

Condensadores y Supercondensadores: Almacenamiento Rápido de Energía

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Trampas Defensivas

Etiquetas: Sin etiquetas

Condensadores y Supercondensadores: Almacenamiento Rápido de Energía

Los condensadores almacenan energía en un campo eléctrico entre dos placas conductoras separadas por un dieléctrico. A diferencia de las baterías, que almacenan energía mediante reacciones químicas, los condensadores pueden cargarse y descargarse en milisegundos a segundos, soportar cientos de miles de ciclos sin degradación, y funcionar en rangos de temperatura extremos. Los supercondensadores (también llamados ultracondensadores o EDLC — Electric Double-Layer Capacitors) combinan la alta densidad de potencia de los condensadores con capacidades de almacenamiento miles de veces superiores, alcanzando valores de 1 a 3.000 faradios. En supervivencia, los supercondensadores sirven como buffer de energía para paneles solares, arranque de emergencia de vehículos, y alimentación de respaldo para equipos críticos como radios y GPS.

Fundamentos: tipos de condensadores y sus características

Los condensadores se clasifican por su material dieléctrico, que determina sus propiedades eléctricas. Cada tipo tiene un rango óptimo de aplicación que es importante conocer para seleccionar el adecuado en cada circuito.

Tipo

Rango de capacitancia

Voltaje máximo típico

ESR típica

Aplicación principal

Cerámico (MLCC)

1 pF - 100 μ F

6,3 V - 100 V

Desacoplo, filtrado RF, alta frecuencia

Electrolítico aluminio

0,1 μ F - 100.000 μ F

6,3 V - 450 V

0,01 - 5 Ω

Filtrado fuentes de alimentación

Tantalio

0,1 μF - 1.000 μF

4 V - 50 V

0,1 - 3 Ω

Circuitos de precisión, bajo ruido

Film (poliéster/polipropileno)

100 pF - 100 μF

50 V - 2.000 V

Audio, filtros, snubbers

Supercondensador (EDLC)

0,1 F - 3.000 F

2,5 V - 2,7 V por celda

0,001 - 1 Ω

Buffer de energía, arranque, respaldo

La energía almacenada en un condensador se calcula con la fórmula $E = \frac{1}{2} \times C \times V^2$, donde E es la energía en julios (J), C la capacitancia en faradios (F) y V el voltaje en voltios. Un condensador electrolítico de 1.000 μF a 25 V almacena solo 0,31 J, mientras que un supercondensador de 100 F a 2,7 V almacena 364,5 J (equivalente a 0,1 Wh), unas mil veces más.

Supercondensadores: tecnología y parámetros clave

Los supercondensadores EDLC almacenan energía en la interfaz entre un electrodo de carbón activado (con superficie específica de 1.000-2.000 m^2/g) y un electrolito. No hay reacción química, solo acumulación electrostática de iones en la superficie del electrodo. Esto les permite ciclarse más de 500.000 veces frente a las 300-2.000 de una batería de litio.

Voltaje nominal: Las celdas individuales de EDLC tienen un voltaje máximo de 2,5-2,7 V determinado por la ventana electroquímica del electrolito orgánico (acetonitrilo). Superar este voltaje descompone el electrolito y destruye la celda. Para voltajes mayores se conectan celdas en serie: 2 celdas = 5 V, 6 celdas = 16,2 V.

Capacitancia: Los valores comerciales van desde 1 F (tamaño moneda, serie Maxwell BCAP0001) hasta 3.000 F (módulo cilíndrico de 60 × 138 mm, Maxwell BCAP3000). Las celdas más usadas en electrónica son las de 1-10 F en formato radial y las de 100-500 F en formato cilíndrico para aplicaciones de potencia.

ESR (Resistencia Serie Equivalente): La ESR determina la corriente máxima y la velocidad de carga/descarga. Un supercondensador de 100 F típico tiene ESR de 15-30 m Ω , permitiendo corrientes de pico de 40-100 A. Las celdas de 3.000 F alcanzan ESR de 0,29 m Ω con corrientes de pico de miles de amperios.

Autodescarga: El principal inconveniente: los supercondensadores pierden entre el 5 % y el 30 % de su carga en 24 horas (dependiendo del fabricante y la temperatura). A las 72 horas pueden haber perdido el 50-70 %. No son adecuados para almacenamiento a largo plazo, pero sí para buffer y respaldo de corta

duración.

Circuitos de carga y balanceo para supercondensadores en serie

Cuando se conectan supercondensadores en serie para obtener mayor voltaje, las diferencias de capacitancia y corriente de fuga entre celdas provocan que los voltajes se distribuyan desigualmente. Una celda puede recibir más voltaje del nominal y destruirse. El balanceo pasivo o activo es imprescindible.

Balanceo pasivo con resistencias: Conectar una resistencia en paralelo con cada celda (típicamente 10-100 Ω). Las resistencias ecualizan los voltajes por disipación. El valor se elige como compromiso: resistencias bajas ecualizan mejor pero consumen más corriente permanente. Con celdas de 100 F y resistencias de 22 Ω , la corriente de balanceo es ~120 mA a 2,7 V (0,32 W por celda).

Balanceo activo con zener: Un diodo zener de 2,5 V (como el BZX55C2V5) en paralelo con cada celda limita el voltaje máximo. Cuando una celda alcanza 2,5 V, el zener conduce y desvía la corriente excedente. Es más eficiente que las resistencias porque solo consume corriente cuando el voltaje supera el umbral.

Circuito de carga con limitación de corriente: Un supercondensador descargado es casi un cortocircuito (ESR de m Ω). Conectarlo directamente a una fuente produce corrientes de cientos de amperios. Se necesita una resistencia de carga o un regulador de corriente. Ejemplo: para cargar un banco de 6 celdas $\times$ 100 F (16,2 V máximo) desde una batería de 12 V, usar una resistencia de 1 Ω / 10 W que limita la corriente inicial a 12 A y disminuye según se carga el banco.

Configuración

Voltaje total

Capacitancia total

Energía almacenada

Aplicación

2S $\times$ 10 F (2,7 V/celda)

5,4 V

5 F

72,9 J (0,02 Wh)

Buffer para cargador solar USB

6S $\times$ 100 F (2,7 V/celda)

16,2 V

16,7 F

2.187 J (0,6 Wh)

Arranque de emergencia 12 V

6S $\times$ 500 F (2,7 V/celda)

16,2 V

83,3 F

10.935 J (3 Wh)

Arranque de motor diésel

2S × 400 F (2,7 V/celda)

5,4 V

200 F

2.916 J (0,8 Wh)

Respaldo para radio VHF

Aplicaciones prácticas en supervivencia

Los supercondensadores complementan a las baterías de litio en aplicaciones donde se necesita alta corriente instantánea, carga ultrarrápida o funcionamiento en temperaturas extremas (los EDLC operan de -40 °C a +65 °C, mientras que las baterías de litio fallan por debajo de -20 °C).

Arrancador de emergencia para vehículos: Un banco de 6 supercondensadores de 500 F / 2,7 V en serie produce 16,2 V con una ESR combinada de ~6 mΩ, capaz de entregar 500+ A de pico para arrancar un motor de gasolina. Se carga desde otra batería en 30-60 segundos (frente a los 10-15 minutos de unas pinzas convencionales con batería débil). Productos comerciales como el Autowit SuperCap 2 usan esta tecnología.

Buffer para paneles solares: Un banco de 2S × 50 F entre el panel solar y el regulador absorbe las fluctuaciones por nubes y mantiene el regulador funcionando durante interrupciones de 5-15 segundos. Esto evita los cortes de carga que dañan las baterías de litio y reinician dispositivos.

Alimentación de flash o señalización: Un supercondensador de 10 F / 2,7 V puede alimentar un LED de alta potencia (3 W) durante 8-10 segundos de pulso o una serie de destellos durante varios minutos. Ideal para señalización de emergencia con recarga rápida (10 segundos desde una pila AA).

Sustitución temporal de pilas: Dos supercondensadores de 10 F / 2,7 V en serie (5,4 V, 5 F) pueden sustituir temporalmente 4 pilas AA (6 V) en dispositivos de bajo consumo como relojes o sensores. La autonomía es mucho menor (minutos a horas según consumo) pero la recarga es instantánea.

⚠ **Advertencia:** Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.