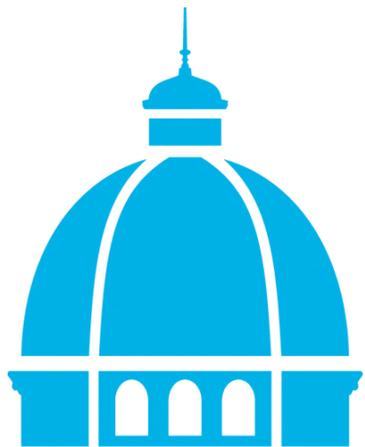


Convertidores dc-dc con aislamiento



INDUSTRIALES
ETSII | UPM



https://youtu.be/Dbd_tD4qxZg

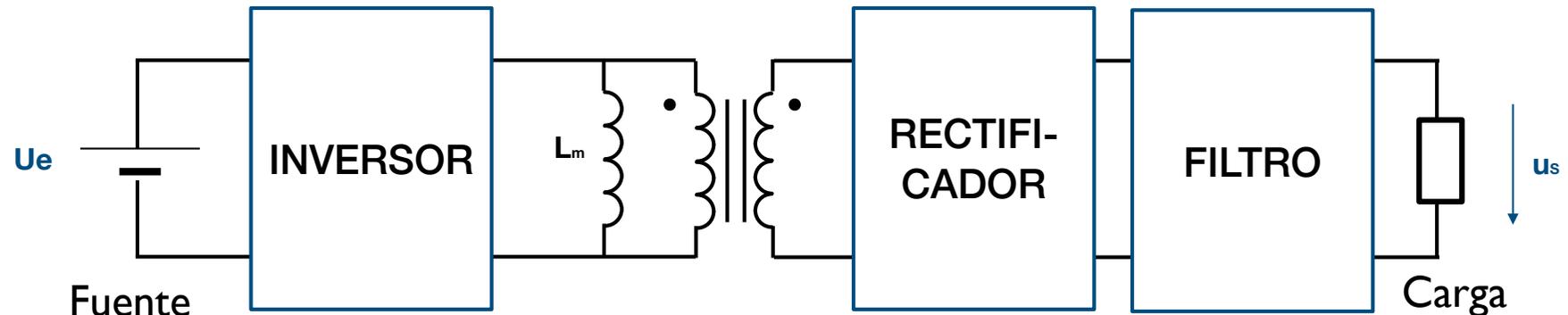
(Parte 1)

<https://youtu.be/R86YknFhkzM>

(Parte 2)

o.garcia@upm.es

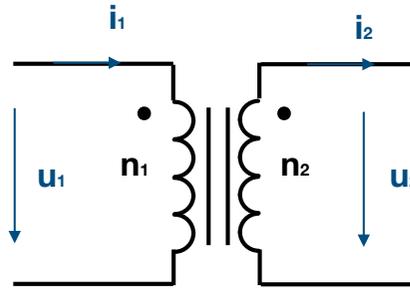
Estructura general de los convertidores dc-dc con aislamiento



- Las 3 estructuras inversoras básicas (puente completo, medio puente y push-pull) hacen funcionar al transformador con el flujo magnético centrado, es decir con corriente magnetizante positiva y negativa con valor medio cero.
- El rectificador es monofásico de doble onda. Se puede implementar mediante 4 diodos o con 2 diodos y una toma media en el secundario del transformador
- El filtro normalmente es del tipo LC.
- 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).

