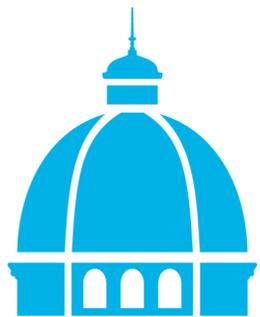


# Convertidores dc-dc sin aislamiento



**INDUSTRIALES**  
ETSII | UPM

[o.garcia@upm.es](mailto:o.garcia@upm.es)

- Los convertidores estarán basados en la conmutación en alta frecuencia de semiconductores de potencia (típicamente IGBTs o MOSFETs). Será necesario la presencia de alguna bobina para almacenar la energía en alta frecuencia y un condensador para el filtrado de la tensión de salida



- El **control de la tensión de salida** se lleva a cabo mediante variación del ciclo de trabajo (tiempo de conducción de los transistores del inversor respecto al período de conmutación).
- Cuanto mayor sea la **frecuencia de conmutación** del transistor, menor tamaño tendrán los elementos reactivos bobina y condensador. Sin embargo, aumentarán las pérdidas de potencia en las conmutaciones de los semiconductores. Por eso es necesario buscar una frecuencia de conmutación que sea de compromiso (orientativamente desde 20kHz para aplicaciones de alta potencia hasta 1MHz para aplicaciones de baja potencia)

# Topologías de convertidores dc-dc

## Sin aislamiento

- **Reductor**
- **Elevador**
- Reductor-elevador
- SEPIC

	Número de transistores	Número de diodos	Número de bobinas	Número de condensadores	Transformador
Reductor	1	1	1	1	No
Elevador	1	1	1	1	No
Reductor-elevador	1	1	1	1	No
SEPIC	1	1	2	2	No

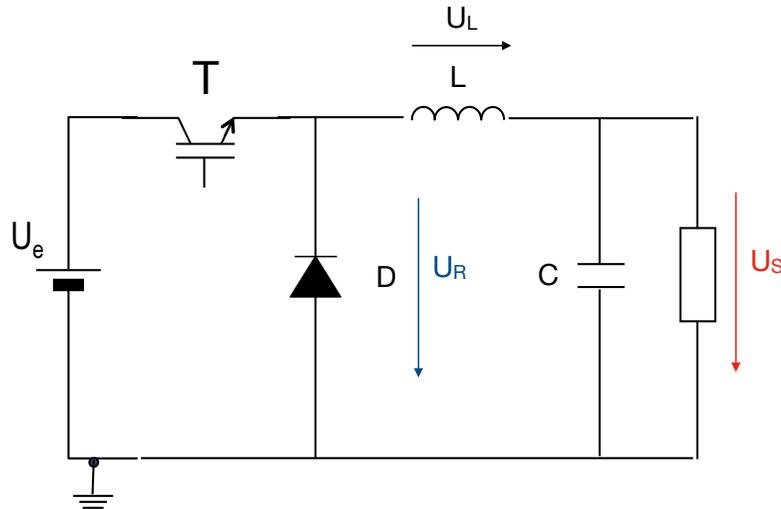
## Con aislamiento

- Forward
- Flyback
- SEPIC
- **Puente completo**
- **Medio puente**
- Push-pull

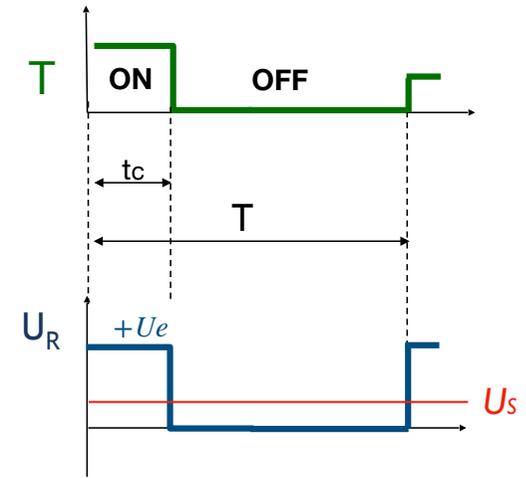
	Número de transistores	Número de diodos	Número de bobinas	Número de condensadores	Transformador
Forward	1	3	1	1	Si
Flyback	1	1	0	1	Si
SEPIC	1	1	1	2	Si
Puente completo	4	2	2	2	Si
Medio puente	2	2	1	1	Si
Push-pull	2	2	1	1	Si

# Convertidor dc -dc REDUCTOR

*Formas de onda básicas y cálculo de la tensión de salida (en régimen permanente)*



**Ciclo de trabajo**  $d = \frac{t_c}{T}$



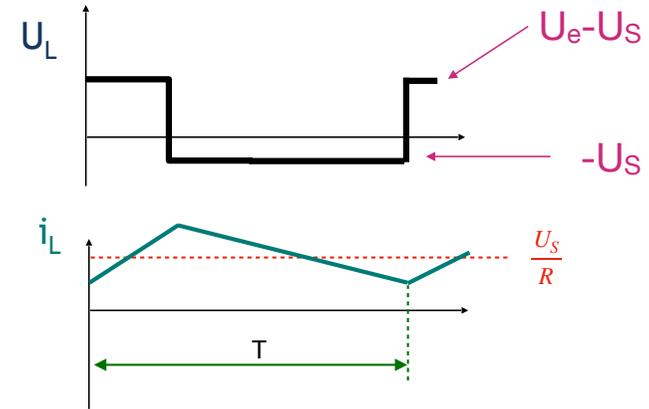
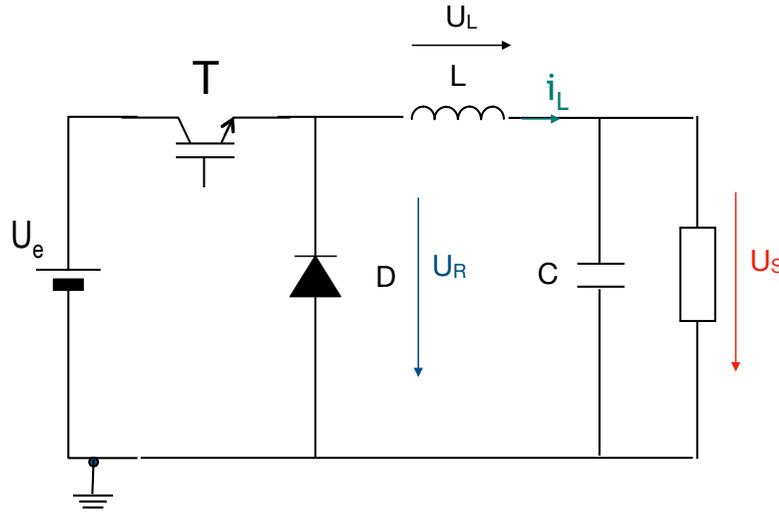
Para calcular la tensión de salida en régimen permanente:

- Como el valor medio de tensión en la bobina L es cero, el valor medio de  $U_s$  es igual al valor medio de  $U_R$
- El condensador hace la función de filtro y por eso la tensión de salida tiene un rizado despreciable

$$U_s = U_e \frac{t_c}{T} = U_e * d$$

# Convertidor dc -dc REDUCTOR

## Formas de onda de corriente por la bobina



Para calcular la corriente por la bobina de filtro:

- Su valor medio es igual a la corriente por la carga, ya que la corriente por el condensador es cero en valor medio.

$$i_{L,med} = \frac{U_s}{R}$$

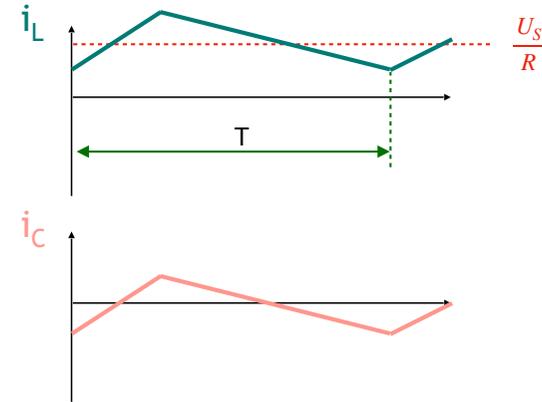
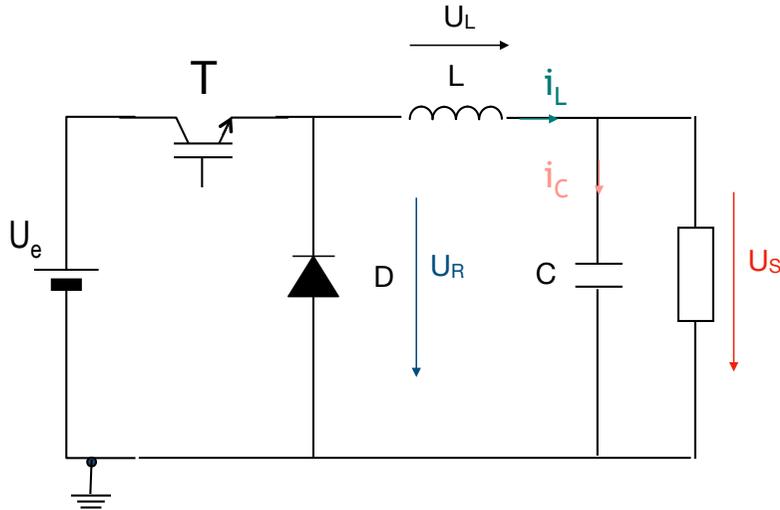
- Para calcular el rizado, hay que obtener la tensión que soporta L en cada intervalo y aplicar la ecuación de la bobina.

$$U_L = L \frac{di_L}{dt}$$

- Si la bobina L fuese muy grande, la corriente sería constante sin rizado

# Convertidor dc -dc REDUCTOR

*Formas de onda de corriente por el condensador*



Para calcular la corriente por el condensador de filtro:

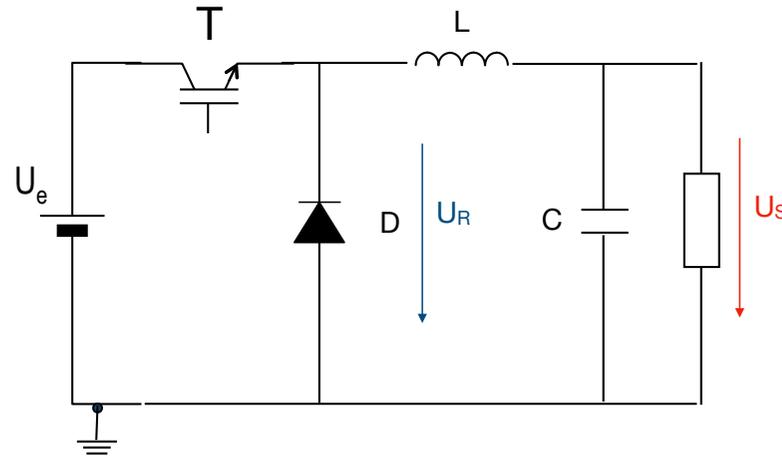
- Hay que restar el valor de la corriente de salida (constante e igual a  $U_s/R$ ) de la corriente de la bobina. Debe dar una corriente por valor medio cero en régimen permanente
- Para calcular el rizado de tensión de salida, hay que aplicar la ecuación del condensador en un intervalo.

$$i_c = C \frac{dU_c}{dt}$$

- Si el condensador fuese muy grande, la tensión de salida sería constante sin rizado

# Convertidor dc -dc REDUCTOR

*Tensiones de bloqueo en los semiconductores*



- El transistor T soporta una tensión máxima igual a la tensión de entrada  $U_e$ .

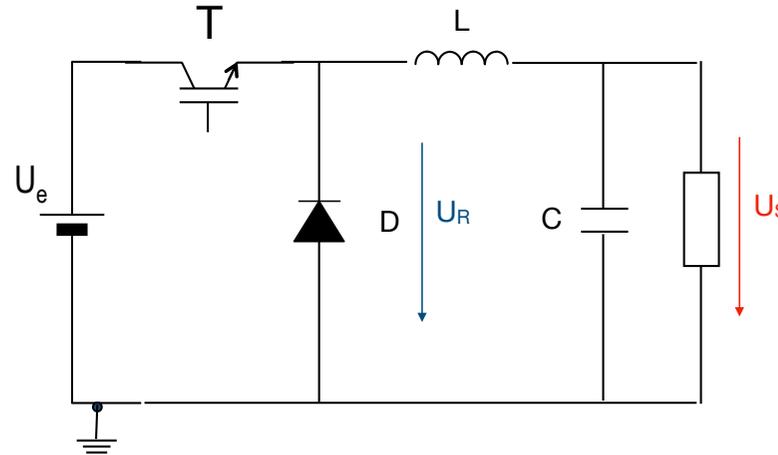
$$U_{T,max} = U_e$$

- El diodo D soporta una tensión máxima igual a la tensión de entrada  $U_e$ .

$$U_{D,max} = U_e$$

# Convertidor dc -dc REDUCTOR

*Corriente media por los semiconductores*



- Cuando el transistor conduce, lleva la corriente de la bobina; cuando el transistor está apagado, la corriente de la bobina circula por el diodo. Por tanto:

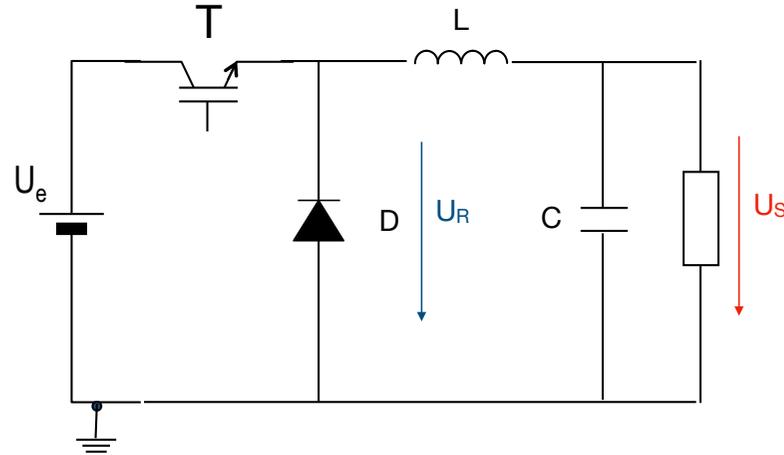
$$i_{T,med} = i_{L,med} * d = \frac{U_s}{R} * d \quad i_{D,med} = i_{L,med} * (1 - d) = \frac{U_s}{R} * (1 - d)$$

- A veces es más sencillo hacer balance de potencias entre la entrada y la salida y así obtener su corriente media:

$$P_e = P_s \quad U_e * i_{e,med} = \frac{U_s^2}{R} \quad i_{T,med} = \frac{U_s^2}{U_e * R}$$

# Ejemplo numérico

Para el convertidor dc-dc tipo reductor de la figura, calcular los valores indicados en cada apartado



## Datos:

$$80V < U_e < 120V$$

$$U_s = 40V$$

$$P_s = 800W$$

$$f_c = 200kHz$$

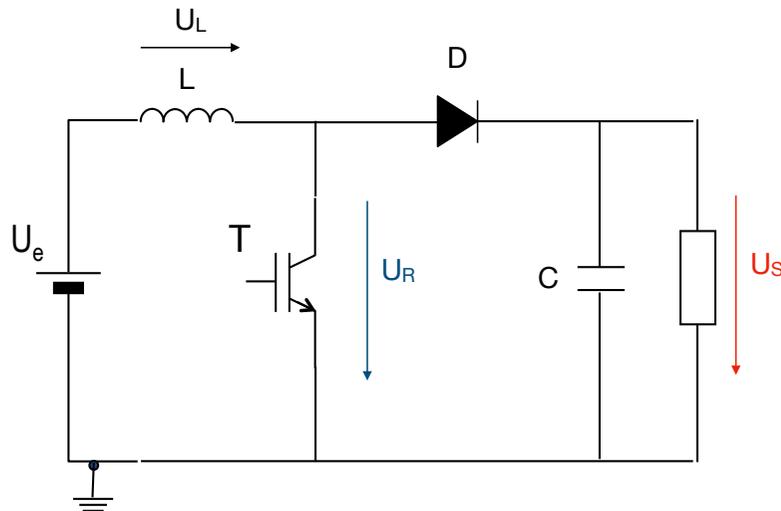
$$L = 100\mu H$$

$$C = 10\mu F$$

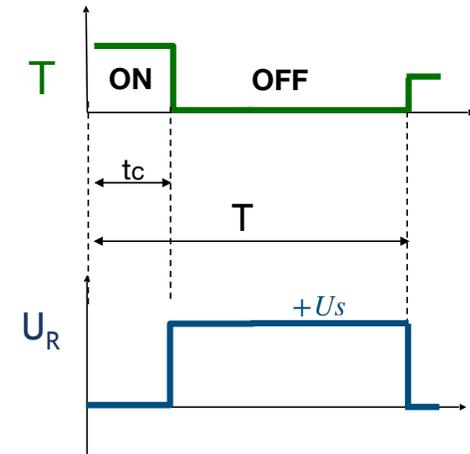
Menor ciclo de trabajo	
Mayor ciclo de trabajo	
Máxima tensión en el IGBT	
Máxima tensión en el diodo	
Corriente media en el IGBT	
Corriente media en los diodos	
Rizado pico a pico de la corriente de la bobina (peor caso)	
Rizado pico a pico de la tensión de salida (peor caso)	

# Convertidor dc -dc ELEVADOR

*Formas de onda básicas y cálculo de la tensión de salida (en régimen permanente)*



**Ciclo de trabajo**  $d = \frac{t_c}{T}$



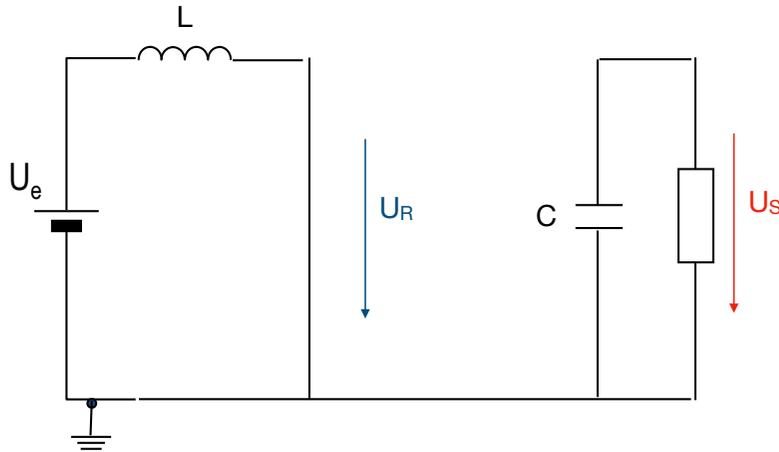
El circuito presenta 2 intervalos de funcionamiento:

- Cuando el transistor está en ON: la corriente de entrada circula por la bobina y el transistor T. La tensión  $U_R$  es cero.
- Cuando el transistor está en OFF: la corriente de entrada circula por la bobina y el diodo D. La tensión  $U_R$  es igual a la tensión de salida.
- El condensador hace la función de filtro y por eso la tensión de salida tiene un rizado despreciable

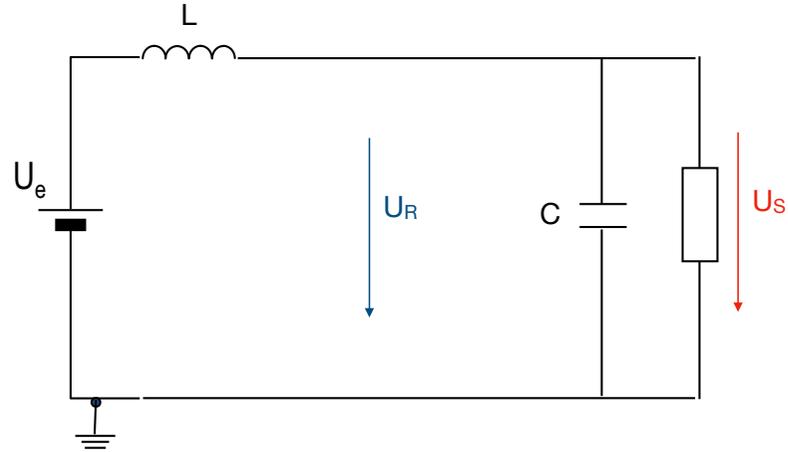
# Convertidor dc -dc ELEVADOR

*Formas de onda básicas y cálculo de la tensión de salida (en régimen permanente)*

Circuito equivalente ON



Circuito equivalente OFF



Ciclo de trabajo  $d = \frac{t_c}{T}$

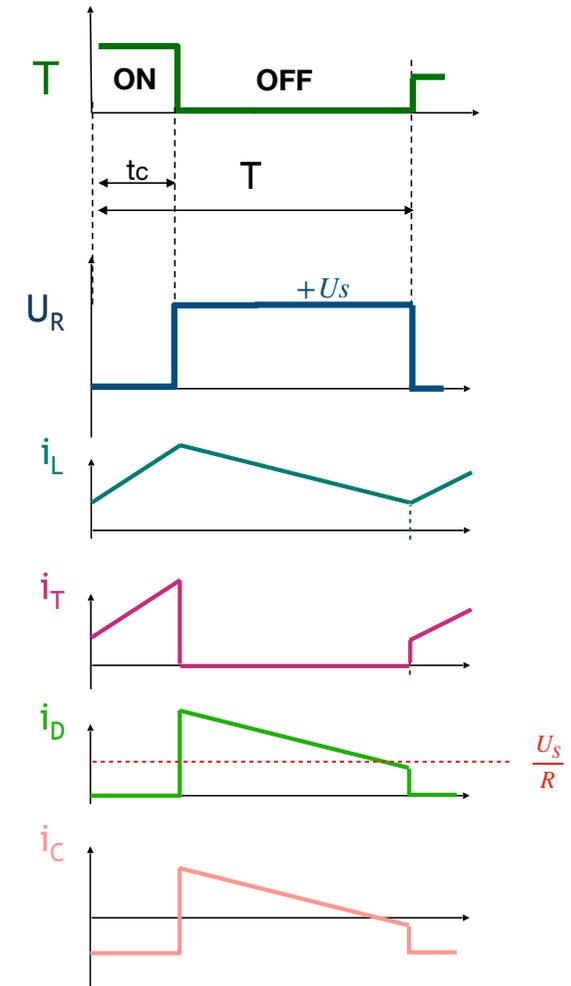
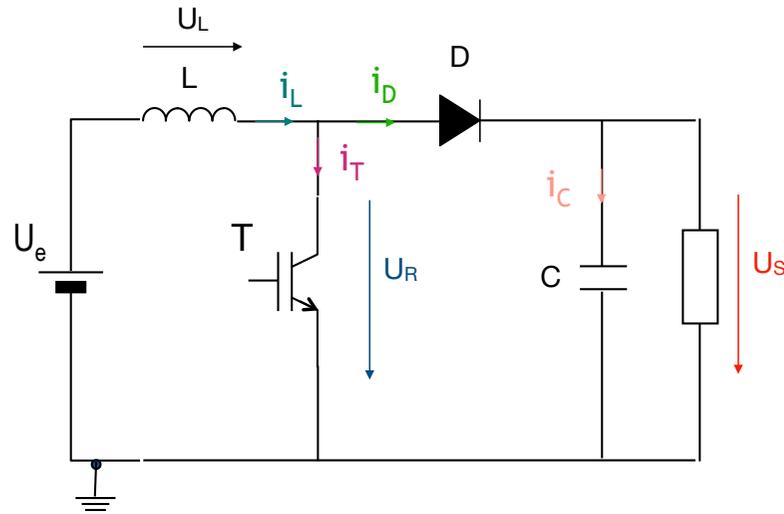
Para calcular la tensión de salida en régimen permanente, se hace el balance voltios·segundo en la bobina y se iguala a cero.

$$U_e * dT + (U_e - U_s) * (1 - d)T = 0$$

$$U_s = U_e \frac{1}{1 - d}$$

# Convertidor dc -dc ELEVADOR

*Resto de formas de onda*



$$i_{D,med} = \frac{u_s}{R}$$

$$U_{T,max} = U_s$$

$$i_{D,med} = i_{L,med} * (1 - d)$$

$$U_{D,max} = U_s$$

$$i_{T,med} = i_{L,med} * d$$

El cálculo de los rizados de corriente en la bobina y de tensión en el condensador se realizan de la misma forma para todos los convertidores