

CLASE A , EXPUESTA Y EXPLICADA

(autor Randall Smith , presidente y diseñador de Mesa Engineering
www.mesaboogie.com)

(Traducido y resumido por Daniel Gaetano, www.gaetanoamps.com)

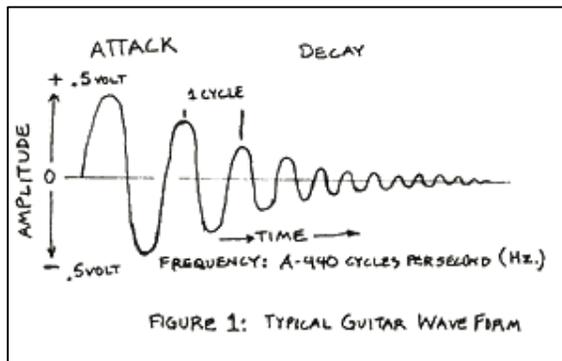
DESCRIPCIÓN

La cosa más importante para que un músico entienda, es que las diversas clases y configuraciones de un amplificador sirven para diversos propósitos y estilos. Ninguno es mejor que otro de por sí. Un guitarrista que busca gran volumen en un espacio grande deseará un amplificador de potencia push-pull clase AB, en cambio aquel que busca cierto tono “vintage” puede preferir un clase A. No importa qué tipos de válvulas se utilicen, un clase A será definitivamente menos potente, ya veremos porqué.

Cada amplificador puede diseñarse para que suene caliente, temerario, penetrante, etc. sobre todo como resultado de factores importantes tales como las opciones del preamplificador, del driver, del transformador, de los componentes y por supuesto del tipo de parlantes. (De ninguna importancia demostrable es si está ensamblado con técnica punto a punto o en una placa bien armada de circuito impreso.)

El tipo de válvula de salida es vital: EL-34, 6L6, EL-84, 6550, etc. todas suenan diferentes (especialmente cuando saturan) e incluso diversas marcas de fábrica de la misma válvula pueden sonar bastante diferentes.

Recordemos: ¡la cosa más importante de cualquier amplificador es lo que hace por nosotros!



La **Figura 1** ilustra una forma de onda de una nota de guitarra. La escala vertical muestra la amplitud (o la cantidad) de señal, medida en voltios. La escala horizontal representa el tiempo. Como puedes ver, la frecuencia sigue siendo igual (A-440) pero la amplitud decae rápidamente después del ataque, exactamente como la vibración de la cuerda. Esta forma de onda eléctrica (tal cual se vería en un osciloscopio) es similar a la de la vibración real de la cuerda.

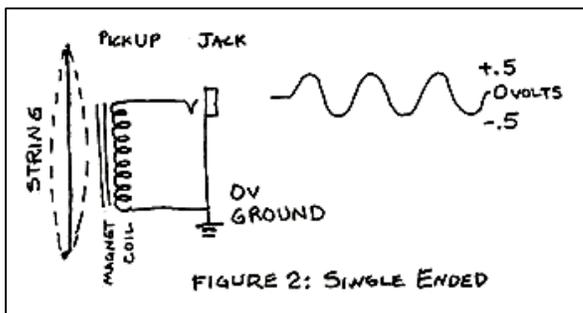
Vamos primero a hacer una distinción importante entre “clase de operación” y “configuración de salida”. Éstos son conceptos distintos que describen dos diversos aspectos de un amplificador y cómo trabaja. La mayoría de la gente los mezcla y eso agrega confusión, aun cuando ambos están relacionados. Vamos a explicarlos cada uno por separado.

Estos términos se utilizan generalmente para describir la etapa de salida de potencia de un amplificador, ya que aquí es donde ocurren las diferencias. Casi todos los circuitos de las etapas de preamplificación son “single ended” y “clase A”.

CONFIGURACIÓN

La configuración refiere al número y a la disposición de las válvulas. Los términos comunes para describir configuraciones de válvulas de salida son “**single-ended**”, “**push-pull**” y “**paralelo**”.

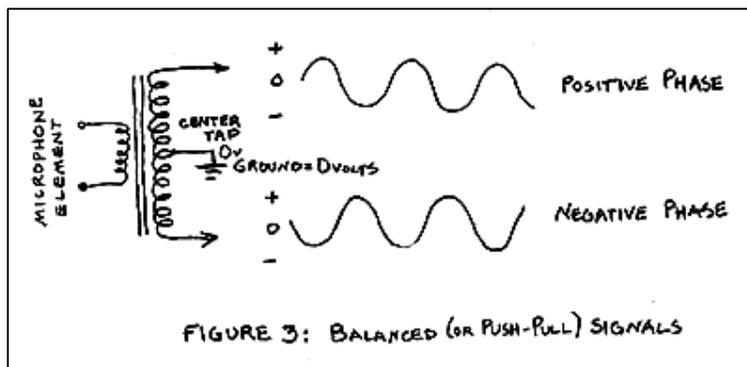
En **single-ended**, la señal entera recorre un solo camino y es amplificada por una válvula a la vez. La señal que sale del cable de la guitarra es single-ended. Hay solamente un conductor (más la tierra) que lleva la señal entera, haciéndola ir hacia adelante y hacia atrás, entre más y menos voltaje según se mueve la cuerda hacia un lado y hacia el otro frente al micrófono. Como ese voltaje pasa a través de las etapas del preamplificador, sigue siendo single-ended. En algunos amplificadores incluso la sección de salida es single-ended con apenas una válvula de potencia -- como un viejo *Fender Champ* que usa solo una 6V6. Mayormente la salida single-ended se utiliza para economizar pero también tiene algunas características tonales muy interesantes que mencionaremos más adelante.



La **Figura 2** muestra una cuerda de la guitarra que vibra 440 veces por segundo sobre el micrófono, el cual está formado por centenares de vueltas de alambre del tamaño de un cabello, alrededor de un imán. El movimiento del metal ferroso (hierro) de la cuerda genera un voltaje en el alambre del micrófono alterando (o “modulando”) el campo del imán permanente. Éste es un ejemplo de una señal “single-ended”. Para mayor simplicidad, no graficamos como decae la amplitud.

La configuración de potencia mucho más común es la **push-pull**. Aquí la señal primero es separada en dos mitades, 180 grados “fuera de la fase” una con respecto a la otra. La “parte positiva” es amplificada por una válvula, y la “parte negativa” por la otra; luego las dos mitades de la señal “se recombinan” en el transformador de salida nuevamente en un voltaje single-ended para mover el parlante. Imaginemos una ducha con dos grifos caliente y fría separados donde el agua se mezcla junta y sale toda de una misma canilla.

La mayoría de los amplificadores de potencia utilizan la configuración push-pull porque permite que las válvulas trabajen más eficientemente, produciendo más potencia con menos unidades, con menos calor inútil, ya veremos como. Mientras tanto, observemos que el push-pull requiere al menos dos válvulas y se pueden agregar pares adicionales en “**paralelo**” para aumentar la potencia. Esa es la razón porqué siempre se ven dos, cuatro, seis, o a veces más, válvulas de potencia en un amplificador, pero siempre en un número par.



La **Figura 3** muestra una salida de micrófono balanceada. Poner la tierra en el centro de la bobina crea dos señales “single-ended” separadas de fase opuesta. La mitad superior de la bobina trabaja como el ejemplo de la fig. 2. La mitad inferior es similar pero está “cabeza-abajo”, con la tierra en la parte superior de esa sección de la bobina. La oscilación del

voltaje está también “cabeza-abajo” y por lo tanto 180 grados fuera de fase. Así como el voltaje oscila positivo en la mitad superior, lo hace negativo simultáneamente en la mitad inferior. Simplemente poniendo el punto de referencia del “voltaje cero” de tierra en el centro, crea las mitades balanceadas de la señal .

SIMILITUD UTIL

Push-pull es muy similar a una salida balanceada de micrófono. La señal también está partida en dos fases opuestas y conducida por dos cables separados (más una tierra). La razón aquí es para cancelar el ruido; los micrófonos tienen un voltaje muy bajo de salida que debe ser amplificado muchas veces para llegar a ser útil. La señal débil, más la alta amplificación requerida, determinan que el ruido tomado por el cable del micrófono se convierta en un problema grande. Este ruido se compone de los campos electromagnéticos de corriente alterna que están por todas partes en el mundo moderno y se perciben generalmente como voltajes pequeños de 50 y 100 Hz. que “se inducen” en el cable del mic. (“inducidos” significa que el cable funciona como la “bobina secundaria” de un transformador, convirtiendo los campos magnéticos del medio ambiente en voltajes eléctricos pequeños que se perciben como zumbido y ronquido.)

