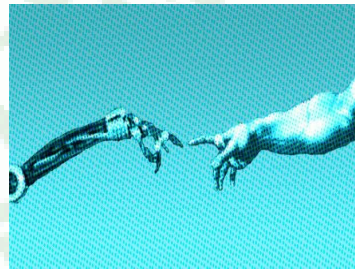




DIE **UNIVERSITA'** DEGLI STUDI DI
TI. **NA** **POLI** FEDERICO II

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA
E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE

Circuiti Raddrizzatori



DIE **UNIVERSITA'**
TI. **NA**

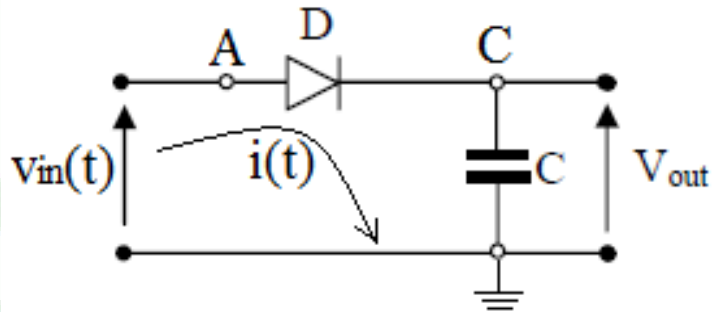
Circuiti raddrizzatori

Outline

- **Rilevatore di picco di segnale sinusoidale**
- **Raddrizzatore a doppia semionda**
 - **Ponte di Graëtz**

Per realizzare un voltmetro numerico in alternata si adottano, generalmente, opportuni blocchi di preconditionamento che, posti a monte di un voltmetro numerico in continua, estraggono una componente continua significativa dalla tensione AC. Essi si diversificano per il tipo di informazione desiderata: valore di picco, valore picco-picco, valor medio, valore efficace.

Rilevatore di picco



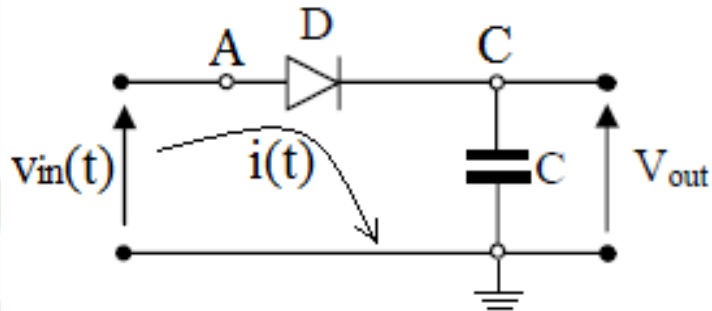
Una soluzione circuitale molto utilizzata per misurare il valore di picco V_P di segnali sinusoidali, è riportata in figura a sinistra.

A regime, per $v_A > v_C$ il condensatore si carica (poiché il diodo è in conduzione) mentre per $v_A < v_C$ il condensatore si scarica (poiché il diodo è interdetto).

Ricordiamo che, in un diodo ideale, la conduzione è possibile in un solo verso:

Se la tensione anodo < catodo \Rightarrow diodo interdetto \Rightarrow corrente bloccata
anodo > catodo \Rightarrow diodo in conduzione \Rightarrow corrente fluisce

Rilevatore di picco



All'istante di tempo $t=0$ il diodo è messo in conduzione e inizia il processo di carica del condensatore.

In ipotesi di diodo ideale esso si comporta come un cortocircuito: ciò implica che non c'è caduta di potenziale ai suoi capi e quindi che $v_{in}(t) = v_{out}(t)$.

