

24/10/2023

• Solgere problemi nel continuo
non in digitale, no dati campionati

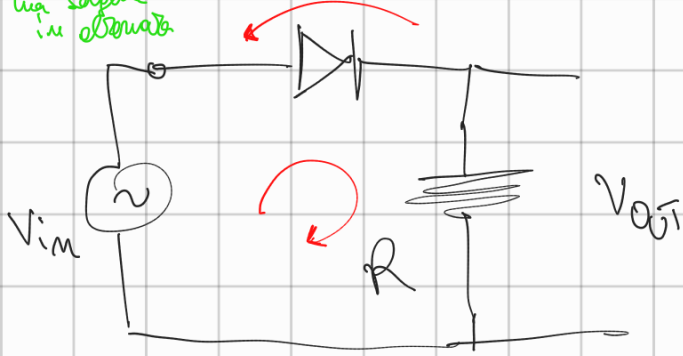
$$V_{in} = A \sin(2\pi f t)$$

Forma d'onda d'uscita?

$$i = \frac{V_{in} - V_D}{R}$$

R qualsiasi?

A determina il modo di lavoro



R non è a caso, non posso prendere troppo piccola

$$I_D = \frac{V_D}{R}$$

Tensione ai capi del diodo

$$\rightarrow i = \frac{V_{in} - V_D}{R}$$

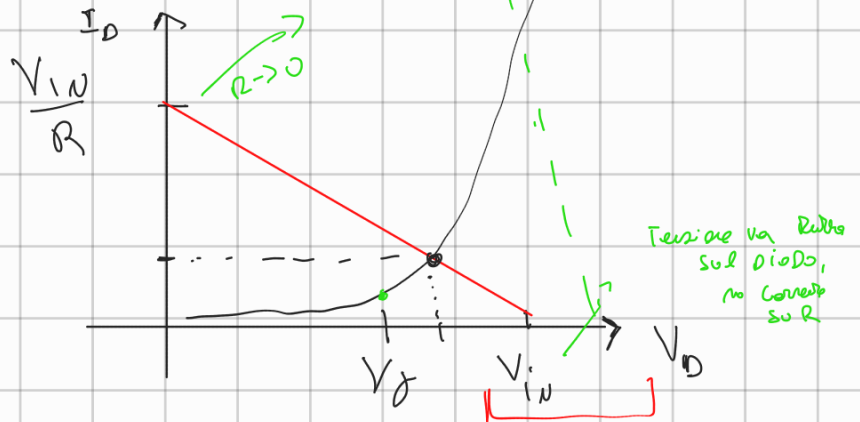
Corrente media

$i = I_D$, unica corrente nella maglia

$$\Rightarrow V_{OUT} = V_{in} - V_D$$

$$I_D = \frac{V_{in} - V_D}{R} = \frac{V_{OUT}}{R}$$

Stessa grandezza della tensione.



Tensione va tutto sul diodo, no corrente su R

Potenza di carico

Potenza di carico = mi determina punto di lavoro, se molto piccola, dunque vera tensione e corrente del diodo, e dunque se la potenza assorbita dal diodo

Potenza in regime sinusoidale

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T I_D V_D dt$$

in alternata

→ ora dunque un limite sulla potenza

Se invece non ho un periodo faccio il limite.

$\lim_{T \rightarrow \infty} P$ se il periodo non c'è

non posso mettere R a caso

a caso

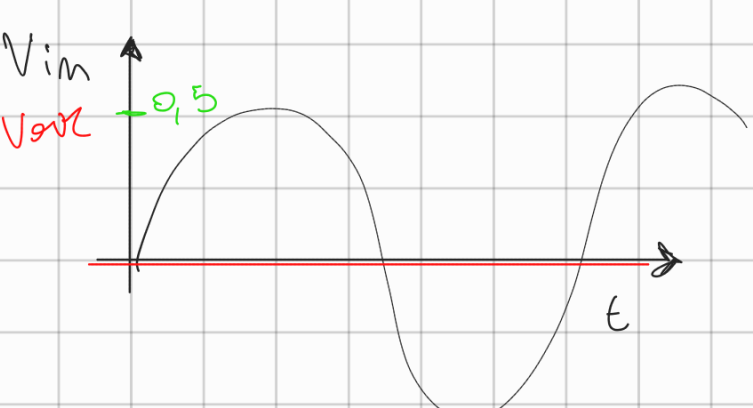
Calcolo punto di lavoro (anche se è lineare)

Punto lavoro, rapporto tensione e corrente.



PUNTO DI LAVORO NON POTRA' MAI AVERE UNA Tensione MAGGIORE di quella MASSIMA su cui gestiamo il circuito

tensione lavoro non può più essere più grande di quella di alimentazione

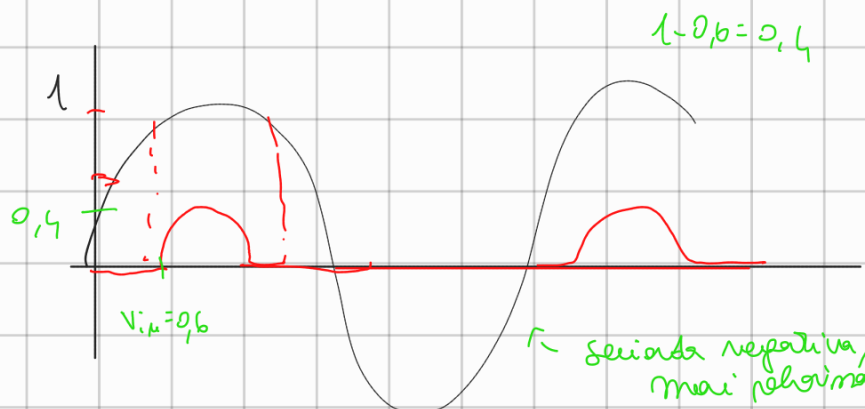


$r_d = 0$
 $V_d = 0.6V$

0,5 volt, diodo non polarizzato

$A = 0.5V$

e' sempre 0 la tensione in uscita, DIO DO NON VA MAI IN POLARIZZAZ.



$1 - 0.6 = 0.4$

in uscita max 0.4

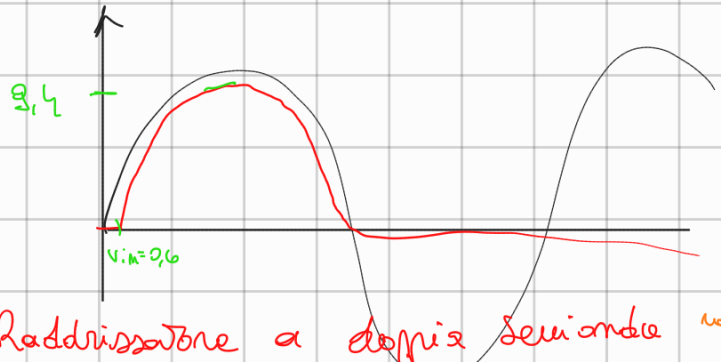
essere polarizzato

Raddrizzatore a singola semionda

$V_{out} = V_{in} - V_D$ quando $V_{in} \geq 0.6$

Raddiamo il 50% della singola semionda

$A = 0.5V$



Raddrizzatore a doppia semionda

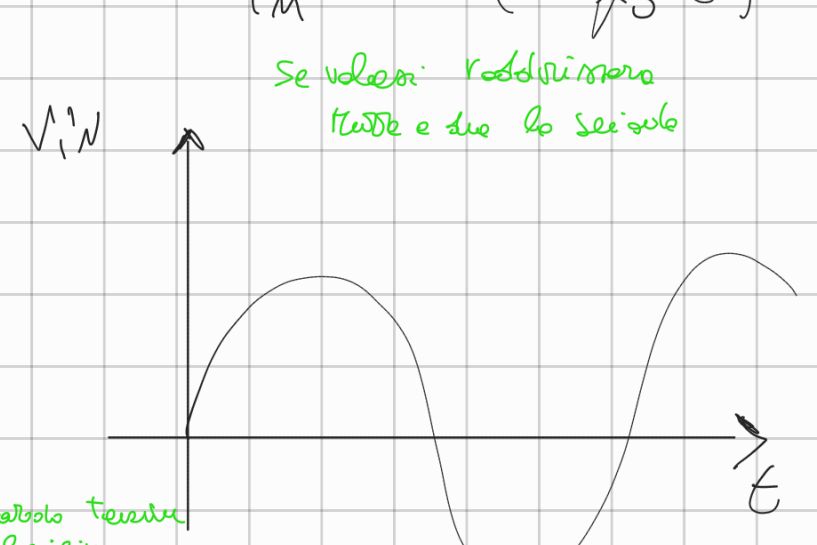
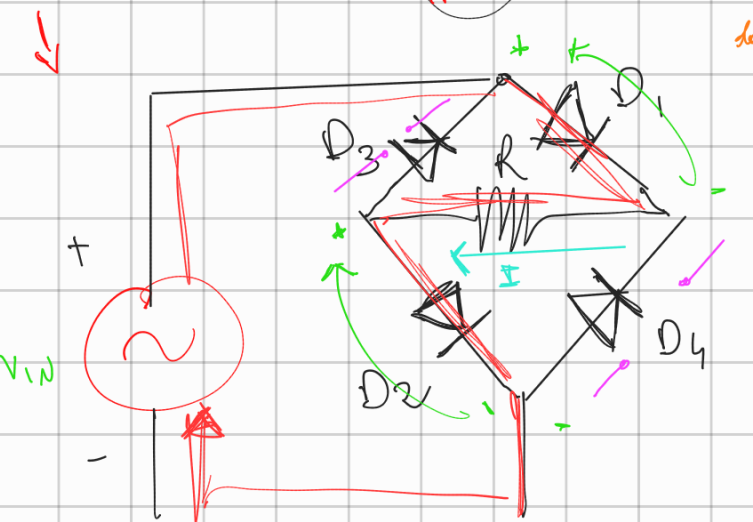
i dispositivi hanno anche un tempo se f troppo alta il dispositivo non ci sta dietro

f_{req.} superiore incide

f₀, allargando sempre la regione satura, non può essere troppo veloce, limitato dalla loro fisica

$V_{in} = 0.5 \sin(2\pi f_0 t)$

Se volerci raddrizzare tutte e due le semionde

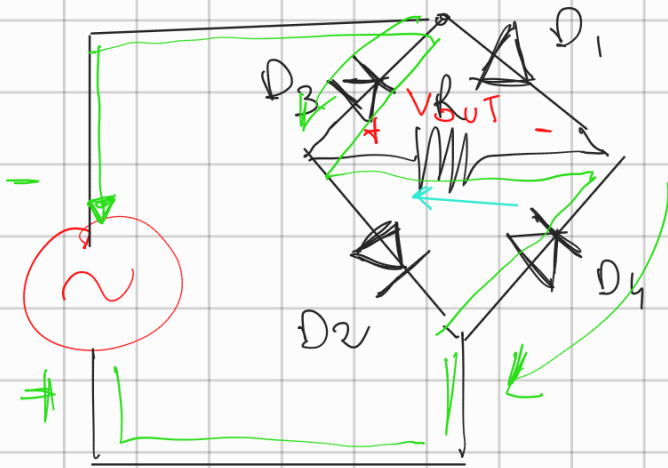


non riesco a polarizzare D4, D3 -> carichi tensione molto positiva

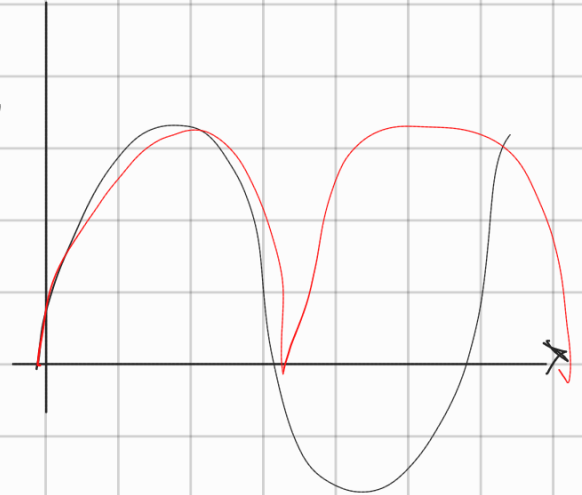
potenziale molto neg. rispetto nuovo

1) Sono in semiconda positive, posso polarizzare in
direzione
come finisce le convene?

Polarizzo D_3, D_4 , con ricalo a polarizzare D_1 e D_2

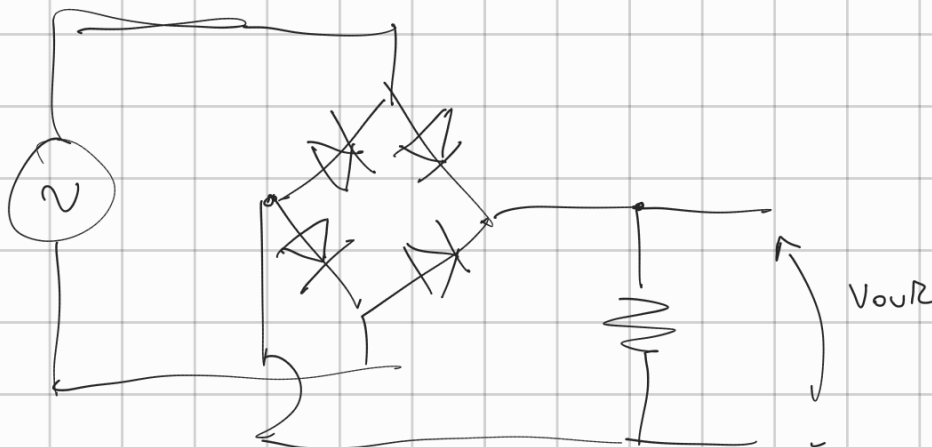


V_{OUT}
 V_{IN}



Corrente va in R sempre nello stesso verso
ho caduta potenziale sempre nella stessa direzione. $V = RI$
I scorre nello stesso senso, ha lo stesso segno
Non importa la parte negativa, ho tirato su entrambe le estremità
 $\Rightarrow$ ho un valore assoluto, una qualunque tensione

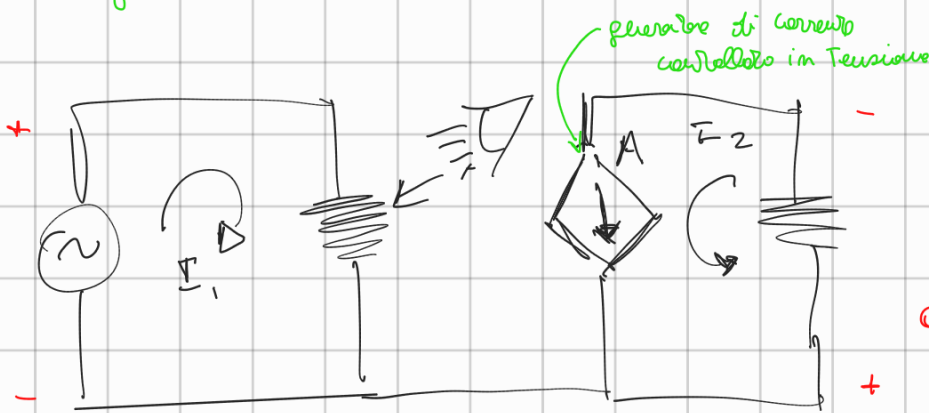
Potrei anche disegnare



VALVOLA Termovalvola Voglio amplificare un segnale analogico

Prendo un generatore di tensione con una resistenza

quodora la tensione su R a SX modello la corrente che scorre nella R a DX



amplificatore invertente

Se corrente è amplificata di un certo valore A la tensione in uscita è amplificata rispetto alla V d'ingresso, e' anche invertita, sfasata di 180°
la tensione d'uscita sarà amplificata e sfasata di 180°

