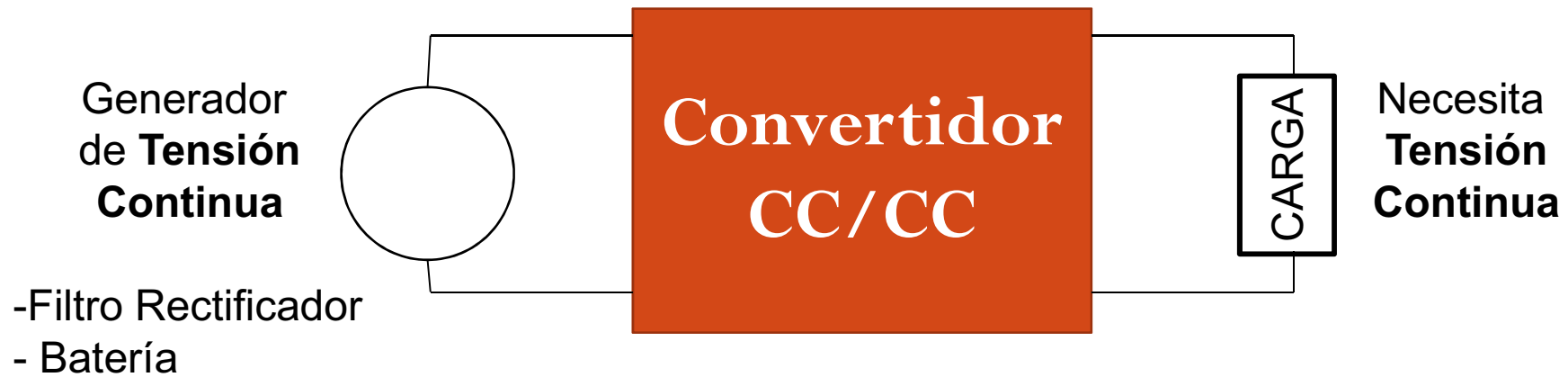


¿Para qué sirven?

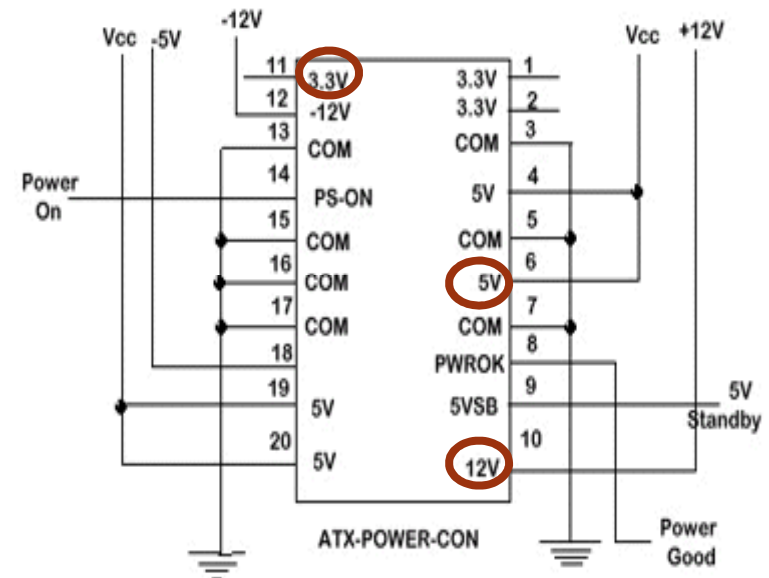


También se les llama *choppers*, pulsadores, reguladores.

Un escenario de uso (I)



Fuente de alimentación de un PC



Proporciona: 3.3 V
5 V
12 V

Un escenario de uso (II)

!!!! Los componentes del PC funcionan con distintas tensiones!!!

Microprocesador

3.3 V

2.8 V

Dynamic Voltage scaling



Módulo de memoria

SDRAM: 3.3 V

DDR-SDRAM: 2.5 V

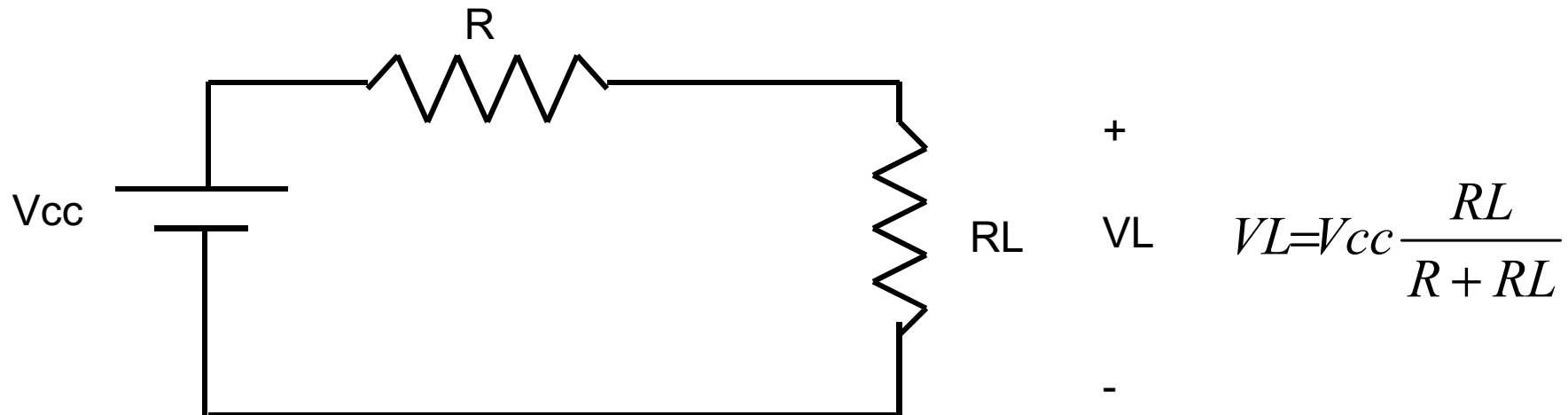
DDR2-SDRAM: 1.8 V

DDR3-SDRAM: 1.5 V



Primera Solución: Regulador Disipativo (I)

¿Un divisor de tensión?

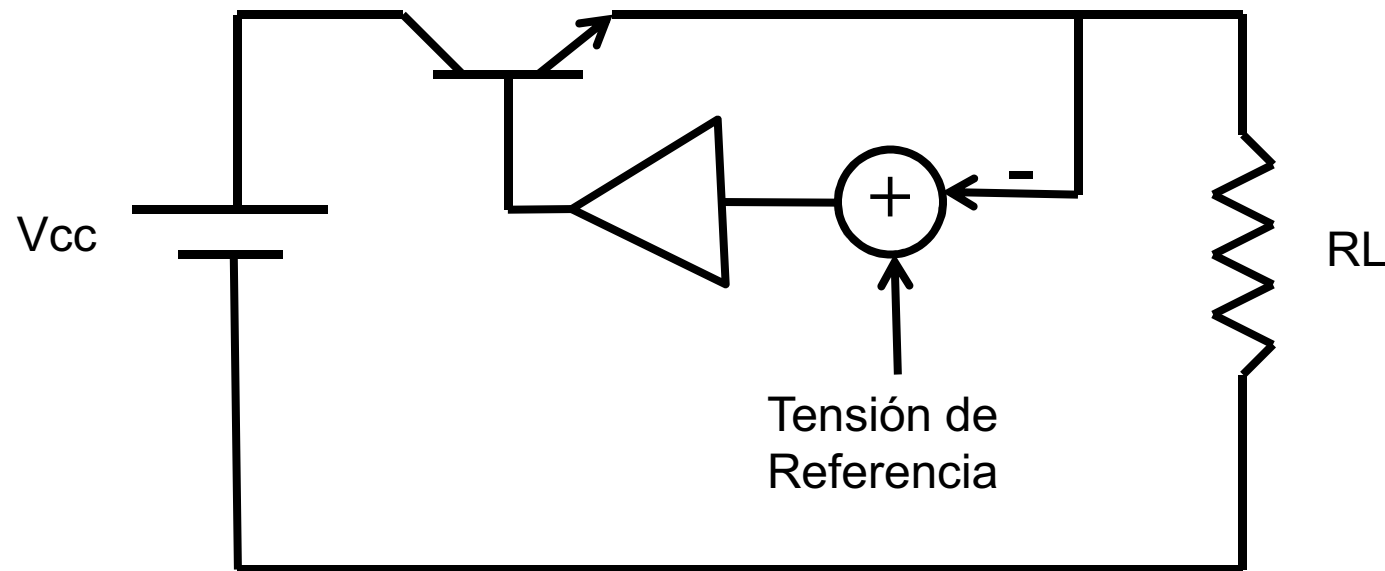


PROBLEMA: La resistencia de la carga puede variar según su estado

Ejemplo: una televisión en stand-by o en funcionamiento

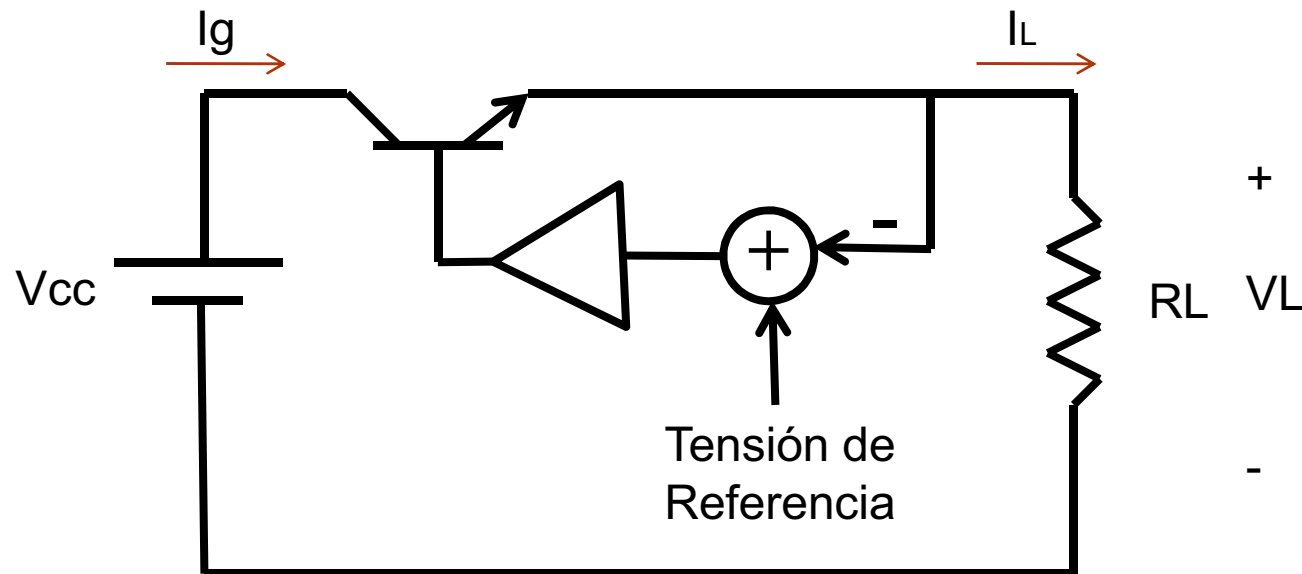
Primera Solución: Regulador Disipativo (II)

Añado una **REALIMENTACIÓN**



La tensión de referencia la obtengo sin que dependa de la carga y con un consumo bajo de potencia

¿Es eficiente?



$$\begin{aligned}\eta &= \frac{PL}{P_{gen}} \\ &= \frac{VL \cdot IL}{V_{cc} \cdot Ig} \\ &\cong \frac{VL}{V_{cc}}\end{aligned}$$

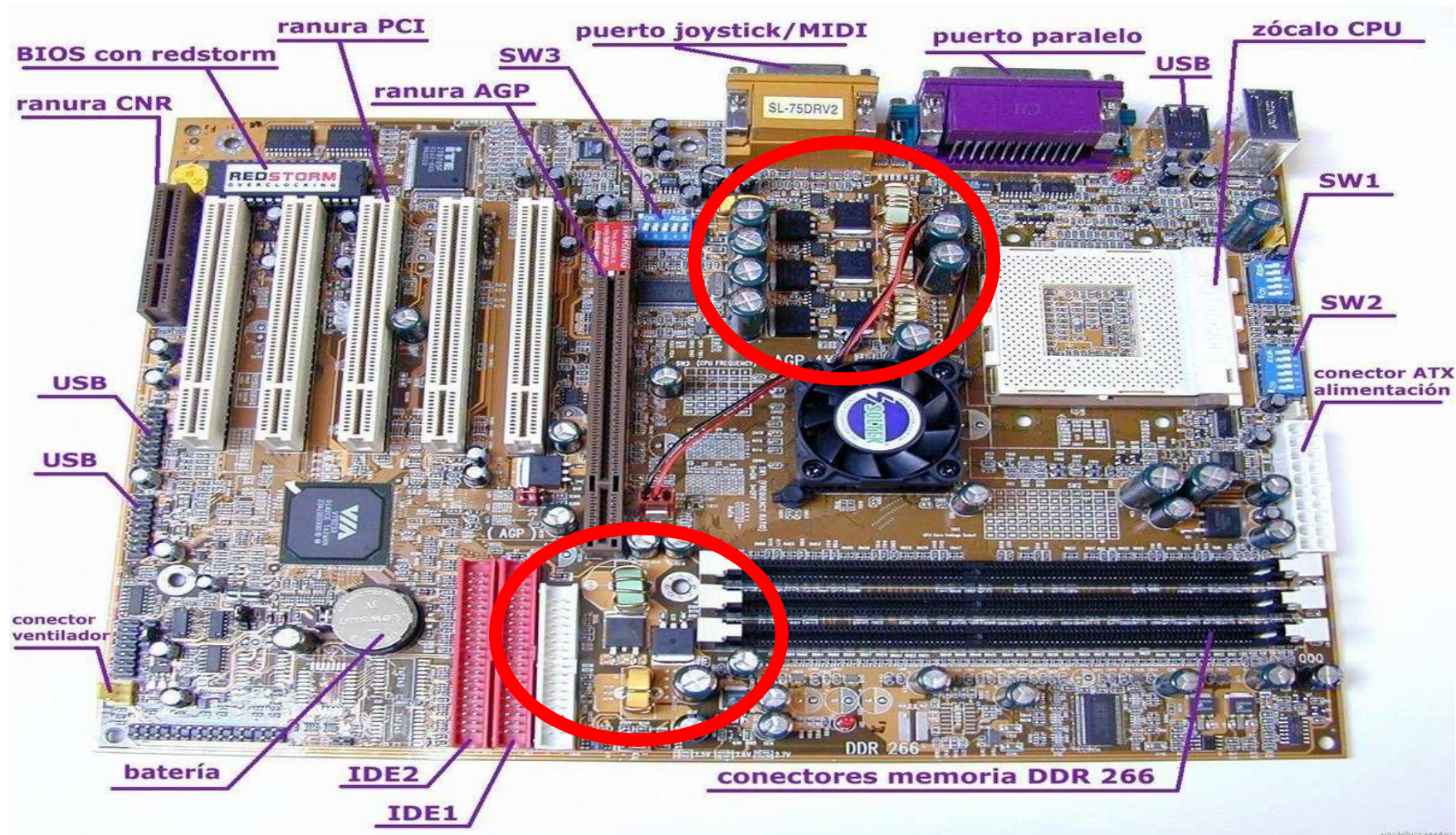
Inconvenientes

- Bajo rendimiento
- Depende de la tensión de entrada
- Sólo puedo reducir tensión

