

La presente mini guida non ha la minima pretesa di spiegare in modo esaustivo come affrontare gli esercizi, è solo una traccia da seguire per chi vuole svolgere i suoi primi esercizi di elettronica digitale in autonomia ed ha bisogno di qualche spunto. Per imparare come svolgere gli esercizi si consiglia di seguire le lezioni dei professori in quanto lì viene spiegato con cura quello che bisogna fare passo dopo passo.

Buona fortuna!

Arduini Luca

ESERCIZIO A

■ PARTE A

SPENGO GEN. SEGNALE

CONDENSATORI → APERTI

BJT

{ quasi sicuramente in ZAD

$$\rightarrow \begin{cases} \text{1)} I_B \ll I_C \rightarrow I_E = I_B + I_C \approx I_C \\ \text{2)} V_{BE} = V_g = 0,7V \text{ opp } V_{EB} = 0,7V \end{cases}$$

VERIFICA: (N.P.N)

$$V_{CE} > V_{CESAT}$$

PNP

{ quasi sicuramente in SATURAZIONE

MOSFET

$$\rightarrow I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$$

NMOS

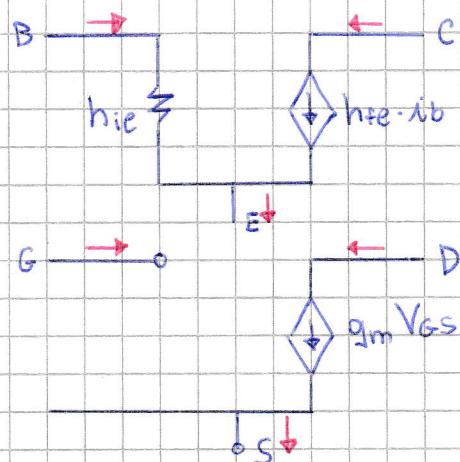
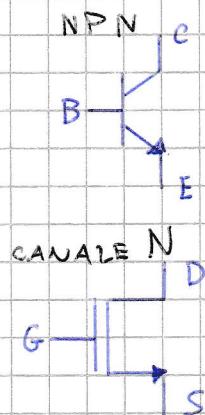
$$\text{COND: } V_{GS} > V_T$$

$$\text{SATUR: } V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

PMOS

$$\text{COND: } V_{GS} \leq V_T$$

$$\text{SATUR: } V_{DS} \leq V_{GS} - V_T$$



$$\begin{cases} I_D \\ V_{GS} \\ V_{DS} \end{cases}$$

$$g_m = 2K|V_{GS} - V_T| \left[\frac{A}{V} \right]$$

$$\begin{cases} I_C = 2mA \\ V_{CE} = 5V \\ I_B = 6,89655mA \\ h_{FE} = 290 \\ h_{ie} = 4800\Omega \\ h_{fe} = 300 \end{cases}$$

■ SEMPRE $I_C = 2mA$ e $V_{CE} = 5V$

■ $I_G = 0$ a prescindere dalla saturazione, quindi posso uscirlo prima dell'ipotesi

■ SOLO DOPO che ho verificato la ZAD posso usare h_{FE} , h_{ie} , h_{fe}

PARTE B

SPENGO GEN. COSTANTI

CONDENSATORI → CHIUSO

• BJT

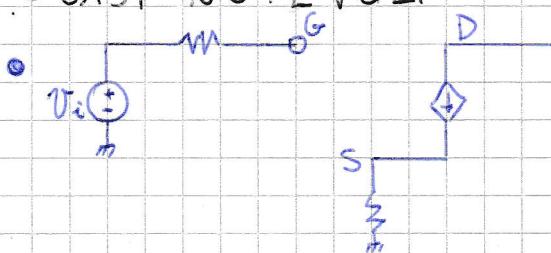
RESISTENZA VISTA DALLA BASE : $R_V = h_{ie} + (h_{fe} + 1) \cdot (R_{EQ} \text{ sull'emettitore})$

RESISTENZA VISTA DALL'EMETTITORE : $R_V = \frac{h_{ie} + (R_{EQ} \text{ sulla base})}{h_{fe} + 1}$

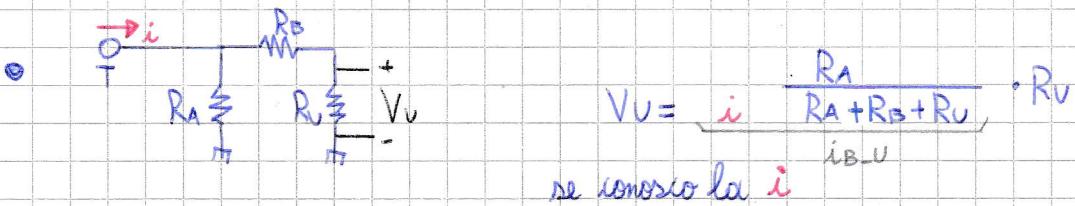
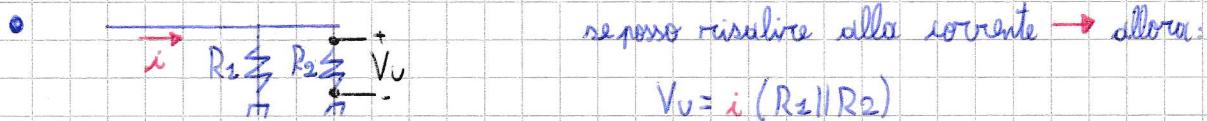
• MOS

RESISTENZA VISTA DAL SOURCE : $R_V = \frac{1}{g_m}$

• CASI NOTEVOLI



- ① trova V_s
- ② scrivere $V_{GS} = V_G - V_s \rightarrow V_s = V_G - V_{GS}$
- ③ confronto $V_s = V_s$ e ottengo $V_{GS} = f(V_G)$
- ④ dovrò poi trovare $V_G = g(V_i)$



Esercizio B

• NUMERO DI TRANSISTOR NECESSARI

$$\text{num-transistor_necessari} = 2 (\text{num-variabili} + \text{num-variabili-dirette})$$

• DISEGNA INVERTER

dove disegnare un transistor per ogni variabile diretta, questo perché in CMOS dobbiamo utilizzare le variabili NEGATE rispetto a come compiono nelle espressione di partenza

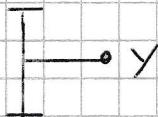
- 3) metto i numeri di MOSFET di questi inverter partendo da 1 al NMOS e 2 al PMOS.
- 2) dimensiono questi MOSFET degli inverter come:

$$\text{NMOS: } \left(\frac{W}{L}\right)_i = n = 2 \quad \text{PMOS: } \left(\frac{W}{L}\right)_i = p = 5$$

• TOPOLOGIA RETE

disegno la PUN guardandom l'espressione iniziale utilizzando:

$$+ = \text{OR} = \text{PARALLELO} \quad \circ = \text{AND} = \text{SERIE}$$



P
 N

P
 D
 N

A partire dall'espressione iniziale, devo modificarla andando a mettere una AND dove c'era una OR e viceversa. Mi scrivo quindi l'espressione modificata e la disegno.

$$+ = \text{OR} = \text{SERIE}$$

$$\circ = \text{AND} = \text{PARALLELO}$$

VERIFICA: se ho fatto tutto bene devo aver disegnato l'opposto di prima.
dove prima avevo un parallelo ora devo avere una serie e viceversa

• DIMENSIONAMENTO PUN

- 1) trova percorso più lungo
- 2) trova tutte le strade di quella lunghezza
- 3) vedi se sono percorsi POSSIBILI, cioè devo vedere che nel percorso non ho A ed \bar{A} .
- 4) se nessuno è dimensionato allora è facile e li dimensiono

$$\left(\frac{W}{L}\right)_i = t \rightarrow \frac{1}{t} + \dots + \frac{1}{t} = \frac{\text{LUNGHEZZA PERCORSO}}{t} = \frac{1}{p} \rightarrow \text{TROVO } t.$$

- 5) se fra i vari percorsi della stessa lunghezza ho dei percorsi che hanno dei MOSFET già dimensionati, ed i non dimensionati sono in numero diverso allora

2 OPPZIONI: 7-10 9-10

- A) dimensiono 7-10 normalmente e poi verifico in 9-10 che:

$$\dim(9) + \dim(10) < \frac{1}{p} \xrightarrow{\text{DIMENSIONAMENTO ACCETTABILE}} \text{DIM NON ACCETTABILE}$$

