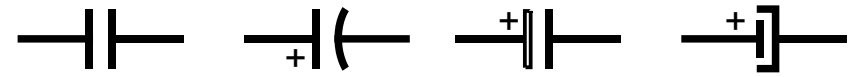
Conectar varios condensadores a un descodificador

iGuadix

1. ¿Qué es un condensador?

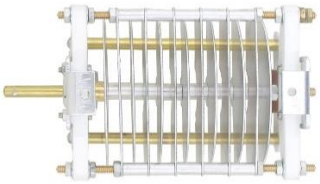
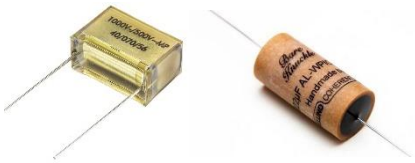
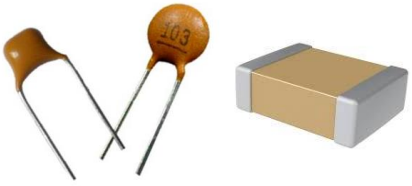
Es un componente electrónico compuesto por dos placas conductoras separadas por un material aislante o dieléctrico. Cuando se le conecta una fuente de alimentación el condensador almacena carga eléctrica cuando hay una diferencia de potencial entre las placas. Es un dispositivo pasivo que actúa como un "depósito" de energía eléctrica.



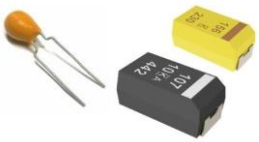
Condensador Condensador polarizado

2. Tipos de condensadores

Los tipos de condensador dependen del dieléctrico utilizado, los hay no polarizados

De aire: Son dos placas o más, paralelas variables o encapsuladas en vidrio y permiten capacidades muy pequeñas y funcionan bien a frecuencias elevadas. Se usaban mucho en radios a válvulas.	
De mica: La mica es un material exfoliable en láminas finas, por lo que la acumulación de láminas permite variar los valores entre las armaduras de aluminio.	
De papel: El papel parafinado o baquelizado es un dieléctrico que se apila enrollado con capas de aluminio que constituyen las armaduras.	
De poliéster o Mylar: Está formado por láminas de poliéster delgadas sobre las que se deposita aluminio que forma las armaduras.	
***Styroflex* o de poliestireno:** Marca registrada por Siemens es un condensador de plástico muy utilizado en radio para lograr estabilidad en los circuitos resonantes.	
Cerámicos: Utiliza como base del dieléctrico cerámica de varios tipos, formados por una lámina o varias de dieléctrico.	

Y también los hay polarizados en los que se utiliza un electrolito como primera armadura, la cual actúa como cátodo. Con la tensión apropiada el electrolito deposita una capa aislante sobre la segunda armadura o cuba (ánodo):

Electrolíticos de aluminio: La cuba es de aluminio y el electrolito una disolución de ácido bórico. Funciona bien a bajas frecuencias y se emplea en fuentes de alimentación. Los hay axiales y radiales.	
De tántalo: Se emplea el tántalo en lugar del aluminio para conseguir corrientes de pérdidas bajas y suelen ser más pequeños que los de aluminio.	
Bipolares: Formados por dos condensadores en serie inversa para corriente alterna. Son inservibles para altas frecuencias.	

☞ Hay que recordar que cada fabricante tiene modelos, colores y formas diferentes y excepto algunos condensadores SMD todos llevan la capacidad y la tensión serigrafiados en una parte visible (para los electrolíticos también se marca el cátodo).

3. Funcionamiento de un condensador

- **Almacenamiento de carga eléctrica:** Cuando se aplica una tensión a través de las placas del condensador se inicia un proceso de carga. Las cargas positivas se acumulan en una placa mientras las negativas lo hacen en la otra creando un campo eléctrico entre las placas.
- **Campo eléctrico:** El campo generado por las cargas almacenadas funciona como un reservorio temporal de energía en forma de carga eléctrica.
- **Almacenamiento de energía:** A medida que se acumulan más cargas en las placas aumenta la capacidad de almacenamiento de energía del condensador.
- **Liberación de energía:** Cuando se conecta el condensador a un circuito se libera la energía almacenada. Las cargas fluyen de una placa a otra generando una corriente eléctrica en el circuito conectado.
- **Descarga:** Después de liberar la energía el condensador se descarga gradualmente hasta una carga eléctrica nula. Este proceso se puede repetir varias veces dependiendo del motivo de la inclusión del condensador en el circuito.

