

## Válvulas - Teoría y Fundamentos

Hola amigos, vamos a tratar de hacer un manual básico sobre nuestras queridas válvulas, encaminado a conocer más su funcionamiento en nuestros amplificadores y previos.

**Lo primero, como siempre, advertir que en este caso se trabaja con tensiones elevadas del orden de 100 a 450 voltios y son peligrosas si no se tiene un mínimo de precaución con ellas, así que los que cacharreen por favor, experimentos con gaseosa.**

### FENÓMENO EDISON O TERMOIÓNICO

Este fenómeno contempla la capacidad de los metales de irradiar electrones a una determinada temperatura en virtud del efecto Joule. Para los profanos simplemente CALOR.

En un principio se constato que un filamento de una bombilla aparte de luz, irradia electrones que escapan del material que compone dicho filamento.

### ELECTRODOS DE LAS VÁLVULAS

Las válvulas en su interior tienen diversos electrodos, cada uno tiene su característica propia, que le diferencia físicamente del resto, tanto en construcción como en comportamiento electrónico.

### DIODO

**CÁTODO:** El principal emisor de electrones, los hay de dos tipos:

**Caldeo directo:** El mismo Cátodo es el elemento calefactor necesario para empezar la emisión de electrones.

**Caldeo indirecto:** El cátodo ya no recibe la tensión de caldeo, ahora envuelve un filamento que es independiente en tensión de los circuitos electrónicos de la válvula.

**ÁNODO:** También llamado "placa", es el receptor principal de esos electrones.

Aquí hay que hacer una apreciación: a diferencia de la corriente eléctrica, la corriente electrónica circula de cátodo al ánodo.

El sistema actual de corriente eléctrica está tomado de los albores de la electricidad cuando se suponía que el polo positivo era el cargado eléctricamente, luego se comprobó que la corriente de electrones en realidad va del polo negativo, donde se concentran todos los electrones, hacia el positivo, donde hay una falta de esos electrones.

### TRIODO

El triodo consta de un electrodo más, llamado reja, grilla o rejilla.

Esencialmente es un electrodo que permite "regular" el flujo de electrones de cátodo a ánodo, permitiendo realizar operaciones de bloqueo, paso bajo determinadas condiciones, etc.

En nuestro caso vamos a trabajarlo como amplificador.

Teniendo en cuenta que amplificador es el dispositivo capaz de incrementar el valor de la

intensidad, tensión o potencia de entrada.

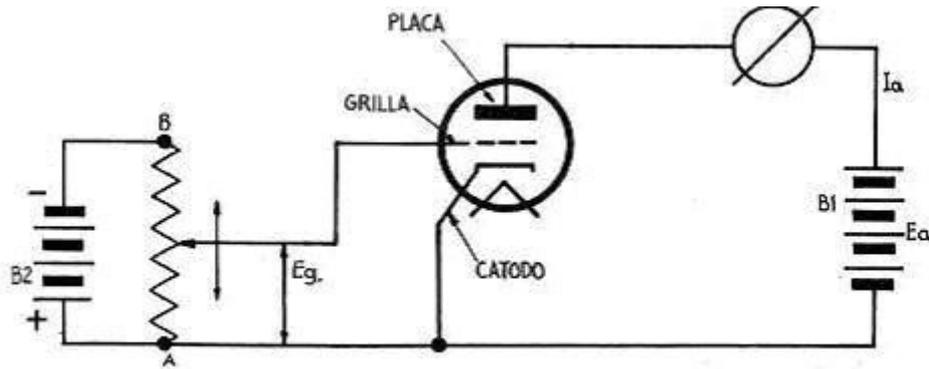


Fig. 23.- Circuito que permite apreciar el funcionamiento de un triodo.

En la imagen podemos ver un triodo con sus principales elementos de polarización para trabajar como un amplificador.

En este caso un triodo como cátodo-común, que es el montaje mas utilizado como amplificador.

### **POLARIZACIÓN TRIODO**

Para que el triodo trabaje en unas circunstancias prefijadas en el diseño, se tiene que polarizar bajo unas determinadas tensiones, éstas harán que trabaje con unas ganancias, distorsiones armónicas y clipping o distorsión pura que deseemos.

En el diagrama superior vemos que esencialmente, hay que disponer de una tensión de alimentación en alta tensión AT, que en el trabajo de diseño llamaremos  $V_b$ , o tensión de batería.

En los triodos suele oscilar de los 100 a 300 v.

La siguiente tensión importante sería la tensión de reja, ésta es la más importante ya que determina las circunstancias de trabajo de la válvula.

Otro punto es que la tensión de reja siempre será negativa respecto al cátodo.

Esa tensión negativa puede ser de distintos valores, dependiendo del tipo de triodo etc. Pero hay dos valores fundamentales a tener en cuenta, cuando la reja llega al valor 0, la función de la reja es nula y por tanto el flujo de electrones es máximo, en esta circunstancia la válvula entra en saturación ya que la corriente es máxima en este punto.

Al contrario si la tensión negativa es muy elevada la rejilla rechaza todos los electrones de emisión y la válvula entra al corte.

