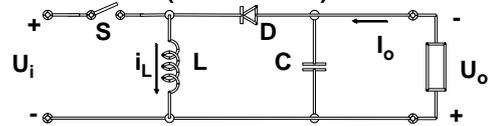


Corso di  
ELETTRONICA INDUSTRIALE

“Convertitore Buck-Boost”

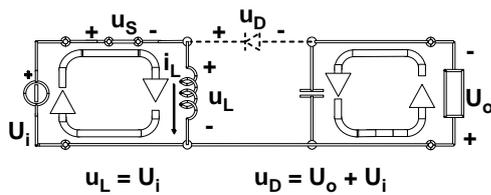
Convertitore innalzatore/abbassatore  
(Buck / Boost)



Ipotesi per lo studio:

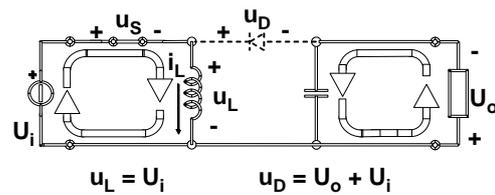
- interruttore ideale ( $u_{S\text{on}}=0, i_{S\text{off}}=0, t_{\text{swon}}=t_{\text{swoff}}=0$ )
- diodo ideale ( $u_{D\text{on}}=0, i_{D\text{off}}=0, t_{\text{swon}}=t_{\text{swoff}}=0$ )
- L, C ideali ( $R_L=0, \text{ESR}=0, \text{ESL}=0$ )
- $u_i = U_i = \text{costante}$
- $u_o = U_o = \text{costante}$
- $i_o = I_o = \text{costante}$

Analisi del funzionamento continuo (CCM)  
Tempo di chiusura di S ( $t_{\text{on}}$ ) S on - D off



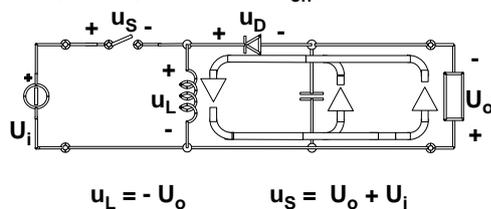
Nota:  
La tensione di carico ha polarità negativa

Analisi del funzionamento continuo (CCM)  
Tempo di chiusura di S ( $t_{\text{on}}$ ) S on - D off



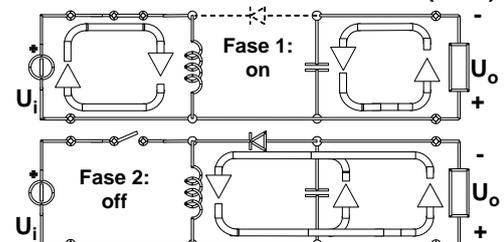
Durante questa fase viene trasferita  
energia dall'alimentazione all'induttanza

Analisi del funzionamento continuo (CCM)  
Tempo di apertura di S ( $t_{\text{off}}$ ) S off - D on

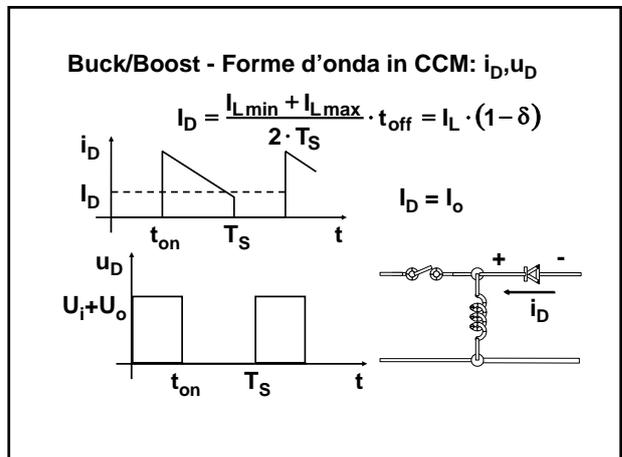
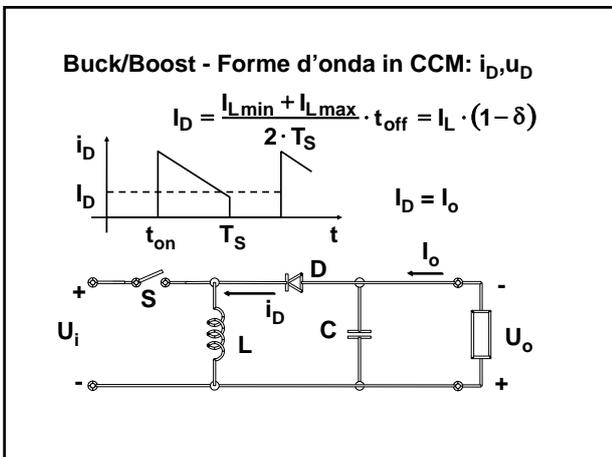
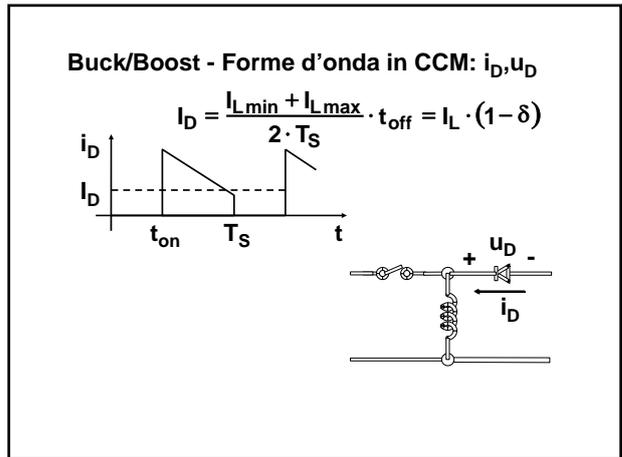
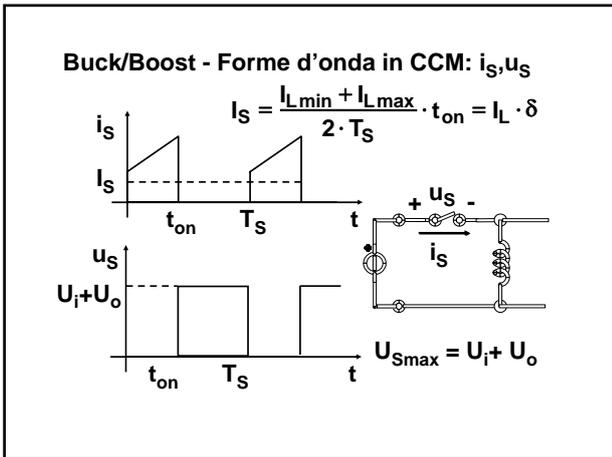
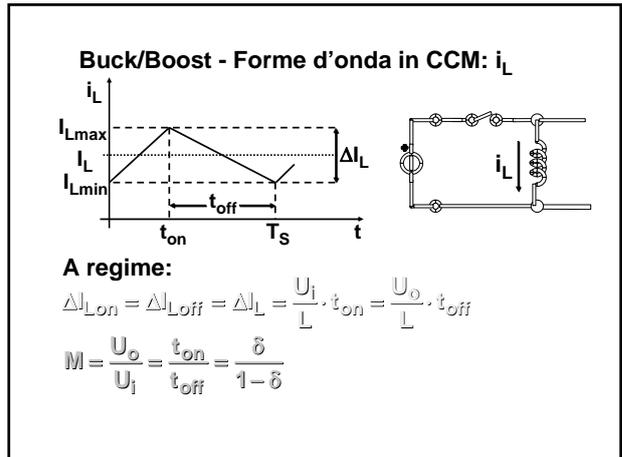
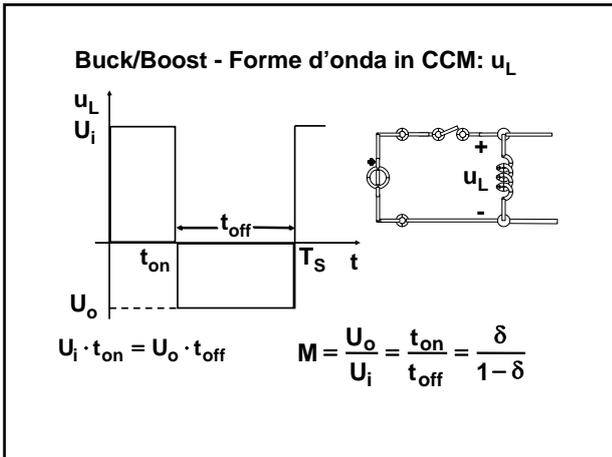