La unidad de medida de la capacidad se refleja en faradios, aunque debido a su magnitud lo habitual es ver subunidades de la misma como microfaradios (µF) y picofaradios (pF).

Su cometido puede ser desde un filtro de señales hasta la estabilización de la tensión y son un componente necesario para la optimización y el control de circuitos eléctricos, especialmente por su capacidad de almacenar y liberar energía de forma eficiente.

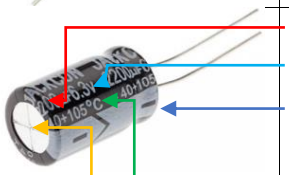
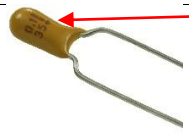
4. Leer el valor de un condensador

Habitualmente y derivado del inglés al condensador también se le conoce como capacitor, así que cuando se busquen por internet será bueno tenerlo en cuenta.

Como en las resistencias los condensadores pueden llevar impresas varias marcas de las cuales, aunque parezca mentira, la principal es la tensión nominal.

- **Capacidad:** representa la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar. Se mide habitualmente en microfaradios (µF) o picofaradios (pF). Dependiendo del tipo de condensador se expresa con un número o con la unidad completa. Se muestra siempre en el encapsulado.
- **Tolerancia:** indica la variación permitida en la capacitancia respecto a su valor nominal, y como en las resistencias se indica con porcentajes (±5%, ±10% y ±20%. Habitualmente no se muestra en el encapsulado.
- **Tensión nominal:** Especifica la máxima tensión que puede aplicarse al condensador sin causar daños o fallos. En los condensadores no polarizados no se suele mostrar en los de disco.
- **GND:** En los condensadores polarizados se indica también el cátodo para tener en cuenta el polo negativo o masa, también puede ser que tengan las patillas asimétricas en la que la más larga es el polo positivo.

En las fotos anteriores en las que hay tipos de condensadores se pueden observar estos datos, pero aquí pongo los ejemplos más típicos para saber estos datos.

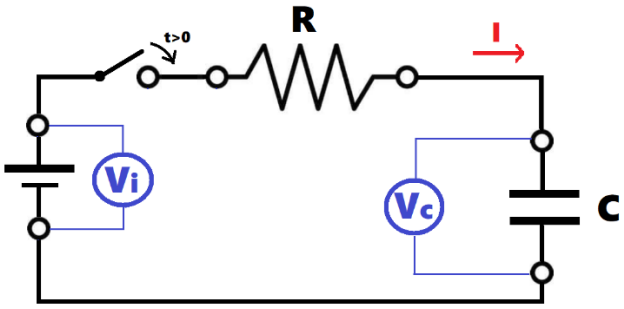
	Indica que este condensador cerámico de disto es de 100 nF. Los dos primeros dígitos son la capacidad y el tercer dígito el multiplicador, por tanto, será: Capacidad del condensador **103** = 10 x 10^3 = 10.000 pF Multiplicador
	Indica el valor del condensador electrolítico en microfaradios y el voltaje nominal 220µF 6,3v. La banda de color significa que se marca la masa o polo negativo. Algunas marcas llevan además la temperatura de trabajo (de -40º a +105º En los condensadores de aluminio axiales hay una marca de seguridad, y en el caso de que se estropee no revienta a los lados sino por la parte marcada.
	En los condensadores de tántalo se marca la capacidad y la tensión, como en los de aluminio, pero se suele marcar el cátodo o polo positivo, marcado con el +.

