

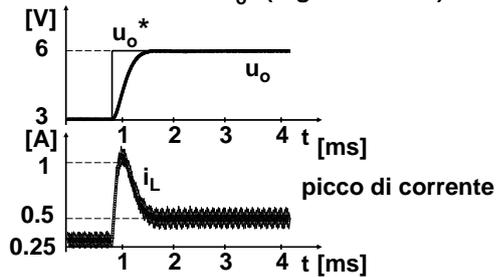
Corso di ELETTRONICA INDUSTRIALE

“Controllo di corrente del convertitore Buck”

Argomenti trattati

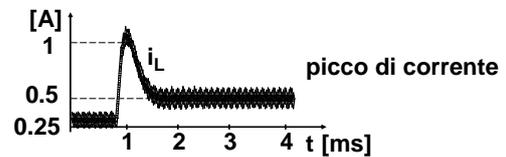
- Controllo di tensione con limitazione di corrente
- Controllo di corrente di picco
 - Principio di funzionamento
 - Struttura del controllore
 - Risposta dinamica
 - Instabilità statica
 - Correzione dell'instabilità statica con rampa di compensazione

Controllo di tensione
Risposta ad una variazione a gradino del riferimento u_o^* (regolatore PID)



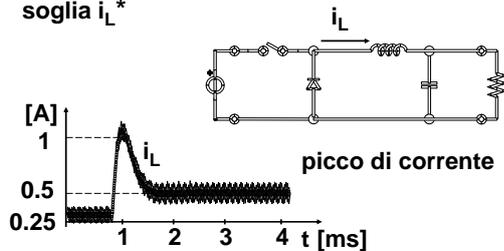
Controllo di tensione
Risposta ad una variazione a gradino del riferimento u_o^* (regolatore PID)

Per limitare il picco di corrente si può modificare lo schema del controllo di tensione

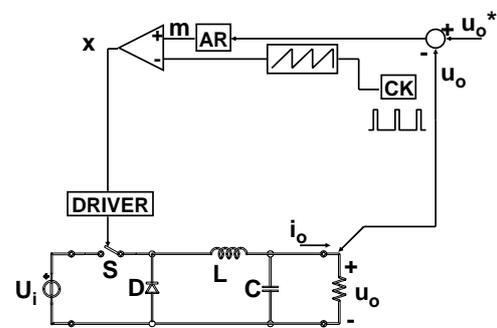


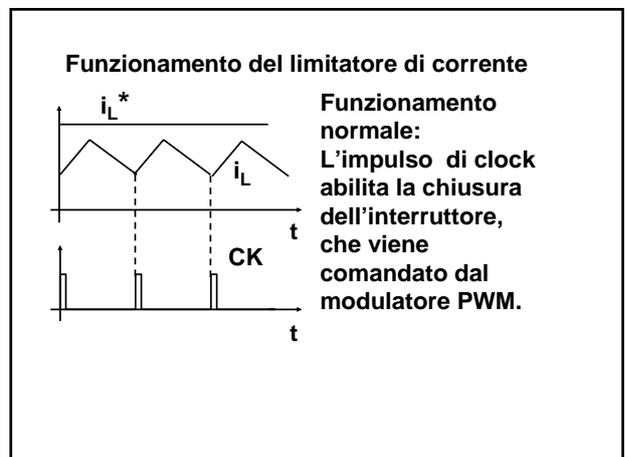
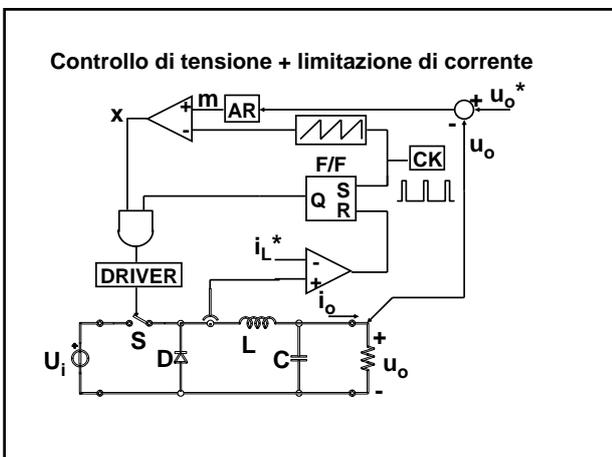
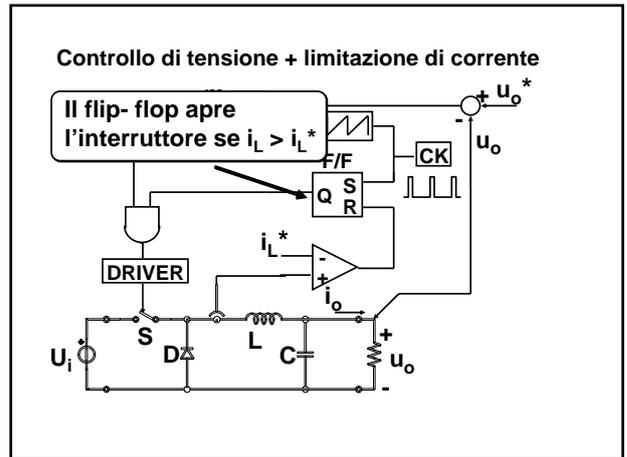
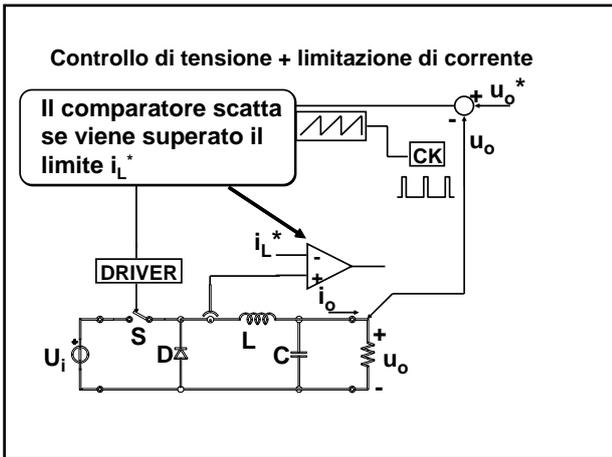
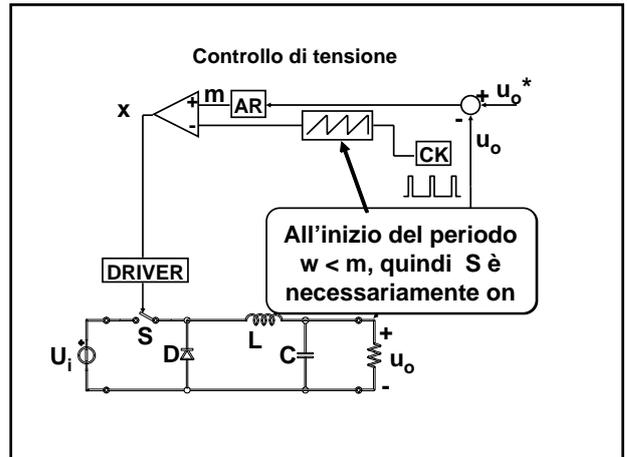
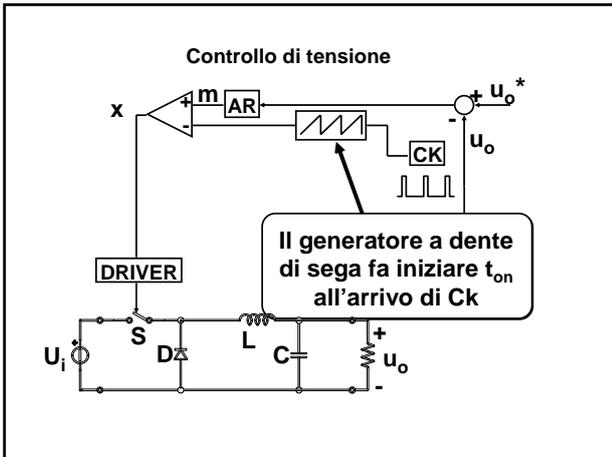
Limitazione della corrente

Si può usare un limitatore di corrente, che interrompe t_{on} quando i_L supera la soglia i_L^*

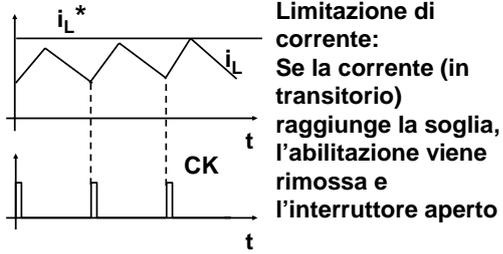


Controllo di tensione

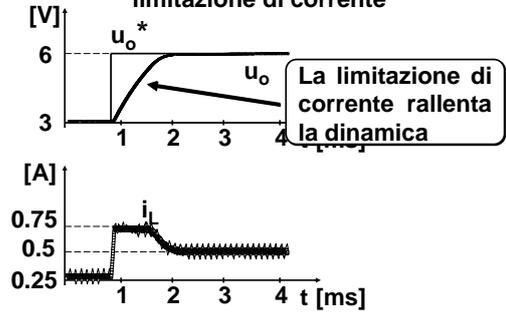




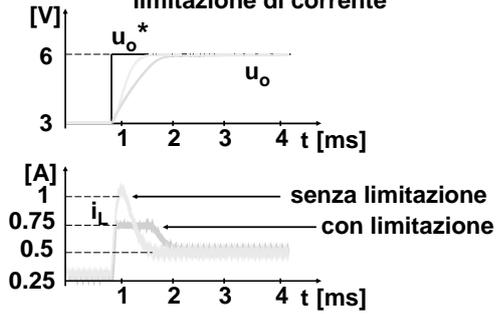
Funzionamento del limitatore di corrente



Dinamica del controllo di tensione con limitazione di corrente



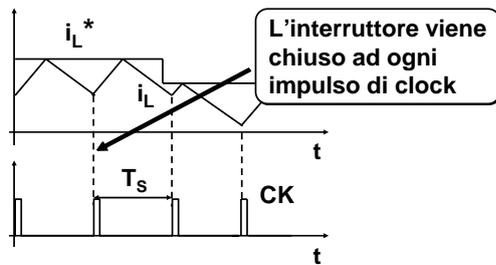
Dinamica del controllo di tensione con limitazione di corrente



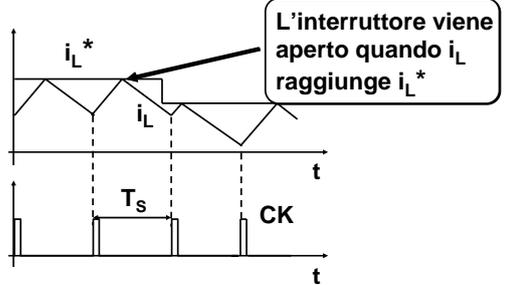
NOTA

Con gli stessi componenti circuitali richiesti per realizzare una limitazione di corrente si può introdurre una vera e propria retroazione di corrente che, oltre a evitare sovracorrenti, migliora significativamente la risposta dinamica.

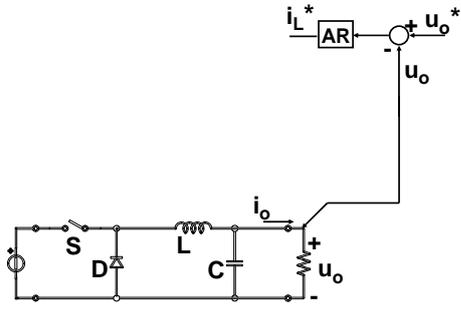
Controllo di corrente di picco Principio di funzionamento



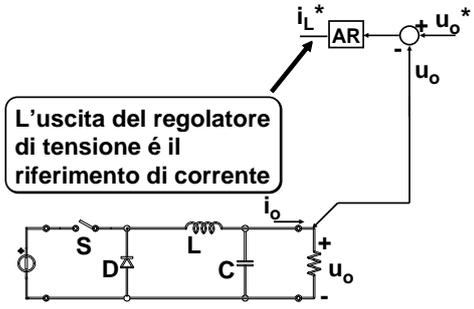
Controllo di corrente di picco Principio di funzionamento



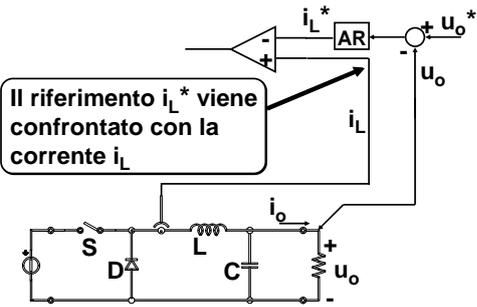
Controllo di corrente di picco (versione base)



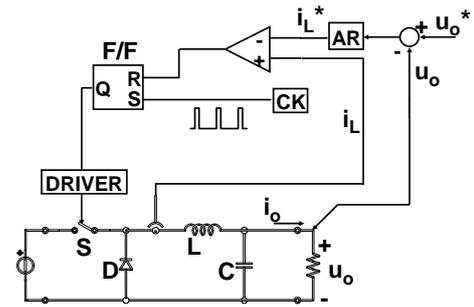
Controllo di corrente di picco (versione base)



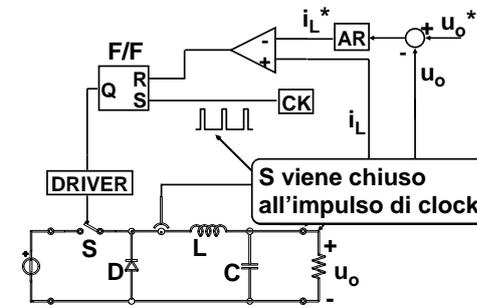
Controllo di corrente di picco (versione base)



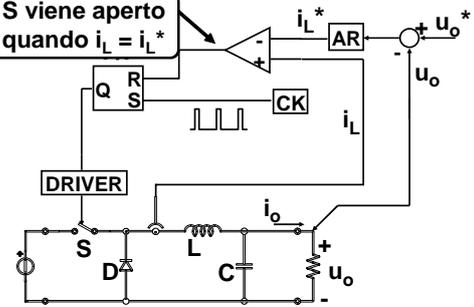
Controllo di corrente di picco (versione base)



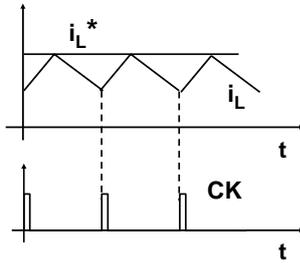
Controllo di corrente di picco (versione base)



Controllo di corrente di picco (versione base)

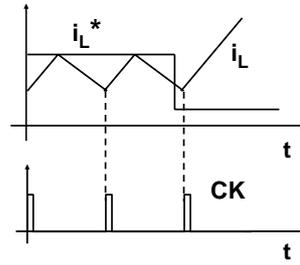


Funzionamento del controllo di corrente di picco



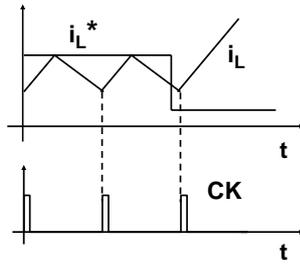
Nota:
E' sufficiente misurare la corrente i_s nell'interruttore (V_{son} nel caso dei Mosfet)

Funzionamento del controllo di corrente di picco



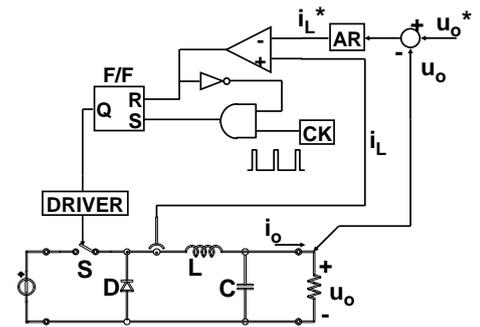
In presenza di una brusca variazione del riferimento di corrente puó verificarsi una perdita di controllo

Funzionamento del controllo di corrente di picco

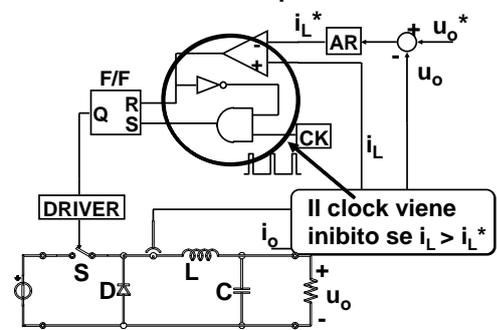


Per evitare di perdere il controllo si chiude l'interruttore solo se $i_L < i_L^*$

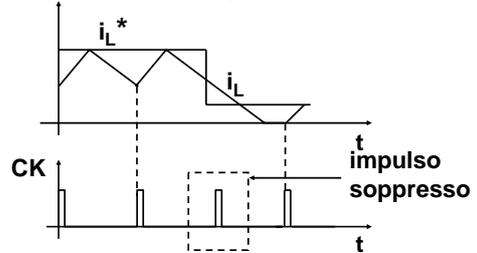
Controllo di corrente di picco modificato



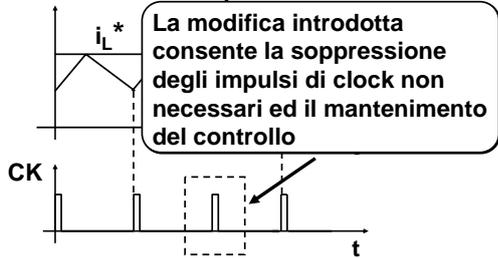
Controllo di corrente di picco modificato



Funzionamento del controllo di corrente di picco modificato



Funzionamento del controllo di corrente di picco modificato



Dinamica del controllo di corrente

Il controllo di corrente migliora la risposta dinamica rispetto al controllo di tensione

Dinamica del controllo di corrente

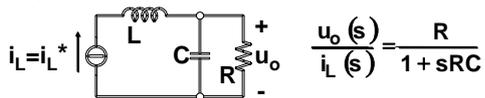
La dimostrazione risulta semplice nel caso di piccola ondulazione di i_L

Dinamica del controllo di corrente

Se Δi_L é trascurabile si ha: $i_L \cong i_L \cong i_{Lmax}$ sicché il controllo di corrente di picco equivale a quello di corrente media

Dinamica del controllo di corrente

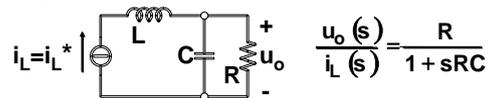
Se Δi_L é trascurabile si ha: $i_L \cong i_L \cong i_{Lmax}$ sicché il controllo di corrente di picco equivale a quello di corrente media



Si può allora sostituire il convertitore controllato in corrente con un generatore di corrente impresso ai morsetti del filtro

Dinamica del controllo di corrente

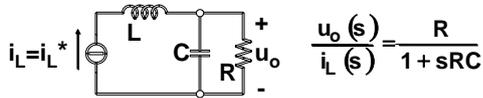
Se Δi_L é trascurabile si ha: $i_L \cong i_L \cong i_{Lmax}$ sicché il controllo di corrente di picco equivale a quello di corrente media



Poiché la dinamica é del primo ordine si ottengono bande passanti elevate anche con un semplice regolatore PI. Inoltre la stabilità é garantita.

Dinamica del controllo di corrente

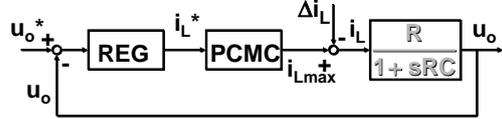
PI:
$$\frac{u_o(s)}{i_L^*(s)} = k \frac{1+s\tau}{s\tau} \frac{R}{1+sRC}$$



Poiché la dinamica é del primo ordine si ottengono bande passanti elevate anche con un semplice regolatore PI. Inoltre la stabilità é garantita.

Dinamica del controllo di corrente

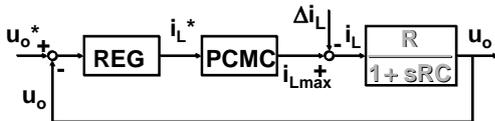
Se Δi_L non é trascurabile il sistema si può rappresentare come in figura:



PCMC: Peak Current Mode Control

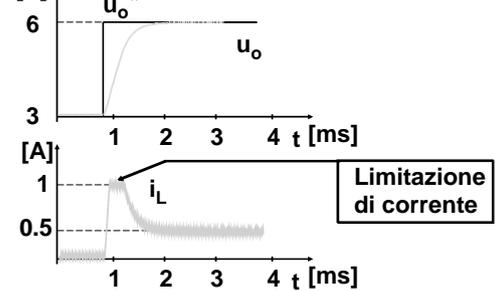
Dinamica del controllo di corrente

Se Δi_L non é trascurabile il sistema si può rappresentare come in figura:

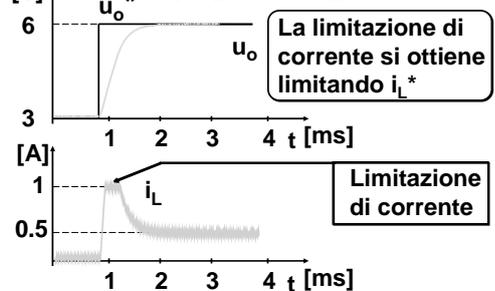


L'ondulazione di corrente Δi_L può considerarsi come un disturbo. I suoi effetti vengono cancellati se il regolatore è opportuno (azione integratrice)

Dinamica del controllo di corrente di picco (Regolatore PI)

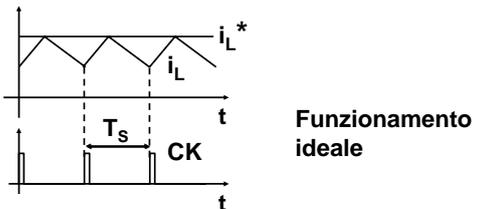


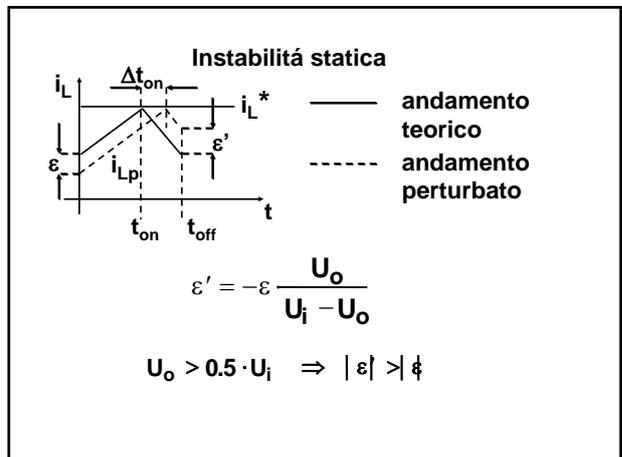
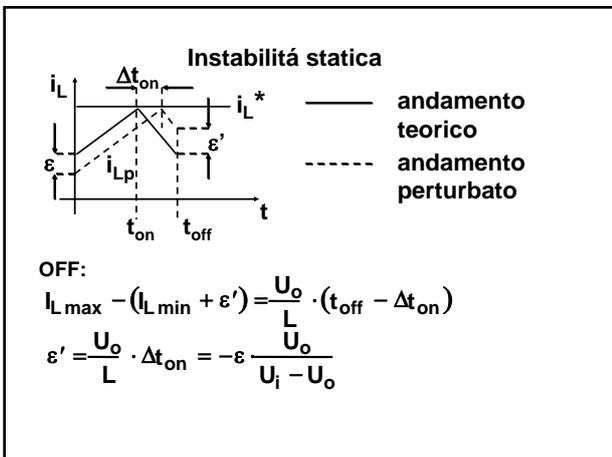
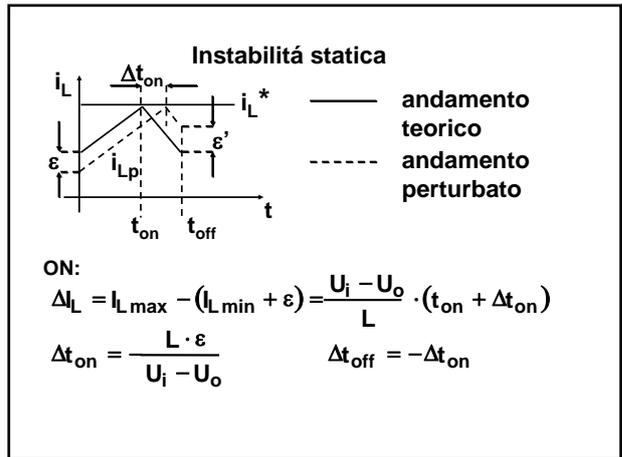
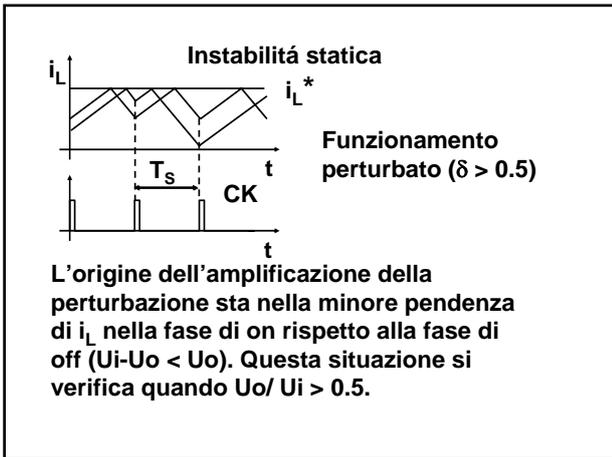
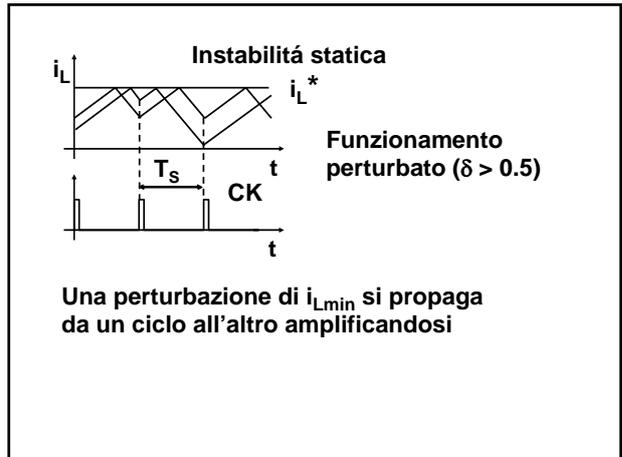
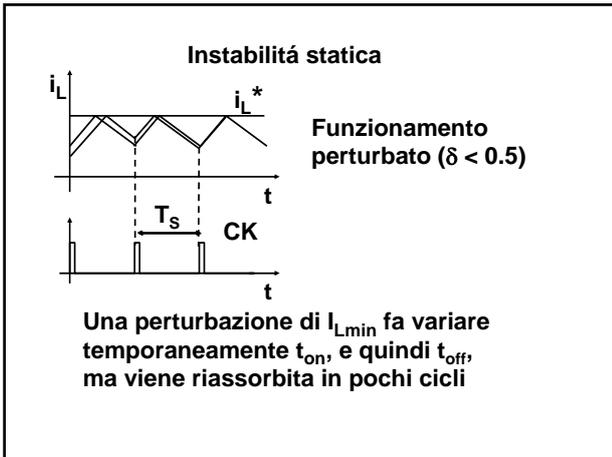
Dinamica del controllo di corrente di picco (Regolatore PI)

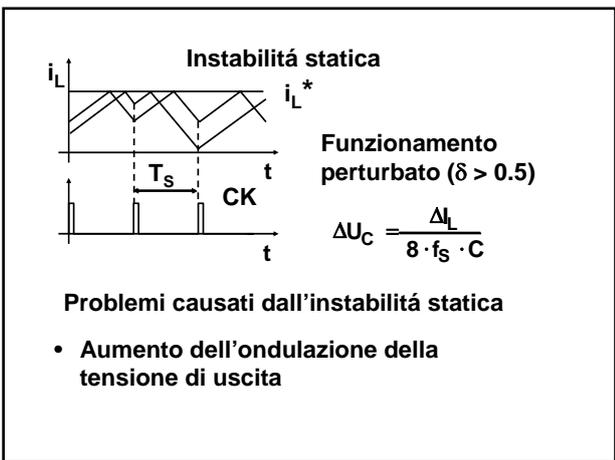
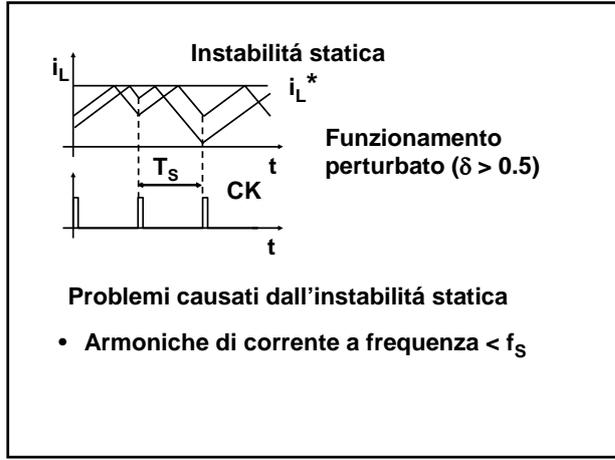
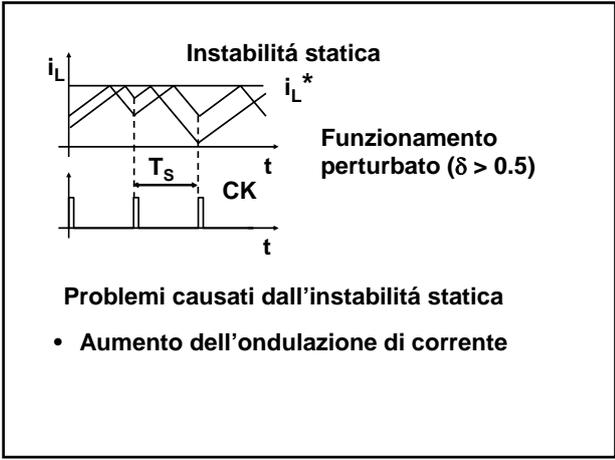


Instabilità statica

Il controllo di corrente di picco non ha problemi di stabilità dinamica. Esso tuttavia presenta una instabilità "statica" in CCM per valori di $\delta > 0.5$.



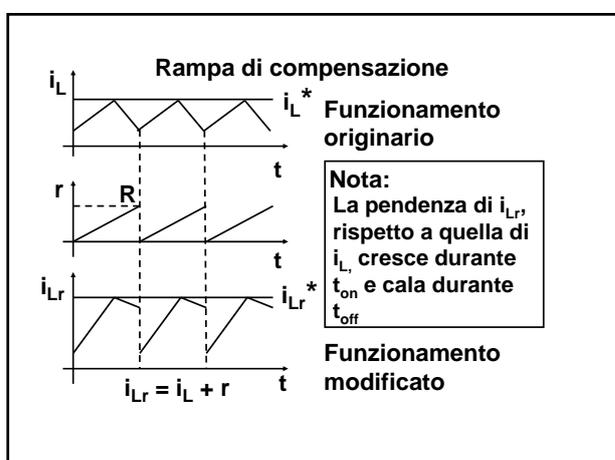
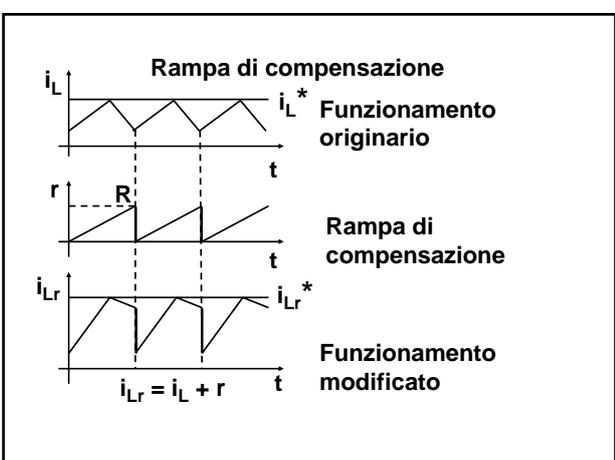


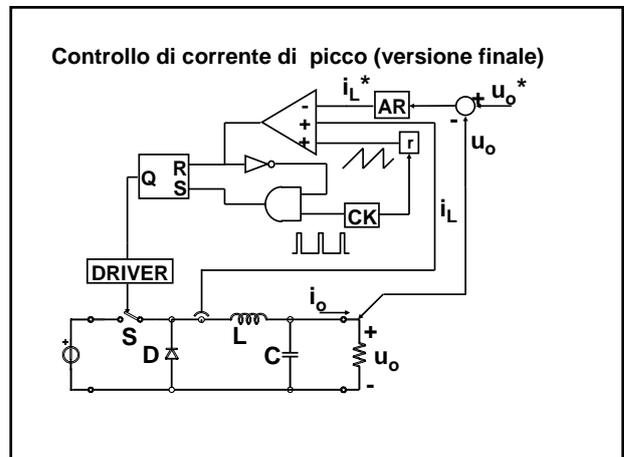
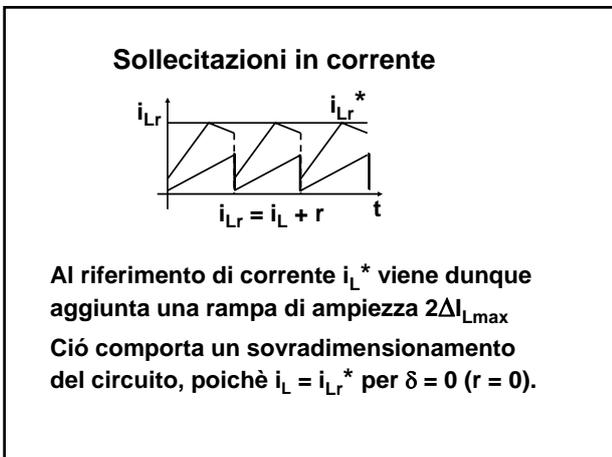
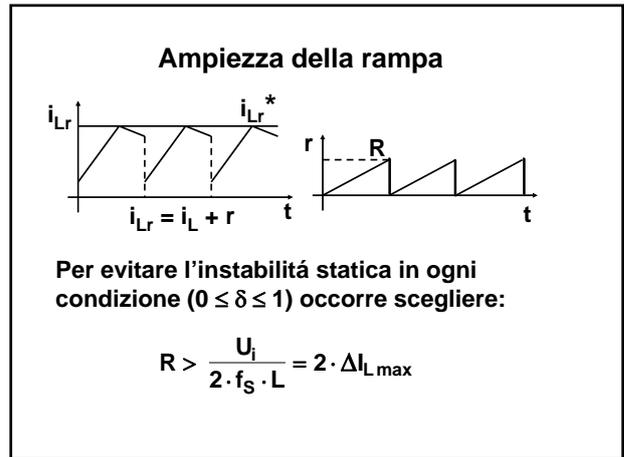
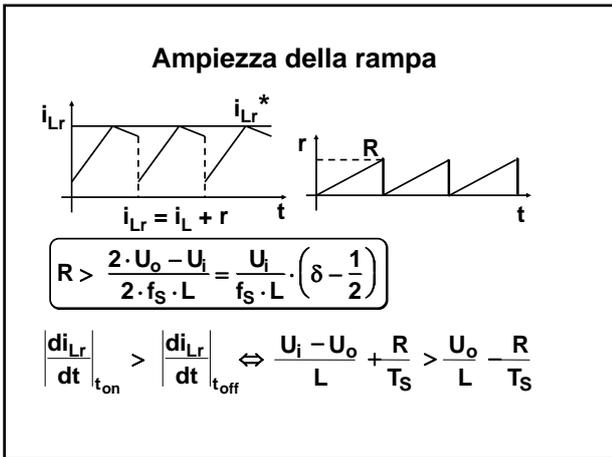
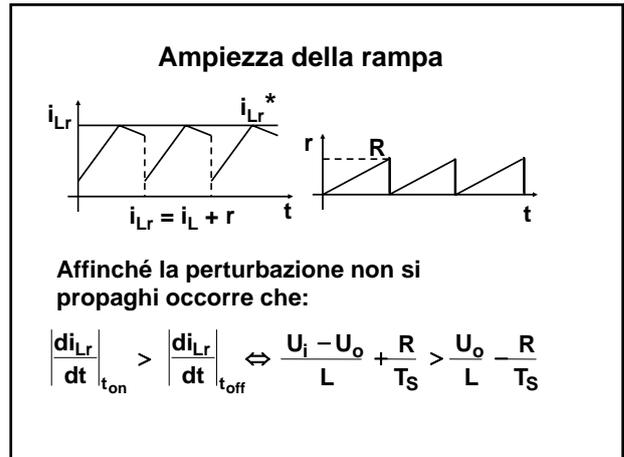
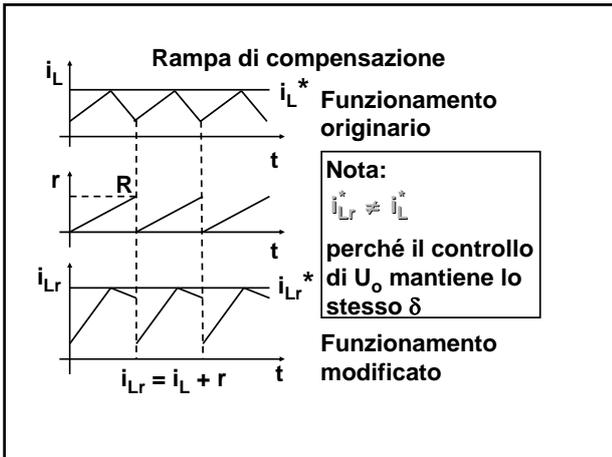


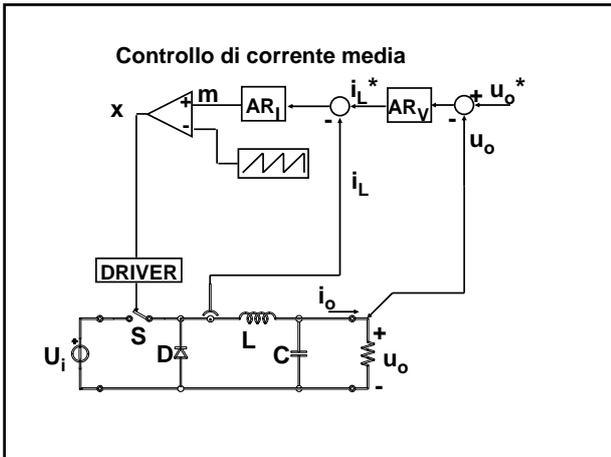
Eliminazione dell' instabilità statica

L'instabilità statica è originata dal fatto che la pendenza di i_L durante t_{on} è inferiore a quella durante t_{off}

Soluzione: si aggiunge al segnale di retroazione di corrente (i_L) un segnale a rampa (r) in modo da evitare la condizione di instabilità







Conclusioni

- Il controllo di corrente consente di migliorare le prestazioni dinamiche del convertitore evitando, nel contempo, sovraelongazioni di corrente
- Per queste proprietà, le tecniche di controllo di corrente sono oggi le più usate