



Operación en Paralelo de Fuentes de Alimentación con Sistemas de Usuario

En el diseño de sistemas, a veces es necesario conectar fuentes de alimentación (PSU) en paralelo para obtener una potencia mayor de la que proporciona una sola fuente de alimentación y/o para proporcionar redundancia en el sistema. En el siguiente artículo, explicaremos los tipos de conexiones en paralelo que pueden utilizarse para aumentar la potencia y configurar sistemas de redundancia.

TIPOS DE PARALELISMO

1. MÉTODO DE CONEXIÓN DIRECTA

Un método aparentemente simple consiste en conectar directamente las fuentes de alimentación, sin intervención adicional. Sin embargo, en la práctica, debido a pequeñas diferencias en los parámetros eléctricos entre las unidades, una fuente puede presentar un voltaje de salida ligeramente superior e intentar suministrar la carga completa. Esto puede hacer que entre en su límite de corriente y se apague. Además, pueden producirse problemas térmicos que reduzcan la vida útil del equipo. Las demás fuentes seguirán una secuencia similar.

Algunas PSU están diseñadas para compartir carga de forma moderada, pero siempre se deben revisar las especificaciones del fabricante para asegurarse de que son adecuadas para este propósito.

Este método es el menos recomendable, ya que no permite un reparto de corriente equilibrado ni una buena estabilidad. Si se opta por esta solución, deben considerarse las siguientes recomendaciones:

- a. Utilizar fuentes de alimentación idénticas, con características eléctricas completamente coincidentes.
- b. Seleccionar unidades con función de **límite de corriente constante**. Los modos de límite de corriente por retroceso, *hiccup* o con retardo pueden provocar fallos y/o apagados.
- c. Ajustar el voltaje de salida de cada fuente lo más cercano posible entre ellas (dentro de unos pocos milivoltios). Se recomienda usar fuentes con potenciómetros multivuelta de

precisión. Los de una sola vuelta pueden no ofrecer el ajuste necesario.

d. Asegurar que la **longitud y el calibre de los cables de salida** hacia la carga sean lo más iguales posible. No se deben encadenar las conexiones (*daisy chaining*).

e. La precisión del ajuste de voltaje puede variar con la temperatura y el tiempo. Por ello, las PSU deben estar colocadas físicamente juntas para minimizar diferencias térmicas.

f. Se recomienda dimensionar la potencia de salida total con un margen de seguridad:

Potencia máxima total recomendada < (N × 80% × potencia nominal individual)

Por ejemplo, si se conectan en paralelo 2 PSU de 120 W, la potencia total recomendada será:

$$(2 \times 120 \text{ W}) \times 0,8 = 192 \text{ W}$$

TIPOS DE CONEXIÓN EN PARALELO

Un método aparentemente simple es conectar las fuentes de alimentación directamente sin ninguna intervención del usuario. En la práctica, debido a pequeñas diferencias paramétricas entre las fuentes de alimentación, una de ellas tendrá un voltaje de salida ligeramente más alto e intentará suministrar toda la corriente de carga, lo que podría hacer que alcance su límite de corriente y posiblemente se apague. También pueden surgir problemas térmicos, reduciendo la vida útil de la unidad. La siguiente fuente de alimentación seguiría un proceso similar.

Algunas PSU pueden configurarse para compartir la carga hasta cierto nivel, pero se deben verificar las especificaciones del fabricante para garantizar su idoneidad.

Este método es el menos deseable porque no se puede lograr un equilibrio de corriente preciso y es difícil de configurar y mantener estable. Para este método, se deben considerar los siguientes aspectos:

- a. Utilizar fuentes de alimentación idénticas con características similares.
- b. Seleccionar unidades con función de límite de corriente constante. Características como "foldback", "hiccup" o "latching" pueden provocar fallos o apagados.
- c. Ajustar el voltaje de salida de cada fuente de alimentación lo más cercano posible (dentro de unos pocos mV). Es recomendable usar fuentes de alimentación con potenciómetros de ajuste de múltiples vueltas.