5. Principio de carga y descarga de un condensador

Cuando se conecta un condensador a una fuente de alimentación en corriente continua, la corriente comienza a fluir hacia las placas del condensador de forma que al principio se realiza muy rápido y luego se va disminuyendo hasta que la tensión en las placas es igual al de la fuente. La corriente cesa cuando el condensador está completamente cargado.

Durante la descarga el proceso sigue una curva exponencial. Al desconectar la fuente de alimentación la carga almacenada fluye en sentido inverso comenzando a liberarse. La corriente inicial es alta al principio y va disminuyendo paralelamente al descenso de tensión en las placas.

Teniendo en cuenta este circuito de carga



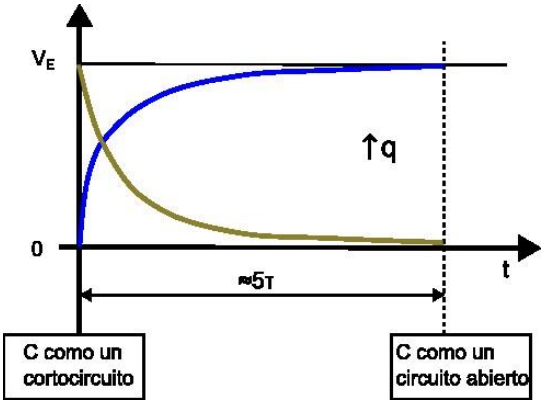
Y los datos de la tabla para dos condensadores distintos y misma resistencia:

Vi:	19v	Constante tiempo:	0,033s
R:	100Ω	Energía:	0,0596 J
C:	330µF	Corriente máx.:	0,19 A

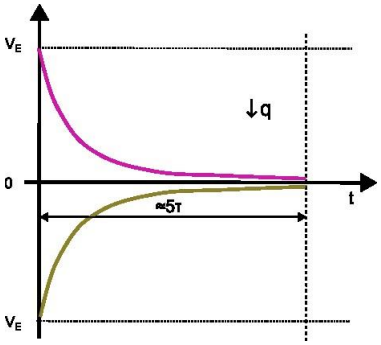
Vi:	19v	Constante tiempo:	0,1s
R:	100Ω	Energía:	0,181 J
C:	1000µF	Corriente máx.:	0,19 A

La constante de tiempo designado por la letra (tau) es **τ = R x C** y según esta constante el condensador se suele considerar cargado totalmente (al 99%) en 5 τ. Por eso el condensador de 330 µF estará cargado en 5 x 0,033s = 0,165s, mientras el de 1000 µF estará cargado en 5 x 0,1s = 0,5s. Así podemos comprobar que el condensador más grande (capacidad de 3 veces el primero) se carga más lento (> 5 veces el primero).

Representación gráfica de la carga:



A la izquierda la gráfica muestra la intensidad de la corriente que baja (curva ocre) según se va cargando el condensador como muestra la azul. Aquí se puede ver como al dar corriente al condensador hay un pico importante de intensidad, motivo por el cual se suele limitar la carga del condensador con la ayuda de una resistencia.



Representación gráfica de la descarga:

En las dos gráficas, tanto la intensidad como la carga disminuyen con el tiempo hasta anularse.

Durante el tiempo de carga del condensador la carga (q) es variable tanto para la carga como para la descarga. Pasado el régimen transitorio (alrededor de 5T) se llega al régimen permanente, que en ambos casos deja la intensidad nula.

6. Asociación de condensadores en serie

Se dice que dos o más condensadores están en serie cuando cada uno de ellos se sitúa a continuación del anterior a lo largo de un solo hilo conductor del circuito.