Transformador

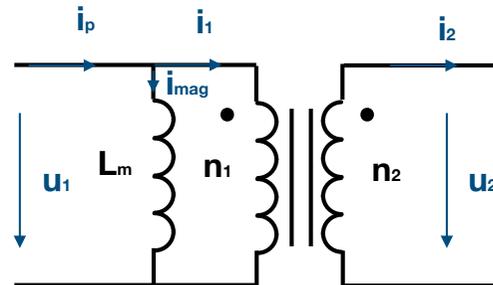
Transformador ideal



$$\frac{u_1}{n_1} = \frac{u_2}{n_2}$$

$$n_1 i_1 = n_2 i_2$$

Transformador ideal +
inductancia magnetizante



$$\frac{u_1}{n_1} = \frac{u_2}{n_2}$$

$$n_1 i_1 = n_2 i_2$$

$$i_p = i_1 + i_{mag}$$

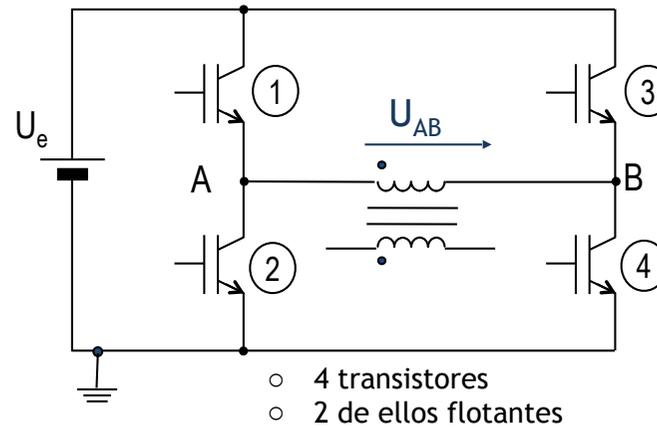
i_{mag} no puede variar bruscamente

$$u_{1,med} = u_{2,med} = 0$$

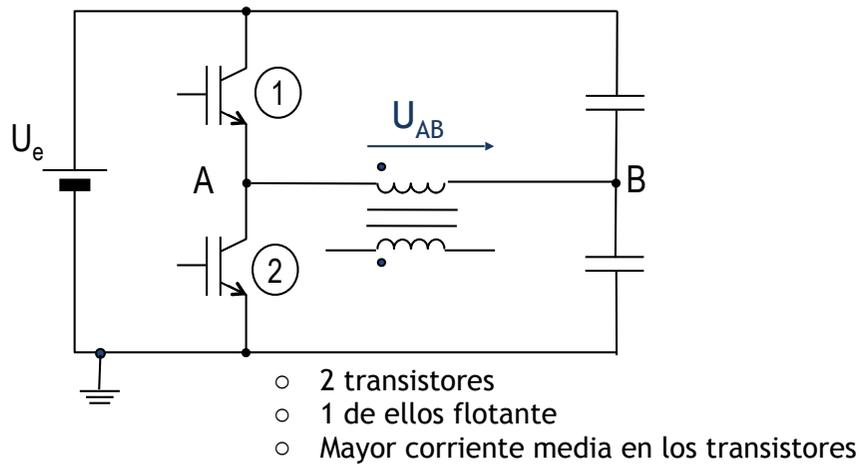
El circuito de potencia debe magnetizar y desmagnetizar el transformador en cada ciclo de conmutación

Estructuras inversoras

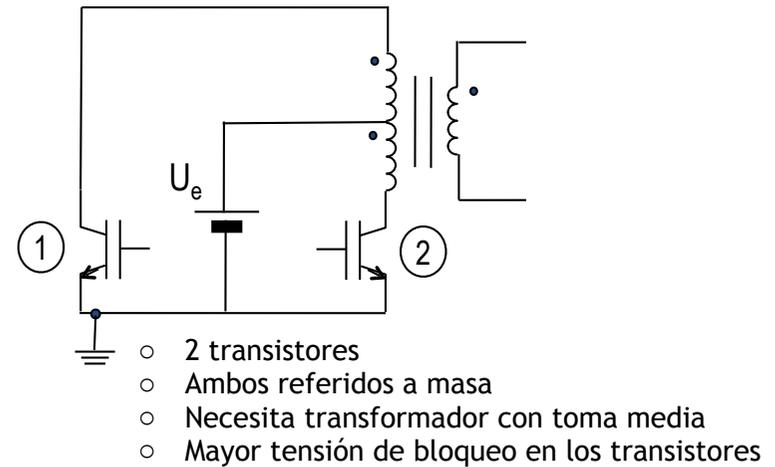
Puente completo



Medio puente

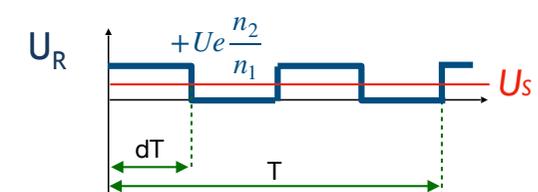
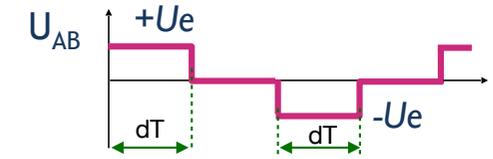
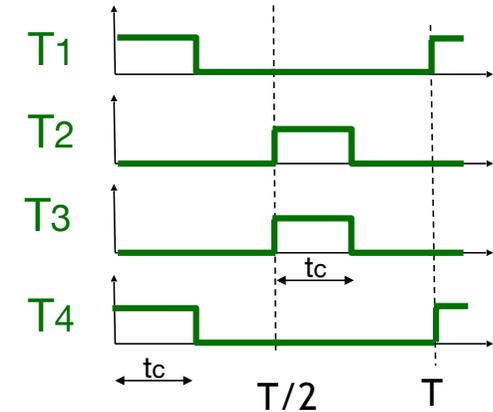
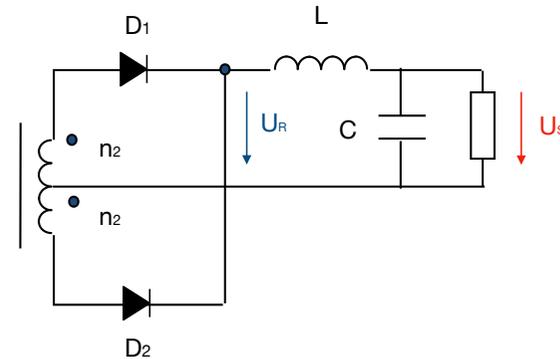
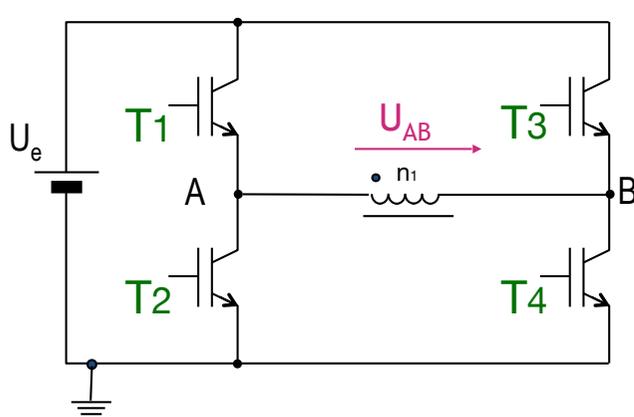


Push-pull



Convertidor dc -dc puente completo

Formas de onda básicas y cálculo de la tensión de salida



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

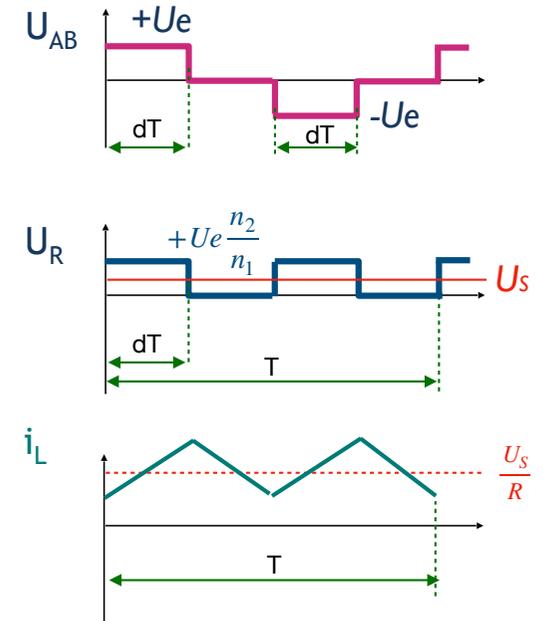
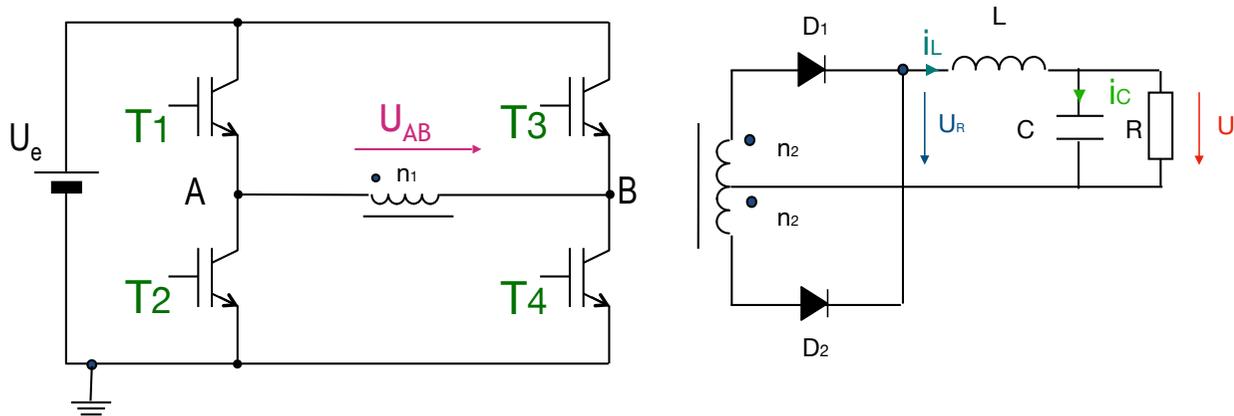
Para calcular la tensión de salida en régimen permanente:

- 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

$$U_s = 2U_e \frac{n_2}{n_1} d$$

Convertidor dc -dc puente completo

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.

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

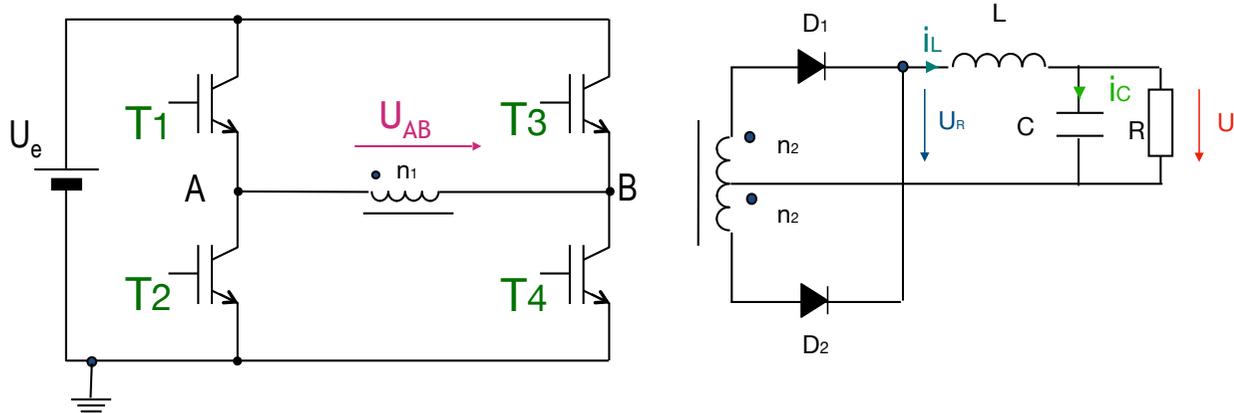
- Para calcular el rizado, hay que obtener la tensión que soporta L en cada intervalo y aplicar la ecuación de la bobina.

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

- Obsérvese que el rizado de corriente es del doble de la frecuencia de conmutación.
- Si la bobina L fuese muy grande, la corriente sería constante sin rizado

Convertidor dc -dc puente completo

Formas de onda de corriente por el condensador

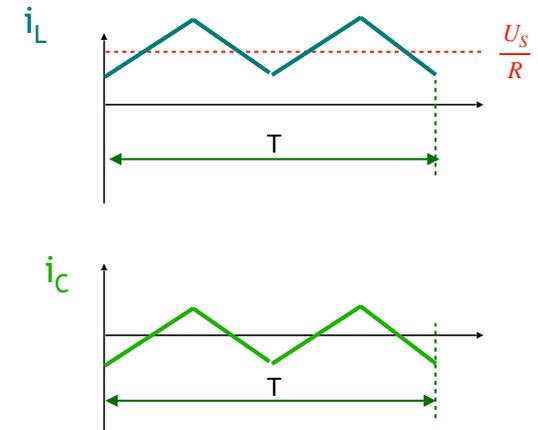


Para calcular la corriente por el condensador de filtro:

- Hay que restar el valor de la corriente de salida 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.

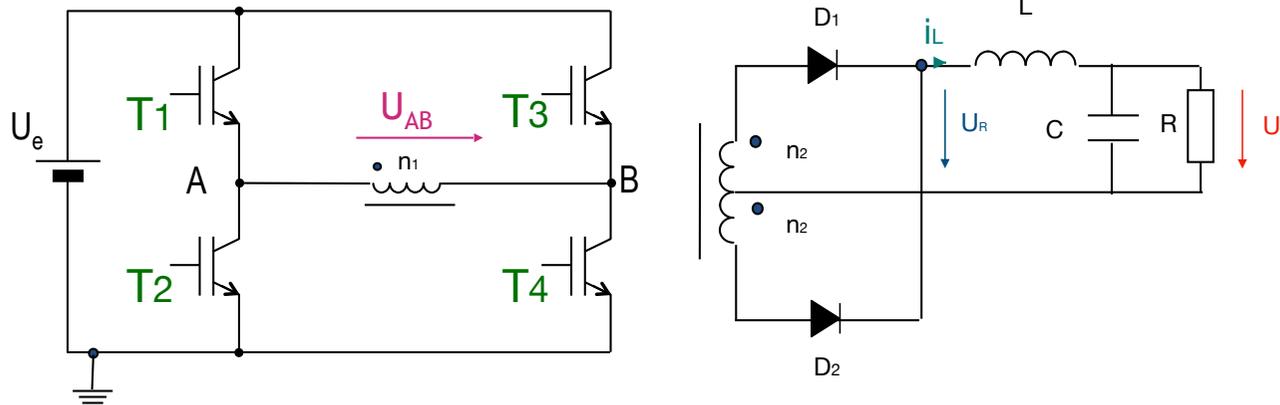
$$i_c = C \frac{dU_c}{dt}$$

- Obsérvese que el rizado de tensión es del doble de la frecuencia de conmutación.
- Si el condensador fuese muy grande, la tensión de salida sería constante sin rizado



Convertidor dc -dc puente completo

Tensiones de bloqueo en los semiconductores



- Los transistores T1 a T4 soportan una tensión máxima igual a la tensión de entrada U_e .

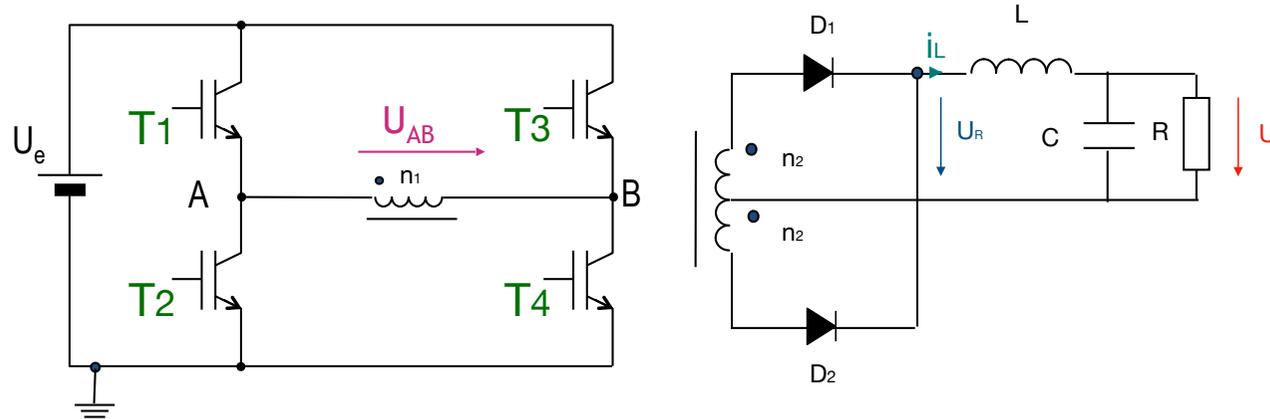
$$U_{T,max} = U_e$$

- Los diodos D1 y D2 soportan tensión inversa cuando conduce el otro y ésta es igual a 2 veces la tensión de entrada trasladada a secundario.

$$U_{D,max} = 2U_e \frac{n_2}{n_1}$$

Convertidor dc -dc puente completo

Corriente media por los semiconductores



- En los períodos de conducción T1 y T4, la corriente de la bobina circula por D1. Idem T2 y T3 con D2. Cuando todos los transistores están apagados, la corriente de salida circula tanto por D1 como por D2 a partes iguales. Por tanto:

$$i_{D1,med} = i_{D2,med} = \frac{U_s}{2R}$$

- La corriente por los transistores se puede obtener a partir de la de los diodos; sin embargo es más sencillo hacer balance de potencias entre la entrada y la salida y así obtener su corriente media:

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

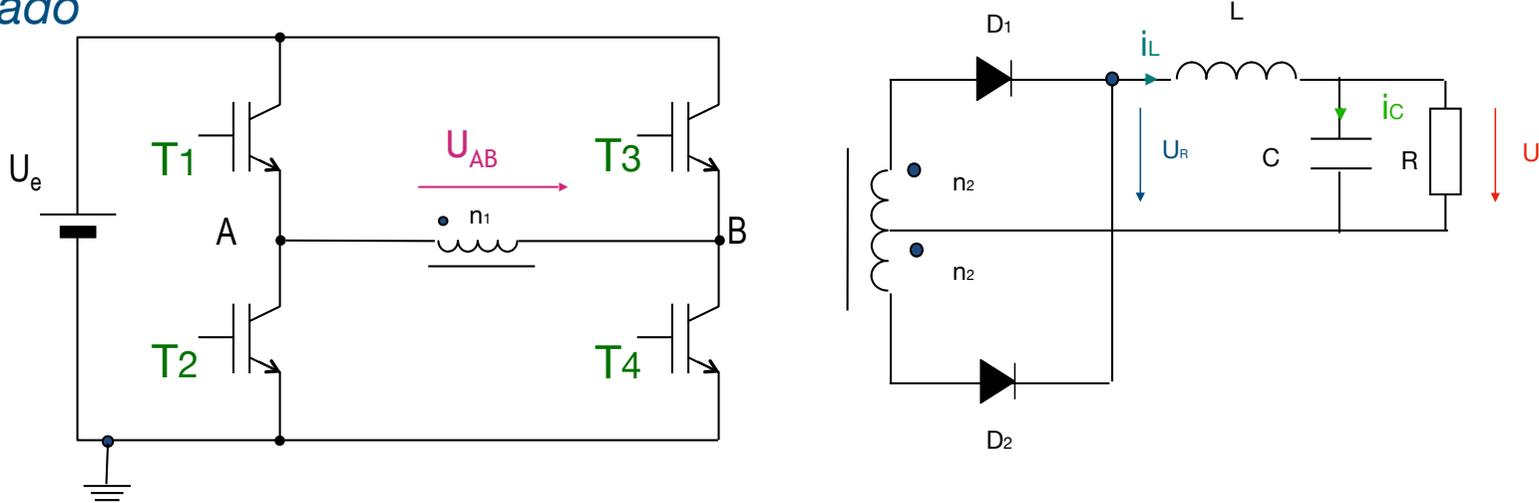
Medio puente y push-pull

- Estos dos convertidores funcionan de manera equivalente al puente completo. Sin embargo, debido a la configuración del circuito de potencia, las principales magnitudes presentan valores diferentes, aunque se calculan con el mismo procedimiento. La siguiente tabla recoge las principales diferencias

	Puente completo	Medio puente	Push-pull
Tensión de salida U_s	$U_s = 2U_e \frac{n_2}{n_1} d$	$U_s = U_e \frac{n_2}{n_1} d$	$U_s = 2U_e \frac{n_2}{n_1} d$
Tensión de bloqueo en los diodos	$2U_e \frac{n_2}{n_1}$	$U_e \frac{n_2}{n_1}$	$2U_e \frac{n_2}{n_1}$
Tensión de bloqueo en los transistores	U_e	U_e	$2U_e$
Corriente media en diodos	$\frac{U_s}{2R}$	$\frac{U_s}{2R}$	$\frac{U_s}{2R}$
Corriente media en transistores	$\frac{U_s^2}{2RU_e}$	$\frac{U_s^2}{RU_e}$	$\frac{U_s^2}{2RU_e}$

Ejemplo numérico

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



Datos:

$$360V < U_e < 480V$$

$$U_s = 120V$$

$$P_s = 1800W$$

$$f_c = 50kHz$$

$$n_1:n_2 = 2:1$$

$$L = 100\mu H$$

$$C = 10\mu F$$

Menor ciclo de trabajo	0,33
Mayor ciclo de trabajo	0,25
Máxima tensión en transistores	480V
Máxima tensión en los diodos	480V
Corriente media en los diodos	7,5A
Corriente media en los transistores	2,5A
Rizado pico a pico de la corriente de la bobina (peor caso)	6A
Rizado pico a pico de la tensión de salida (para $U_e=480V$)	1,5V