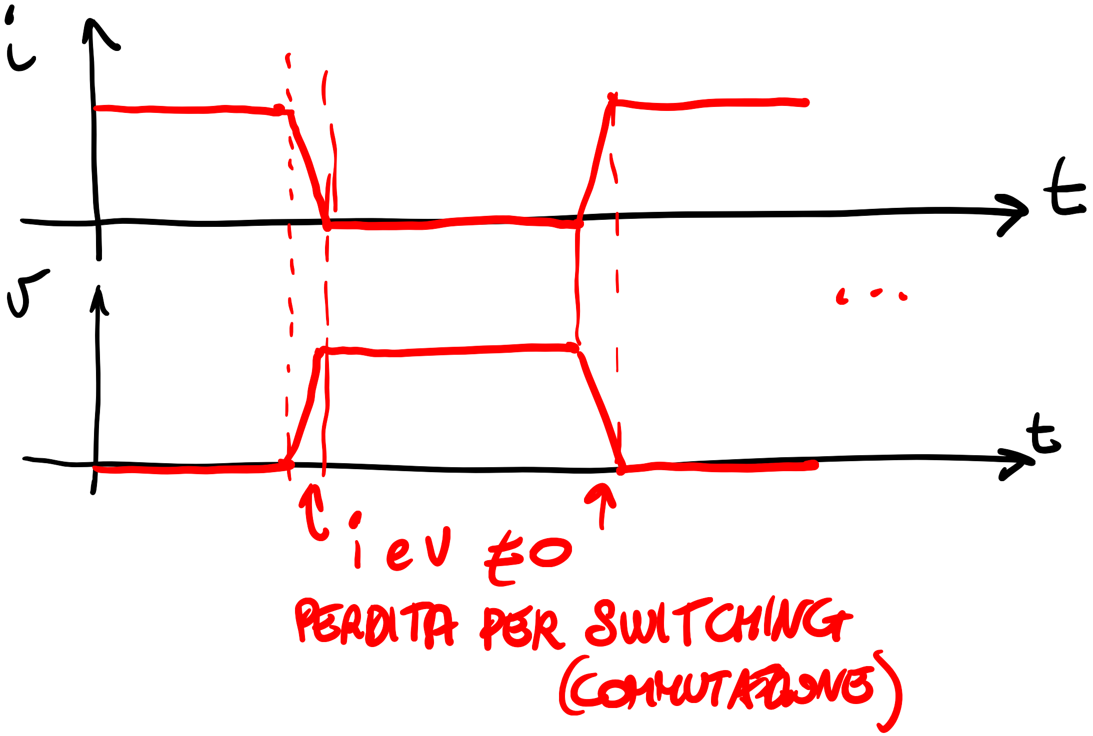
Soft Switching



← Hard Switching
se i e v sono ≠ 0
durante la commutazione

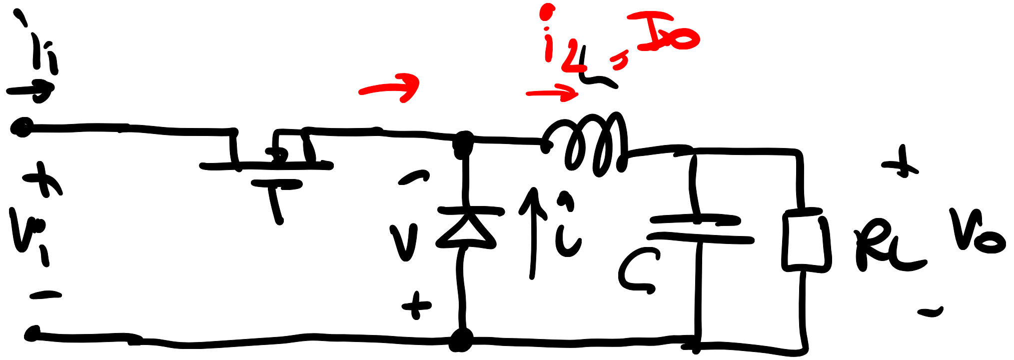
Soft switching
- → Zero Current Switching — ZCS
- → Zero Voltage Switching — ZVS

DIODO

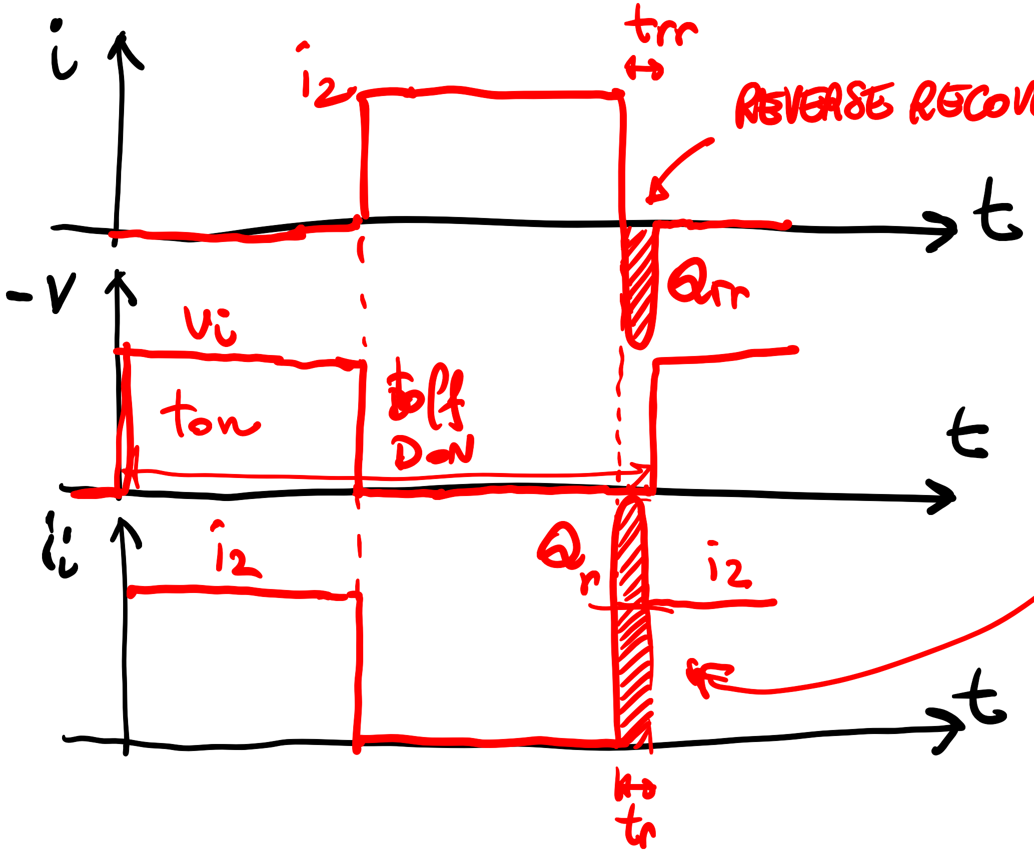
→ reverse recovery

Conduzione in inversa durante lo spegnimento

Es.



Hard Switching

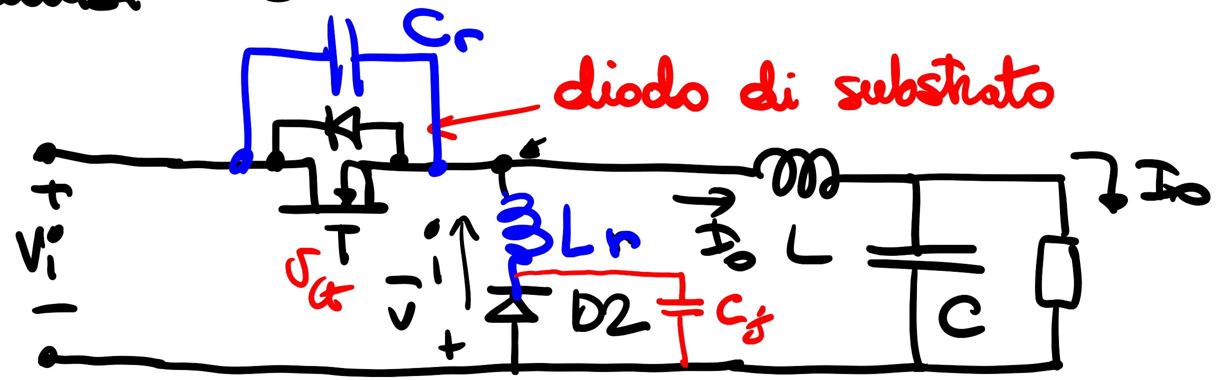


$$E = V_i \int i_i \, dt = V_i \left[t_r I_o + Q_{rr} \right]$$

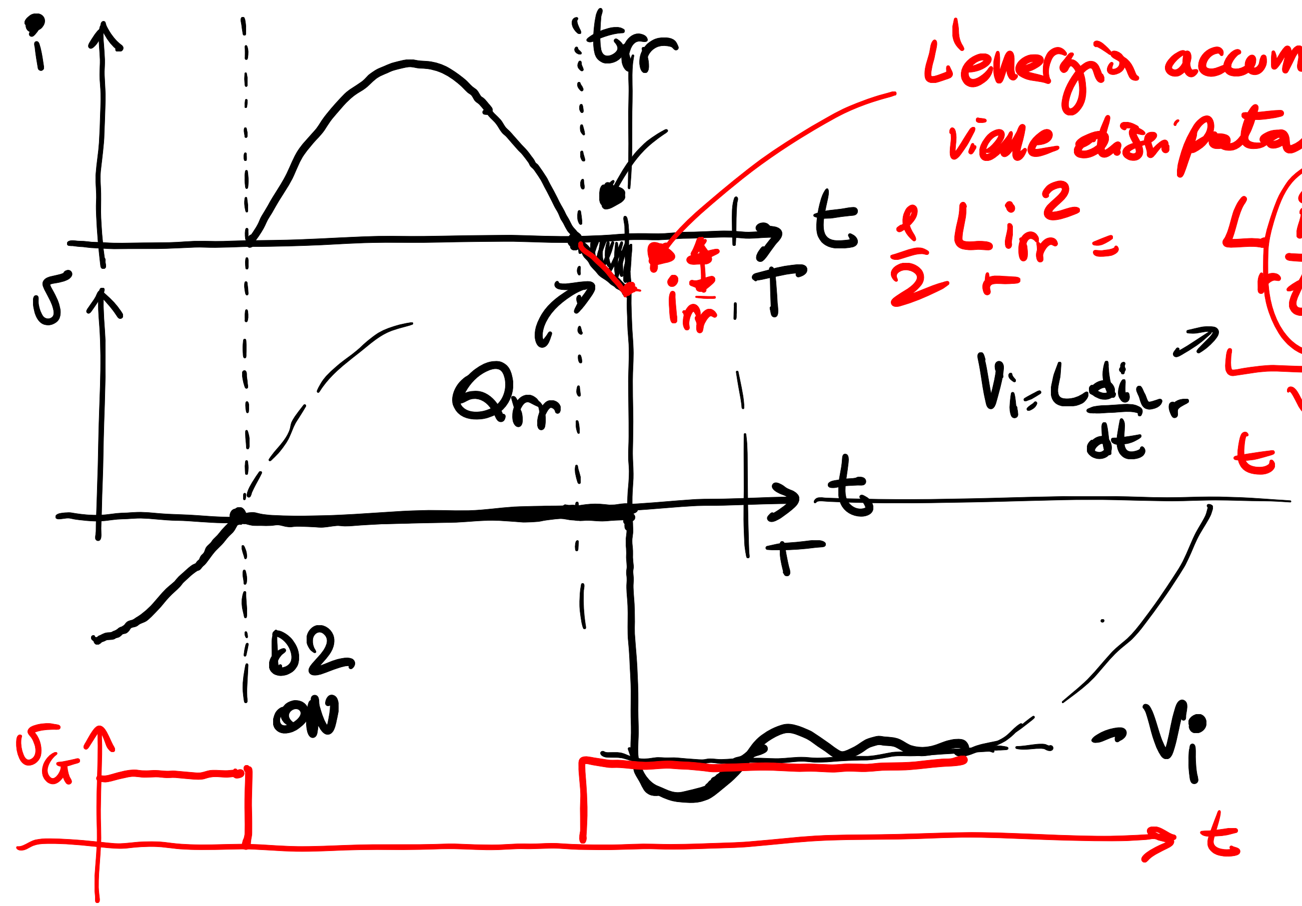
$[t_{rr}]$

↑ Energia persa nel diodo per ogni spegnimento

Quasi resonant ZCS buck



$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \sim f_s$$



L'energia accumulata dall'induttore Lr viene dissipata

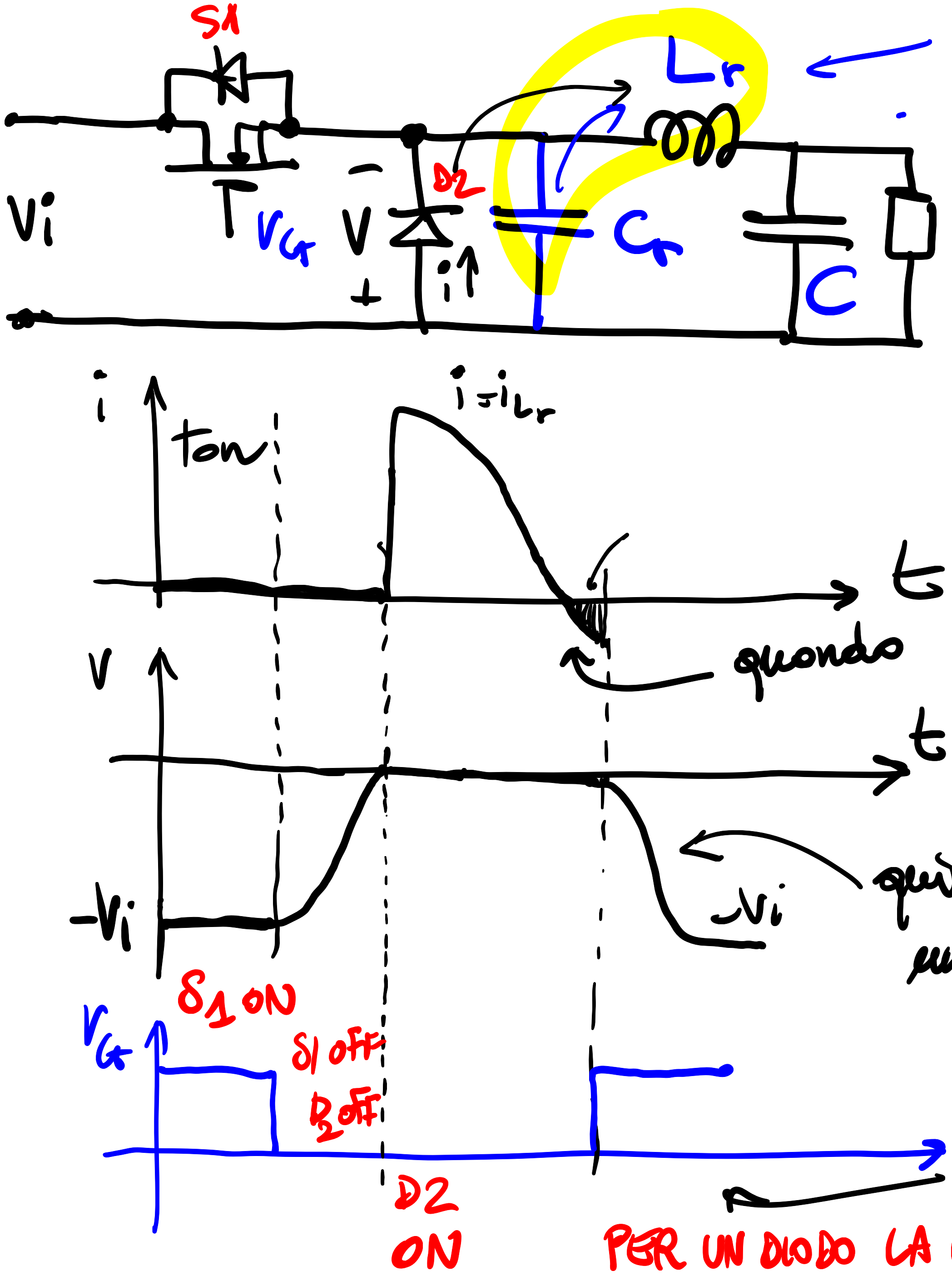
$$\frac{1}{2} L_r i_{rr}^2 = L_r \frac{i_{rr}}{t_{rr}} \cdot \frac{t_{rr}\, i_{rr}}{2} \rightarrow V_i Q_{rr}$$

$L_r \frac{i_{rr}}{t_{rr}} = V_i$, $\frac{t_{rr}\, i_{rr}}{2} = Q_{rr}$

$V_i = L \frac{di_{L_r}}{dt}$

Qrr è più piccolo che nel caso di Hard Switching perché la corrente varia più dolcemente

Quasi resonant ZVS buck



l'induttanza del filtro risuona con Cr

il diodo viene spento da Lr

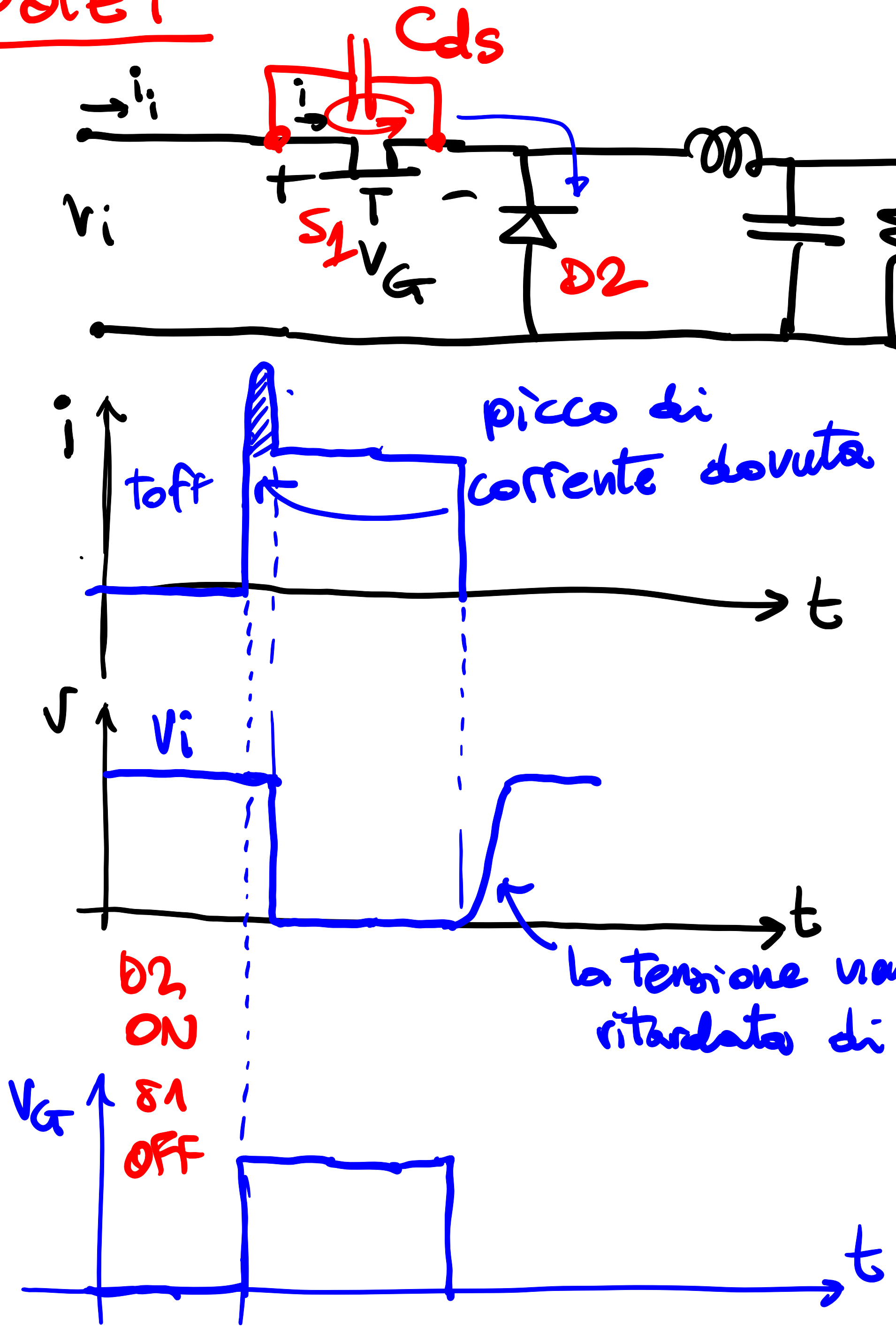
quando la corrente nel diodo è negativa la tensione sul diodo è nulla

quindi il diodo si comporta come una capacità (variabile) in parallelo a Cr

PERDITE IDEALMENTE NULLE

PER UN DIODO LA CONDIZIONE IDEALE È LO SPEGNIMENTO ZVS

MOSFET



picco di corrente dovuta alla Irr (Reverse recovery del diodo) e alla scarica della Cds

la tensione viene ritardata di Cds

ENERGIA Cds + ENERGIA DIODO

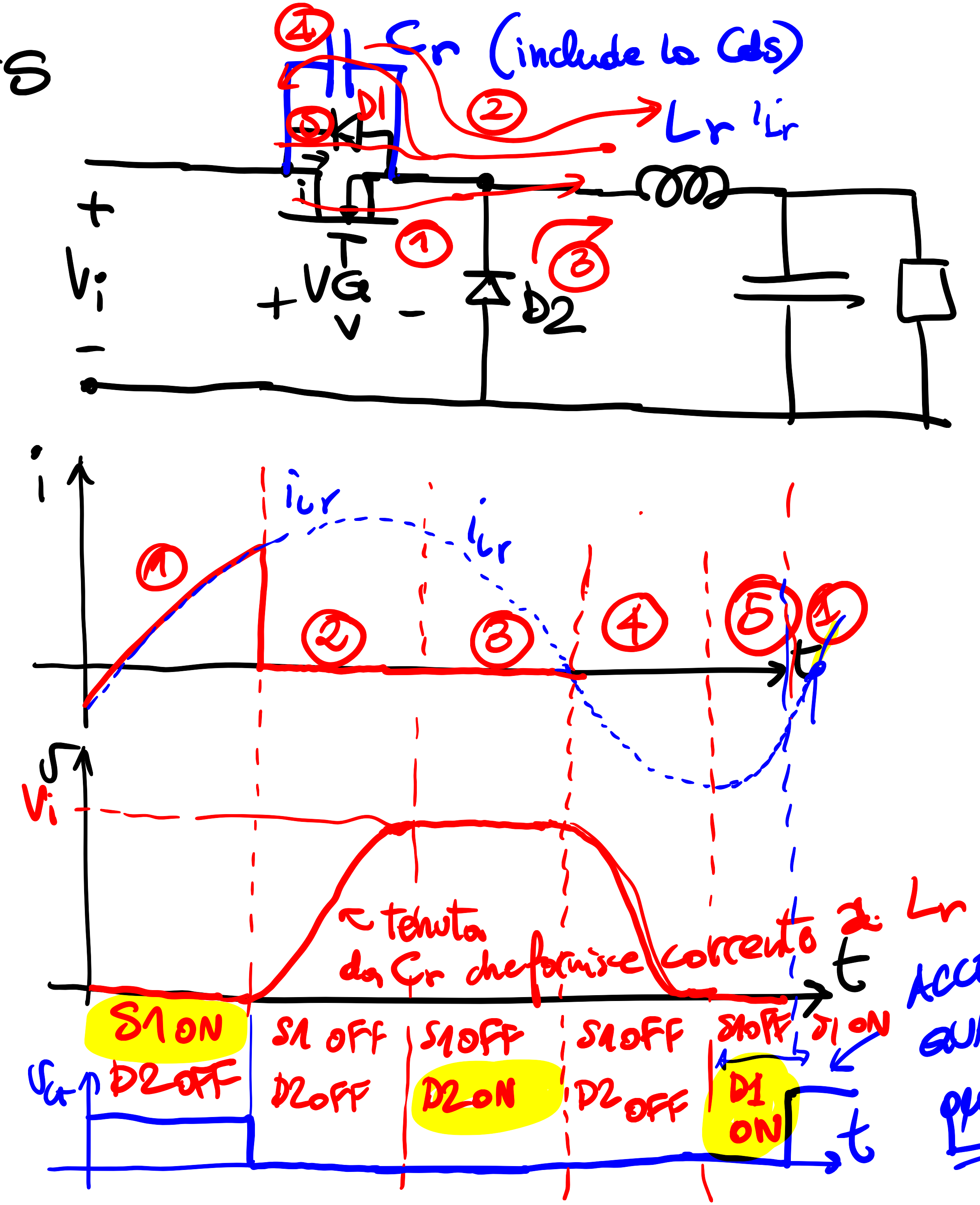
$$\frac{1}{2} C_{ds} V_i^2$$

$$V_i \left[Q_{rr} + I_0 t_{rr} \right]$$

PERDITA DI ACCENSIONE IMPORTANTE

MI SERVE UNO ZV

ZVS

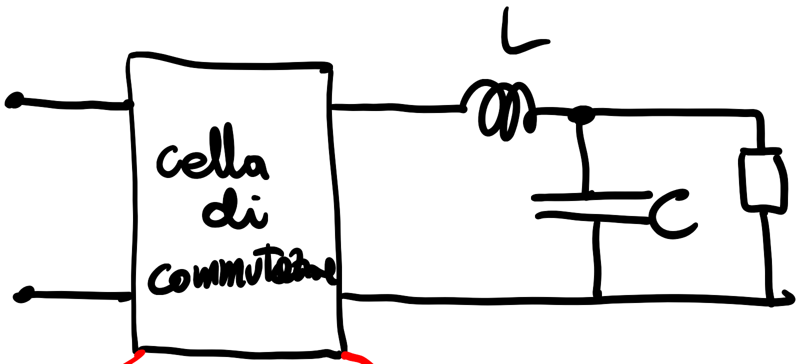


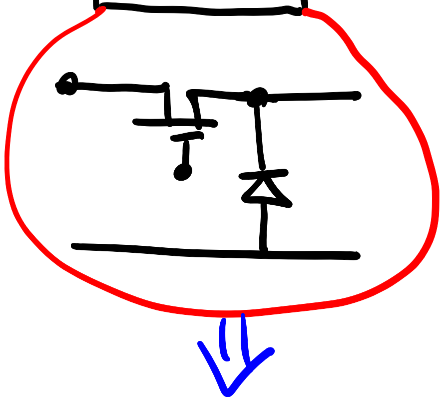
1. S1 dà i_{Lr}
2. Cr dà i_{Lr}
3. D2 " "
4. Cr " "
5. D1 " "

ACCENDIAMO S1 QUANDO D1 CONDUCE quindi $V_{DS} \simeq 0$

ZCS

Es. buck

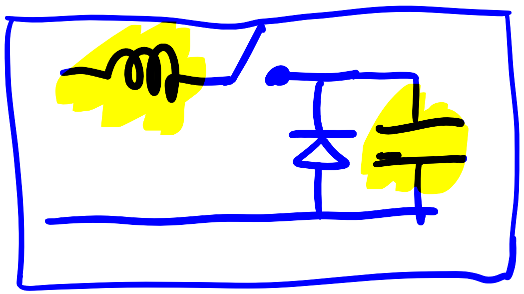


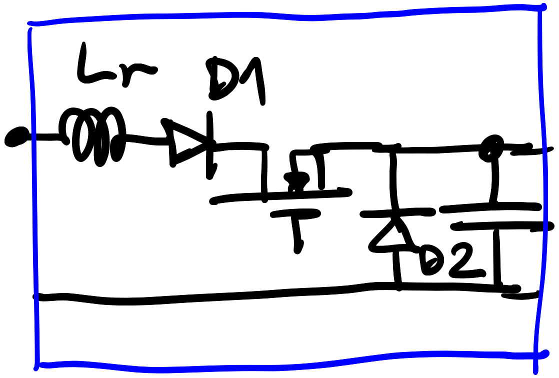


Hard Switching

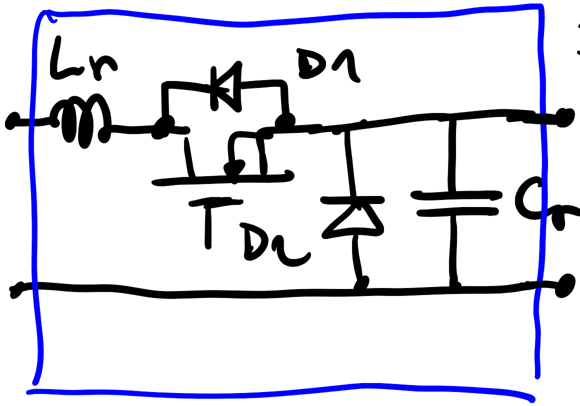
cella quasi risolante

ES





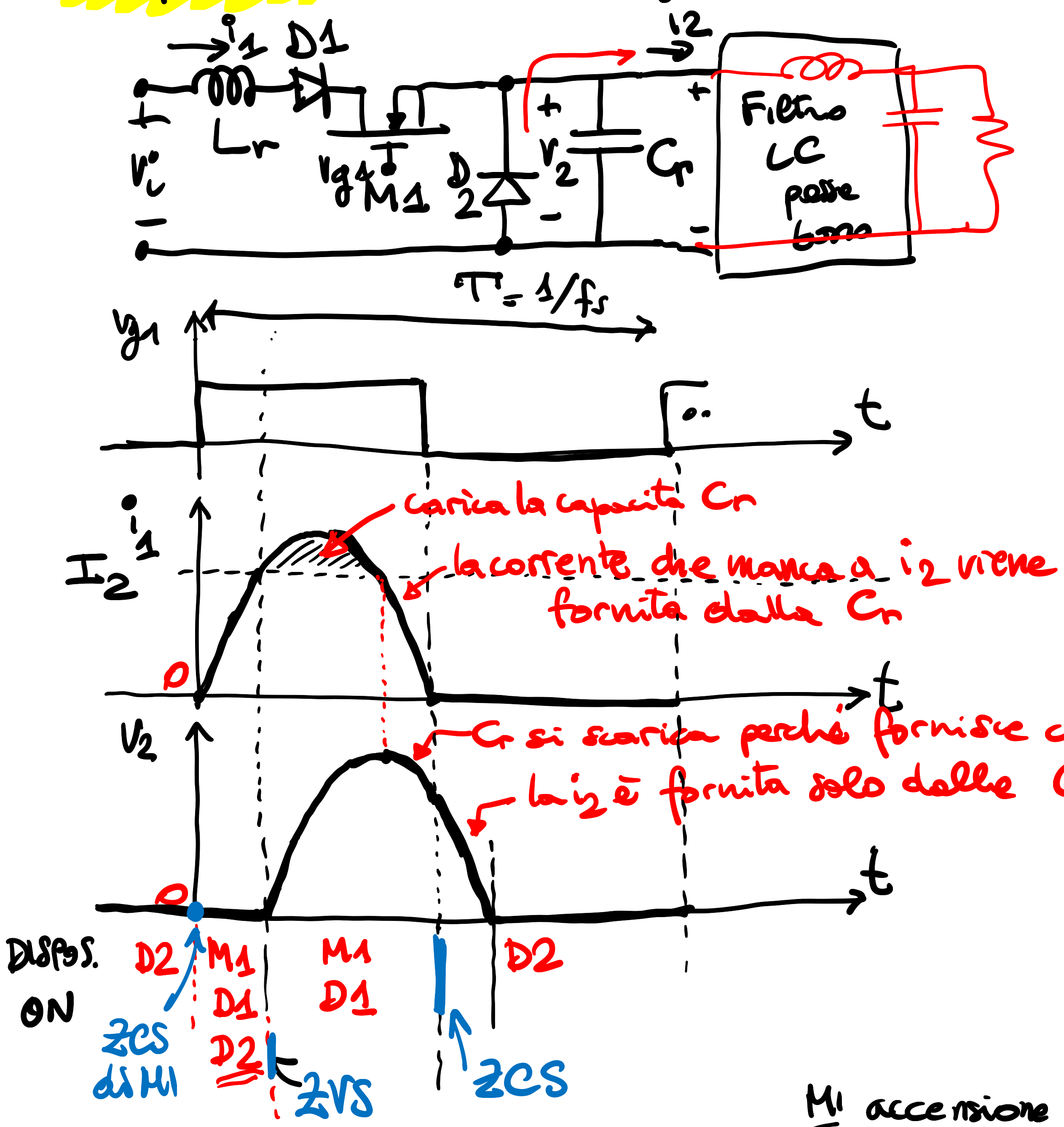
Half wave ZCS Quasi Resonant switch cell



Full wave ZCS Quasi Resonant switch cell

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \sim f_s$$

Half wave ZCS QR switch cell



PER SEMPLICITÀ SUPPONIAMO i_2 costante (trascuriamo il ripple in i_2) ($L \to \infty$)

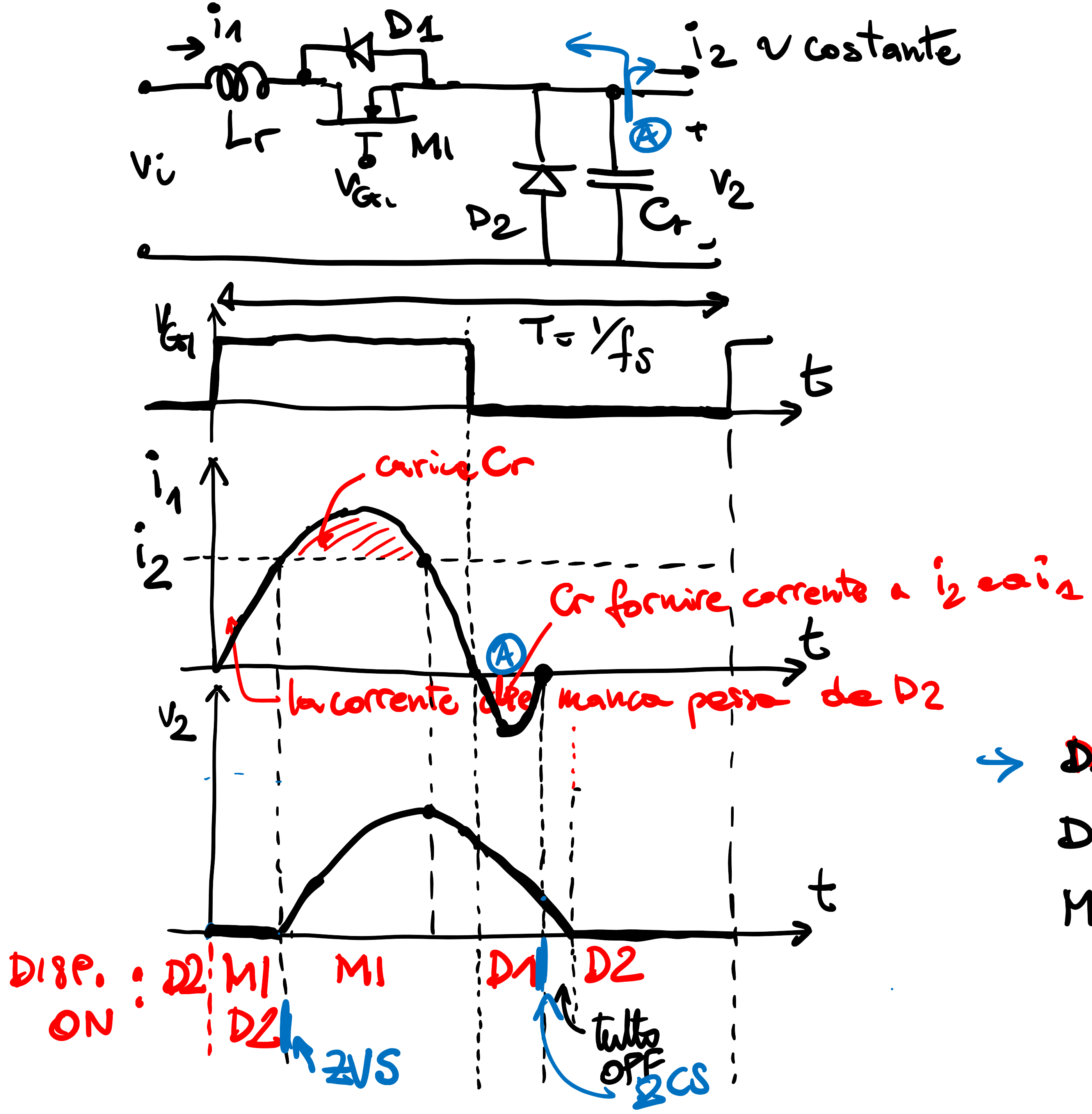
- a $t=0$ M1 viene acceso, ma finché $i_1 < i_2$ il diodo D_2 rimane ON
- D2 si spegne quando $i_1 = i_2$

D2 : ZVS a causa di Cr che rallenta v_2

D1 : ZCS quando $i_1 = 0$ viene spento M1 → D1

M1 accensione in ZCS a causa di Lr

Full Wave ZCS Quasi resonant switch

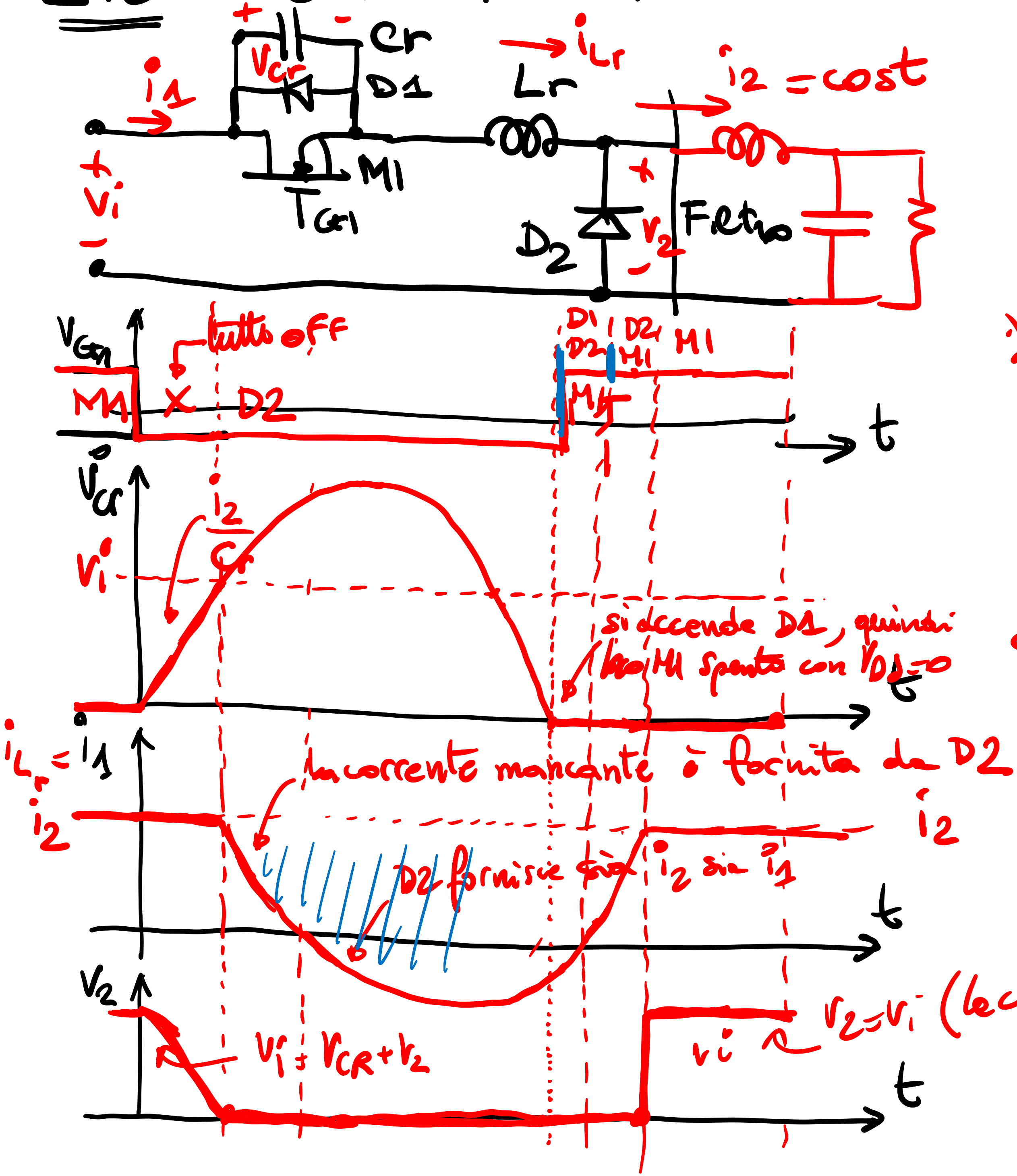


→ D2 spegnimento in ZVS (C_r)

