

Tema 3. Fuente de Alimentación

- Introducción
- Fuente de Alimentación Regulada
- Fuente de Alimentación Conmutada
- Baterías
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida

Bibliografía

“AN-556 Introduction to Power Supplies”, Texas Instruments 2004

“Energizer Technical Information”, <http://data.energizer.com>

“SNVA-557 Battery Charging”, Texas Instruments 2011

<http://en.wikipedia.org>

<http://batteryuniversity.com>

<http://eu.nkon.nl>

Introducción

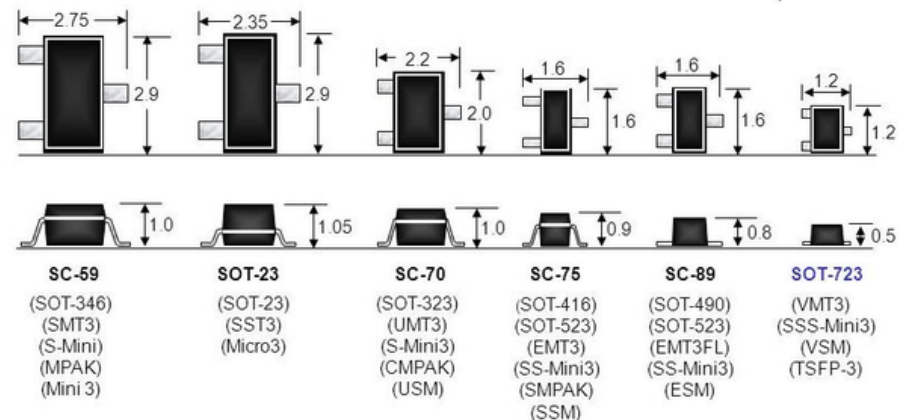
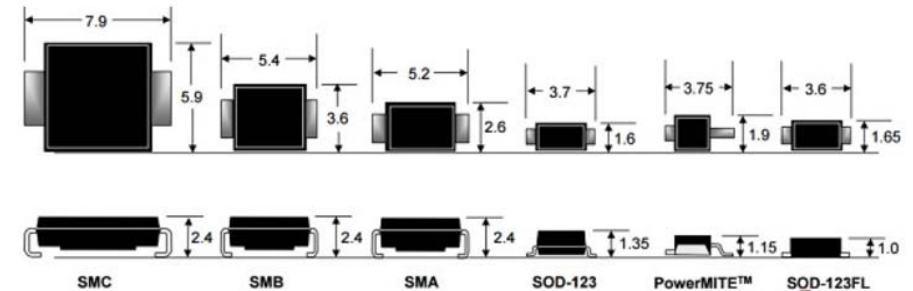
Una **fente de alimentación** (*power supply*) es el dispositivo encargado de proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de un determinado sistema.

A menudo se usa el término **convertidores de potencia** (*electric power converter*) para enfatizar que son dispositivos que realizan conversiones de energía.

Dependiendo del origen de la energía se puede distinguir:

- Sistemas de transformación eléctrica, p.e. convertidores AC-DC, DC-DC, . . .
- Sistemas de almacenamiento de energía, p.e. baterías
- Sistemas electromecánicos, p.e. alternadores
- Sistemas de captación solar

Algunos encapsulados SMD de diodos.



Diodos rectificadores

Para la conversión de energía alterna a energía continua se emplean montajes con diodos rectificadores, veamos algunos.

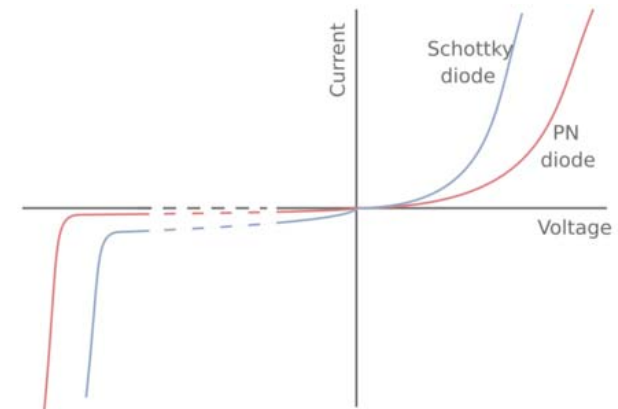


Ejemplos:

- **BAT54:** $V_R = 30V$, $I_f(av) = 200mA$, $V_f(max) = 0,24v@0,1mA$, $I_R(max) = 2\mu A$, $P_d(max) = 290mW$, $t_{rr} = 5ns$, SOT-23 (5.5x3)
- **BAS521:** $V_R = 300v$, $I_f(av) = 250mA$, $V_f(max) = ,95v$, $I_R(max) = 30nA$, $P_T(max) = 500mW$, $t_{rr} = 16ns$, SC-79 (0.85x1.65: 0603)
- **S1J:** $V_R = 600v$, $I_f(av) = 1A$, $V_f(max) = 1,1v$, $I_R(max) = 1\mu A$, $P_d(max) = 1,4w$, $t_{rr} = 1,8\mu s$, SMA (5.5x3)

Especificaciones

- **Reverse Breakdown Voltage**, destrucción si se supera
- **Forward Current**, max value or average
- **Reverse current**
- **Forward voltage**, depende corriente!
- **Junction capacitance**, reverse
- **Reverse recovery time**, on-off



TYPICAL 1N5258 SHOTTKY DIODE CHARACTERISTICS / SPECIFICATIONS

CHARACTERISTIC	TYPICAL VALUE	UNIT	DETAILS
Maximum recurrent peak reverse voltage	40	V	
Maxim DC blocking voltage	40	V	
Average forward current, IF (AV)	15	A	T = 100°C
Peak forward surge current, IFSM	500	A	
Maximum instantaneous forward voltage, VF	0.5	V	At IFM = 15A and TJ = 25°C
Maximum instantaneous reverse current at rated blocking voltage, IR	10	mA	TJ = 25°C
	250		TJ = 125°C

1N5258 Schottky power rectifier

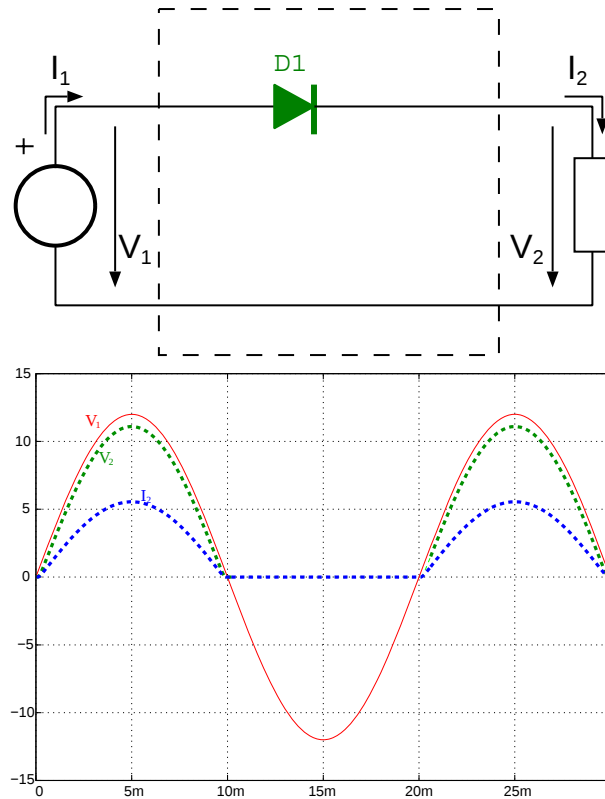
TYPICAL 1N5711 CHARACTERISTICS / SPECIFICATIONS

CHARACTERISTIC	TYPICAL VALUE	UNIT	DETAILS
Max DC Blocking Voltage, Vr	70	V	
Max forward continuous current, Ifm	15	mA	
Reverse breakdown voltage, V(BR)R	70	V	@ reverse current of 10µA
Reverse leakage current, IR	200	µA	At VR=50V
Forward voltage drop, VF	0.41	V	at IF = 1.0 mA
	1.00		IF=15mA
Junction capacitance, Cj	2.0	pF	VR = 0V, f=1MHz
Reverse recovery time, trr	1	nS	