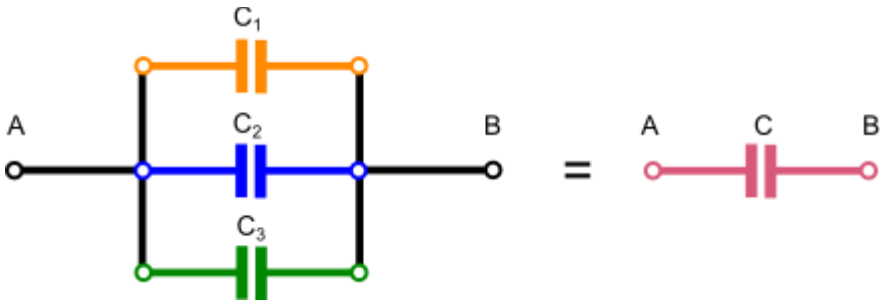
La ecuación que valida este circuito es la siguiente: $\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}=\frac{1}{C}$

Así pues, el conjunto de condensadores se puede sustituir por un condensador que será la suma de las inversas de las capacidades de los otros que están en serie. La corriente que fluye a través de cada condensador es la misma, mientras la tensión total se divide entre los diferentes condensadores.

La aplicación de circuitos en serie es útil cuando se requiere una alta tensión de trabajo o se necesita dividir la misma entre los condensadores, como los filtros de paso alto o circuitos de protección contra sobretensiones o sistemas de almacenamiento de alto voltaje.

7. Asociación de condensadores en paralelo

Cuando dos o más condensadores se conectan patilla a patilla de forma que se produce un haz como muestra la imagen, se dice que están en paralelo.



Una asociación de condensadores en paralelo es equivalente a sumar la capacidad de todos ellos como indica la ecuación.

$$C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_N = C$$

En esta ecuación tenemos que la tensión aplicada a cada condensador es la misma mientras que la corriente total se divide entre los diferentes condensadores.

Esta configuración es útil en aplicaciones donde se requiere una alta capacitancia, como los filtros paso bajo, circuitos de almacenamiento de energía y sistemas de alimentación.

8. Almacenamiento de energía

Dejaremos de lado la utilización de los condensadores en fuentes de alimentación, acoplamiento/desacoplamiento, filtros, temporización o su utilización con osciloscopios para incidir en el caso que nos ocupa en este artículo, el almacenamiento.

Los condensadores se utilizan para almacenar la energía eléctrica como sistemas de respaldo. Los condensadores de ultracapacitancia, también conocidos como supercondensadores, tiene una alta capacidad de almacenamiento de energía y una larga vida útil, pero tienen el problema que están pensados para 2,7 y 5,5V.

Teniendo en cuenta que hay dos opciones comerciales para hacer nuestro respaldo de energía para la locomotora:

- Una con condensadores electrolíticos normales con una tensión nominal mayor.
- Otra con supercondensadores con una capacidad muy alta y tensión reducida.

Y que dependen mucho de las medidas internas entre carrocería y chasis de la locomotora podemos pensar que la primera puede ser cuando tenemos más espacio interno para poner un gran condensador de 1.000 o 2.200 µF y la segunda para intentar poner en espacios más reducidos, aunque por obligación tendríamos que poner varios de ellos en serie para que aumente la tensión máxima a costa de rebajar la capacidad.

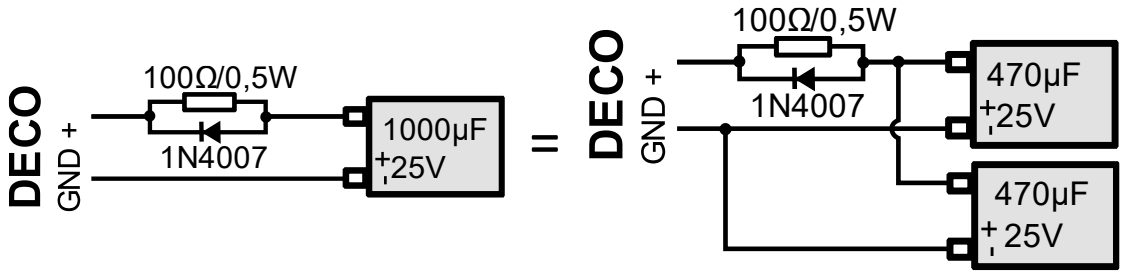
Pero tenemos algunos espacios intermedios en que podemos utilizar otro tipo de condensadores, como los de tántalo o combinación de condensadores del mismo tipo.

