

Amplificador de CC – DC amplifier

Authored by
memjavad

December 2, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *Amplificador de CC – DC amplifier*. Spanish Psychological Databases.
Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=6686>

Amplificador de Corriente Continua (Amplificador de CC)

Primary Disciplinary Field(s): Ingeniería Electrónica, Teoría de Circuitos, Instrumentación

1. Definición Central

El **amplificador de corriente continua (CC)**, también conocido como amplificador de acoplamiento directo o amplificador de banda base, es un tipo de circuito electrónico diseñado específicamente para aumentar la magnitud de señales que varían muy lentamente en el tiempo, incluyendo la propia componente de corriente continua (frecuencia cero) y las señales de muy baja frecuencia. A diferencia de los amplificadores de corriente alterna (CA), que utilizan condensadores de acoplamiento para bloquear la componente de CC y centrarse únicamente en la señal variable, el amplificador de CC debe ser capaz de manejar y amplificar la tensión de desplazamiento (offset) inherente y cualquier señal cuya frecuencia se aproxime a cero hercios. Esta capacidad es fundamental en sistemas donde la información está contenida en el nivel absoluto de voltaje, como ocurre en la salida de muchos sensores o transductores.

La función primordial de un amplificador es proporcionar ganancia de voltaje o potencia, pero en el contexto de la CC, esto implica que la relación entre la señal de salida y la señal de entrada debe mantenerse constante desde una frecuencia de 0 Hz hasta el límite superior de la banda de paso. Un amplificador de CC ideal amplificaría fielmente tanto una señal constante (CC pura) como una señal que cambie extremadamente lento (casi CC), sin introducir distorsión significativa o deriva indeseada. Esta característica lo convierte en un componente indispensable en la interfaz entre el mundo físico (medido por sensores) y los sistemas de procesamiento de datos o control, donde las variaciones de temperatura, presión o luz se traducen en pequeños cambios de voltaje de CC.

Es crucial notar que el término **acoplamiento directo** se refiere a la ausencia de elementos de acoplamiento capacitivo o inductivo entre las etapas de amplificación. Si bien los condensadores son excelentes para bloquear la CC y aislar las etapas de polarización, su presencia impediría la amplificación de la señal de frecuencia cero, haciendo imposible la función del amplificador de CC. Por lo tanto, el diseño de estos amplificadores requiere una cuidadosa gestión de las tensiones de polarización y los puntos de operación de cada transistor o componente activo para asegurar que el desplazamiento de CC (offset) en la entrada se mantenga dentro de límites manejables y predecibles a lo largo de todas las etapas de ganancia.

2. Principios Operacionales y Necesidad

El principio de operación del amplificador de CC radica en su capacidad para mantener un camino conductivo para la señal de frecuencia cero. En la electrónica moderna, esta función es típicamente realizada por [amplificadores operacionales \(Op-Amps\)](#), que son, por diseño, amplificadores de CC de acoplamiento directo de muy alta ganancia. La necesidad de estos

amplificadores surge en cualquier aplicación donde la magnitud absoluta de la señal eléctrica transporta la información. Por ejemplo, un termopar genera una pequeña tensión de CC proporcional a la diferencia de temperatura; si esta tensión se filtra mediante un condensador de acoplamiento, la información de temperatura se pierde.

La amplificación de señales de CC o de muy baja frecuencia presenta desafíos únicos que no se encuentran en la amplificación de CA. El principal desafío es la **estabilidad del punto de operación**. Cualquier variación en los parámetros del componente activo (transistor o tubo de vacío), causada por cambios en la temperatura ambiente o el envejecimiento, se amplifica junto con la señal. Estos cambios se manifiestan como una "deriva" (drift) en el voltaje de salida, que puede ser indistinguible de la señal de entrada real, lo que compromete la precisión del sistema. Por lo tanto, el diseño de un amplificador de CC exitoso se centra tanto en la amplificación de la señal deseada como en la minimización de esta deriva inherente.

En la práctica, la necesidad de amplificadores de CC se extiende a la medición de potenciales biológicos (como en los electroencefalogramas o [ECG](#)), donde las señales son extremadamente lentas y débiles, y en sistemas de control industrial y aeroespacial. La respuesta de frecuencia de estos dispositivos comienza en 0 Hz y se extiende hasta la frecuencia de corte superior (fT). Esta característica de banda ancha hace que los amplificadores de CC sean fundamentales en osciloscopios de propósito general y sistemas de adquisición de datos que deben capturar señales lentas o transitorios de larga duración.

3. Tipos Fundamentales de Amplificadores de CC

Aunque el amplificador operacional moderno domina el panorama de la amplificación de CC, existen varias topologías fundamentales que han sido cruciales históricamente y que aún se emplean en diseños discretos o especializados. Estos tipos se distinguen principalmente por cómo manejan la polarización y la deriva.