Per far questo, ho bisogno di un DISPOSITIVO NON LINEARE di cui posso scegliere il punto di lavoro. (così scelgo l'amplificatore in quel punto di lavoro)
scelgo il punto di lavoro, linearissimo

CONDENSATORE MOS METAL OXIDE SEMICONDUCTOR

3 strati, Metallo ossido e semiconduttore 3 layers

→ tanti elettroni ionizzati

→ perfetto isolante

→ mi permettono di gestire un eccesso di carica, già elettroni che la come

• SiO_2

Prendo silicio, lo drogo tutto di tipo P, rimossa la maggioranza p. es.

Strato di ossido

GATE



continuo la mobilità, le performance ma se drogo P o N il

restaurato c'è lo stesso continuo la mobilità
→ cambia mobilità, dunque velocità con cui si muovono i portatori, dunque la densità di corrente
Ma funzionalmente quale

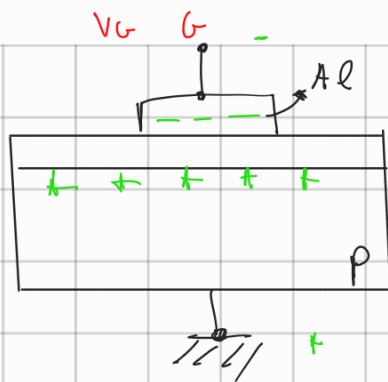
• Gate porta che userei per aprire o chiudere il dispositivo
Voglio fare un condensatore VOGLIO FARE UN CONDENSATORE

Se applico una ddp alle due facce dell'ordine ottenuto comportamenti diversi

in base a V_G

$C = \frac{\epsilon A}{d}$, ho 2 armature e un isolante

Se $V_G < 0$
 $b=0$



nel metallo sono cariche negative addensate

qui sono cariche positive, ma ne ho tante, silicio di tipo P

Body a massa

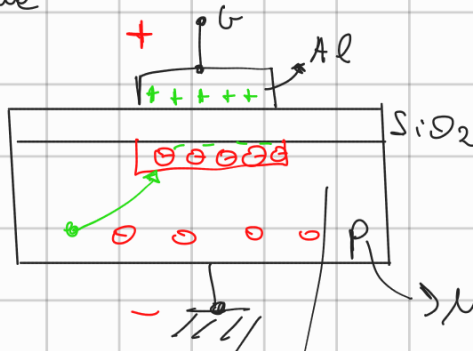
• Applicando tensione negativa, il gate si carica di cariche negative che attraggono le cariche mobili verso l'ossido. Non potendo passare, si accumulano all'interfaccia

Se $V_G > 0$ ma rimane $0 < V_G < V_{TH}$ sotto una soglia

• V_{TH} , Tensione per cui, tra 0 e Tensione

Soglia, il mos si comporta così $\rightarrow$

• le cariche nel metallo addensano le cariche nel silicio, dove si crea reg. svuotata



• le cariche positive tendono ad allontanarsi, vedono un potenziale più neg. sul bulk e positivo sul gate

• Se le cariche tendono ad andare via, l'appello era mancato, avevo una REGIONE SVUOTATA priva di cariche negative

maggiore è il potenziale più la regione tende ad aumentare, da SVUOTO di CARICHE

• C_0 , accumulo di cariche senza tensione ho un certo # di cariche

$\frac{n_i^2}{N_A}$ elettroni ionizzabili

A Temperatura AMBIENTE

• Se avendo V_G , allentano cariche MOBILI STO SVUOTANDO la mia CAPACITANZA capacit. diminuisce

$V_G > V_{TH}$

Se $V_G > V_{TH}$ la capacità torna in alto

$\Rightarrow$ allargo la regione svuotata ma sopra P , nel silicio

avremo $\frac{n_i^2}{N_A} \propto \frac{\epsilon}{2kT}$ el. ionizzabili, liberi a temperatura ambiente

Dovrò conoscere A , band gap, e la Temperatura

$\Rightarrow$ i $\frac{n_i^2}{N_A}$ elettroni liberi, se c'è un corpo molto positivo, tenderà a migrare verso l'interfaccia, avrò anche CARICHE NEGATIVE MOBILI, ho riaccumulo cariche nel condensatore. Ho riempito di cariche il condensatore

DEL PUNTO DI VISTA ENERGETICO

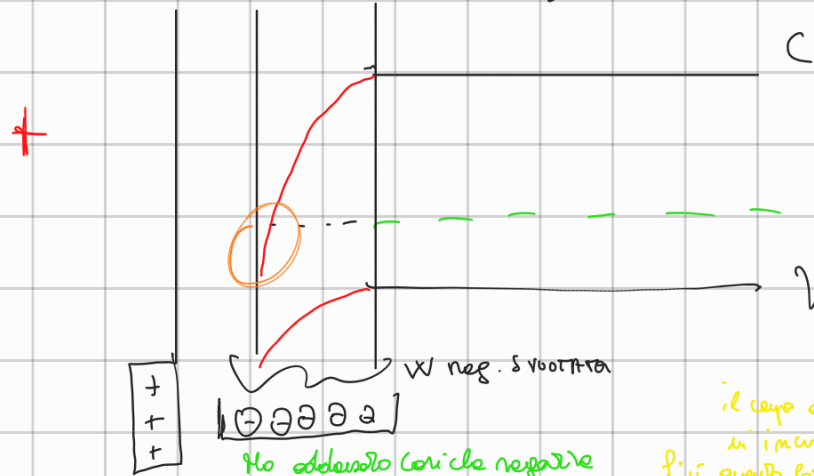
Energia Fermi dei conduttori

$E_F <$ di quella normale c'è un eccesso di lacune, di Tipo P

• Applicando un potenziale positivo, ho creato una regione svuotata, portavo via $-q N_A$ cariche

Come fanno ad avere cariche negative mobili?

il corpo elettrico prodotto dalle cariche di lacune i livelli energetici degli elettroni, applicando un potenziale più avendo potenziale, più lacune



Applicando potenziale, ho creato reg. svuotata ^{caricatura delle regioni svuotate} che ^{ho} addensato cariche negative $\Rightarrow$ Nel metallo ho addensato cariche positive

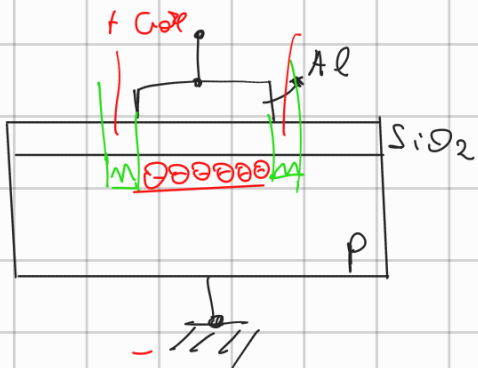
$\Rightarrow$ ho portato via $-q N_A W$ dalla reg. svuotata $\Rightarrow$ Ho COMATO le BANDE di LIVELLO del mio SEMICONDUTTORE
 (la reg. svuotata carica l'interfaccia)
 $\Rightarrow$ Se ho allungato molto W con un bot grande, la Fermi andrà sotto l'energia di FERMI
 più grande è la reg. svuotata $\Rightarrow$ Banda conduttrice
 più grande sarà l'energia $\Rightarrow$ Sotto la banda FERMI, dunque ho la CENTEZZA di
 avere elettroni liberi pochi, ma ne ho, mi bastano, $\frac{m_i^2}{N_A}$

• Posso calcolare quanto vale il campo, il lavoro di estrazione è il potenziale
 (Applico del potenziale per avere cariche libere all'interfaccia)

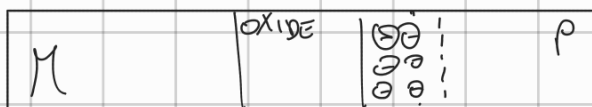
• Quanto vale V_{TH} ? Se è legato a come drogo semiconduttore, bisogna drossio ecc, posso determinare la SOGLIA DI CONDUZIONE per cui ho elettroni liberi.

• Tensione da applicare per avere elettroni ionizzati? el. liberi alla cond. nell'interf.

• Se metallo è pozzeri drogati N , Applicando un potenziale, genera una corrente
 $\Rightarrow$ mi creo prima un condensatore, e poi mi creo un amplificatore con modifica ulteriore del dispositivo (voglio fare un VCCS)
 Corrente in funzione di una tensione, generata da un altro parte



nella ossido non ho niente, isolante



Carico elettrico, densità carica e potenziale



allora sarà l'integrale di $E \cdot x$

oggetto p-entro era prima e neutro deve rimanere.

$$\leftarrow q N_A$$

Se nella regione svuotata avrò $-q N_A (w)$ cariche negative all'interfaccia del metallo dovranno avere $q N_A (w)$ cariche

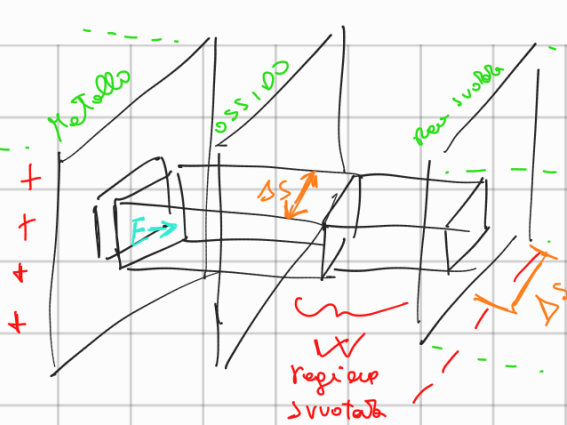
non è carica, è un'isola

$$-q N_A \cdot w$$

Cariche che sposta l'equilibrio

• Trovo $E(x)$ risolvendo equ. Poisson

Ho a carico di
Conda a dx e sx,
Voglio sapere quanto
vale campo elettrico
USO GAUSS



Calcolo campo elettrico
valore all'interfaccia di ossido

$$\int_S \vec{E} \cdot \vec{n} dS = \frac{Q}{\epsilon}$$

EQ GAUSS
campo el. avg. alla superficie (forze)

$$Q = q N_A W \cdot dS$$

$$E \cdot dS = Q / \epsilon$$

carica complessiva che libero, che muove
carica elettrica all'interno della sup. S
cariche positive tutte all'interf. metallo ossido

$$\Rightarrow E dS = \frac{q N_A W dS}{\epsilon}$$

Campo elettrico che esiste dentro l'ossido

$$E = \frac{q N_A W}{\epsilon}$$

pt. all'interno dell'ossido

$$\Rightarrow \varphi_{oxide} = \frac{q N_A W \cdot d}{\epsilon}$$

Potenziale nei capi dell'ossido
spessore ossido

Ho integrato e cambiato segno.
d = spessore

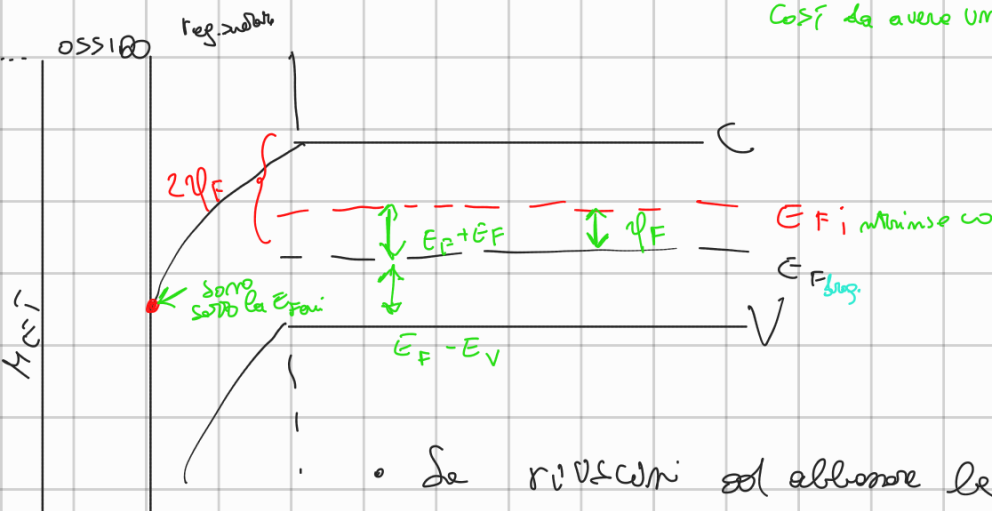
$$\Rightarrow V_{TH} = |\varphi_{ox}| + 2\varphi_F$$

$$\varphi_{oxide} = -\frac{q N_A W d}{\epsilon}$$

$$\varphi_{ox} = \frac{q N_A W \cdot d}{\epsilon}$$

Riprendo il modello a bande

Devo fare il Kato che applicando V_g , abbasso la banda di Cond. sotto la banda di Fermi
Così da avere un canale indipendentemente dal drogaggio



φ_F = differenza di potenziale

che esista tra l'energia di Fermi del materiale intrinseco e l'energia Fermi del materiale DROGATO

Se riusciamo ad abbassare le due bande di $2\varphi_F$
Bisogna il mio materiale da P a N
se lo sposto più, livello di Fermi si avvicina alla banda di conduzione

ovvero concentraz. n di elettroni pari a p

Regione SVUOTATA DIOLO Parto da

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon \cdot (2\varphi_F)}{q} \cdot \frac{1}{N_A}}$$

lunghezza

Se una tensione di soglia mi deve far abbassare la banda di conduzione SOTTO il livello di Fermi, così sono sicuro di avere canali liberi

regolare spostata del Diodo

pot. necess. $\rightarrow$ qui ora è $2\psi_F$
per avere condut. del diodo, regione BUILT IN,

allora V_{TH} è la V quindi V_{TH}
la formula per avere sotto E_F

SOSTITUISCO

$2\psi_F$

SOSTITUISCO

$$V_{TH} = 2\psi_F + \frac{q N_A d}{\epsilon} \sqrt{\frac{2\epsilon}{q} 2\psi_F \frac{1}{N_A}} = V_{TH} = 2\psi_F + d \sqrt{\frac{2q}{\epsilon} 2\psi_F \cdot N_A}$$

devo trovare 2 parametri per trovare tensione soglia: Drogaggio e Spessore ossido

infatti:

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

per avere grande capacità

d piccolo $\Rightarrow V_{TH}$ piccolo, capacità grande

devo poco per avere carica possibile sotto

d piccolo, grande capacità, V_{TH} piccolo

devo poco per avere valore di carica mobile sotto

per drogaggio

N_A piccolo, # elettroni $\frac{m \cdot^2}{N_A}$, ho tanti elettroni, di porta in condut. facilmente

Per V_{TH} devo vedere il livello di DROGGAGGIO e Spessore dell'ossido

Se drogo con N , avrò meno elettroni ma avrò una più grande densità di elettroni, DISPOSITIVO diverso.

Per amplificatore, hanno bisogno di molti elettroni non servono grandissimi aperi di amplificazione

con tensione più bassa