Durante questa fase la sola induttanza  
fornisce energia allo stadio di uscita

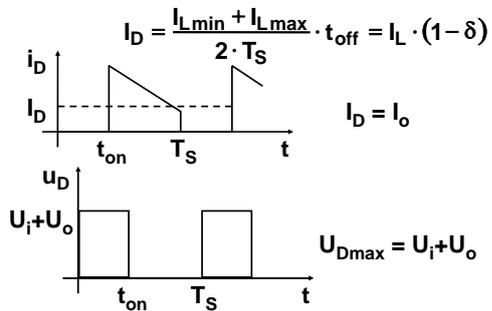
Analisi del funzionamento continuo (CCM)



Il meccanismo di trasferimento di energia in due  
fasi (sorgente -> induttanza -> carico) consente di  
alimentare il carico a qualunque tensione



**Buck/Boost - Forme d'onda in CCM:  $i_D, u_D$**

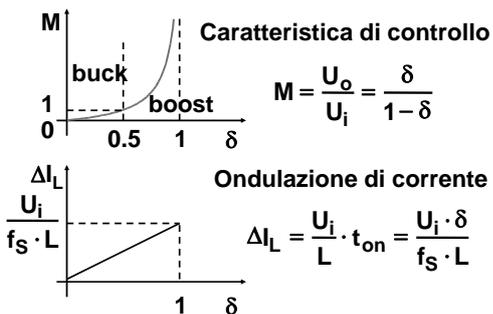


**Nota**

$$U_{Smax} = U_{Dmax} = U_o + U_i$$

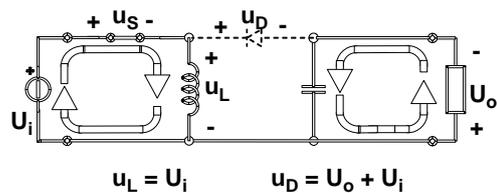
Le maggiori capacità di regolazione di questo convertitore si associano a maggiori sollecitazioni in tensione dei componenti

**Convertitore Buck/Boost in CCM**



**Analisi del funzionamento discontinuo (DCM)**

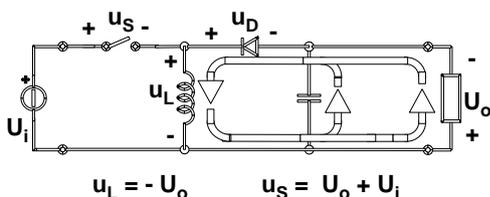
Tempo di chiusura di S ( $t_{on}$ ) S on - D off



A differenza del funzionamento CCM, la corrente  $i_L$  inizia con valore nullo.

**Analisi del funzionamento discontinuo (DCM)**

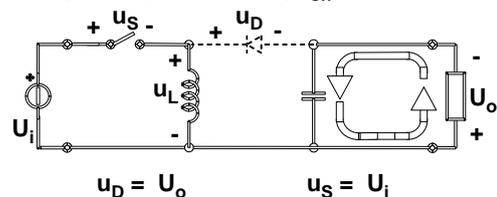
Tempo di apertura di S ( $t'_{off}$ ) S off - D on



Alla fine di questa fase la corrente dell'induttanza si annulla

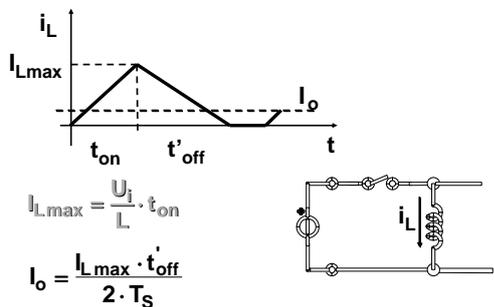
**Analisi del funzionamento discontinuo (DCM)**

Tempo di apertura di S ( $t''_{off}$ ) S off - D off

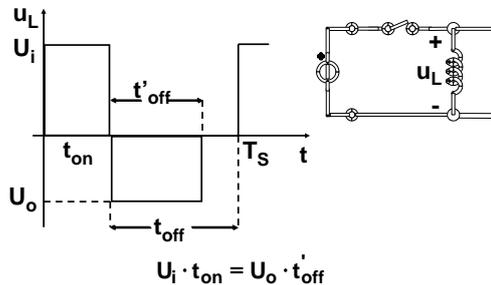


Durante questa fase il solo condensatore fornisce energia al carico

**Buck/Boost: Forme d'onda in DCM:  $i_L$**



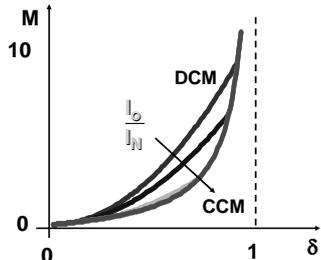
**Buck/Boost: Forme d'onda in DCM:  $u_L$**



**Caratteristica di controllo in DCM**

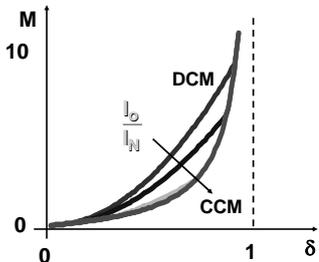
$I_o = \frac{I_{L,max} \cdot t'_{off}}{2 \cdot T_S}; \quad I_{L,max} = \frac{U_i}{L} \cdot t_{on};$   
 $t'_{off} = \frac{U_i}{U_o} \cdot t_{on}$   
 $\Downarrow$   
 $M = \frac{U_o}{U_i} = \delta^2 \cdot \frac{U_i}{2 \cdot f_S \cdot L \cdot I_o} = \delta^2 \cdot \frac{I_N}{I_o}$   
 dove:  $I_N = \frac{U_i}{2 \cdot f_S \cdot L}$

**Caratteristiche di controllo totali**



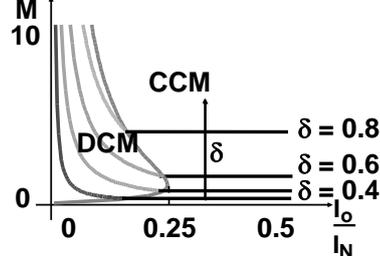
Anche in questo caso valgono le curve che danno la tensione d'uscita più elevata

**Caratteristiche di controllo totali**



Il funzionamento intermittente può manifestarsi per valori centrali di  $\delta$

**Caratteristiche di uscita**



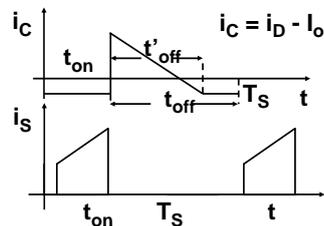
Curva limite:  $\frac{I_o}{I_N} = \frac{M}{(1+M)^2}$

Caratteristica di controllo in DCM per carico resistivo

$$M = \frac{\delta}{\sqrt{k}}$$

dove:  $k = \frac{2 \cdot f_s \cdot L}{R_o}$

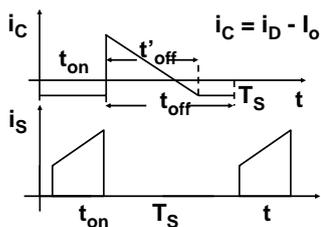
Nota: Correnti nei filtri capacitivi



Note:

- $i_C$  presenta fronti ripidi
- $i_i = i_S$  presenta anch'essa fronti ripidi

Nota: Correnti nei filtri capacitivi



Sia il condensatore di filtro d'ingresso che quello di uscita devono avere bassa ESL

Note

- Le tecniche di controllo sono le stesse del convertitore Buck
- La risposta dinamica è però difficile da dominare in CCM (caratteristica statica nonlineare, modello ai piccoli segnali a parametri variabili e zero a parte reale positiva). In DCM invece si ha solo un polo con costante di tempo  $R_o C/2$ .
- Lo schema buck-boost a trasformatore (flyback) è molto usato per piccole potenze

## Conclusioni

- I convertitori boost e buck-boost consentono di estendere il campo di regolazione del regolatore buck
- Ciò viene pagato con maggiori sollecitazioni in tensione dei componenti e con una maggiore difficoltà di controllo
- Il regolatore boost ha il vantaggio di filtrare la corrente d'ingresso
- Il regolatore buck-boost ha una semplice configurazione a trasformatore (flyback)