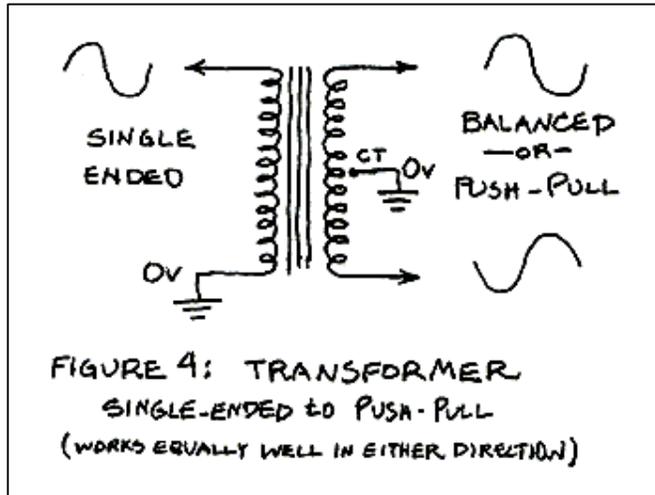
Incluso un cable bien blindado tomará niveles desagradables de ruido, así que la solución es aceptar que el ruido es inevitable y solucionar el problema cancelándolo hacia fuera en el “mezclador”. Aquí es donde entra en juego el push-pull o la operación balanceada; partir la señal en dos mitades balanceadas incluye invertir la fase de una mitad mientras se conserva la fase de la otra.

Digamos que la fase de la señal original va del + al – y al +. Un conductor lo hace de esa manera. Mientras tanto el otro conductor, con su fase invertida, va simultáneamente del – al + y al -. En el proceso de recombinación de las dos mitades de la señal nuevamente en single-ended, el componente “desfasado” se revierte de nuevo a su fase original y se suma al componente en fase. Si se mantuviese desfasado cuando es recombinado, los más y los menos se cancelarían y la señal entera desaparecería. Estos cambios de la fase son causados simplemente volviendo a poner el punto de referencia del “voltaje 0” del extremo inferior de la bobina del transformador al centro, según se ve en los dibujos.

Entonces, como resultado de éstos cambios de fase, cualquier voltaje que esté “en fase” en ambos conductores al mismo tiempo, será cancelado más adelante porque se convierte en “fuera de fase” después, cuando se recombinan en single-ended. Puesto que ambos conductores en un cable equilibrado de mic toman componentes idénticos de ruido, se cancelan totalmente luego cuando se reconstituyen. El proceso se llama “rechazo de modo común” y el solo propósito de este sistema balanceado es, simplemente, la supresión del ruido. Los micrófonos Humbucker también utilizan este principio de cancelación de fase para reducir el ruido.

Esta aclaración es incluida porque la mayoría de los músicos saben por instinto algo sobre los cables de mic balanceados y los humbuckers aunque no sepan exactamente como trabajan; y además es una buena introducción al push-pull, especialmente porque ese proceso de cancelación llegará a ser importante cuando discutamos luego las diferentes características del sonido de distorsión armónica entre las salidas push-pull y single-ended.

La **Figura 4** muestra un transformador para convertir entre single-ended y push-pull. Trabaja del mismo modo en cualquier dirección. El sistema mic



puede tener uno de éstos en cada extremo para convertir de single-ended a balanceado para el cable, y de nuevo a single-ended para el mezclador. En un amplificador de push-pull, las válvulas de potencia estarían en el lado equilibrado y el altavoz en el lado single-ended.

MÁS SOBRE CONFIGURACIÓN

El **paralelo** significa simplemente que se agregan válvulas idénticas para aumentar la potencia, tanto en single-ended como en push-pull. En la práctica, single-ended paralelo casi nunca se utiliza y aquí el por qué: Aun cuando la adición de una segunda válvula en paralelo a un circuito single-ended duplicará la potencia, las mismas dos válvulas en configuración push-pull pueden *triplicarla* o aún más. Y la razón de esa diferencia tiene que ver con ese otro término: las *clases de operación*, así que veamos eso ahora.

CLASES DE OPERACIÓN

La “**clase de operación**” describe cómo las válvulas (en cualquier configuración) se *polarizan para operar*: ¿ en clase A, clase B o clase AB? (Hay incluso una clase C aunque se la ha utilizado para la transmisión de radio de la alta potencia, no para audio.)

Polarizar para operar, refiere simplemente a como se relacionan entre si las tensiones de los elementos de cada válvula, especialmente la **polarización negativa (bias)** aplicada a la grilla. Estos voltajes o tensiones determinan cuánta corriente eléctrica atraviesa por las válvulas cuando están amplificando y también cuando están inactivas, esperando que se toque una nota.

Así la “clase de operación” (determinada por los voltajes presentes) está totalmente separada de cómo se disponen las válvulas y cada circuito de cada amplificador tiene **una clase y una configuración**.

Puesto que los circuitos del preamplificador son siempre single-ended funcionando en clase A, cuando hablamos de clases y configuraciones estamos refiriéndonos generalmente a las etapas de potencia de los amplificadores donde el “caballo de fuerza” se genera para conducir el altavoz. Aquí es donde se hace el trabajo duro y se generan los watts de salida. Las señales del preamplificador, en contraste, amplifican el voltaje de la señal pero los circuitos son de alta impedancia, lo que implica que muy poca corriente (o amperaje) están involucrados.

Rápidamente describamos la diferencia entre el voltaje (tensión) y el amperaje (corriente). El voltaje mide el “nivel de energía” (como la presión) y el amperaje mide la cantidad. Ambos deben estar presentes, en un cierto grado, para determinar una corriente eléctrica, pero pueden existir en proporciones ampliamente diversas.

Aquí van dos ejemplos: Todos sabemos lo que es un golpe de electricidad estática que se puede lograr al caminar a través de una alfombra y tocando el picaporte de una puerta. ¡La carga acumulada puede exceder 100.000 voltios! ¡Eso no es un error tipográfico - y 100.000 voltios están en la gama de las líneas de alta tensión de transmisión de energía!

Afortunadamente, el amperaje es casi cero (cantidad de electrones) si no estallaríamos en llamas y moriríamos. Este alto voltaje se produce debido a la impedancia extremadamente alta del aire seco y no hay virtualmente forma de drenar esta carga estática. Pongamos en contraste ese ejemplo con la batería de un auto; son solamente 12 voltios así que podríamos tocar ambos terminales sin sentir nada. Sin embargo la batería puede suministrar cantidades de corriente, mil amperios o más, para arrancar al motor. Éstos son electrones de baja tensión pero circulan en tanta cantidad que los cables de la batería deben ser gruesos para poder manejar dicha corriente. La potencia se mide en vatios (watts) y es el resultado de multiplicar los amperios por los voltios.

Las señales del preamplificador, en amplificadores valvulares, son “voltaje” que se extiende de 1 voltio más o menos que salen de la guitarra hasta tanto como 100 voltios de señal supersaturada. Sin embargo, la corriente sigue siendo muy baja - alrededor de un miliamperio, más o menos (un milésimo de un amperio) así pues, como la electricidad estática, allí no hay casi ninguna potencia implicada. Sin embargo la energía necesaria para mover un parlante de 100 vatios es 20 voltios por 5 amperios; más cercano al ejemplo de la batería de coche. Podemos ver que producir potencia de salida es un trabajo enteramente distinto para las válvulas que el simple refuerzo de una señal de preamplificación. Y ése es el motivo por el cual las otras configuraciones y clases fueron desarrolladas. Y porqué un transformador de salida es necesario.

POTENCIA CLASE “A” Y POLARIZACIÓN POR CÁTODO

Oímos hablar a menudo de la “clase A” con especial reverencia, como si poseyese algún tipo de energía mística, de magia musical. Y, quizás, para algunos estilos la tenga.