1N5711 Schottky barrier, ultra-fast switching

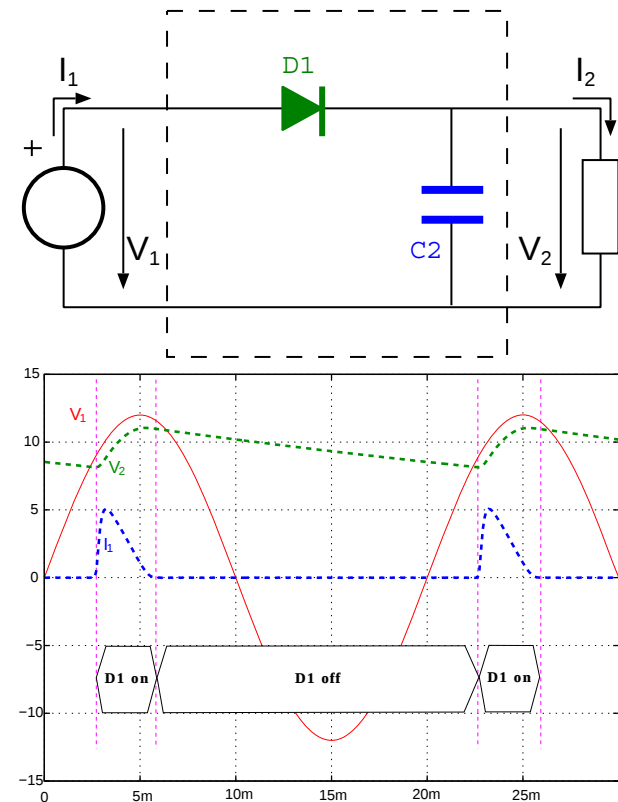
Diodo simple

El diodo sólo alimenta a la carga durante un semiperiodo, durante el otro el diodo está en corte, soportando una elevada tensión inversa.

**Diodo simple y condensador filtrado**

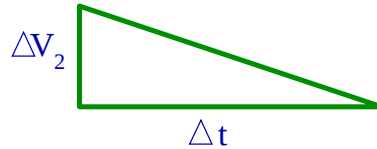
En este caso el diodo conduce durante un breve intervalo, mientras que la mayor parte del periodo la carga está conectada únicamente al condensador.

- D-OFF: el condensador suministra la corriente requerida por la carga disminuyendo su tensión.
- D-ON: el condensador (que sigue alimentando la carga) se carga a través del diodo, aumentando su tensión.



Si suponemos I_2 constante y despreciando el intervalo D-ON ($T = T_{OFF}$), obtenemos una relación donde aparece el **rizado de tensión**.

$$I_2 = C_2 \frac{\Delta V_2}{\Delta t}$$



Para estimar el pico máximo de corriente I_1 tenemos en cuenta:

$$\int_T I_1(t) dt = \int_T I_2(t) dt$$

$$I_1 T_{ON} = I_2 T$$

Linealizando la senoide podemos estimar el tiempo de conducción:

$$T_{ON} = \frac{T * \Delta V}{4 * V_1^{max} + \Delta V}$$

Ejercicio 1a: Estimar la capacidad necesaria para obtener un rizado de 4V, a partir de una senoide de $12V_{rms}$ y 50Hz. Asumir que la carga requiere como máximo 100mA.

Suponiendo que I_2 es constante, los requisitos de la capacidad serían: $C_2 \geq 500\mu F$, $V_{C2} \geq 15,97V$ (sup $V_f = 1v$).

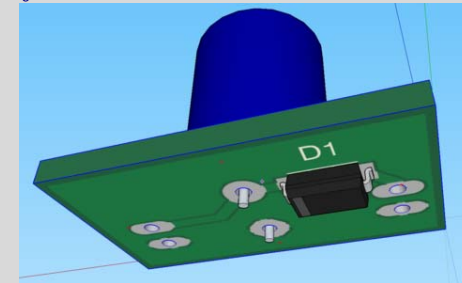
Estimando $T_{ON} = 1,111ms$ y $peak I_1 = 1,797A$.

Las especificaciones del diodo serían: $\overline{I_f} > 100mA$ y $V_R > 32,94v$ (Nótese que el diodo soporta aproximadamente una tensión máxima igual al pico a pico de la entrada)

Ejercicio 1b: Seleccionar componentes reales para el ejercicio anterior, calcular parásitos y estimar el rendimiento del montaje.

C2: RS 711-1141, RS Pro, $680\mu F/25v \pm 20\%$, $DF = 14\%$ @120Hz, diam 10mm, $H = 17mm$.

D1: RS 738-5052, S1A, Diodes Inc, $I_{f,avg} = 1A$, $V_R = 50v$, $I_R = 5\mu A$, $V_f = 1,1v@1A$, encapsulado SMA



Ejemplo layout rectificador simple

Los parásitos de C2 a 120Hz, tenemos $X_C = 1,95\Omega$ y $ESR = 0,273\Omega$. Recalculamos el rizado: $\Delta = 2,94v$.

La tensión media a la salida, teniendo en cuenta el diodo elegido: $\overline{V_2} = 12\sqrt{2} - 1,1 - 2,94/2 = 14,4v$, por lo que la potencia máxima entregada carga. $P_2 \simeq \overline{V_2} I_2 = 1,44W$.

Pérdidas diodo:

$$P_{D1} = \frac{1}{T} \int_T V_d I_1 dt = V_f \overline{I_2} = 110mW$$

Pérdidas capacidad:

$$P_{C2} \simeq \overline{I_2}^2 ESR = 2,73mW$$

Las pérdidas totales serán: $P_d = 112,73mW$

El rendimiento resulta: $\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_d} = 92,7\%$

Puente de Diodos

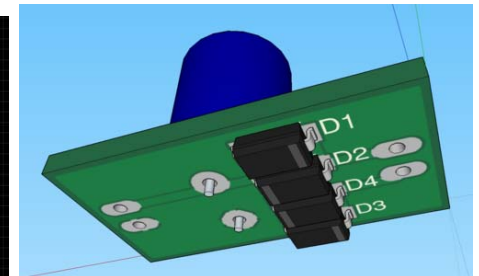
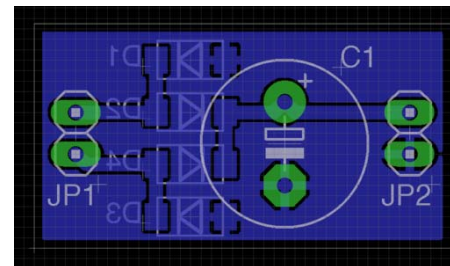
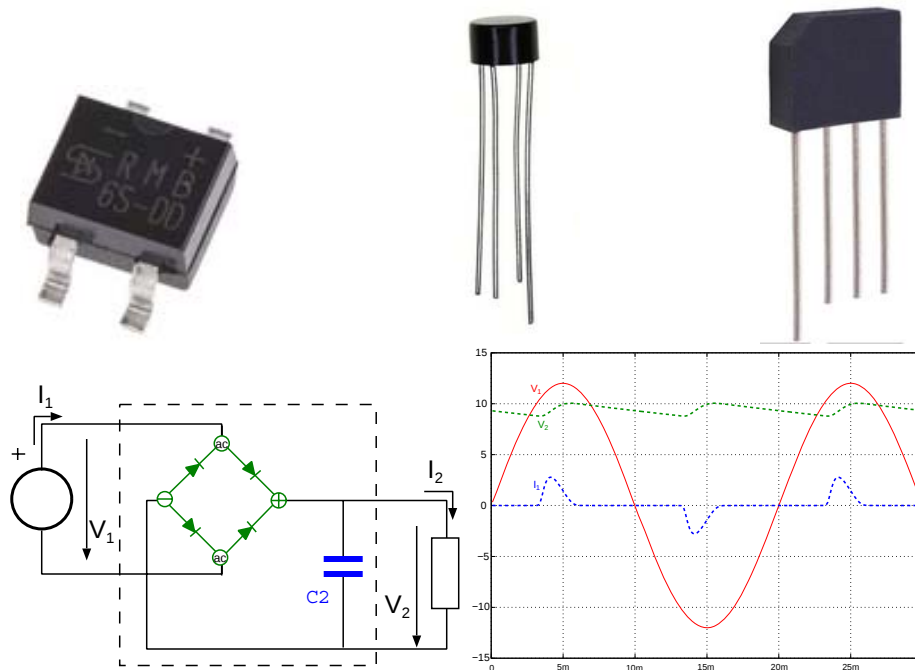
Ejemplos:

- **MB6S**: $V_R = 600v$, $I_f(avg) = 0,8A$, $V_f(max) = 1v$, $I_R = 100\mu A$, TO-269 (6.9x3.4)
- **W06G**: $V_R = 600v$, $I_f(avg) = 1,5A$, $V_f(max) = 1v$, $I_R = 5\mu A$, WOG (diam 9.3)
- **KBP210G**: $V_R = 1000v$, $I_f(avg) = 2A$, $V_f(max) = 1,1v$, $I_R = 500\mu A$, KBP (15x4x10)

En cada semiperiodo conduce una pareja de diodos, de forma que se aplique una semionda positiva en el intervalo de alterna negativo. Comparado con el rectificador simple se consigue un menor rizado y una corriente de pico por el diodo inferior.

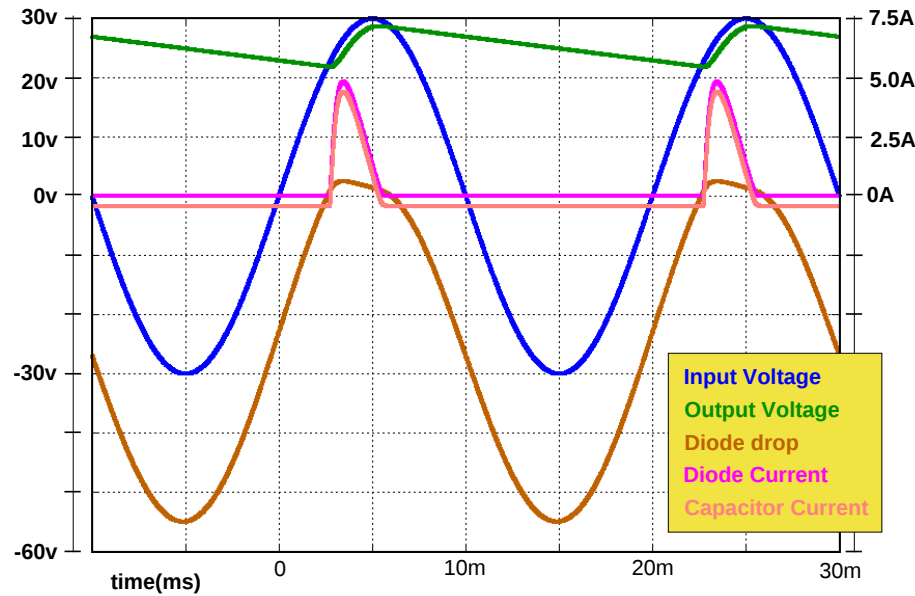
Ejercicio 2: Repetir el ejercicio anterior, empleando un puente.

Al ser todo idéntico, salvo el Δt , $C_2 \geq 250\mu F$, siendo: $V_{C2} \leq 14,97V$ (suponiendo $V_f = 1V$ en cada elemento)



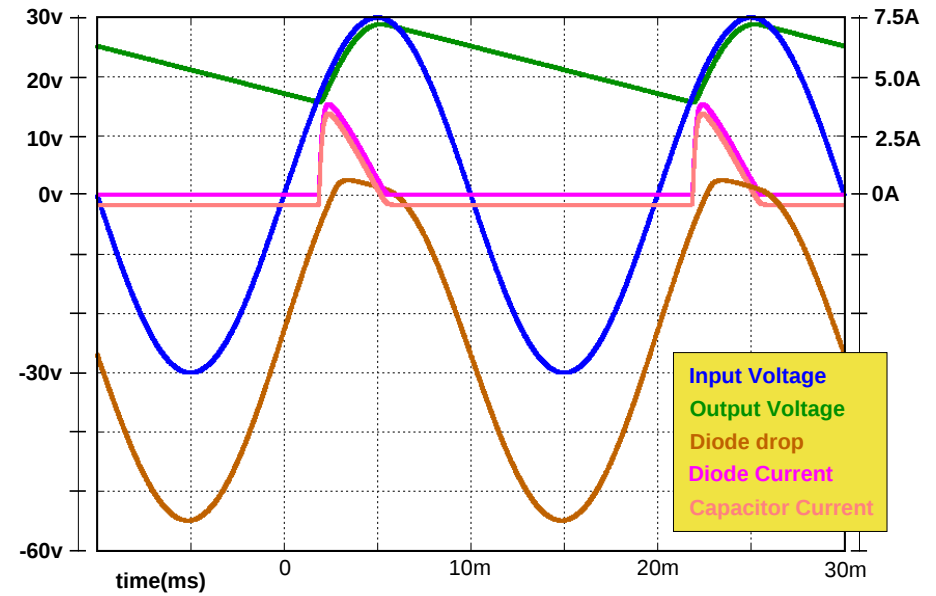
Ejemplo layout puente de diodos con 4 elementos

Especificaciones Circuitos Rectificadores



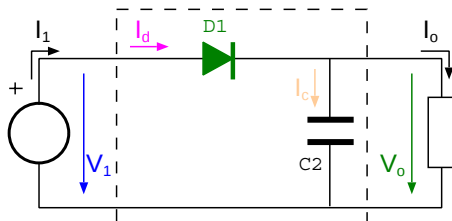
Simple Rectifier
Iload=400mA
CL=1000uF

	Meas	Estim
max Vo(v)	28.735	29.5
avg Vo(v)	25.380	25.5
ripple Vo(v)	6.915	8
min Vd(v)	-54.946	-60
max Id(A)	4.821	
avg Id(A)	0.400	0.400



Simple Rectifier
Iload=400mA
CL=500uF

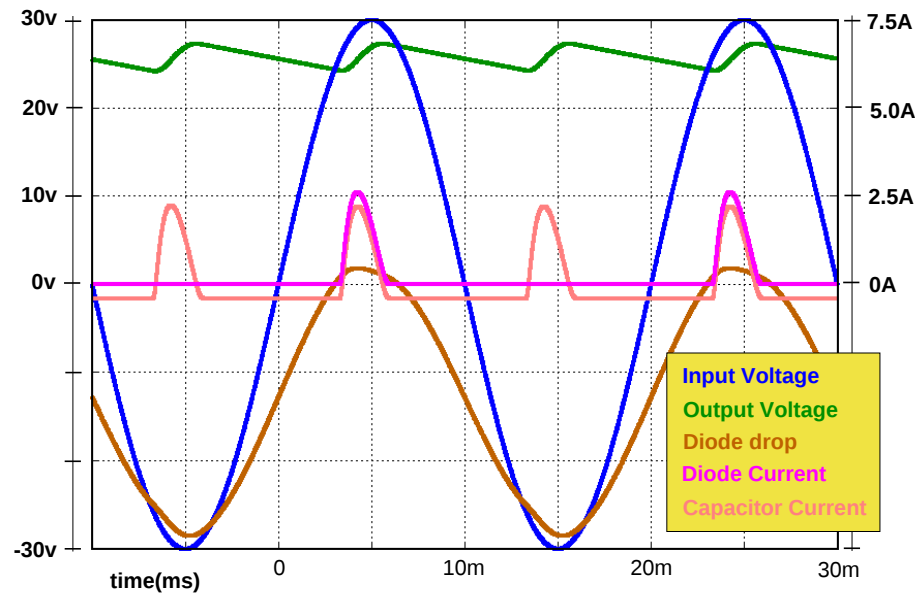
	Meas	Estim
max Vo(v)	28.862	29.5
avg Vo(v)	22.598	21.5
ripple Vo(v)	13.195	16
min Vd(v)	-51.272	-60
max Id(A)	3.831	
avg Id(A)	0.400	0.400



Rectificador simple

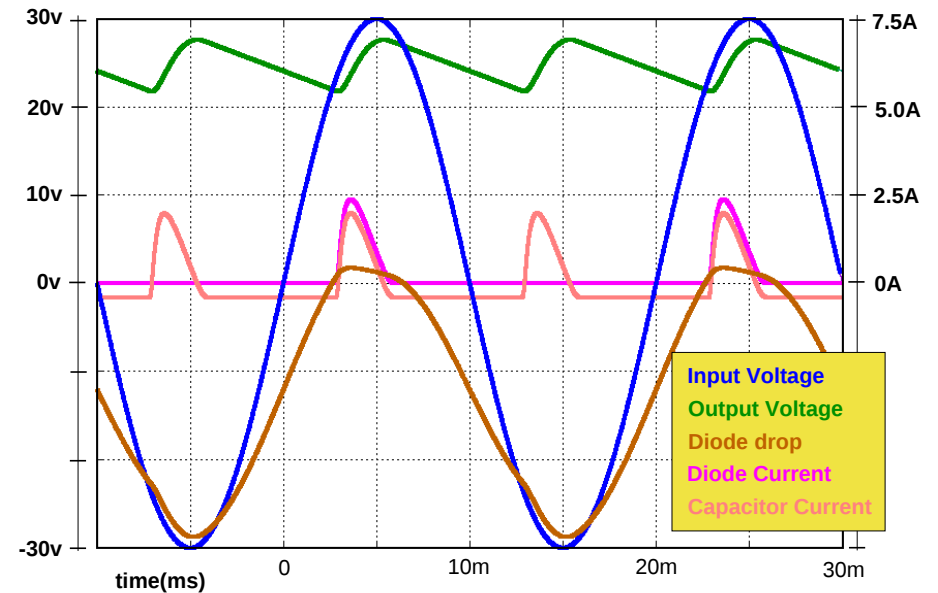
Capacitor: (used value), $V_{rup} \geq 29,5v$

Diode: $I_f^{avg} \geq 0,4A$, $V_{rev} > 60v$



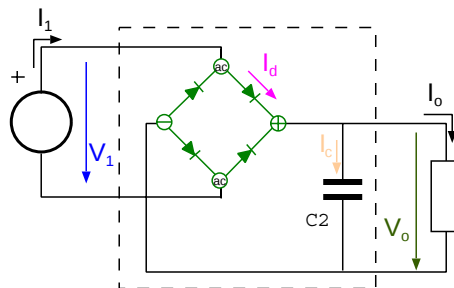
Bridge Rectifier
Iload=400mA
CL=1000uF

	Meas	Estim
max Vo(v)	27.302	29
avg Vo(v)	25.818	27
ripple Vo(v)	3.060	4
min Vd(v)	-28.538	-30
max Id(A)	2.616	
avg Id(A)	0.200	0.200



Bridge Rectifier
Iload=400mA
CL=500uF

	Meas	Estim
max Vo(v)	27.635	29
avg Vo(v)	24.877	25
ripple Vo(v)	5.865	8
min Vd(v)	-28.770	-30
max Id(A)	2.385	
avg Id(A)	0.200	0.200



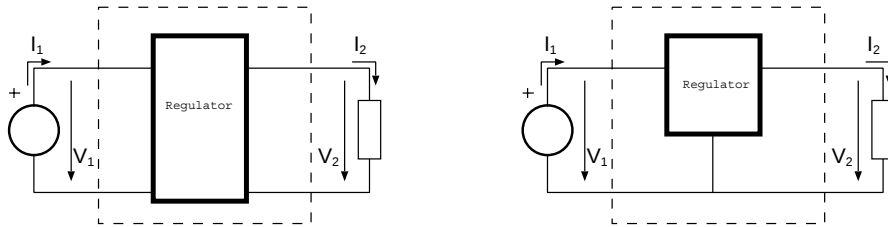
Rectificador puente de diodos

Capacitor: (used value), $V_{rup} \geq 29v$

Diode (x4): $I_f^{avg} \geq 0,2A$, $V_{rev} > 30v$

Reguladores

Existen aplicaciones en las que la presencia de un cierto rizado es perfectamente aceptable: *unregulated power supply*, sin embargo suele ser más común la necesidad de un regulador.



Un **Regulador** es un sistema cuya función es mantener una tensión constante (V_2), a pesar de las variaciones de carga (I_2) o de la tensión previa a la regulación (V_1).

Se suelen clasificar en:

- *Linear Regulator*, funcionan en tiempo continuo ajustando la caída ($V_1 - V_2$) para mantener fija la tensión de salida
- *Switched Regulator*, funciona en tiempo discreto, conmutando para mantener fija la tensión media

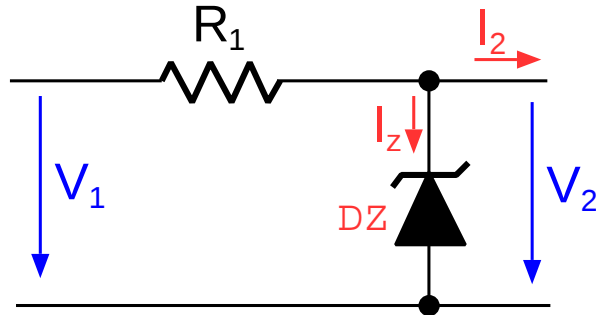
Algunas características:

- **line regulation**: mide cómo se modifica la tensión de salida como resultado de la variación de la tensión de entrada.
- **load regulation**: mide cómo se modifica la tensión de salida como resultado de la variación de la corriente de carga.
- **ripple o rizado**: las variaciones de una magnitud que debiera ser constante
- **efficiency o rendimiento**: cociente entre la potencia entregada a la carga y la potencia recibida.
- **quiescent current**: representa el consumo interno de la fuente, se suele medir como una corriente de entrada con la salida en vacío.

	Linear	Switch
Line Regulation	0.02%–0.05%	0.05%–0.1%
Load Regulation	0.02%–0.1%	0.1%–1%
Output Ripple	0.5mV–2mV rms	10mV–100mV pp
Power density	40%–55%	60%–95%
Efficiency	0.5 W/in ³	2W–10W/in ³
Transient Recovery	50 us	300us
Hold-up Time	2ms	34ms

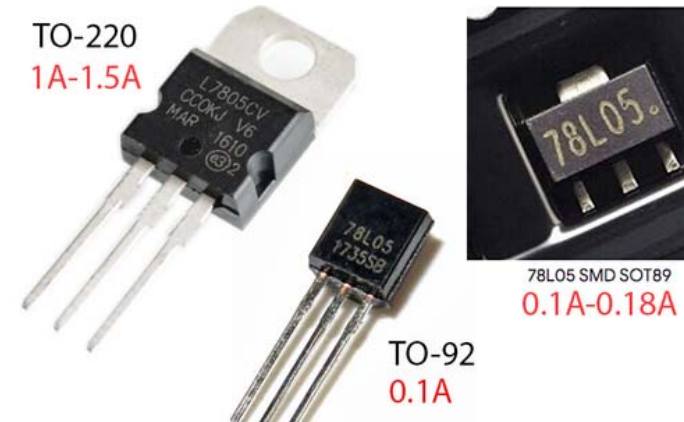
Reguladores Lineales

Simple Shunt Regulator. El esquema más simple es empleando un diodo zener.



Mientras el diodo se encuentre en avalancha, la tensión se mantiene estable.
No es aplicable para elevadas corrientes.

78xx/79xx Regulator, son integrados que permiten regular la tensión de salida a un valor fijo, con corrientes elevadas.



Los dos dígitos indican la tensión fija que regulan (7805 para 5v o 7912 para -12v)

Son bastante simples de usar, aunque presentan rendimientos muy bajos. Cada IC tiene varios encapsulados, algunos permiten disipadores, disponen de protecciones internas para sobrecorriente y cortocircuito a la salida.

Ejercicio 3: Diseñar el regulador con salida $V_2 = 3v$ y $I_2^{max} = 0,1A$, a partir de V_1 comprendida entre 4,5 – 5v. Tomamos $I_2 = 0,1A$ y una corriente de corte máxima del zener $I_{ZO} = 200\mu A$, obtenemos:

$$R_1 = \frac{V_1^{min} - V_2}{I_2 + I_{ZO}} = 15\Omega.$$

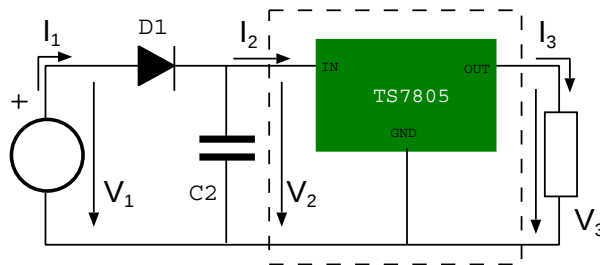
Cuando $I_2 = 0$, el zener debe de conducir

$$I_z = \frac{V_1^{max} - V_2}{R_1} = 0,133A.$$

Por tanto: $R_1 = 15\Omega$ con potencia $P \geq 266mW$. Zener de $V_z = 3v$ con potencia $\geq 400mW$.

