

LABORATORIO DI SISTEMI PER LA CONVERSIONE EFFICIENTE DELL'ENERGIA

[Fotocopie di Appunti]

A CURA DI ALESSANDRO PAGHI

PROFESSORE: Luca Pancioni (<http://www3.diism.unisi.it/people/person.php?id=138&aa=2015>)

LINK AL CORSO ANNO 2015/2016:

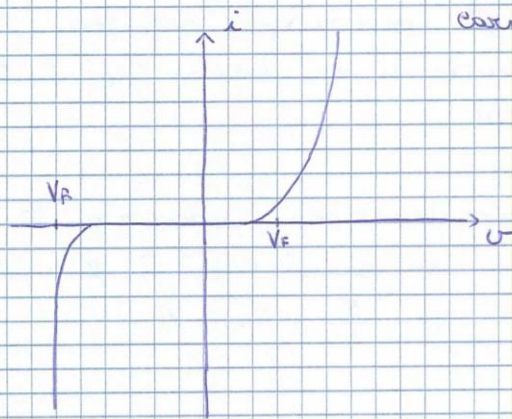
<http://www3.diism.unisi.it/FAC/index.php?bodyinc=didattica/inc.insegnamento.php&id=55146&aa=2015>

FREQUENTAZIONE: Consigliata.

Energia [W · s]

$$E = \int_{t_1}^{t_2} p(t) \cdot dt$$

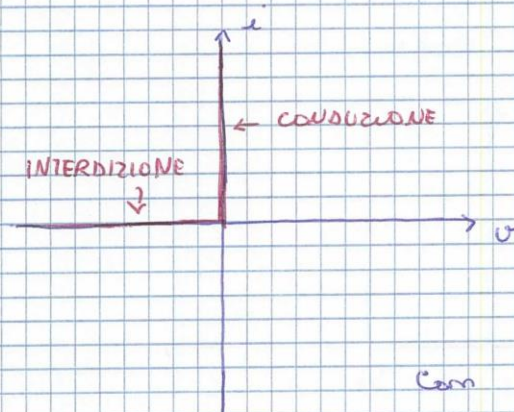
DIODO



V_R : tensione di
inversione,
(REVERSE)

V_F : FORWARD
tensione diretta

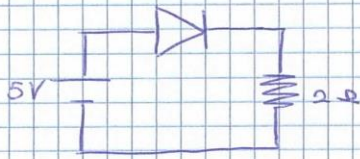
Caratteristica Ideale :



Con questo modello non
possa approssimare $u = 9V$
 \Rightarrow FUORI DOMINIO

$$i = \begin{cases} \phi & u \leq \phi \\ \infty & u > \phi \end{cases}$$

Risolviamo questo circuito



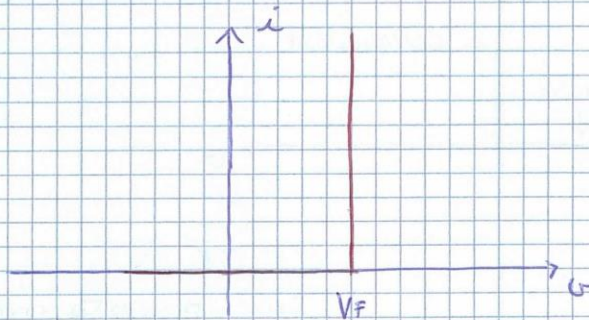
Se il diodo è in interdizione o aperta è un c.c.
 ma allora la tensione ai suoi capi è $5V > \phi$!

NON VA BENE

Se il diodo è in conduzione o aperta è un c.c.
 quindi la tensione ai suoi capi è ϕ o $5V$ e
 scorre una corrente di $\frac{5}{2} = 2,5 A$

Quindi se $U \geq \phi$, la corrente che si scorre
 dipende dal circuito esterno applicato al diodo!

Modello a caduta costante

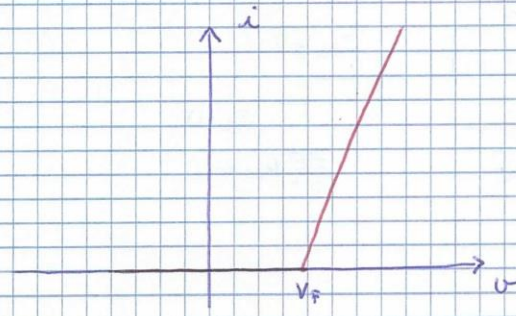


$$i = \begin{cases} \phi & U < V_F \\ \geq \phi & U = V_F \end{cases}$$

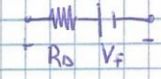
Quindi nel circuito precedentemente in conduzione A_{10}

$$5 - 0,6 / 2 = 2,2 A \quad \text{con } V_F = 0,6 V$$

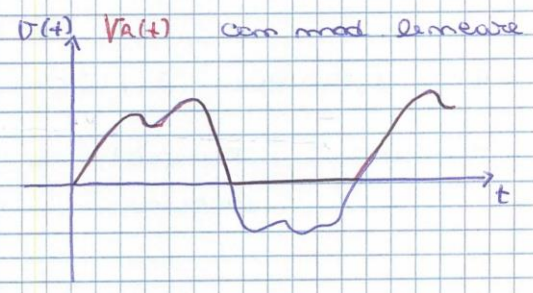
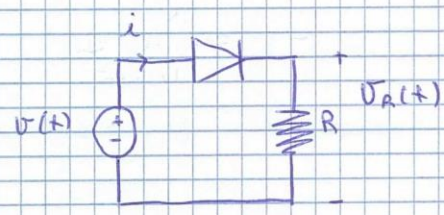
diodo modello lineare



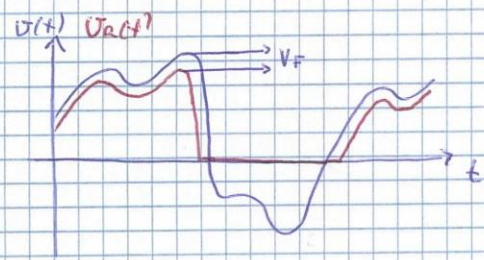
$$i = \begin{cases} 0 & U < V_F \\ \frac{U - V_F}{R_D} & U \geq V_F \end{cases}$$



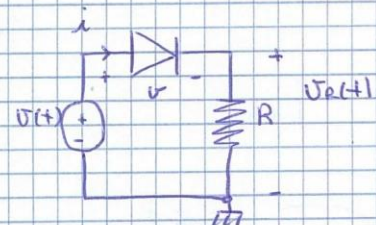
Diode Rettificatore



es. mod a cad. cost

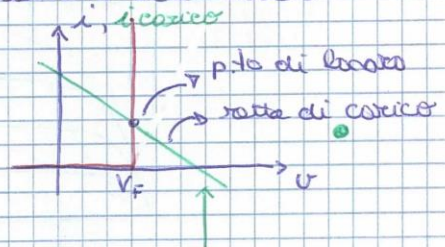


RETTA DI CARICO



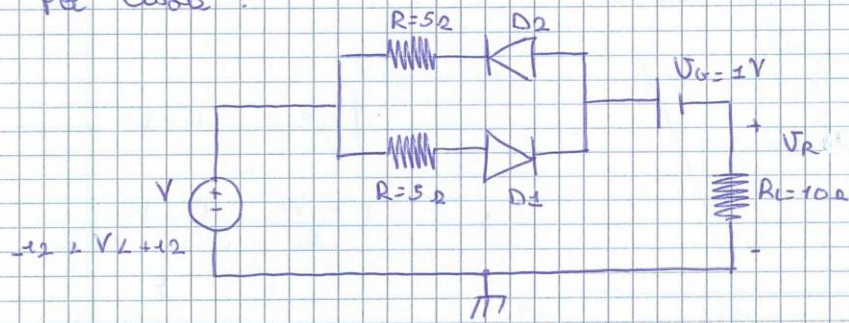
$$i_{carico} = \frac{v(t) - U}{R} = \frac{v(t) - U}{R}$$

Caratteristica Diodo



Supponiamo che $v(t)$ costante $v(t) > V_F$

Per caso:



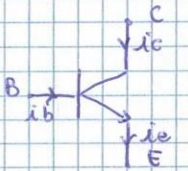
Com modello a caduta costante con $V_f = 0,5V$.

Disegnare $V_R(V)$.

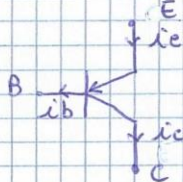
BJT (Bipolar Junction Transistor)

Bipolare: trasportano la carica sia gli elettroni che le lacune.

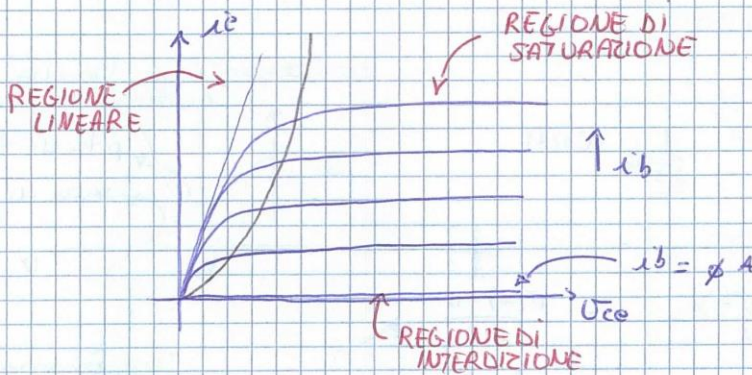
mpm



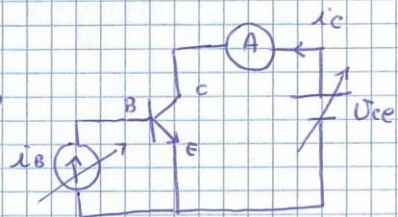
pm p



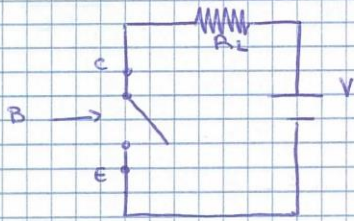
BJT controllato in corrente da i_b .



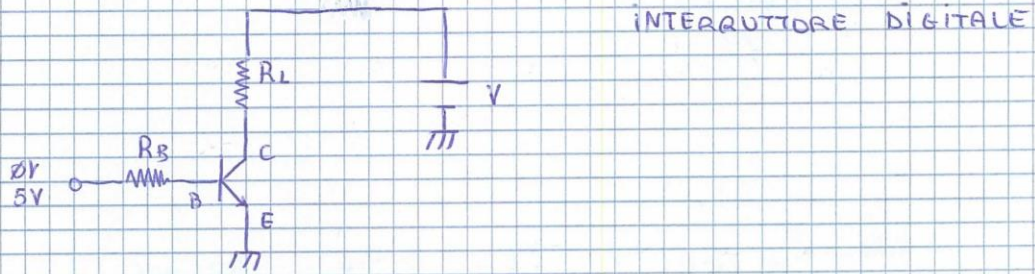
Come si collega una caratteristica?