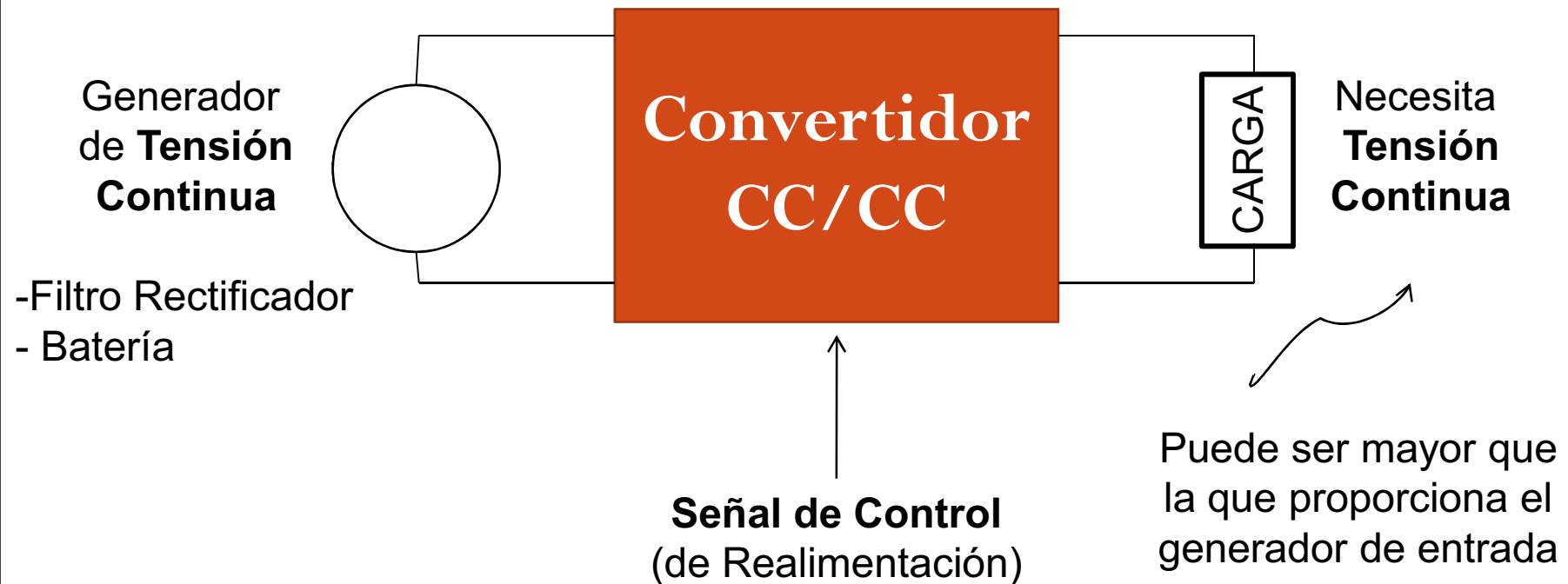
Ventajas

- Robustos
- Pocos componentes
- No generan interferencias

Aplicaciones

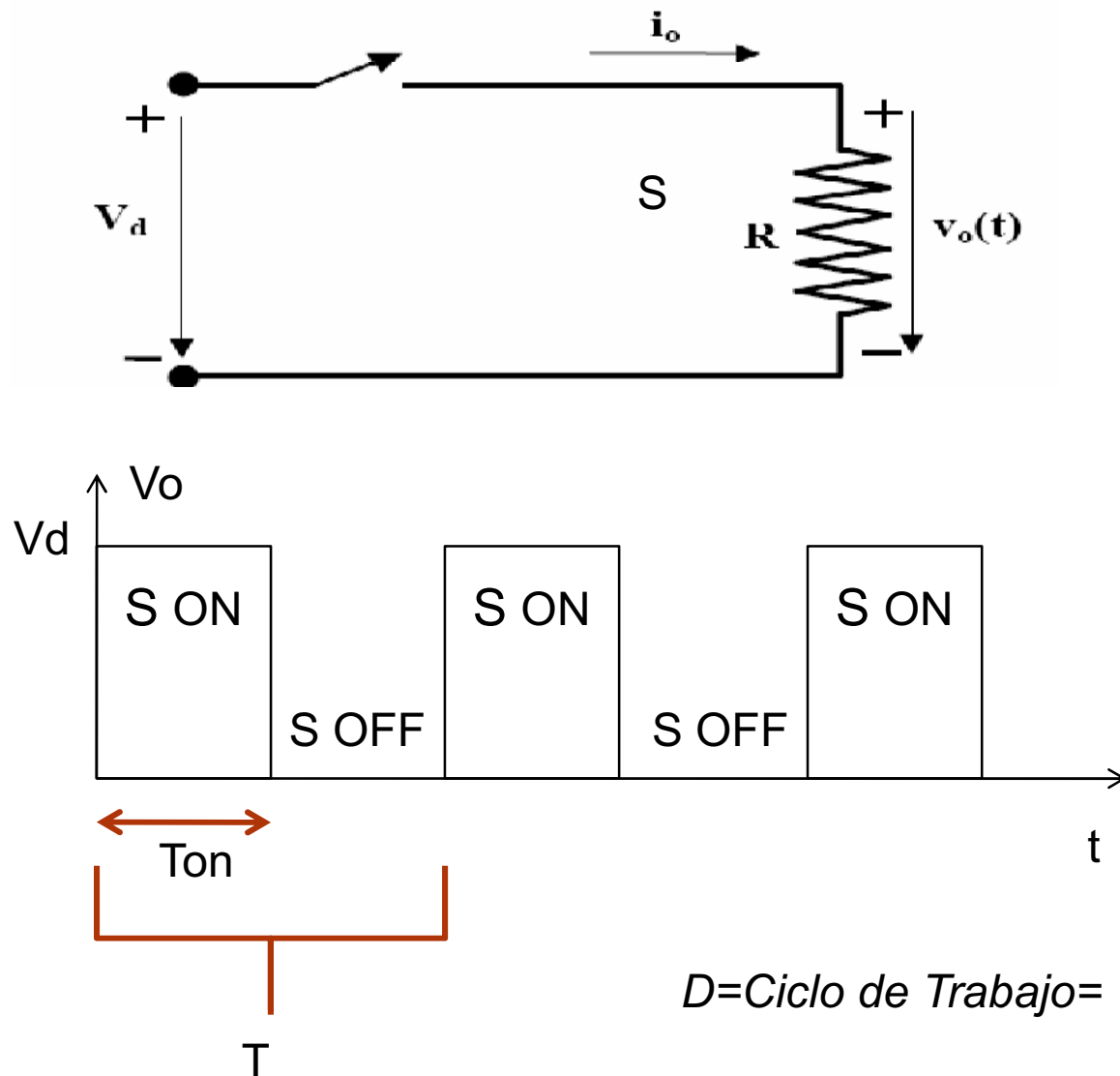


Convertidores CC/CC



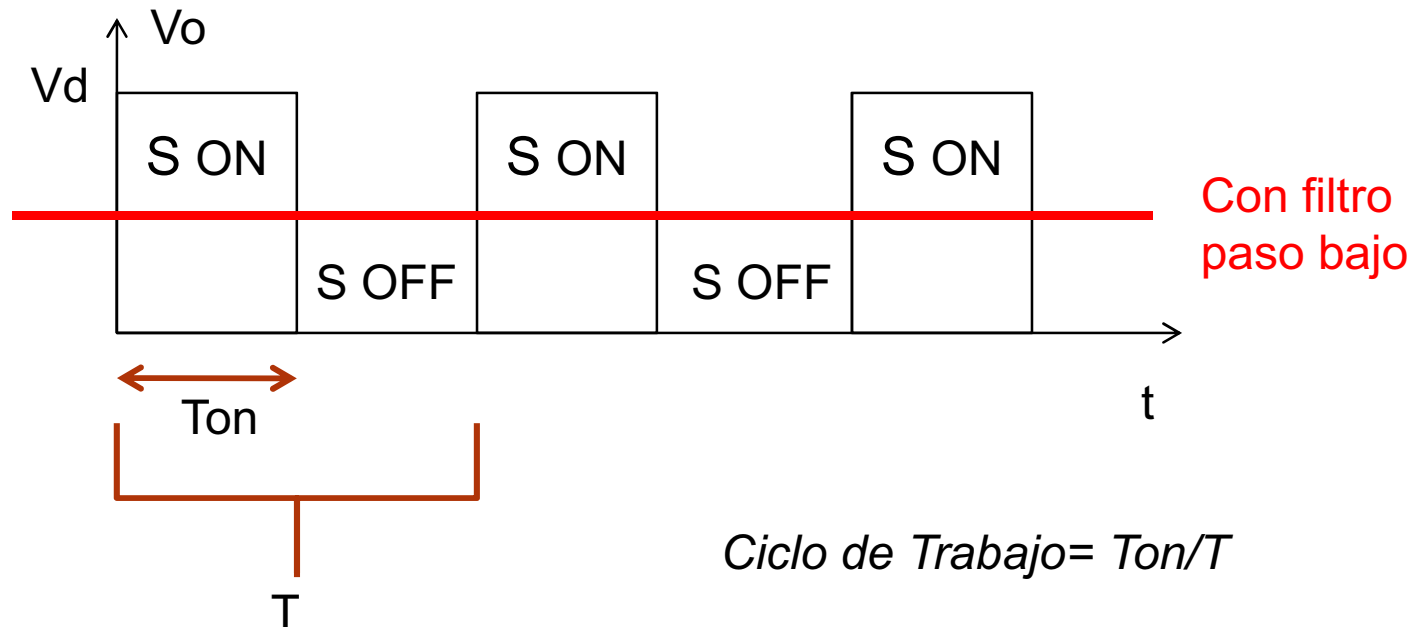
Se basan en el uso de **INTERRUPTORES CONTROLADOS**
(Ej: un transistor)

Uso de Interruptores Controlados (I)



Uso de Interruptores Controlados (II)

¡¡Esta señal NO ES CONTINUA!!



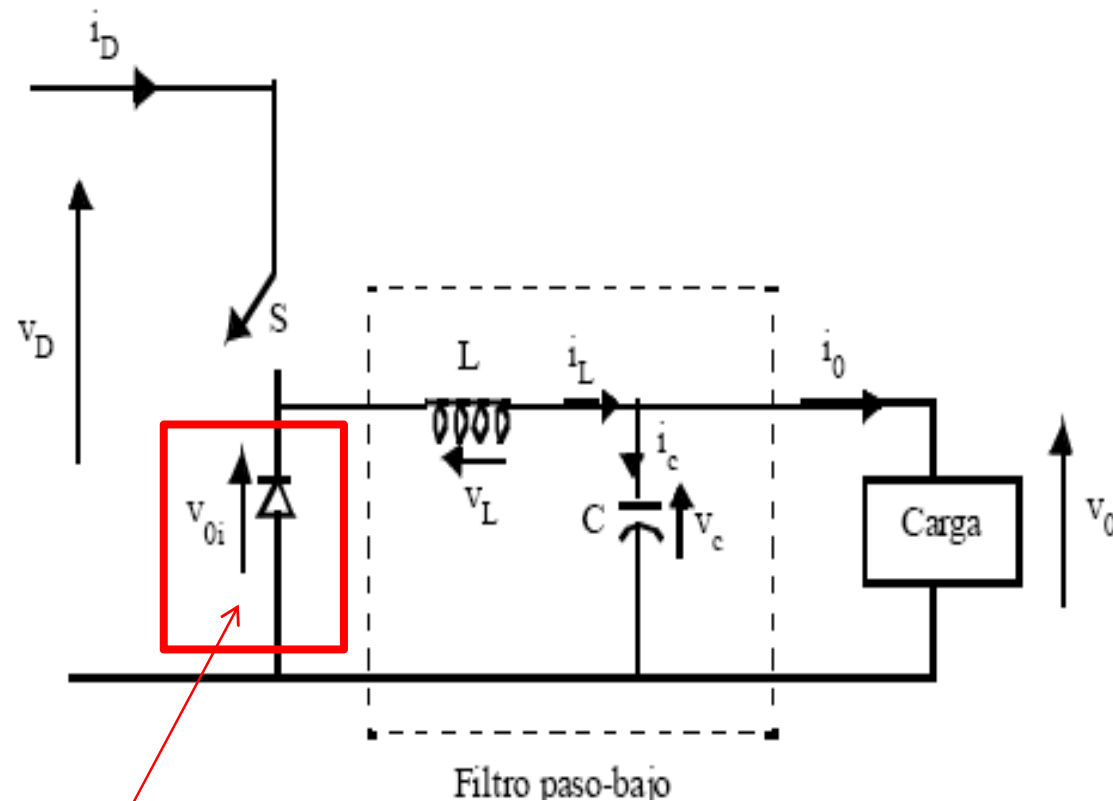
Es necesario incluir un filtro paso bajo