Per $t > 0$ avremo quindi una corrente che va a caricare il condensatore:

- aumenta la tensione ai capi del terminale C (catodo),
- la tensione v_{out} segue (riproduce) la tensione in ingresso v_{in} ;

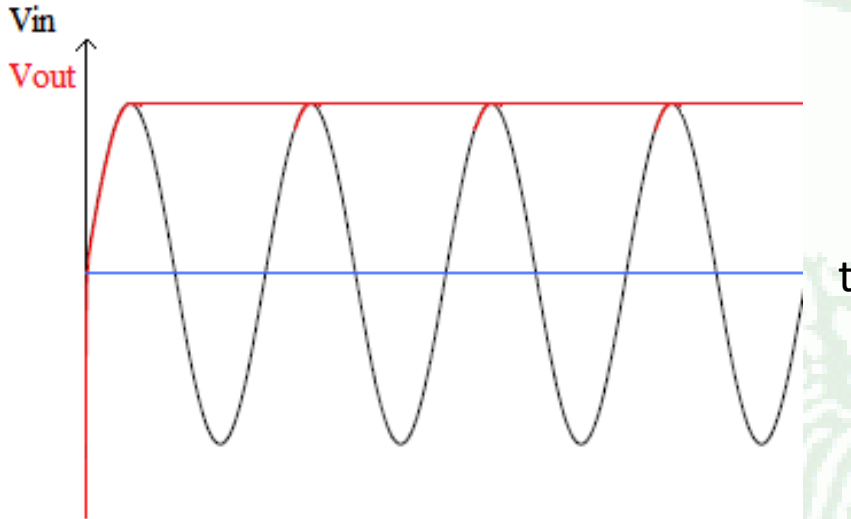
Questo processo continua fino a che $v_A > v_C$.

Non appena $v_A < v_C$

(cioè quando la tensione v_{in} raggiunge il valore di picco positivo) il diodo sarà interdetto: in ipotesi di diodo ideale esso si comporta come un circuito aperto.

A questo punto il condensatore, raggiunto un valore di picco della tensione V_{out} , non ha la possibilità di scaricarsi perché la corrente non può circolare in verso opposto quindi la tensione ai suoi capi resterà costante e pari a V_{out} .

Rilevatore di picco



Rappresentando su un sistema di riferimento cartesiano gli andamenti delle tensioni v_{in} e v_{out} si può osservare che: per istanti di tempo $t > 0$ e per $v_A > v_C$ la tensione v_{out} segue la tensione in ingresso v_{in} cioè $v_{in}(t) = v_{out}(t)$ mentre per istanti di tempo $t > 0$ e per $v_A \leq v_C$ la tensione v_{out} raggiunge il valore di picco V_{out} che si mantiene costante (e che corrisponde al valore di picco della tensione v_{in})

Rilevatore di picco: diodo reale

Per tensioni $v_A - v_C > V_T$, dove V_T è la tensione di soglia di conduzione, il diodo è in conduzione;

per tensioni $v_A - v_C \leq V_T$ (polarizzazione inversa) il diodo reale presenta un comportamento resistivo.

Infatti in esso scorre una corrente, detta *corrente di saturazione inversa*, molto debole e presenta una tensione inferiore o almeno pari alla tensione V_T .

All'istante di tempo $t=0$, per $v_A - v_C > V_T$, il diodo è messo in conduzione e inizia il processo di carica del condensatore: aumenta la tensione ai capi del terminale C (catodo), diminuisce la tensione ai capi del terminale A (anodo) e la tensione v_{out} segue la tensione in ingresso v_{in} .

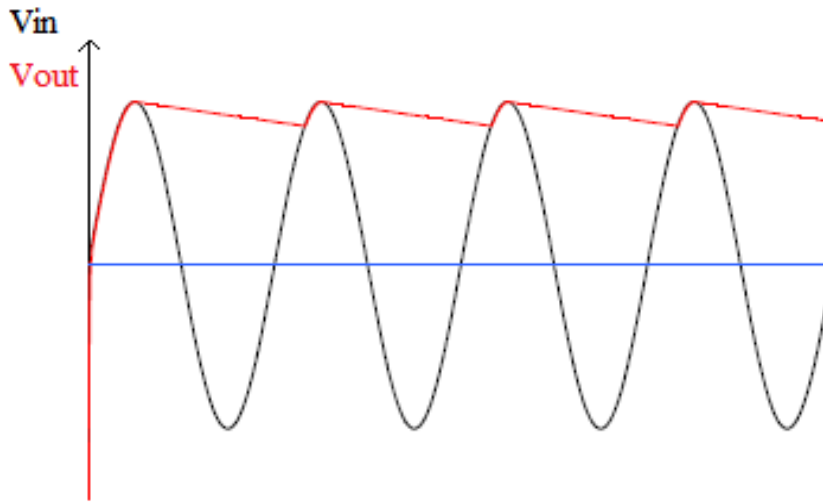
Quando $v_A - v_C \leq V_T$ (cioè quando la tensione v_{in} raggiunge il valore di picco positivo) il diodo presenta un comportamento resistivo: la corrente di saturazione inversa scarica in parte il condensatore.