Esto hay que tenerlo muy en cuenta, ya que válvulas como la ECC83, 82, 81, etc tienen características muy diferentes entre ellas aparte de la ganancia propia y ciertos cambios pueden afectar al comportamiento del amplificador con resultados incluso chocantes

Mas adelante veremos como realizar esos cálculos para la correcta polarización (teórica y como nosotros deseemos).

## **PARÁMETROS VALVULARES**

Las válvulas, al igual que los transistores, tienen unos parámetros característicos, que van a indicarnos su modo de funcionamiento, como podemos emplearlos y en qué función. Estos parámetros son los siguientes y con ellos podemos saber como se comportará la válvula que utilicemos o, si deseamos un montaje determinado, buscar la válvula adecuada.

### **La ganancia:**

Está expresada por la letra  $\mu$  (mu) griega. Muchos veréis parámetros como 100, 60, 30, 17. Esto solamente indica que la válvula experimenta una variación de la tensión de placa de X voltios a 1 voltio de variación en la reja. Esta ganancia siempre la tomaremos como "teórica" ya que en la práctica es prácticamente imposible alcanzar.

### **Resistencia Interna (Ri):**

Es la resistencia interna "teórica" de la válvula, a menor resistencia interna, la válvula trabajará con un rango de intensidades mayor, a mayor resistencia, ya deducimos que las intensidades serán de menor valor.

### **Pendiente:**

También llamada transconductancia, generalmente podéis encontrar su forma expresada en ohms.. o la más habitual en Europa expresada en mA/V, se identifica con la letra S.

Más adelante veremos la importancia de estos parámetros, hasta el punto que conociendo solo dos de ellos podemos calcular el tercero para tener la información necesaria en un montaje.

¿Pero de dónde se saca toda esa información? Sencillo: del fabricante.

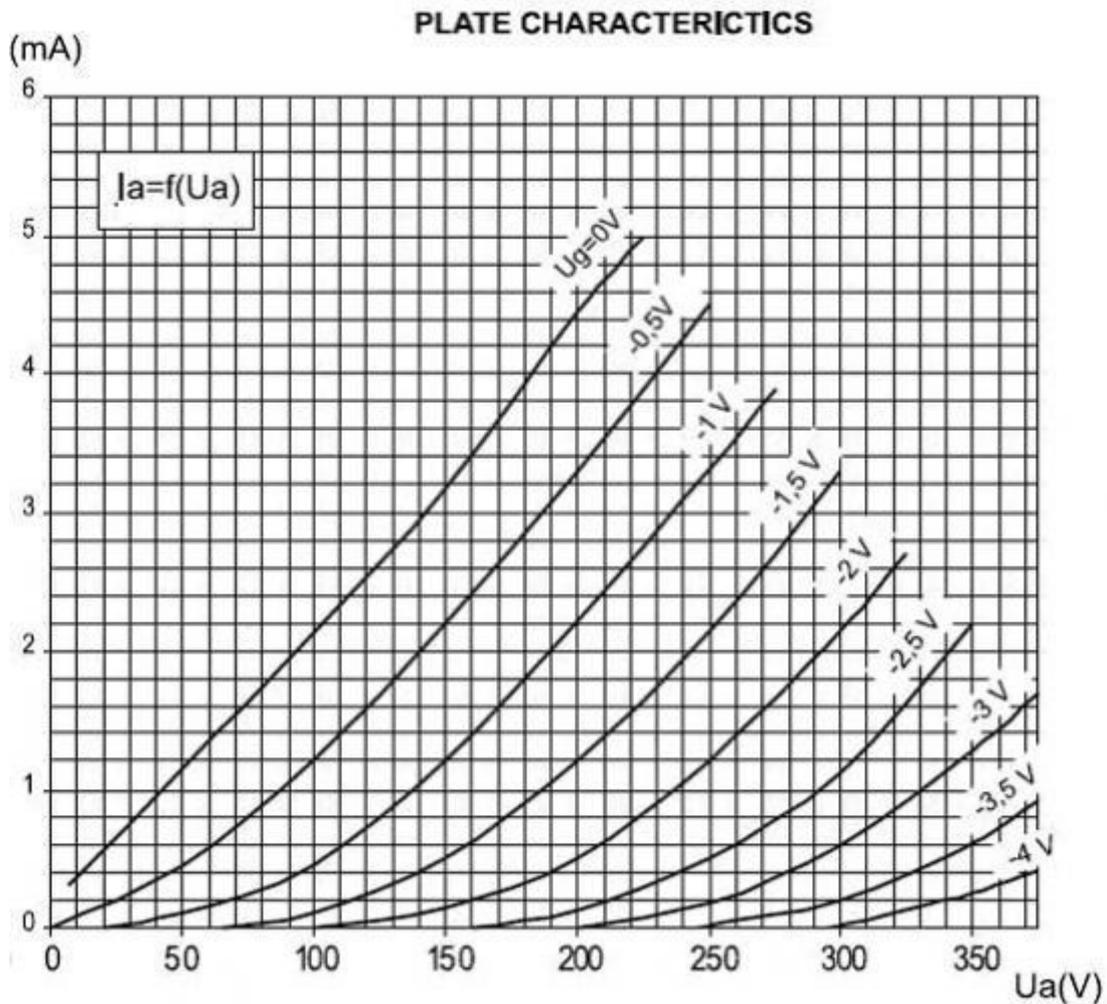
Por ejemplo, la ECC83 y su equivalente americana 12AX7 actuales, son variaciones de válvulas fabricadas hace 50 años.