9. Condensadores electrolíticos de aluminio en paralelo

La posibilidad mejor siempre sería poner de 330µF o superior con un solo condensador conectado. Pero a veces tenemos que ponerlos más pequeños para que nos quepan en el sitio (mirar la tabla de condensadores DIP):

Medidas	Capacidad / voltaje							
5 x 8 mm		270µF/6,3V	330µF/6,3V					
5 x 9 mm		220µF/16V		470µF/6,3V				
6 x 8 mm	100µF/16V 100µF/35V	220µF/16V 220µF/25V	330µF/10V 330µF/16V	470µF/10V 470µF/25V			47µF/50V	
6 x 9 mm		820µF/6,3V		560µF/10V 560µF/12V	680µF/6,3V			
6 x 11 mm		1.000µF/6,3V		470µF/16V	820µF/6,3V			
6 x 12 mm			330µF/25V		680µF/16V			
6,3 x 14 mm				470µF/25V				
8 x 8 mm						1.000µF/6,3V		
8 x 9 mm				470µF/16V				
8 x 12 mm	100µF/16V 100µF/50V	220µF/35V 220µF/25V	330µF/25V	470µF/16V 470µF/25V	680µF/16V 680µF/25V 820µF/16V	1.000µF/10V 1.000µF/16V	1.200µF/6,3V	1.500µF/6,3V
8 x 20 mm							1.200µF/16V	
10 x 10 mm								1.500µF/6,3V
10 x 12 mm		220µF/35V 220µF/50V		470µF/16V 470µF/35V		1.000µF/16V	1.500µF/10V	2.200µF/6,3V
10 x 17 mm						1.000µF/25V		
10 x 20 mm								2.200µF/16V

La posibilidad de poner condensadores de 10 x 12 mm o 10 x 20 mm, que son los condensadores más grandes de 2.200 o 1.000 µF en muchas locomotoras es inviable debido al poco espacio entre la placa de la locomotora y la carrocería, por lo que se podría intentar poner varios condensadores más pequeños (por ejemplo 6 x 8 mm), por ejemplo, dos o tres de 470µF/25V en paralelo. El esquema completo de todo el montaje sería algo así como se puede ver en la imagen como ejemplo, pero pueden ser muchos más, dependiendo de nuestras limitaciones.



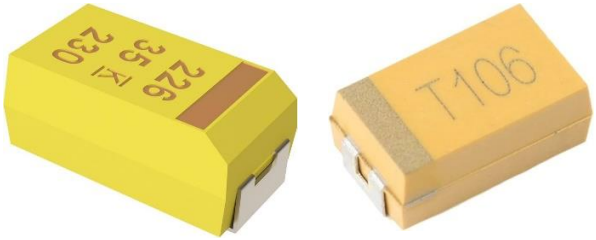
En el montaje de la izquierda tenemos un condensador de 10 x 10 x 17 mm, en la derecha tenemos 12 x 6 x 8 mm en la que los dos condensadores harían una petaca de sólo 6 mm de altura por el doble de anchura, ganando con ello 4 mm que pueden ser cruciales. Los voltajes son los mismos, 25 V en ambos, y los 1.000µF de la izquierda son muy parecidos a la suma de los dos de la derecha, en total 940µF.

10. Condensadores electrolíticos de tántalo

El montaje es muy parecido al anterior, aunque los condensadores de tántalo son más pequeños de tamaño, el problema es que sólo llegan a 35V con capacidades bajas.

En los condensadores de tántalo hay varias medidas totalmente cuadradas y se expresan con letras, en la tabla se expresan algunas de las más comunes:

Código	EIA Code	EIA métrico	Longitud	Anchura	Altura	Patilla in.	Patilla l.
A	1206	3216-18	3.20	1.60	1.60	0.80	1.20
B	1210	3528-21	3.50	2.80	1.90	0.80	2.20
C	2312	6032-28	6	3.20	2.60	1.30	2.20
D	2917	7343-31	7.30	4.30	2.90	1.30	2.40
E	2917	7343-43	7.30	4.30	4.10	1.30	2.40
U	2924	7361-43	7.30	6.10	4.10	1.30	3.10
V	2924	7361-38	7.30	6.10	3.55	1.30	3.10

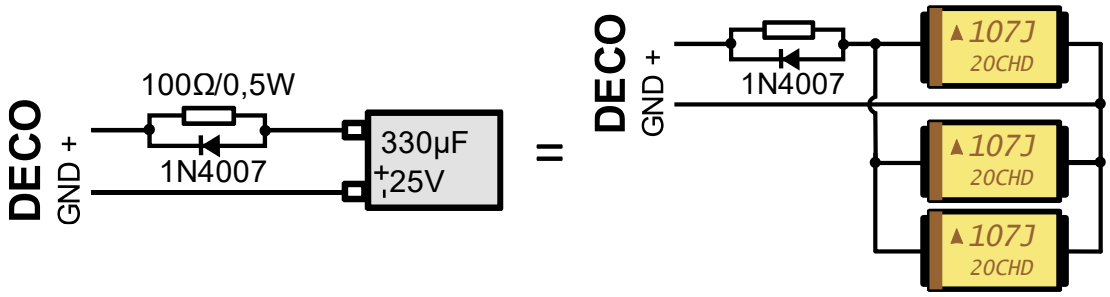


En los encapsulados se pueden dar más o menos informaciones, lo que sí que va es la medida y la capacidad en microfaradios expresada con tres números, los dos primeros son la medida y el tercero el multiplicador.

La capacitancia se explica en picofaradios, por lo que luego hay que reconvertirla a microfaradios (izquierda 22µF y derecha 10 µF). La letra indica el encapsulado SMD y sus

medidas mínimas, con pequeñas tolerancias y la banda significa el terminal positivo, que es diferente que en los condensadores con chasis de aluminio.

El circuito sería el mismo, pero con material más pequeño, resultando que la altura del condensador puede ser de 3 o 4 mm para condensadores grandes y de sólo 1,6 para los pequeños (que podrían incluirse en locomotoras muy pequeñas (tractores H0) o locomotoras de línea de escala N.



Como podemos ver aquí se pueden encontrar condensadores de tántalo de 100µF/25V sin problema, y con un espacio reducido 3 de ellos serían casi equivalentes a uno de aluminio de 330µF/25V.

11. Diferencias entre condensadores de tántalo y de aluminio

Los condensadores electrolíticos de tántalo o con carcasa de aluminio tienen diferencias entre ellos:

- Los condensadores de tántalo a misma capacidad y voltaje son mucho más pequeños, especialmente los SMD.
- Los condensadores de tántalo trabajan a una temperatura más baja (entre 30 y 50 grados de diferencia). Mientras los de aluminio se calientan un poco, los de tántalo siguen con la temperatura ambiente.
- Los condensadores de tántalo tienen un bajo índice de corriente de rizado, mientras los de aluminio lo tienen sensiblemente más alto.
- Los dos tipos pueden rebasar perfectamente su voltaje máximo en más del 10% y no les ocurre nada.
- Ambos, con una corriente elevada, cuando se invierte la corriente se suelen quemar, mientras el electrolítico de aluminio simplemente se descapsula separando las placas, el de tántalo se va requemando y explota, cosa que hay que tener muy en cuenta.
- Los de tántalo trabajan con muchas capacidades a tensiones intermedias, mientras que los de aluminio pueden trabajar con tensiones más altas.
- Los condensadores de aluminio no trabajan bien con temperaturas elevadas por encima de 100 grados, mientras los de tántalo no ofrecen problema de ese tipo.

Se puede obtener más información en este video:

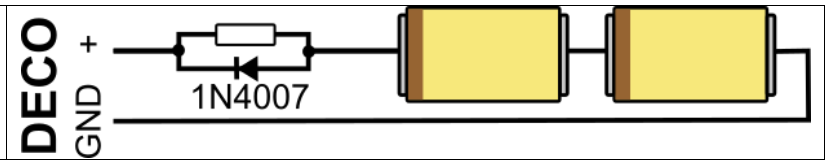
Tantalio vs electrolitico – Pruebas físicas

12. Condensadores en serie

Para este supuesto no tiene utilidad concreta el uso de condensadores electrolíticos de aluminio, ya que con capacidades bajas ya tenemos condensadores con tensiones de 25V.

Partimos del supuesto de tener un condensador de tántalo de 1.500µF / 10V y para que funcione con nuestro descodificador debe conectarse en serie con al menos 5 piezas. Si partimos de la ecuación para calcular la capacidad total tenemos que:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{1500} + \frac{1}{1500}$$



Despejando esta fórmula nos queda que C = 750 µF y la tensión nominal se ha sumado, por tanto 2 x10V = 20V. En este caso no nos saldría a cuenta comprar condensadores de tántalo a un precio de 10€ o más la pieza para que la capacidad se nos quede en la mitad. Debemos tener en cuenta que este condensador es un caso extremo y que otros de menos tensión pueden llegar a ser mucho más baratos, pero entonces deberemos añadir tantos condensadores como sean necesarios para subir a una tensión suficiente (ver capítulo 14).

La otra posibilidad depende ya de las dimensiones dónde queramos hacer caber el respaldo energético, y son los supercondensadores que trabajan a 5,5V y tienen la apariencia de una pila de botón y son de tres tipos según su conexión, del tipo C (axial con las dos patillas hacia un lado), V (dos patillas soldada a cada lado para insertar de lado) y del tipo H (dos patillas soldadas para insertar de frente). La foto despejará todas las dudas.

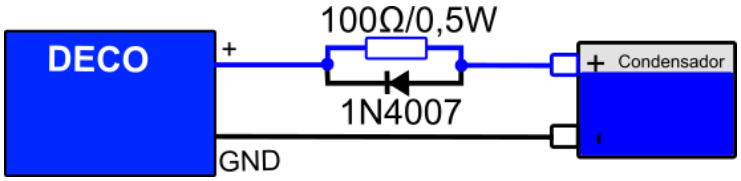
Tipo V Tipo H Tipo C

Tomando la ecuación anterior tenemos que, si todos los supercondensadores son de 0,1F (que es la medida más pequeña que hay en el mercado) nos resulta que la capacidad total es de 20mF (20.000µF) y 27,5V. Si tenemos en cuenta que estos condensadores tienen un precio de entre 1 y 3€, tendremos que multiplicar por cinco para hacer una unidad de respaldo con una capacidad excesiva para nuestros propósitos. Podrían ser de interés para otros usos, como trenes de jardín.

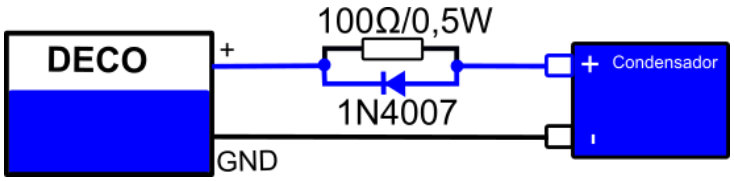
Las medidas suelen ser de 20,5 mm de diámetro por 12,5 mm de altura como mínimo para el axial del tipo C y de 19 mm de diámetro por 23 mm de altura para el tipo V, cosa que nos hace inviable en muchas ocasiones el realizar un conjunto apilado. En el caso del primero sería de 82 (20,5 x 4) x 20,5 x 12,5. El en segundo caso serían de 92 (4 x 23) x 19 x 19. Para el caso del tipo H las medidas serían más comedidas de 19 de diámetro por 9,2 de alto, que nos darán un total de 76 (19 x 4) x 19 x 9,2 mm. Seguramente si recortamos las patillas las medidas bajan.

13. Significado de poner resistencia y diodo al polo positivo

Con palabras de Paco Cañada, cuando la tensión en la vía (V+ del deco) es superior a la tensión que tiene actualmente el condensador, el diodo está polarizado al revés y no conduce por lo que la corriente va desde el deco al condensador a través de la resistencia para cargarlo, esta resistencia evita picos de corriente cuando el condensador está descargado.



Cuando se pierde la tensión en la vía, bajará la tensión del deco rápidamente y habrá un momento en el que la tensión del condensador será mayor que la que le vaya quedando al deco, en ese momento el diodo estará polarizado correctamente y toda la corriente pasará por el diodo, puenteando la resistencia, para alimentar el deco con la energía almacenada en el condensador, según lo explicado en el apartado 5.



14. Tensión de vía versus tensión interna continua

Como todos sabemos la corriente digital es alterna de onda cuadrada, mientras que la tensión interna de funcionamiento del descodificador es continua, separando la señal y dejando la alimentación del motor y las salidas de función.

Todos los descodificadores por tanto utilizarán un puente rectificador. Habitualmente cada diodo de silicio suele tener una caída de tensión de 0,7V. Según las dos fórmulas que se utilizan, que son:

$V_{salidaCC} = V_{pico} - 2V_f$ dónde $V_{pico} = V_{CA\ entrada} \times \sqrt{2}$, *para señal senoidal (entrada central desde trafo) y* $V_{pico}=V_{DCC,}$ para DCC.

Para una entrada de alterna de 16V tenemos una V_{pico} de alrededor de 22,62V

La tensión de salida será de 21,23V descontada la caída de tensión de los dos diodos.

Para una entrada de alterna de 14V tenemos una V_{pico} de alrededor de 19,79V

La tensión de salida será de 18,4V descontada la caída de tensión de los dos diodos.

Teniendo en cuenta que se suelen poner condensadores de 25V en las locomotoras podrían entrar en alterna unos 18V, aunque ya sabemos que por las caídas de tensión en la vía la tensión también fluctúa a la baja, pero es importante tener en cuenta este factor para evitar que los condensadores sufran y se estropeen dentro de nuestro modelo, ya que lo habitual es que salga ácido de su interior con el calentamiento excesivo o incluso pueden llegar a explotar.

15. Problema de la corriente inversa

Un condensador electrolítico está polarizado, por tal motivo, con la polaridad invertida puede llegar a producir daños importantes. El dieléctrico interno deja pasar la corriente en un sentido y no en el contrario. Cuando se conecta incorrectamente en su interior se producirá una reacción química en la capa de óxido creando iones de hidrógeno que provocará por su presión interna la detonación (en el condensador de cápsula de aluminio sale la cápsula disparada) o incendio y explosión (como sucede con los condensadores de tántalo). Aunque para ello sea necesario que haya una tensión o corriente excesivas.

☞ Por tal motivo es de vital importancia que se conecten bien los terminales del condensador, el positivo al cable azul o salida positiva, el negativo a la masa del descodificador o polo negativo del puente rectificador.

16. Conectar a corriente alterna

Al igual que ocurre con corriente continua, al conectar el condensador a una fuente de corriente alterna no reacciona tan rápidamente, pero se calienta en exceso y con el tiempo sobrepasará la temperatura umbral y habrá una deflagración. Con muy poco tiempo suelen ir perdiendo capacidad.

Por tal motivo es igualmente vital no conectar el condensador a los cables de vía directamente, ya que en poco tiempo acabará deflagrando, llegando a esparcir su ácido alrededor. Si ocurre con un tántalo éstos se queman y explotan.

17. Nota del autor

Este es un tutorial sobre condensadores y su montaje en serie y paralelo está pensado para realizar una fuente de respaldo de alimentación para una locomotora en miniatura dependiendo de un descodificador, por lo tanto, no es extrapolable para otros montajes diferentes. En otro artículo ya hablé de otras formas de alimentación de respaldo como los llamados Powerpack, por lo que no me voy a abundar en ello.

El propósito de este artículo es dar información (tampoco exhaustiva) del funcionamiento de los condensadores y su aplicación como respaldo de energía. No observar los fundamentos básicos de la posición de los componentes, cableado o soldadura puede llevar a efectos dramáticos sobre el descodificador, la placa base o incluso la carrocería, por lo que declino la responsabilidad de fallos o daños producidos por un seguimiento inadecuado de este documento sin el cuidado pertinente. Antes de acometer un cambio debería de estar seguro del mismo.