Rilevatore di picco: diodo reale

Durante il processo di scarica del condensatore aumenta la tensione ai capi del terminale A (anodo) e diminuisce la tensione ai capi del terminale C (catodo): quando si verifica $v_A - v_C > V_T$ il diodo è di nuovo in conduzione e la tensione v_{out} segue la tensione in ingresso v_{in} .

La v_{out} passa così da un andamento decrescente ad uno crescente che attiva di nuovo il processo di carica del condensatore: si verificheranno così delle fasi intermittenti in cui la carica persa durante il processo di scarica viene reinserita nel condensatore durante il processo di carica.

Rilevatore di picco: diodo reale



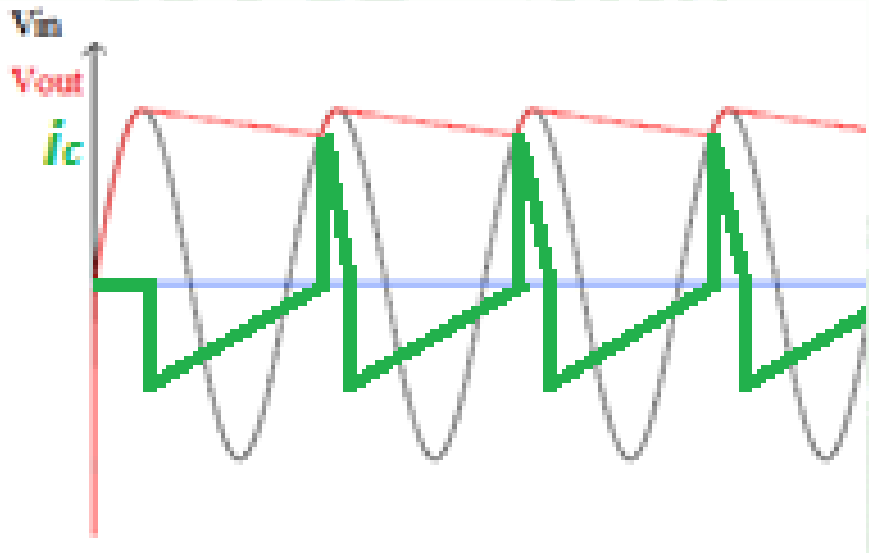
Rappresentando su un sistema di riferimento cartesiano gli andamenti delle tensioni v_{in} e v_{out} si può osservare che:

per istanti di tempo $t > 0$ e per $v_A - v_C > V_T$ la tensione v_{out} segue la tensione in ingresso v_{in} cioè $v_{in}(t) = v_{out}(t)$,

per istanti di tempo $t > 0$ e per $v_A - v_C \leq V_T$ la tensione v_{out} raggiunge il valore di quasi picco V_{out} e decresce

fin quando non si verifica di nuovo la condizione $v_A - v_C > V_T$ e la tensione v_{out} segue di nuovo la tensione in ingresso v_{in} . (E così via...)

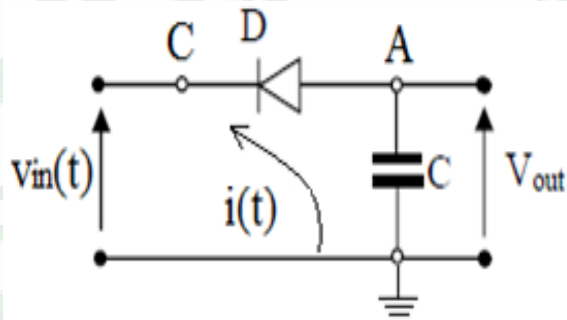
Rilevatore di picco: diodo reale



Rappresentando invece sul sistema di riferimento cartesiano gli andamenti delle tensioni v_{in} e v_{out} e della corrente i_c che attraversa il condensatore si può osservare che: per $v_A - v_C > V_T$ si verifica il processo di carica del condensatore, per $v_A - v_C \leq V_T$ si verifica il processo di scarica del condensatore cioè la corrente i_c diventa negativa e cresce fino ad annullarsi quando si verifica la condizione $v_A - v_C > V_T$ che attiva di nuovo il processo di carica del condensatore.