D1 spegnimento in ZCS

M1 accensione in ZCS (L_r)

ZVS QUASI RESONANT Switch cell



) quando spegniamo M1, D2 non accende perché Cr rallenta la salita di V_{Cr} [e quindi la discesa di v_2]

) D2 rimane acceso fintanto che $i_1 < i_2$

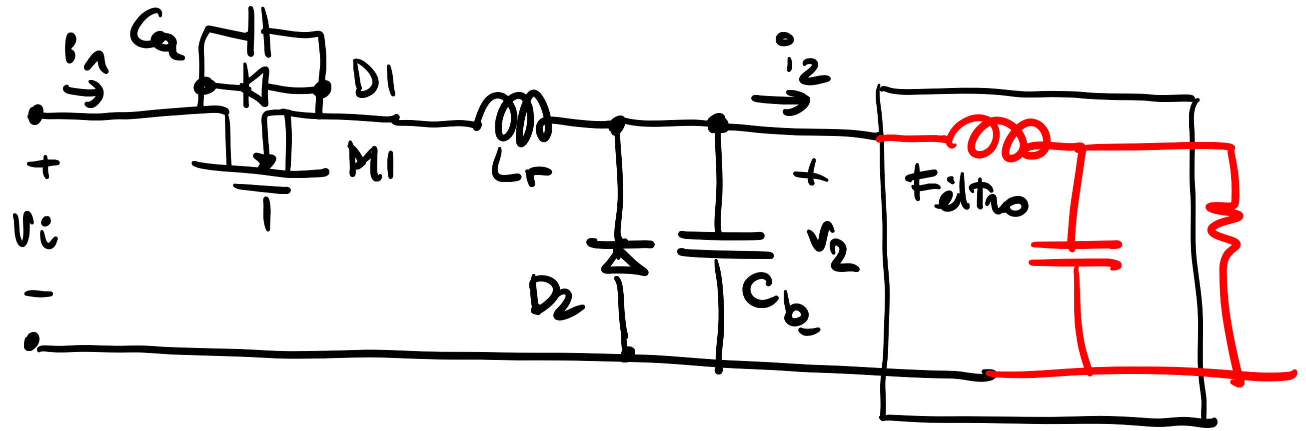
)

(la conduta se Lr è nulla e M1 è ON)

M1: ZVS in accensione (consentito da D1)

D1: ZVS in spegnimento (consentito da D1)

D2: ZCS in spegnimento

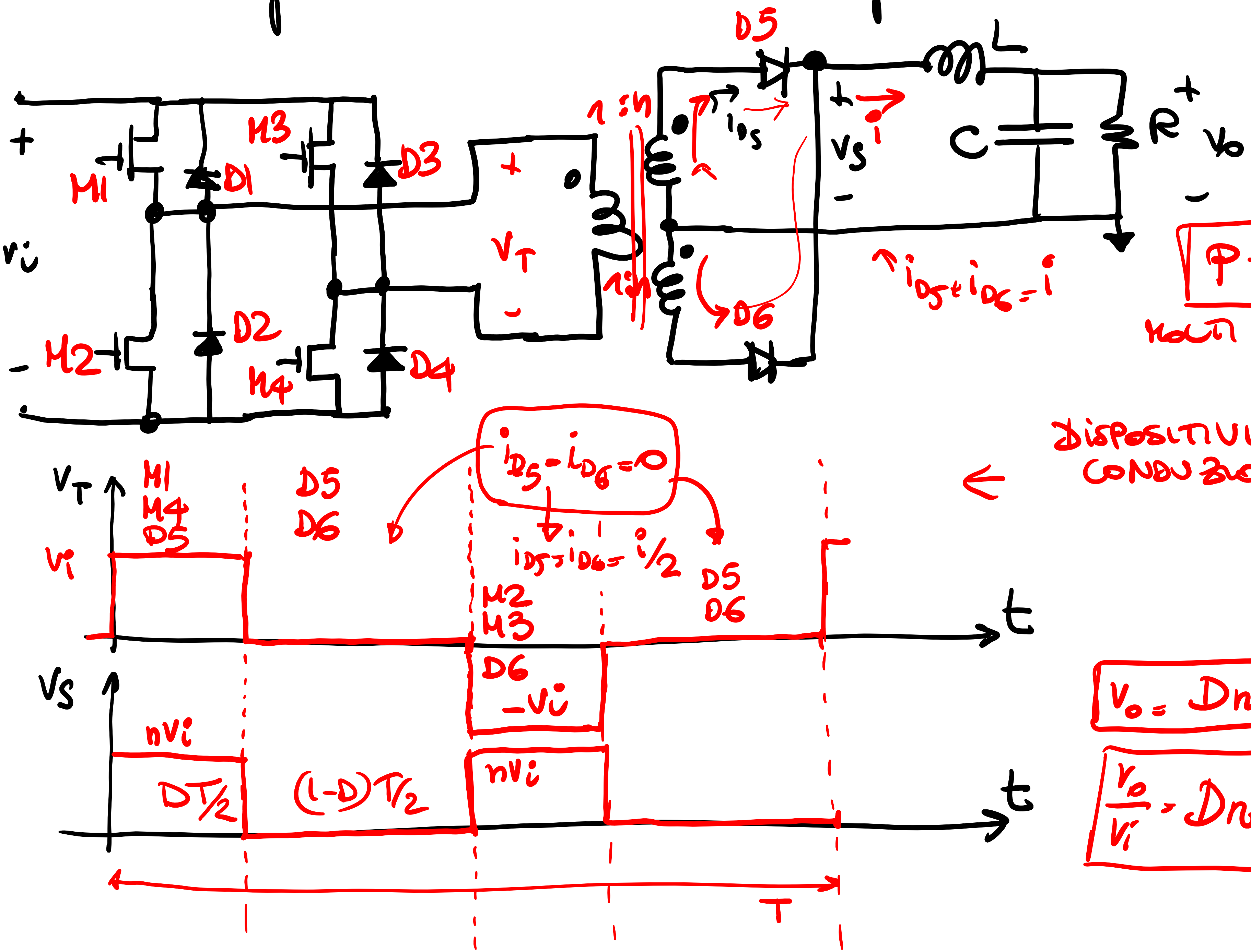


D2 : ZVS in spegnimento [consentito da Cb]

M1 : ZVS in accensione [la V_{DS} è tenuta a zero da D1 in conduzione]

D1 : ZVS in spegnimento [la V_D è tenuta a zero da M1 in conduzione]

Full Bridge con isolamento a trasformatore



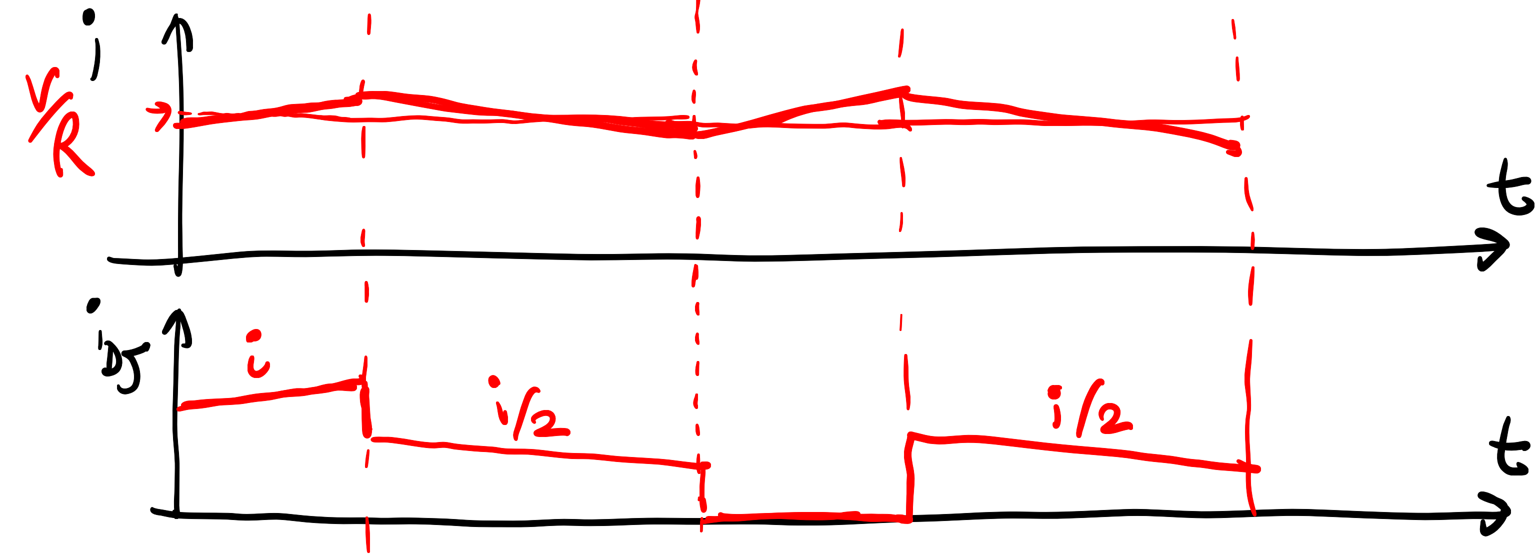
P > 700 W

MOLTI COMPONENTI

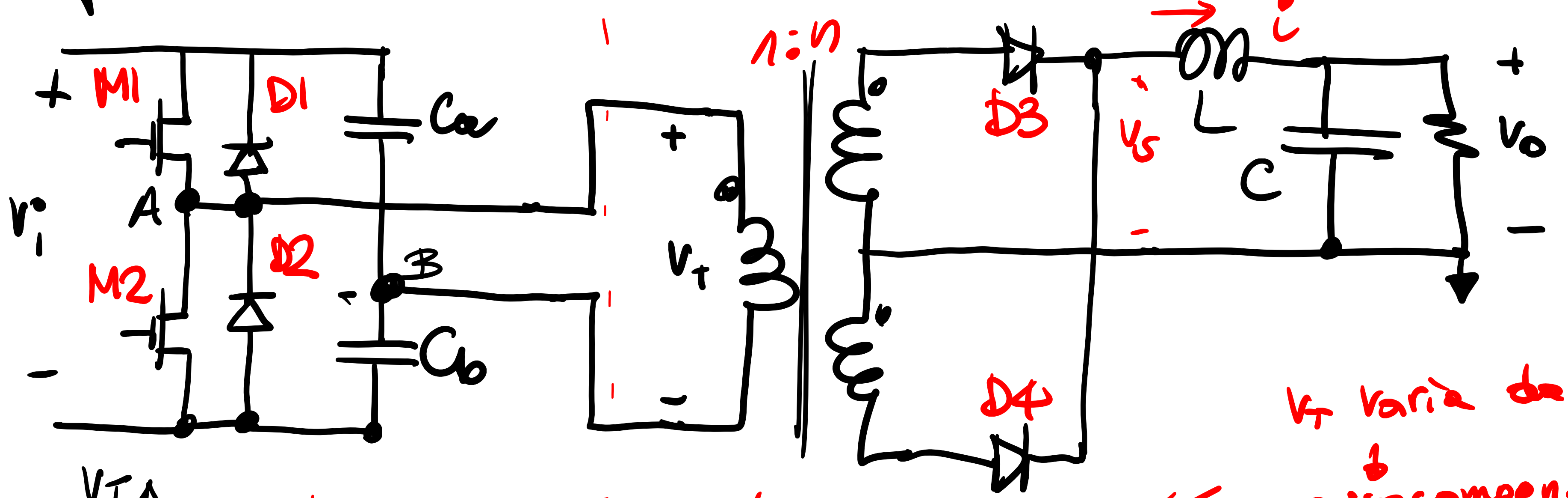
← DISPOSITIVI IN CONDUZIONE

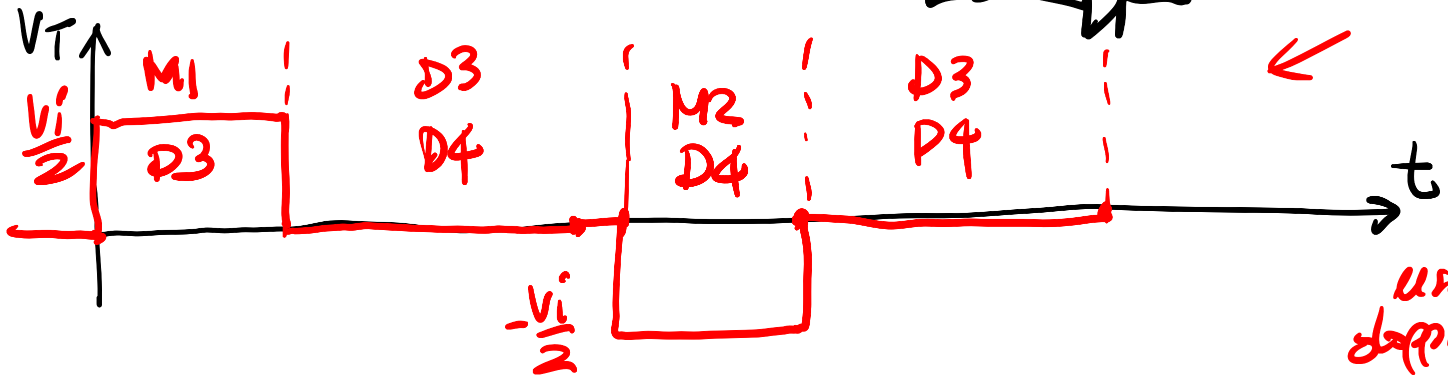
$V_o = DnV_i$

$\frac{V_o}{V_i} = Dn$



Half BRIDGE con ISOLAMENTO A TRASFORMATORE





V_T varia da $+\frac{V_i}{2}$ a $-\frac{V_i}{2}$

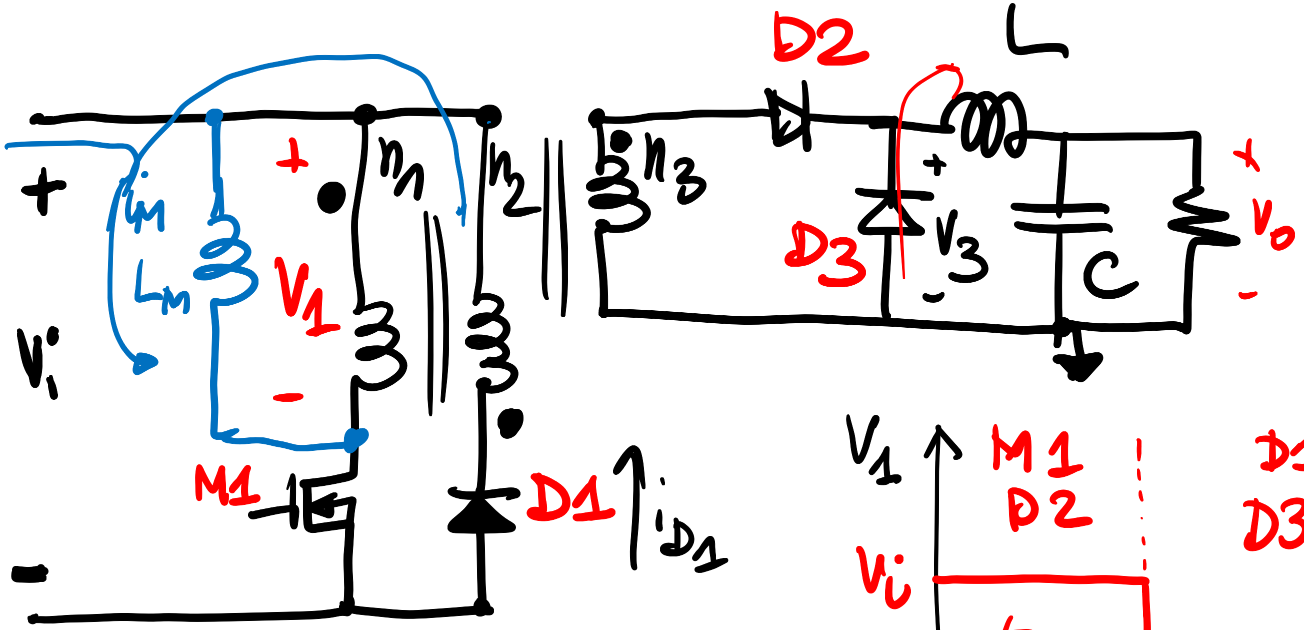
↓

posso compensare raddoppiando n

↓

a parità di potenza in uscita ho una corrente doppia sul primario

FORWARD CONVERTER

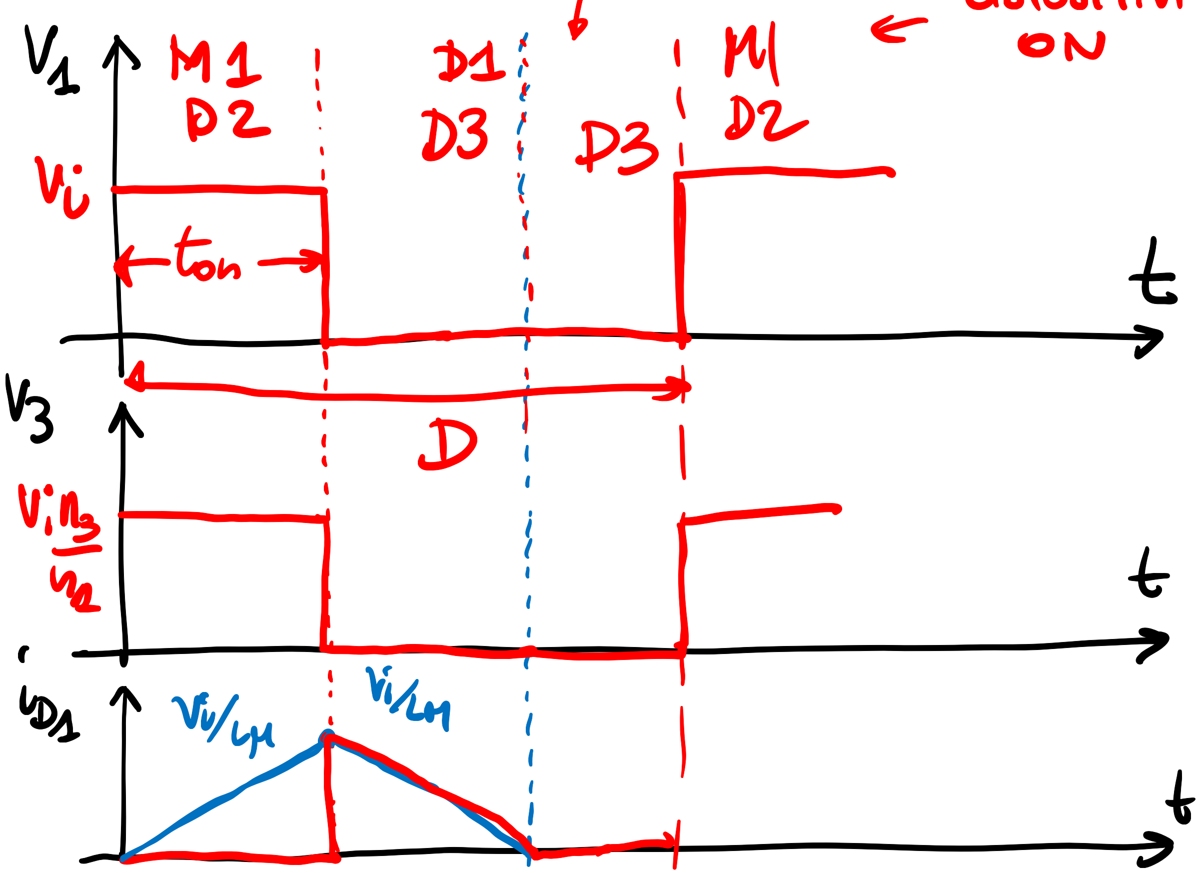


se $n_1 = n_2 \rightarrow 0 < D < \frac{1}{2}$

Facciamo questa ipotesi

tutti OFF

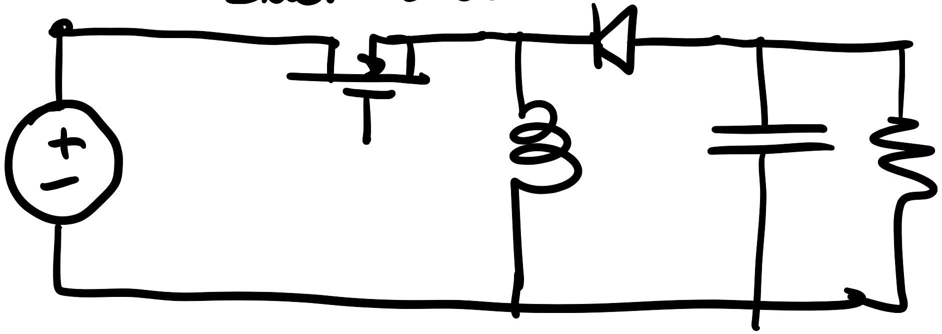
DISPOSITIVI ON

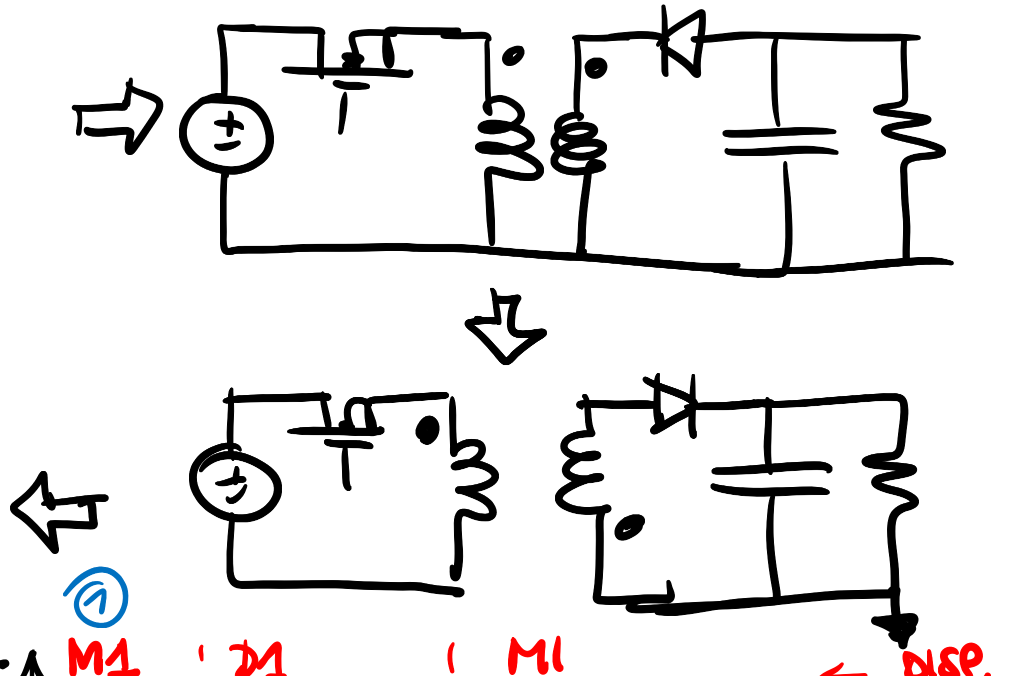


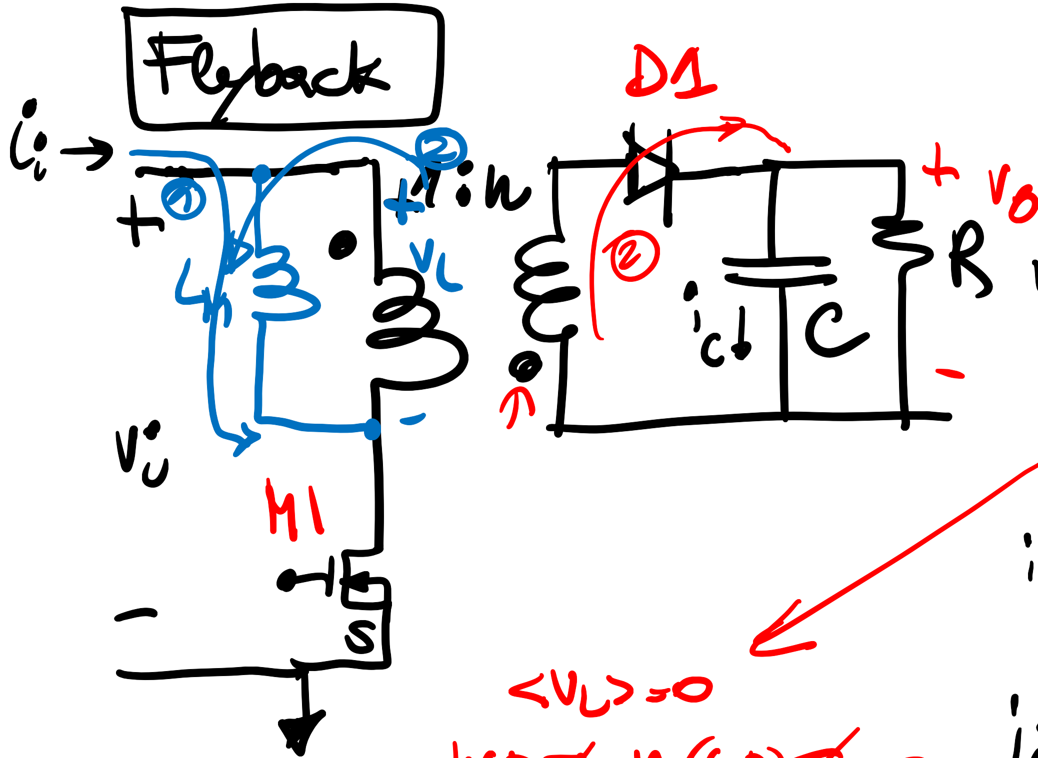
$$V_o = D V_i \left(\frac{n_3}{n_1}\right)$$

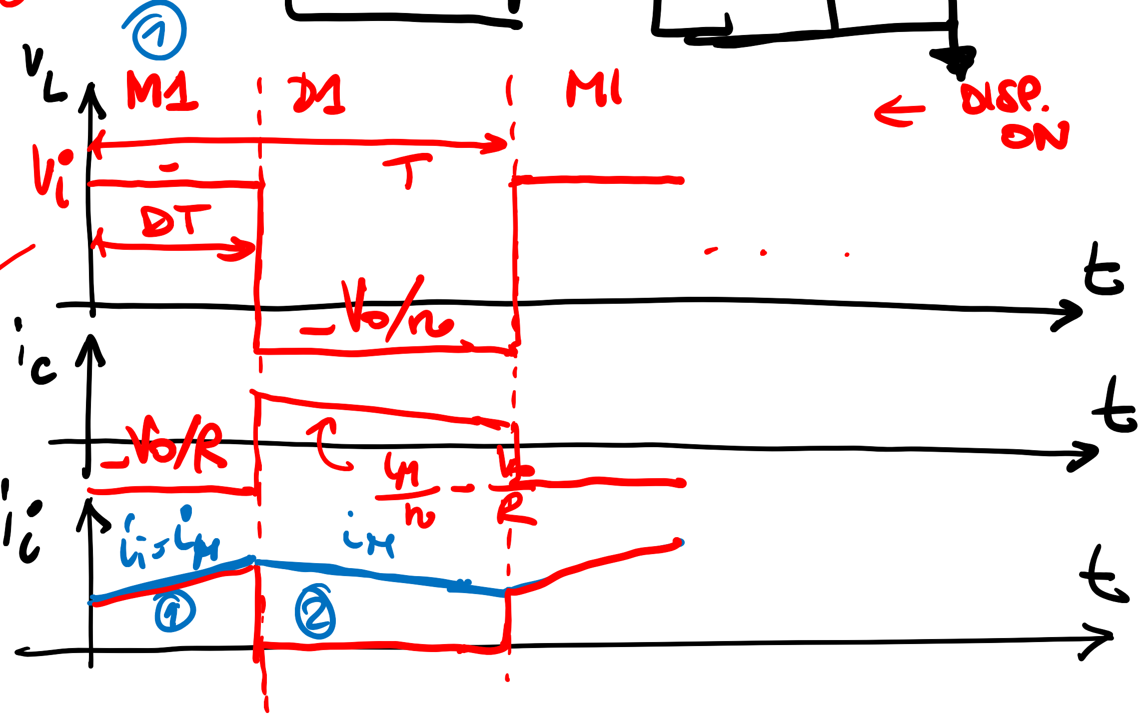
FLYBACK (basato sull'architettura buck boost)

Buck-boost







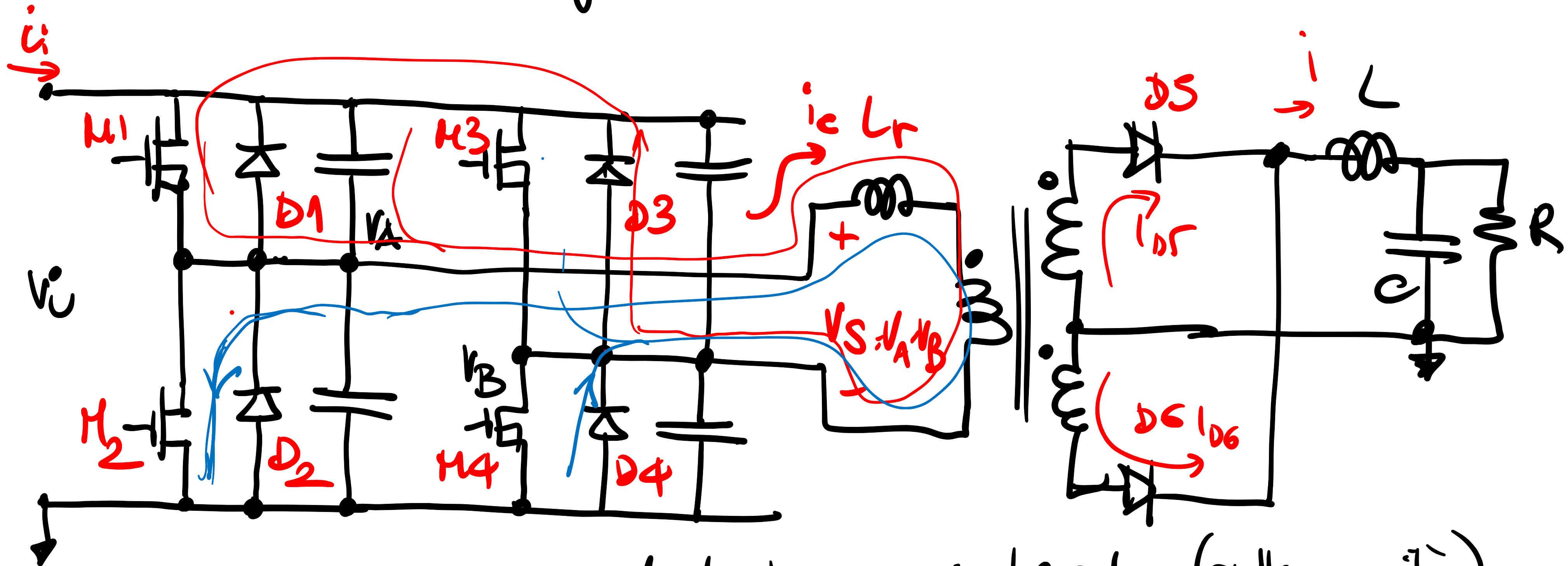


$\langle V_L \rangle = 0$

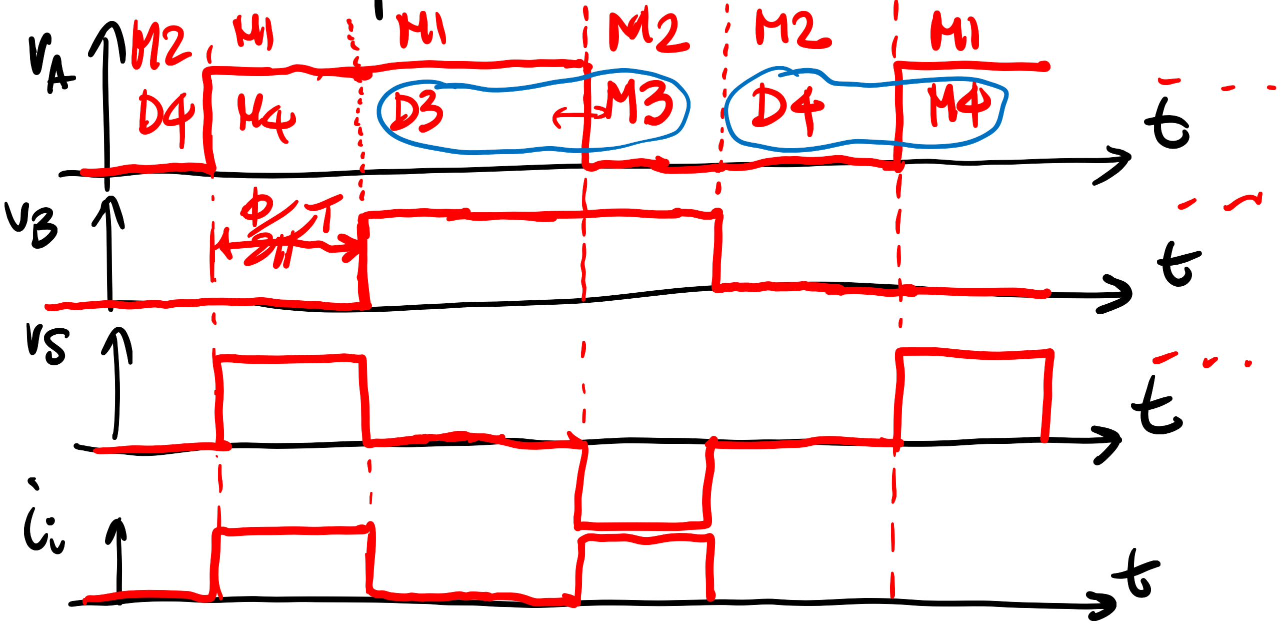
$V_i DT - \frac{V_o}{n}(1-D)T = 0$

$$\boxed{\frac{V_o}{V_i} = n\frac{D}{1-D}}$$

ZVS in Full Bridge con accoppiamento a Trasformatore

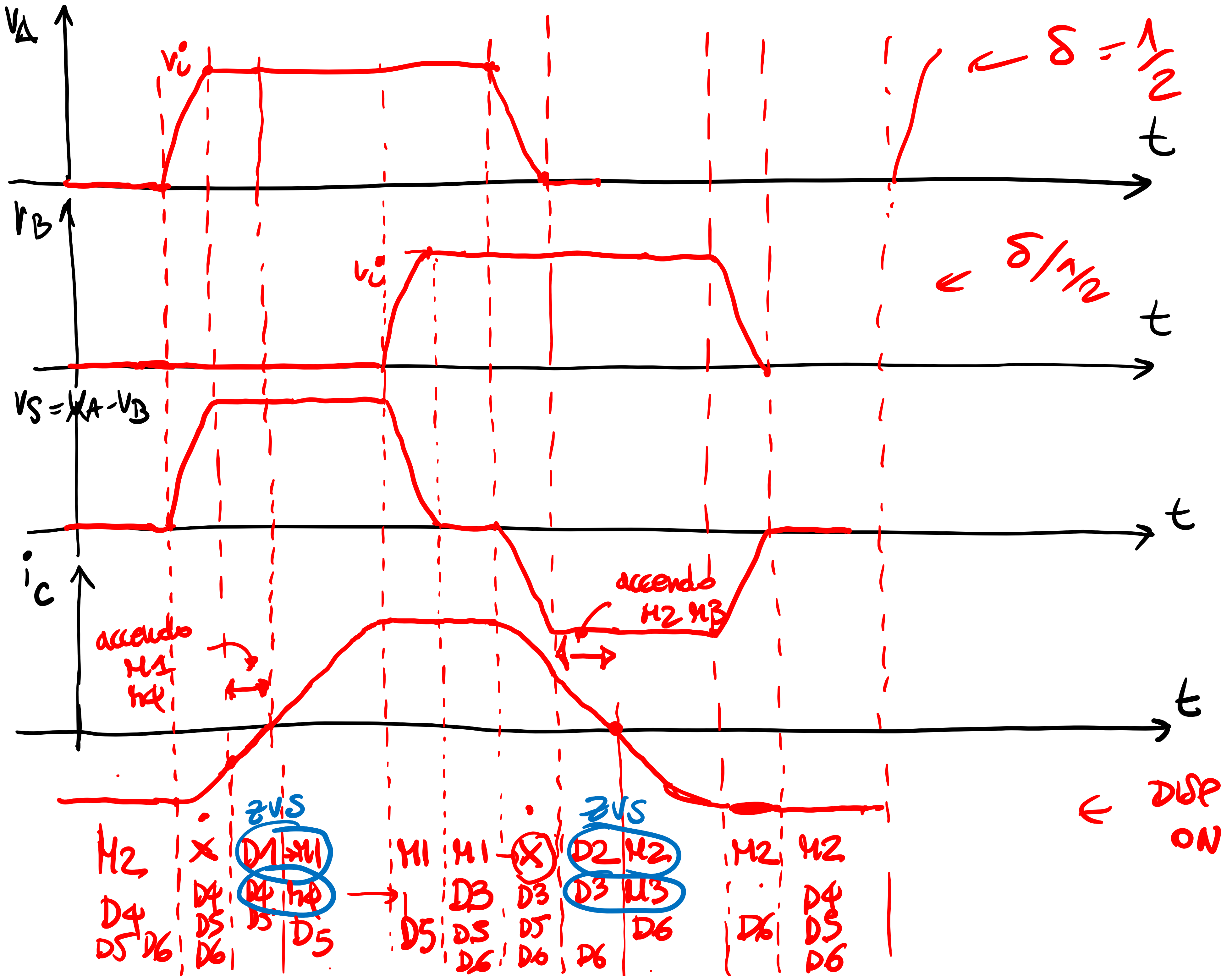


⇒ Consideriamo per il momento le transizioni brusche (sulle capacità)



$$\frac{V_o}{V_i} = \left(\frac{\Phi}{\pi}\right) n$$

$\frac{\Phi}{\pi}$ al posto di D



vA
vi
t
δ = 1/2
vB
vi
t
δ/1/2
vS = vA - vB
t
ic
t
accendo M1 M4
accendo M2 M3
ZVS
ZVS
DSP ON
M2
D4
D5
D6
x
D4
D5
D6
D1
M1
D4
M4
D5
D5
M1
D5
M1
D3
D5
D6
x
D3
D5
D6
D6
D2
M2
D3
M3
D6
M2
D6
M2
D4
D5
D6