- d. La longitud y el calibre de cada cable conectado a la carga deben ser lo más similares posible. No utilizar conexiones en cadena.
- e. La precisión del ajuste de voltaje puede desviarse con la temperatura con el tiempo. Las fuentes de alimentación deben ubicarse juntas para minimizar las diferencias de temperatura.
- f. Se recomienda operar las fuentes de alimentación con una potencia de salida total máxima < ($N \times 80\% \times$ potencia nominal). Por ejemplo, si se conectan en paralelo 2 unidades de 120 W, la potencia de salida total recomendada sería $(2 \times 120W) \times 0.8 = 192W$.

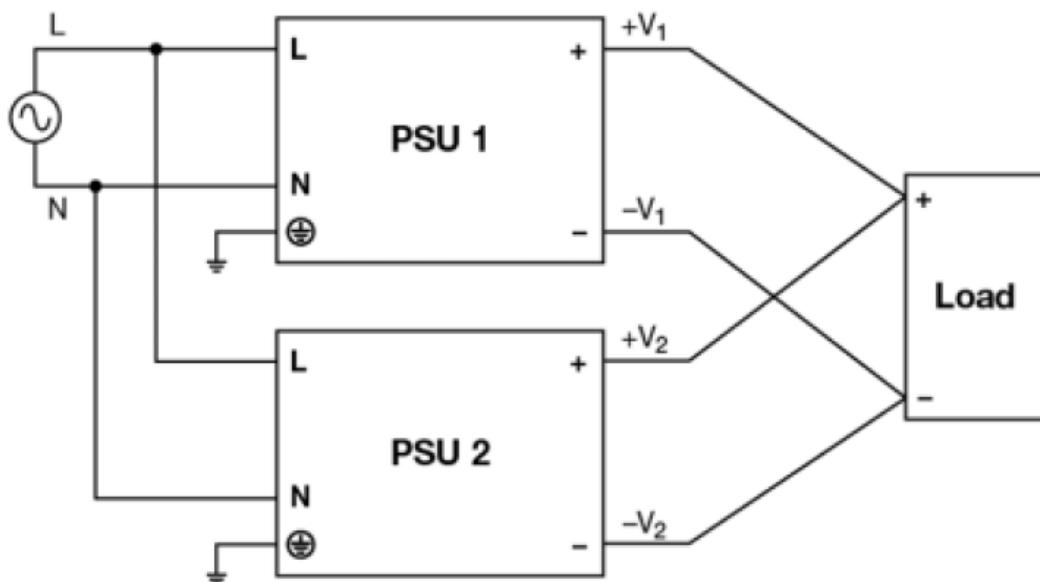


Fig-1: Método de conexión directa (1+1)

Las técnicas de compartición de corriente pasiva o activa son las preferidas para lograr una distribución equilibrada de la carga entre las fuentes de alimentación, tanto en aplicaciones de mayor potencia como en aplicaciones redundantes.

2. COMPARTICIÓN DE CORRIENTE PASIVA

El modo "droop" (modo pasivo) es un método simple y pragmático utilizado en aplicaciones que pueden tolerar cierta degradación en la regulación del voltaje en comparación con una



sola fuente de alimentación. Generalmente, se utiliza en unidades de 12V, 24V y 48V para alimentar motores, relés, solenoides, PLC y convertidores DC-DC.

Las aplicaciones de voltaje más bajo, por ejemplo, los circuitos lógicos de alimentación de 3V3 y 5 V, pueden no tolerar el nivel de regulación de voltaje en el modo de caída y serían más adecuadas para el uso compartido de corrientes activas.

Algunos fabricantes ofrecen productos con capacidad de caída especificada que pueden habilitarse mediante un interruptor selector o una conexión de puente.

Las aplicaciones de bajo voltaje, como circuitos lógicos de 3.3V y 5V, pueden no tolerar el nivel de regulación de voltaje en modo "droop" y serían más adecuadas para la compartición de corriente activa. Ciertos fabricantes ofrecen productos con capacidad de "droop" especificada, que puede activarse mediante un interruptor selector o una conexión con puente.

En este modo, la fuente de alimentación tiene una caída de voltaje interna habilitada, lo que provoca que el voltaje de salida disminuya a medida que aumenta la corriente. La caída de voltaje varía según el modelo, pero suele estar en el rango del 2.5% al 5% desde carga cero hasta la carga máxima.