Variaciones, en construcción interna por materiales, ya que se busca siempre la correspondencia con la válvula original.

Dicho esto veamos donde pillar esos parámetros, evidentemente de los Datasheet del fabricante, circulan los originales incluso de las principales válvulas...

## DATASHEET

Aquí encontraremos muchísima información al respecto, la principal sera algo como esto:



Esto serían las características de placa de una ECC83, como veis, tenemos un eje X de voltajes, indican los voltajes de alimentación que podemos usar llamados  $V_p$ , y el eje Y que serían las intensidades de trabajo  $I_p$ . Las líneas interiores expresadas en voltios negativos serían las  $V_g$ , o tensiones de reja, aunque vengan este caso indicadas como  $U_g$ , las tomaremos siempre como  $V_g$ .

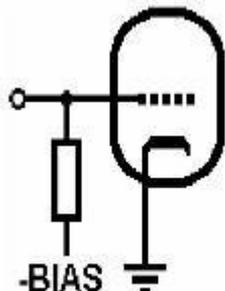
Con este diagrama, y ciertas operaciones matemáticas, podemos realizar los cálculos pertinentes para el diseño de los circuitos.

Tanto Polarizaciones, biasing, como ganancia se calculan a partir de este esquema fácil y rápidamente....

## POLARIZACIÓN DEL TRIODO

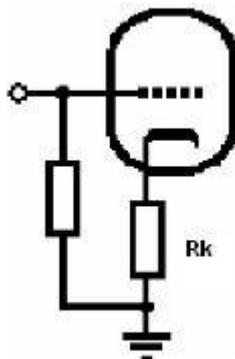
Para la polarización del triodo y otras válvulas, se usan tres sistemas generalmente.

### Bias fijo:



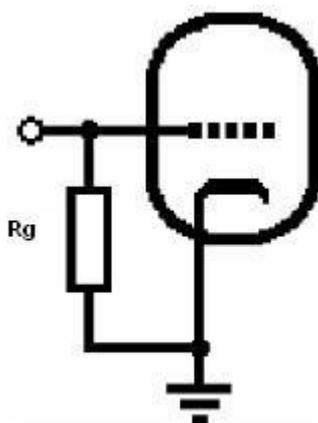
Este método necesita una alimentación exterior, ya sea pila, o de la propia fuente de alimentación mediante una tensión auxiliar. Este procedimiento es más usado en los pentodos por ejemplo.

### Polarización por cátodo (cátodo bias):



En este caso la polarización se efectúa mediante una resistencia entre cátodo y masa, y esta resistencia depende de la corriente de placa de la válvula que previamente calculemos, es el método más usado en todos los montajes de amplificación de tensión que veremos con el paso del manual. La resistencia de reja está ahí por una cuestión que comentaremos en el montaje que se hará paso a paso.

### Polarización escape de reja:



Es un tipo de montaje poco empleado en amplificadores de baja frecuencia, pero es conveniente tenerlo en cuenta por su interacción con el montaje de polarización por cátodo.

En la práctica hay una pequeña corriente de reja, del orden de microvoltios, con una resistencia de elevado valor, del orden de 8 a 10 Mg que puede provocar una diferencia de potencial del orden de 1V, suficiente para polarizar la reja.

Por eso en el datasheet suele indicarse que en la polarización de cátodo la resistencia  $R_g$  no debe superar cierto valor para que la intensidad  $I_g$  no afecte a los cálculos de polarización de la válvula.

## **DISEÑO AMPLIFICADOR BÁSICO**

Vamos a empezar por el diseño básico de cualquier amplificador de tensión.

Aquí vamos a puntualizar una cuestión muy muy importante y que algunos montajes DIY no tienen en cuenta, dando luego resultados poco previstos y dejando algunos con cara póker al encontrar que no da los resultados apetecidos.

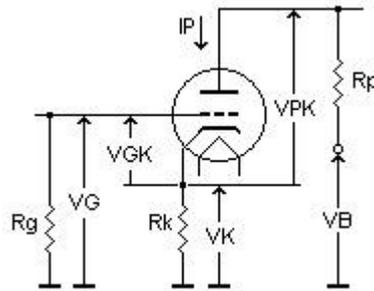
Siempre tenemos que basarnos en el diseño de la fuente de alimentación y cual va ser la tensión de partida del montaje.

Muchos diseños son copias de previos originales, pero para su funcionamiento no se tiene en cuenta que el diseño original trabaja a una tensión de alimentación preestablecida por el fabricante.

Si la tensión original es de 325V, hay que procurar alimentar nuestro diseño con la misma tensión o lo mas próxima. Desde luego alimentar un diseño en bae a 325V con 225V va a cambiar totalmente los parámetros de funcionamiento de la válvula, ya que la tensión de polarización, ganancia, tensiones prefijadas de cutoff y clipping nos varían totalmente.

Si no podemos llegar a esas tensiones, podemos analizar el circuito y "rediseñarlo" para que trabaje en el mismo segmento del original y si bien no ser completamente exactos, aproximarnos muchísimo al original.