Amplificadores de Acoplamiento Directo (Direct Coupled Amplifiers): Esta es la forma más simple, donde las etapas se conectan directamente sin condensadores ni transformadores. Aunque ofrece la respuesta de frecuencia más amplia (incluyendo CC), sufre gravemente de deriva. La tensión de polarización de una etapa se convierte directamente en la tensión de entrada de la siguiente, amplificando progresivamente cualquier error de desplazamiento (offset) acumulado.

Amplificadores Diferenciales (Differential Amplifiers): Esta topología es la base de casi todos los Op-Amps modernos. Utiliza dos transistores emparejados (o FETs) y amplifica la diferencia entre dos señales de entrada. El beneficio clave es la capacidad de rechazar el ruido de modo común, incluida la deriva inducida por la temperatura, ya que si ambos transistores derivan de manera similar, el efecto se cancela en la salida diferencial. Esto mejora drásticamente la

estabilidad de la CC.

Amplificadores Chopper (Chopper Amplifiers): Diseñados específicamente para contrarrestar la deriva, estos amplificadores convierten la señal de entrada de CC de muy baja frecuencia en una señal de CA de alta frecuencia (modulación), la amplifican como CA (donde la deriva es menos problemática), y luego la demodulan de nuevo a CC. Este proceso elimina la deriva del amplificador principal, permitiendo la amplificación de señales extremadamente débiles con una precisión excepcional.

Amplificadores de Deriva Cero (Zero-Drift Amplifiers, incluyendo Auto-Cero y Chopper estabilizados): Estos son diseños modernos que utilizan técnicas de muestreo y corrección automática (autocorrección) para medir continuamente la tensión de desplazamiento (offset) del amplificador y aplicar una retroalimentación correctiva para cancelarla. Esto resulta en una deriva de tensión de entrada extremadamente baja, a menudo en el rango de nanovoltios por grado Celsius.

La elección entre estas tipologías depende de la aplicación específica. Para la amplificación de señales de CC de alta precisión, como en la instrumentación científica, las estructuras diferenciales y las técnicas de [amplificación chopper](#) son preferidas debido a su superior rechazo a la deriva y al ruido de modo común.

4. Desafíos Técnicos y Deriva

El principal obstáculo en el diseño de amplificadores de CC es la minimización de la **deriva de CC** (DC drift). La deriva se define como el cambio lento e involuntario en el voltaje de salida del amplificador que no es causado por la señal de entrada. Este fenómeno puede ser atribuido a múltiples factores, pero los más significativos son las variaciones térmicas y el ruido de baja frecuencia.

Las **variaciones térmicas** afectan directamente a los parámetros de los semiconductores, especialmente la corriente de fuga del colector (I_{CEO}) y el voltaje base-emisor (V_{BE}) de los transistores de unión bipolar (BJT). Un cambio de temperatura de un solo grado Celsius puede alterar significativamente estos parámetros, moviendo el punto de operación y generando una tensión de desplazamiento en la entrada que, una vez amplificada por la alta ganancia del circuito, resulta en un error sustancial en la salida. En un amplificador de acoplamiento directo de múltiples etapas, si cada etapa contribuye con un pequeño error de deriva, estos errores se acumulan y amplifican progresivamente, haciendo que la salida sea inestable o inútil para mediciones de precisión.

Otro desafío importante es el **ruido de baja frecuencia**, particularmente el ruido $1/f$ (ruido rosa o ruido de parpadeo). Este ruido tiene una densidad de potencia que aumenta a medida que la

frecuencia disminuye. Dado que un amplificador de CC debe operar hasta 0 Hz, es inherentemente susceptible a este tipo de ruido. El ruido $1/f$ puede ser indistinguible de una señal de entrada de muy baja frecuencia, limitando la sensibilidad mínima que puede detectar el amplificador. Técnicas como el uso de amplificadores chopper, que trasladan la señal a una banda de frecuencia más alta donde el ruido $1/f$ es menor, son esenciales para superar esta limitación en aplicaciones críticas.

5. Estructuras de Diseño para Mitigación

Para contrarrestar los problemas de deriva y ruido inherentes a la amplificación de CC, los ingenieros han desarrollado varias estructuras de diseño avanzadas. La más fundamental y ubicua es el uso de la **configuración diferencial**. Al utilizar pares de transistores térmicamente acoplados (a menudo fabricados en el mismo sustrato de silicio para asegurar que compartan la misma temperatura), la tensión de desplazamiento causada por la temperatura tiende a ser igual en ambos lados del par diferencial. Dado que el amplificador solo responde a la diferencia entre las entradas, los errores de modo común (incluida la deriva térmica) se cancelan eficazmente, lo que se mide por la alta Tasa de Rechazo de Modo Común ([CMRR](#)).