La potencia clase A parece siempre sonar cálida, suave y natural - aun cuando es llevada al corte y al sonido crunch. Algunos guitarristas describen la sensación como jugosa y también dinámica. La clase A es la más vieja, la más simple y la menos costosa manera de armar un amplificador de potencia. Pero la clase A también funciona más caliente, es mucho menos eficiente, y no es la mejor forma de operar con válvulas. Y esa es la razón de porqué el desarrollo fue enfocado a evitar la ineficacia de la amplificación de potencia clase A. (Quizás todo el calor inútil explique mucho lo de la “calidez tonal”!)

La razón de porque es la más simple, más vieja y más barata manera de hacer funcionar válvulas es porque, generalmente, no requiere de una “fuente para el bias”. Esta es una fuente de alimentación adicional, aparte de la fuente de alto voltaje principal, que acciona, en última instancia, al parlante. La fuente del bias produce un voltaje negativo (alrededor de -50 voltios para una 6L6) y permite la operación de las válvulas en clase AB, donde funcionan más frescas y dan más potencia que la clase A. Virtualmente todos los amplificadores de guitarra funcionan en clase A o en clase AB; veremos sus diferencias en un momento.

Mientras tanto, de nuevo, a las raíces históricas. Cualquier fuente de alimentación, incluyendo una fuente de bias, requiere un rectificador para convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), más algunos resistores para fijar el voltaje apropiado y algunos condensadores de filtro para suavizar la salida de CC.

La CA es toda corriente donde está fluctuando el voltaje; la CC es corriente en estado constante, como la de una batería de auto. Debido a su naturaleza fluctuante, la CA se puede “transformar” (a través de transformadores) para cambiar la relación de voltaje-amperaje (o la fase, como hemos ya visto).

Aunque Edison obtuvo la mayor parte del crédito en la provisión de electricidad a las ciudades, él abogó (incorrectamente) por la CC en forma obstinada. Nikolai Tesla observó las virtudes de la CA: Permite la transmisión de energía de alto voltaje a través de grandes distancias con poca pérdida, y que se puede reducir paso a paso a lo largo de su camino hasta un nivel seguro para el uso doméstico. La rivalidad entre estos dos hombres era tan feroz que Edison “inventó” la silla eléctrica, usando la CA para demostrar cuán mortal era. ¡Desafortunadamente, no pudo matar a la pobre primer víctima hasta el tercer intento! (He recibido sacudidas tanto de

tensiones de CA como de CC pero, honestamente, no pude detectar ninguna diferencia significativa en cómo se sentían!)

En los viejos tiempos, la tecnología de rectificación era primitiva y costosa, generalmente requiriendo una válvula, aunque los rectificadores de selenio se usaban a menudo, eran costosos y no fiables. Ahora tenemos diodos confiables de silicio que hacen un trabajo “técnicamente superior” al convertir la CA a la CC y por unos centavos.

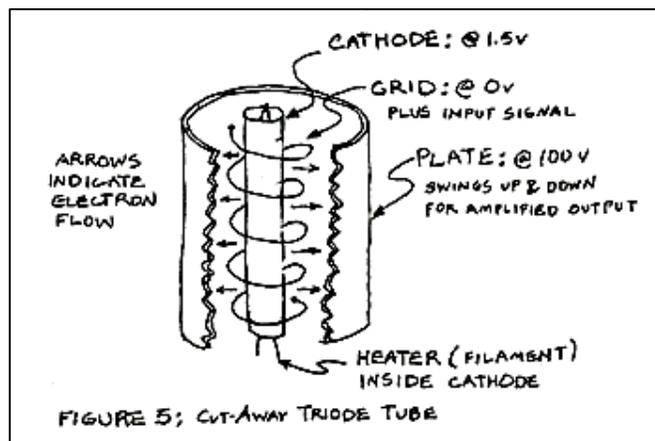
Para la operación en clase A, la fuente del bias se puede eliminar totalmente (ahorrando el costo) y un simple resistor conectado entre tierra y la válvula puede servir para polarizarla. Es, realmente, más apropiado llamar a este circuito “polarización por cátodo” ya que no necesariamente significa que se opera siempre en clase A. Pero esto es una cuestión técnica y menos importante que el “sex appeal” que lleva llamar a un amplificador “clase A” -- con su implicancia de ser el mejor. ¡Queda feo usar “polarizado por cátodo” - aun cuando ambos términos son usados comúnmente para describir la misma cosa!. Observemos que la clase A se puede también realizar usando una fuente de bias separada; sin embargo, en los amplificadores de guitarra, casi nunca se utiliza.

¿ENTONCES, QUE ES “CLASE A”?

Lo que significa realmente clase A es: “La polarización de la grilla y los voltajes alternos de la misma son tales que **siempre** fluye corriente de placa por la válvula”. ¿Se entiende? Ésa es la definición textual del manual de válvulas de RCA: toda una autoridad en la materia. He valorado esta declaración por décadas y he concluido que es más simple y más compleja de lo que parece.

Para hacerlo más simple, pensemos en la válvula en el sentido británico: Es una “válvula”, compañero. Todo lo que “clase A” significa es que la válvula **nunca** corta su corriente hasta el final. Una cierta cantidad, incluso un chorrillo, le estaría atravesando siempre. (Cuan sexy es eso?)

En una válvula de vacío, la corriente eléctrica fluye, como si fuese una niebla, del cátodo caliente (el núcleo central que cubre al filamento incandescente) hacia a la placa (o “ánodo”), esa estructura grande de metal que se encuentra dentro del cristal. Entre el cátodo y la placa está la grilla, una bobina espiral de alambre fino con mucho espacio entre cada vuelta. La grilla actúa como el elemento de control (como la manija de una canilla) regulando el flujo de electrones del cátodo a la placa.



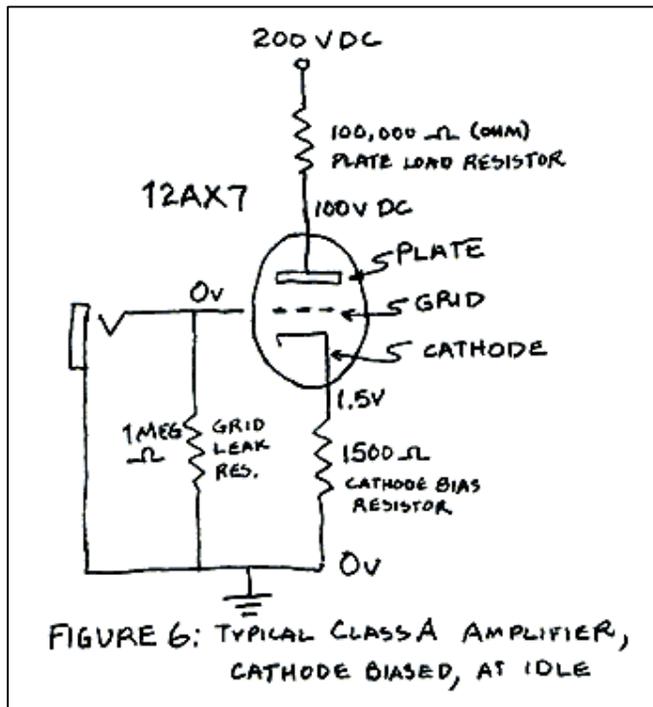
La **Figura 5** muestra una válvula de vacío, un triodo, tal como una 12AX7. El cátodo tiene un recubrimiento rico en electrones y es calentado por el filamento que está dentro. Los electrones “hierven” en su superficie y forman una nube alrededor del cátodo. Estos electrones negativos son atraídos fuertemente por la placa, positivamente cargada. Mientras tanto la grilla se polariza para ser levemente más negativa que el cátodo, rechazando así muchos de los electrones. En la clase A, el equilibrio entre estas dos fuerzas opuestas se fija (o “se polariza”) de forma tal que cuando la válvula está

inactiva, la grilla deja pasar la mitad de los electrones para que sigan su camino hacia la placa. Alterar levemente el voltaje en la grilla causa una variación muy grande en el número de electrones que pueden pasar a través de la misma, y así es cómo trabaja la amplificación!

La mayoría de nosotros ha oído que “las cargas iguales se rechazan y las cargas opuestas se atraen”. Los electrones que se mueven en el vacío responden a estos principios y así es como funcionan las válvulas.

La placa está cargada positivamente y atrae a los electrones negativos que “hierven” literalmente sobre el cátodo caliente. Esos electrones que van hacia la placa forman la corriente actual de la misma. Pero entre el cátodo y la placa está la “grilla de control”. Se carga a esta bobina fina de alambre (polarización de grilla) para que sea levemente más negativa que el cátodo, y rechazar así electrones porque son también negativos. Cuanto más negativa es la grilla, más electrones negativos rechaza e impide su flujo hacia la placa. Cuando la grilla llega a ser menos negativa, tiene menos efecto de rechazo y más electrones pueden fluir a través de sus espacios abiertos; de modo que lo que hay que hacer para variar la corriente de la placa, (que es el flujo de los electrones) es variar el voltaje de grilla un poco, en mas o en menos. Ése es el porqué la grilla es como la manija de una canilla: controla el flujo de la corriente de la placa. Y puesto que la grilla no está conectada a nada (apenas cuelga hacia fuera, allí en el vacío, entre el cátodo y la placa) no consume energía y es muy fácil de manejar. Un cambio pequeño en el voltaje de la grilla puede causar un cambio grande en la corriente de la placa.

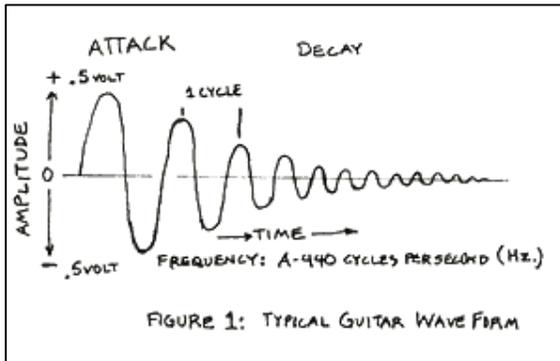
La “polarización de grilla” o bias, según la definición de RCA, es la tensión fija que instala el equilibrio entre la fuerza de atracción de la placa y la fuerza de rechazo de la grilla para determinar el flujo de corriente cuando no hay señal entrante. Por definición, la “clase B” significa la polarización negativa de la grilla al punto donde la corriente de la placa deja de fluir (esto sucede cuando la válvula está inactiva o en reposo, o sea que no hay señal entrante). La válvula se cierra o está “al corte”, la influencia negativa de la grilla de control es tan fuerte que no circula corriente alguna hasta que se toca una nota. Pero en clase A, hay mucha corriente fluyendo, el óptimo es el 50% del máximo posible. (Veremos porqué más adelante.)



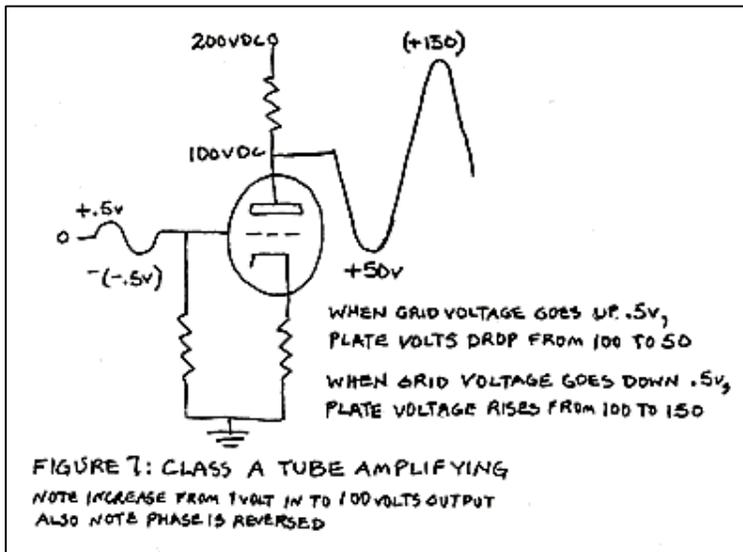
La Figura 6 es un diagrama esquemático de una válvula triodo 12AX7 en un circuito típico de preamplificación. El resistor de 1500 ohms crea la “polarización por cátodo” levantando el voltaje del cátodo levemente sobre los cero-voltios de la tierra. El resistor de 1 megohm no impone virtualmente ninguna carga ante la grilla o la señal que la conduce sino que lleva a cabo la carga estática de la misma en cero voltios y eso la hace “negativa” con respecto al cátodo positivo. La placa está altamente cargada positivamente través del “resistor de carga de placa” para funcionar aproximadamente a la mitad del voltaje de la fuente en reposo. Esto se llama “polarizada sobre el punto medio de la región lineal” y el mismo principio se aplica a válvulas de potencia que funcionan en clase A, tanto como a las válvulas del preamplificador.

Ahora los “voltajes alternos en la grilla”, según la definición de RCA, son simplemente los voltajes entrantes de la señal de la guitarra que la válvula va a amplificar. El toque en la cuerda es lo que genera el “voltaje original de la señal” que el amplificador le entrega al altavoz. Éstos “voltajes alternos” se componen de “frecuencia” (digamos A-440) y de “amplitud” que es la intensidad. Digamos que una nota A y de alrededor de 1 voltio sale tu guitarra. Mientras que la vibración de la cuerda decae y la nota se hace más suave, el voltaje cae, pero todavía alterna 440 veces por segundo. Es más exacto ahora pensar en esa señal de CA de 1 voltio como

alternándose entre “medio voltio positivo” y “medio voltio negativo” ya que se genera mientras la cuerda vibra hacia adelante y hacia atrás sobre el micrófono.



Cuando ese voltaje alterno se hace positivo y se suma a la grilla de la primer válvula del preamplificador, interactúa con el voltaje de polarización negativo de la misma, haciéndola menos negativa y permitiendo fluir más corriente de placa. Cuando el voltaje de la salida de la guitarra se hace negativo, se suma al voltaje de grilla ya negativo, aumenta el campo repelente de fuerza de la misma y reduce el flujo de electrones hacia la placa. Y así, señoras y señores, es cómo funciona una válvula. Tanto una del preamplificador como de la potencia funcionan exactamente igual, a excepción del tamaño.



La Figura 7 muestra la misma válvula bajo condiciones dinámicas. Mientras que el voltaje de entrada se hace positivo, reduce la fuerza de rechazo que la grilla tenía en reposo. Más electrones, entonces, fluyen a la placa, causando una mayor caída de tensión a través del resistor de la misma. Esto reduce el voltaje en la placa de 100 a 50 voltios. Cuando la grilla se hace negativa, se invierte el efecto; rechaza más electrones y causa menos caída de tensión a través del resistor de carga de placa permitiendo que el voltaje en la placa se levante a 150 voltios. Así la señal de entrada de 1 voltio ahora ha causado un cambio de 100

voltios en la placa. Acoplando esta “CC que fluctúa” a través de un condensador o de un transformador, el componente de la CC es bloqueado y solamente quedan fluctuaciones como señal pura de CA de 100 voltios, o, + y - 50.

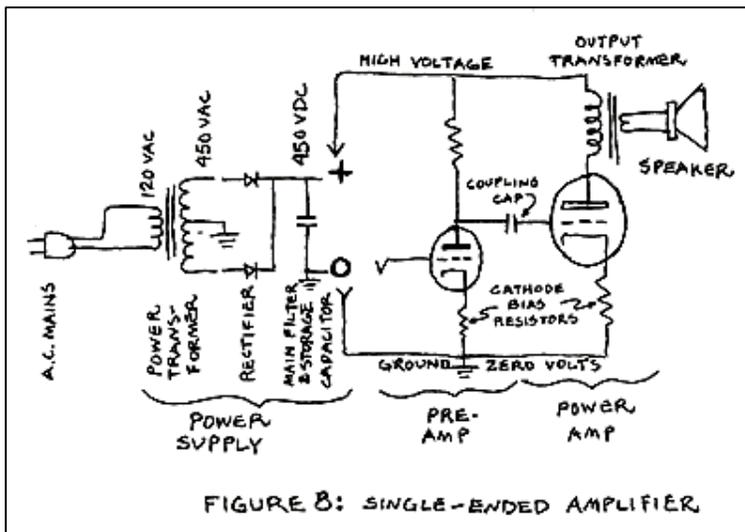
La clase A simplemente es un sistema de parámetros de funcionamiento tales que la válvula nunca se apaga totalmente y una cierta cantidad de corriente, aunque sea solo muy pequeña, la está atravesando siempre. Ésta es la mejor parte de la operación en clase A porque es el rango donde la válvula trabaja, --llevarla al corte sería conducirla a una zona donde ocurren distorsiones o “no linealidades”. Y la distorsión, según los ingenieros de RCA, era mala. En su mundo, los amplificadores nunca fueron pensados para ser llevados hacia la distorsión. Pero incluso la mayoría de los amplificadores clase A, si son puestos a alto volumen, entran más allá de la clase A y son llevados a zonas de corte. En un cierto punto esos “voltajes alternos de grilla” (esto es la señal de entrada que aumenta con el volumen) se sumaran tanto al “voltaje de polarización fijo” y crearán un campo tan fuertemente negativo en la grilla, que la corriente de

placa dejará de fluir. En radios y en alta fidelidad, los diseñadores asumen que nunca se llevará a un amplificador a esta situación porque sonaría muy mal. Así pueden decir que un amplificador es siempre de clase A porque saben de antemano que la señal de entrada no superará nunca un máximo. Pero hay *amplificadores de guitarra*, entonces tal predicción no puede ser hecha y de hecho lo contrario es la verdad. Señales enormes se utilizan adrede para crear overdrive y distorsión. ¡Esos pobres viejos ingenieros estarían shockeados si vieran lo que les hacemos a sus válvulas! ¡Y en nombre de la música!

CÓMO TRABAJA UN AMPLIFICADOR

Ahora vamos a discutir algo bastante básico que confunde a muchos músicos. En un amplificador, el pequeño y débil voltaje que sale de la guitarra no es realmente que tenga algo incorporado que mueva al parlante con fuerza y volumen. Existe una fuente de tensión grande en cada amplificador y eso es lo que hace que el parlante se mueva. Pensemos en ella como una batería enorme. Y como una batería, es una fuente de potencia de CC, constante y quieta.

Lo que hace el amplificador es “modular” la energía de esa fuente a través de los altavoces de acuerdo con la señal de la guitarra. Es el mismo flujo de corriente del que estuvimos hablando anteriormente. Y de alguna manera, la amplificación es como convertir la CC en CA (lo contrario de la “rectificación”). Toquemos suavemente un A-440 y las válvulas de salida en el amplificador dejarán fluir un poco de la CC de la fuente a través del altavoz, 440 veces por segundo. (Ahora es corriente alterna de 440 Hertz.); toquemos una A ruidosa y las válvulas permitirán que mucha más corriente fluya, aún a 440 hertzios. ¡Eso es básicamente cómo ocurre la amplificación valvular! Pensemos en la cadena de las válvulas del preamplificador trabajando como una secuencia de palancas enganchadas unas con otras tal que en el extremo final haya la fuerza suficiente para abrir y cerrar válvulas que manejan gran energía.



La **Figura 8** muestra un amplificador single-ended completo pero muy simplificado. La fuente de alimentación consiste en el transformador para aumentar el voltaje de red de CA 220V. a alrededor de 450V; el rectificador para convertir la CA a la CC.; el condensador principal de filtro para alisar la CC y para proporcionar un depósito de corriente. La corriente fluye de esta fuente de tensión principal a través de la válvula de potencia y de su transformador de salida. Las fluctuaciones en la corriente que atraviesa el

transformador de salida se acoplan al altavoz como potencia de salida útil. El preamplificador aumenta la señal de la guitarra a un nivel suficiente para operar a la válvula de salida.

“Pues, en que juega esto con la clase A ?. “Si la clase A significa que la corriente siempre fluye, porqué no se escucha nada cuando no se está tocando?”.

Buena pregunta. Aquí está la respuesta: en reposo, la corriente que está fluyendo es CC pura, corriente directa, constante. Y el “transformador de salida” que está acoplado entre las válvulas de salida y el parlante hace algo más que “transformar” las distintas impedancias de las válvulas y del altavoz, para emparejar unas con otras. También bloquea el flujo de la corriente continua.

Para ponerlo de otra manera, el transformador de salida solo permite que las fluctuaciones en la corriente que atraviesa su bobinado primario (la entrada) sean acopladas a través del campo magnético de su núcleo de hierro para inducir una corriente en el bobinado secundario (la salida) que está conectado al altavoz. La corriente que atraviesa la bobina primaria, que es constante - al igual que la CC, no produce ninguna corriente en el secundario.

Veamos la fig. 8. Tenemos esta gran fuente de potencia de CC conectada con la válvula de salida y con la bobina primaria del transformador. Esta válvula se abre y se cierra un poco, 440 veces por segundo para la nota suave; y se abre y cierra mucho más para la nota ruidosa. De esta manera la cantidad de corriente de alto voltaje de la CC. que atraviesa el primario se modula, o se fluctúa, 440 veces por segundo. En el lado secundario solamente las fluctuaciones aparecen - como corriente alterna de 440 ciclos, sin el componente de alto voltaje de la CC. ¡Una vez más, esto es amplificación! Solamente que esta vez es amplificación de potencia y es "acoplada por transformador". El transformador de salida hace tres cosas importantes: Es un dispositivo que "empareja la impedancia", que convierte el alto-voltaje y bajo-amperaje requerido por las válvulas en bajo-voltaje y alto-amperaje requerido por el altavoz; convierte de "push-pull" a "single-ended" y bloquea el flujo de la CC. Por otra parte, el transformador de salida es una parte crucial de la personalidad sonora de un amplificador. Uno de los primeros ingenieros de transformadores, con el cual tuve la suerte de trabajar, era un viejo individuo que decía: "Hijo, los transformadores de salida son mitad ciencia y mitad magia negra. Pero es la magia negra la que cuenta!" ¡Cuanta verdad!

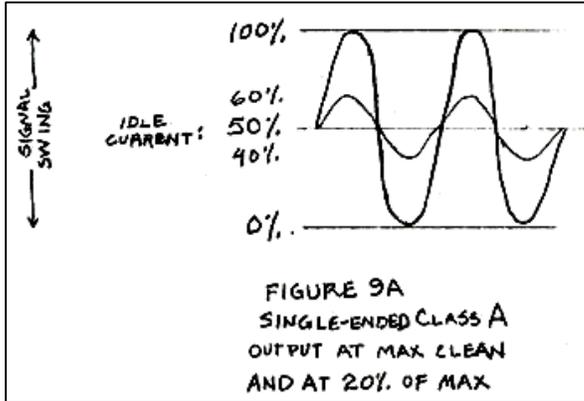
CORRIENTE DE REPOSO

Las clases de operación tienen tanto que ver con el estado en reposo (idle) como con la amplificación real en sí misma.

Consideremos la clase B, ya que es fácil de representar. En la clase B, la polarización se fija en un punto en el cual no hay ningún flujo de corriente cuando no hay señal. Así no se está consumiendo ninguna energía y no se está generando ningún calor. Entonces cuando un voltaje de la señal acciona la grilla de la entrada, los semiciclos positivos ponen la válvula en ON y comienza a conducir la corriente de la fuente de alimentación directamente en la carga (generalmente una antena que transmite), sucede una amplificación muy eficiente de energía. Es un poco como un carro eléctrico de golf, el motor para de girar cuando se para el carro. Cuando deseamos ir, el motor arranca nuevamente. Su rango va de apagado al máximo. Pero para hacer que se mueva, primero hay que hacerle circular corriente ya que ninguna fluye cuando está en reposo.

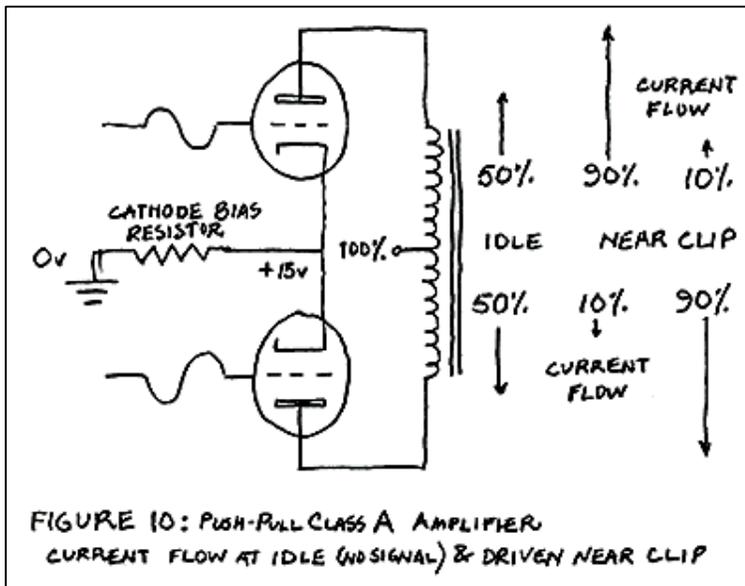
Luego tenemos la clase AB. Esto sería como tener el motor a una marcha lenta, con pocas RPM cuando está parado. Está encendido y circulando una cierta corriente, pero no el máximo disponible. Pero para conseguir que se mueva rápido, tenemos que aumentar el flujo actual total --no apenas hacerlo fluctuar. La intensidad en la cual la corriente total comienza a aumentar es la transición hacia la clase B. De muchas maneras la clase AB es lo mejor de ambos mundos para audio y así es cómo funcionan la mayoría de los amplificadores conocidos. Su alta eficiencia lo pone en la cima de los amplificadores de potencia de audio.

Entonces está la buena y vieja clase A. En un circuito single-ended, pura clase A de potencia, la corriente trabaja en el 50% del máximo incluso en reposo cuando no hay señal entrante. Cuando un voltaje pequeño de la señal acciona la grilla de entrada, hace variar el flujo actual de corriente hacia arriba y hacia abajo del medio, digamos entre el 60% y el 40% del máximo. Una señal más fuerte causaría mayores fluctuaciones, supongamos entre el 80% y el 20%. Y la salida no deformada máxima de la señal ocurriría cuando la señal de entrada conduce a la válvula a una corriente que fluctúe entre 100% y el 0%; en A-440 o cualquiera sea la frecuencia de la señal de entrada.



En la **figura 9A** - vemos cómo las fluctuaciones, en un amplificador de clase A, se centran siempre alrededor del punto medio, ese 50% del máximo que es igual a la corriente en reposo. Lo que esto significa es que no hay aumento neto en el flujo actual como lo hay en la clase B o AB, sin importar cuán fuerte se toque. En una configuración single-ended, los aumentos y las disminuciones del flujo actual son momentáneos (según la frecuencia de la señal), iguales y contrarios alrededor de ese punto del 50%. En un instante de la A-440 habrá un flujo mayor de corriente, pero en el instante próximo fluirá una cantidad igual menos. Así el total sobre cualquier período de tiempo sigue siendo constante.

Ahora en una clase A pura con configuración push-pull, el 100% de la corriente máxima fluye en reposo, 50% a través de cada lado. Cuando una señal entrante causa fluctuaciones, la corriente en un lado de la rama del push-pull aumente, por ej. del 50% al 70% mientras que en el otro lado disminuye simultáneamente del 50% al 30%. Las dos mitades de la señal alternativamente se compensan así que la corriente total de salida que atraviesa el resto del circuito es del 100%. (No todos los amplificadores supuestamente de clase A trabajan tan perfectamente equilibrados, y se van hacia el corte). Recordemos que sólo las fluctuaciones de corriente se transfieren como energía usable al altavoz.



La **figura 10** muestra las fluctuaciones de una salida push-pull operando en clase A. Sigue existiendo la corriente total en el 100% bajo todas las condiciones. En reposo, la corriente está partida 50-50 entre las mitades del push-pull. Cuando se le somete una señal, el flujo de un lado aumenta pero es compensado simultáneamente por una disminución igual de la corriente al otro lado. Esta acción "hacia adelante y hacia atrás" de aumento/disminución se produce a la frecuencia A-440 de la señal..

DISIPACIÓN

Es de notar cómo en el ejemplo de la clase A, las oscilaciones se centran siempre alrededor de esa corriente de reposo que es el 50% del máximo. Esto se conoce como "polarización alrededor del punto medio de la región lineal". Eso es vital para la baja distorsión. Las otras

clases de operación, la B y la AB, no se polarizan ni siquiera cerca de ese punto medio y ésta es la clave de su capacidad para funcionar más fríos y de producir más potencia.

Recordemos que una gran desventaja de la clase A es que funciona muy caliente y es muy ineficaz. Aquí introducimos un término nuevo: “disipación”. La disipación es la energía perdida que la válvula transforma en calor. Volviendo a la analogía del auto: La clase A es como tener en funcionamiento al motor acelerado con los frenos trabados y el embrague accionado. Se está perdiendo la energía de todo el motor, “disipándola” en calor. Para obtener una cierta salida útil, hay que quitar los frenos, no del todo pero lo suficiente para conseguir el movimiento del auto. Entonces habría menos pérdida (disipación), ya que la potencia se comparte entre el embrague y los frenos –los cuales están friccionando pero no bloqueando el auto. Ahora se está consiguiendo un cierto trabajo útil del motor - en forma de movimiento, en vez de solo calor inútil. La energía del motor, sin importar la cantidad, que es utilizada para mover el auto, reduce la disipación por igual cantidad ya que hay mucha menos fricción total entre el embrague y los frenos. A marcha normal ni el embrague ni los frenos están friccionando. Casi toda la energía es convertida en movimiento (o en sonido) con virtualmente ninguna disipación por la fricción. Pero como no es posible conducir el auto a la velocidad total en todo momento, y considerando la naturaleza altamente dinámica de la música, podemos decir que los amplificadores clase A pasan la mayor parte de su tiempo “friccionando”; hay solo picos dinámicos breves donde la mayor parte de la energía va realmente al altavoz.

Para recapitular: Los amplificadores de clase A, sean single-ended o push-pull, poseen la disipación máxima en reposo. Toda la potencia de CC de la fuente que pasa a través de las válvulas se pierde en calor. Solamente cuando fluctúa esa energía (como en una nota A-440) parte de la misma es convertida en energía de audio útil que se conduce hacia el altavoz. Es más, el grado de disipación máxima de la válvula es la que limita su capacidad de trabajo más que la energía útil que puede pasar por ella. Tal como la analogía del embrague, es la energía que convierte la fricción en calor disipado que termina gastándolo, y no la energía que lo atraviesa cuando el auto se mueve en forma normal.

Mucho antes de que la clase A llegase a ser atractiva en el sentido “retro-vintage” que todos admiramos, el objetivo tecnológico de los amplificadores era entregar más energía con mayor economía. No existía el “misticismo” sobre la clase A, sólo un conocimiento de sus defectos y un deseo de más potencia con menos calor inútil.

Otras clases de operación fueron desarrolladas para lograr eso. La clase B y la clase C logran un funcionamiento muy eficiente con menos calor, y son ideales en radiotransmisores donde se requieren extensas cantidades de energía. En estas clases se polarizan las válvulas de tal forma que virtualmente no circula ninguna corriente ociosa, y casi toda la potencia que pasa a través de las mismas, se convierte en salida útil.

Desafortunadamente, estas clases no se aplican para el audio: Causan demasiada distorsión por el fenómeno “encendido-apagado”. Los diseñadores, allá por los años 30, comenzaron a desarrollar una nueva configuración que ayudó a superar las pérdidas de operación en clase A y las distorsiones de la clase B. Es la configuración push-pull sobre la que hemos estado hablando y que hace posible la operación en clase AB con alta eficacia y baja distorsión.

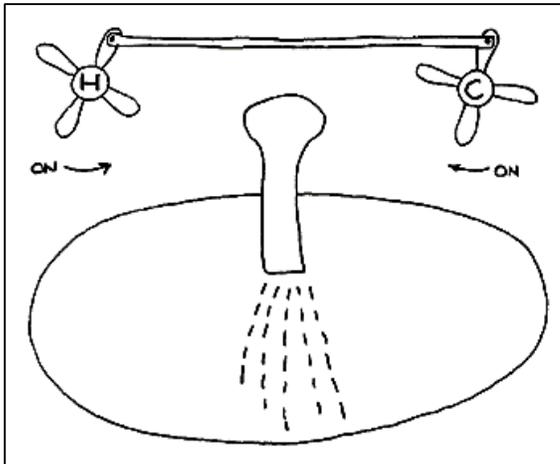
CLASE AB

Aquí es donde el trabajo de la “clase” y de la “configuración” suma las ventajas de cada uno. La configuración push-pull, con su operación equilibrada hace posible la clase AB, y lo grandioso que resulta esto. Aquí el por qué: Hemos discutido cómo la clase A en single-ended requiere que la válvula esté polarizada para conducir al 50% en reposo; hablamos de cómo un par de válvulas de potencia en configuración push-pull funcionando en clase A deben ser polarizadas de modo que cada una conduce el 50% en reposo (aquí, verdaderamente, no hay ninguna ventaja en términos de energía y disipación) y hemos mencionado la clase B donde no hay

corriente o disipación ociosa ya que las válvulas se polarizan al corte, generando demasiada distorsión para el audio.