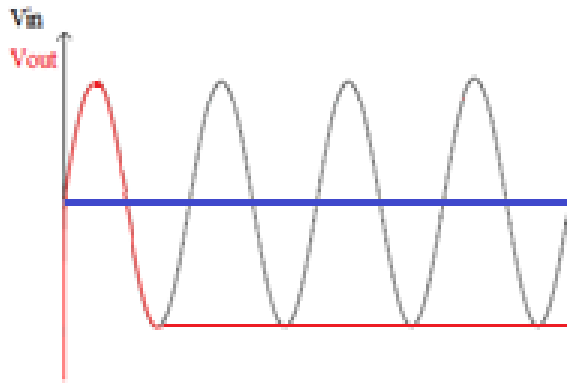
Per $v_A - v_C > V_T$ circola di nuovo una corrente positiva che decresce (all'aumentare della carica reinserita nel condensatore) fino ad annullarsi e a diventare istantaneamente negativa quando $v_A - v_C \leq V_T$. (E così via...)

Rilevatore di picco negativo

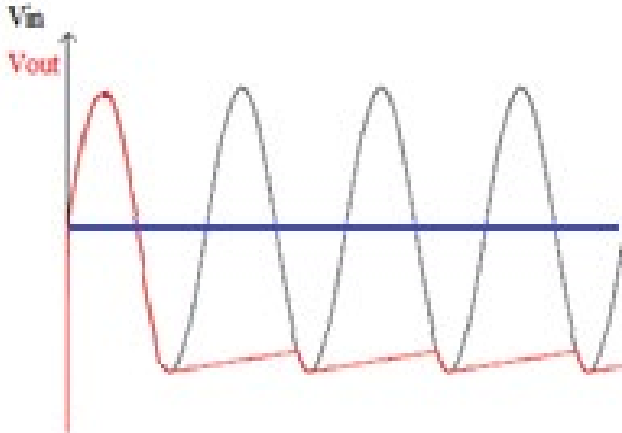


Sulla sinistra è rappresentato il *rilevatore di picco negativo*: in esso il diodo e il condensatore non hanno il morsetto C in comune (come avveniva nel rilevatore di picco positivo) bensì hanno in comune il morsetto A perché è stata cambiata la disposizione del diodo

In ipotesi di diodo ideale, la tensione $v_{out}(t)$ inizialmente segue la tensione in ingresso $v_{in}(t)$ e dopo un transitorio che termina quando la tensione v_{in} raggiunge il valore di picco negativo, la tensione $v_{out}(t)$ resterà costante e pari a V_{out} (e che corrisponde al valore di picco negativo della tensione v_{in}).



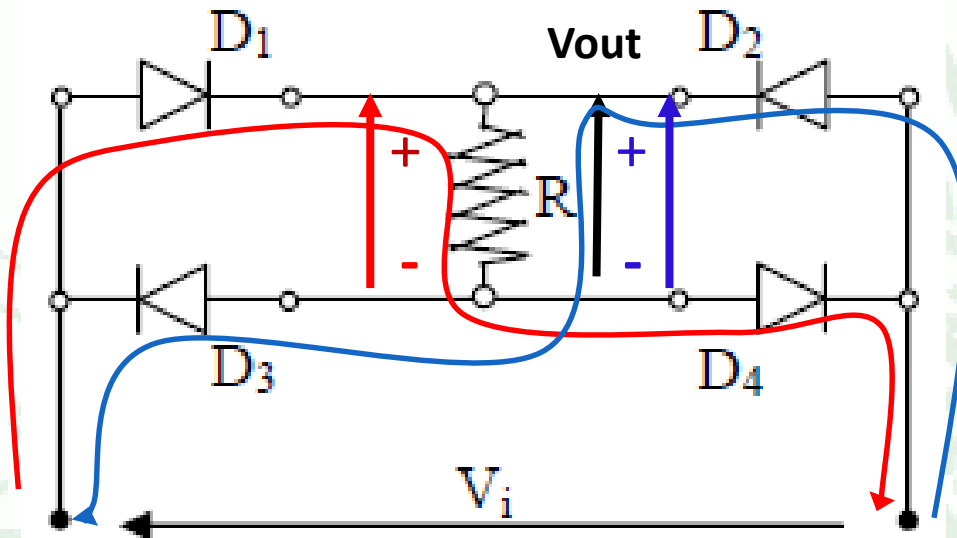
Rilevatore di picco negativo: diodo reale