Utilizzo di un BJT da interruttore.



Come si realizza?



Devo collegare comandare l'interruttore con la logica digitale:

$$0 \text{ Logico} \rightarrow 0 \text{ V}$$

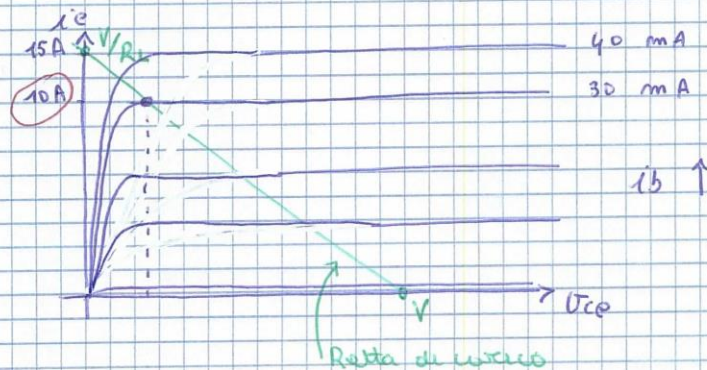
$$1 \text{ Logico} \rightarrow 5 \text{ V}$$

R_L lampadina 1Ω , 100 W

$$P_{RL} = 100 \text{ W} = R_L \cdot i_c^2 \rightarrow i_c = 10 \text{ A}$$

$$0 \text{ V} \rightarrow i_c = 0 \text{ A}$$

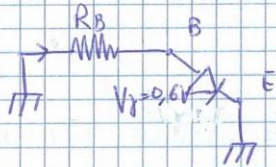
$$5 \text{ V} \rightarrow i_c = 10 \text{ A}$$



$$i_c = \frac{V - U_{ce}}{R_L} = \frac{V - (U_{ce} - 0)}{R_L} = \frac{V - (U_{ce} - V_e)}{R_L} = \frac{V - U_{ce}}{R_L}$$

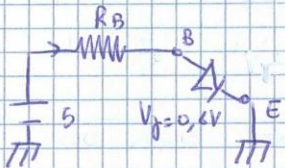
• Retta di Carico

0 LOGICO



$$i_b = 0 \text{ A}$$

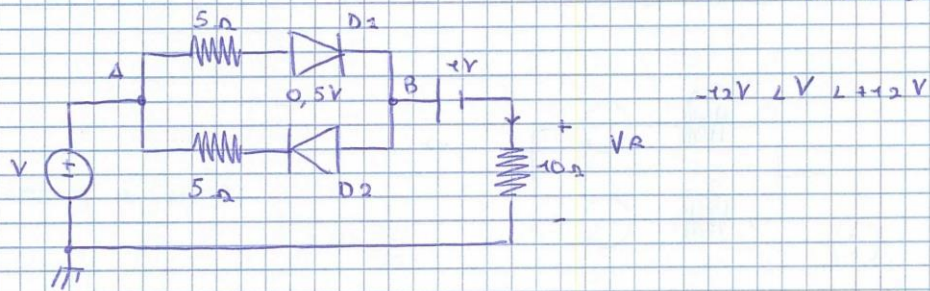
1 LOGICO



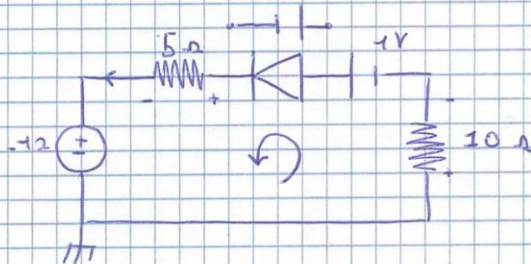
$$i_b = \frac{5 - 0,6}{R_B} = 30 \text{ mA}$$

$$R_B = \frac{4,4}{30 \cdot 10^{-3}} = 146,6 \text{ } \Omega$$

11/03/2016



$V = -12V$
 $V_A = +12V \rightarrow D_1 \text{ OFF}$
 $D_2 \text{ ON}$
 $0,5V$

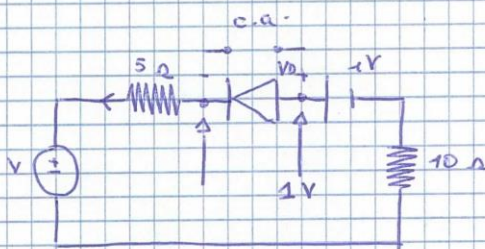


$$10 \cdot i - 1 + 0,5 + 5 \cdot i - 12 = 0$$

$$i = \frac{12,5}{15} \approx 0,83 A$$

Se invece si suppone $D_1 \text{ ON}$ e $D_2 \text{ OFF}$ invece dovrebbe
 esserci la corrente scorre nel verso opposto alla
 condizione del diodo.

Supponiamo di aumentare V finché D_2 va OFF.



D_2 è OFF quindi $i = 0$ e non conduce
 quando $V_D < 0,5V$

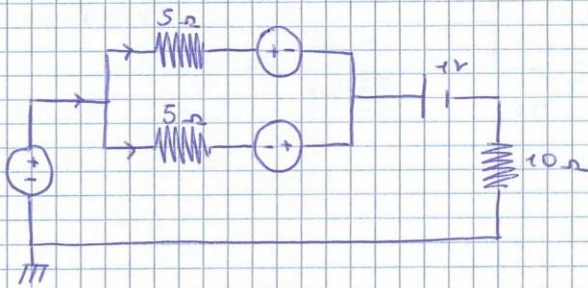
$V_D = 1 - V$ in quanto $i = 0$

$V_D < 0,5V$

$1 - V < 0,5 - 1 = -0,5$

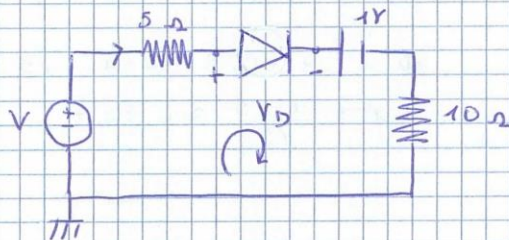
$V > 0,5V$, quindi D_2 è OFF quando $V > 0,5V$

È possibile che entrambi siano ON ?



non è possibile!

Quando è ON D1 ?



Condizione quando $V_D > 0,5V$

$$-V + 5 \cdot i + V_D + 1 + 10 \cdot i = 0$$

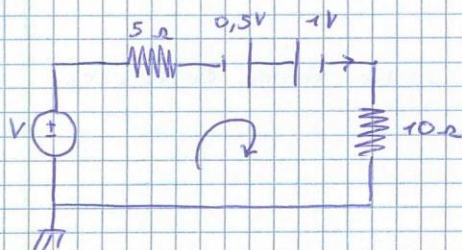
$$V_D = V - 1 - 5 \cdot i$$

$$i = 0 \Rightarrow D1 \text{ è OFF } \text{finché } V_D = V - 1 < 0,5V$$

$$\rightarrow V < 1,5V$$

Da conclusione:

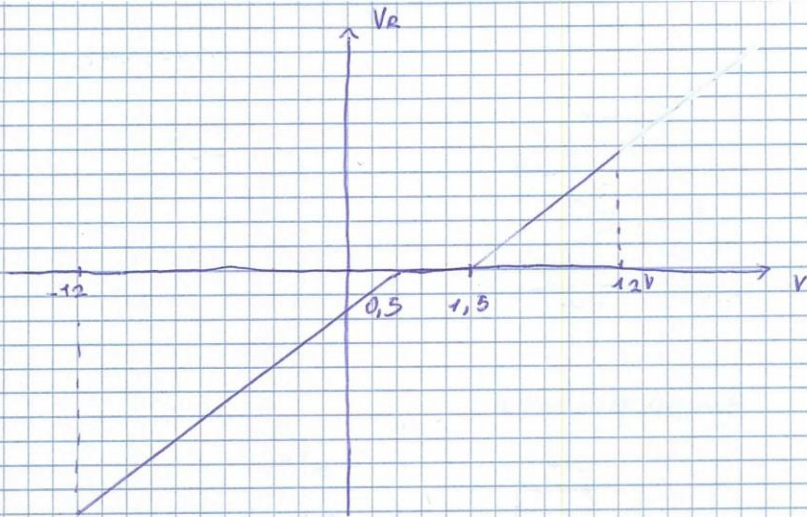
1° caso



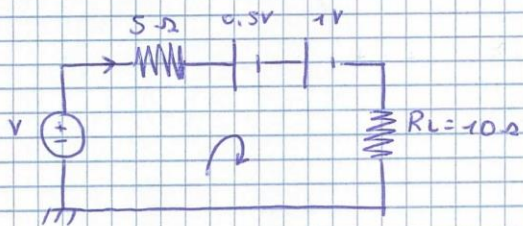
$$V < 0,5V$$

$$-V + 5 \cdot i - 0,5 + 1 + 10 \cdot i = 0$$

$$i = \frac{V - 0,5}{15} \quad \text{per } V < 0,5V$$



2° CASO

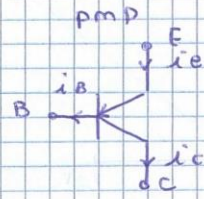
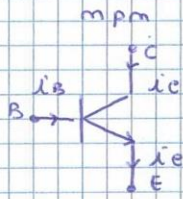


$$-V + 5 \cdot i + 0,5 + 1 + 10 \cdot i = 0$$

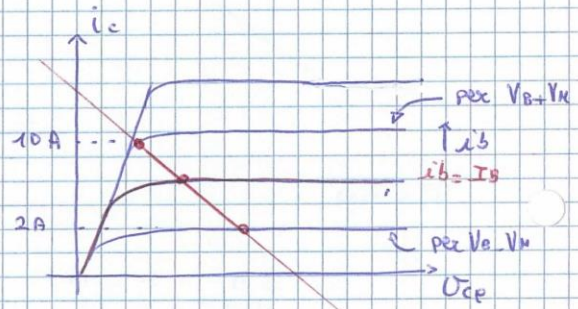
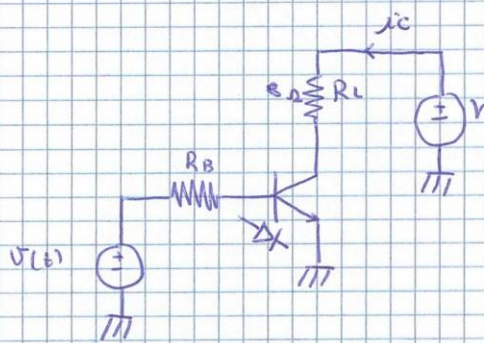
$$i = \frac{V - 1,5}{15}$$