Lo que la clase AB hace es completar el “hueco” en el medio de la operación del push-pull de la clase B. Elimina el corte asegurando que una cierta corriente fluya durante el reposo y a través de la transición de un lado del push-pull al otro.

Utilizamos anteriormente la analogía del grifo de la ducha con las canillas caliente y fría separadas, para ilustrar cómo la corriente fluye en el push-pull. Bien, ahora imaginemos que podemos unir ambas manijas de cada canilla con una barra de forma que ambos grifos dan vuelta cuando movemos la barra hacia adelante y hacia atrás.



Aquí hay algo que podemos practicar en casa si tuviésemos grifos con apertura opuesta.

Supongamos que al mover la barra hacia la izquierda aumenta el agua caliente y disminuye la fría. Moverla hacia la derecha hace exactamente lo contrario. La clase B en push-pull se fija de modo que con la barra en la posición media, no fluye agua. Empujarla hacia la izquierda abriría la caliente y no tendría ningún efecto sobre la fría, puesto que ya está cerrada. Al moverla de nuevo hacia la derecha, el flujo de agua pararía momentáneamente mientras se pase por el centro - que es el punto de reposo - luego la fría comenzaría a fluir. Ese punto muerto en el centro representa la distorsión causada por el corte.

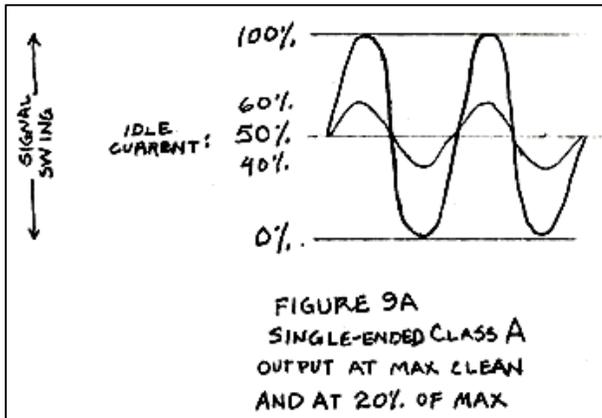
Para la clase A en push-pull, imaginemos las canillas caliente y fría cada una girada a medio camino antes de que se unan con la barra. Ahora moverla hacia adelante y hacia atrás no varía el volumen total del agua, solo cambia la mezcla de caliente y fría. El hecho de que nunca se pueda cerrar el flujo del agua, representa la pérdida de disipación de la clase A.

Y para la clase AB en push-pull, ambas, caliente y fría, deben estar un poco cerca del centro de la posición pero capaces de aumentar dramáticamente el flujo total cuando la barra se mueva lejos a la izquierda o derecha. Se elimina el punto muerto y el flujo inútil de agua se reduce enormemente. Éstas son las ventajas de la operación del push-pull AB.

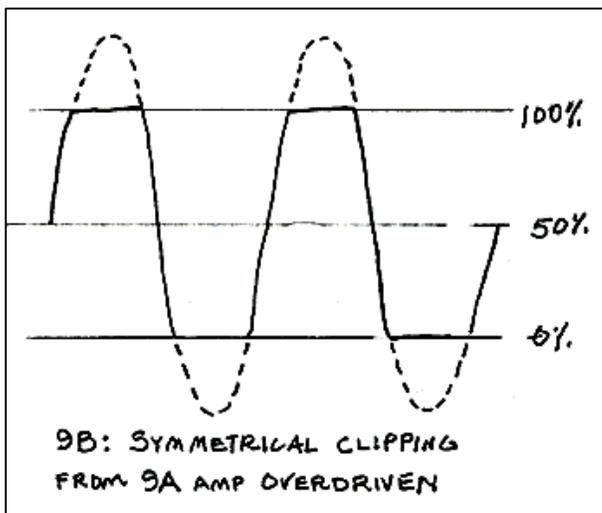
En términos electrónicos, la clase AB en push-pull es como dos amplificadores polarizados asimétricamente en el que cada uno es el espejo del otro. En reposo ambos se polarizan entre el 10% y el 30%, según se determine. Ya que se los polariza más cerca del corte que del máximo, funcionan más fríos. También tienen más “recorrido”, ya que en reposo están casi apagados. Para las señales muy pequeñas trabajan como un amplificador clase A: simplemente modulando la corriente ociosa que los atraviesa, ni yendo al corte ni requiriendo un gran aumento de energía.

A medida que se toca más fuerte, la asimetría de la clase B comienza a notarse. Cada lado del push-pull alternativamente está más en conducción que en corte, haciendo que la corriente aumente primero a través de un lado y luego con el otro. Y como el lado opuesto --el que está con la corriente en disminución-- se acerca al corte, el lado “en curso” se encuentra en su región lineal y puede ya tomar el control mientras evita la distorsión cercana al corte. Proveyendo esta especie de zona de clase A solapada entre ambas mitades del push-pull de

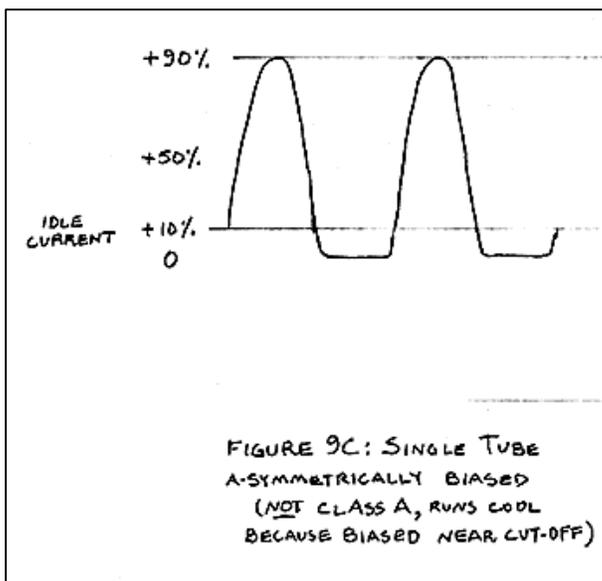
un amplificador de clase B, permite que la transición ocurra suavemente eliminando el "punto muerto" en el centro. Y la reducción de la disipación por pérdida es enorme. Observemos las formas de onda mostradas abajo para entender el concepto de la operación "asimétrica".



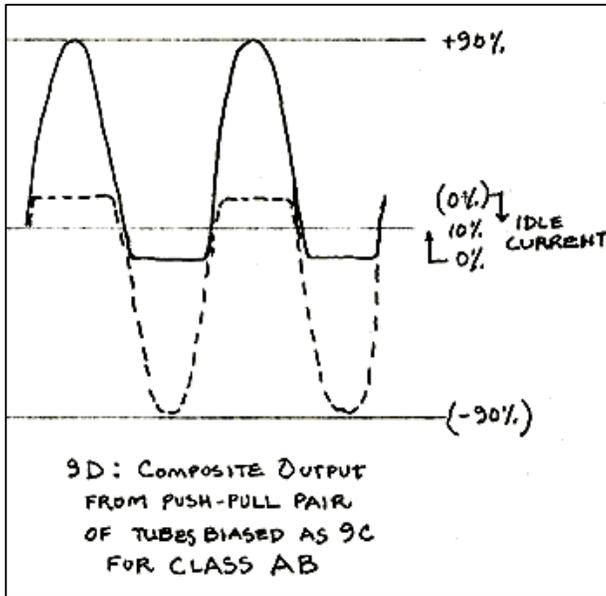
La **figura 9A** muestra una salida clase A en el limpio máximo posible. El circuito "se polariza en el punto medio de su región lineal" según hemos dicho antes. La corriente fluctúa simétricamente entre el +50% y - el 50% del 100% total disponible. Polarizar en el punto medio significa que la válvula funciona caliente y pierde la mayor parte de la energía excepto cuando es llevada al máximo.



La forma de onda de la **figura 9B** muestra el mismo amplificador llevado más allá del máximo, en la zona de corte. La señal de entrada le está diciendo a la válvula de conducir más allá del 100% y puesto que no puede hacer eso, ésta distorsiona. Las líneas punteadas muestran las secciones "recortadas" que faltan. El circuito sigue siendo simétrico, polarizado para funcionar alrededor de ese punto medio.

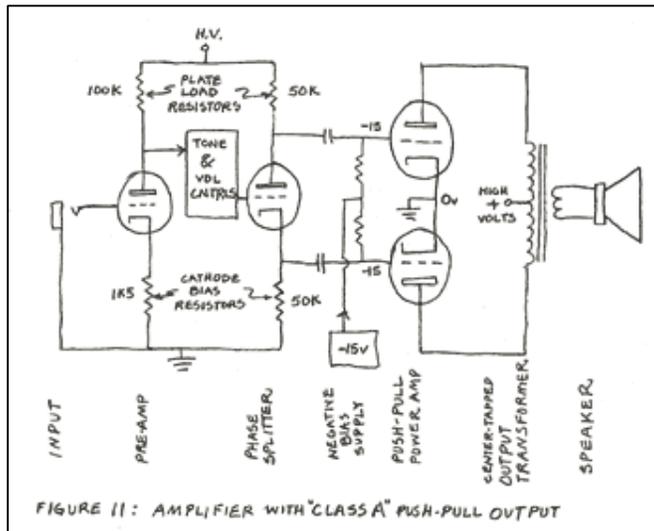


La **figura 9C** muestra a la válvula polarizada más allá de ese "caliente" punto medio. Todavía puede conducir la misma amplitud total (altura) de la forma de onda pero al hacerlo tan asimétricamente causa que se quede sin "recorrido" en una dirección y produce el recorte temprano. Cualquier señal mayor en más y en menos del 10% va a llevar a la mitad inferior de la forma de onda hacia el corte. ¡Este es el precio que se paga por hacer funcionar a la válvula en una zona fresca con poca disipación en el punto de reposo! Es casi tan malo como que es una forma de onda de single-ended clase B y se puede ver por qué no es nada bueno para el audio.



Pero si agregamos otra válvula "espejada" en la otra rama del push-pull, podemos combinar las formas de onda según se indica en la **figura 9D**. La zona que va del +10% al -10% representa la porción de clase A donde la corriente atraviesa ambas válvulas. Las señales más allá de ese nivel conducirán a cada una de las válvulas alternativamente en el corte con el resto de la señal siendo amplificada por la otra, a la frecuencia de A-440 o cualquier otra.

Ahora, si hemos entendido bien, aquí vemos la ventaja. Puesto que hemos reducido la corriente ociosa (amperios) polarizando a las válvulas lejos de ese punto medio, podemos ahora aumentar substancialmente el voltaje que manejan y todavía estar por debajo de la disipación de la clase A. Y según aumenta el voltaje, así lo hace la amplitud o la cantidad de energía limpia que pueden conducir.



La **figura 11** muestra un amplificador push-pull simplificado. Comparemos los valores de los resistores en el preamplificador y en el divisor de fase. En el preamplificador el cociente entre el resistor de cátodo (1K) y el de placa (100K) daría un aumento teórico de 100 veces. Usando resistores idénticos de 50K en la placa y el cátodo del divisor de fase indica que no hay amplificación (ganancia) sino que señales de igual amplitud y fase opuesta aparecen en la placa y el cátodo para aplicarse en las válvulas de salida. La CC. de alto voltaje alimenta a las placas de las válvulas de potencia a través del punto medio del transformador de salida. Una fuente de bias separada permite que las válvulas funcionen de forma "asimétrica" para la clase AB. El funcionamiento esta dado según las formas de onda de la figura 9D.

DISTORSIÓN DE LA POTENCIA

La distorsión en un amplificador aumenta dramáticamente cuando la señal de entrada es tan grande que intenta decirle a la válvula que conduzca más del 100% o menos del 0% de la corriente disponible en la fuente de alto voltaje pero, por supuesto, no puede hacer eso. Este tipo de distorsión de sobreexcitación, saturación u *overdrive* puede ocurrir en circuitos de potencia o de preamplificación especialmente cuando se diseñan adrede para que lo provoque intencionalmente. Una forma de onda típica saturada y recortada se representa en la figura 9B. En etapas de salida, lo que usualmente sucede antes de que la fuente de alimentación se quede sin energía, es que las válvulas alcancen su capacidad máxima, funcionando literalmente al máximo de su corriente de placa; tanta corriente está fluyendo que la superficie

interna de la misma está saturada y los electrones adicionales que llegan allí no tienen lugar "para pegarse". Esta es la razón por la cual podemos subir o bajar la capacidad de salida del amplificador añadiendo o quitando válvulas adicionales.

El tono "retro" auténtico se centra sobre la potencia y sobre la manera que recorta. En cualquier amplificador, el "punto dulce" de la distorsión está ligado inseparablemente a su potencia (watts) y a su volumen.

CARACTERÍSTICAS DE LA DISTORSIÓN

Otra clase de distorsión ocurre como resultado del "corte" (el cese de fluir) en la transición entre el push-pull. Esta distorsión de "cruce" (cross-over o notch) suena bastante temerosa y abarca los armónicos más altos de orden impar.

Un Marshall con EL-34s polarizadas demasiado frías, producirán más de esta distorsión de cruce que un Fender con 6L6s, como parte de las diferencias intrínsecas entre los dos tipos de válvulas. Disminuir el bias (hacerlo menos negativo) amplía la zona de clase A en la transición y generalmente suavizará o eliminará esta situación en el corte. Sin embargo en amplificadores con EL-34, la distorsión de cruce puede reaparecer cuando el amplificador es llevado a overdrive poderoso como resultado del voltaje de una señal enorme que anula totalmente el bias negativo de la grilla, haciéndolas positivas.

Esto se llama operación en Clase AB2 y, cuando sucede, las mismas grillas de control comienzan a conducir corriente desde el cátodo, aunque no se convierte en energía útil que se lleva hacia el parlante.

Podemos pensar, entonces, que la reverencia para la clase A sugeriría que cuanto más bajo fijamos el bias, (y por lo tanto cuanto más cerca de la clase A que de la AB funciona) mejor sonará. No es verdad. Mientras que la distorsión medida continuará bajando mientras el bias se reduce, el sonido, al menos en los amplificadores para guitarra, pasa a través de un "punto dulce" y comienza a perder su chispa y vivacidad.

Otro tema a considerar es que en el push-pull, como todo sistema balanceado, se cancelan señales comunes a ambos lados. Y eso es exactamente lo que le sucede a la distorsión de segunda armónica: se cancela y desaparece. "Segunda armónica" es el término técnico para el componente de distorsión que se encuentra una octava arriba de la nota fundamental que la genera, en el momento del corte. No sólo es el elemento de la distorsión más predominante producido por las válvulas, sino que es también el más cálido y más jugoso debido a su consonancia musical simple. Sin embargo ese contenido de segundo armónico es completamente eliminado en los circuitos push-pull por el mismo procedimiento de cancelación que elimina el ruido en los cables de micrófonos. En términos técnicos esta era la razón original de utilizar la clase A en una configuración push-pull, una distorsión más baja. Cualquier ventaja en términos de disipación de energía ocurre solamente en push-pull en clase AB. Observando todo el conjunto, podemos ver porqué el push-pull en clase AB es el pináculo de la potencia en audio: Potencia eficiente y distorsión totalmente eliminada, casi nada!

En términos musicales, sin embargo, la reducción de la distorsión es menos significativa porque ese segundo armónico está en consonancia musical que, más que sonar como un crujido (como los armónicos de orden mayor), lo hace como una dulcificación y suavización de la nota original a la cual se suma; es la misma nota una octava más arriba, en un cierto porcentaje (digamos del 3% al 20% más o menos) de la fundamental. Este es un típico ejemplo de cómo las medidas técnicas son engañosas comparadas con el sonido real. (Mientras que una pequeña proporción de los 5tos, 7mos o más altos armónicos es definitivamente notable y suena con zumbido y sin cuerpo.)

La distorsión armónica predominante en un circuito push-pull es la tercera, que es una octava y un quinto sobre la fundamental. Ésta sigue estando bastante en consonancia musical y puede ayudar al amplificador a sonar con más "punch".