- B) trovo $\dim(10)$ in 9-10 e dopo 7 in 7-10

5b) CONFRONTO LE OPZIONI

$$\begin{aligned} \text{OPZ A} &= \sum \text{dim in dubbio} : \dim(7_A) + \dim(10_A) \\ \text{OPZ B} &= \sum \text{dim in dubbio} : \dim(7_B) + \dim(10_B) \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{SCELGO OPZIONE A D} \\ \text{AREA MINIMA} \end{array} \right\}$$

NB: l'opzione B è SEMPRE ACCETTABILE, la A NO

6) se ho dimensionato tutti i MOSFET ho limiti, altrimenti passo a dimensionare i percorsi più corti

• DIMENSIONAMENTO PDN

uguale alla PUN

ESERCIZIO C

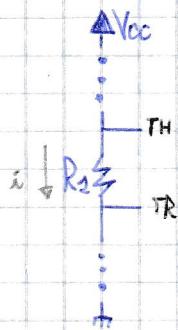
FASE DI SET

$$Q = V_{CC} \quad D = H_Z$$

- ① calcola le V_{GS} dei MOSFET
 - 2: ON \rightarrow CORTO
 - OFF \rightarrow APERTO
- ② disegna il circuito utilizzando le semplificazioni trovate al punto 1).
- ③
 - $V_{i1} = \frac{1}{3} V_{CC} = 2V$
 - V_{f1} : il condensatore "si apre" e devo trovare la tensione che serve tra i capi di questo "aperto".
la maggior parte delle volte questo punto si risolve con un PARTITORE DI TENSIONE
 - ⚠ per trovare V_F non posso utilizzare le grandezze trovate per V_{COM1} , perché lì si impone $V_{TR} = \frac{2}{3} V_{CC}$, qui NO. Quindi i circuiti sono diversi
 - COND APERTO

• V_{COM1} : impongo $V_{TR} = \frac{2}{3} V_{CC} = 4V$ e calcolo V_{TR} che sarà V_{COM1} .

Molte volte si risolve con



$$V_{TR} - V_{TH} = -i \cdot R_1$$

$$\Rightarrow V_{COM1} = V_{TR} = V_{TH} - i \cdot R_1$$

• al COND non lo penso proprio perché se anche ho qualche ramo che parte da sopra R_1 e va a terra, mi calcolo la I sul ramo e poi I^o Kirchhoff

4) VERIFICA OSCILLATORE:

verificare che: $V_{i1} < V_{COM1} < V_{f1}$

5)

• $R_{V1} =$ DISATTIVO TUTTI I GENERATORI e poi calco la RESISTENZA VISTA AI CAPI DEL CONDENSATORE

$$\bullet \tau_1 = R_{V1} \cdot C$$

$$\bullet T_1 = \tau_1 \cdot \ln \left(\frac{V_{F1} - V_{i1}}{V_{F1} - V_{COM1}} \right)$$

■ FASE DI RESET

$$Q = 0V \quad D = 0V$$

- ① Calcolo le V_{os} e
 ON \rightarrow CORTO
 OFF \rightarrow APERTO
- ② Disegna il circuito utilizzando le semplificazioni trovate al punto ①

③

- $V_{iz} = V_{COM2}$

- $V_{COM2} = V_{iz} = 2V$

- V_{f2} questo valore invece è da calcolare e si calcola nello stesso modo di V_{f1} .

④ VERIFICA OSCILLATORE

verifico che: $V_{f2} < V_{COM2} < V_{iz}$

⑤

- R_{v2} : si calcola allo stesso modo di R_{v1}

- $\tau_2 = R_{v2} \cdot C$

- $T_2 = \tau_2 \cdot \ln\left(\frac{V_{f2} - V_{iz}}{V_{f2} - V_{COM2}}\right)$

⑥

$$T = T_1 + T_2$$

$$f = \frac{1}{T}$$

• $D = 0$ vuol dire che il punto D ha potenziale 0, STOP!

Δ questo fa sì che in molti esercizi la resistenza alla destra della D. la posso ignorare

• $D = Hz$ Hz vuol dire filo staccato, quindi è come se il punto D non ci fosse proprio.

Dovrò poi controllare che questa corrente vada poi a morire su un inverter o su un gate.