Una técnica de mitigación más sofisticada es el **amplificador con modulación y desmodulación** (Chopper Amplifier). En esta arquitectura, la señal de CC de entrada se conmuta periódicamente (modula) a una frecuencia portadora (típicamente de 1 kHz a 100 kHz). La señal modulada es entonces una señal de CA de frecuencia conocida, que puede ser amplificada por un amplificador de CA estándar que no sufre de deriva de CC. Finalmente, la señal amplificada se desmodula sincrónicamente para restaurar la componente de CC original. Este método garantiza que la deriva del amplificador principal no se mezcle con la señal, ya que la deriva ocurre a 0 Hz, mientras que la señal está en la frecuencia portadora.

En la electrónica moderna, la **autocorrección o auto-cero** es la técnica dominante en los amplificadores de muy bajo ruido y deriva. Estos circuitos utilizan un sistema de conmutación interno que periódicamente desconecta brevemente la entrada y mide su propio voltaje de desplazamiento (offset) residual. Esta medición se almacena y se utiliza para inyectar una corriente de corrección que anula el desplazamiento. Al realizar esta corrección cientos o miles de veces por segundo, el amplificador mantiene una deriva mínima, a menudo inferior a 10 nV/°C. Estos amplificadores de deriva cero son esenciales en aplicaciones de instrumentación de precisión donde la estabilidad a largo plazo es crítica.

6. Aplicaciones Cruciales

La capacidad de amplificar señales de frecuencia cero y muy baja hace que los amplificadores de CC sean vitales en una amplia gama de campos, desde la medicina hasta la ingeniería de control

industrial. Su aplicación más fundamental reside en la **instrumentación y adquisición de datos**. Cualquier transductor o sensor que convierta una magnitud física (como temperatura, presión, fuerza, o pH) en una tensión de salida de CC requiere un amplificador de CC para acondicionar esa señal antes de la digitalización por un convertidor analógico-digital (ADC).

En el campo de la **medicina y la bioelectrónica**, los amplificadores de CC son imprescindibles. Las señales biológicas como el electrocardiograma (ECG), el electroencefalograma (EEG) y el electromiograma (EMG) son inherentemente señales de muy baja frecuencia y baja amplitud que contienen importantes componentes de CC. La amplificación de estas señales con alta ganancia y mínima deriva es crucial para el diagnóstico médico. Por ejemplo, la medición del potencial de membrana celular o el potencial de acción requiere amplificadores de CC con impedancia de entrada extremadamente alta y ruido ultrabajo.

Además, los amplificadores de CC son componentes esenciales en **sistemas de control y servomecanismos**. En un sistema de control de retroalimentación, el error entre el valor deseado (setpoint) y el valor medido suele ser una señal de CC que debe amplificarse para impulsar un actuador (como un motor de CC o una válvula). La precisión y la velocidad de respuesta del sistema de control dependen directamente de la estabilidad y la linealidad del amplificador de CC utilizado en el bucle de retroalimentación. Un ejemplo clásico es el uso de amplificadores de potencia de CC para controlar la velocidad y la posición de motores de precisión.

7. Evolución Histórica y Tecnología

Históricamente, los primeros amplificadores de CC utilizaban **tubos de vacío** y sufrían enormemente de inestabilidad térmica y deriva. El desafío era mantener las tensiones de filamento y placa constantes para evitar que los parámetros del tubo cambiaran. La invención de las fuentes de alimentación reguladas fue un paso crucial, pero la deriva inherente seguía siendo una limitación severa que restringía el uso de amplificadores de CC a aplicaciones donde la precisión absoluta no era crítica.

La invención del **transistor** a mediados del siglo XX revolucionó la amplificación de CC. Los transistores, especialmente cuando se utilizaban en la configuración de par diferencial, ofrecían una estabilidad térmica mucho mejor que los tubos de vacío. Sin embargo, el verdadero punto de inflexión llegó con el desarrollo del **circuito integrado (CI)** y, en particular, el amplificador operacional monolítico (Op-Amp), como el famoso 741. La fabricación de pares de transistores en un solo chip de silicio aseguró un acoplamiento térmico casi perfecto, mejorando drásticamente la CMRR y reduciendo la deriva a niveles manejables para muchas aplicaciones industriales.

En las décadas recientes, la tecnología ha avanzado hacia los amplificadores de estado sólido de muy bajo ruido y deriva cero. El uso de la tecnología **CMOS** ha permitido la integración de circuitos de conmutación de precisión para implementar diseños chopper y auto-cero en el mismo

chip que el amplificador principal. Esto ha llevado a dispositivos que pueden medir potenciales de microvoltios con una estabilidad de deriva de nanovoltios, haciendo posible la instrumentación científica y médica de alta resolución que antes era inalcanzable.

8. Lecturas Adicionales

[Amplificador Operacional \(Op-Amp\) - Wikipedia](#)

[Differential Amplifier - Wikipedia \(Inglés, por su detalle técnico\)](#)

[Chopper Amplifier - Wikipedia \(Inglés, por su detalle técnico\)](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM