

14 - Circuiti con diodi

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

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

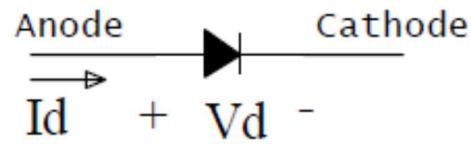
I_S corrente (inversa se $V < 0$) di saturazione

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 $V < 0$;

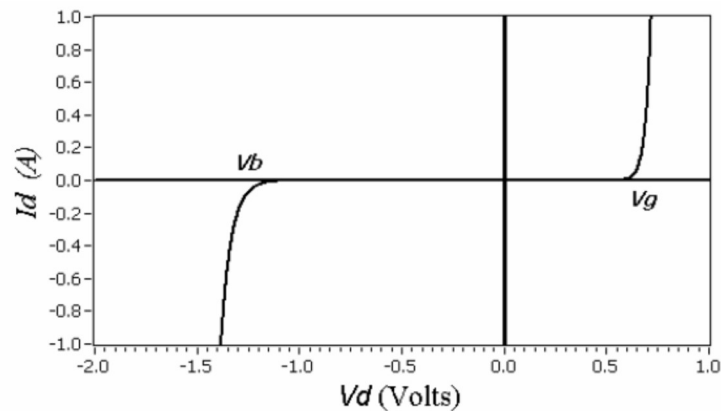


Diodo: Giunzione *pn*

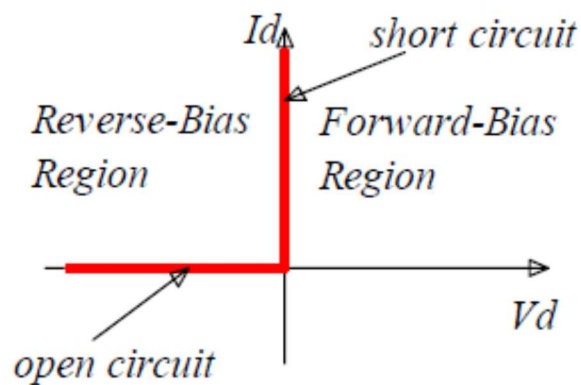
Caratteristica $I - V$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{non lineare} \\ \text{dipendente dalla polarita' di V} \end{array} \right.$

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

V_b : tensione di breakdown, variabile entro limiti molto larghi

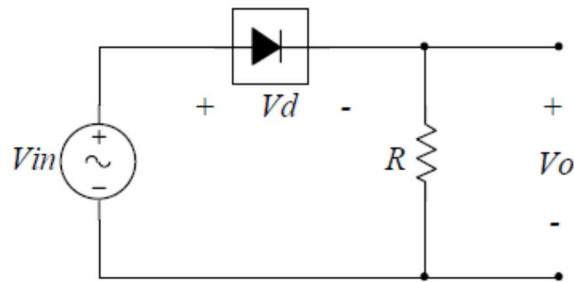


Approssimazione drastica:

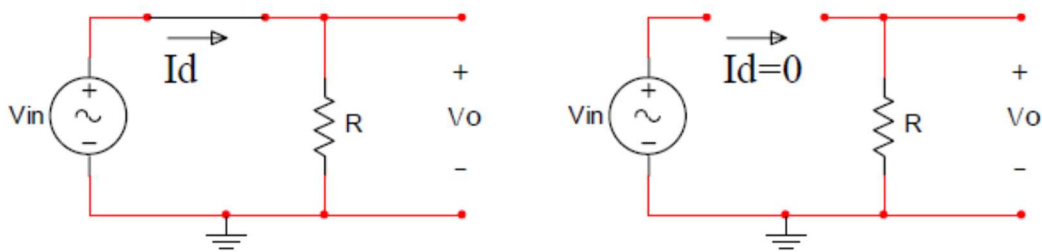


Circuiti con diodi

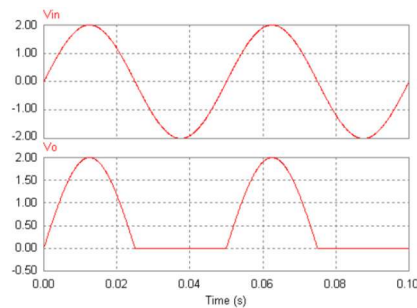
a) Raddrizzatore a una semionda



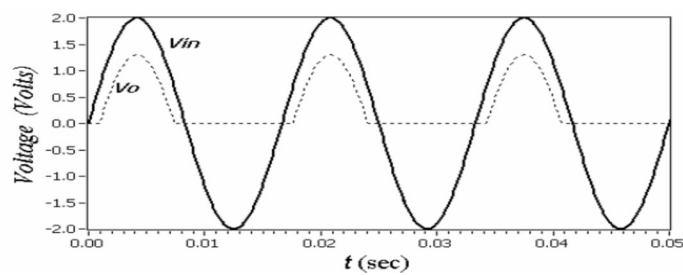
Circuiti equivalenti per $V > 0$ e $V < 0$



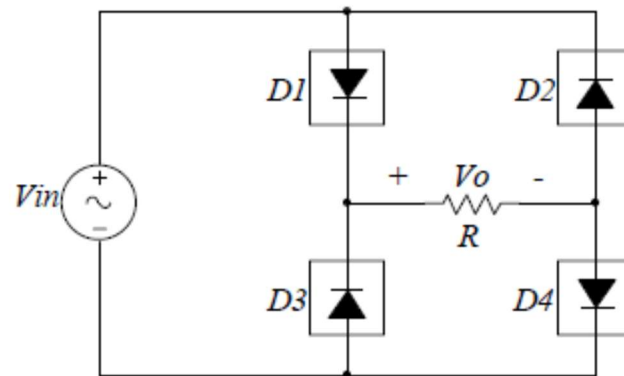
Risultato, approx drastica:



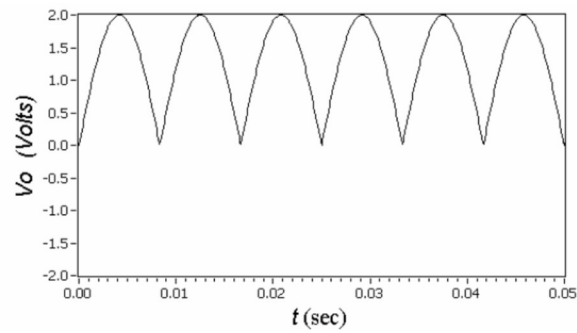
Risultato, approx realistica:



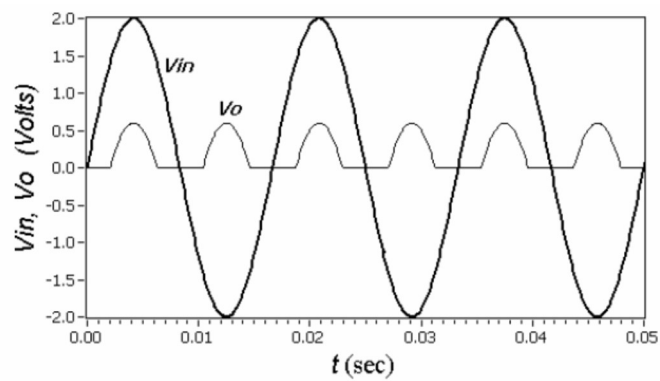
b) Raddrizzatore a due semionde



Risultato, approssimazione drastica:

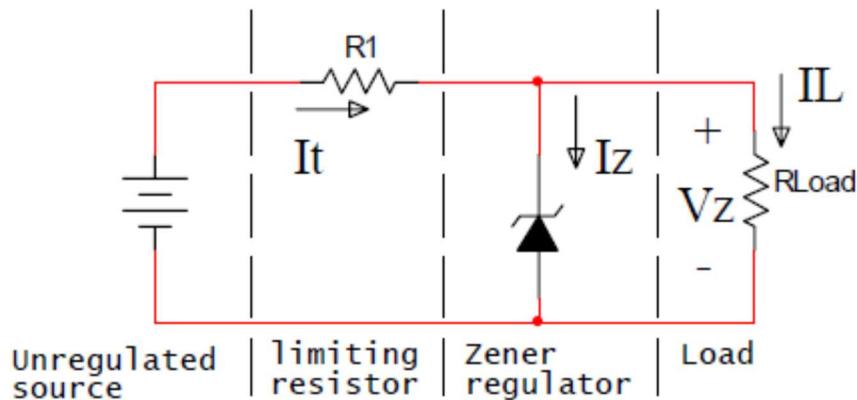


Risultato, approssimazione realistica:



c)Regolatore di tensione:

Sfrutta la tensione di breakdown



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

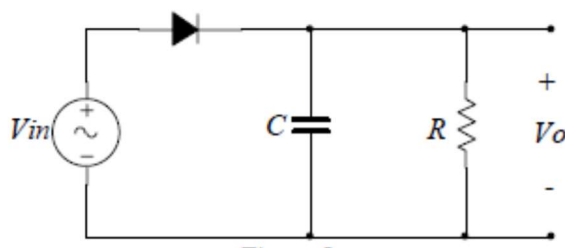
$$I_L + I_Z = I_T \quad \text{corrente totale}$$

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

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

d) Raddrizzatore migliorato:

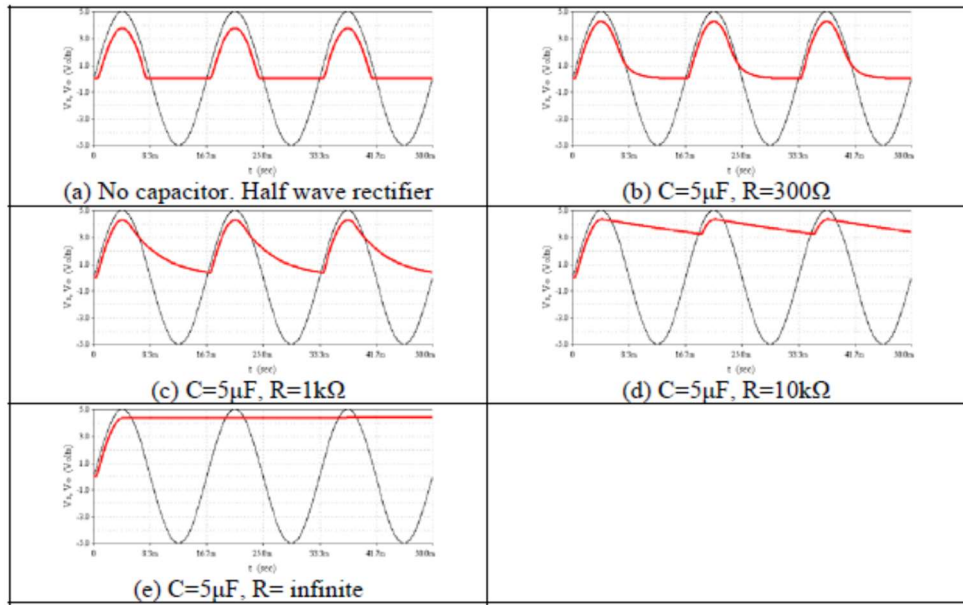
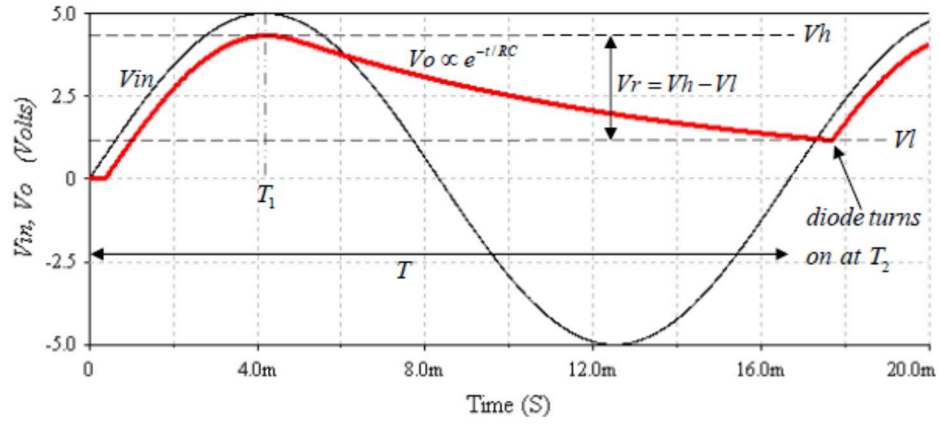
Aggiunta di una capacita' in parallelo al carico



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

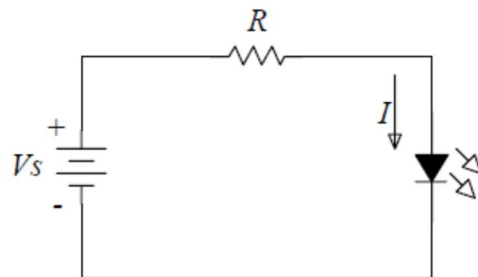
Meccanismo:

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 : $V_g \sim 1.5 - 2.5 V$

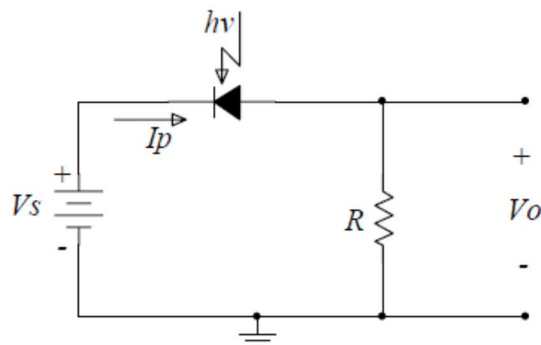


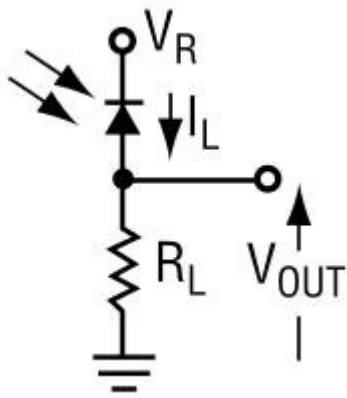
f) Fotodiodo

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

Meccanismo:

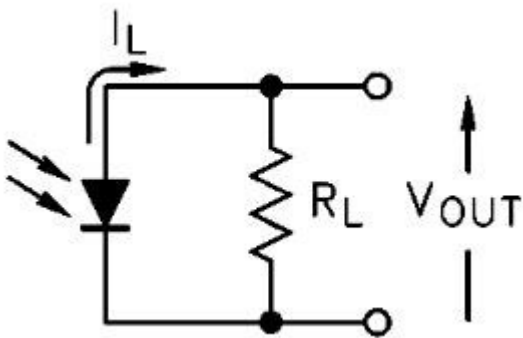
Formazione di coppia $e-h$ nell'assorbimento di 1 fotone





Modo fotoconduttivo:

Richiede polarizzazione inversa



Modo fotovoltaico:

Usato nelle celle solari

Proprietà 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

- Capacità 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

- Capacità 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:

