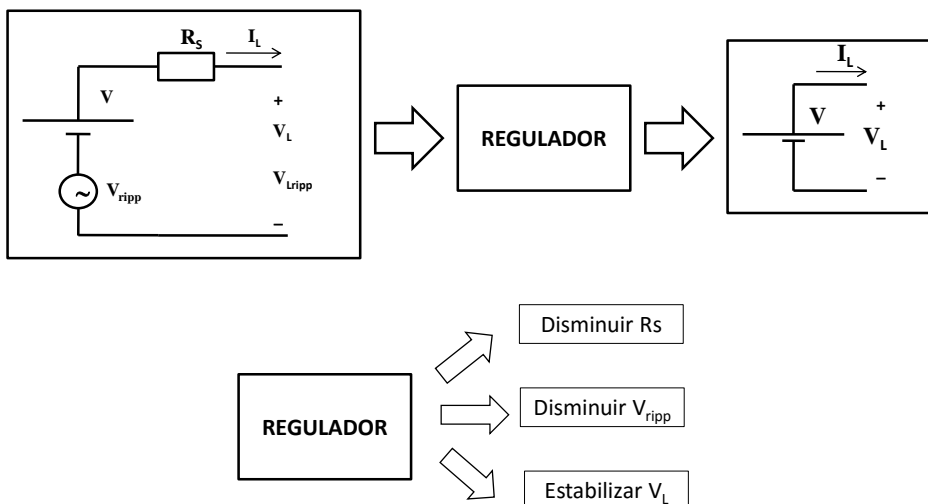


REGULADOR DE TENSION CONMUTADO (FUENTE SWITCHING)

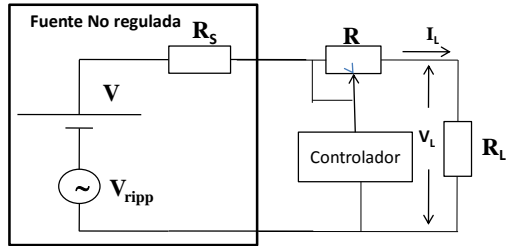
Cátedra de Dispositivos Electrónicos
Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación (DEEC)
FACET - UNT

Fuente de tensión continua regulada



REGULADOR LINEAL SERIE

(PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO)



$$V_L = \frac{V * R_L}{(R + R_s + R_L)}$$

$$si (R + R_L) \gg R_s$$

$$V_L \approx \frac{V * R_L}{(R + R_L)}$$

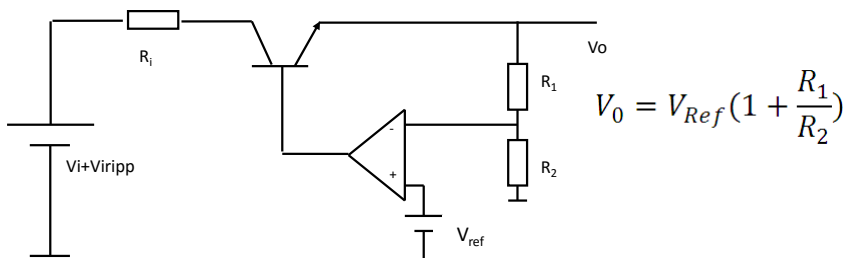
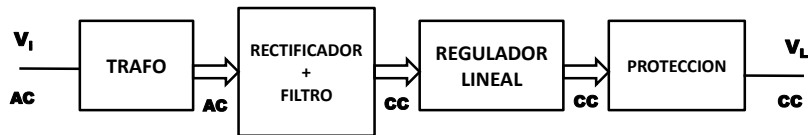
Para que $V_L = cte.$

$$V_L \approx \frac{V}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)}$$

$$R_L \uparrow \Rightarrow \frac{V}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)} = cte. \Rightarrow R \uparrow$$

$$V \uparrow \Rightarrow \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)} \uparrow \Rightarrow R \uparrow$$

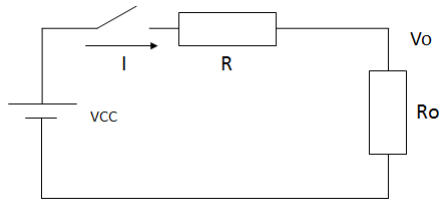
Esquema Fuente Regulada Lineal



$$V_0 = V_{Ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

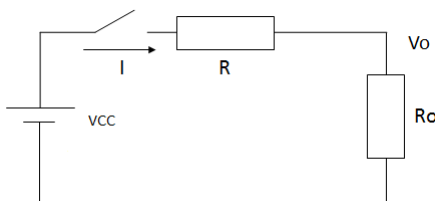
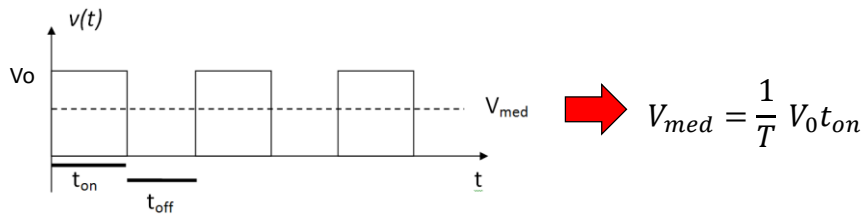
REGULADOR CONMUTADO

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T v_0(t) dt$$

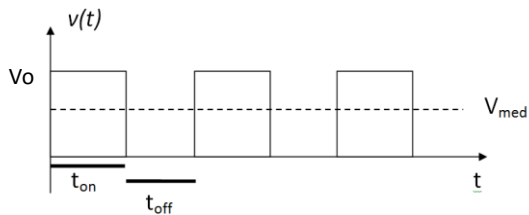
$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_0^{t_{on}} V_0 dt$$



$$V_{med} = \frac{1}{T} V_0 t_{on} \quad T = t_{on} + t_{off} = \frac{1}{f}$$

$$V_{med} = V_0 t_{on} f$$

$$V_{med} = V_0 \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$



$D = \text{Ciclo de Trabajo}$

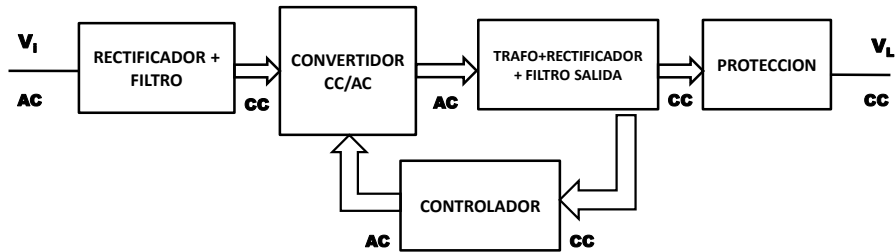
$$V_{med} = V_0 D$$

Si $R \ll R_0$

$V_0 \approx V_{CC}$

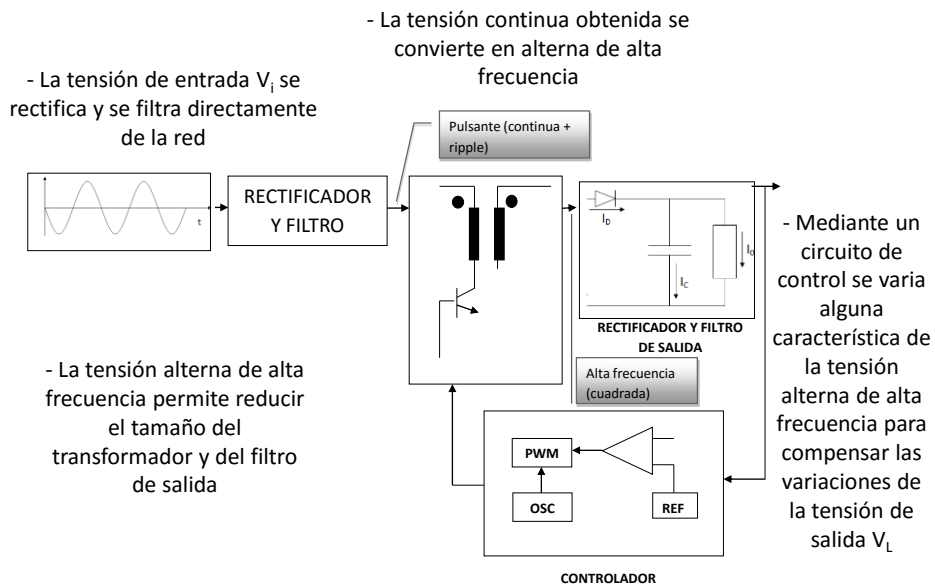
$$V_{med} = V_{CC} t_{on} f = V_{CC} D$$

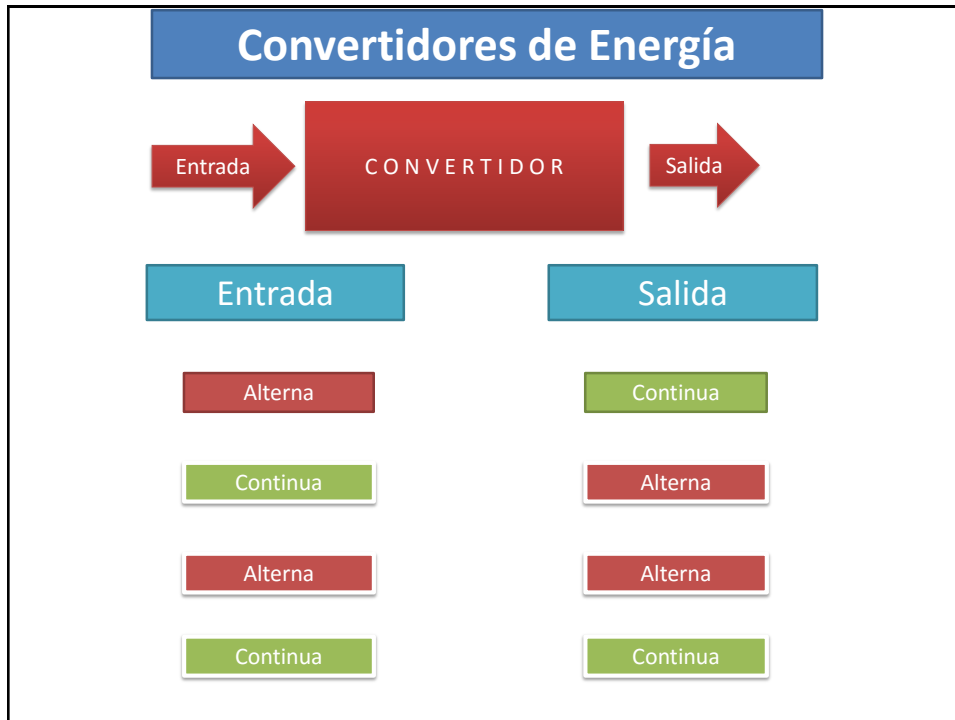
FUENTE REGULADA SWITCHING



- V_i normalmente red de distribución 220 V \rightarrow 50Hz
- Convertidor CC/AC \rightarrow entrega una tensión de frecuencia ≥ 20 KHz
- A frecuencia elevada el filtro de salida utiliza componentes de menor valor y se utiliza una configuración L – C
- Se puede además utilizar transformadores de menor peso y volumen
- El CONTROLADOR puede variar alguna característica de la tensión alterna de alta frecuencia para compensar las variaciones de la tensión de salida V_L

ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA

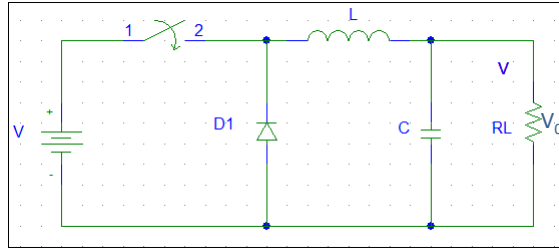




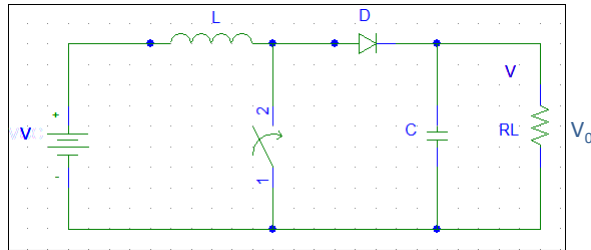
FUENTES DE ALIMENTACION CONMUTADAS (SWITCHING)

- También llamadas Fuentes Switching.
- Se distinguen con ese nombre a los convertidores de Corriente alterna (AC) a corriente continua (DC) o los convertidores DC/DC, cuyo principio de funcionamiento se basa en la conmutación de una llave mas que en un circuito lineal.
- Las fuentes conmutadas fueron desarrolladas como consecuencia de los problemas de **disipación térmica, peso y volumen de los reguladores lineales**.
- Hoy en día son de uso común en aplicaciones industriales y comerciales.

Circuitos Inversores



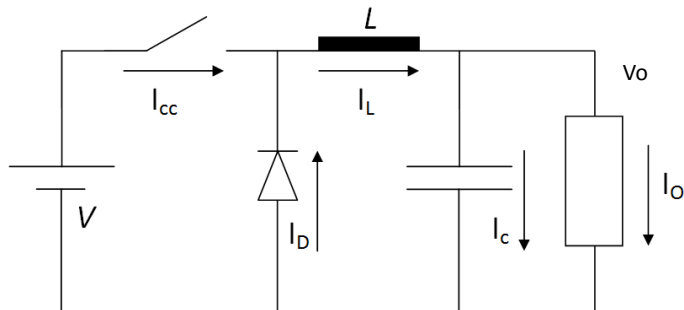
BUCK ($V_0 \leq V$)



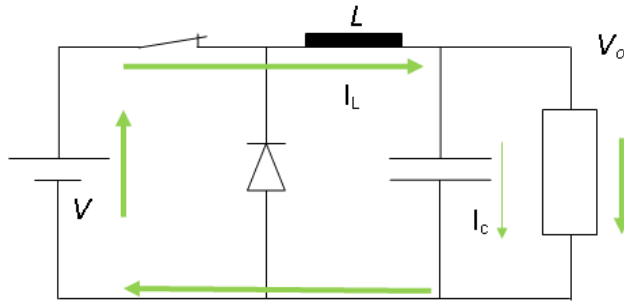
BOOST ($V_0 > V$)

INVERSOR CC \rightarrow AC

Circuito propuesto (Reductor BUCK)



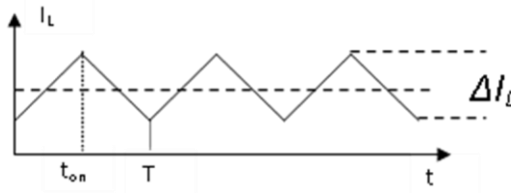
Inversor Buck con el interruptor cerrado



$$V = V_L + V_o$$

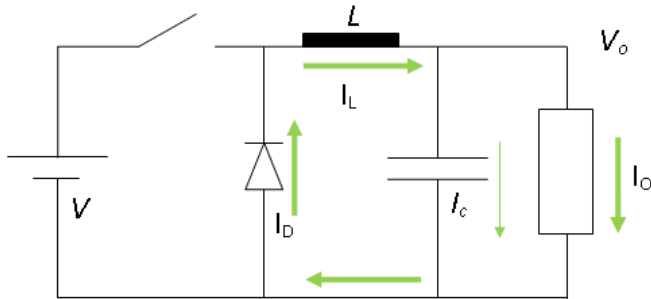
$$V = L \frac{di_L}{dt} + V_o$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V - V_o}{L} = \frac{\Delta I_L}{t_{on}}$$



$$\Delta I_L = \frac{V - V_o}{L} t_{on}$$

Inversor Buck con el interruptor abierto



$$V_o = -V_L = -L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{V_o}{L} = \frac{\Delta I_L}{t_{off}}$$

La disminución de corriente será:



$$\Delta I_L = -\frac{V_o}{L} t_{off}$$

Tensión continua de salida del convertidor Buck

Energía almacenada en el inductor $\Rightarrow \varepsilon_L = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2$

Energía almacenada
durante t_{on}

=

Energía entregada
durante t_{off}

$$\frac{V - V_0}{L} t_{on} = \frac{V_0}{L} t_{off}$$

$$(V - V_0)t_{on} = V_0 t_{off}$$

$$V = V_0 + V_0 \frac{t_{off}}{t_{on}}$$

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t_{off}}{t_{on}} \right)$$

$$V = V_0 \left(\frac{t_{on} + t_{off}}{t_{on}} \right)$$

$$V = \frac{V_0}{D}$$

Tensión continua
de salida

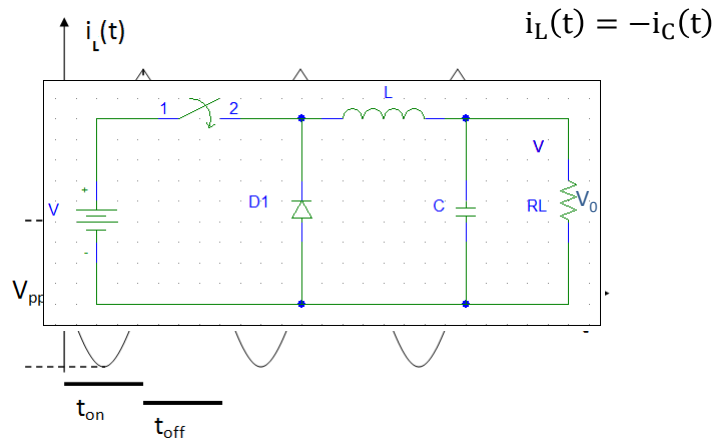


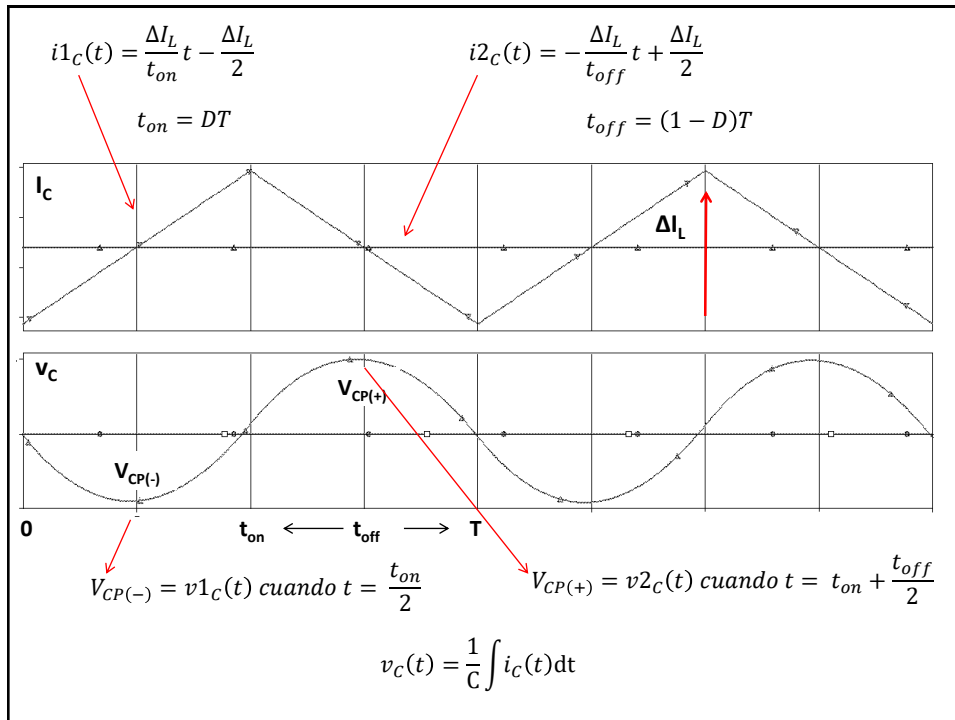
$$V_0 = V \cdot D$$

Tensión de ripple de salida

La tensión de salida tiene una componente de alterna, producto de la corriente variacional Δi_L (zumbido de corriente en el inductor) que circula por el capacitor suponiendo ($X_C \ll R_L$).

El ripple de la tensión de salida es la tensión en el capacitor consecuencia de Δi_L :





$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_c dt$$

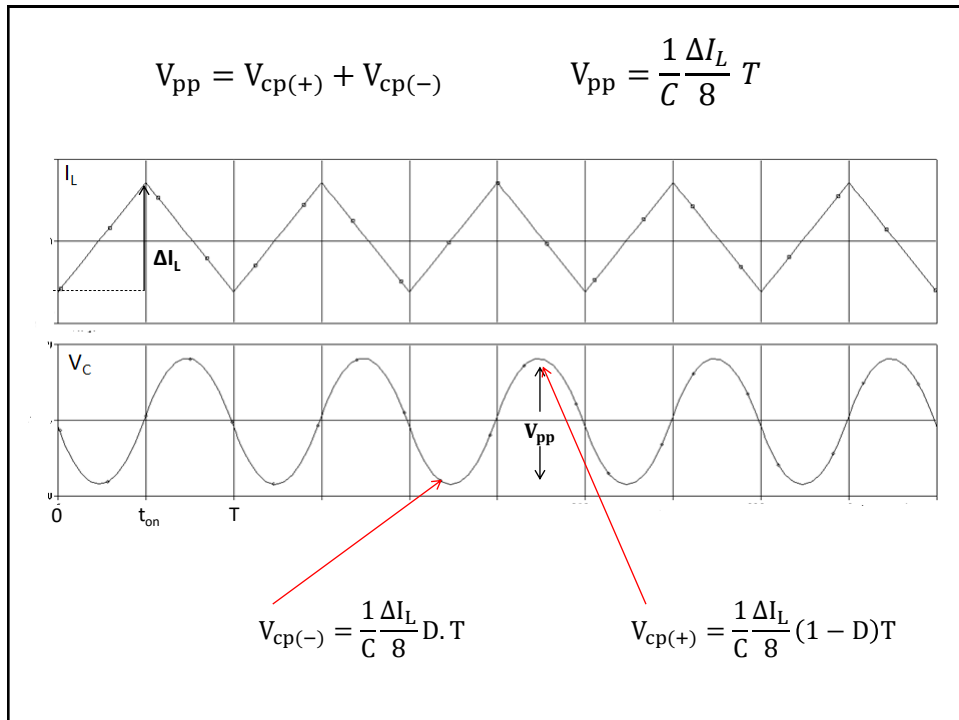
$$V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \int i_{1c}(t) dt \Rightarrow t = \frac{t_{on}}{2} \Rightarrow V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \int \left(\frac{\Delta I_L}{DT} t - \frac{\Delta I_L}{2} \right) dt \Big|_{t = \frac{DT}{2}}$$

$$V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} DT$$

$$V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \int i_{2c}(t) dt \Rightarrow V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \int \left(-\frac{\Delta I_L}{(1-D)T} t + \frac{\Delta I_L}{2} \right) dt \Big|_{t = \frac{(1-D)T}{2}}$$

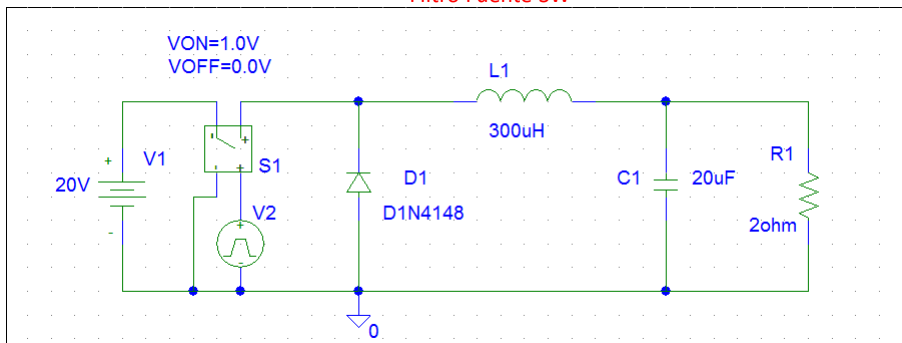
$$V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} (1-D)T$$

$$V_{pp} = V_{cp(+)} + V_{cp(-)} \qquad V_{pp} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} T$$



Circuito de Prueba (Simulador)

Filtro Fuente SW

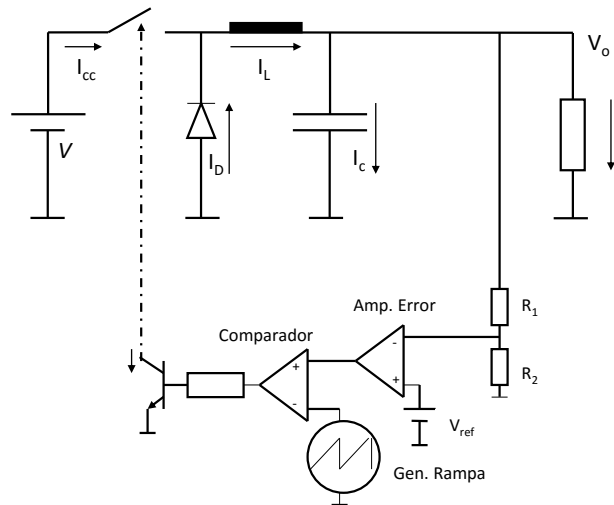


$$D = 0.5 \quad T = 20 \mu s \quad t_{on} = 10 \mu s \quad V_1 = 20V \quad V_0 = 10V$$

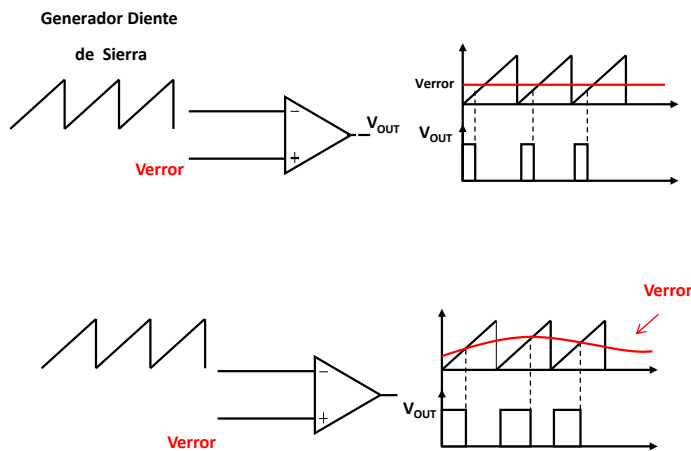
$$\Delta I_L = \frac{V_1 - V_0}{L} t_{on} \quad \Delta I_L = \frac{(20 - 10)}{300 \cdot 10^{-6}} 10 \times 10^{-6} \quad \Delta I_L = \frac{1}{3} A \text{ (333 mA)}$$

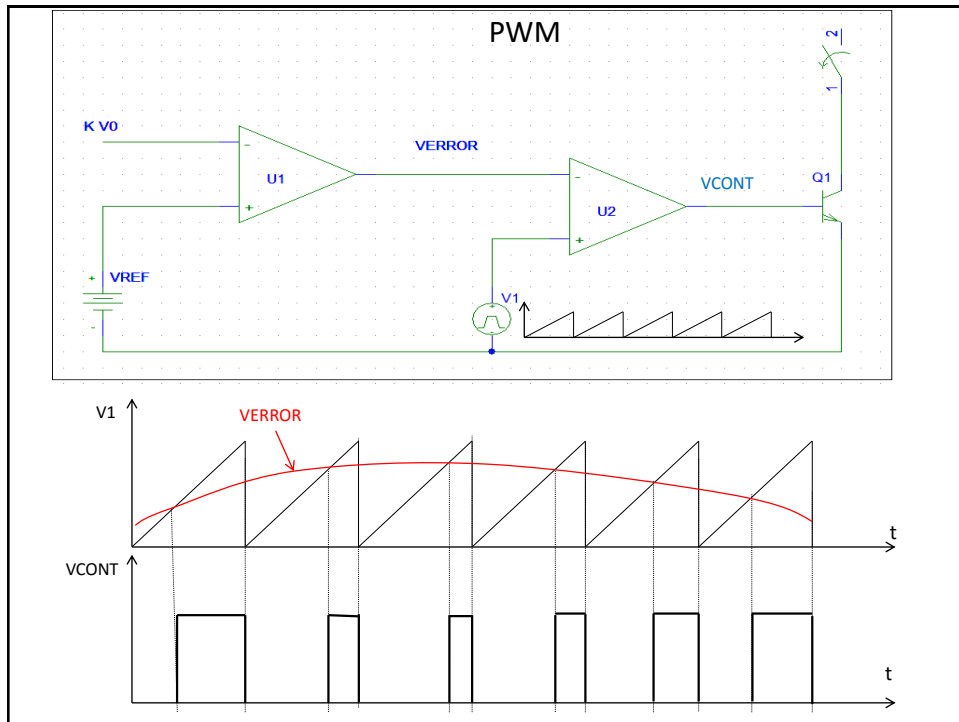
$$V_{pp} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} T \quad V_{pp} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} \frac{1/3}{8} 20 \times 10^{-6} \quad V_{pp} = \frac{1}{24} V \text{ (42 mV)}$$

Esquema de la Fuente Regulada con el circuito de Control



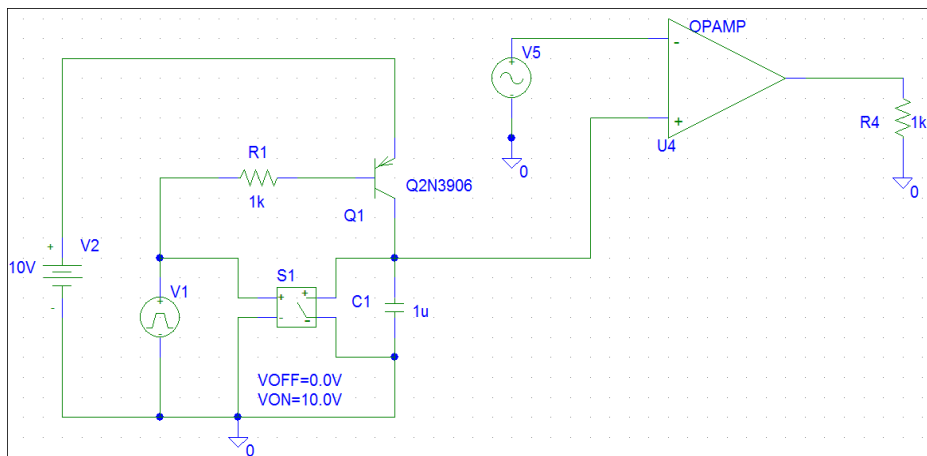
PWM Modulador de ancho de Pulso





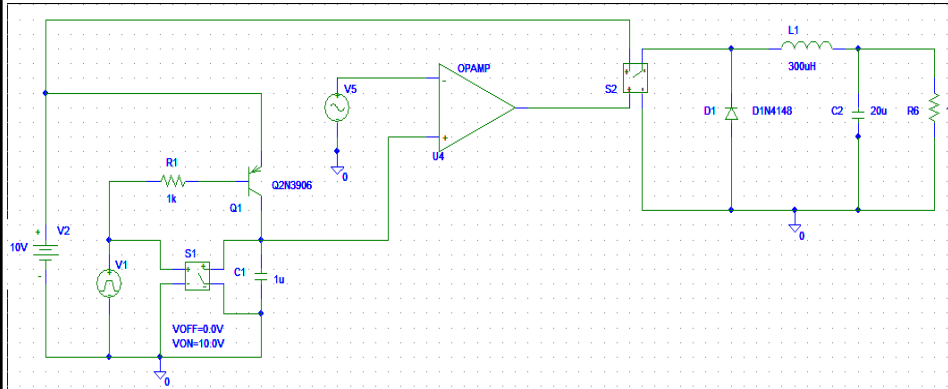
Simulación Modulador Ancho de Pulso (PWM)

Diente de Sierra V1

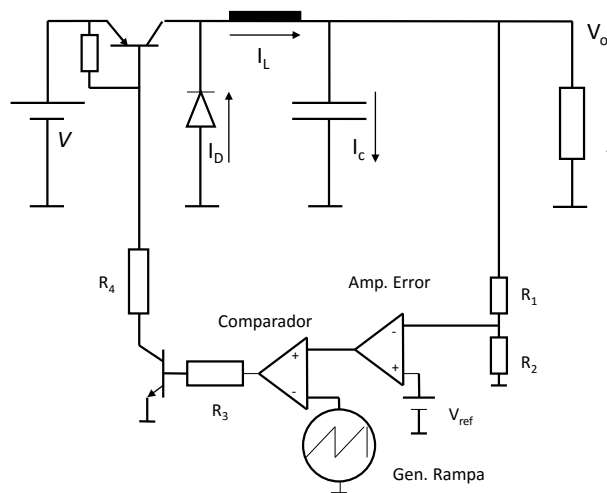


Simulación Fuente SWITCHING

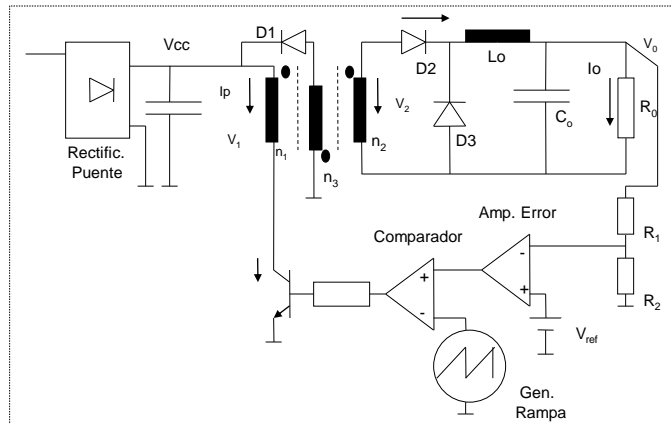
Diente de Sierra V2



ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA:




ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA TIPO DIRECTA (Forward)



TL494

Circuito de control por PWM

- El TL494 incorpora en un solo chip todas las funciones requeridas para la construcción de un circuito de control por modulación de ancho de pulso (PWM)
- Diseñado principalmente para el control de fuentes de alimentación.



MOTOROLA

SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.


- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

Order this document by TL494/D

TL494


**SWITCHMODE
PULSE WIDTH MODULATION
CONTROL CIRCUIT**

SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA



16
1

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B
(SO-16)



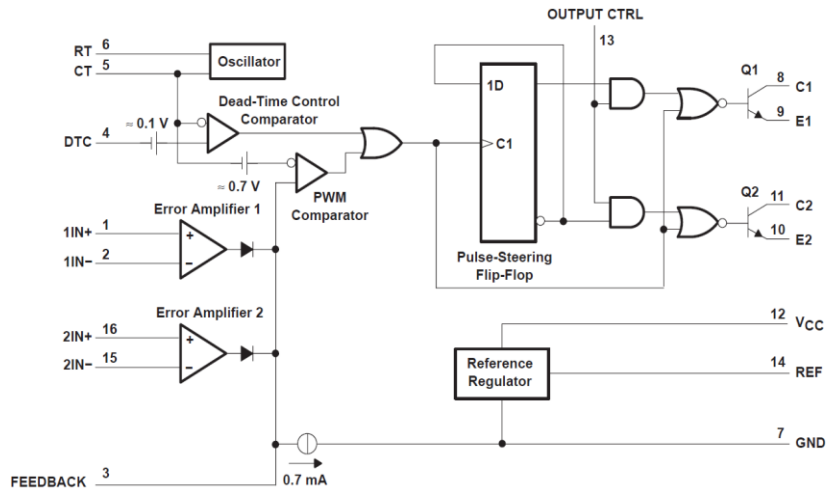
16
1

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648

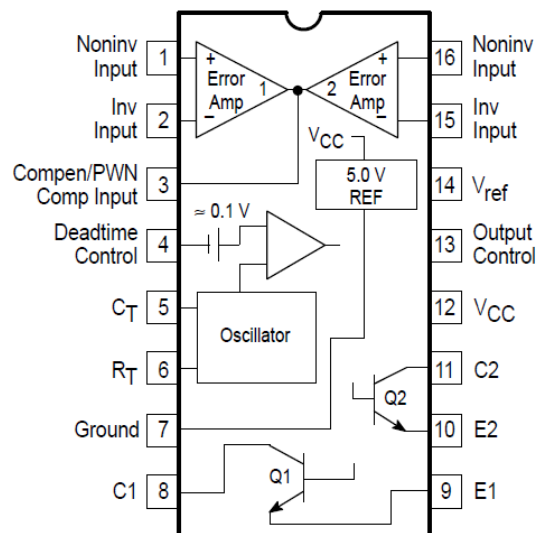
Características

- Frecuencia fija (R_T y C_T).
- Dos amplificadores de error.
- Oscilador de frecuencia ajustable
- Comparador para el control de tiempo muerto (DTC).
- Flip flop D para el control de los transistores de salida.
- Dos transistores de salida.
- Rango de temperatura: 0 a 70°C (TL494C) o -15 a 85°C (TL494I)

TL494: Diagrama interno



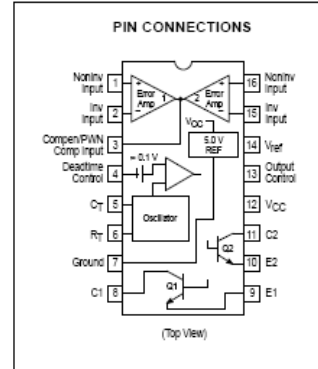
TL494: Esquema de pines



MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	TL494C	TL494I	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	42		V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	42		V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1)	I_{C1}, I_{C2}	500		mA
Amplifier Input Voltage Range	V_{IR}	-0.3 to +42		V
Power Dissipation @ $T_A \leq 45^\circ\text{C}$	P_D	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	80		$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature	T_J	125		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range TL494C TL494I	T_A	0 to +70 -25 to +85		$^\circ\text{C}$
Derating Ambient Temperature	T_A	45		$^\circ\text{C}$

NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.



ORDERING INFORMATION

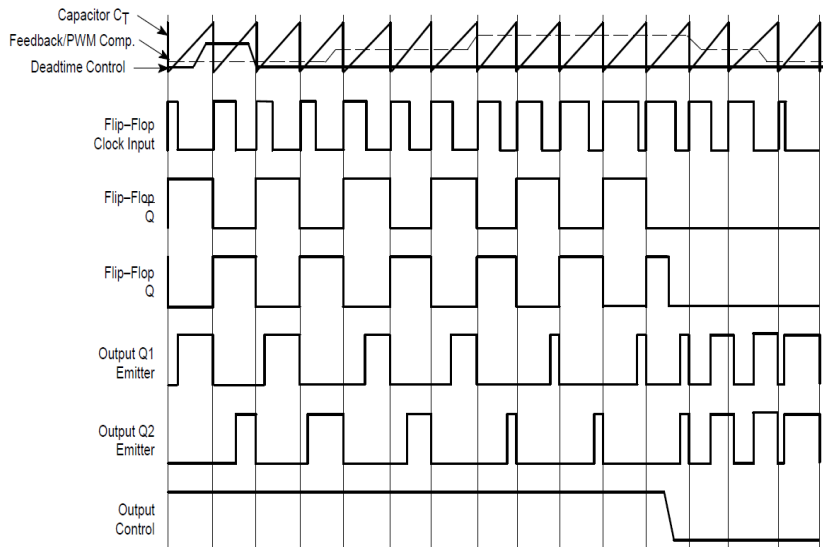
Device	Operating Temperature Range	Package
TL494CD	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ\text{C}$	SO-16
TL494CN		Plastic
TL494IN	$T_A = -25^\circ \text{ to } +85^\circ\text{C}$	Plastic

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La modulación de los pulsos de salida se logra mediante la comparación de una forma de onda diente de sierra (creada internamente por el CI) con las señales de control: DTC y la salida de los amplificadores de error.

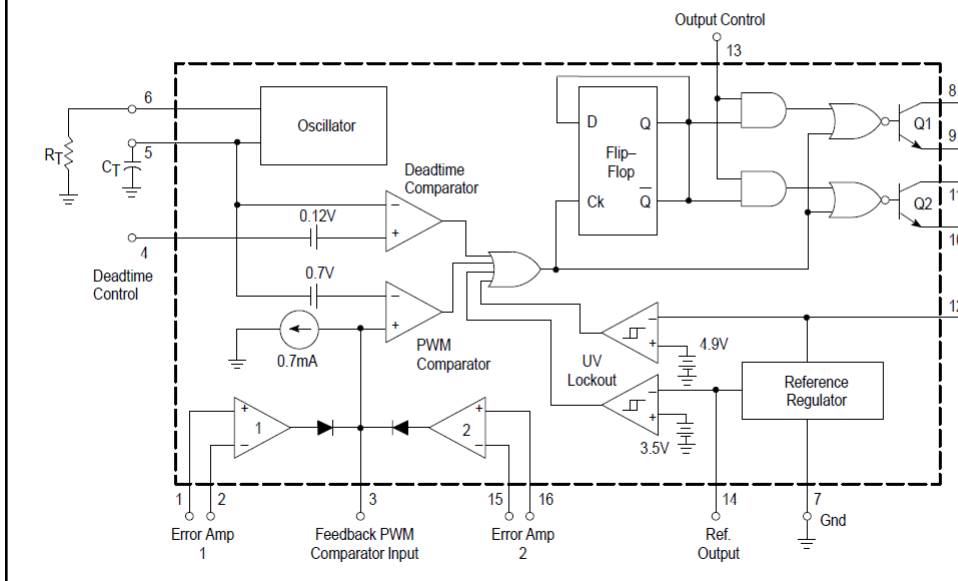
La etapa de salida se habilita durante el tiempo en el cual el voltaje de la diente de sierra es mayor que el de las señales de control.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

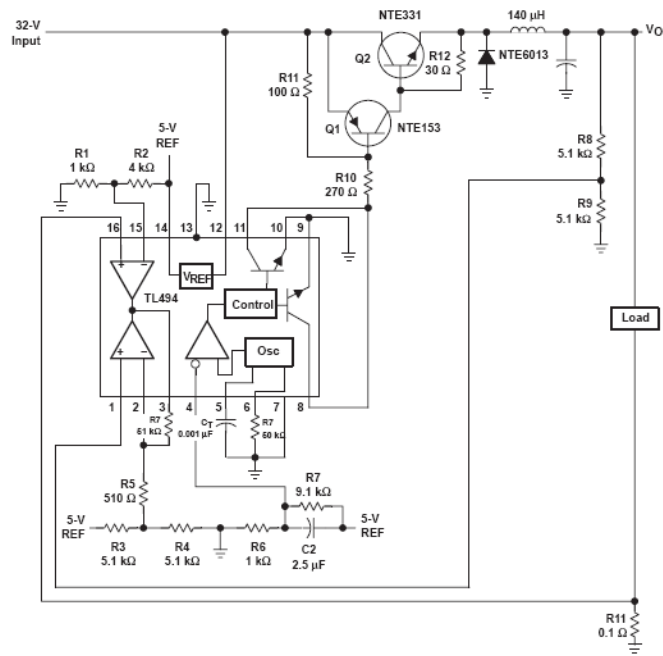


TL494

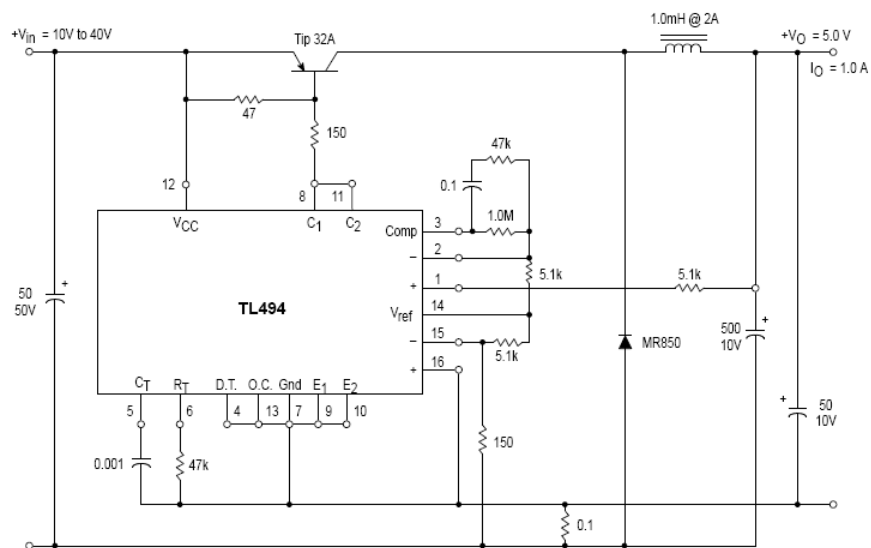
Figure 1. Representative Block Diagram



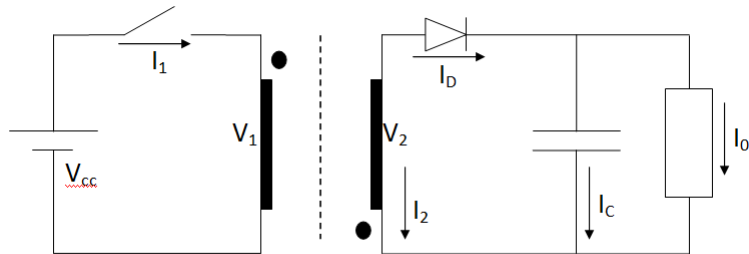
Ejemplo de aplicación TL494



Ejemplo de aplicación TL494

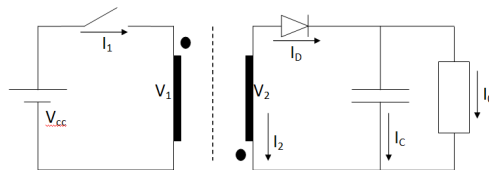


CIRCUITO REDUCTOR/ELEVADOR BUCK/BOOST



- **Con el interruptor cerrado: $V_1 = V_{cc}$**

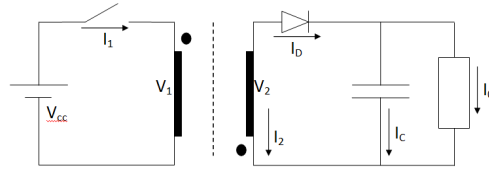
La tensión V_2 tiene la polaridad invertida con respecto a V_1 , por lo tanto el diodo no conduce : $I_2 = 0$. Además:



$$V_2 = V_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = V_{cc} \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

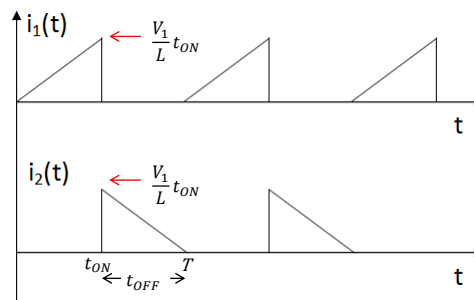
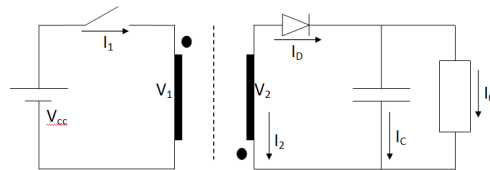
$$\Delta I_L = \frac{V_1}{L} D \cdot T = \frac{V_{cc}}{L} D \cdot T$$

- Con el interruptor abierto: $V_2 = -V_0$



$$V_1 = V_2 \cdot \frac{n_1}{n_2} = -V_0 \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$\Delta I_L = \frac{V_1}{L} (1 - D) \cdot T = -\frac{V_0 \cdot \frac{n_1}{n_2}}{L} (1 - D) \cdot T$$



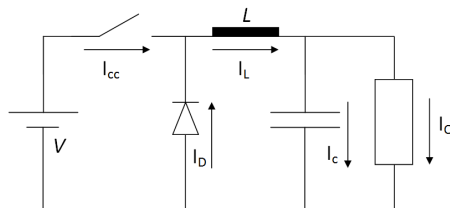
En régimen estacionario se cumple que la energía almacenada por L1 durante *ton* es igual a la energía liberada en el tiempo *toff*.

Por lo tanto:

$$\frac{V_{cc}}{L} D \cdot T = \frac{V_0 \cdot \frac{n_1}{n_2}}{L} (1 - D) \cdot T$$

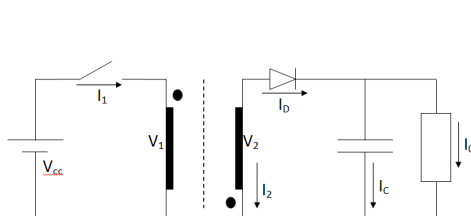
$$V_{cc} D = V_0 \cdot \frac{n_1}{n_2} (1 - D)$$

$$V_0 = \frac{n_2}{n_1} \frac{V_{cc} D}{(1 - D)}$$



REDUCTOR BUCK

$$V_0 = V \cdot D$$



CIRCUITO
REDUCTOR/ELEVADOR
BUCK/BOOST

$$V_0 = \frac{n_2}{n_1} \frac{V_{cc} D}{(1 - D)}$$