El ajuste del voltaje de salida de cada fuente de alimentación debe realizarse sin carga para que coincidan lo más posible. En la práctica, una unidad siempre tendrá un voltaje ligeramente más alto y comenzará a suministrar la corriente de carga hasta que su voltaje disminuya y coincida con el de la segunda unidad, momento en el que ambas comenzarán a compartir la carga.

Para un rendimiento óptimo, se deben observar las mismas precauciones del método de conexión directa, como selección de unidades idénticas, ajuste preciso del voltaje, cables de igual longitud y temperatura uniforme. Se puede lograr una precisión de compartición de 60:40 o mejor.

COMPARTICIÓN DE CORRIENTE ACTIVA

Esta técnica utiliza un circuito de control interno conectado (con un cable de compartición de corriente) que garantiza la sincronización exacta del voltaje de salida de cada fuente de alimentación y distribuye equitativamente la carga. Se deben evitar longitudes de cable largas para prevenir interferencias.

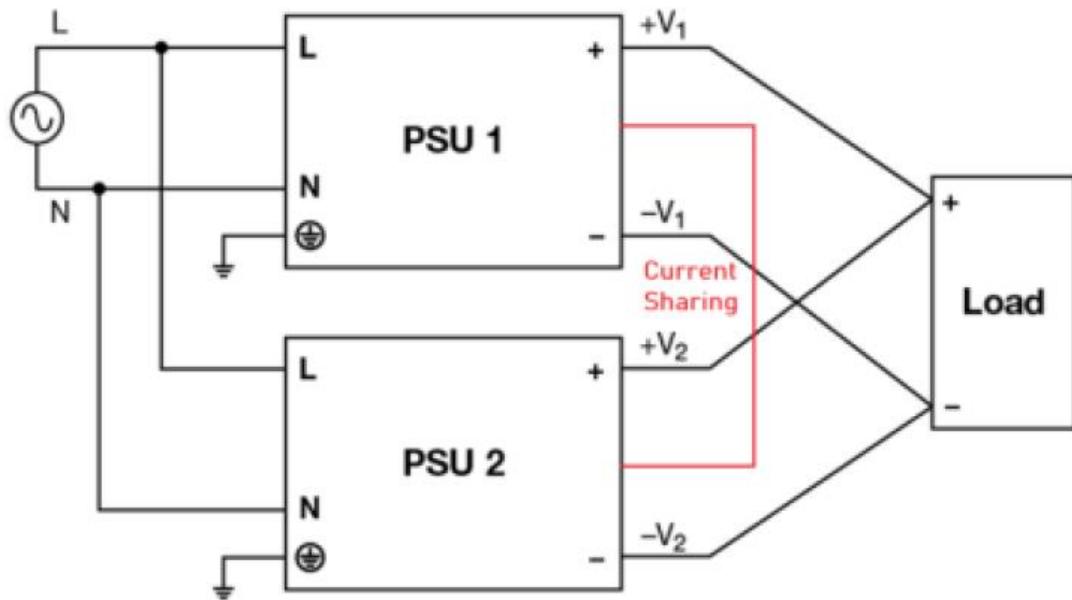


Fig-2: Compartición de corriente activa (1+1)

2. REDUNDANCIA DEL SISTEMA

La idea de la operación redundante consiste en utilizar más fuentes de alimentación (PSUs) para alimentar la misma carga, de manera que, en caso de fallo de una fuente de alimentación, la carga total pueda transferirse a las demás PSUs para garantizar una entrega continua de energía. Este método se emplea en aplicaciones donde el tiempo de actividad del sistema es crítico.

Para lograr una verdadera redundancia, cada fuente de alimentación debe tener entradas de corriente alterna (AC) independientes o un sistema de respaldo, como baterías o un generador, por ejemplo.

En una operación redundante, las PSUs deben estar aisladas mediante diodos ORing/FETs o módulos de redundancia. Esto garantizará la protección contra el flujo inverso de corriente en caso de un fallo en la salida de una de



las fuentes de alimentación. Se pueden seleccionar diferentes tipos de PSUs dependiendo de los requisitos específicos del sistema final. El uso compartido activo o pasivo de corriente puede implementarse según el modelo de PSU elegido.

Las fuentes de alimentación intercambiables en caliente (hot swap) contienen un diodo ORing o MOSFET interno, lo que simplifica la integración del sistema y la sustitución de PSUs defectuosas.