Especificaciones típicas:

- *quiescent current*: consumo a la entrada sin consumo a la salida.
- *dropout voltage*: mínima diferencia de tensión instantánea entre entrada y salida. En la actualidad destacan los reguladores *LDO: Low-DropOut*, cuya tensión de dropout es especialmente reducida.



Ejercicio 4: A la salida del rectificador del Ejercicio 1b se coloca un regulador TS78L05 para obtener una $V_3 = 5v$ y una corriente máxima de $I_3 = 50mA$. Comprobar la adecuación y calcular el rendimiento y pérdidas del regulador.

El TS78L05 permite $100mA@5v$, $I_Q = 3mA$ y su $dropout \geq 1,7v$, por lo que: $V_2 \in (13,53, 16,47) \geq 5 + 1,7 = 6,7$, se cumple.

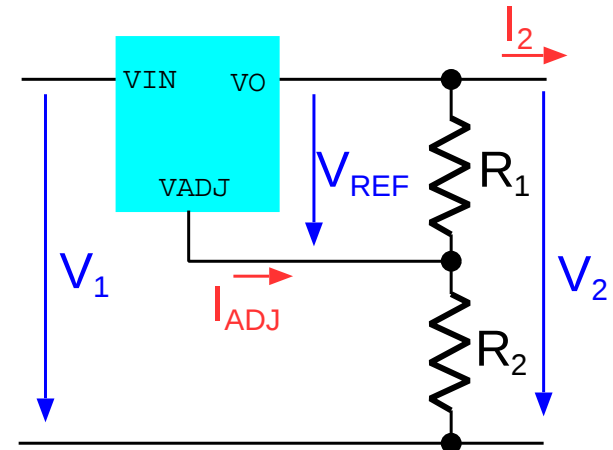
Suponemos $I_3 = 50mA$: $P_3 = 5v \cdot 50mA = 250mW$.

$P_2 = \frac{1}{T} \int V_2(t) I_2(t) dt = (I_3 + I_Q) \overline{V_2} = (50mA + 3mA)15v = 795mW$.

El rendimiento del regulador: $\eta_R = P_3/P_2 = 31,4\%$

Pérdidas: $P_d = 0,795 - 0,25 = 0,532W$

Un regulador variable (**LM317**) permite ajustar externamente la tensión a la salida.



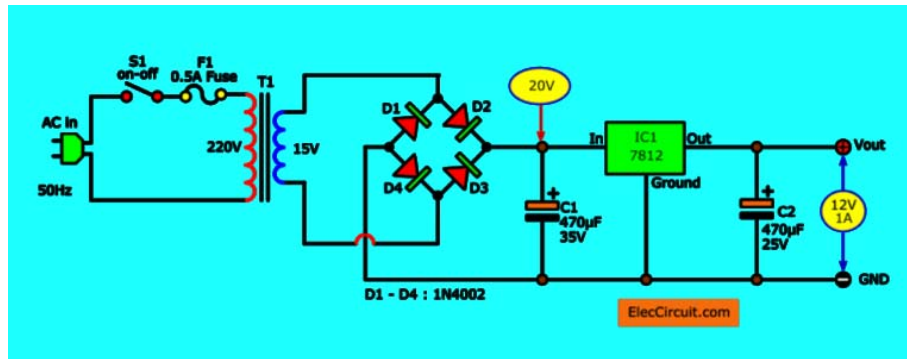
Las resistencias externas deben garantizar con V_{REF} (typ $1,25v$), con I_{ADJ} (typ $50\mu A$):

$$V_2 = V_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + R_2 I_{ADJ}$$

Ejercicio 5: Diseñar las resistencias del LM317 para obtener una $V_2 = 4v$

Suponemos $R_1 = 1K\Omega$ para que I_{ADJ} sea despreciable:

$$R_2 = \frac{4 - 1,25}{1,25/1K} = 2K\Omega$$

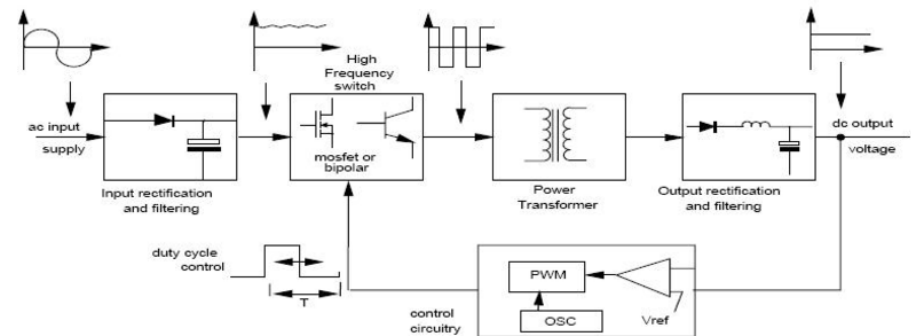
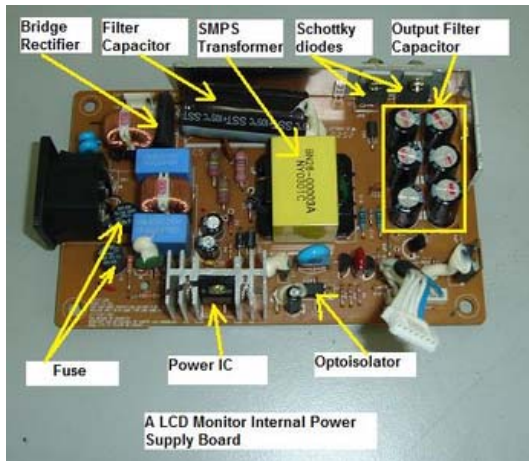


Fuente de alimentación 5v/220mA

Esquema clásico completo de una **fuente de alimentación lineal AC/DC**:

- **transformador** (de hierro laminado), disminuye la tensión alterna de red de suministro, y proporcionar aislamiento galvánico.
- **rectificador/filtro**, que convierte AC en tensión unipolar la capacidad permite ajustar el **rizado** de la señal.
- **regulador**: reduce los niveles de rizado.

SMPS: Switched Mode Power Supply



El esquema de la **fuentes de alimentación conmutada**:

- **rectificador y filtro**: La tensión AC de la red es convertida en DC
- **chopper stage**: La tensión DC es troceada y convertida en AC de alta frecuencia (10 kHz : 1MHz). La señal de control empleada es una PWM (*Pulse Width Modulation*), que modifica el ciclo de trabajo (*duty cycle*) y tiene una frecuencia constante (generada

con un oscilador).

- **Ferrite Transformer**, en caso de requerir aislamiento, la señal AC es aplicada al transformador. La tensión secundaria del transformador es rectificada (es necesario emplear diodos rápidos) y filtrada (**L-C**) para obtener la tensión de salida DC deseada.
- La regulación se realiza muestreando la señal de salida y modificando el ciclo de trabajo de la PWM.

Baterías

La batería (*battery*) es un dispositivo convierte energía química en eléctrica.



Tecnologías

- **Baterías primarias**, o desechables.
Entre sus ventajas:
 - baja auto-descarga
 - ideales en baja corriente y largos plazos

Los tipos más importantes:

- **Baterías Zinc-carbon**: fueron las primeras “baterías secas” y son las más económicas. Se descargan y degradan almacenadas. Contienen mercurio.
- **Baterías Alcalinas**: se usan en aplicaciones que requieren elevadas corrientes, permiten ser almacenadas durante años.
- **Baterías de Litio**: excelentes para usos prolongados, se comportan bien a bajas temperaturas. Mayor densidad de potencia, permiten elevadas corrientes (riesgo). Son más caras.

- **Baterías secundarias**, pueden ser usadas y recargadas repetidamente.

Es necesario usar un adaptador (cargador) para recargar la batería.

Los tipos más importantes:

- **Baterías de Plomo** (*lead acid battery*): empleadas en vehículos convencionales por proporcionar elevadas corrientes (motor de arranque), así como en UPS
- **Baterías NiCd**: Robustas, funcionan en temperaturas extremas, tienen más ciclos

de recarga. Como inconvenientes, tienen **efecto memoria**, actualmente en desuso.