Se il diodo è reale, la tensione $v_{out}(t)$ inizialmente segue la tensione in ingresso $v_{in}(t)$; quando la tensione v_{in} raggiunge il valore di picco negativo, la tensione $v_{out}(t)$ raggiungerà un valore V_{out} il quale sarà pari al valore di picco negativo del segnale in ingresso v_{in} più una quantità pari alla tensione di soglia V_T : $V_{out} = v_{in} - V_T$ cioè il condensatore assumerà un valore di quasi picco del segnale v_{in} .

Raggiunto il valore V_{out} la tensione v_{out} procede con andamento crescente fin quando il diodo non è di nuovo in conduzione: quando si verifica quest'ultima condizione la tensione v_{out} segue di nuovo la tensione in ingresso v_{in} fino al nuovo valore di picco negativo del segnale v_{in} .

Rilevatore a doppia semionda: Ponte di Graëtz



Se $v_{in} > 0$ viene forzata una corrente oraria (percorso rosso) e fornisce una caduta di potenziale sulla resistenza con il verso positivo indicato in figura.

Se $v_{in} < 0$ viene forzata una corrente antioraria (percorso blu) che produce una caduta di potenziale sulla resistenza R dello stesso segno di quella precedente.

Dato che in entrambi i casi la corrente scorre con lo stesso verso, la V_{out} sarà sempre positiva.

Rilevatore a doppia semionda: Ponte di Graëtz

Se l'uscita del blocco di condizionamento ponte di Graetz, che fornisce una tensione alternata a doppia semionda, è posto in ingresso ad un voltmetro ad integrazione, avremo in uscita al voltmetro, come misura, il valor medio convenzionale della forma d'onda posta in ingresso al blocco di condizionamento.

Il valor medio convenzionale permette di risalire al valore efficace della forma d'onda se si conoscono le caratteristiche morfologiche della forma d'onda:

$$V_{rms} = FF * V_{mc}$$

dove FF è il fattore di forma

Il fattore di forma ha dei valori tabellati per le forme d'onda canoniche (Es. il fattore di forma per l'onda sinusoidale è 1.11, il fattore di forma per l'onda quadra è 1.)

Fattore di Forma

Il fattore di forma è definito come:

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{mc}}$$

Calcoliamo il fattore di forma di un'onda sinusoidale $v(t) = A \sin t$.

Per poter fare ciò è necessario calcolare il valor medio convenzionale:

$$V_{mc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |A \sin t| dt = \frac{1}{2\pi} * 2A \int_0^{\pi} \sin t dt = \frac{A}{\pi} (-\cos t) \Big|_0^{\pi} = \frac{2A}{\pi}$$

E il valore efficace:

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |A \sin t|^2 dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 t dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos 2t}{2} \right) dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \left(\frac{t}{2} - \frac{\sin 2t}{4} \right) \Big|_0^{2\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} * \pi} = \frac{A}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

Il fattore di forma per una sinusoide è quindi:

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{mc}} = \frac{\frac{A}{\sqrt{2}}}{\frac{2A}{\pi}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cong 1.11$$

Fattore di Cresta

Il fattore di cresta è definito come:

$$FF = \frac{V_{picco}}{V_{rms}}$$

Calcoliamo il fattore di forma di un'onda sinusoidale $v(t) = A \sin t$.

Il valore efficace sarà:

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |A \sin t|^2 dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 t dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos 2t}{2} \right) dt} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \left(\frac{t}{2} - \frac{\sin 2t}{4} \right) \Big|_0^{2\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} * \pi} = \frac{A}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$
$$FF = \frac{V_{picco}}{V_{rms}} = \frac{A}{\frac{A}{\sqrt{2}}} = \sqrt{2} \cong 1,414$$