Algunos fabricantes ofrecen gamas específicas de fuentes de alimentación integradas (montaje en chasis) con diodos/MOSFETs internos, pero las PSUs sin esta característica también pueden utilizarse añadiendo diodos o MOSFETs externos, lo cual requiere un circuito externo adicional para su control. Existen circuitos integrados (ICs) propietarios que simplifican esta implementación; sin embargo, este circuito puede convertirse en un único punto de falla.

Un módulo dedicado de redundancia para montaje en riel DIN puede utilizarse con 2 PSUs idénticas montadas en riel DIN, lo que permite una instalación sencilla con 3 módulos para redundancia (1+1). Este sistema puede expandirse fácilmente a N+1 añadiendo más fuentes de alimentación y módulos de redundancia adicionales.

La idea de la operación redundante consiste en utilizar más fuentes de alimentación (PSUs) para alimentar la misma carga, de manera que, en caso de fallo de una fuente de alimentación, la carga total pueda transferirse a las demás PSUs para garantizar una entrega continua de energía. Este método se emplea en aplicaciones donde el tiempo de actividad del sistema es crítico.

Para lograr una verdadera redundancia, cada fuente de alimentación debe tener entradas de corriente alterna (AC) independientes o un sistema de respaldo, como baterías o un generador, por ejemplo.



En una operación redundante, las PSUs deben estar aisladas mediante diodos ORing/FETs o módulos de redundancia. Esto garantizará la protección contra el flujo inverso de corriente en caso de un fallo en la salida de una de las fuentes de alimentación. Se pueden seleccionar diferentes tipos de PSUs dependiendo de los requisitos específicos del sistema final. El uso compartido activo o pasivo de corriente puede implementarse según el modelo de PSU elegido.

Las fuentes de alimentación intercambiables en caliente (hot swap) contienen un diodo ORing o MOSFET interno, lo que simplifica la integración del sistema y la sustitución de PSUs defectuosas.

Algunos fabricantes ofrecen gamas específicas de fuentes de alimentación integradas (montaje en chasis) con diodos/MOSFETs internos, pero las PSUs sin esta característica también pueden utilizarse añadiendo diodos o MOSFETs externos, lo cual requiere un circuito externo adicional para su control. Existen circuitos integrados (ICs) propietarios que simplifican esta implementación; sin embargo, este circuito puede convertirse en un único punto de falla.

Un módulo dedicado de redundancia para montaje en riel DIN puede utilizarse con 2 PSUs idénticas montadas en riel DIN, lo que permite una instalación sencilla con 3 módulos para redundancia (1+1). Este sistema puede expandirse fácilmente a N+1 añadiendo más fuentes

de alimentación y módulos de redundancia adicionales.

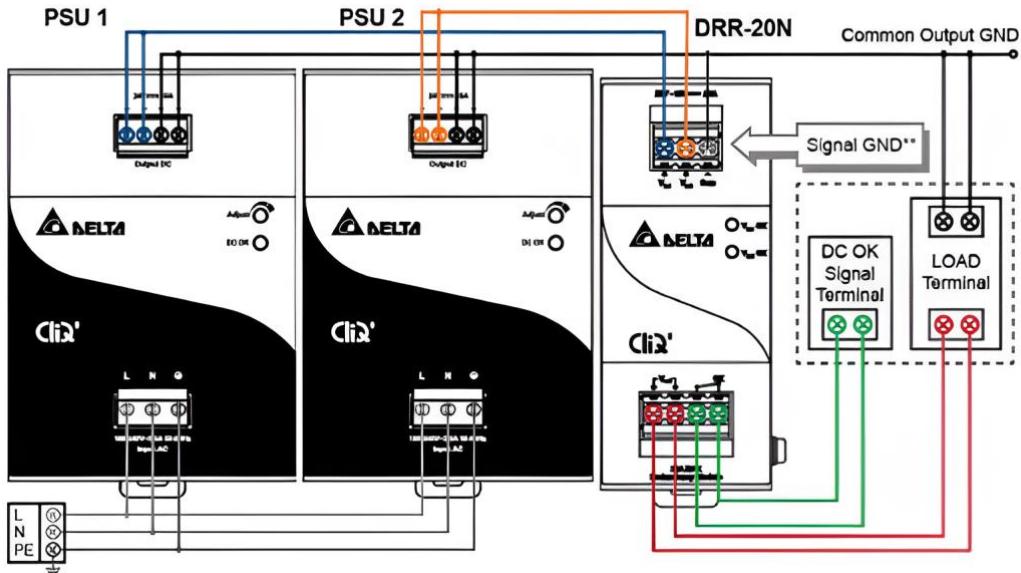


Fig-3: con módulo de redundancia (1+1)

Según la aplicación, el modo redundante puede ser de tipo (1+1) o (N+1).

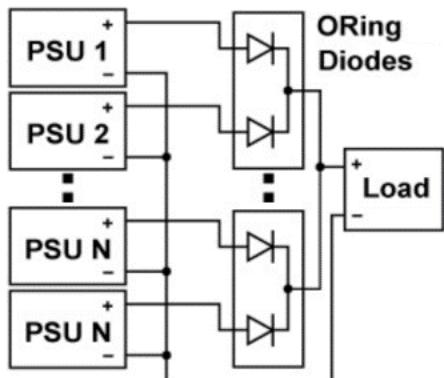


Fig-4: con Diodos ORing (N+1)

Elija diodos Schottky para minimizar las pérdidas de potencia, ya que estos tienen una caída de tensión directa más baja (típicamente entre 0,15 y 0,45V) en comparación con los diodos de silicio estándar (0,7V). La caída de tensión aumenta con la temperatura, por lo que será necesaria una buena gestión térmica mediante disipadores de calor. Para garantizar un aumento manejable de la temperatura del dispositivo y también mejorar la fiabilidad, la clasificación de corriente del diodo ORing debe ser al menos 2 veces la corriente de carga de

salida, y la clasificación de tensión inversa debe ser 2 veces la tensión de salida de la fuente de alimentación.

"Elija diodos Schottky para minimizar las pérdidas de energía, ya que estos tienen una caída de voltaje directo más baja (generalmente entre 0,15 y 0,45 V) en comparación con los diodos de silicio estándar (0,7 V). La caída de tensión aumenta con la temperatura, por lo que será necesaria una buena gestión térmica mediante el uso de un disipador de calor. Para garantizar un aumento de temperatura manejable en el dispositivo y mejorar la confiabilidad, la corriente nominal del diodo debe ser al menos 2 veces la corriente de carga de salida, y la clasificación del voltaje inverso debe ser 2 veces el voltaje de salida de la fuente de alimentación.

Para aplicaciones de mayor corriente más alta, las pérdidas de potencia asociadas con los diodos pueden ser resultar inaceptables. Una solución alternativa es utilizar MOSFETs usados MOSFETs configurados para su uso funcionar como un diodo casi ideal, lo que proporciona una caída de tensión directa voltaje directo mucho menor y, por lo tanto, una disipación de potencia significativamente menor. Los circuitos integrados de controladores adecuados están comúnmente disponibles.".

FUENTES DE ALIMENTACIÓN ESTÁNDAR DELTA QUE ADMITEN EL USO COMPARTIDO DE CORRIENTE ACTIVA

[Fuentes de alimentación cerradas de la serie MEB para uso industrial y médico](#)



- Potencia de salida: 500W ~ 2500W
- Uso compartido de corriente activa
- 2 x Aislamiento MOPP adecuado para productos de tipo BF
- Requisitos de IEC 60601-1-2 Ed. 4
- Compatible con PMBus versión 1.3

- Velocidad inteligente del ventilador

[Fuentes de alimentación cerradas de la serie IMA PLUS para uso industrial y médico](#)



- Potencia de salida: 400W ~ 2000W
- Potencia máxima de 3000 vatios (hasta 5 s)
- Uso compartido de corriente activa
- Potencia en espera < 2 vatios
- Amplio rango de voltaje de salida ajustable (+/- 20%)
- Salida en espera 5 Vdc / 2 A

Para la compra y el servicio local de fuentes de alimentación industriales y médicas, póngase en contacto con nuestros distribuidores autorizados.

MECTER,

Pere Graugés

Ctra. del Mig, nº 53 – 2^a Plta.

08907 L'Hospitalet de Llobregat

Barcelona

pgrauges@mecter.com