

Dispositivi attivi: utilizzati per moltissime funzioni diverse

Punti di vista per una classificazione (oggi)

a) Modo di funzionamento:

*Analogico / Lineare vs Logico / Digitale*

[Inoltre: *Mixed Signal* ( ← Entrambi)]

b) Funzione

Molte diverse

Forte tendenza a unita' funzionali complesse integrate su un unico chip

Mattoni elementari:

Come nel LEGO, 'pochi' (?) tipi fondamentali

[Oggi in numero maggiore di ieri i tipi di componenti elementari;  
tuttavia scenario generale dominato dai MOS, fundamentalmente tutti simili]

Molte variet a' riguardo dimensioni,

frequenza di lavoro, correnti/tensioni/potenze max, etc

Caratteristica  $I - V$  della giunzione  $pn$ : Eq. di Shockley

$$I = I_S \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) = I_S \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right)$$

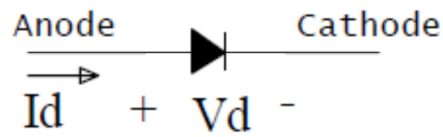
$I_S$  corrente (inversa se  $V < 0$ ) di saturazione

$I_S$  molto piccola, aumenta rapidamente con  $T$

$$V_T = \frac{kT}{q} \text{ tensione termica } \sim 26 \text{ meV @ } T = 300 \text{ K}$$

$I$  aumenta molto rapidamente con  $V$  quando  $V \geq 0.7 \text{ V}$  (Silicio)

$I \approx -I_S$  quando  $V < 0$ ;

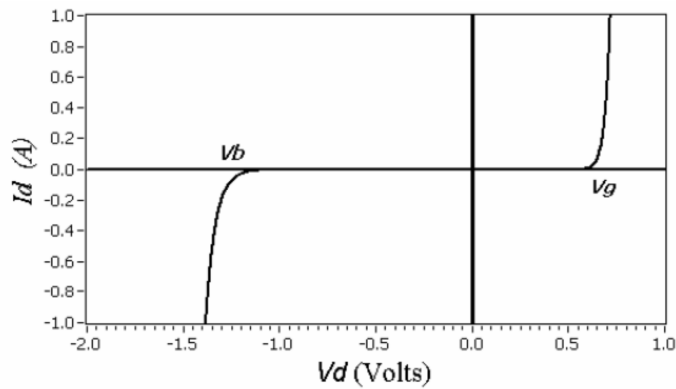


Diodo: Giunzione *pn*

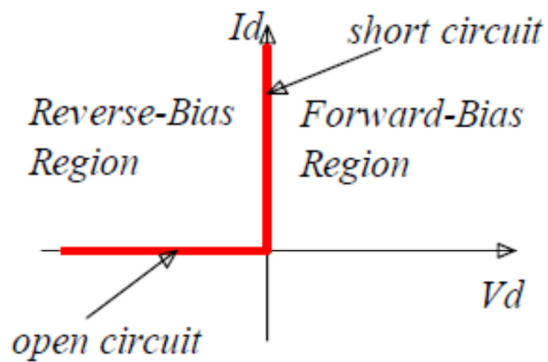
Caratteristica  $I - V$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{non lineare} \\ \text{dipendente dalla polarita' di V} \end{array} \right.$

$V_g$  : tensione di ON  $\sim 0.6 - 0.7$  V per Si

$V_b$  : tensione di breakdown, variabile entro limiti molto larghi

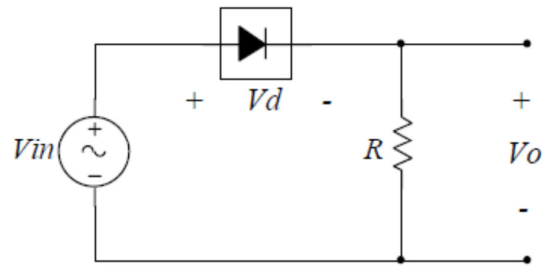


Approssimazione drastica:

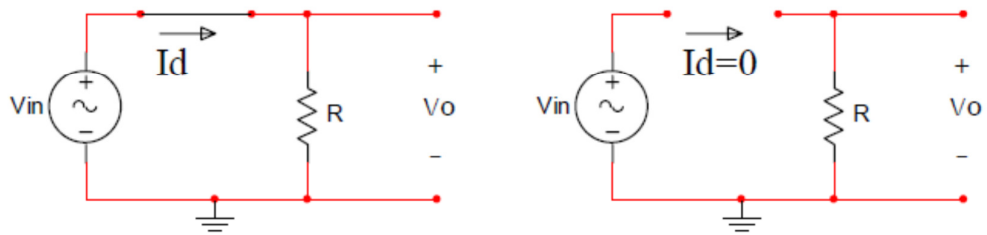


## Circuiti con diodi

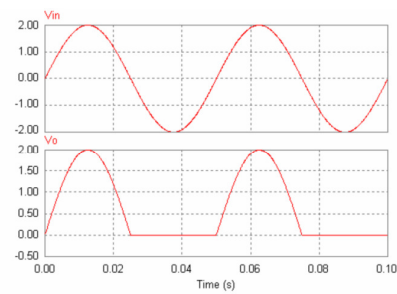
### a) Raddrizzatore a una semionda



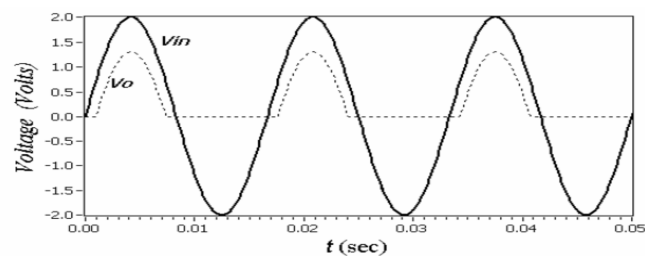
Circuiti equivalenti per  $V > 0$  e  $V < 0$



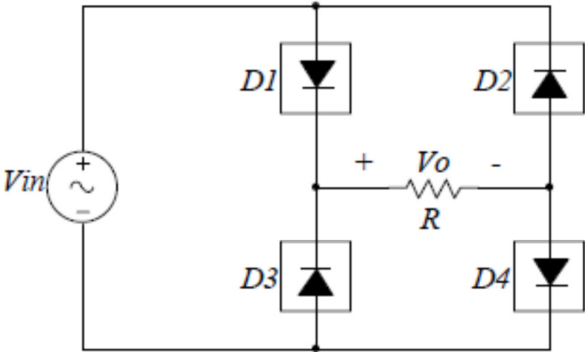
Risultato, approx drastica:



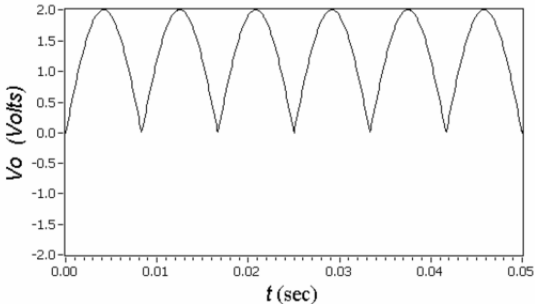
Risultato, approx realistica:



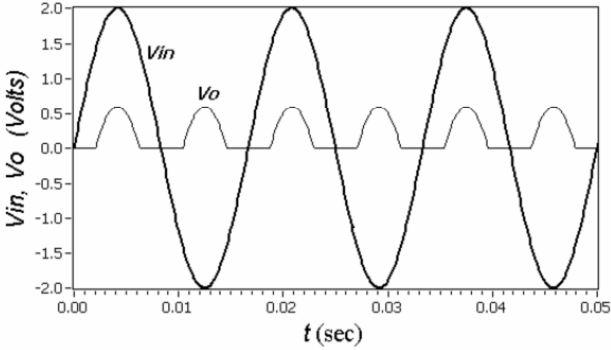
b) Raddrizzatore a due semionde



Risultato, approx drastica:

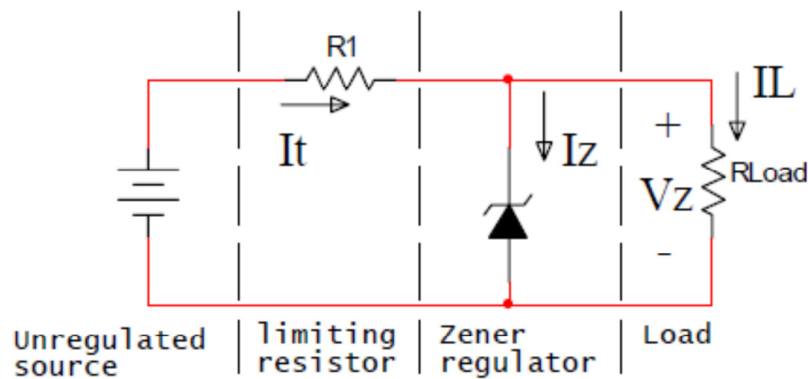


Risultato, approx realistica:



c)Regolatore di tensione:

Sfrutta la tensione di breakdown



$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} \quad \text{corrente nel carico}$$

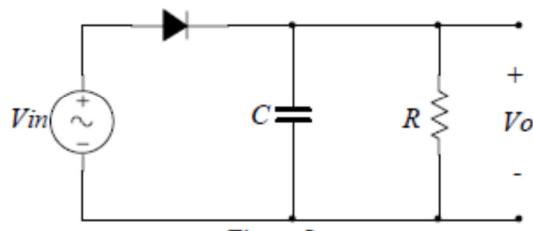
$$I_L + I_Z = I_T \quad \text{corrente totale}$$

Per  $V_{in}$  variabile ( $\leftarrow$  instabile):

$$V_Z = \text{cost} \rightarrow I_L \text{ stabilizzata} \rightarrow V_L = V_Z \text{ stabilizzata}$$

d) Raddrizzatore migliorato:

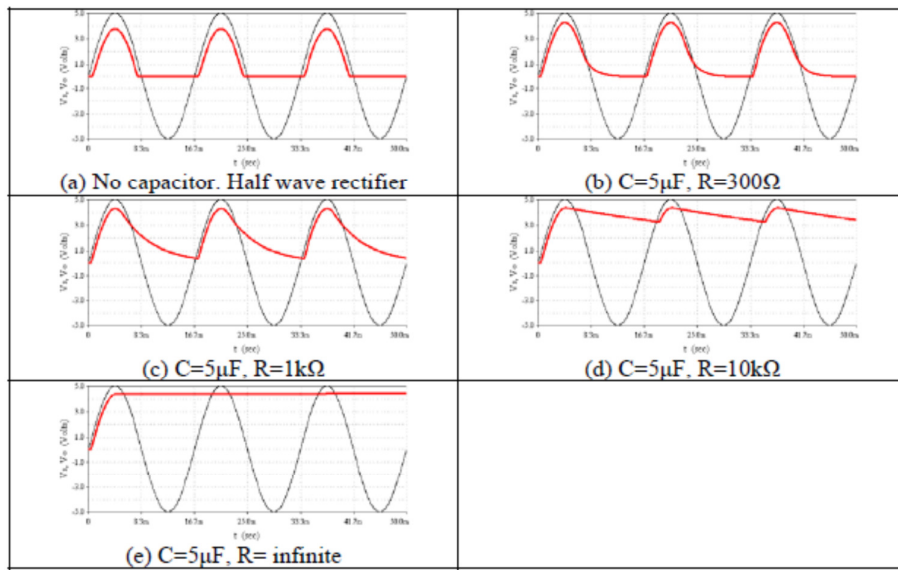
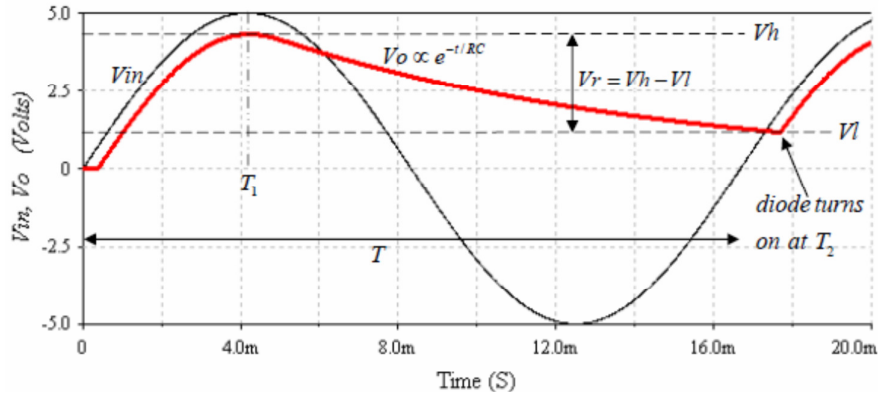
Aggiunta di una capacita' in parallelo al carico



Semi-ciclo positivo: Diodo  $\sim$  c.chiuso  $\rightarrow V_{out} \sim V_C \sim V_{in}$

Semi-ciclo negativo: Diodo  $\sim$  c.aperto  $\rightarrow C$  si scarica attraverso  $R$

$\rightarrow$  Se  $RC \gg \text{periodo}$ , riduzione dell'andamento pulsato di  $V_{out}$



e) LED

Emissione di luce al passaggio di corrente, continua o variabile

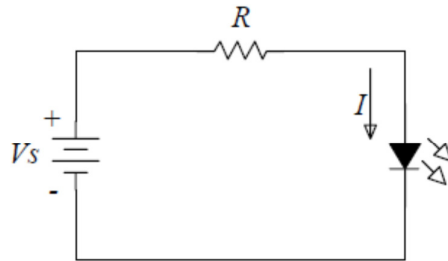
Meccanismo:

Ricombinazione  $e-h$  nello strato di svuotamento quando il diodo e' in conduzione

Intensita' luminosa  $\propto$  Corrente

Colore luce: dipende da  $E_{gap}$

Materiali vari, non Si:  $V_g \sim 1.5 - 2.5 \text{ V}$

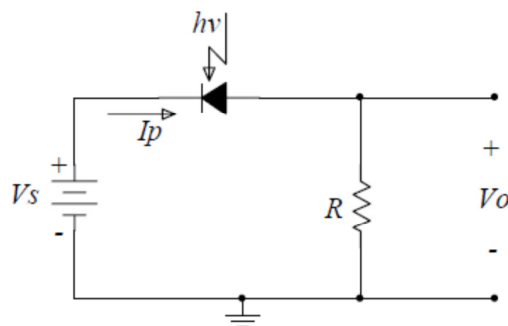


f) Fotodiodo

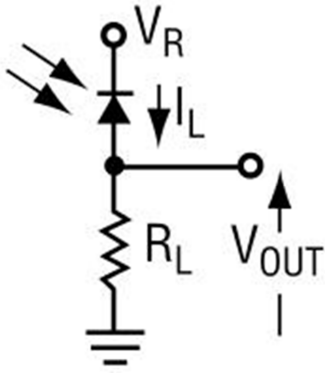
Passaggio di corrente in presenza di radiazione luminosa quando il diodo e' interdetto

Meccanismo:

Formazione di coppia  $e-h$  nell'assorbimento di 1 fotone

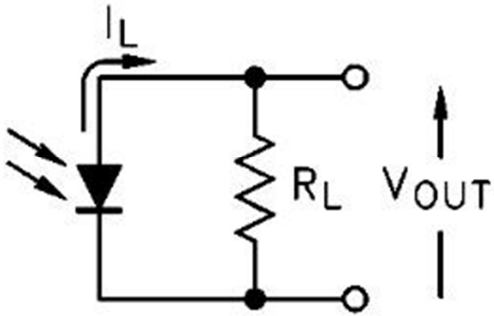






Modo fotoconduttivo:

Richiede polarizzazione inversa



Modo fotovoltaico:

Usato nelle celle solari

## Proprieta' resistive e reattive del diodo

### a) Resistive

Pol. inversa:

$$R_{eq} \rightarrow \infty$$

Pol. diretta:

$$I = I_S \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right)$$

$$\frac{dI}{dV} = \frac{I_S}{V_T} \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) \approx \frac{I}{V_T}$$

$$\rightarrow R_{din} \approx \frac{V_T}{I} \sim \frac{0.026}{I} \Omega = 26 \Omega @ I = 1 \text{ mA}$$

### b) Reattive

- Capacita' di transizione  $\sim$  Cap. del depletion layer

$$C_T = \frac{A}{V^\alpha}, \quad A, \alpha \text{ dipendente dal tipo di giunzione}$$

Dominante per pol. inversa

- Capacita' di diffusione: dovuta allo storage di carica nella giunzione

$$Q = I\tau_F, \quad \tau_F \text{ tempo di transito dei portatori nella giunzione}$$

$$C = \frac{dQ}{dV} = \tau_F \frac{dI}{dV} = \frac{\tau_F}{V_T} I$$

Dominante per pol. diretta

Circuito equivalente del diodo in conduzione:

