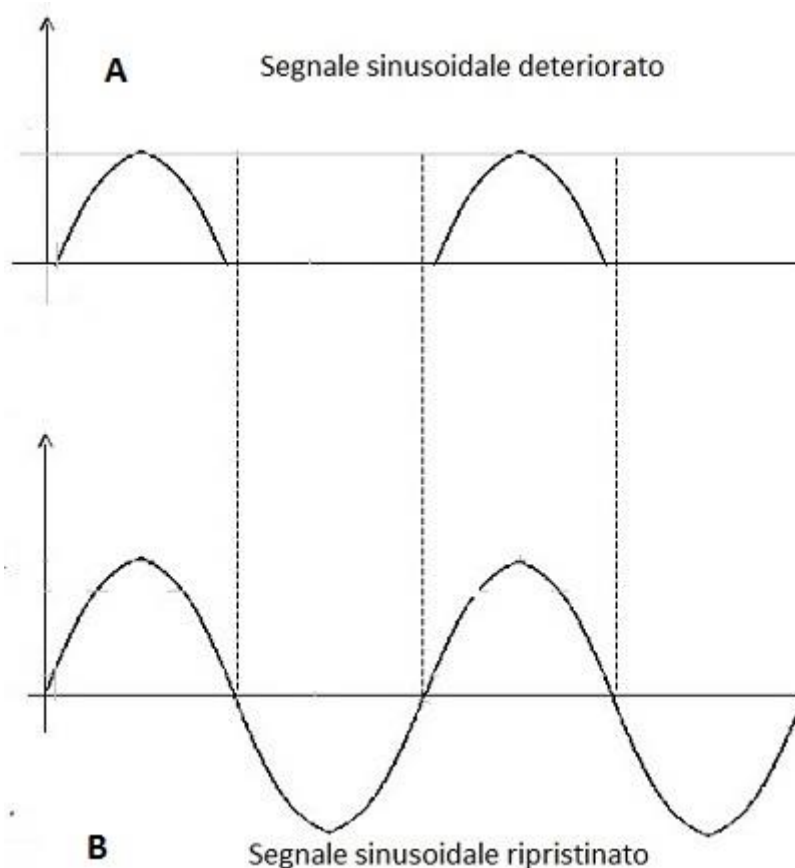
CIRCUITI RISONANTI A COSTANTI DISTRIBUITE: i circuiti a costanti concentrate sono quelli in cui R,L,C, sono localizzate in punti particolari negli stessi nonché distinte e separate tra di loro .Questo rimane valido sino a quando le dimensioni dei componenti e le lunghezze dei collegamenti rimangono estremamente piccole rispetto alle lunghezze d'onda dei segnali presenti nel circuito ,ovvero un circuito e' a costanti concentrate quando " $l \ll \lambda$ (l = dimensioni del circuito)".

Per trasformare un semplice conduttore in un circuito risonante alla frequenza applicata basta aumentare la frequenza in gioco, ovvero tale circostanza si manifesta quando la dimensione del conduttore considerato è dello stesso ordine della lunghezza d'onda relativa alla frequenza di lavoro o comunque di dimensione non trascurabile rispetto ad essa, in questo caso L e C non sono più localizzati in posizioni particolari del conduttore bensì si trovano distribuiti lungo esso ,pertanto questi circuiti si chiamano a "costanti distribuite".

A frequenze dell'ordine di centinaia o migliaia di MHz le combinazioni di L e C necessarie per la risonanza vengono normalmente ottenute mediante linee a induttanza e capacità distribuite e possono essere realizzate sotto forma di linee doppie parallele o coassiali o linee semplici affacciate ad altri conduttori. In ogni modo le loro lunghezze ,diametri ,distanze, determinano esattamente valori di L e C e quindi della f_0 . Con varie modalità costruttive e funzionamento diverso queste

linee possono essere usate per trasferire a distanza segnali a frequenza elevata...ovvero come antenne.

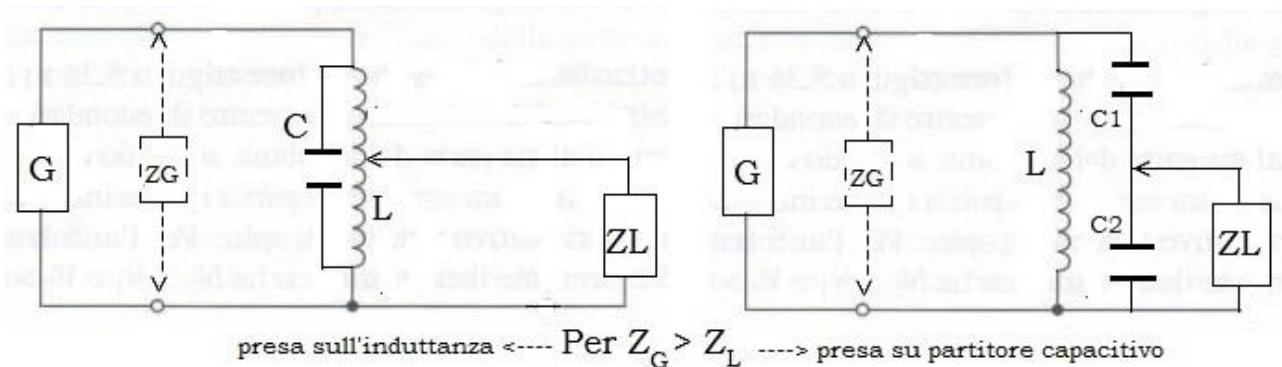
-EFFETTO VOLANO DEI CIRCUITI RISONANTI: il caso più tipico in cui viene sfruttato l'effetto volano di un circuito LC è per il ripristino di una delle due semionde di un segnale sinusoidale deteriorato



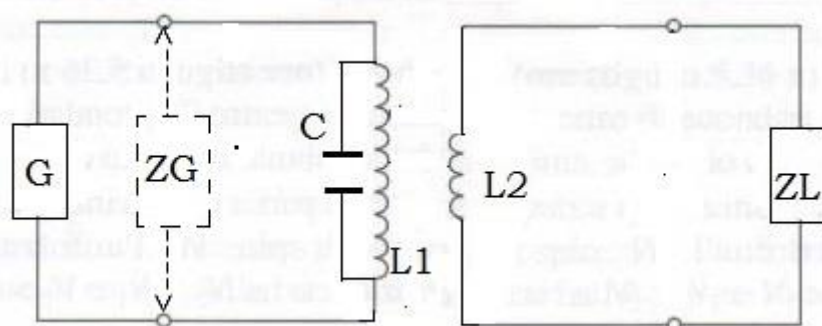
Se allora a un circuito risonante viene applicato un segnale di forma uguale a quello di figura A, il segnale all'uscita sarà all'incirca come quello di figura B .

-CIRCUITI RISONANTI ACCOPPIATI: la funzione tipica di un circuito risonante è quella di selezionare un determinato segnale avente frequenza pari a quella di risonanza del circuito per applicarlo su un carico qualunque.

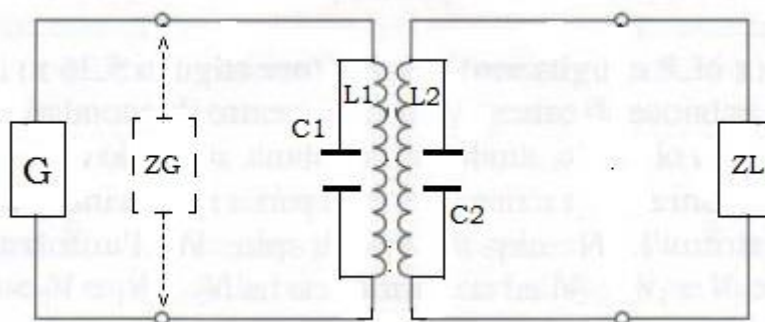
Se l'impedenza del carico è minore di quella del generatore la soluzione più ovvia è quella di adottare un autotrasformatore con una presa intermedia sull'induttanza o sul partitore capacitivo



Nel caso invece sia richiesta per qualsiasi motivo (per es. con i due circuiti alimentati da tensioni continue differenti) la separazione tra generatore e carico si adotta la soluzione a trasformatore, ovvero nel campo magnetico creato dall'induttanza si pone un secondo avvolgimento (il cui numero di spire sarà pari a quello corrispondente alla presa del caso ad autotrasformatore), così L_1 e L_2 che continueranno a chiamarsi primario e secondario costituiranno due circuiti accoppiati



Se invece $Z_L = Z_G$ e si rende necessario accordare alla risonanza anche il circuito secondario per esaltarne la selettività, si avranno allora due circuiti accoppiati a doppio accordo



-EFFETTI DELL'ACCOPIAMENTO SULL'IMPEDENZA: Se un circuito risonante, tipicamente in parallelo, viene accoppiato ad un altro circuito che sia o contenga un carico, l'impedenza ed il Q effettivo ne vengono diminuiti via via che l'accoppiamento diventa più stretto. Il grado di accoppiamento tra due circuiti risonanti è detto "coefficiente di accoppiamento", si indica con "K" e il suo limite massimo è "1":

-accoppiamento lasco --→ Q alto

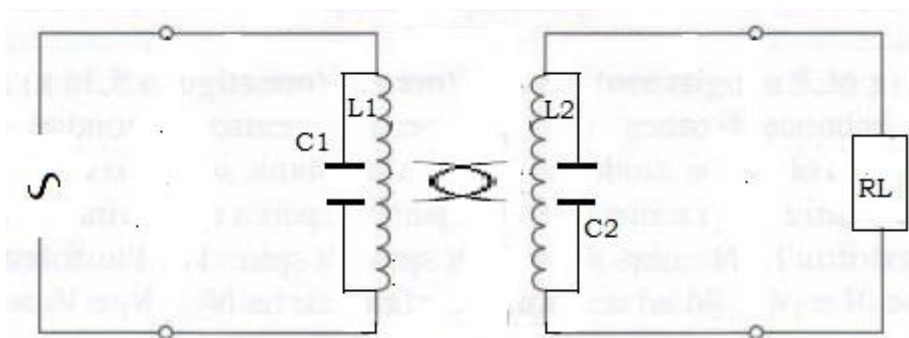
-accoppiamento medio--→ Q medio

-accoppiamento critico--→ Q basso

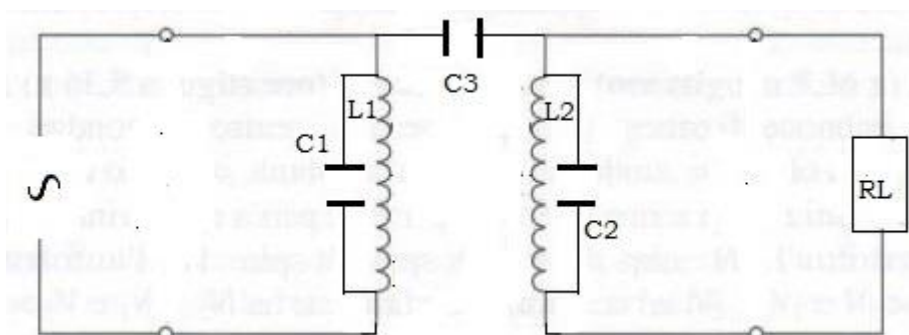
-sovraccoppiamento--→ Q molto basso

-VARI TIPI DI ACCOPPIAMENTO:

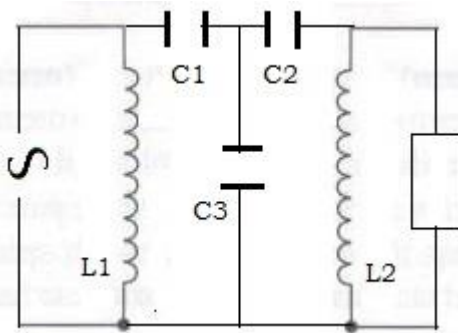
collegamento a bassa impedenza con link



Ad accoppiamento misto, con le due induttanze più il condensatore C3 che agisce sulla larghezza di banda e con un valore minore rispetto a C1 e C2



Senza accoppiamento tra le due induttanze con C3 di valore superiore agli altri condensatori



Con schermatura a massa per isolare ed eventualmente scaricare gli eventuali segnali captati ad un punto che sia a potenziale zero. Questo sia per accoppiamenti a induttore che elettrostatici. Lo schermo può anche essere a forma di scatola che racchiude uno o più circuiti, l'importante sia a potenziale zero (a massa o punto di ritorno zero). Se lo schermo è vicino a una bobina è opportuno che ne sia distante almeno pari al valore di diametro della bobina.

FILTRI

Un filtro elettrico agisce come tale in virtù della sua proprietà di offrire impedenze estremamente diverse alle frequenze da eliminare ed a quelle utili.

Un filtro è composto da varie celle (i circuiti elementari LC) ed in genere non superiori a dieci celle.

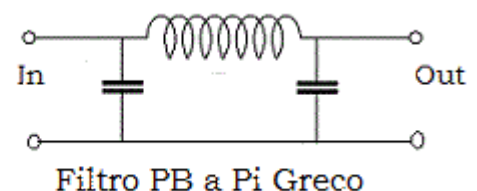
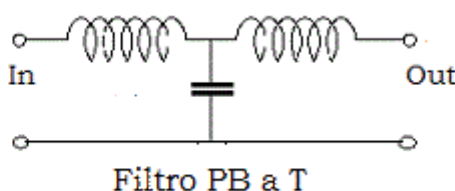
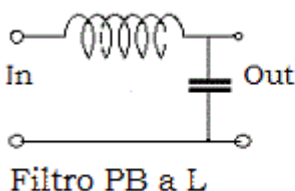
Sezioni base dei filtri:

-Cella ad L (Rovescio)

-Cella T

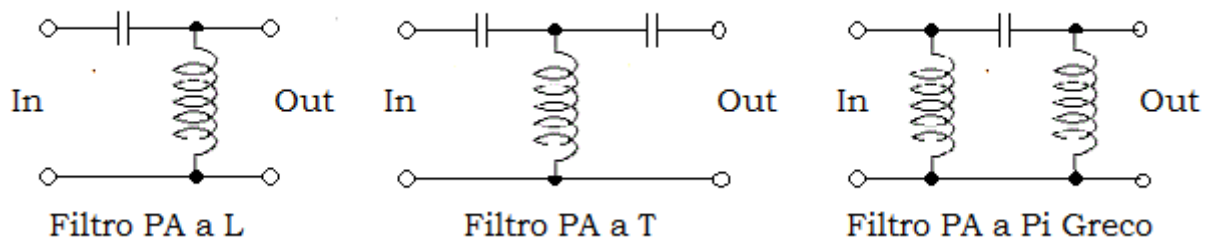
-Cella a π

-CELLA A PASSA BASSO: elimina tutte le frequenze superiori ad un certo valore della frequenza di taglio (f_t)



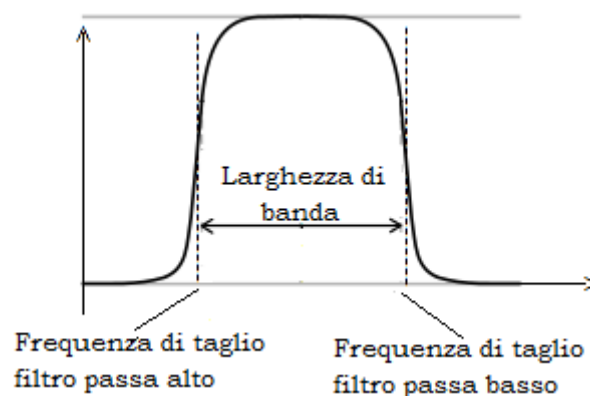
E sono composte da una o più induttanze in serie e da uno o più condensatori in parallelo.

-CELLA A PASSA ALTO: elimina tutte le frequenze inferiori ad un certo valore della frequenza di taglio (ft)

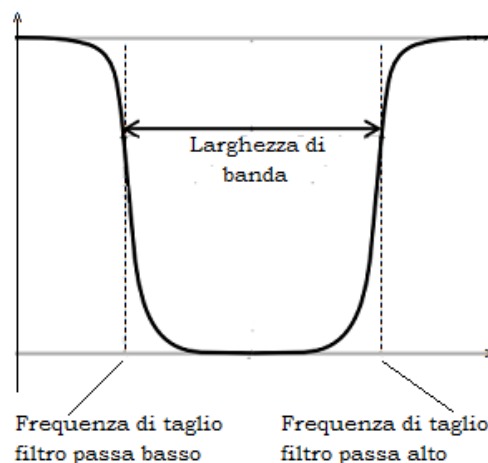


Sono composte da uno o più condensatori in serie e da una o più induttanze in parallelo.

-FILTRO PASSA BANDA: si ottiene combinando un filtro passa alto con uno passa basso avente la frequenza di taglio (ft) del passa alto inferiore alla frequenza di taglio (ft) del passa basso



-FILTRO ELIMINA BANDA (Detto anche filtro Notch): si ottiene combinando un filtro passa alto con uno passa basso avente la frequenza di taglio (ft) del passa alto superiore alla frequenza di taglio (ft) del passa basso



Tutti questi sono filtri a “K” costante, ovvero il prodotto delle due impedenze elementari (serie e parallelo) che li costituiscono è sempre una costante:

$$Z_A * Z_B = K^2$$

-FILTRO A M-DERIVATO:così chiamato perché l’elemento serie o parallelo viene risuonato con reattanza di segno opposto, è una versione di filtro più complessa e sofisticata con una frequenza di taglio più netta.

DIAGRAMMA DI BODE: è la rappresentazione grafica della funzione di trasferimento di un filtro, ovvero il suo comportamento nel dominio della frequenza.

I filtri elettronici sono classificati in:

- Passivi o attivi
- Analogici o digitali
- A tempo discreto(campionato) o a tempo continuo
- Lineari o non lineari

I filtri che vengono impiegati maggiormente sono quelli lineari, molti sono anche dei sistemi risonanti .La realizzazione dei filtri lineari è basata in genere sulla combinazione di R,L,C, e sono i cosiddetti circuiti RC,RL,LC,RLC, il loro funzionamento è dipendente dalla presenza di un segnale variabile in ingresso e non introducono alcuna amplificazione del livello di tale segnale.

PIEZOELETRICITA’

Un comportamento analogo a quello dei circuiti risonanti è fornito dal cristallo piezoelettrico ,in particolare il quarzo, che però è basato su oscillazioni meccaniche .Sono fatti di cristalli di quarzo tagliati a lamine o piastrine sottili che hanno la peculiarità di presentare una risonanza meccanica la cui frequenza naturale dipende dalle dimensioni (principalmente lo spessore) e dall’orientamento degli assi cristallografici e che comunque va a cadere nel campo delle radiofrequenze. Così il cristallo di quarzo presenta le caratteristiche di un circuito in risonanza serie con un

elevato rapporto L/C e un altissimo Q (di solito molte decine di migliaia e comunque maggiore di quello ottenibile coi migliori circuiti LC).

Le lastrine di quarzo devono essere montate fra due elettrodi metallici ed esercitandovi una pressione meccanica, secondo certi assi geometrici ben determinati, si manifesta agli estremi di tali assi (e quindi sulle relative superfici) la comparsa di cariche elettriche di segno opposto; viceversa applicandovi un campo elettrico, secondo gli stessi assi, si manifesta una pressione meccanica e quindi una deformazione (elettrostrizione).

Le frequenze di vibrazione più normali per le quali vengono tagliati i quarzi vanno da qualche centinaio di kHz a poco oltre i 20 MHz . I quarzi con frequenze basse hanno un certo spessore mentre quelli per frequenze alte sono sottilissimi.

-FILTRI PASSA BANDA A QUARZO: si possono ottenere da larghezze di soli 3 kHz (gamma acustica) sino a svariati MHz di frequenza centrale con attenuazione di migliaia di volte a due o tre kHz di distanza con configurazioni particolari dette a “mezzo traliccio” ed a “traliccio intero”.

-FILTRI MECCANICI: il loro funzionamento si basa sulla “magnetostrizione”: ovvero certi materiali detti ferromagnetici (es. il nickel) o certe leghe posti in un campo magnetico variano la loro lunghezza secondo l'intensità e la direzione del campo. Funzionano inserendo una sbarretta opportunamente sagomata di questi materiali entro una bobina percorsa dal segnale RF alla frequenza della banda che si vuole trasmettere, se le dimensioni della sbarretta sono tali che la sua risonanza meccanica coincide con la frequenza del campo in cui è immersa, il dispositivo risuona comportandosi come un circuito accordato a Q elevatissimo e la sua particolare sagomatura permette altresì di avere la banda passante desiderata. Questi tipi di filtri sono realizzati con ottime prestazioni solo per frequenze di poche centinaia di kHz.

CONVERSIONE NUMERI DECIMALI-BINARI

CONVERSIONE DA NUMERO DECIMALE A NUMERO BINARIO

$$25/2 = 12 + \text{RESTO "1"}$$

$$12/2 = 6 + \text{RESTO "0"}$$

$$6/2 = 3 + \text{RESTO "0"}$$

$$3/2 = 1 + \text{RESTO "1"}$$

$$1/2 = 0 + \text{RESTO "1"}$$



Si divide per due sino a zero,
si marca il resto per ogni divisione,
si legge e scrive alla rovescia partendo dall'ultima divisione.

↓
Quindi 25 = 11001

CONVERSIONE DA NUMERO BINARIO A NUMERO DECIMALE

Se il numero binario è ad esempio di 5 cifre si deve moltiplicare ogni cifra per 2^4 , decrescendo per ogni cifra successiva sino alla potenza zero di 2, quindi alla fine si sommano i valori ottenuti

Ad esempio per il numero binario **11001** si svolgerà così:

$$1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 =$$

$$1 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 =$$

$$16 + 8 + 0 + 0 + 1 = 25$$

Quindi il numero binario **11001** corrisponde al numero decimale **25**

(Se il num. binario fosse stato a 6 cifre si sarebbe dovuto cominciare a moltiplicare per 2^5 per poi decrescere sino a potenza zero, se di 3 cifre per 2^2 , ecc.)

EFFETTI FISIOLGICI DELLA CORRENTE ELETTRICA

-Da pochi μA sino a 5 mA: la corrente elettrica pur percependola non è pericolosa.

Salendo gli effetti più frequenti ed importanti che la corrente elettrica produce sul corpo umano sono: tetanizzazione ,arresto della respirazione ,fibrillazione ventricolare ,ustioni.

-Superiore a 10mA per le donne e 15mA per gli uomini: si ha la “tetanizzazione” dove si manifestano contrazioni muscolari nelle zone interessate al contatto con tendenza a rimanere incollati alla sorgente elettrica .Può determinare fenomeni di asfissia ,svenimento e stato di incoscienza.

-Correnti superiori a 20-30 mA: si arriva “all’arresto della respirazione” quando il fenomeno della “tetanizzazione” interessa i muscoli coinvolti nella respirazione con perdita di conoscenza e soffocamento.

-Correnti superiori a 70-100 mA: si arriva alla “fibrillazione ventricolare” che ha la conseguenza di annullare la capacità del cuore ad espletare le sue funzioni .Questo fenomeno ha la responsabilità di circa il 90% delle morti per folgorazione da corrente elettrica.

-Ustioni: dato che Il passaggio della corrente sul corpo umano è accompagnato da sviluppo di calore per effetto Joule e quindi genera un aumento di temperatura in particolare nella parte in cui è avvenuto il contatto ,c’è il rischio delle ustioni, che avvengono frequentemente in ambiente industriale e domestico.