Convertidores de 1 Interruptor

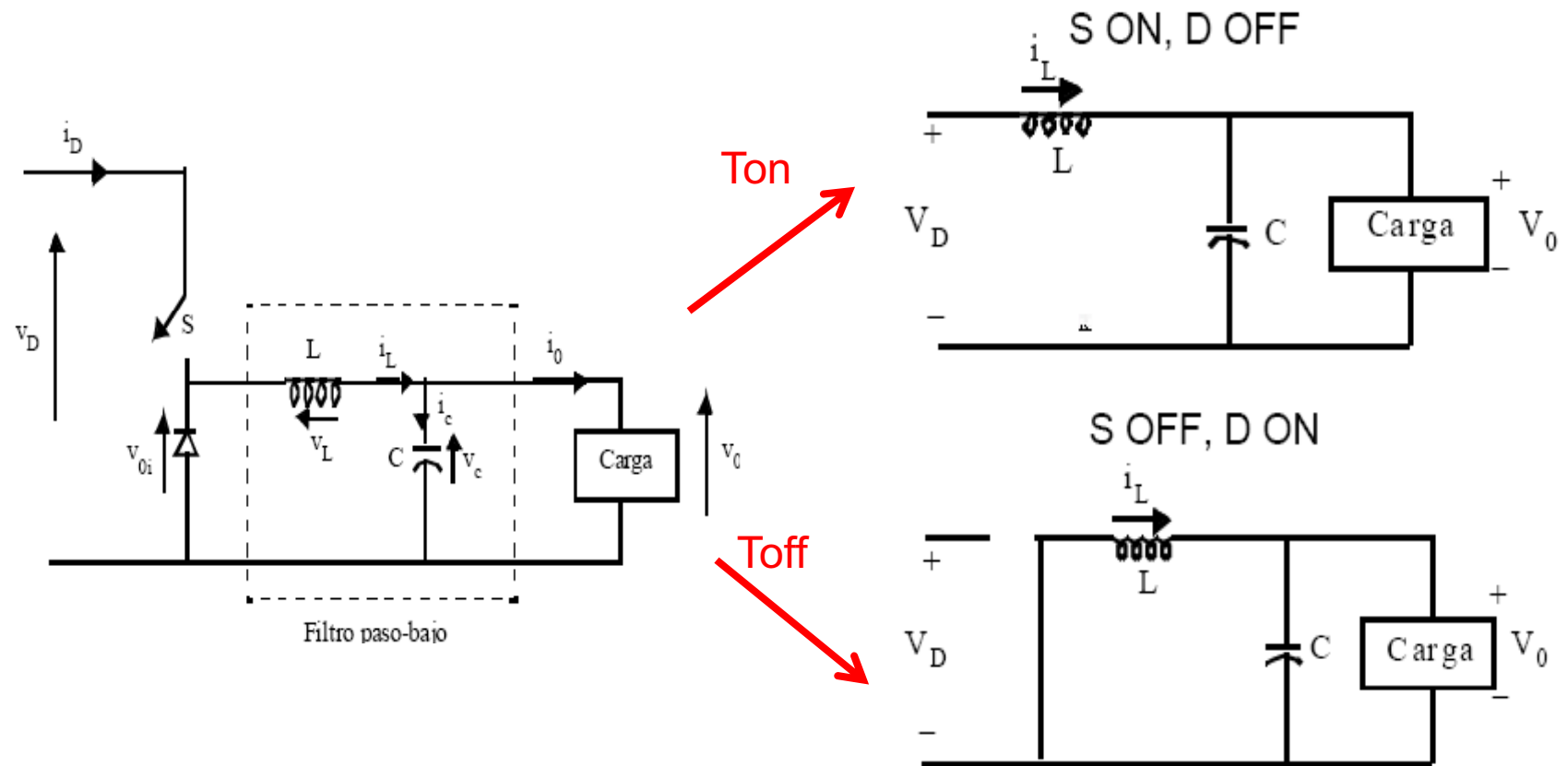
- **Reductor (Buck)**
- **Elevador (Boost)**
- **Reductor-Elevador (Buck-Boost)**
- **Cúk**
- **SEPIC**

Convertidor Reductor (Buck)

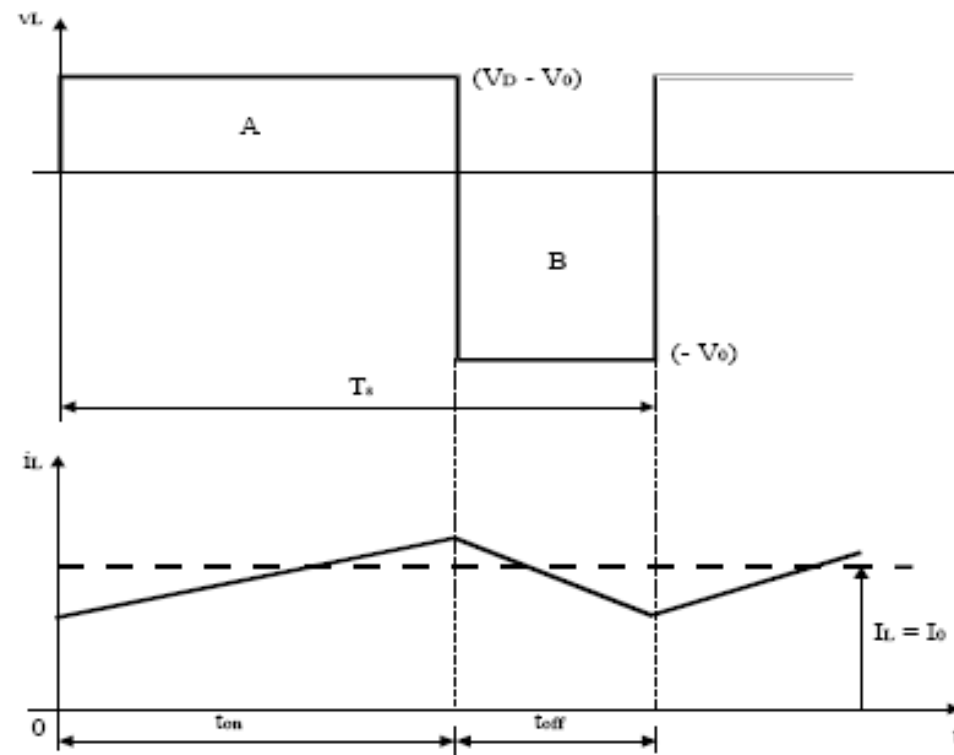
El voltaje promedio de la salida (V_o) es menor que el voltaje de la entrada



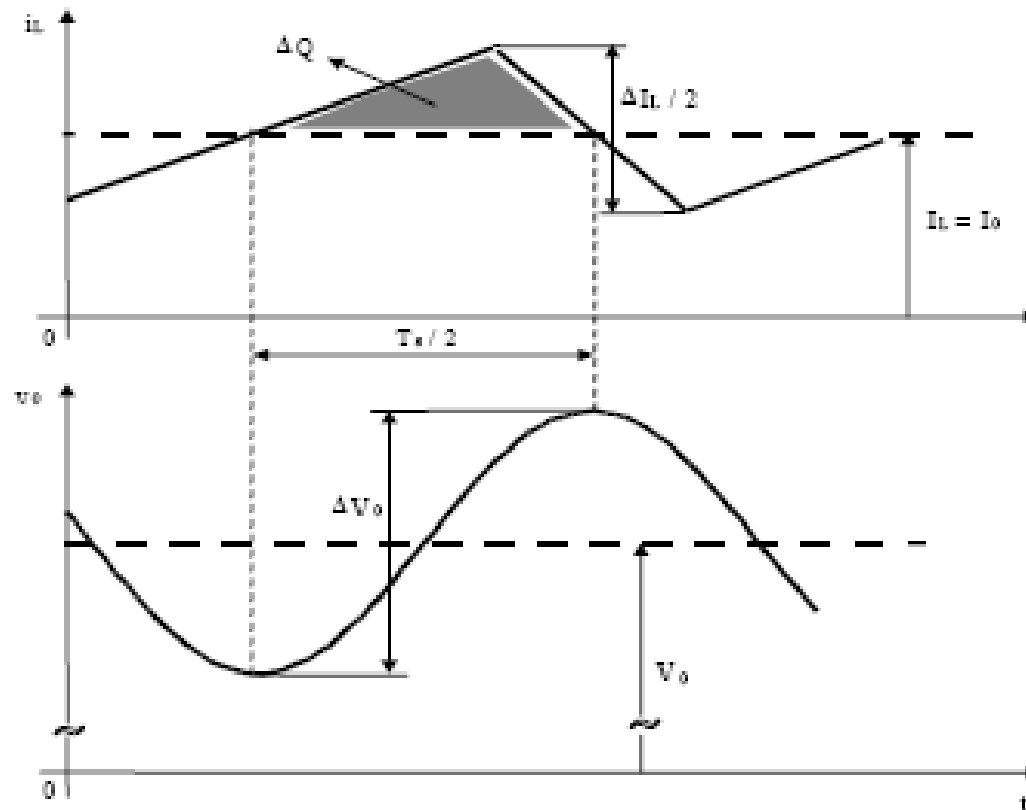
Convertidor Reductor (Buck)



Convertidor Reductor (Buck)



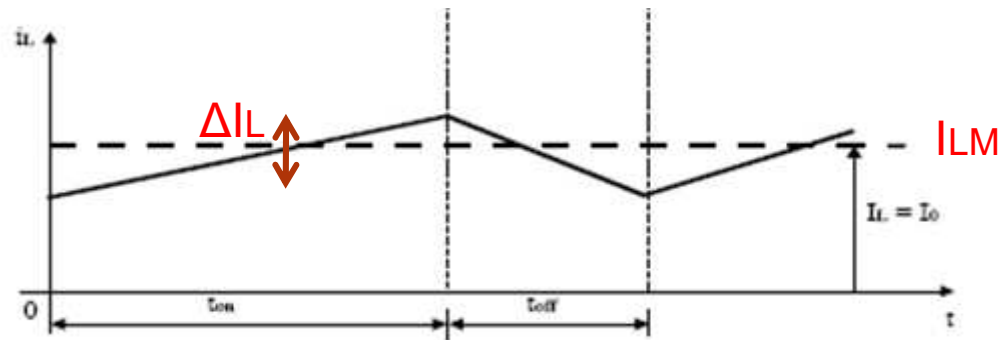
Convertidor Reductor (Buck)



Convertidor Reductor (Buck)

Dependiendo de L , su funcionamiento puede ser:

- Modo de conducción **continua** $\Delta I_L / 2 < I_{LM}$
- Modo de conducción **discontinua** $\Delta I_L / 2 > I_{LM}$
- **Límite** conducción continua/discontinua $\Delta I_L / 2 = I_{LM}$



Convertidor Buck: modo de conducción continua

$$V_{out} = \frac{t_{on}}{T} V_{in} = D \cdot V_{in}$$

$$\Delta i_L = \frac{(1 - D) \cdot D \cdot V_{in} \cdot T}{L}$$

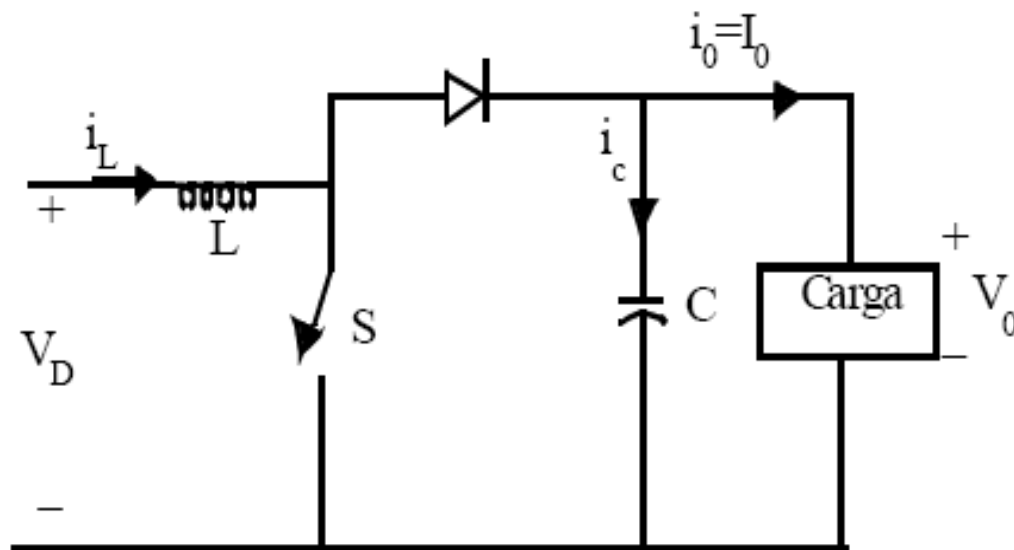
$$\Delta V_C = \frac{T^2 \cdot V_{out} \cdot (1 - D)}{8LC}$$

Convertidores de 1 Interruptor

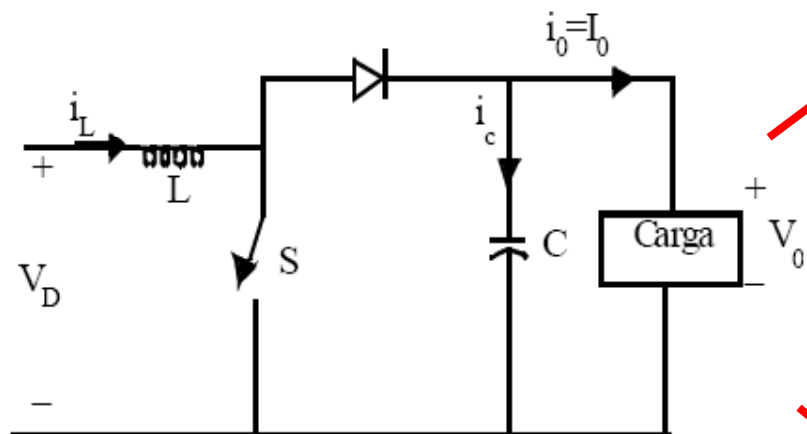
- Reductor (Buck)
- Elevador (Boost)
- Reductor-Elevador (Buck-Boost)
- Cúk
- SEPIC

Convertidor Elevador (Boost)

El voltaje promedio de la salida (V_o) es mayor que el voltaje de la entrada



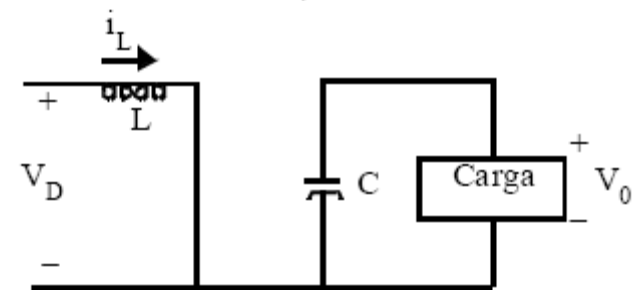
Convertidor Elevador (Boost)



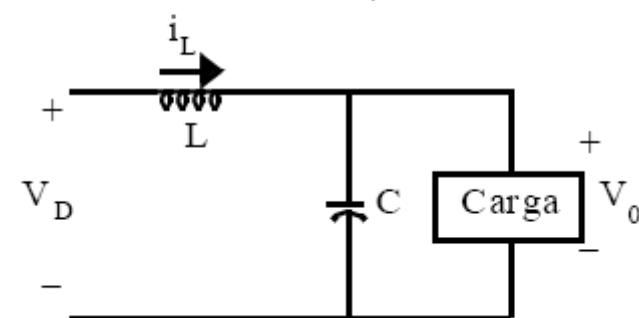
T_{on}

T_{off}

S ON, D OFF



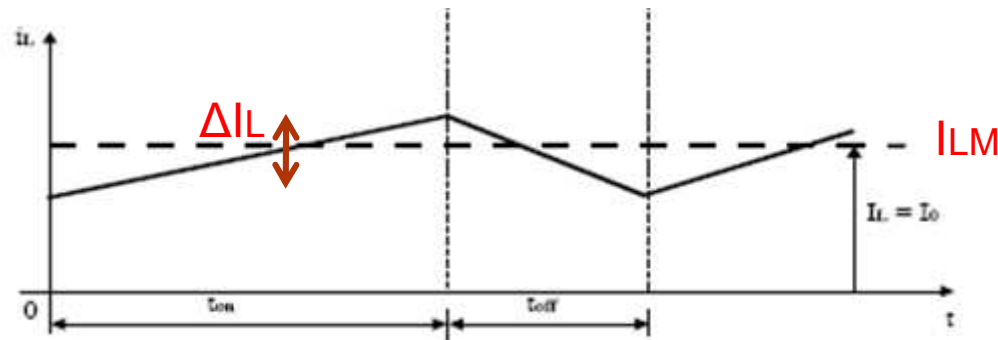
S OFF, D ON



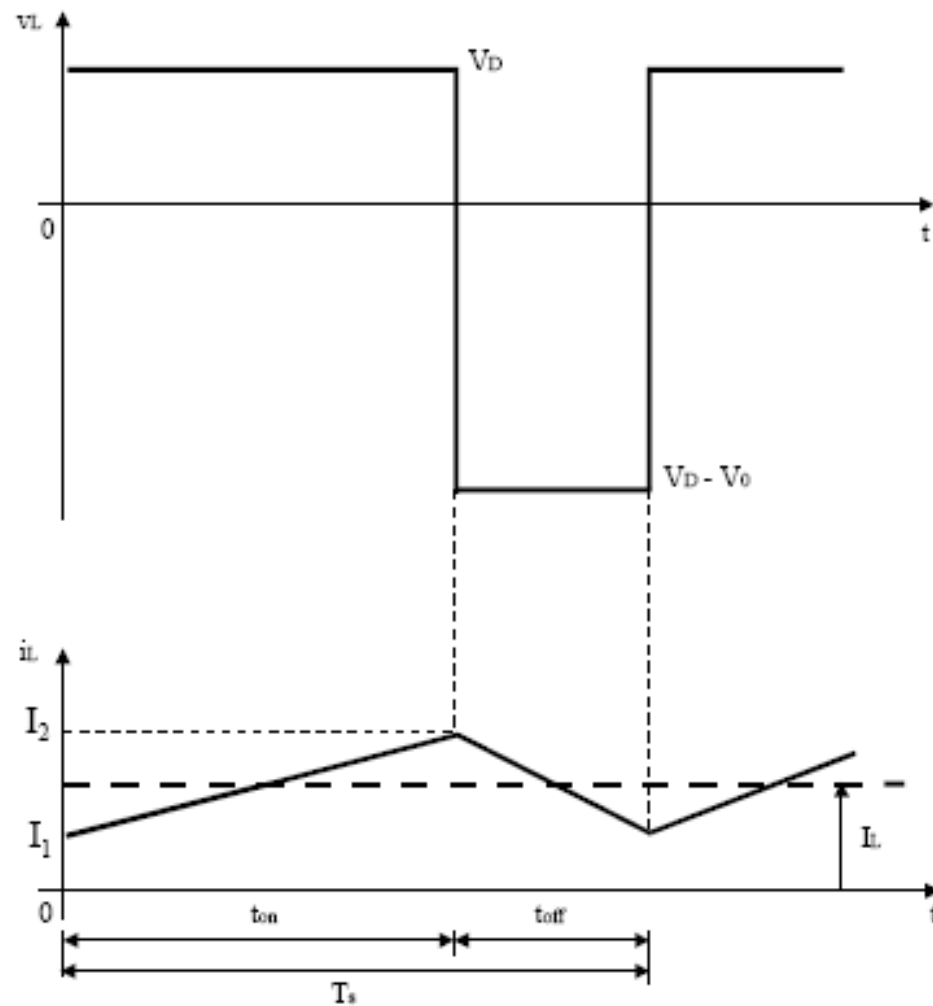
Convertidor Elevador (Boost)

Dependiendo de L , su funcionamiento puede ser:

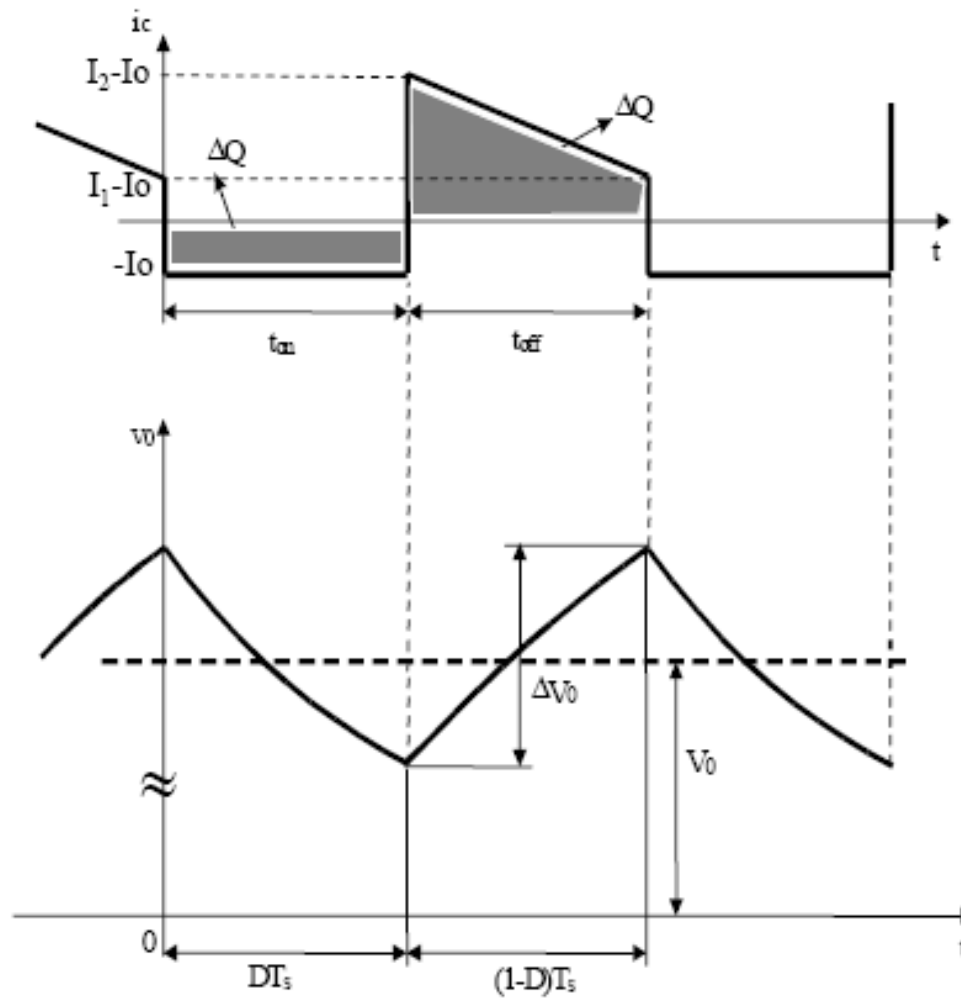
- Modo de conducción **continua** $\Delta I_L / 2 < I_{LM}$
- Modo de conducción **discontinua** $\Delta I_L / 2 > I_{LM}$
- **Límite** conducción continua/discontinua $\Delta I_L / 2 = I_{LM}$



Convertidor Elevador (Boost)



Convertidor Elevador (Boost)



Convertidor Elevador: modo de conducción continua

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1 - D}$$

En el límite del modo de conducción continua:

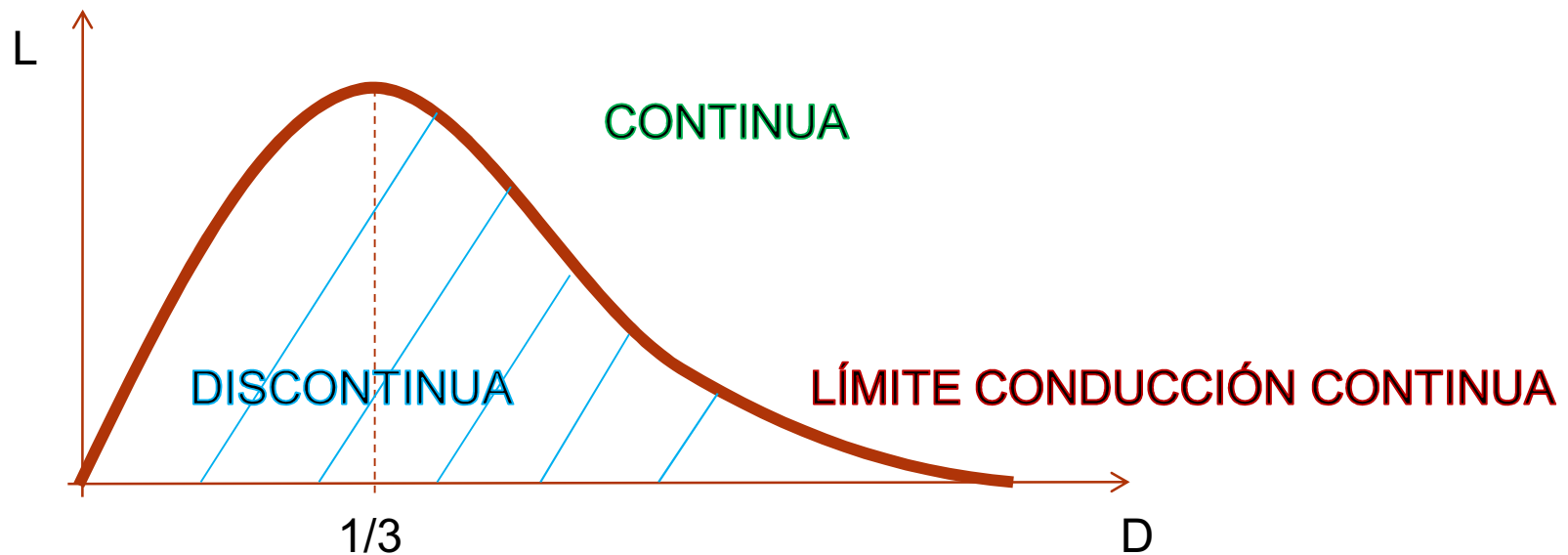
$$I_o = \frac{V_{out} \cdot T}{2L} (1 - D^2) D$$

- Una inductancia mayor → Conducción continua
- Una inductancia menor → Conducción discontinua

$$\Delta V_C = \frac{I_o \cdot D \cdot T}{C}$$

¿Qué inductancia se escoge?

$$L = \frac{V_{out} T}{2 \cdot I_{out}} \cdot D \cdot (1 - D)^2$$



Si $D=1/3 \rightarrow$

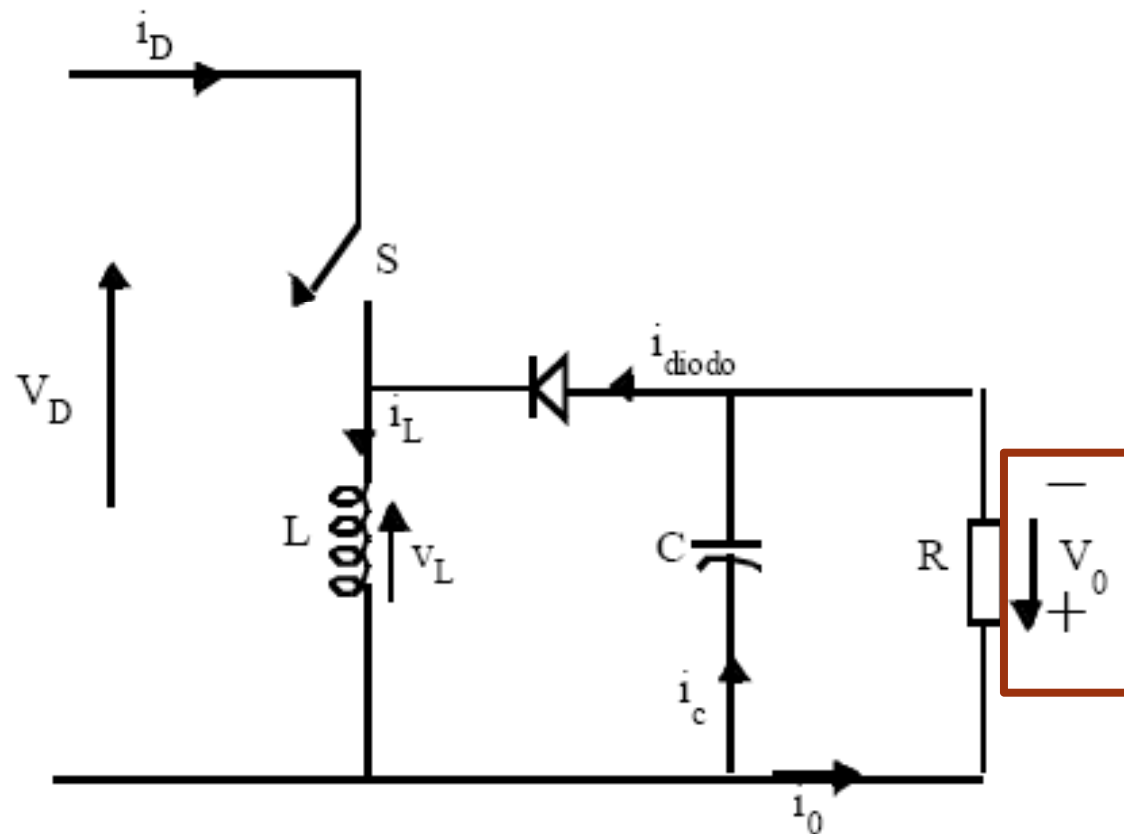
$$I_{omax} = \frac{2 \cdot T \cdot V_{out}}{27 \cdot L}$$

Convertidores de 1 Interruptor

- Reductor (Buck)
- Elevador (Boost)
- Reductor-Elevador (Buck-Boost)
- Cúk
- SEPIC

Convertidor reductor/elevador (Buck/Boost)

El voltaje que suministra (V_o) puede ser mayor o menor que la entrada

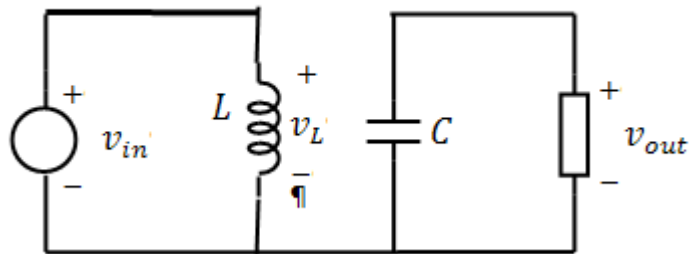


Cambia la
polaridad
de la
tensión de
salida

**REGULADOR
INVERSOR**

Convertidor reductor/elevador (Buck/Boost)

Los dos estados del convertidor son:



S ON

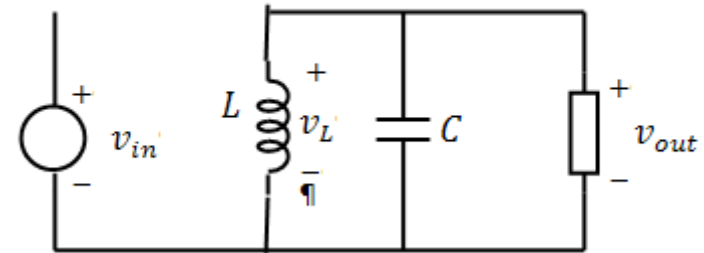
D OFF

¿Tensión en la inductancia?

