

Parametri dei segnali periodici

I segnali, periodici e non periodici, si suddividono in:

- bipolari, quando essi, al variare del tempo, assumono valori sia positivi che negativi
- unipolari, quando essi non cambiano mai segno

Un segnale periodico è un segnale che si ripete esattamente ad intervalli regolari di tempo; l'intervallo di ripetizione è il periodo, il cui inverso è la frequenza.

In fig.17 i tre segnali sono tutti periodici con periodo 1msec e frequenza 1 kHz; inoltre V1 è bipolare mentre V2 e V3 sono unipolari.

Nei segnali periodici distinguiamo:

- il valore di picco, che è il massimo valore assunto dal segnale in un periodo (1V per V1; 5V per V2; 5V per V3 in fig.17)
- il valore minimo, che è il minimo valore assunto dal segnale in un periodo (-1V;2V e 0V rispettivamente)
- il valore picco picco, che è la differenza tra il valore massimo e il valore minimo (2V, 3V e 5V)
- l' ampiezza, che è la metà del valore picco picco (1V , 1.5V e 2.5V)

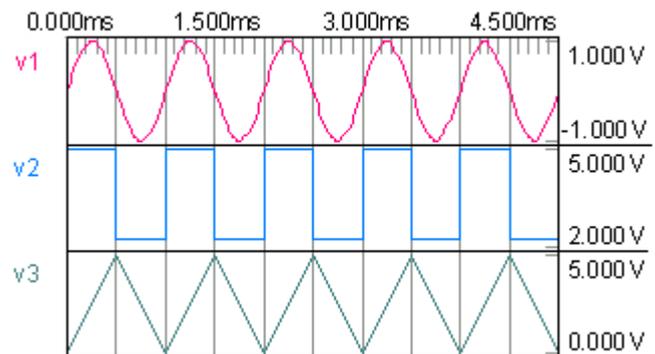


Fig.17

Per valor medio V_m di un segnale periodico in un periodo si intende la media dei valori assunti dal segnale in un periodo; essa si calcola con la formula:

$$V_m = \frac{A}{T}$$

dove A è l'area racchiusa dal diagramma temporale del segnale in un periodo e T è il periodo.

Per le tensioni o le correnti periodiche possiamo dire che il valor medio è il valore misurato da un tester in continua. Per il segnale sinusoidale di fig.17 il valor medio è manifestamente nullo.

Per l' onda triangolare $V_m = \frac{5V \cdot T/2}{T} = 2.5V$

Per l'onda quadra

$$V_m = \frac{5V \cdot T/2 + 2V \cdot T/2}{T} = 3.5V$$

Le simulazioni di Fig. 18 confermano in pieno le aspettative.

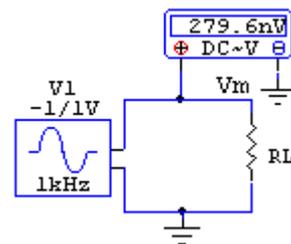


Fig.18a

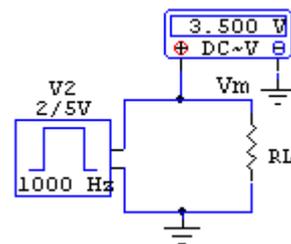


Fig.18b

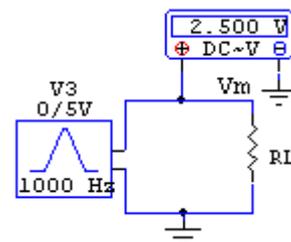


Fig.18c

Un segnale periodico si dice **alternato** quando il suo valor medio in un periodo è nullo; in figura 17, V_1 è alternato, mentre v_2 e v_3 non lo sono.

Un segnale periodico non alternato si può scomporre in:

- una componente continua, o dc, (il suo valor medio in un periodo)
- una componente alternata, o ac ,avente la stessa forma d' onda del segnale originario

Ad esempio V_2 si può scomporre in una componente continua di 3.5V e in un'onda quadra alternata di picco 1.5V; V_3 si può scomporre in una componente continua di 2.5V a cui si sovrappone un'onda triangolare alternata di picco 2.5V. In generale, per ricavare la componente ac di un segnale periodico, basta sottrarre al segnale la sua componente continua.