### Esquema base amplificador tensión:



Podemos ver los elementos esenciales para polarizar nuestro triodo en este caso y por ser el más común, polarización por cátodo, y que sería conveniente se tuvieran un tanto en la memoria para distinguirlos en distintos montajes, éstos son:

**Vb** = Tensión batería, o tensión de alimentación entregada por la fuente

**Vk** = Tensión de cátodo

**Vgk** = Tensión entre cátodo y reja

**Vg** = Tensión de reja, suele ser la tensión que apliquemos a amplificar, más en el tipo de montaje que estamos, polarizado por cátodo.

**Rp** = Resistencia de placa, o también resistencia de carga de ánodo. Suele tener valores predeterminados por fábrica de 47k, 100k, 220k ohms.

**Rk** = Resistencia cátodo, es la resistencia que nos va a fijar el punto de trabajo o bias del montaje.

**Rg** = Resistencia unida entre reja y masa, que también puede ser el potenciómetro de un paso anterior, tiene un valor límite para evitar la polarización por escape que nos alteraría el resultado.

**Ip** = Intensidad de placa, la intensidad que circulará por nuestro triodo bajo determinadas condiciones.

Ya que tenemos los conceptos descritos, vamos a diseñar un amplificador como primera etapa, con la entrada directa de nuestra guitarra, con un alto nivel de impedancia y una ganancia alta sin buscar en este momento distorsiones.

En el diseño aplicaremos una tensión de 300V de alimentación o Vb. Con una resistencia Rp de 100K que es muy utilizada en todos los montajes. Utilizaremos también la hoja de características de placa que mencionamos anteriormente, así que si alguno quiere ir haciendo prácticas, que se imprima unas cuantas.

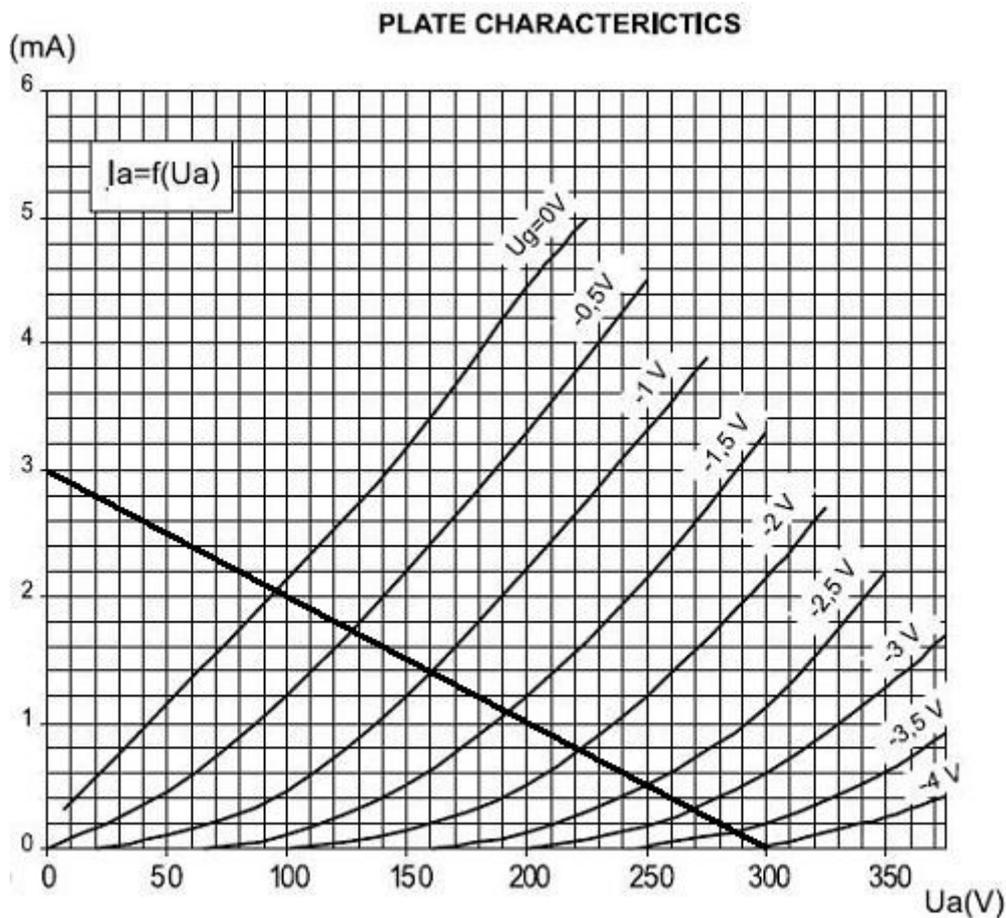
## Determinación Recta de Carga Estática

Para su cálculo utilizamos algo tan simple como la ley de Ohm.

Tenemos una tensión de 300V y una Rp de 100K. Nos queda ver donde irá su intensidad en el eje Y.

$$I = V / R$$
$$I = 300 / 100000 = 0.003A \text{ ó } 3 \text{ mA}$$

Ya tenemos la intensidad, ahora trazamos una recta que vaya desde los 300Vb en el eje X a los 3 mA en el eje Y. Nos quedará algo como esto:



Ya tenemos nuestra recta de carga, y vemos que cruza las distintas líneas  $U_g$  de la gráfica. Ya a simple vista nos informa de que la obtención de una tensión de polarización de 4 voltios nos va ser imposible por que no corta en ningún momento la recta de carga esa línea de polarización..

Ahora para nuestro primer paso tenemos que pensar en una tensión que nos dé la máxima ganancia con el mínimo de distorsión momentáneamente, ya que lo que queremos es fijar un nivel de tensión para poder trabajar en los siguientes pasos, donde sí moldearemos la señal para obtener unos sonidos más valvuleros .

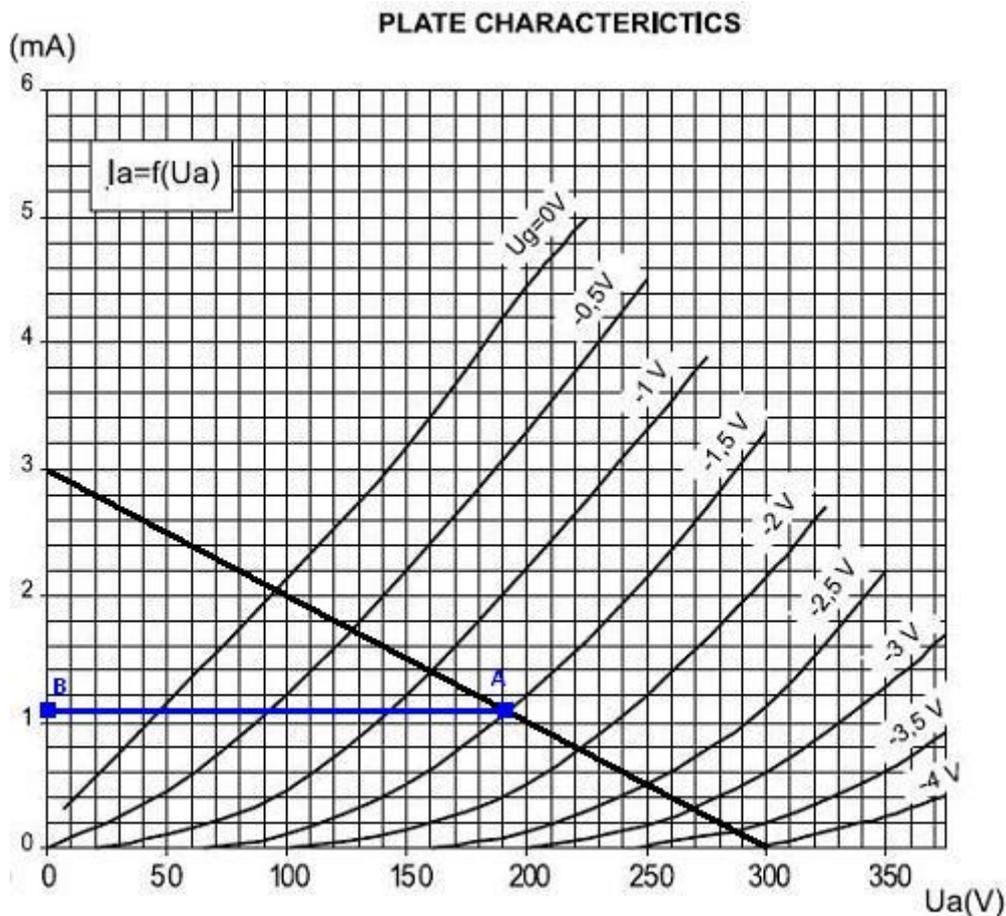
Si aceptamos que las pastillas no nos van a dar más de 1V de salida (las activas ya sabemos que pueden darlo a máxima ganancia, pero hay que considerar que en si llevan un previo interiormente) una tensión de polarización óptima sería más o menos el punto medio que va de -4 que es la máxima tensión que podríamos obtener, aunque sin resultados, a -0 que es la tensión de saturación de la válvula, donde ya no obtenemos resultados en la amplificación por llegar a la saturación.

Muchos dirán, claro pues -2 que es la mitad y punto pelota, pero en este caso no queremos distorsión y si vemos la gráfica, en la parte inferior las líneas de rejilla se curvan, indicación que se entra en una zona de distorsión por falta de intensidad de placa.

Así que buscamos otro nivel y vemos que -1.5 nos da una recta de carga mas limpia, sin entrar en zonas donde la señal se vea alterada....ya tenemos nuestro punto de polarización, será de -1.5 V... y recordemos, usamos la polarización por cátodo, así que lo siguiente es calcular la resistencia adecuada  $R_k$ .

El procedimiento para calcular esa resistencia será el siguiente, siempre dentro de la gráfica...

Marcamos un punto A justo en la intersección de la recta de carga con la tensión que queremos en rejilla, en este caso -1.5, y seguidamente trazamos una línea recta y paralela al eje X de voltajes hasta llegar al eje Y de intensidades. Este punto B nos marca una intensidad de 1,1 mA.



Para deducir la  $R_k$  echamos mano de nuevo de nuestro amigo Ohm  $R = V / I$

$$R = 1.5v / 0.0011 A = 1364 \text{ ohm}$$

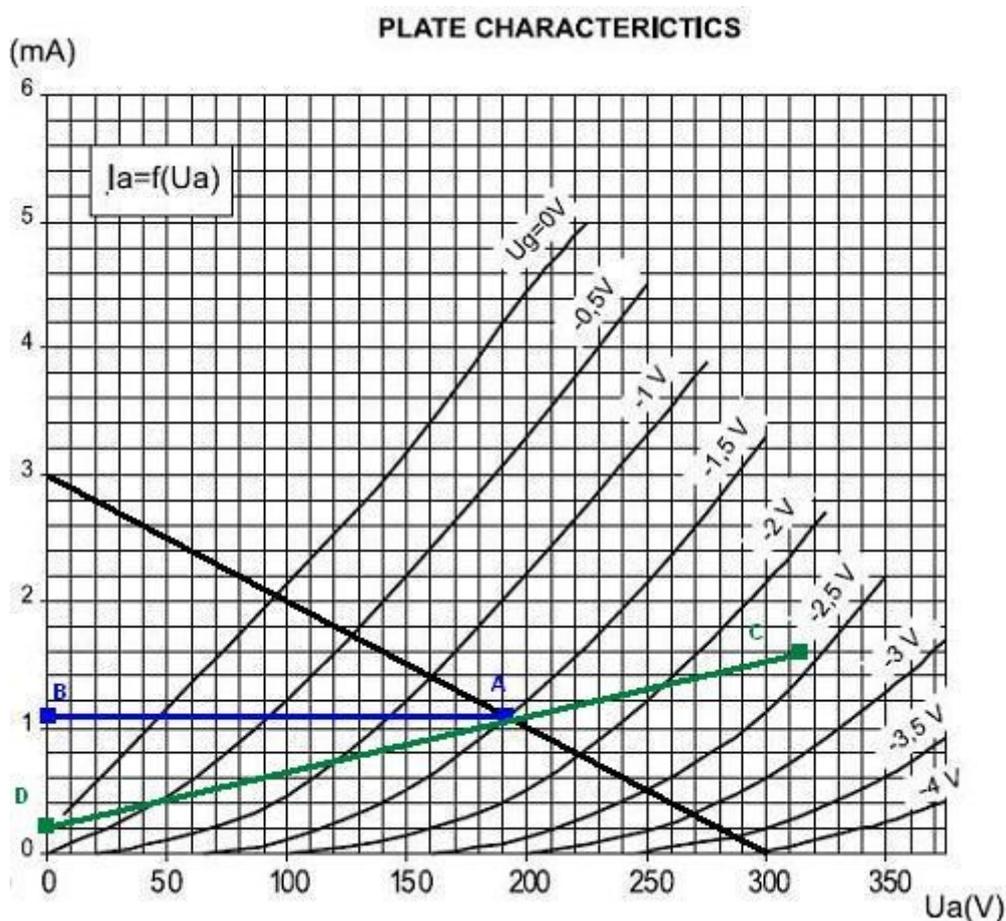
En la práctica vemos que esa resistencia no existe dentro de los valores estándar del mercado, y puede ser un contratiempo, para solventarlo podemos escoger la más próxima en valor por ejemplo 1k5 y calcular el resultado de esa resistencia dentro del montaje. Ojo ya no nos vale el resultado de 1.1mA, lo que buscamos es una aproximación lo más cercana al voltaje deseado...

Para ello dentro de la misma gráfica vamos a trazar otra línea en este caso la recta de carga de cátodo.

Para calcularla, utilizaremos una intensidad de referencia por encima de la que buscamos de 1.1mA digamos que 1.5mA, esto nos dará según el colega Ohm  $V = R \cdot I$ .

$$V = 1500 \cdot 0.0015A = 2.25V \text{ nuestro punto C}$$

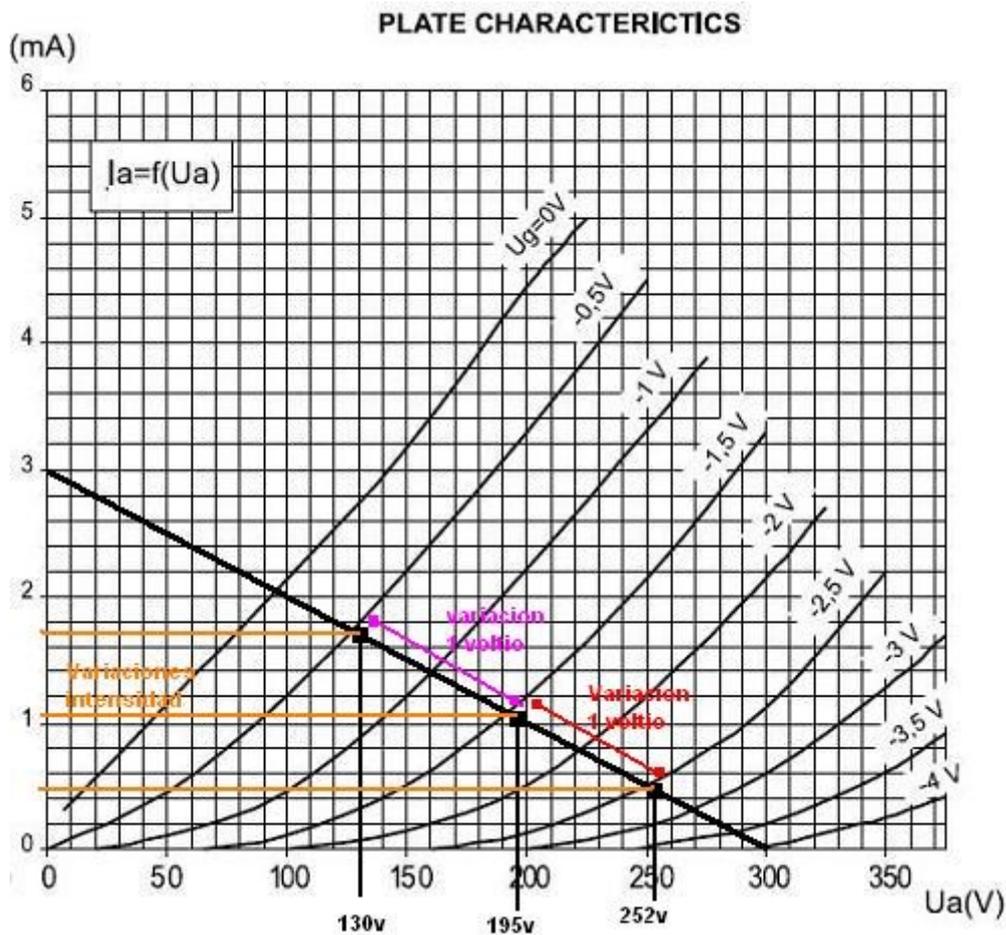
y para el punto D de referencia la intensidad mínima de la gráfica por ejemplo 0.2mA por comodidad, podemos cojer cualquier punto que sea inferior a la intensidad de 1.1mA de referencia:



Dentro de la gráfica vemos que esta recta pasa ligeramente por debajo del punto de -1.5 V aumentando ligeramente la tensión hasta los -1.6V. Creo que podemos darlo por bueno ya que entra dentro de los parámetros que requeríamos, una zona sin distorsión y con una máxima ganancia.

Ya tenemos nuestra válvula polarizada, ahora podemos conseguir gráficamente extraer como funcionará en reposo nuestro triodo.

Así como las variaciones que tendremos al aplicar 1 voltio positivo o negativo en rejilla:



Ya tenemos unos datos interesantes: en reposo la tensión será de unos 195 voltios en placa, si metemos una tensión negativa de 1V en reja, ésta sube hasta los -2.6V y la tensión en este caso será de 252v, en el caso contrario de aplicar 1V positivo, la reja baja hasta los -0.6V y la tensión queda en unos 130V.

Ojo, una puntualización: esto no es alterna, hablamos de continua y una respuesta "teórica" de la válvula. Lo que sí nos da seguro es la situación de reposo y el punto de trabajo que buscamos.

De hecho, he dejado a un lado el condensador de cátodo, ni hablo del corrimiento del punto de bias cuando se aplica una tensión ya que este tipo de polarización depende de la intensidad de placa que como vemos en la gráfica, también varía cuando aplicamos una tensión. Repito, es un punto de reposo absoluto y una vista previa de las magnitudes que podemos manejar....

Creo que está claro el funcionamiento de la válvula con determinados elementos muy simplificados. Solamente hemos conectado una resistencia de carga a una alimentación y una resistencia de polarización para polarizar la válvula en el segmento deseado. Parece que es mucho, pero con esto poco podemos hacer, simplemente tenemos un dummy para su conexión a un circuito.

Empecemos pues a usar nuestro dummy y ver cómo se lo curra.

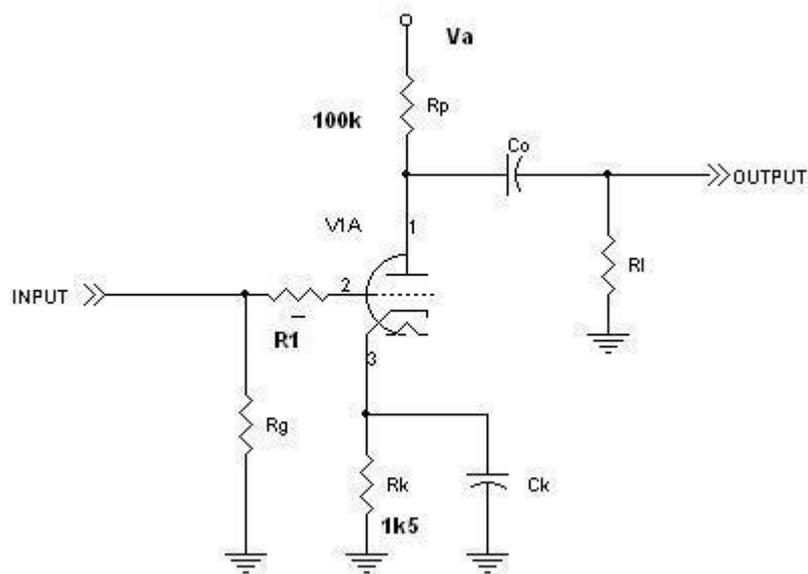
## ETAPA AMPLIFICADORA

Al principio comentamos que sería un amplificador lo más plano posible en cuanto a distorsión y con un elevado nivel de ganancia.

Ideal para un primer paso de amplificación, como por ejemplo el necesario para la conexión de nuestra guitarra.

De paso comentaremos la función de cada componente que en muchos amplificadores van montados de manera similar, cambiando los valores según el tipo válvula o diseño, pero que en si suelen realizar la misma función..