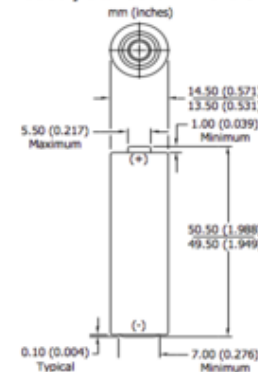
- **Baterías NiMH:** Mejor densidad de energía, trabajan a temperaturas moderadas. Como inconvenientes menor número de ciclos de recarga.
- **Baterías Li-Ion** Muy elevada densidad de energía, funcionan a temperaturas extremas, ciclos de recarga similar a NiCd, permiten elevadas corrientes (riesgo). Requieren de cargadores con monitorización de corriente y temperatura.



AA battery	Alkaline	Lithium	NiCd	NiMh
Nom. Voltage	1.5v	1.5v	1.2v	1.2v
Typ Capacity	2400mAh	>3000mAh	1000mAh	2000–3000mAh
Recharge	None	None	100–300 cycles	500–2000 cycles
Shelf-Life	5–7 years	15 years	8–10 years	8–10 years
Cost	\$1.25	\$1.75	\$3.00	\$3.00

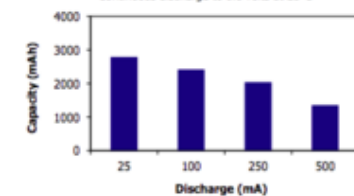


Industry Standard Dimensions



General Information

Classification: Alkaline
 Chemical System: Zinc-Manganese Dioxide (Zn/MnO₂)
 No added mercury or cadmium
 Designation: ANSI-15A, IEC-LR6
 Nominal Voltage: 1.5 volts
 Operating Temp: -18°C to 55°C (0°F to 130°F)
 Typical Weight: 23.0 grams
 Typical Volume: 8.1 cubic centimeters
 Shelf Life: 10 years at 21°C
 Terminal: Flat Contact

Milliamp-Hours Capacity
Continuous discharge to 0.8 volts at 21°C

Especificaciones

- **Nominal Voltage**
- **VPC** (*Volts Per Cell*) es la tensión de cada una de las celdas individuales que componen la batería.
- **cut-off voltage:** mínima tensión de una batería descargada
- **Tamaño o formato**, varias tecnologías pueden ofrecerse en el mismo formato (p.e AA)
- **Capacity** [mA × hour=AH]: es una estimación de la energía almacenada.
- **shelf-life** para desechables: 2-3 años Zinc-Carbon, 5 años Alcalinas, 10 años Litio. Fecha de caducidad.

- **self-discharge**, influencia temperatura

primary lithium	10% in 5 years
Alkaline	2-3% per year(7-10 years shelf-life)
Lead-acid	10-15% in 24h, then 10-15% per month
Lithium-ion	5% in 24h, 1-2% per month

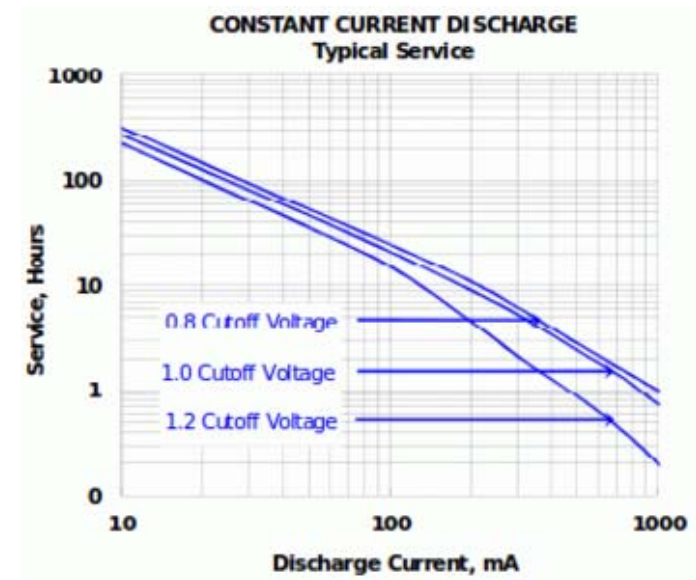
- **Voltage Discharge Curve**

- **C-rate** medida de la tasa de carga/descarga de la batería. Se define como la corriente suministrada entre la capacidad nominal [1/h]. Si se supera aparecen elevadas pérdidas que reducen la capacidad efectiva.

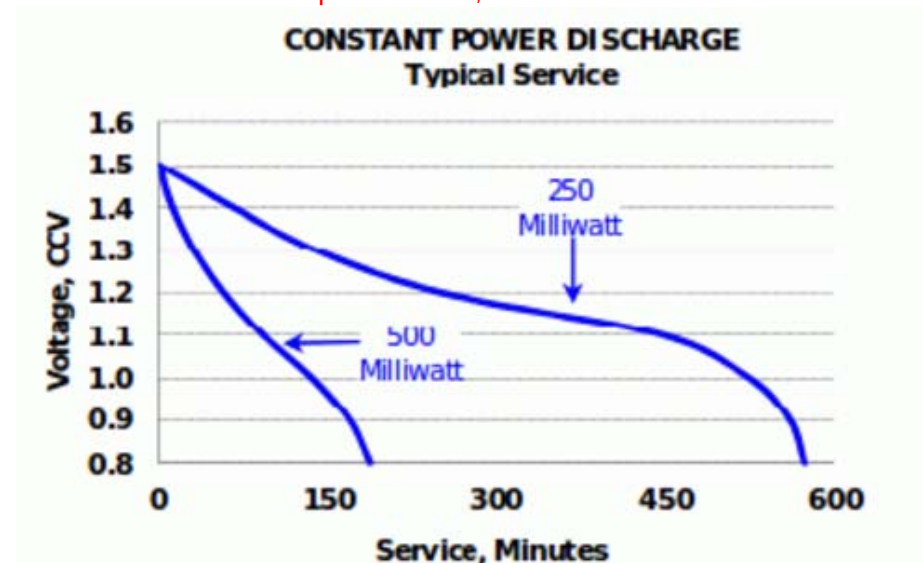
overnight chargers tienen baja *C-rate*.

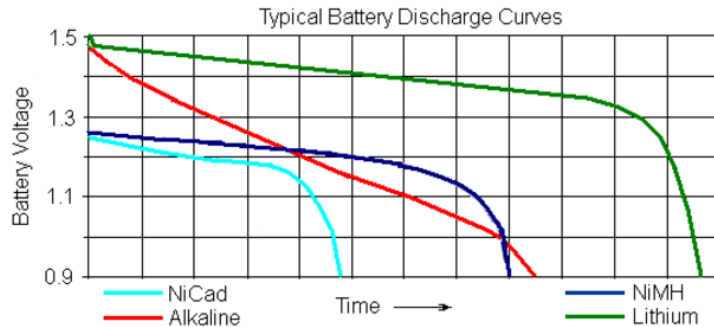
Ejemplo: una batería de móvil 5Ah y 0,2C: es capaz de proporcionar 1A durante 5h.

En el caso de radio-control y herramientas se suelen emplear *high-rate*, Ejemplo: 5Ah y 10C permite 50A durante 6min.



pila alcalina, 2850mAh





Ejercicio 6: Tenemos un sistema alimentado a 3.3v, que se despierta cada 15mins, consume 50mA durante 100mseg y $8\mu A$ el resto del tiempo.

Se desea alimentar dicho sistema mediante una batería de alcalina de 1000mA y 1.5v, empleando un convertidor DC/DC

Estimar la duración de la batería

La energía consumida en 1 ciclo:

$$\int v(t) i(t) dt = 3,3v(50mA \cdot 100ms + 8\mu A \cdot (15min - 100ms)) = 40,26mJ$$

Energía por día:

$$\int v(t) i(t) dt = 24(60/15)40,26mJ = 3,865J.$$

Igualando la energía de la batería al consumo de N días y considerando el convertidor sin pérdidas:

$$1,5v \cdot 1000mAh = N \cdot 8,865J$$

La duración ideal serían: 1397 días o 3.8 años.

Si el convertidor tuviera un rendimiento del 80 %:

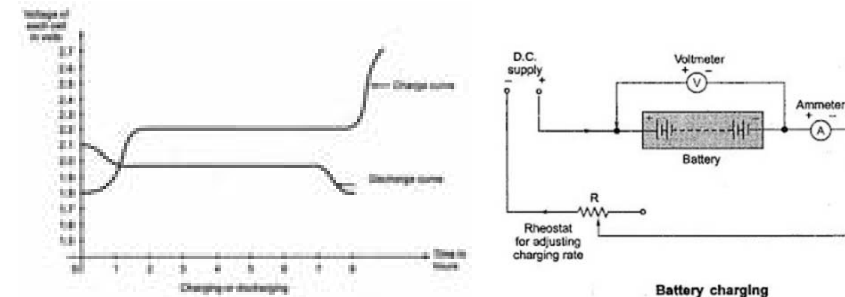
$$\eta = P_{3,3v}/P_{1,5v} = E_{3,3v}/E_{1,5v}$$

Y obtendríamos 1117 días o 3.06 años.

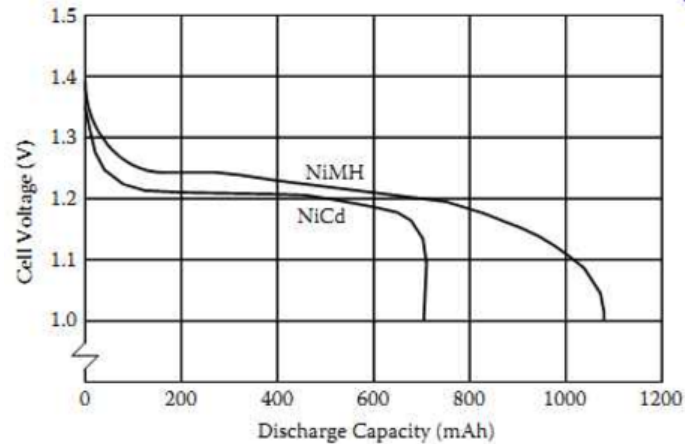
Recarga y cargadores

Depende de la tecnología:

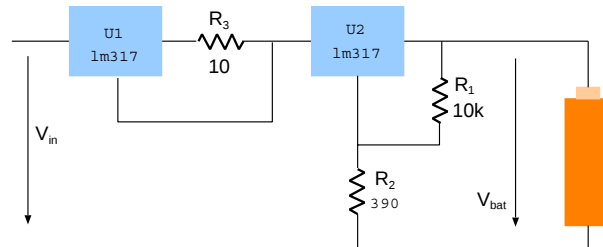
- **Lead acid:** suelen tener baja *C-rate*, entre $C/5$ (5h) y $C/20$ (20h). Celdas de 2v (p.e. 6x las de 12v) La curva de descarga se mantiene plana a 2v durante un amplio rango (8-10horas), *cut-off voltage* de 1,8v. Un cargador simple aplica una tensión constante, mantiene intensidad constante cambiando resistencia, fin de la carga con 2,5v o 2,7v,



- **NiCd y NiMh:** suelen emplear *slow charge* o *trickle charge*, baja corriente aplicada indefinidamente sin dañar la batería, no requieren mecanismo de fin de carga, tensión constante entre 1,2/1,45v. **NiCd** toleran $C/10$, con un tiempo de recarga típico de 12 horas. **NiMh** emplean *C-rate* más reducidas (entre $C/40$ y $C/10$).



Descarga NiCD y NiMh



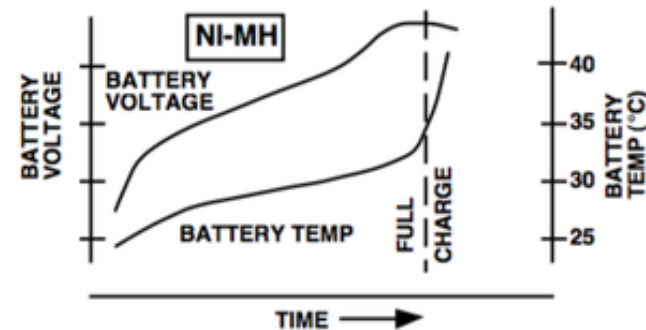
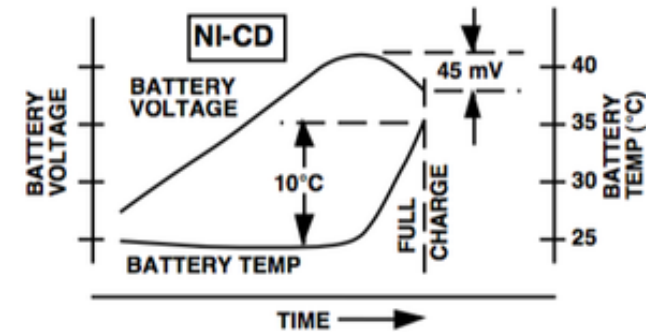
Cargador simple *CCCV*: *constant current constant voltage*, con $C/10$ con corriente limitada a $120mA$

La detección del *end of charge* se realiza midiendo: voltage o temperatura.

La medida de temperatura es el preferible, pero requiere una medida interior de la celda. **NiCd** mantienen temperatura

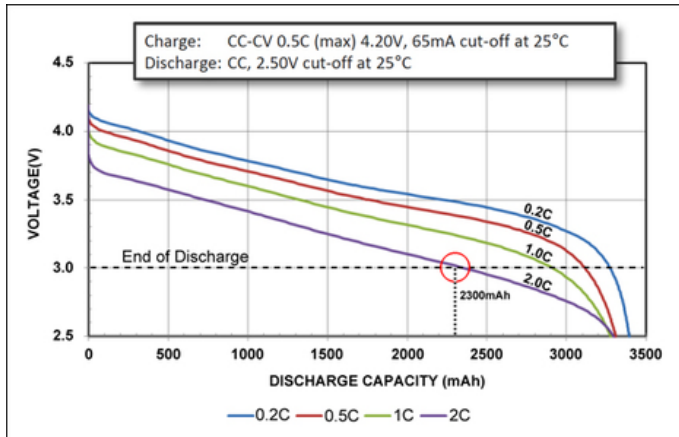
durante la carga, incrementando al llegar al final. **NiMh** aumentan la temperatura durante la carga, aunque se hace más acentuada al final. Se suele detectar un cambio $\Delta T = 10^\circ C$.

La detección mediante voltage se basa en determinar la pendiente negativa que aparece al final ΔV , aunque es menos pronunciada en **NiMh**.

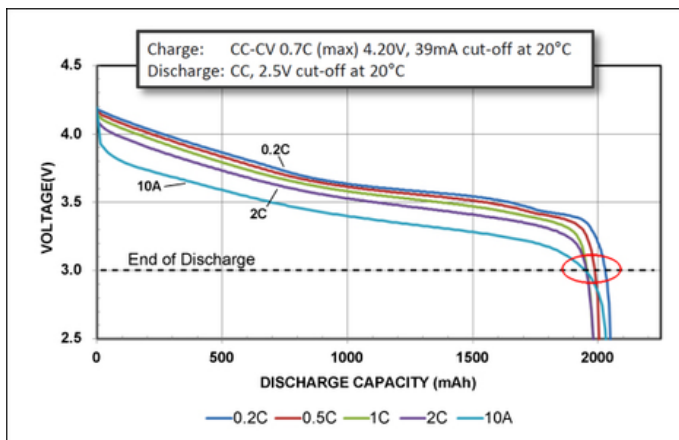


Curvas de carga a 1C

- **Li-Ion**: tienen elevadas capacidades que permiten funcionamiento prolongado.

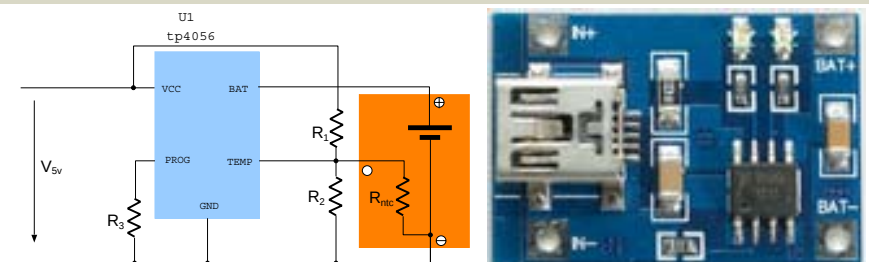
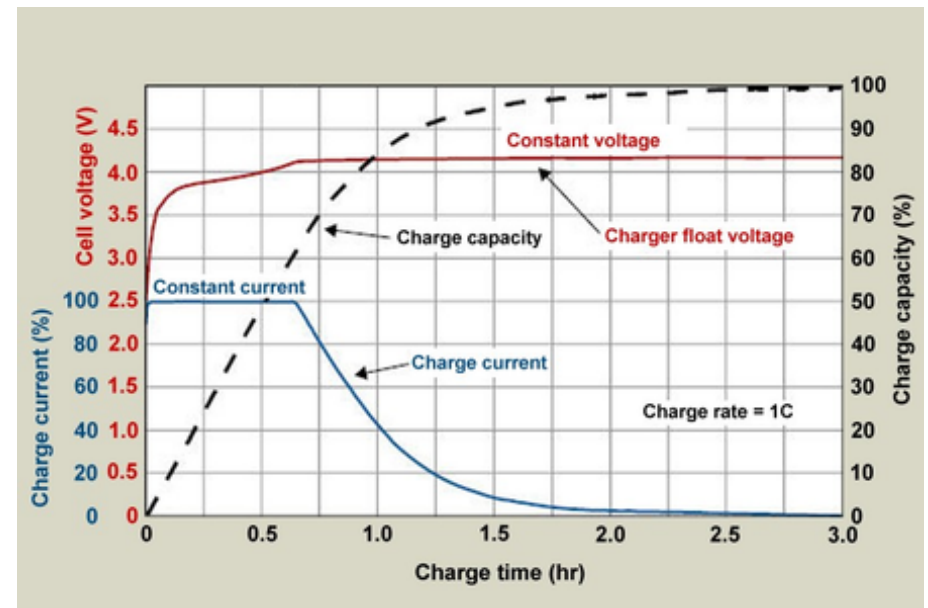


Panasonic NCG18650B: 3200mAh nominales, reducidos a 2300mAh a 2C



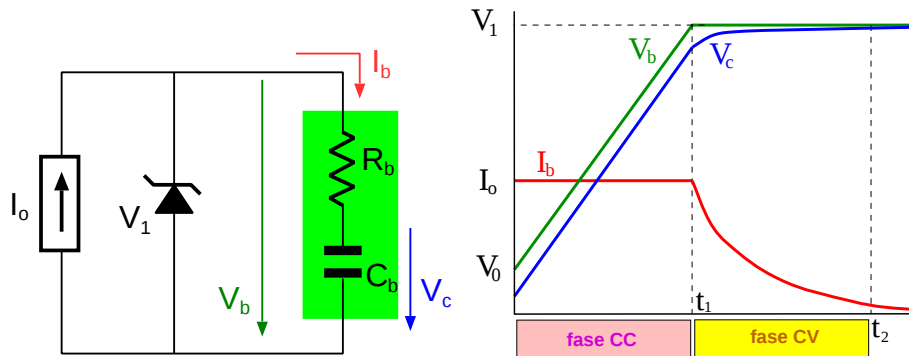
Panasonic UR18650RX: 1950mAh nominales, incluso a 5C

- El proceso de carga tiene dos fases:
- **Corriente constante** (*C-rate* entre 0.5C y 1C), hasta alcanzar el *set point voltage*.
 - **Tensión constante** (igual al *set point voltage*), deteniéndose cuando la corriente es reducida.



Esquema TP4056 charger IC, modulo ejemplo

El siguiente modelo permite realizar una estimación simple del proceso de carga.



Ejercicio 7: Se dispone de una batería de $2500mAh$ con una carga inicial de $V_o = 3v$. Empleando un cargador con $C\text{-rate } C/2$ y set point voltage $V_1 = 4,1v$, finalizando la carga a CV cuando la corriente es inferior a $I_o/10$.

a. Asumiendo carga del 70 % en la fase CC , estimar t_1

b. Estimar el valor de C_b y R_b

c. Estimar t_2

a. Igualando la capacidad en el intervalo CC :

$0,7 \cdot 2500mAh = I_o t_1$ obtenemos: $t_1 = 1,4h$

b. Empleando la ecuación del condensador en el intervalo CC :

$I_o t_1 = C_b (V_1 - V_o)$ obtenemos: $C_b = 5,72kF$

Computando la capacidad en el intervalo CV :

$$0,3 \cdot 2500mAh = \int_{t_1}^{t_2} I_o \exp\left(-\frac{t-t_1}{R_b C_b}\right) dt$$

con corriente de finalización $I_o/10$ obtenemos $R_b = 0,419\Omega$.

c. Empleando de nuevo la condición de finalización:

$$0,1 = \exp\left(-\frac{t_2-t_1}{R_b C_b}\right) \text{ obtenemos } t_2 = 2,93h$$

Ejercicio 8: Calcular la energía almacenada en la batería así como las pérdidas internas del ejercicio anterior en la fase CC .

En la fase CC la energía almacenada:

$$\int_0^{t_1} V_c(t) I_b(t) dt = I_o \frac{1}{2} (V_1 + V_o) t_1 = 22,365kJ$$

$$\text{y las pérdidas: } \int_0^{t_1} V_R(t) I_b(t) dt = 3,299kJ$$

Una estimación de la energía total almacenada se suele realizar con la tensión nominal $V_{nom} = 3,7v$:

$$3,7v \cdot 2500mAh = 33,300kJ$$

lo que daría en la fase CC de nuestro caso: $23,31kJ$

SoC State of Charge

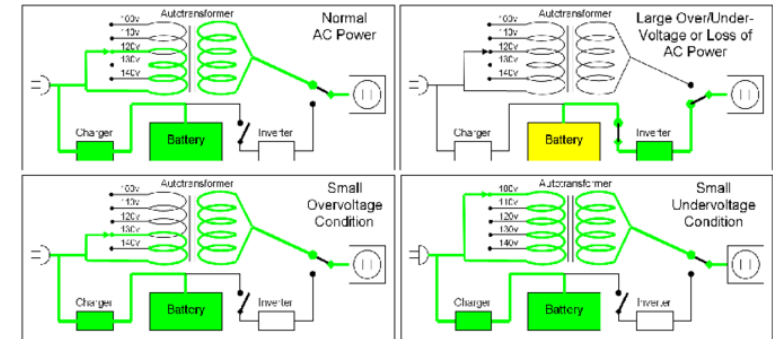
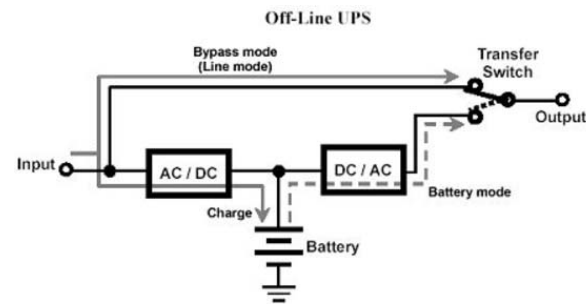
■ Voltage Method

- Simple
- Afectado por carga/descarga, medida a circuito abierto después de un reposo (horas).
- Errores en zona plana (NiXX y LiXX)

■ Coulomb Counting

- Medida de $I \cdot \Delta t$ entrante/saliente
- Medida relativa, necesidad de calibrado
- Errores por pérdidas y auto-descarga

Sistemas de Alimentación Ininterrumpida



Los **Sistemas de Alimentación Ininterrumpida: SAI** (*Uninterruptible Power Supply: UPS*) pueden tomar su energía de dos o más fuentes simultáneamente. Debe diferenciarse de una alimentación de emergencia (*emergency power system*) en que su reacción es instantánea, aunque la duración es de varios minutos, tiempo necesario para apagado controlado o arranque de alimentación de emergencia. Otras funcionalidades son protección contra:

- picos de tensión (*voltage spikes*) o sobretensiones (*overvoltage*)
- reducciones de tensión (*undervoltage* o *brownout*)
- ruido de alta frecuencia y distorsión armónica

- inestabilidad de la frecuencia de red

Una posible clasificación es:

- *offline/standby*, son las más económicas, normalmente el equipo está conectado directamente, cuando se detecta una anomalía se conmuta a alimentación por batería
- *line interactive*, es similar al anterior, pero dispone de un transformador con tomas que permite corregir *overvoltage* y *undervoltage*
- *online/double conversion*, se emplea en entornos donde se desea aislamiento o existan un exceso de fluctuaciones. Es análogo al offline, salvo que ambas conversiones siempre están funcionando