Il vero valore efficace, V_{TRMS} , di un segnale periodico si calcola nel modo che segue:

- si eleva al quadrato il segnale
- si calcola il valor medio in un periodo del segnale così ottenuto e se ne estrae la radice quadrata

Quindi: $V_{TRMS} = \sqrt{[v(t)^2]_{medio}}$

Il vero valore efficace ci consente di calcolare la potenza media dissipata in un periodo da una resistenza su cui cade una tensione $v(t)$ di forma qualunque; infatti la potenza istantanea è:

$$P(t) = \frac{[V(t)]^2}{R}$$

per cui: $P_{media} = \frac{[V(t)^2]_{media}}{R} = \frac{(V_{TRMS})^2}{R}$

Invece, il valore efficace, V_{RMS} o V_{eff} , di un segnale periodico tiene conto della sola componente alternata; per calcolarlo:

- si eleva al quadrato **la sola componente alternata** del segnale
- si calcola il valor medio in un periodo del segnale così ottenuto e se ne estrae la radice quadrata

Quindi: $V_{RMS} = \sqrt{[v_{ac}(t)^2]_{medio}}$

Il valore efficace ci consente di calcolare la potenza alternata, dissipata mediamente in un periodo, da una resistenza su cui cade una tensione $v(t)$ di forma qualunque. La potenza

istantanea è $P_{ac}(t) = \frac{[V_{ac}(t)^2]}{R}$ per cui otteniamo che $P_{acmedia} = \frac{[V_{ac}(t)^2]_{media}}{R} = \frac{(V_{RMS})^2}{R}$. Il

valore efficace del segnale è legato al picco della componente alternata del segnale mediante un fattore che dipende dalla forma d'onda del segnale.

La potenza complessiva, dissipata da una resistenza su cui cade la tensione periodica $v(t)$, in parte è associata alla componente continua del segnale e in parte alla componente alternata; cioè: $P_{tot} = P_{dc} + P_{ac}$

da cui ricaviamo $\frac{V_{TRMS}^2}{R} = \frac{V_m^2}{R} + \frac{V_{RMS}^2}{R}$ e , perciò $V_{TRMS} = \sqrt{V_m^2 + V_{RMS}^2}$

Segnali periodici di prova

Segnali sinusoidali

I segnali sinusoidali sono caratterizzati da

- un picco V_p (10V in Fig.17)
- una pulsazione $\omega = \frac{2\pi}{T}$, dove T è il periodo e f è la frequenza
- un valore efficace $V_{RMS} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$

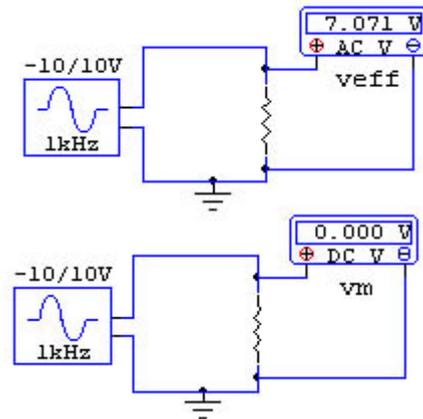


Fig.19

L'espressione analitica di un segnale $v(t)$ che varia sinusoidalmente è $V(t)=V_p \cdot \sin \omega t$. Il segnale sinusoidale, oltre ad essere bipolare, è anche alternato perchè il suo valor medio in un periodo è zero.

Segnali rettangolari

I segnali rettangolari variano bruscamente tra due livelli.

In fig.20 il segnale rettangolare V1, di periodo 1msec, è caratterizzato da un livello basso $V_{1L}=0V$, che dura per un tempo $T_L=0.25msec$, e un livello alto $V_{1H}=5V$, che dura un tempo $T_H=0.75msec$

Si definisce ciclo utile o duty-cycle **d.c.%** di un segnale rettangolare:

$$dc\% = \frac{T_H}{T_H + T_L} * 100$$

Il duty cycle del segnale rettangolare sta ad indicare quale percentuale del periodo il segnale rimane a livello basso. Se la durata del livello basso e del livello alto sono uguali, il duty cycle è il 50% e l'onda si dice quadra. In Fig.20 il segnale V1 ha un duty-cycle del 25%.

Nelle onde quadre che si alternano tra $+V$ e $-V$ il valore efficace coincide con V stesso.

Nei segnali rettangolari reali, il passaggio dal livello basso al livello alto e viceversa avviene con una certa gradualità; in Fig.20 V2 è un segnale rettangolare reale.

Nei segnali rettangolari reali si definisce:

- il tempo di salita, che è il tempo impiegato dal segnale per salire dal 10% al 90% del suo valore picco picco
- il tempo di discesa, che è il tempo impiegato dal segnale a scendere dal 90% al 10% del suo valore picco picco

Segnali triangolari

I segnali triangolari sono caratterizzati da un tratto lineare a pendenza positiva, seguito da un altro tratto lineare a pendenza negativa.

In Fig.21 il segnale V1 è triangolare simmetrico perchè il tratto a pendenza positiva e quello a pendenza negativa hanno la stessa durata.

Nel segnale V2, invece, il tratto a pendenza negativa ha durata trascurabile rispetto a

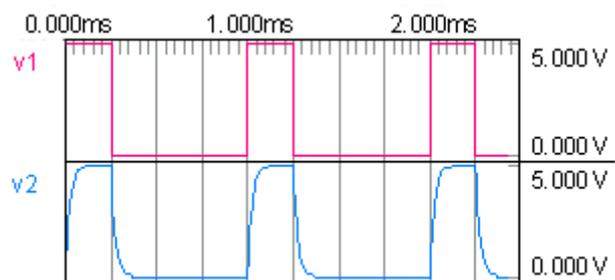


Fig.20

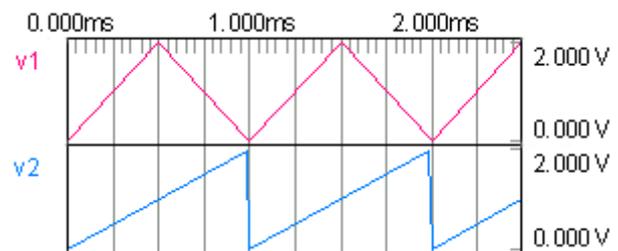


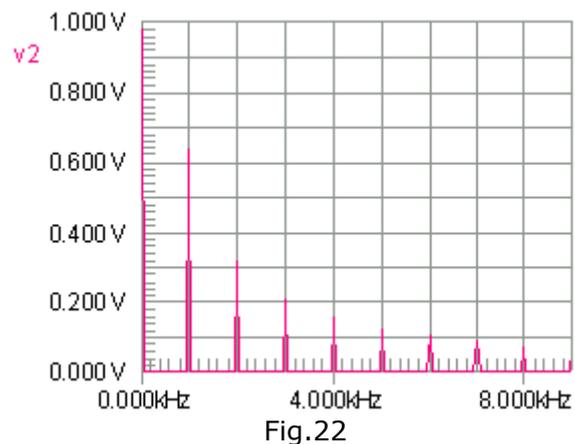
Fig.21

quello a pendenza positiva; questo segnale viene detto a dente di sega.

Teorema di Fourier

In base al teorema di Fourier, **un segnale periodico non sinusoidale** è composto da:

- un segnale costante, o componente continua, pari al valor medio in un periodo del segnale originario
- un segnale sinusoidale, di ampiezza e fase opportuni, avente la stessa frequenza del segnale originario; questo segnale viene chiamato armonica fondamentale o prima armonica



E' composto ancora da:

- un segnale sinusoidale, di ampiezza e fase opportuni, avente frequenza doppia del segnale originario (questo segnale viene chiamato seconda armonica)
- da una serie infinita di segnali sinusoidali (armoniche), di ampiezza e fase opportuni, tutti a frequenza multipla intera della fondamentale

L'ampiezza delle armoniche va diminuendo all'aumentare dell'ordine dell'armonica; ciò è evidente nella Fig.22 che riporta lo spettro delle ampiezze del segnale a dente di sega V2 di Fig.21

Il trasformatore

I raddrizzatori sono spesso preceduti da un trasformatore.

Il trasformatore è una macchina elettrica costituita da due avvolgimenti, il primario e il secondario.

Il primario e il secondario sono avvolti sullo stesso asse, in modo che il flusso magnetico generato da un avvolgimento si concateni con l'altro.

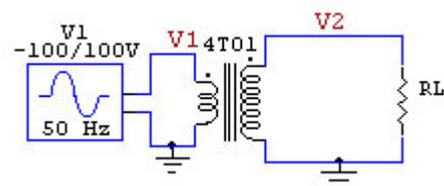


Fig.23

Applicando una tensione sinusoidale V1 al primario, costituito da N1 spire, al secondario, formato da N2 spire, si induce una tensione V2, anch'essa sinusoidale.

Le due tensioni sono legate dalla relazione

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = n; n \text{ viene chiamato rapporto spire del}$$

trasformatore ed è maggiore di 1 quando il primario ha un numero di spire superiore a quello del secondario; in questo caso è $V_1 > V_2$ e il trasformatore si dice riduttore. In caso contrario il trasformatore si dice elevatore.

In Fig.23, il trasformatore ha $n=4$ e la tensione a secondario è quattro volte più piccola rispetto a quella a primario (Fig.24)

La relazione che lega corrente a primario I1 e

$$\text{quella a secondario I2 è } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{n}.$$

In sostanza, se il trasformatore eleva la tensione, esso riduce la corrente dello stesso valore; di conseguenza, la potenza al secondario è la stessa di quella a primario, almeno idealmente.

Il trasformatore di Fig.23, riducendo la tensione di un fattore quattro, eleva la corrente dello stesso fattore.

La simulazione di Fig.25 conferma le nostre aspettative (la corrente a primario I1 ha un picco di 10mA, quella a secondario ha picco 40mA)..

Un trasformatore molto interessante è quello con secondario a presa centrale . In questo trasformatore il secondario è suddiviso in due parti uguali da un punto, chiamato presa centrale, che di solito è posto a massa. Esso viene usato per pilotare due carichi in controfase, cioè con due segnali in opposizione di fase e aventi la stessa ampiezza.

La simulazione di Fig.27 riguarda un trasformatore a presa centrale avente rapporto spire $n=2$ (Fig.26).

La tensione a primario ha picco 100V; su tutto il secondario si stabilisce, allora, una tensione di picco 50V, che si ripartisce in due parti uguali nei due semi- avvolgimenti in cui il secondario è suddiviso dalla presa centrale.

Ai due estremi del secondario si localizzano, perciò, le due tensioni va e vb riferite a massa, opposte in fase e di ampiezza 25V che possono essere utilizzate per pilotare due carichi in controfase (o in push-pull).

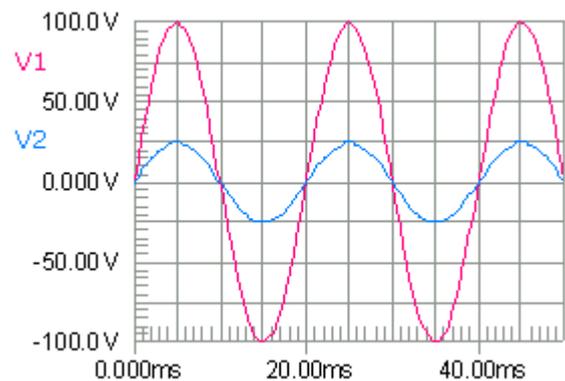


Fig.24

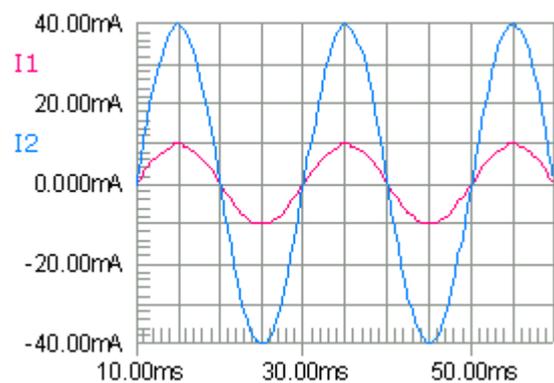


Fig.25

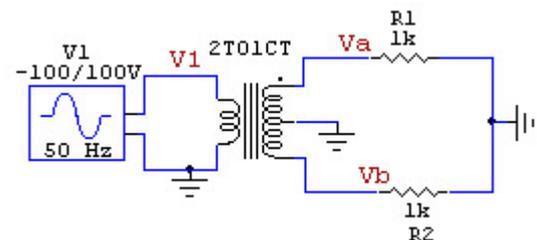


Fig.26

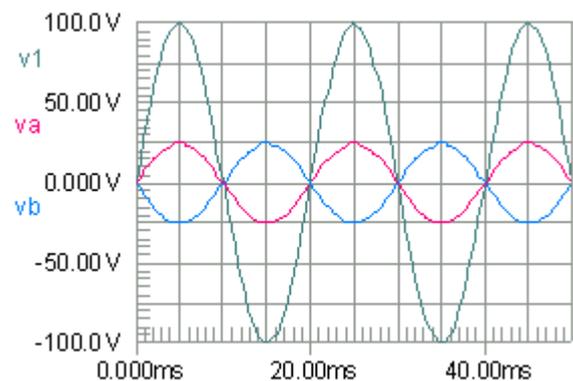


Fig.27