TRANSISTOR

BJT



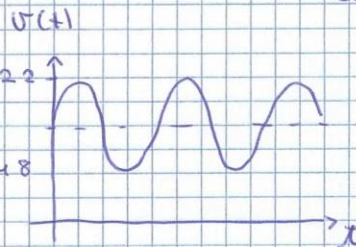
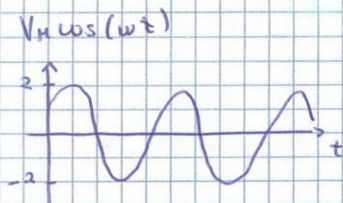
BJT come Amplificatore



$$V(t) = V_B + V_k \cos(\omega t)$$

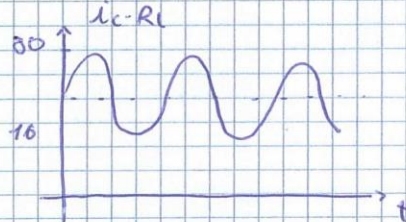
$$\text{se } V_k \cos(\omega t) = \phi \rightarrow I_B = \frac{V_B - 0,6}{R_B}$$

$$\text{se } V_k \ll V_B$$

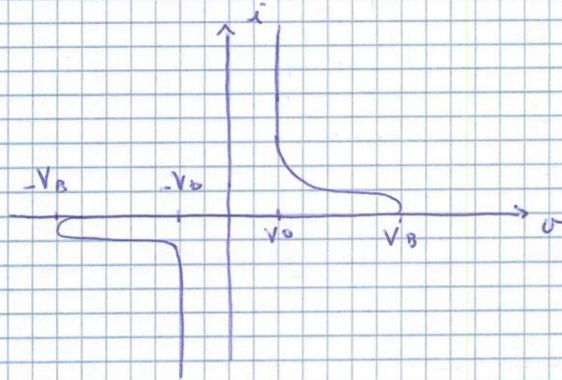


$$\text{con } V_k = 2V$$

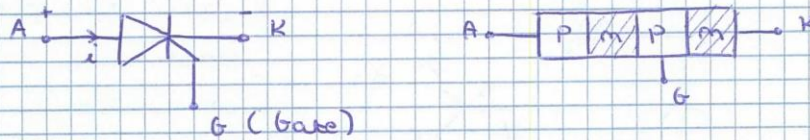
$$V_B = 20V$$



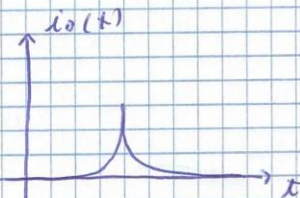
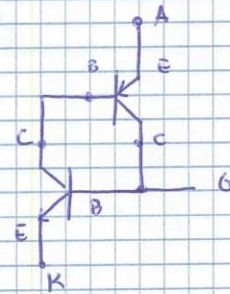
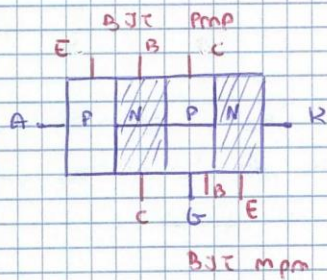
DIAC (Diode for Alternating Current)



SCR (Silicon Controlled Rectifier)

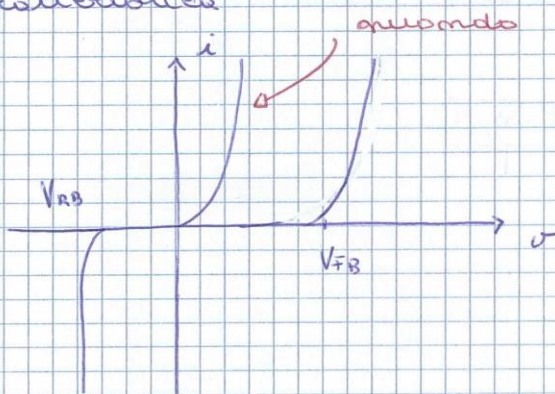


Per capire:



funziona con un impulso di corrente.

Caratteristiche



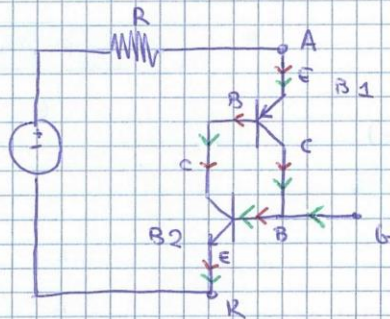
quando da una $\delta(t) i_b(t)$

V_{RB} : reverse Breakdown

V_{FB} : forward Breakdown

Se da un impulso di i_b funziona come diodo
rettificanti no!

Supponiamolo in un circuito:

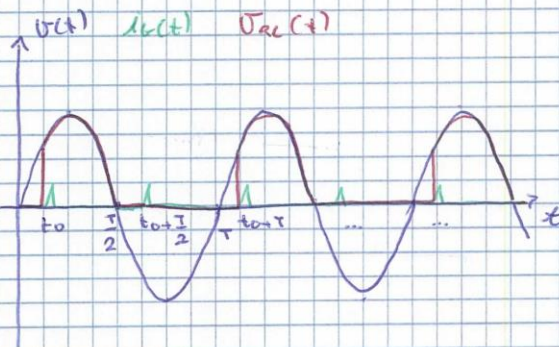
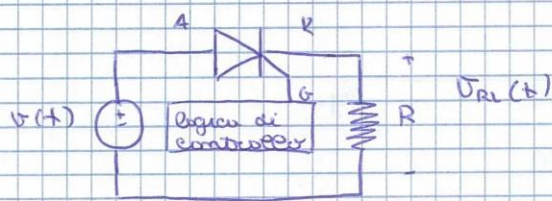


- necessari che possiamo
assumere le correnti
- impulso

Siccome su B_2 impongo i_{B2} , genero i_{E2} e quindi $i_{C2} = \beta i_{B2} = i_{B1}$ che per far nascere i_{E1} che genera i_{C1} e continua il ciclo

AUTOSOSTENIMENTO!

Circuito di Rete:



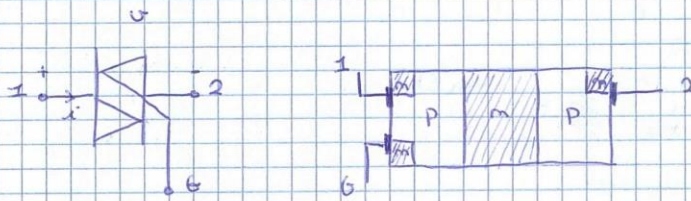
$$\begin{aligned} \overline{v_{RL}(t)} &= \frac{1}{T} \int_{\phi}^T v_{RL}(t) dt = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{T/2} v(t) dt = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{T/2} V_M \sin(\omega t) dt \\ &= \frac{V_M}{T} \left[-\frac{\cos \omega t}{\omega} \right]_{t_0}^{T/2} = \frac{V_M}{T\omega} \left[-\cos \frac{2\pi}{T} \frac{T}{2} + \cos \omega t_0 \right] \\ &= \frac{V_M}{2\pi} [1 + \cos \omega t_0] \quad \text{con } \omega = \frac{2\pi}{T} \end{aligned}$$

$$\alpha_D = \omega t_0 = \text{FIRING DELAY ANGLE}$$

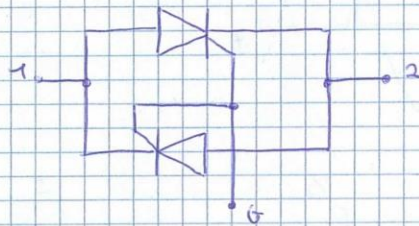
TRIAC

18/03/2016

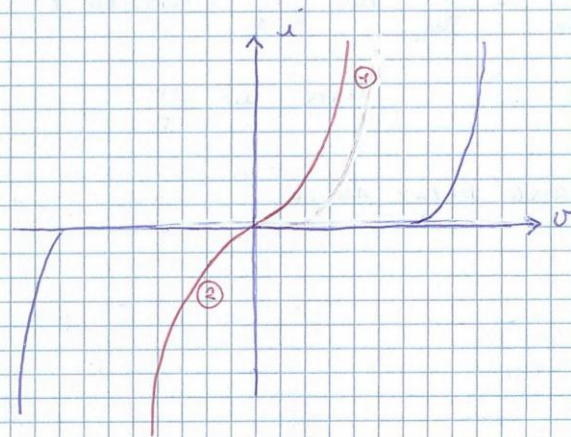
(Transistor per correnti alternate)



Circuito equivalente:



Caratteristiche:

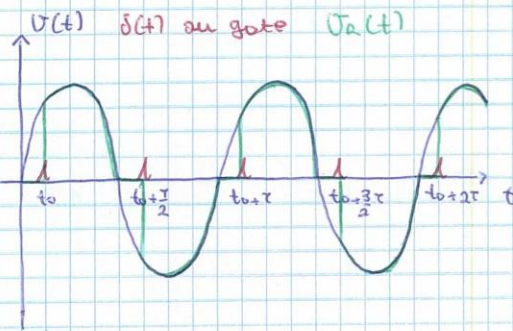
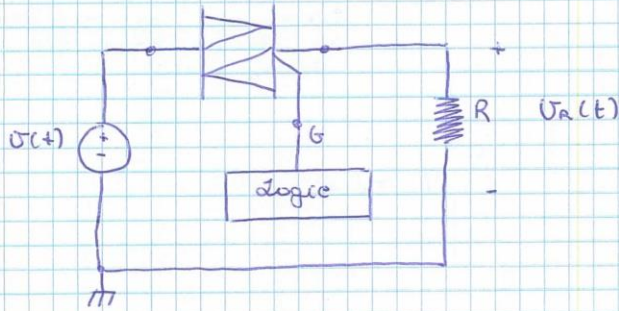


• Senza impulso di gate.

• con impulso di gate

③ o ② - la seconda deve essere uguale ai due capi.

Circuito Tipico



$$\bar{U}_R(t) = \emptyset$$

$$U_{R-RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_p^r U_R(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} U_0^2 \sin^2(\omega t) dt + \frac{1}{T} \int_{t_0 + \frac{T}{2}}^{t_0 + T} U_0^2 dt}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} U_0^2 \sin^2(\omega t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} U_0^2 \sin^2(\omega t) dt} =$$

$$= U_0 \sqrt{\frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} \sin^2(\omega t) dt} = U_0 \sqrt{\frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} \frac{1}{2} (1 - \cos(2\omega t)) dt}$$

$$= U_0 \sqrt{\frac{1}{T} \left[\frac{T}{2} - t_0 - \left(\frac{\sin(2\omega t)}{2\omega} \right) \right]_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}}}$$

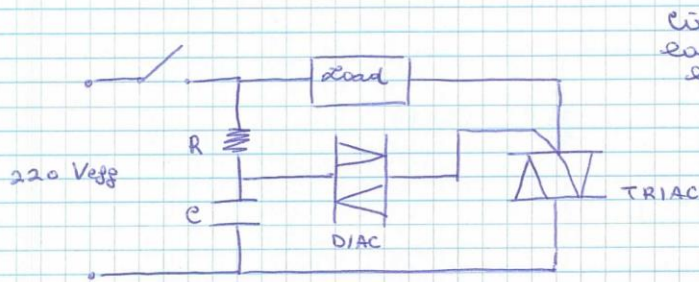
$$= U_0 \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{t_0}{T} + \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{2\omega} \cdot \sin(2\omega t_0)}$$

$$= U_0 \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{t_0}{T} + \frac{\sin(2\omega t_0)}{4\pi}} \quad \text{Nota quadratica media}$$

$$= U_0 \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\varphi_0}{2\pi} + \frac{\sin(2\varphi_0)}{4\pi}} \quad \text{con } \varphi_0 = \omega t_0$$

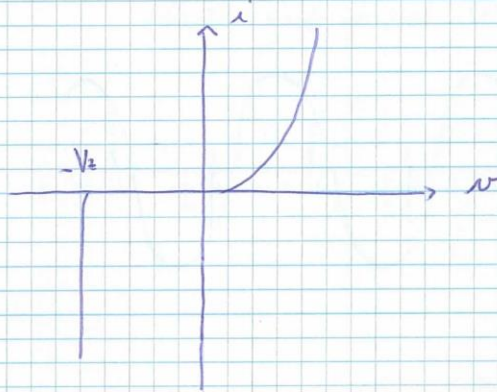
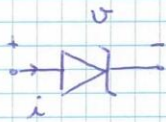
$$\text{con } t_0 = \emptyset \rightarrow U_{R-RMS} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Applicazione Particolare

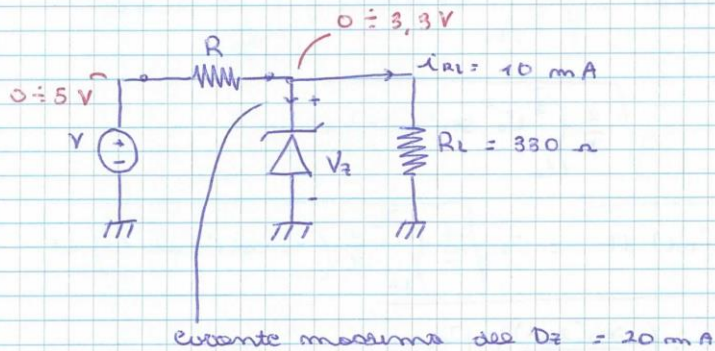


Circuito per regolare la luminosità di una lampada.

DIODO ZENER

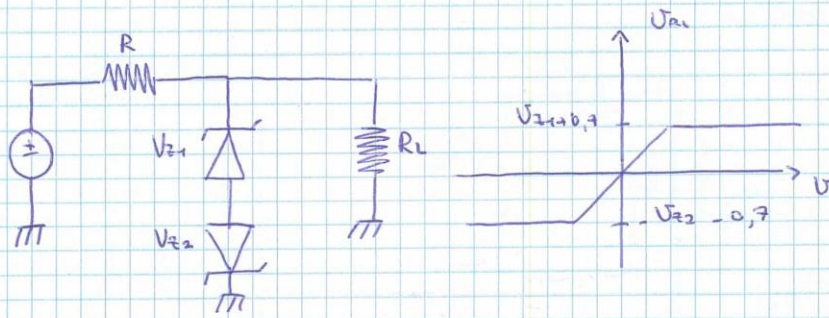


Applicazione tipica:

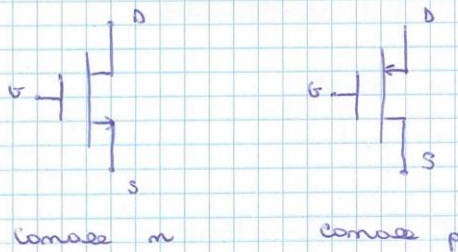


$$10 mA \leq \frac{5 - 3,3}{R} \leq 30 mA$$

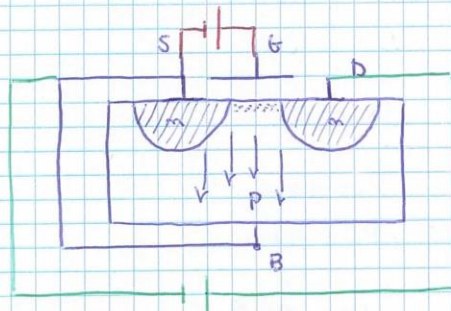
$$\frac{5 - 3,3}{R} = 25 mA \rightarrow R = 68 \Omega$$



MOSFET



Su silicio a canale n:



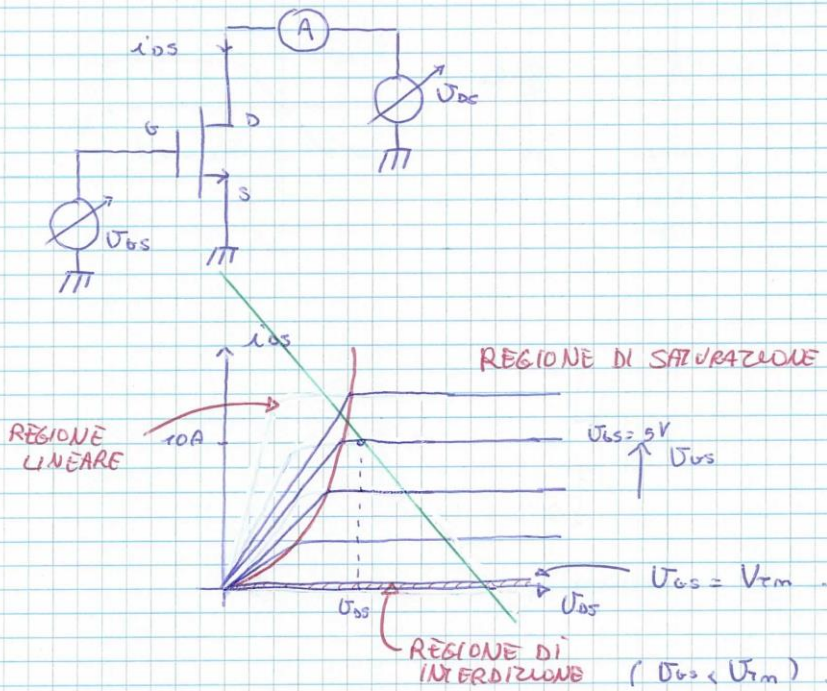
U_{GS} controlla i_D
MOSFET

U_{GS} crea un campo E fra G ed B . Per attrazione gli elettroni fra le due zone n , formando di fatto un canale quando $U_{GS} > V_T$

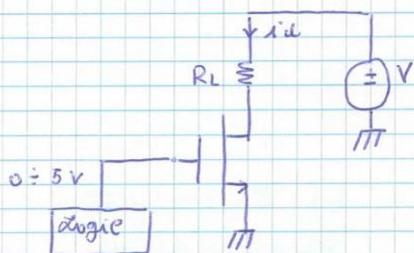
U_{DS} fa scorrere una corrente fra D e S quando il canale è formato

Intercambiabile controllato in tensione (U_{GS}).

Caratteristica:



On Interruttore con MOSFET:



$R_L = 20 \Omega$
 $P_L = 2 \text{ kW}$
 $i_D = 10 \text{ A}$

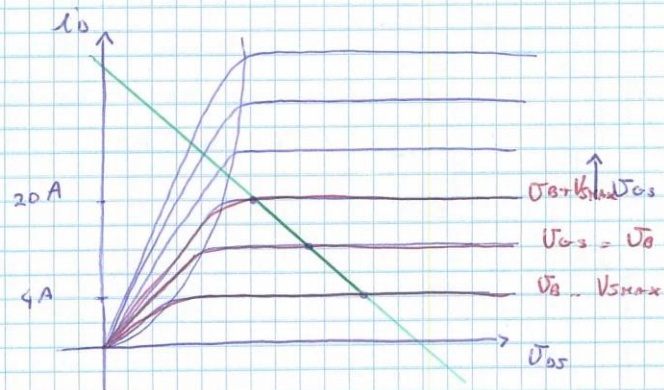
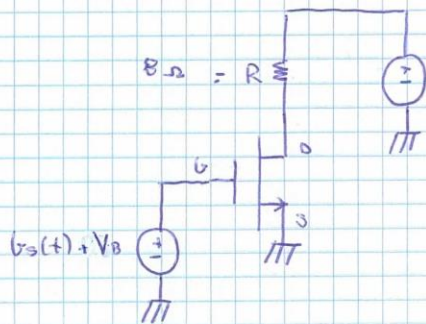
Devo sapere un MOSFET che supporta $i_D = 10 \text{ A}$.

Poi traccio la retta di carico:

$$V_{AL} = i \cdot R_L = V - V_{DS}$$

$$\rightarrow i = \frac{V - V_{DS}}{R_L}$$

Amplificatore con MOSFET

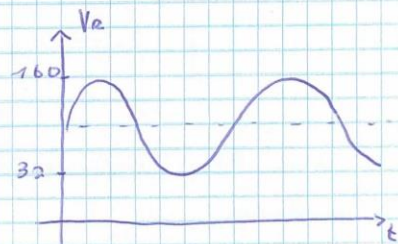


$$U_{S\text{MAX}} \ll V_B$$

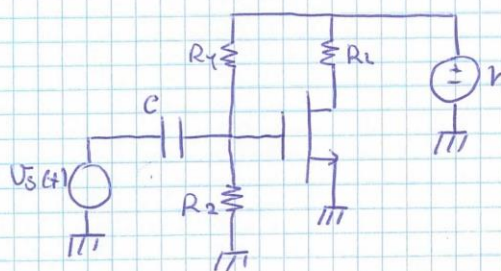
$$V_{R\text{MAX}} = 20 \cdot 8 = 160 \text{ V}$$

$$V_{R\text{MIN}} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ V}$$

$$i_D = \frac{V - V_{DS}}{8 \Omega}$$



Per eliminare la dipendenza da V_B :

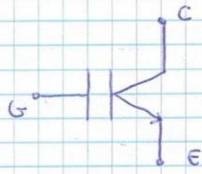


$$U_G = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_S(t)$$

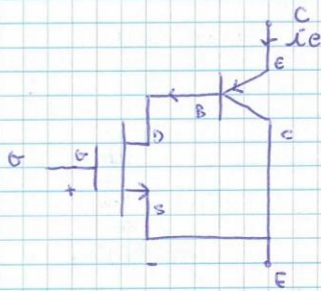
$C = \text{c.a.} \rightarrow$
 $C = \text{e.c.} \rightarrow$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

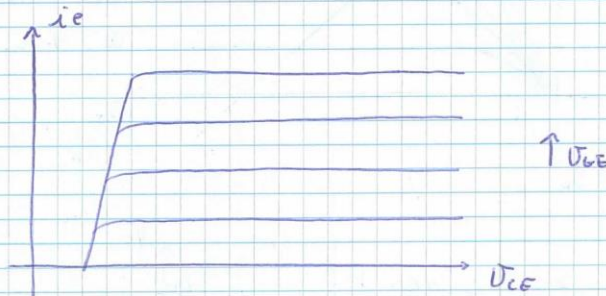
IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)



Circuito Equivalente:



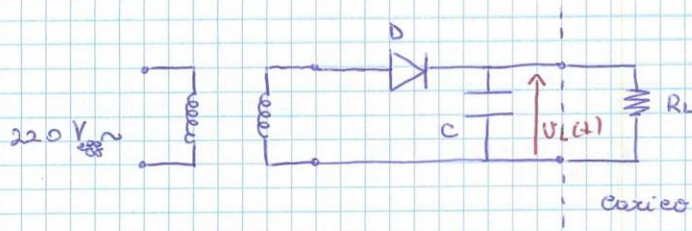
Quando $V_{GE} > V_{th}$ il MOSFET richiede corrente dalla Base del BJT che la preleva dall'E del BJT.



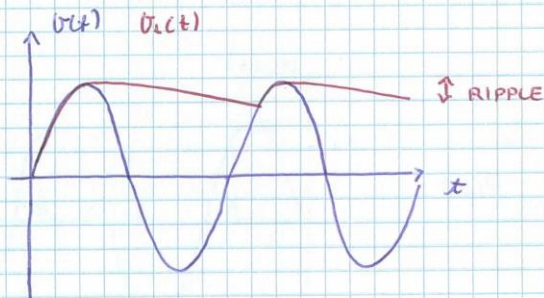
È un BJT comandato in tensione con caratteristiche lineari.

CONVERSIONE AC-DC

01/04/2016

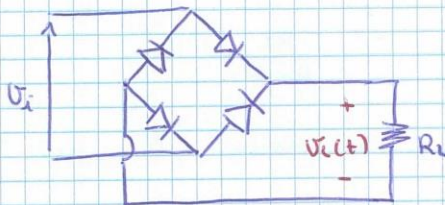


Trasformatore: Trasparante alla potenza.



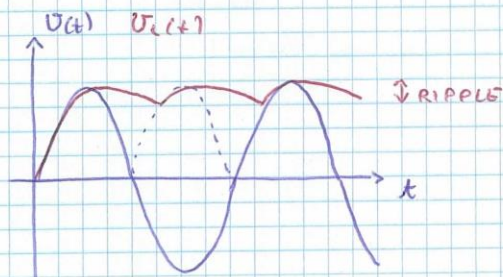
$$\text{RIPPLE} \ll V_{L \text{ MAX}} \rightarrow RC \gg T \rightarrow C \gg \frac{T}{R}$$

Per ridurre C in numero al posto di D si fa fonte a diodi:

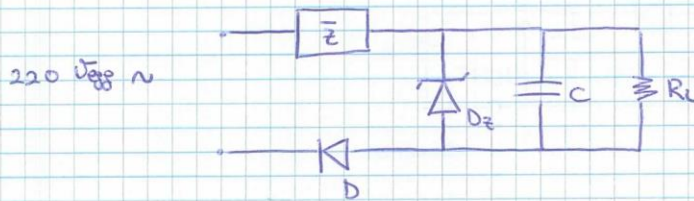


$$RC \gg \frac{T}{2}$$

$$C \gg \frac{T}{2R}$$

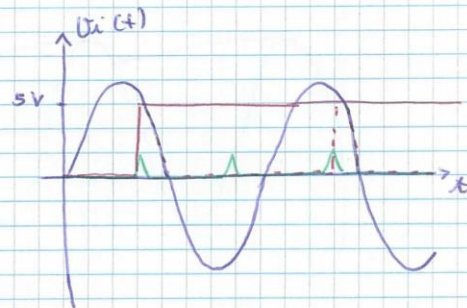
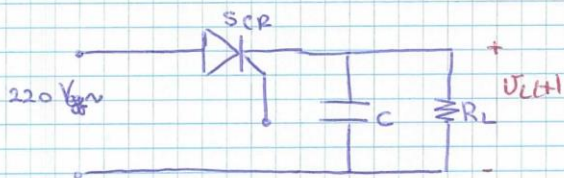


CONVERTITORE AC-DC SENZA TRASFORMATORE



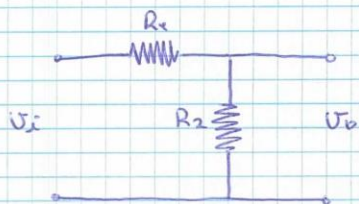
altra soluzione

ALIMENTATORE SWITCHING



$$\text{con } C \gg \frac{T}{R_L}$$

CONVERSIONE DC-DC



$$U_o = U_i \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

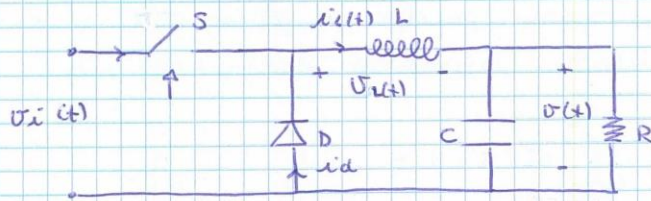
ma se collego il carico

$$U_o = U_i \cdot \frac{R_2 // R_L}{R_1 + R_2 // R_L}$$

non va bene!

mezza risposta ai quesiti:

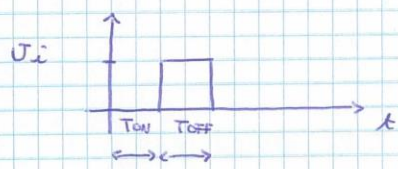
CONVERTITORE BUCK, ABBASSATORE DI TENSIONE



$V_i(t)$, $V(t)$ costanti rispetto al periodo di apertura e chiusura dell'interruttore.

Per la continuità delle variabili di stato, $i_L(t)$ e $V_C(t)$ saranno continue.

$$T_{\text{interruttore}} = T = T_{\text{on}} + T_{\text{off}}$$



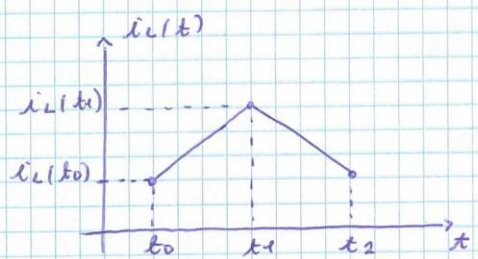
Se $S = \text{ON} \rightarrow$ interruttore chiuso a t_0

$$V_L(t) = V_i - V$$

$$i_L(t) = i_L(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t V_L(\tau) d\tau$$

$$\rightarrow i_L(t) = i_L(t_0) + \frac{1}{L} (V_i - V)(t - t_0)$$

Supponiamo che si riduca la tensione $\rightarrow V < V_i$



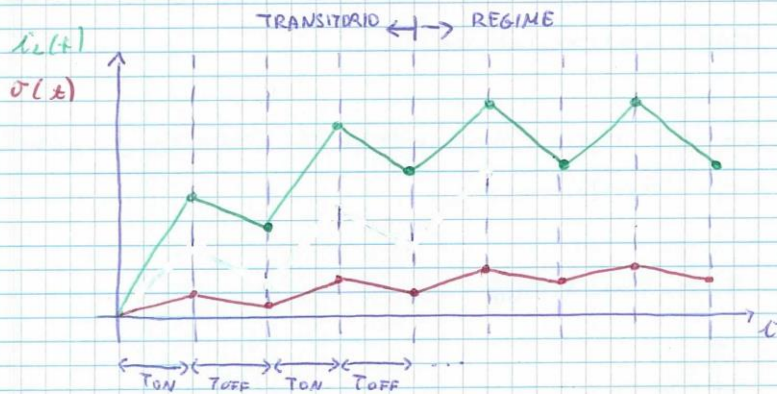
Se $S=OFF \rightarrow$ interruttore aperto a t_1

$$v_i(t) = -U$$

Il modo è in conduzione perché se fosse OFF $\rightarrow i_i(t) = 0$
 ma la var. di stato sarebbe discontinua.

$$i_i(t) = i_i(t_1) + \int_{t_1}^t v_i(\tau) d\tau$$

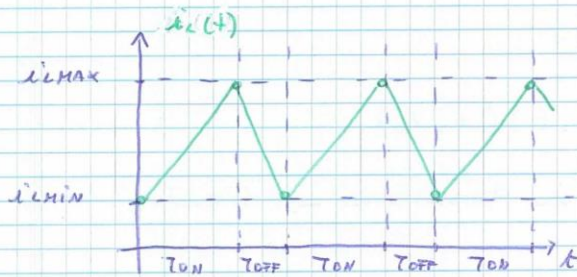
$$= i_i(t_1) - \frac{U}{L} (t - t_1)$$



$$ON \rightarrow i_i(t) = i_i(t_0) + \frac{1}{L} (U_i - U) (t - t_0)$$

$$OFF \rightarrow i_i(t) = i_i(t_1) - \frac{U}{L} (t - t_1)$$

A REGIME



Se $T_{ON} \neq T_{OFF}$

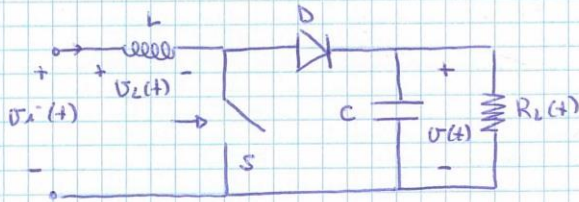
$$\begin{cases} i_{LMAX} = i_{LMIN} + \frac{1}{L} (U_i - U) T_{ON} \\ i_{LMIN} = i_{LMAX} - \frac{U}{L} T_{OFF} \end{cases}$$

$$\rightarrow i_{LMAX} - i_{LMIN} = \frac{1}{L} (U_i - U) T_{ON}$$

$$\rightarrow i_{LMAX} - i_{LMIN} = \frac{U}{L} \cdot T_{OFF}$$

$$\frac{1}{L} (U_i - U) T_{ON} = \frac{U}{L} T_{OFF} \quad \rightarrow \quad U = U_i \cdot \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = U_i \cdot \frac{T_{ON}}{T}$$

CONVERTITORE BOOST, ELEVATORE DI TENSIONE

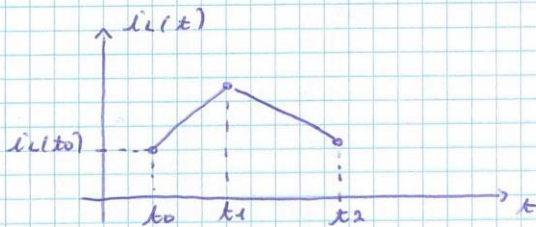


$S = ON \rightarrow$ interruttore chiuso

$$U_L(t) = U_i$$

$$i_L(t) = i_L(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t U_L(\tau) d\tau$$

$$= i_L(t_0) + \frac{U_i}{L} (t - t_0)$$



$S = OFF \rightarrow$ interruttore aperto

$$U_L(t) = U_i - U$$

$$i_L(t) = i_L(t_1) + \frac{1}{L} \int_{t_1}^t U_L(\tau) d\tau$$

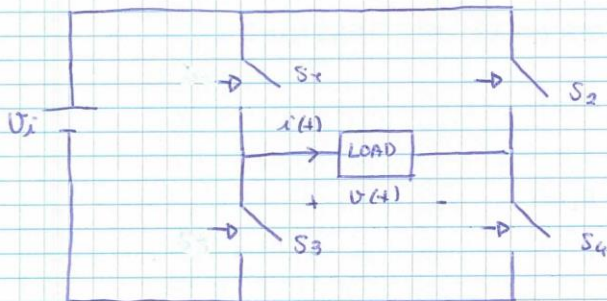
$$= i_L(t_1) + \frac{U_i - U}{L} (t - t_1)$$

Supponiamo $U_i < U$.

Ricerca della fine:

$$U = U_i \cdot \frac{T}{T_{OFF}} \quad \text{seguiendo i paraloggi per lo BUCK}$$

CONVERSIONE DC-AC (INVERTER)



Interruttore comandati da un'onda quadrata:



I° SEMIPERODO

S₁, S₄ ON

S₂, S₃ OFF

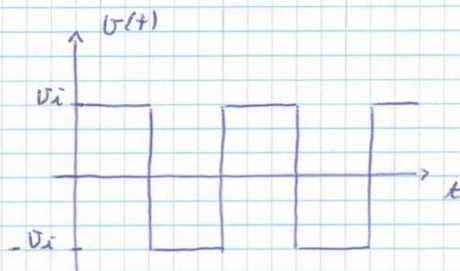
$$U(t) = U_i$$

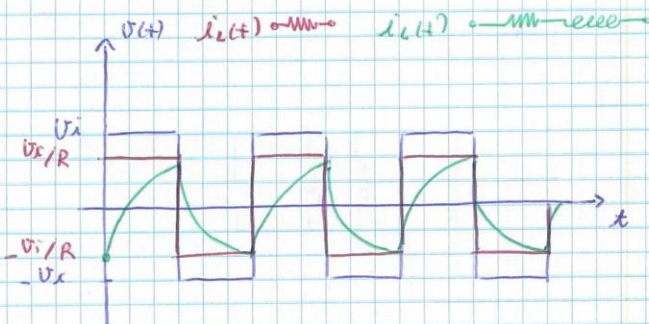
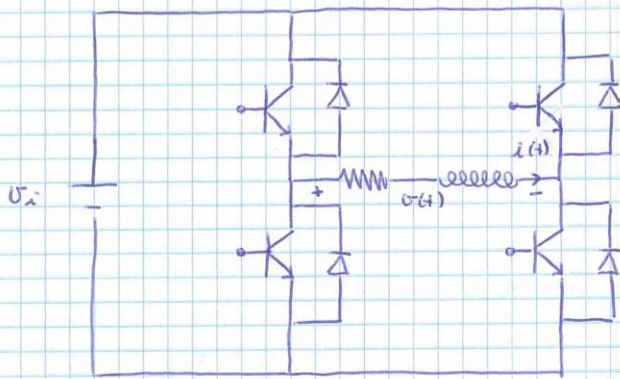
II° SEMIPERODO

S₁, S₄ OFF

S₂, S₃ ON

$$U(t) = -U_i$$

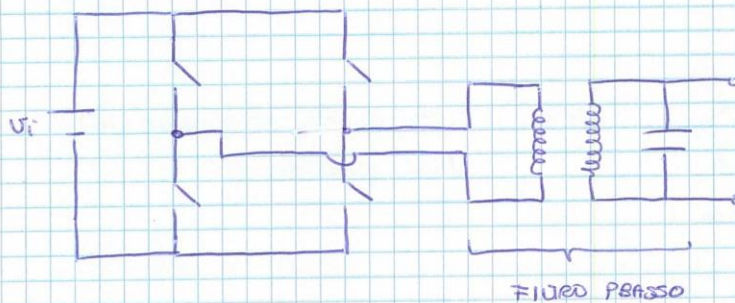




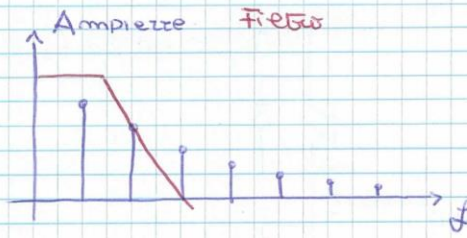
Il diodo diventa quando la corrente è negativa per forza di cose, se BVT veramente da disaccoppiare

mea grafica sopra riportato il valore medio di $i_L(t)$ è I_{DC} , per notevole nono il DC (tempo 1° semip. e 2° semip.)

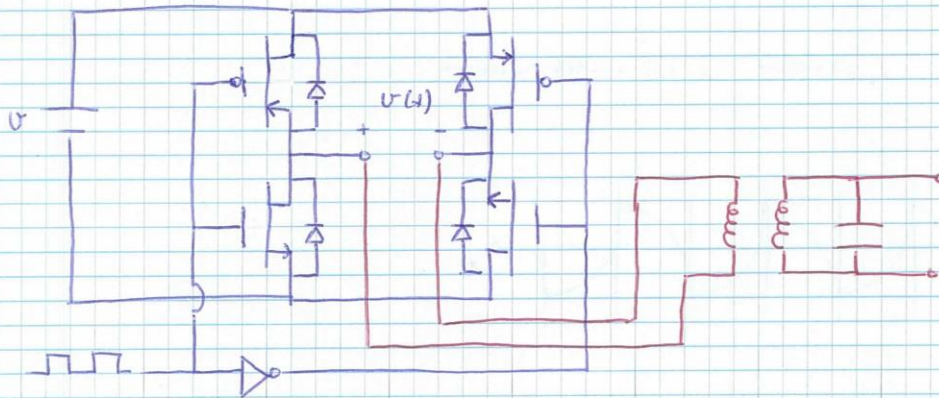
CONVERTITORE ONDA QUADRA - ONDA SINUSOIDALE (INVERTER CON ONDA SINUSOIDALE IN OUT)



Cosa fa questo plotter?



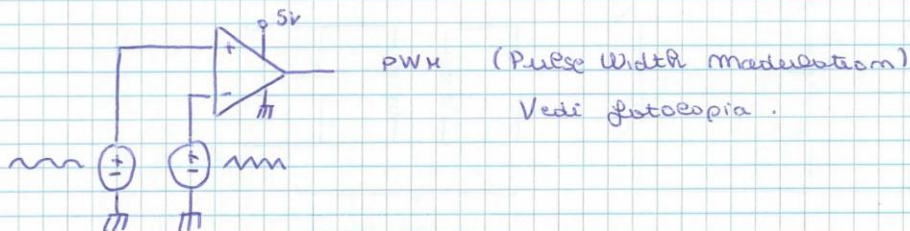
INVERTER CON SINUSOIDE IN OUT CON MOSFET

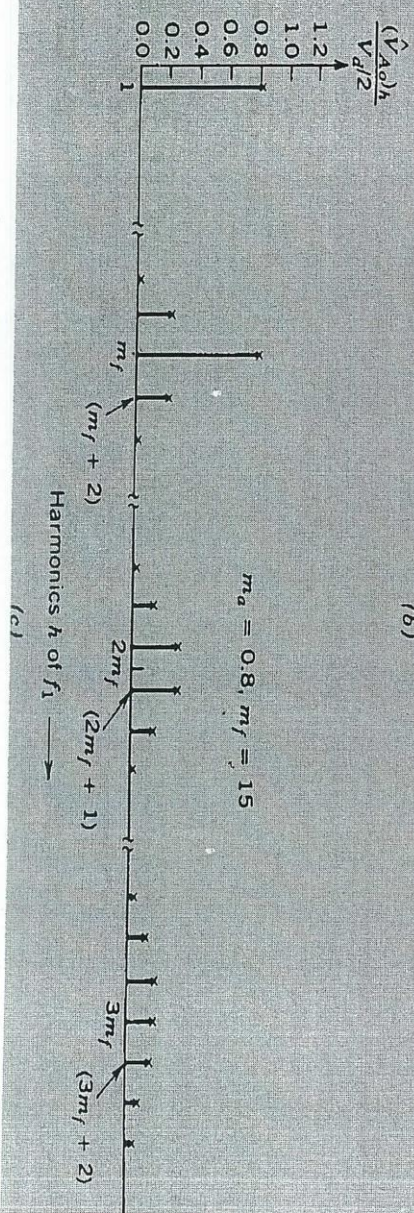
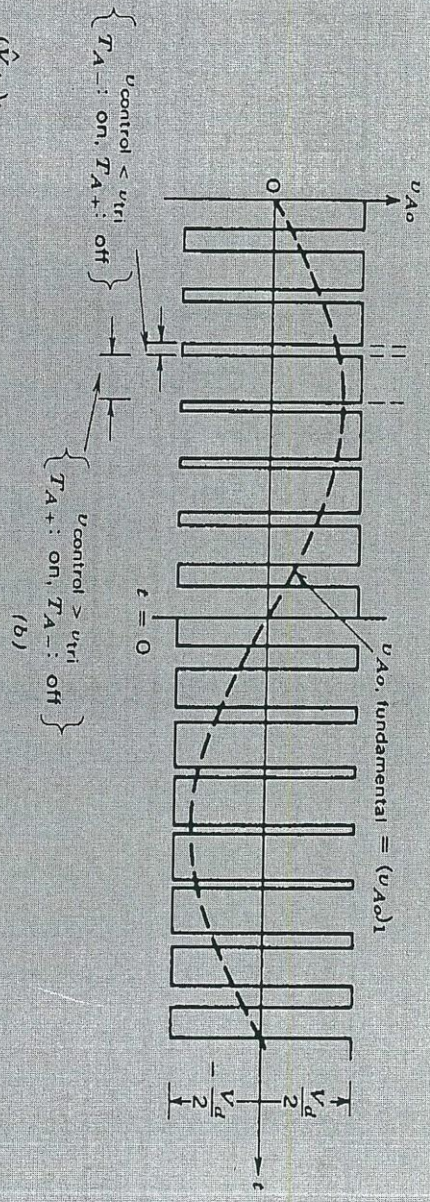
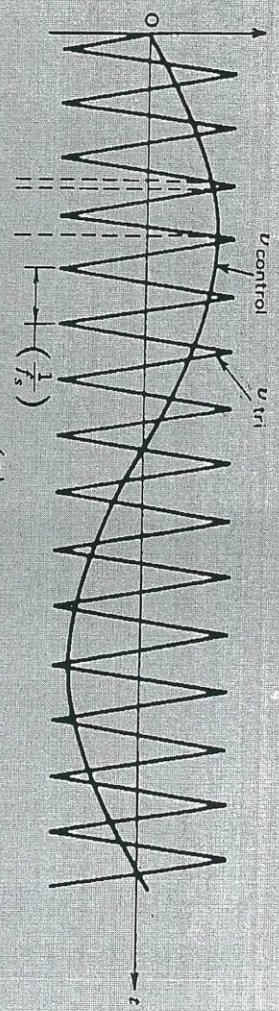


in realtà non uso come segnale di selezione l'onda quadrata ma → vedi fotocopia.

Questo circuito con MOSFET a differenza di quello con BJT non presenta del problema dello spegnimento di "stintazione e distorsione degli interruttori".

Il segnale di selezione viene generato dal circuito:



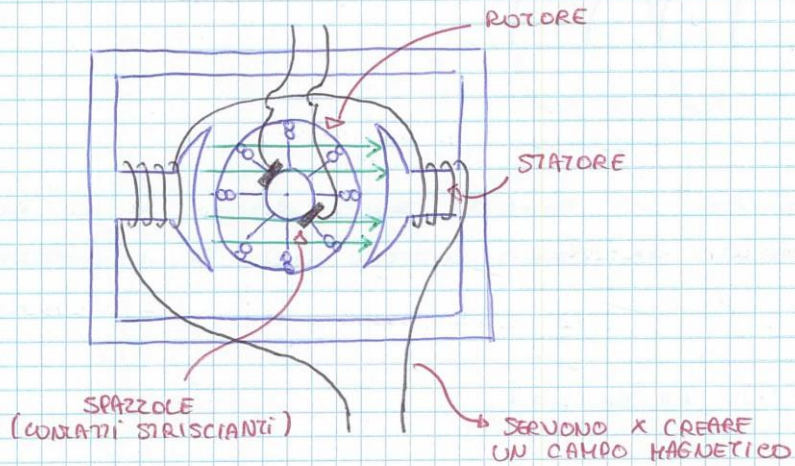


Questo segnale di selezione è meglio di un onda quadrata perché le armoniche in ϕ sono molto distanti.

-> Riesco a filtrare meglio

08/04/2016

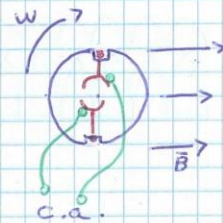
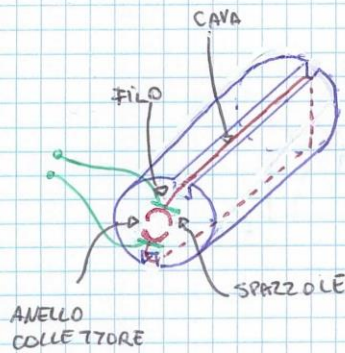
MACCHINE IN CONTINUA (MOTORI IN CONTINUA)



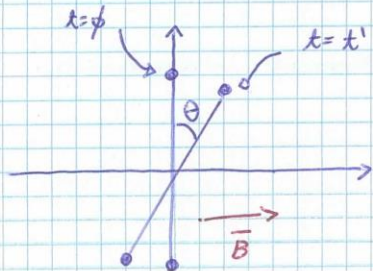
Campo Magnetico (legge di Lenz)



In 3D:



$\omega = \text{costante}$



$$\theta = \omega \cdot t'$$

$$\phi(\vec{B}) = S \cdot B \cdot \cos(\omega t)$$

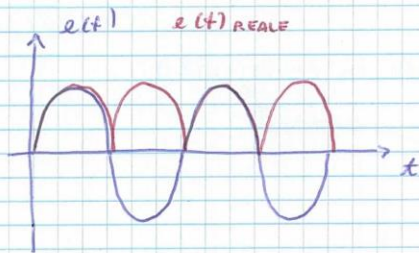
$$= \phi_m \cdot \cos(\omega t)$$

$$\rightarrow e(t) = - \frac{d}{dt} \phi(\vec{B}) = N \phi_m \sin(\omega t) \cdot \omega$$

con N : # spire che costituiscono l'avvolgimento

$$e(t) = N \phi_H \text{sen}(\omega t) \cdot \omega$$

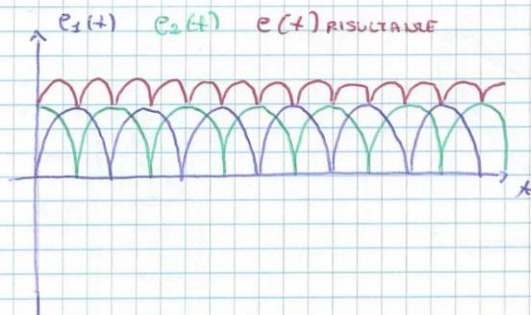
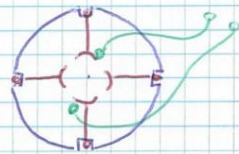
Sembra che sia:



Ma in realtà le spire sono ferme e il flusso cambia solo \rightarrow dopo mezzo giro si invertano i poli

$$e(t) = E_H \text{sen}(\omega t)$$

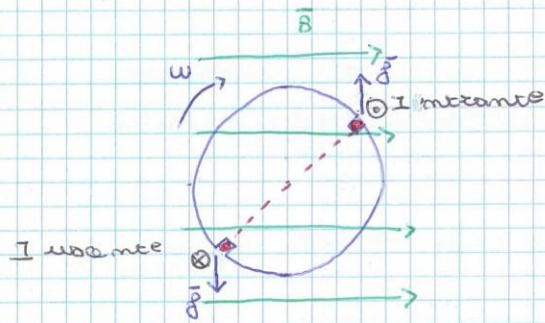
Se inserisco due spire?



Quindi per ottenere una e costante inserisco molte spire:

risulta $e(t) = e = k \cdot \phi_H \cdot \omega$

Supponendo ora di commettere un carico



Dallo scorrere della corrente sulla spira, ovvero dal collegamento di un carico, nasce una forza \vec{f} :

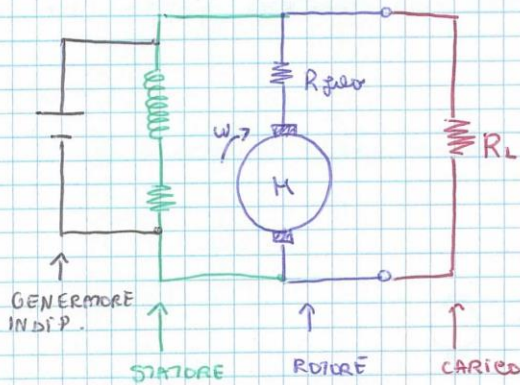
$$\vec{f} = \vec{i} \times \vec{B}$$

che si oppone alla rotazione del sistema.

Simulato Rotore



Supponiamo che i fili che creano il campo \vec{B} non sono ideali e colleghiamo da detto R un un punto



Inizialmente lo statore non è connesso al rotore.

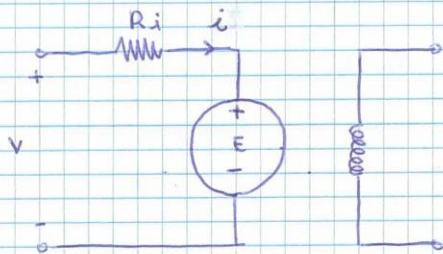
Si attiva gen. indep. che magnetizza lo STATORE.

Poi connetto lo statore al rotore, collegando gen. indep., e questa magnetizzazione genera il campo B .

Se inserisco un carico, viene prodotta corrente
dalla rotazione del rotore.

Se inserisco un gen. di corrente, innesco
corrente aumentando la rotazione del motore.

Rappresentazione Circuitale del Motore



$$E = k \cdot \phi_n \cdot \omega$$

$$\text{Se } Ri = \phi \rightarrow E = V$$

$$P_E = E \cdot i \quad (\text{Potenza elettrica fornita al motore})$$

$$P_M = C \cdot \omega \quad (\text{Potenza meccanica generata dal motore})$$

↑
coppia motrice

$$\rightarrow C = \frac{E \cdot i}{\omega}$$

$$\text{Inoltre: } \omega = \frac{E}{k \phi_n} \approx \frac{V}{k \phi_n} \quad \text{se il motore è fatto bene.}$$

Quindi per variare la velocità del motore posso variare
la V.

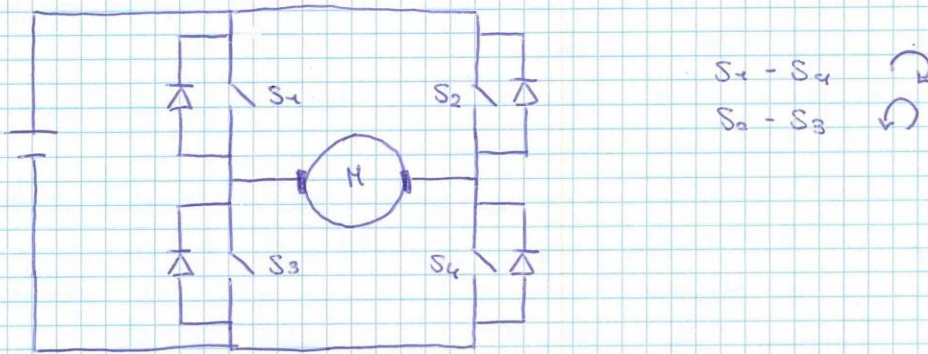
Per variare V, avendo un generatore costante
inserisco questo circuito:



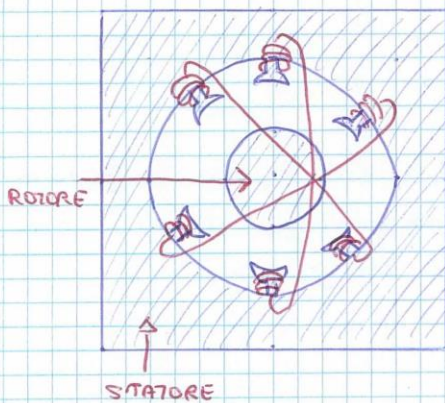
d'interuttore si apre e si chiude secondo un
DUTY cycle, la tensione media di all'uscita.

Quando apre l'interuttore, la corrente fa una
discontinuità e la induttanza si scalda molto.
Inserisco un diodo per far continuare a correre
la corrente.

Per far girare il motore in due direzioni,
inserisco un ponte ad H.



MOTORE IN ALTERNATA (MOTORE ASINCRONO)



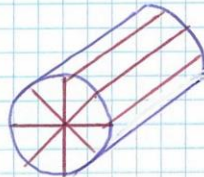
Na usata la tensione

Tri fase.

La tensione Tri fase permette
di ottenere due correnti alla
volta creando un campo B
variabile

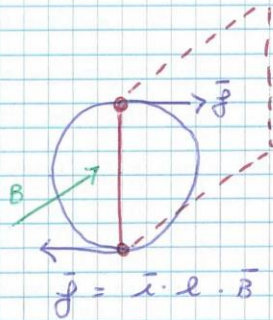
-> CAMPO MAGNETICO ROTANTE

Com'è fatto il ROTORE?



Intorno al rotore ci possono essere N avvolgimenti.

Supponiamo un solo avvolgimento:



Il campo B generato dalla trifase genera una corrente nella spira e quindi una coppia di forze che fanno ruotare.

La rotazione di flusso è tanto e la coppia aumenta e quindi eccitata.

Il rotore ruota inseguendo il campo B costante, quando lo raggiunge $\frac{d}{dt} \phi(B) = 0$ e quindi $i = 0$ ovvero le forze non spingono più il motore.

Ritardando $\frac{d}{dt} \phi(B) \neq 0$ e quindi nasce una nuova $i \neq 0$ che ricomincia il motore.

MOTORE ASINCRONO:

$$f_{\text{di rete}} = 50 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{rotazione motore}} < 50 \text{ Hz}$$

in quanto la velocità del campo B di forma sinusoidale ω di rotazione raggiunge la ω con cui nasce B indotto dalla trifase.

$$M_2 : \# \text{ giri motore} = f(f_s, V)$$

\uparrow \uparrow Alimentazione
 frequenza stato

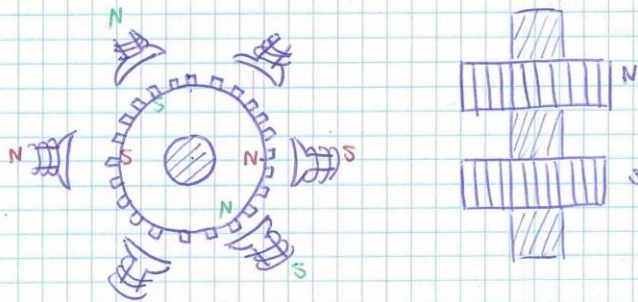
Se $V \uparrow$ $M_2 \uparrow$

Se $f_s \uparrow$ $M_2 \uparrow$

Per realizzare f_a supponendo $f_{in} = 50 \text{ Hz}$
 posso fare questo procedimento:

TRIFASE \Rightarrow DC \Rightarrow AC (TRIFASE)
 usando un inverter.

MOTORI STEPPER (PASSO - PASSO)



PASSO 1:

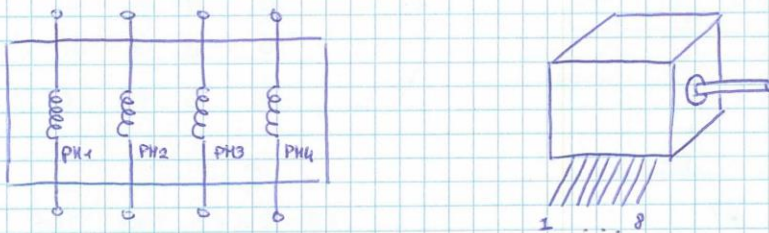
Alimenta la prima coppia di corni e i denti del rotore si orientano coi denti della corna dello statore

PASSO 2:

Alimenta la seconda coppia di corni e grazie ad uno spostamento preciso fra i denti, il rotore si muove di un dente perché i suoi denti ora si allineano con i nuovi corni

... e così via.

MOTORE STEPPER A 8 FILI

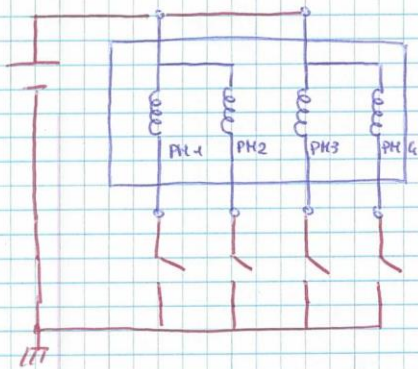


Quindi 8 corni.

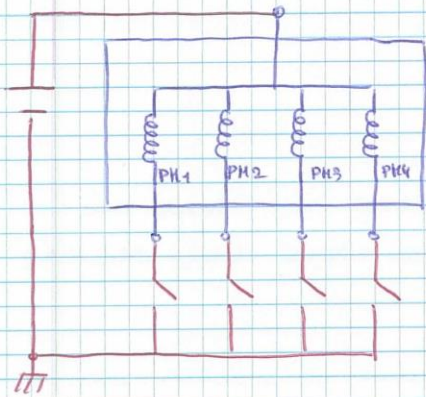
Sequenza 1 2 3 4 : Senso Orologio

Sequenza 4 3 2 1 : Senso Antiorario

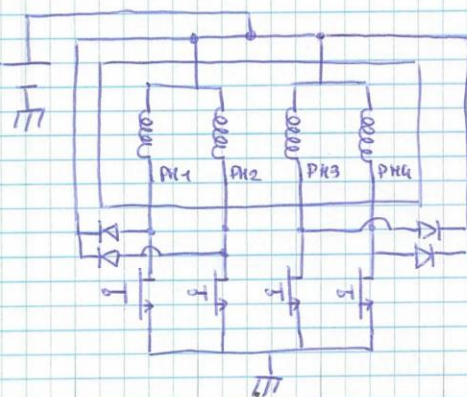
MOTORE STEPPER A 6 FILI



MOTORE STEPPER A 5 FILI



Schema di funzionamento di un Stepper a 6 Filii



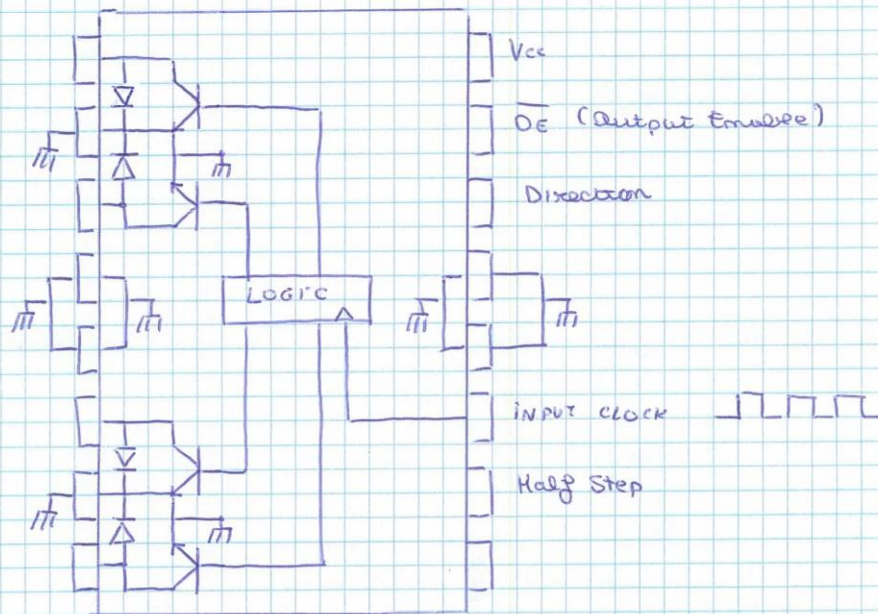
	PHASE			
PASSO	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

↑
PROCEDURA ONE STEP

PASSO	PHASE			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

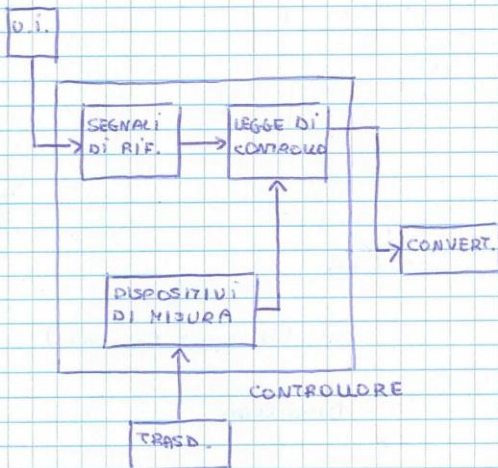
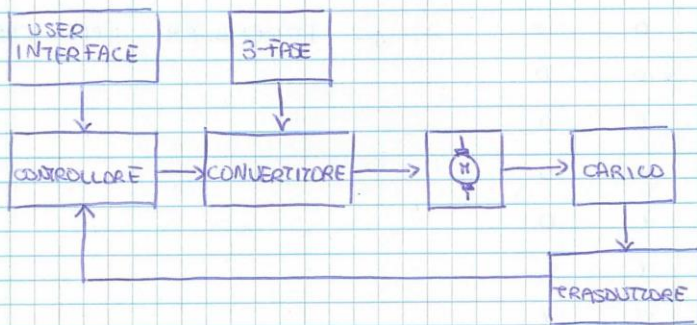
↓ PROCEDURA HALF-STEP

UCN 584



15/04/2016

Schema di un automontente in retroazione:



Schema di un automontente in anello aperto:

