Elettronica Analogica

29·02·2016

Diodi

→ FUNZIONAMENTO

- Sottoposto a ddp capace di far scorrere corrente; abbiamo considerato diodo che conduce come
- Comportamento unidirezionale: ponendo a ai capi una ddp negativa [Già visto]

Realizzazione:

- Inizialmente era un dispositivo a vuoto, un filo conduttore caldo; preso un elettrodo scorre corrente (...)

- Oggi: si sfruttano proprietà di SEMICONDUTTORI, modificati

  - Materiali del 4° gruppo o composti 3-5 gruppo: silicio, germanio, arseniuro di gallio. Stato monocristallino, legame covalente con 4 elettroni coinvolti → struttura ordinata migliore per caratteristiche
  - Scarsa conducibilità nel materiale puro: a Tamb ci sono pochi portatori di carica; spezzando un legame, elettroni e lacune* (assenza di uno dei 4 legami) → vari legami si spezzano, poi si ricombinano
    ↓ tuttavia...
  - Possibilità di includere altri atomi nel reticolo cristallino:
    - Accettori (elem del III gruppo: boro, gallio, indio)
    - Donatori (" " V " ; fosforo, arsenico, antimonio)

Inizialmente si faceva per diffusione. Oggi con «impiantazione ionica»

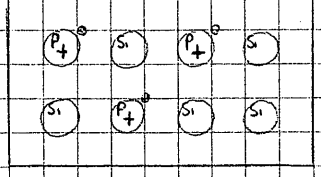
* Comportamento da una q+.



→ SEMICONDUTTORI DROGATI

- Di tipo n: DROGANTI DONATORI: hanno 5 elettroni disponibili; 4 si impegnano nel legame con il cristallo semiconduttore, 1 resta libero e può CONDURRE CORRENTE

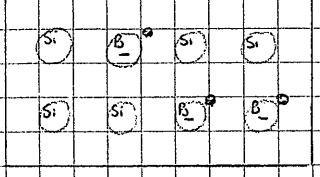
Es: Si drogato con atomi di fosforo (P); portatori di corrente: elettroni



Pallini = elettroni

- Di tipo p: DROGANTI ACCETTORI: hanno 3 elettroni disponibili, quindi rimane un legame scoperto che si definisce LACUNA, che si comporta come una q+ e permette il movimento di cariche, come un buco nella fila

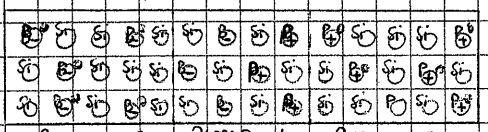
Es: Si drogato con atomi di boro (B); portatori di corrente: lacune.



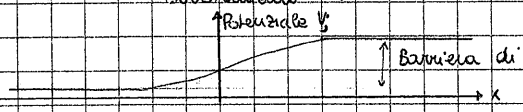
Pallini = lacune

→ Senza interventi esterni, tendenza a diffondere verso la zona meno concentrata da parte di ogni specie elettroni verso p, lacune verso n)
Nella zona di interfaccia si viene una condizione di stabilità, senza cariche libere. Ciò accade solo nel mezzo, nella "zona di svuotamento", non altrimenti. Infatti si genera un campo elettrico e un potenziale, che ostacola un'ulteriore diffusione
In realtà si ha un equilibrio dinamico tra corrente di diffusione dei portatori e di drift, delle lacune).

Giunzione pn:

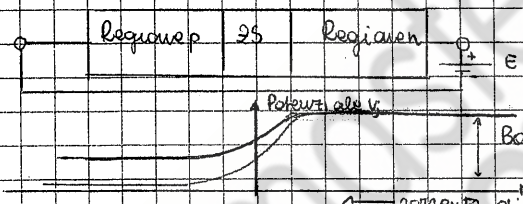


• Per realizzarlo, prima la rendo tutto di tipo p, poi dopo alcuni passaggi, la faccio diventare parzialmente di tipo n, con Boro: si creano le 3 regioni.
* dovuta al fatto che in ZS si hanno ioni

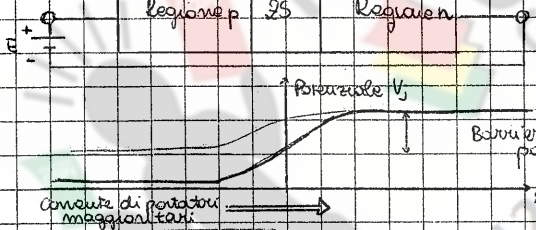


→ Polarizzazione inversa
Si aumenta un potenziale esterno a uno già presente, quindi ci aspetteremo una regione centrale con i=0
Tuttavia si avrà una corrente legata ai legami che si spezzano, corrente abbastanza bassa, a meno che qualcuno non perturbi la zona di svuotamento.

Potenziale che si oppone a diffusione, si amplia la ZS.



→ Polarizz. diretta:
Tengo un potenziale che favorisce la diffusione, contrastando potenziale che si era creato, cioè favorendo corrente di diffusione e contrastando la corrente di drift.
Tutto legato a concentrazione e legge di Fick

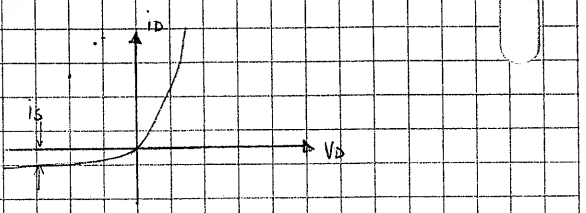


PROPRIETÀ DEL DIODO A GIUNZIONE

→ Caratteristica i-v del diodo

Eq di Shockley: $I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right)$

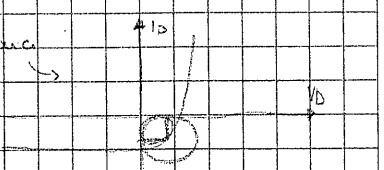
- V_D, I_D: tensione e corrente del diodo
- η: fattore di idealità (1 ÷ 2)
- I_S: corrente inversa di saturazione
- $V_T = \frac{KT}{q}$: tensione termica, ≃ 26 mVolt a Tamb.
- K: costante di Boltzmann
- T: temperatura assoluta della giunzione
- q: carica dell'elettrone



• Per $V_D < 0$, l'exp diventa piccolissimo e ottengo $I_D = -I_S$: in interdizione ho una I_D non nulla, ma è legata a rottura legami in ZS, quindi alla temperatura.
I_S è corrente inversa di saturazione.

• Per $V_D = 0$, $I_D = 0$: NO potenziale, NO corrente che scorre
NB: illuminando diodo, anche se $V_D = 0$ ho corrente: PANNELLI FOTOVOLTAICI

Pannelli fotovoltaici



Tensione di accensione del diodo, V_γ

- V_D per correnti di interesse pratica; V_D dipende da I_D con legge logaritmica (quindi poco)
- correnti in un diodo sempre tra valore max e $1/100$ valore max.

Definizione convenzionale: (@ $I_D = I_0$) se $i = i_0 \cdot 10$, $V_D = V_{D0} + (59\,mV \cdot \eta)$

- V_γ = tensione per $I_D = 1$ mA
- Dipende principalmente dal materiale: Silicio: 0,7V
  Germanio: 0,2V
  Arseniuro di Gallio: 1,5V

Determinazione dei parametri:

Grafico semilog (in base 10) della caratteristica i-v: - andamento lineare (retta)
- da pendenza si ricava η
- da intercetta su x, la corrente inversa di saturazione.

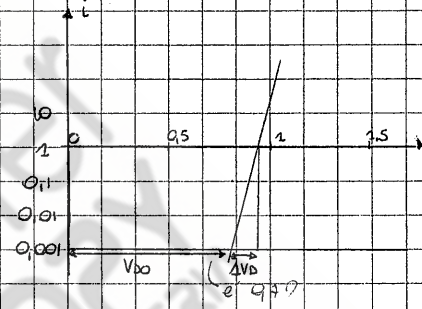
$$i_D = i_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right) \simeq i_S \cdot e^{\frac{V_D}{\eta V_T}}$$

$$\log\left(\frac{I_D}{I_0}\right) = \frac{V_D}{2{,}3 \cdot \eta V_T} + \log\left(\frac{I_S}{I_0}\right)$$

$$\eta = \frac{\Delta V_D}{3 \cdot 2{,}3 \cdot V_T} \qquad I_S = I_0 \cdot 10^{-\frac{V_{D0}}{2{,}3 \cdot \eta V_T}}$$

3 decadi di corrente

↑ poniamo $I_D = 0$, quindi $\log(1) = 0$



Effetti della temperatura

(In genere max 150°C; poi nel Silicio, per esempio, gli ioni "saltano", cioè gli elettroni vanno in giro)

- Effetto su corrente di saturazione inversa (variazione percentuale costante, raddoppia circa ogni 10°)
  └ Oppure: ↑grado, ↑7%
- Effetto su tensione V_γ (decresce in modo quasi lineare; per Si, $+2\,mV/°C$) dimo:

$$V_\gamma = \eta \frac{KT}{q} \ln\left(\frac{I_D - I_S}{I_S}\right)$$

$$\frac{dV_\gamma}{dT} = \frac{V_\gamma}{T} + \eta \frac{K}{q} \cdot \frac{I_S}{I_D - I_S}\left(-\frac{I_D}{I_S^2}\right) S \cdot 0{,}072$$

$$\frac{dV_\gamma}{dt} \simeq \frac{V_\gamma}{T} - 0{,}072 \cdot \eta \cdot V_T$$

$$\frac{dI_S(T)}{dT} \simeq I_S(T) \cdot \frac{0{,}072}{K}$$

$$I_S(T) = I_S(T_0)\, e^{0{,}072(T - T_0)}$$

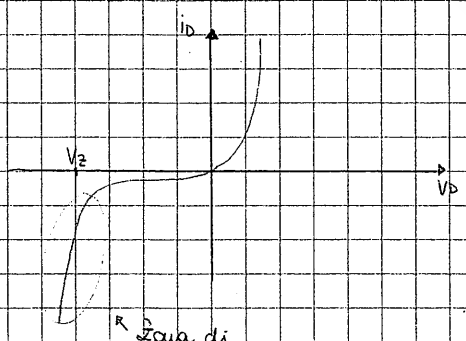
Cerco T_1, temperatura in cui I_S è raddoppiata →

$$I_S(T_1) = 2\, I_S(T_0) = I_S(T_0) \cdot e^{0{,}072(T_1 - T_0)}$$

$$T_1 = T_0 + \frac{\ln(2)}{0{,}072} = T_0 + 9.627\,K$$

Il fenomeno del break down

- CE sufficiente a rottura dei legami: ○ produzione di molte coppie elettrone-lacuna:
  - Effetto tunnel o Zener elettroni strappati dal CE
  - Effetto valanga: rottura dei legami per urto



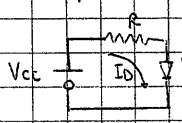
○ potenziale costante V_Z indipendentemente dalla corrente, utile per realizzare riferimenti di tensione (V)

Comportamento problematico: in questa zona si hanno alte i e v ⇒ grande potenza dissipata, il diodo si brucia;

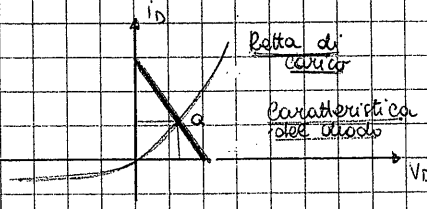
Fenomeno avviene a tensioni specifiche e curva molto ripida, tanto che tensione sembra costante.
Per ciò, fenomeno impiegato in alcuni diodi particolari (Zener), per avere una tensione di riferimento. (V)

RICERCA del PUNTO di RIPOSO in CIRCUITI con DIODI REALI → V_D e i_D in cui lavora un diodo in un dato circuito

Metodo grafico: metodo della RETTA di CARICO
- si esprime funzionamento della parte lineare del circuito in funzione dei generatori, di V_D e I_D.
- si riporta l'eq. della retta ricavata (retta di carico) sul grafico della caratteristica i-v.
- il punto di lavoro è dato dall'intersezione



$V_D = V_{cc} - R \cdot i_D$
└ retta di carico del diodo

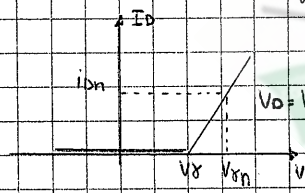


Metodo iterativo
- Si parte da una soluzione approssimata per V_D (es: 0,7); risolvo circuito trovando I_D.
Dall'espressione di i-v si ricava un nuovo valore di V_D, compatibile con corrente trovata.
Si ripete finché la differenza tra 2 iterazioni è < soglia prefissata

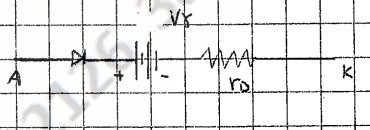


Modello per grandi segnali: circuito aperto fino a V_γ, poi retta con pendenza costante

Comportamento in inversa praticamente ideale
In polarizzazione diretta si tiene conto della tensione di accensione e della resistenza differenziale della giunzione. Modello con diodo ideale, generatore V_γ e resistenza r_D



Assumiamo pendenza costante di exp.



Nel diodo ideale, $V_\gamma = 0$ Talvolta si semplifica ulteriormente, la $r_D = 0$. pendenza

→ Spesso si lavora in condizioni in cui la info importante è presente in piccole variazioni rispetto al p.to di equilibrio: spesso la info è nella PERTURBAZIONE, nell'intorno del punto di riposo. *

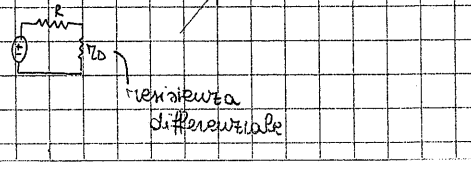
MODELLO STATICO PER PICCOLI SEGNALI

Nell'analisi linearizzata il diodo resta nella stessa regione.
- In inversa può essere sostituito con un circuito aperto; resistenza nell'ordine di gigaohm
- In diretta si modella con una resistenza differenziale; inverso della pendenza della caratteristica i-v nel punto di lavoro analiticamente..

$$v_D \cong \eta V_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S}\right) \qquad r_D = \frac{dv_D}{di_D} \cong \eta \frac{V_T}{I_D}$$

Approssimazione lineare:

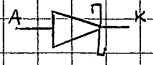
$$i_D = f(v_D) \quad f(v_D + dv_D) = f(v_D) + \frac{df}{dv_D} \cdot dv_D$$



* Nel nostro caso, trovato p.to di riposo Q, ci interessa capire quale Δi_D è determinata da una ΔV_D ↓ Cioè l'hp che la i_D si muova sulla tangente a Q

DIODI PARTICOLARI (già visti: cellule fotovoltaiche)

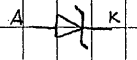
Schottky: diodi a giunzione metallo-semiconduttore (drogato leggermente) → sostituisce n

Simbolo: 

tensione di accensione minore (0,3 V)

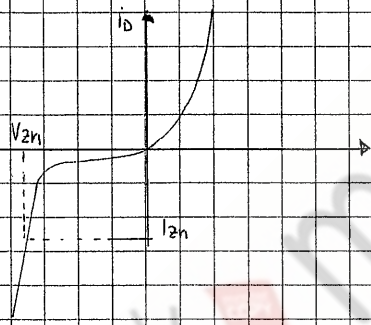
Corrente trasportata da portatori maggioritari: diffondono verso metallo e non verso un semiconduttore di tipo opposto, ove sarebbero minoritari; manca tempo di immagazzinamento; dispositivi molto più veloci (per spegnere un diodo normale, prima si deve ripristinare la situazione "normale", cioè lacune in p ed elettroni in n, ciò richiede del tempo).

Zener: funzionano nella regione di break down; fatti in modo da avere tratto più verticale possibile

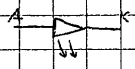


In diretta sono diodi normali, in inversa conducono se la tensione inversa supera V_Z

Nelle condizioni nominali (V_{Zn} @ I_{Zn}) presentano una bassa resistenza differenziale r_z



- Modello per grandi segnali:
  - Resistenze: resistenza differenziale in diretta r_D e in break down r_Z
  - Tensioni batteria: tensione di accensione in diretta: $V_{f0} = V_\gamma - I_D r_D$; " " " inversa: $V_Z = V_{Zn} - I_{Zn} r_Z$

Led: 

- «Light emitting diodes»: vari colori (giallo, verde, blu), emissione spettrale a righe.
- Particolari tipi di materiali (arseniuro di Ga, Si poroso)
- Caratteristiche elettriche: V_γ elevata (1,5 V), tensione di breakdown bassa

Sfrutta il fatto che si ha un salto di potenziale ciò determina un emissione di energia a causa di salto dell'elettrone (il silicio si scalda), emettendo radiazioni.

Led bianco: è UV in realtà, ma un gas contenuto nella lampadina emette bianco sottoposto a tali raggi.

master COPY COPISTERIA