$$v_L = V_{in}$$

¿Durante cuánto tiempo?

$$T_{on} = D \cdot T$$



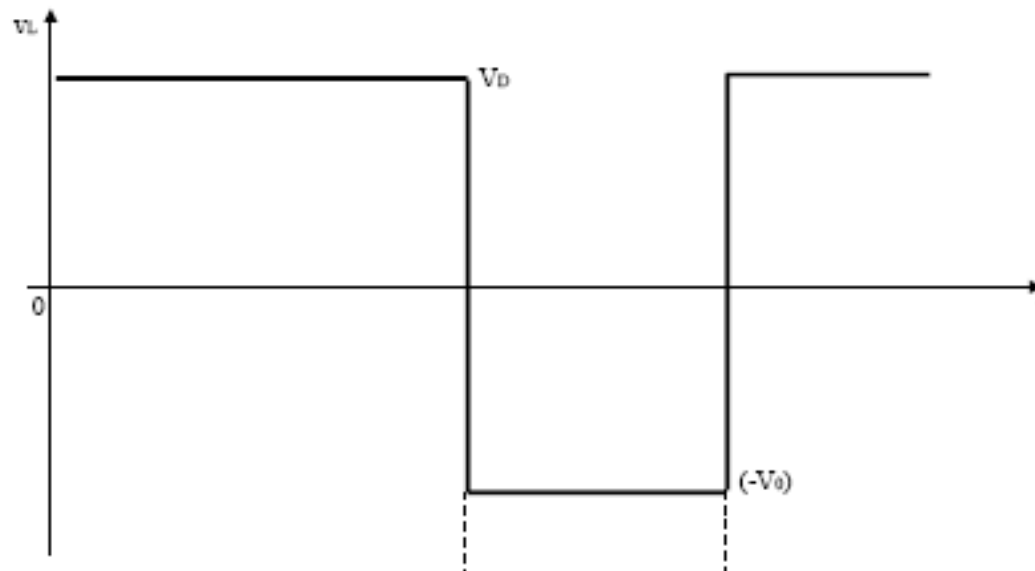
S OFF

D ON

$$v_L = V_o$$

$$T_{off} = (1-D) \cdot T$$

Convertidor reductor/elevador (Buck/Boost)

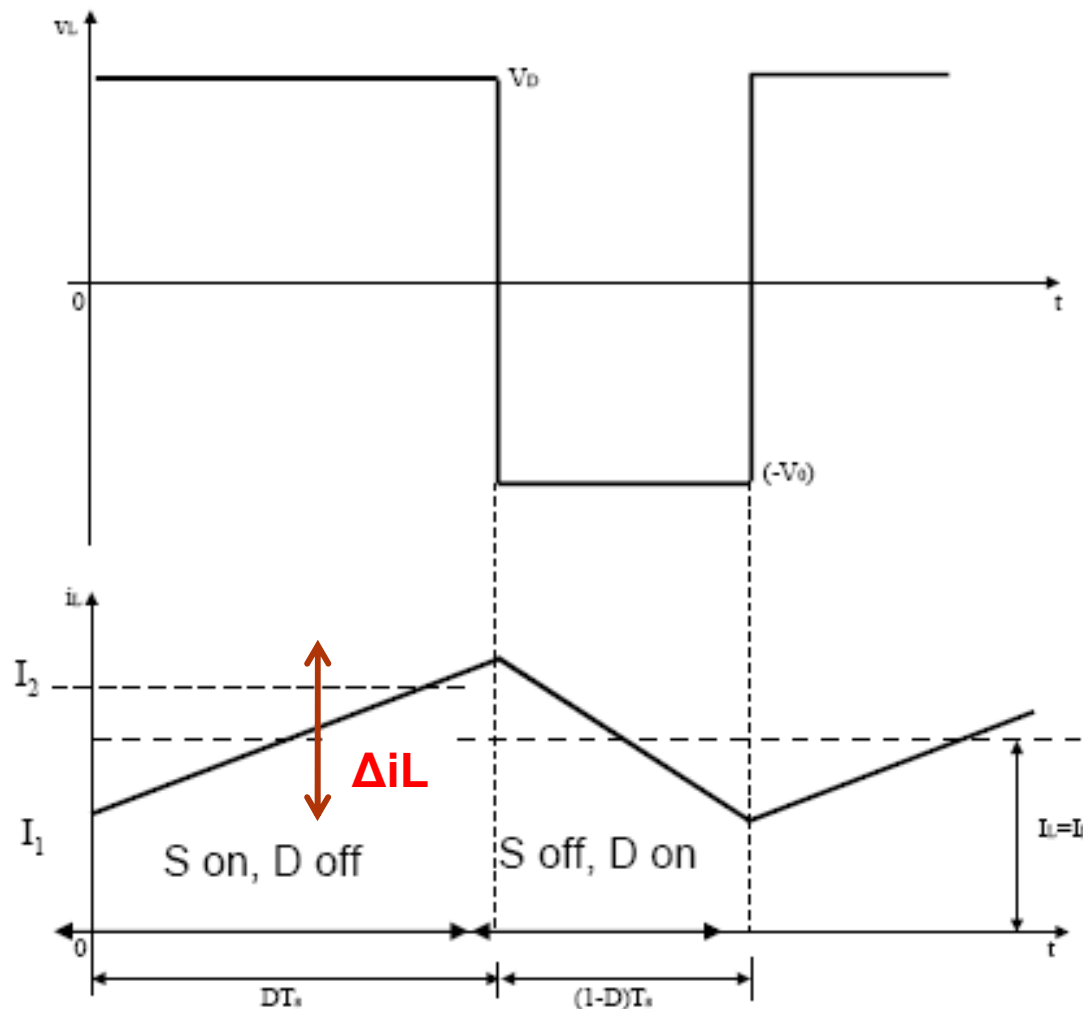


La inductancia no puede acumular tensión:

$$V_{in} \cdot D \cdot T + V_o \cdot (1 - D) \cdot T = 0$$

$$V_o = -\frac{D}{(1-D)} V_{in}$$

Convertidor reductor/elevador (Buck/Boost)



**El análisis sólo es válido
si siempre hay corriente
en la inductancia**



**MODO DE
CONDUCCIÓN
CONTINUA**

Buck-Boost – Conducción Continua

Para que sea modo de conducción continua:

$$\frac{\Delta i_L}{2} < I_L$$

Como:

$$\Delta i_L = \frac{V_{in} \cdot D \cdot T}{L}$$

Modo conducción continua exige un valor mínimo de inductancia

Además:

$$\Delta V_C = \frac{V_o \cdot D \cdot T}{RC}$$

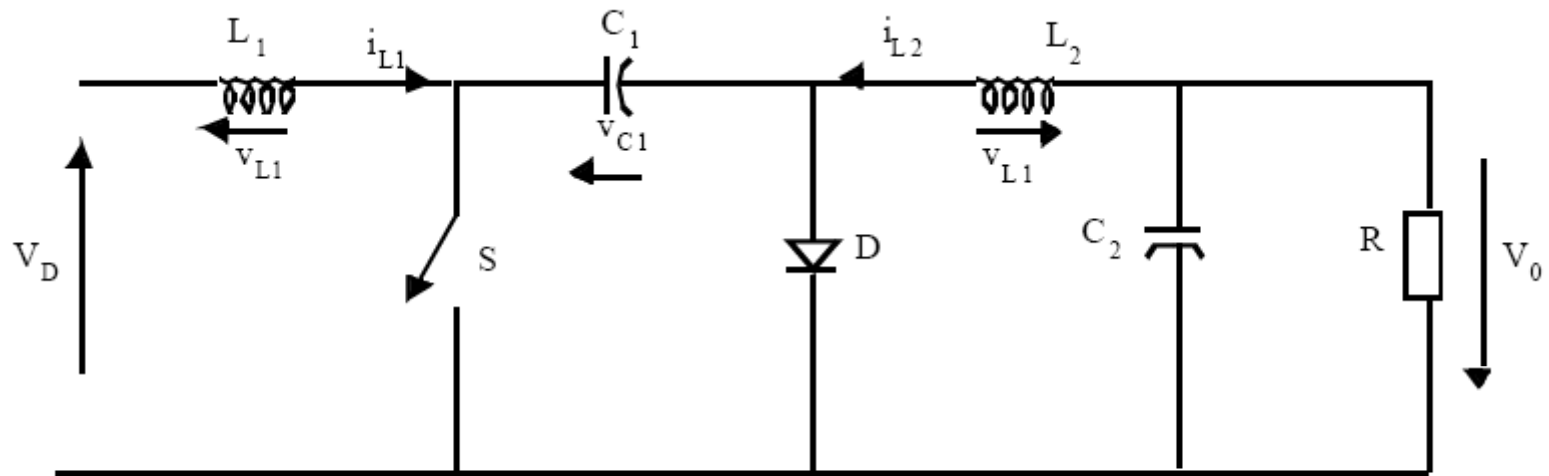
El condensador suaviza el rizado de la tensión de salida

Convertidores de 1 Interruptor

- Reductor (Buck)
- Elevador (Boost)
- Reductor-Elevador (Buck-Boost)
- Cúk
- SEPIC

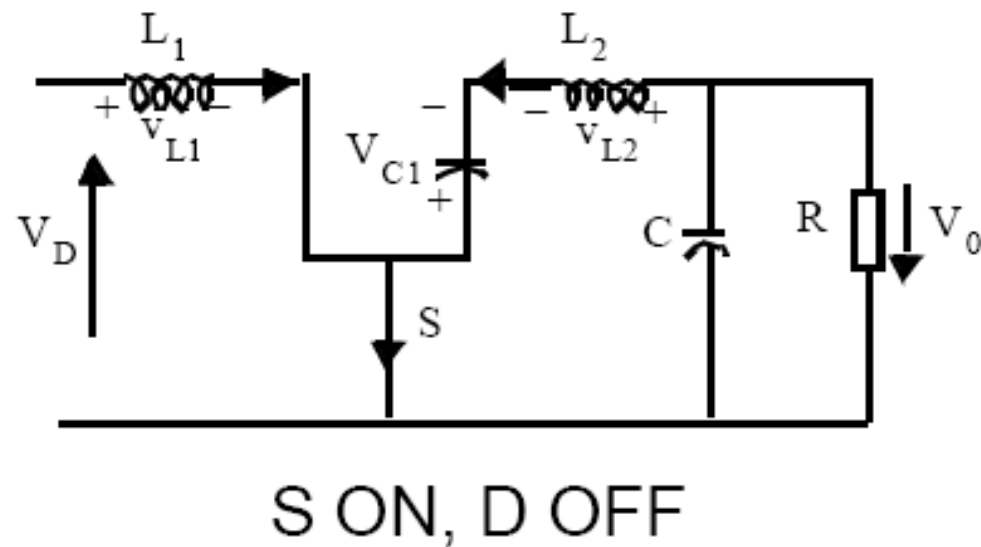
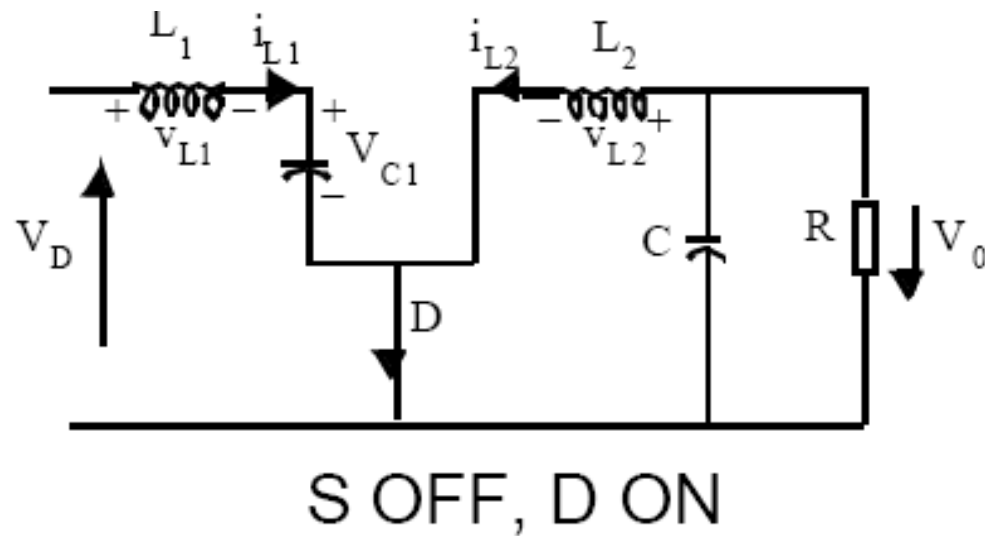
Convertidor Cúk (I)

El voltaje que suministra (V_o) puede ser mayor o menor que la entrada



Cambia la
polaridad
de la
tensión de
salida

Convertidor Cúk (II)

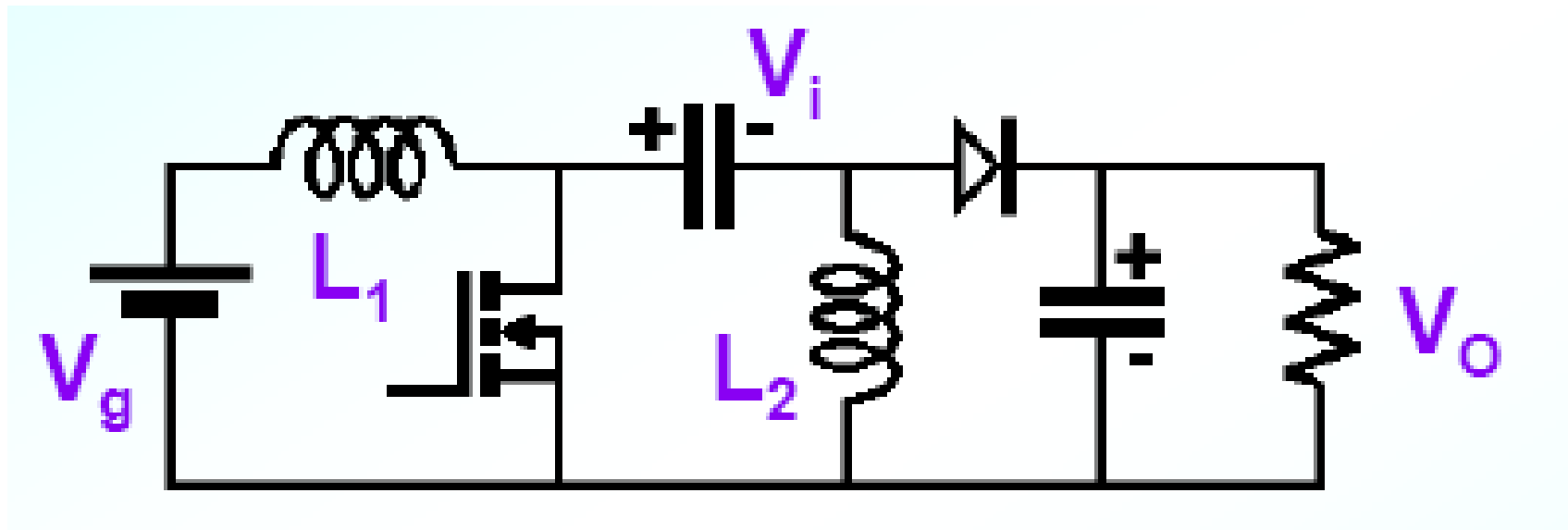


Convertidores de 1 Interruptor

- Reductor (Buck)
- Elevador (Boost)
- Reductor-Elevador (Buck-Boost)
- Cúk
- SEPIC

Convertidor SEPIC

Single-Ended Primary Inductance Converter



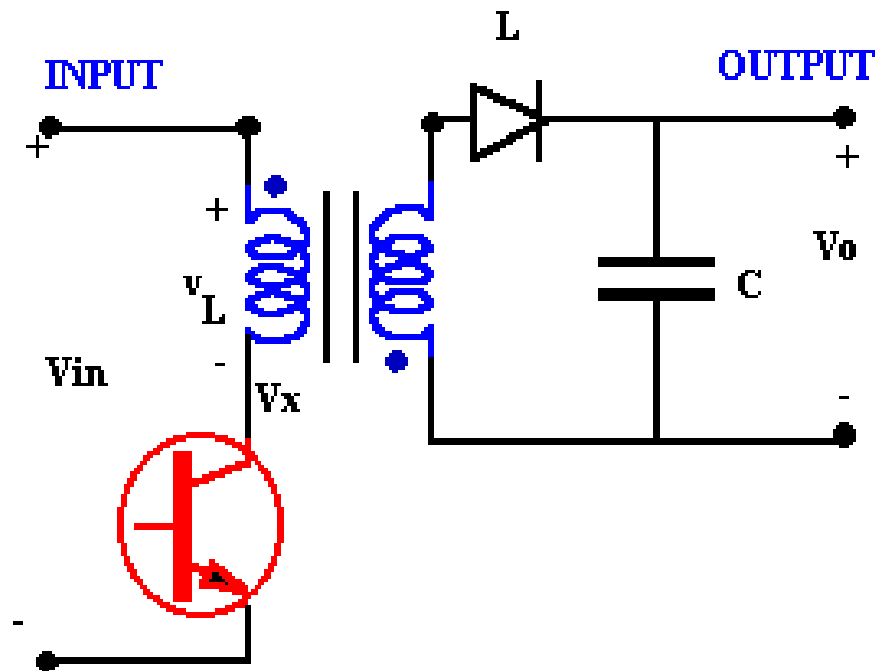
NO Cambia
la polaridad
de la
tensión de
salida

Convertidores con Aislamiento Galvánico

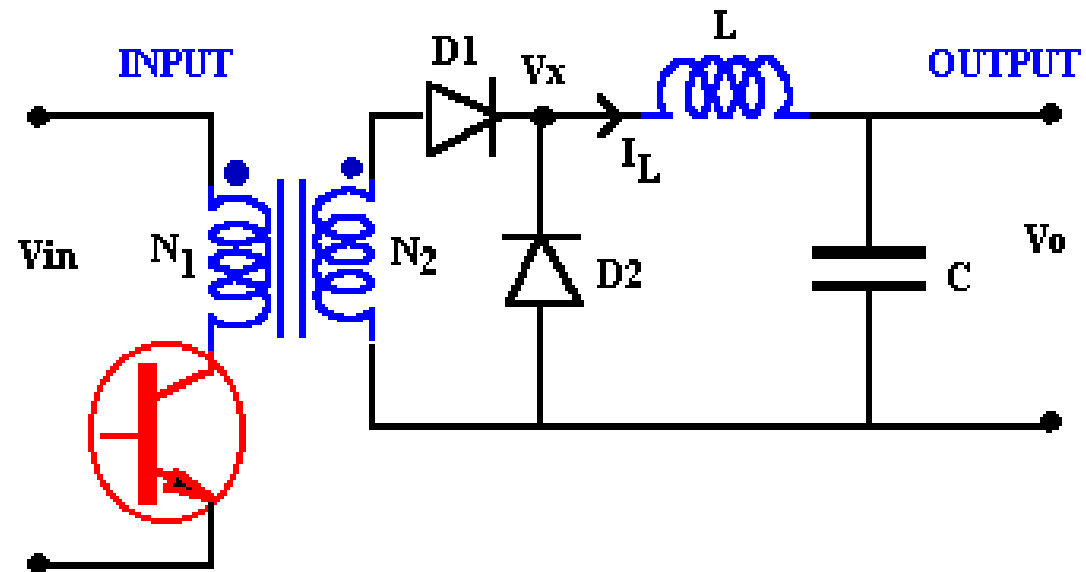
- **Flyback**
- **Forward**

Son fundamentales en las fuentes conmutadas.

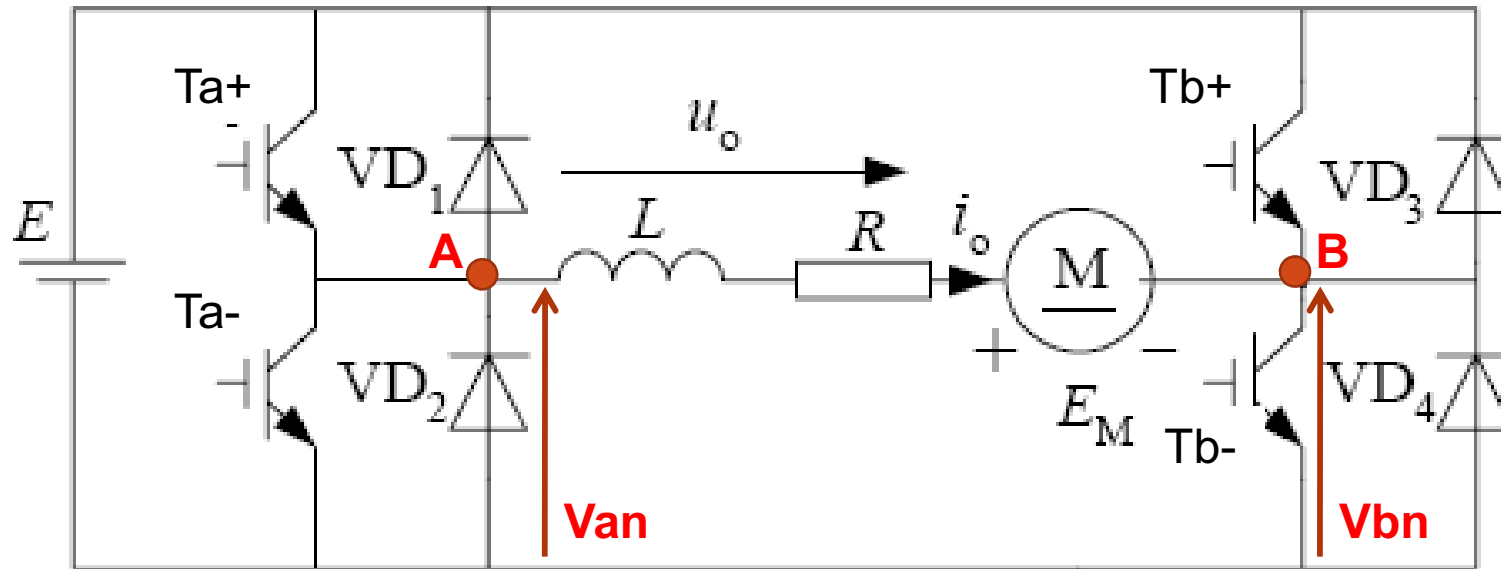
Convertidor Flyback



Convertidor Forward

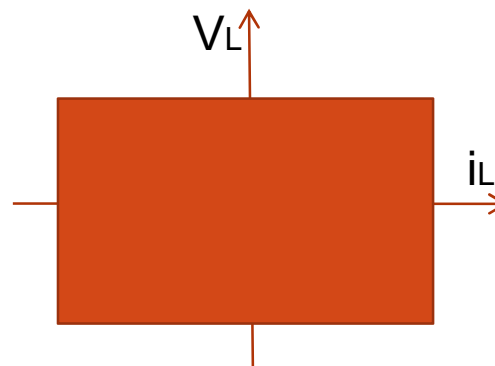


Convertidor en Puente Completo (I)

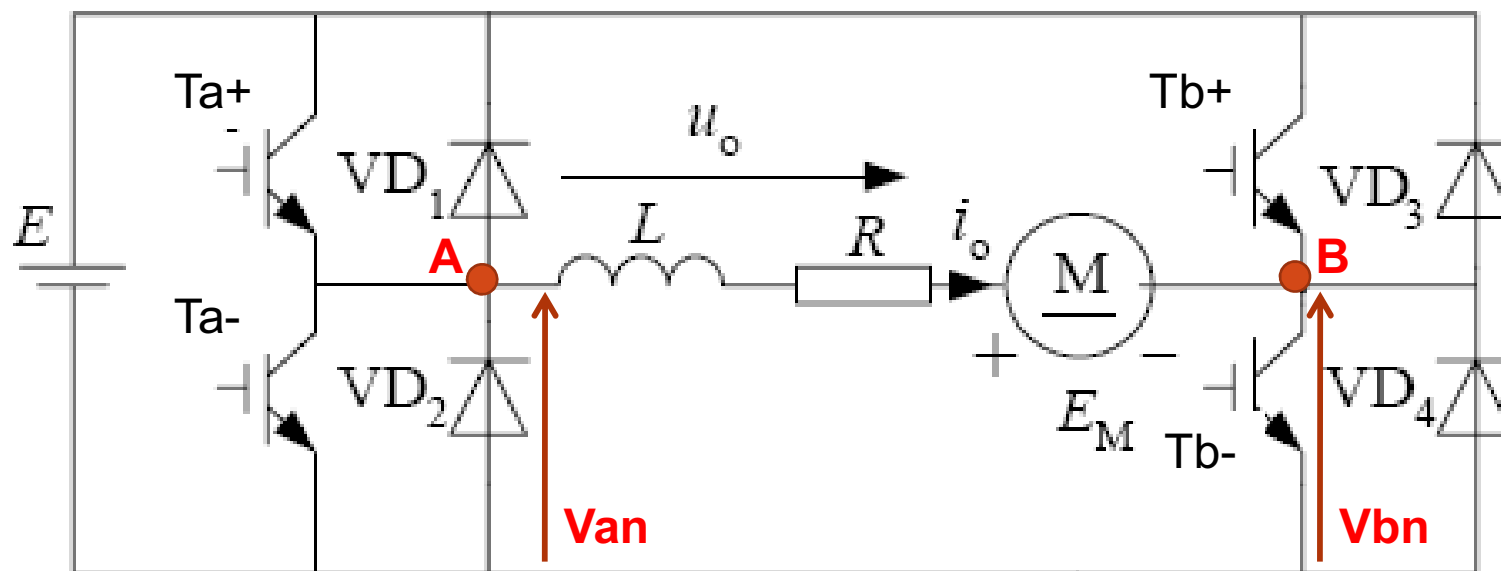


También se denomina *H-bridge* chopper o de cuatro cuadrantes

Clase E



Convertidor en Puente Completo (II)



Dos pares de interruptores (uno activo y otro desactivo):

□ T_{a+} , T_{a-}

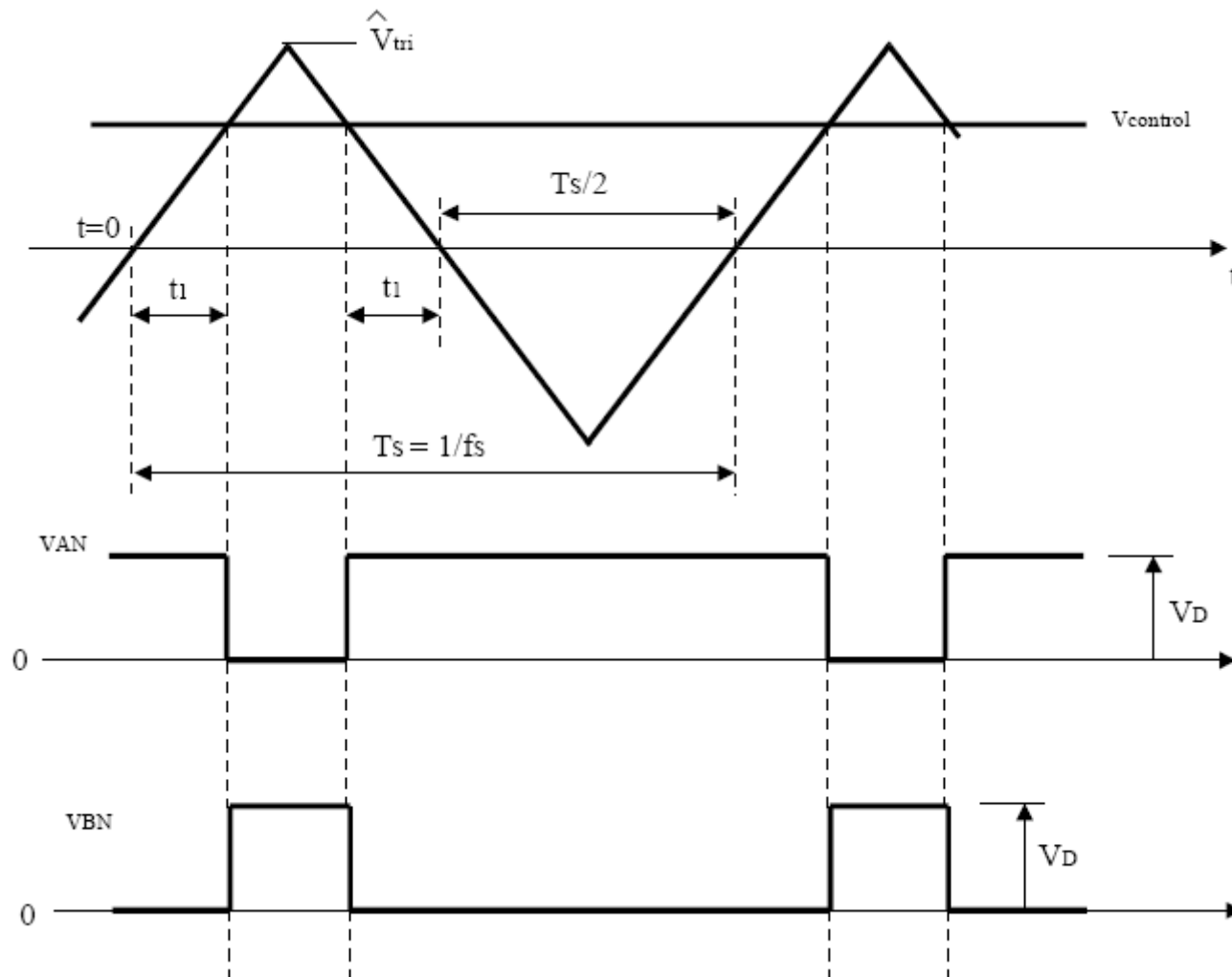
□ T_{b+} , T_{b-}

Convertidor en Puente Completo (III)

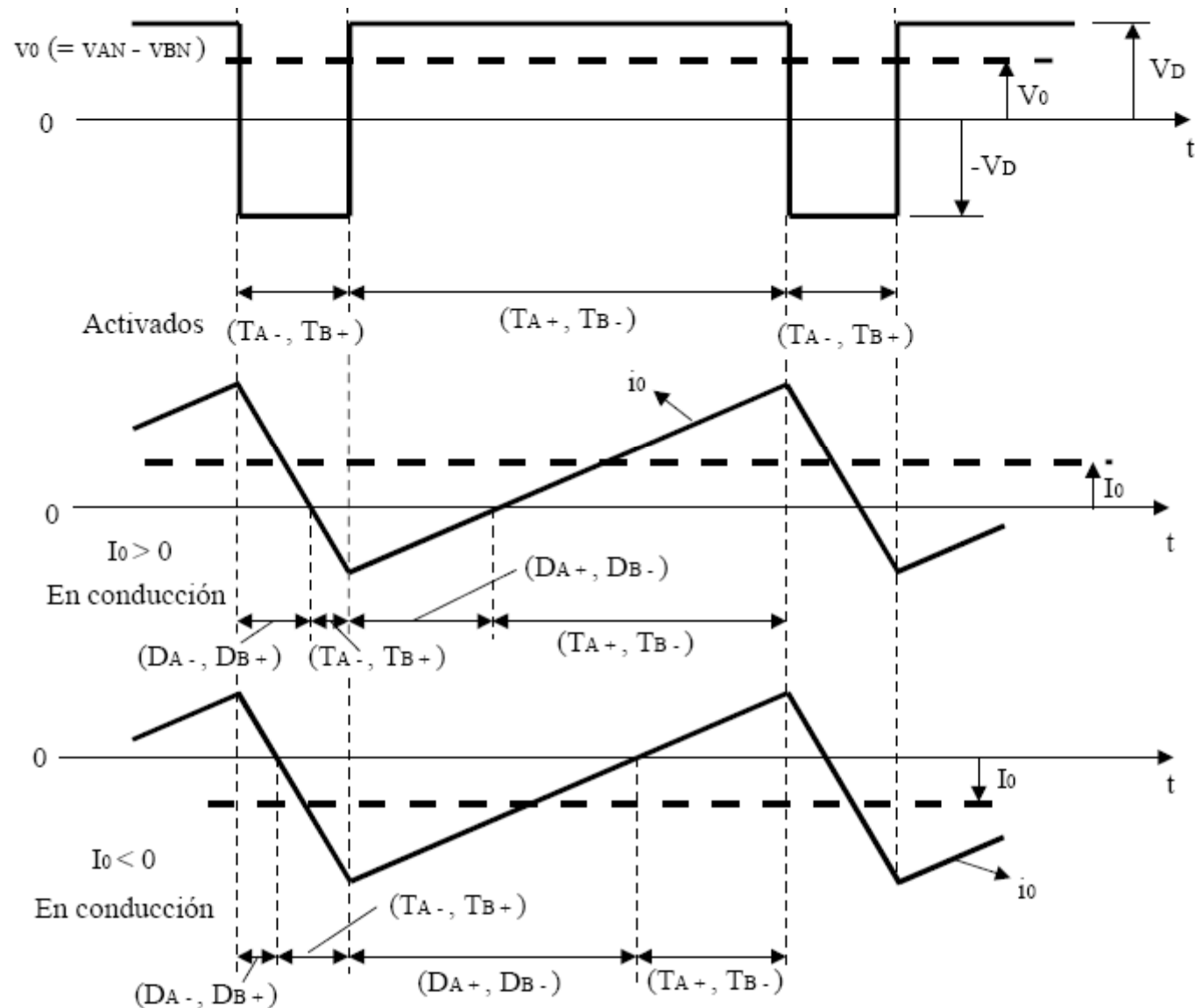
Técnicas de control de los interruptores:

- PWM con conmutación de tensión bipolar (**PWM simple**)
- PWM con conmutación de tensión unipolar (**doble PWM**)

Control PWM Simple (I)

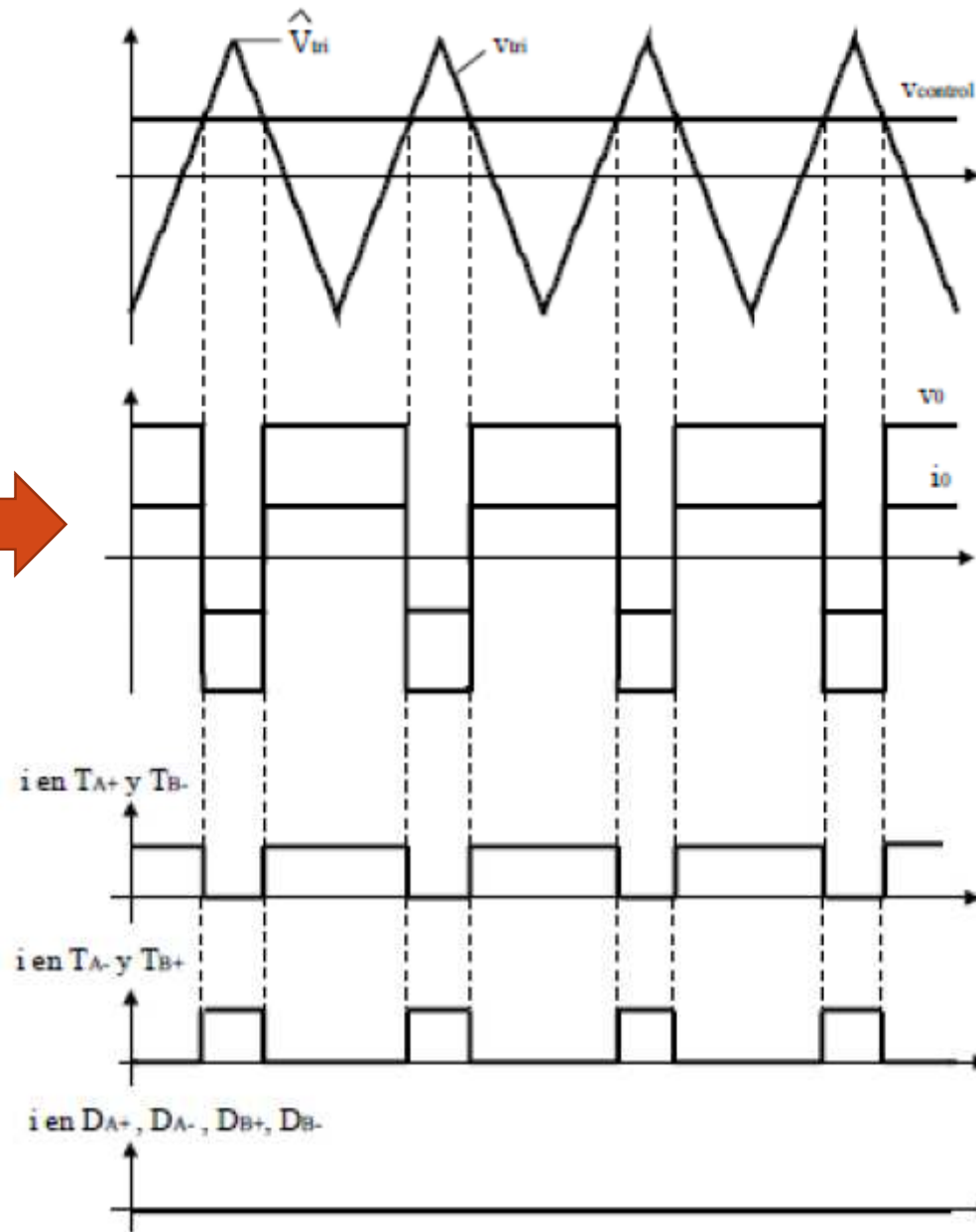


Control PWM Simple (II)



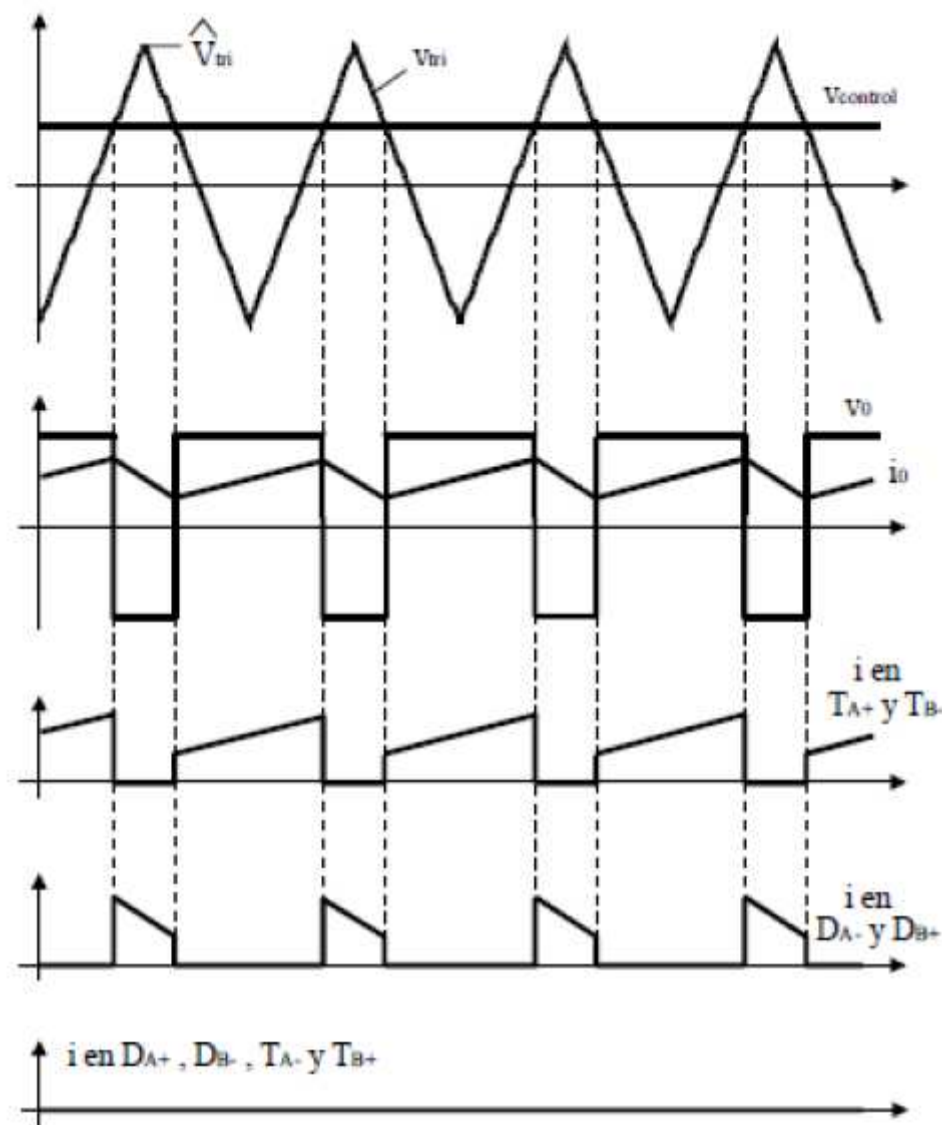
Carga Resistiva

V_o e i_o tienen
la misma forma



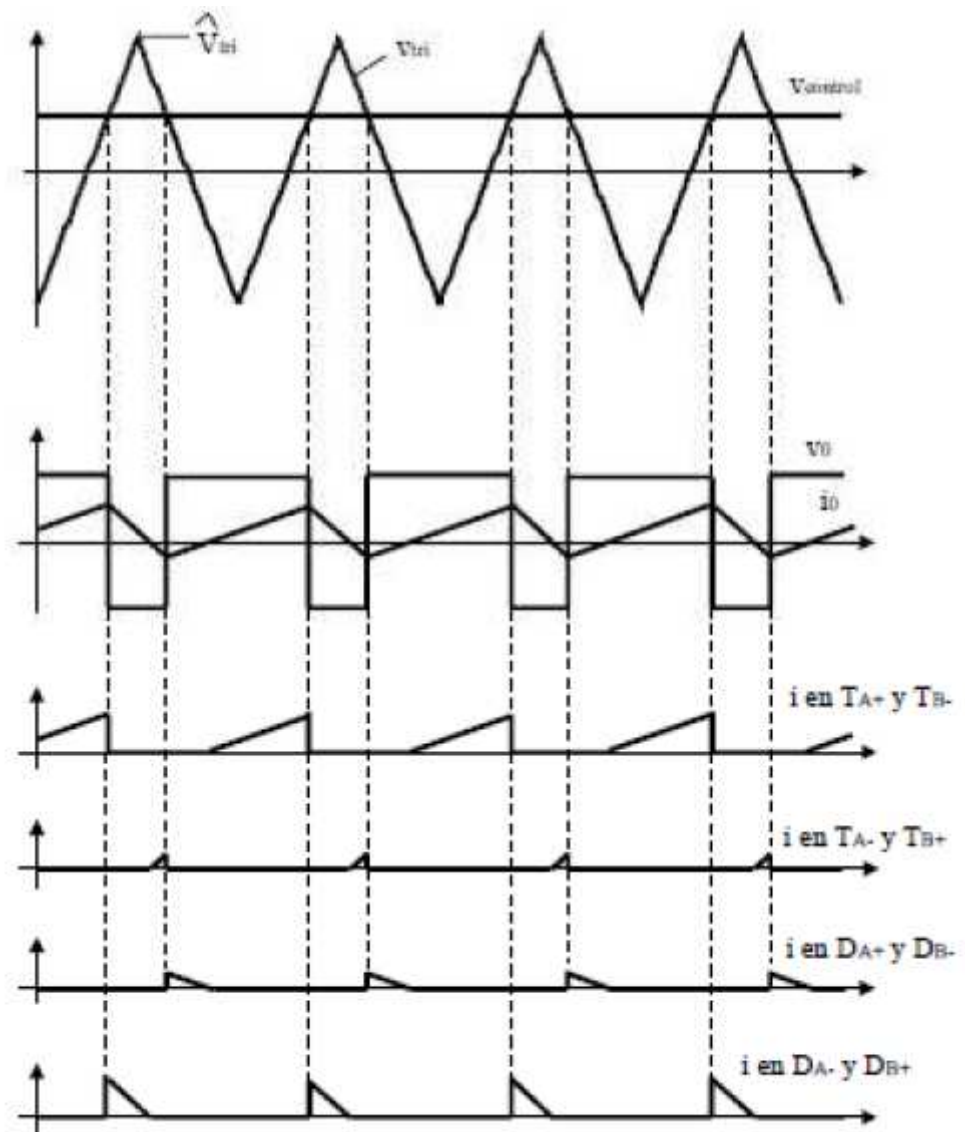
Carga Resistiva- Inductiva (L alta)

Vo e Io NO tienen
la misma forma

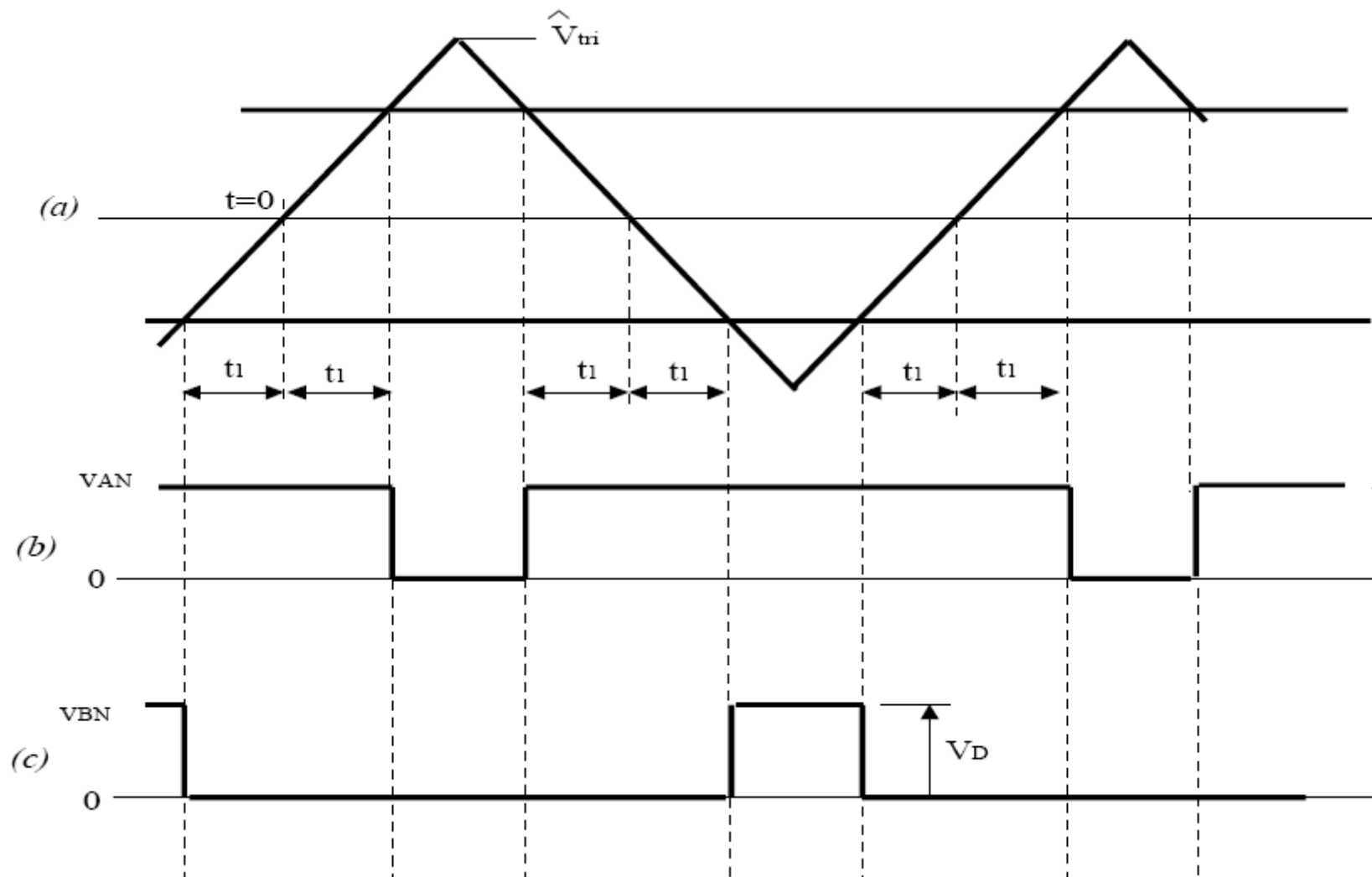


Carga Resistiva- Inductiva (L menor)

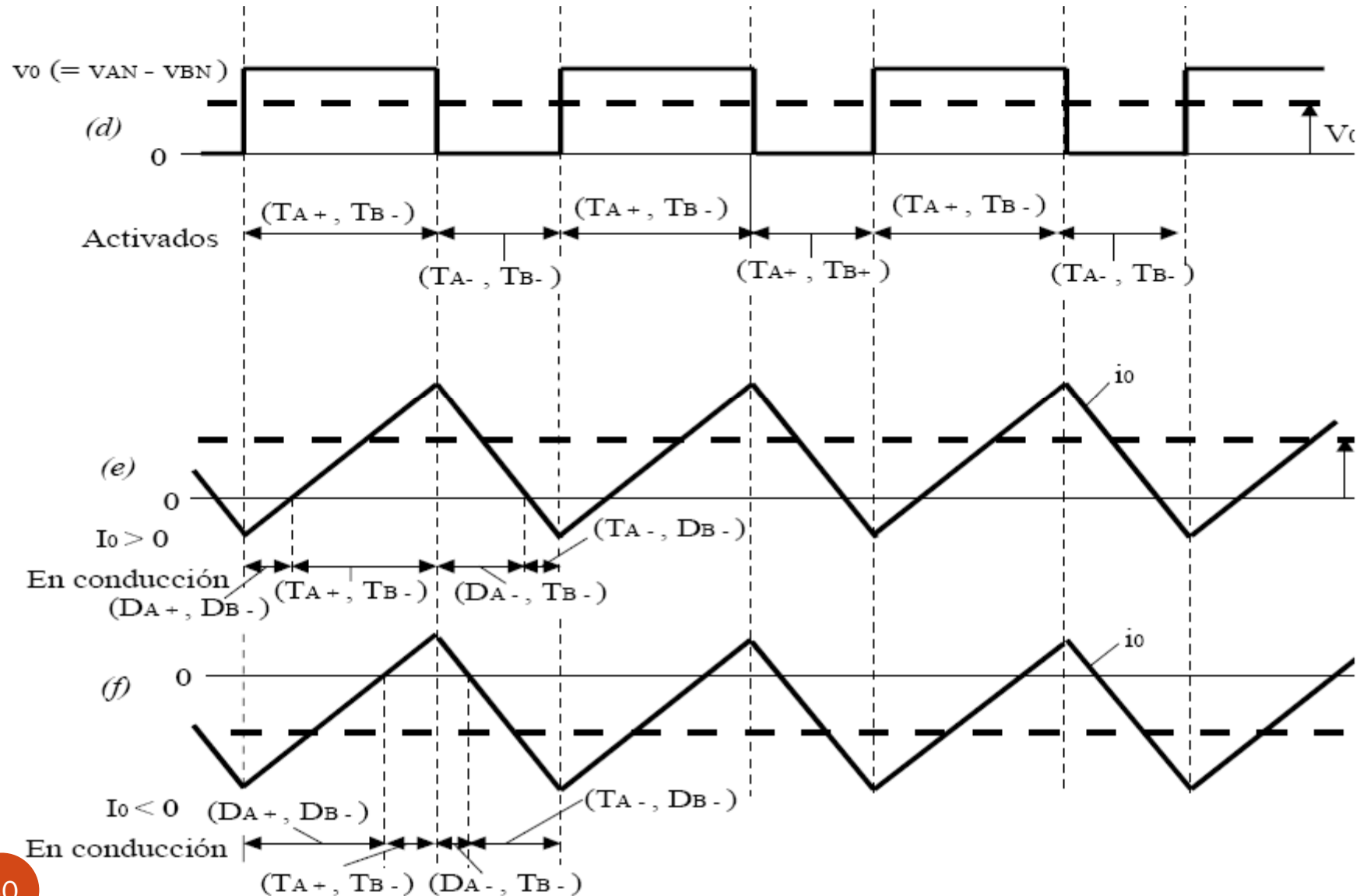
Vo e Io NO tienen
la misma forma



Control PWM Doble (I)

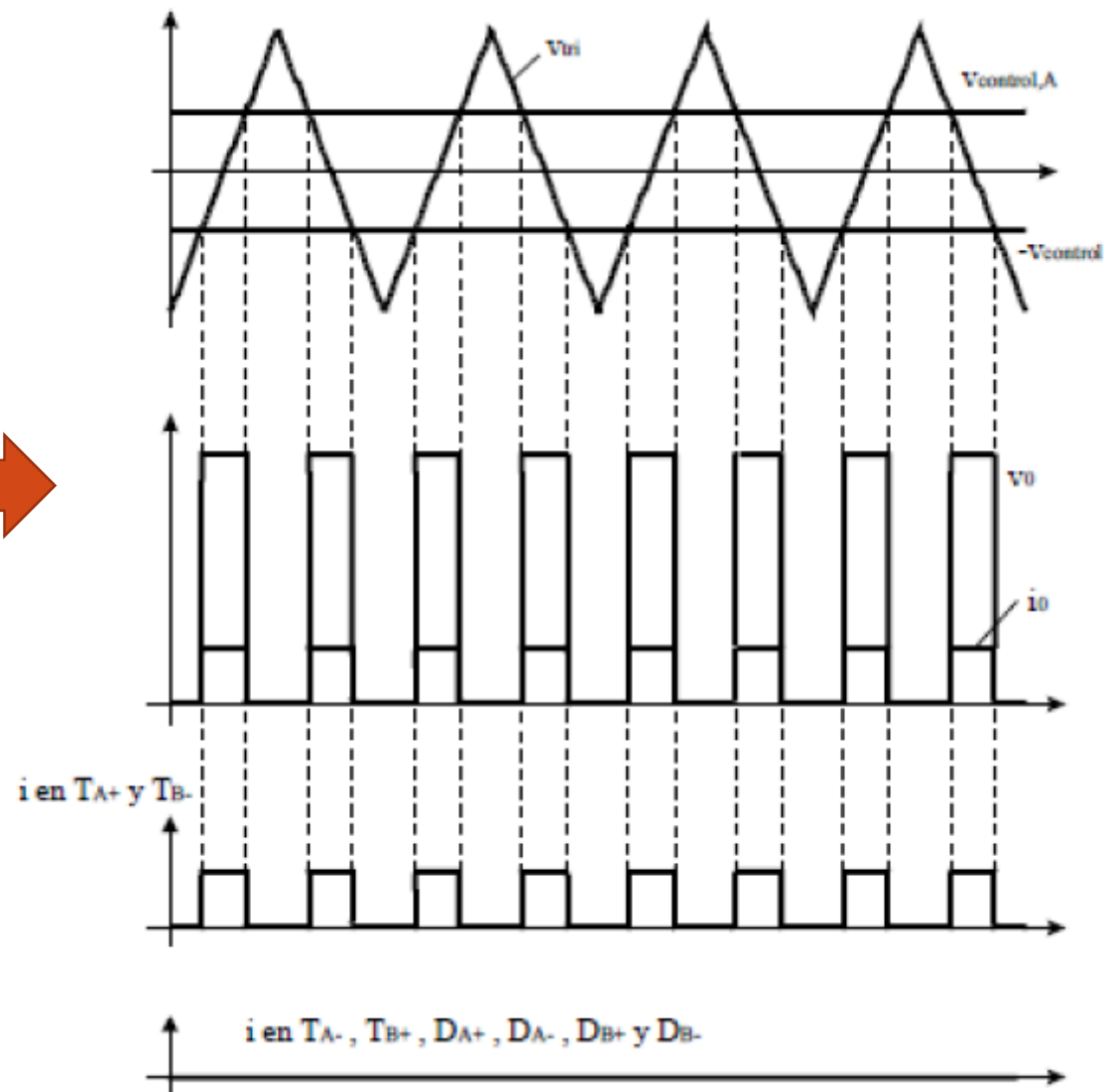


Control PWM Doble (II)



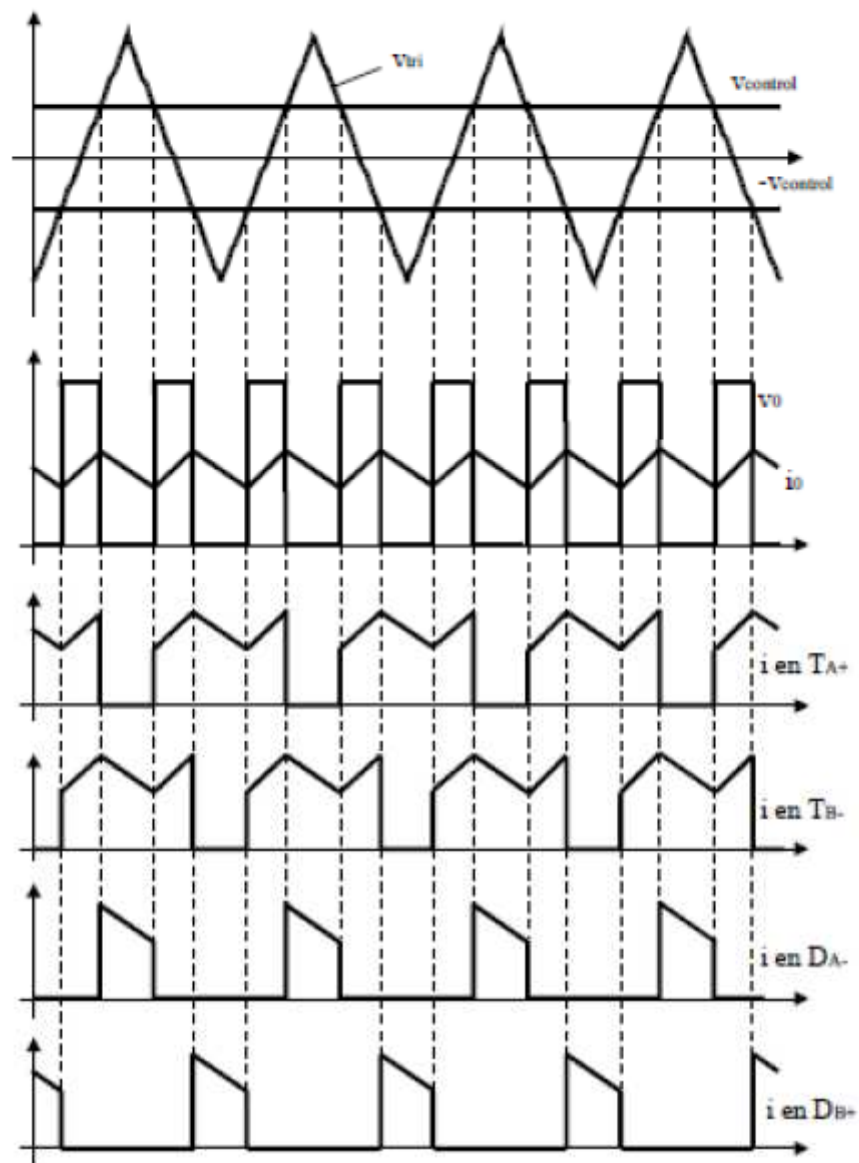
Carga Resistiva

V_o e i_o tienen la misma forma



Carga Resistiva- Inductiva (L alta)

V_o e I_o NO tienen
la misma forma



Carga Resistiva- Inductiva (L menor)

V_o e I_o NO tienen
la misma forma