En este caso tendríamos este esquema, con las dos resistencias ya calculadas, la de carga y la de cátodo:



Ademas tenemos unos elementos nuevos:  $R_1$  ,  $R_g$  ,  $C_k$  ,  $C_o$  y  $R_L$ .

Todos ellos se pueden identificar en casi todos los esquemas de válvulas que encontréis, así que si tenéis uno a mano podéis familiarizaros con ellos.

**$R_g$**  = Resistencia de carga de reja, esta resistencia suele tener un valor predeterminado, aunque podemos llevarla a unos límites, fija la reja a masa para que la reja no se polarice ella sola y nos cambie el parámetro.

**$R_1$**  = Esta resistencia tiene cierta controversia en el mundo de las modificaciones, al ser una resistencia en serie con la entrada, se tiende a bajar su valor o incluso eliminarla. Creo y es mi opinion que se comete un error, técnicamente esa resistencia conforma un divisor de tensión con  $R_g$ , para evitar que el paso se vea interferido por  $R_F$  (eso de que te salga "LA COPE" por el altavoz sin haber sintonizado nada), y además para atenuar el efecto Miller implícito en las válvulas por la capacidad parásita interior. Esencialmente, con esa resistencia se crea un filtro pasa altos, pero con un corte muy muy elevado, que no afecta al rango de frecuencias de nuestra guitarra. Su valor suele estar fijado en 68K aunque se ven valores de 33K también.

Si tomamos como divisor 68k y la resistencia  $R_g$  de 330k como mínimo, vemos que la

caída de tensión va a ser mínima, aun así para evitar posibles caídas, se sube la  $R_g$  hasta un valor de  $1M\Omega$ .

**Ck** = El famoso condensador de cátodo, también muy discutido en ciertas modificaciones. Si trabajásemos en continua, simplemente fijaría la tensión ante cortes abruptos en la tensión de reja, como los condensadores permanecen en carga, si bajase la intensidad de placa, bajaría la tensión de cátodo, y varía el punto, pero el condensador se encarga de fijar esa tensión, entregando parte de su carga para "estabilizar" el montaje. Pero aquí vamos a trabajar con señales alternas, señales que varían continuamente de polarización y que intentan variarnos todos los parámetros cada milisegundo.

Aquí tendríamos tres tipos de montajes:

**Full bypassed:** El Ck, tiene una capacidad capaz de absorber todas las frecuencias, la intensidad de placa tiende a desplazarse, pero el condensador fija la tensión de cátodo sin permitir variaciones en la ganancia. De hecho si el valor del condensador supera los  $21\mu F$  ya "bypasea" todo el rango de frecuencias. En estos casos la ganancia es máxima, prácticamente la máxima que sacamos del montaje. Tonalmente tiene más cuerpo, con una ecualización plana a todas las frecuencias, ya que son prácticamente amplificadas por igual.

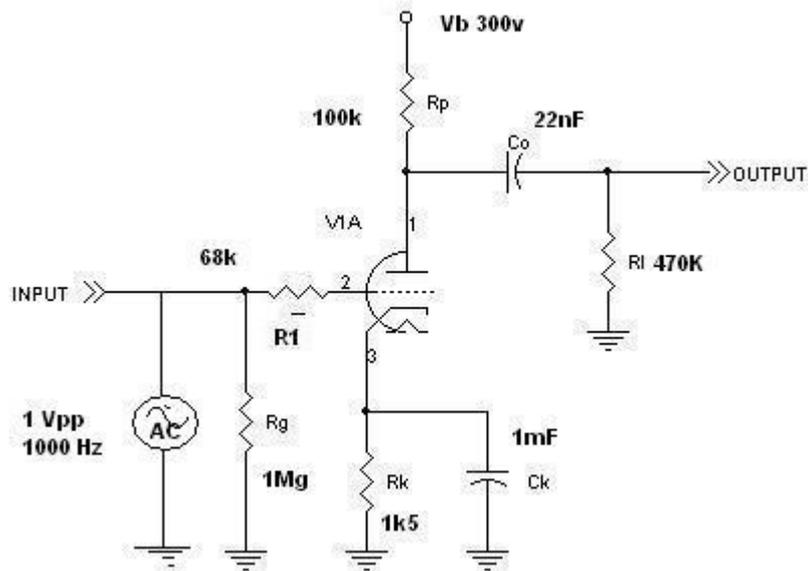
**Unbypassed:** El Ck no existe, la válvula esta sujeta a todo tipo de variaciones de cátodo y por tanto el bias se desplaza continuamente de un punto máximo a mínimo. La respuesta en graves es mas baja, pero la rápida variación de medios, agudos y altos no afecta tanto, así que la amplificación se ecualiza hacia un punto medio alto. La ganancia cae estrepitosamente prácticamente a la mitad en todo el rango

**Parcial bypassed:** El Ck tiene un valor indeterminado, que no supera los  $21\mu F$  que comenté. En estos casos, dependiendo del valor del Ck el amplificador se comporta como un booster a un rango determinado de frecuencias. Como ejemplo un condensador de  $1\mu F$  en cátodo, dispara la ganancia a los  $150Hz$  alcanzando el máximo a los  $1000Hz$ .

**Co** = Es el condensador de acoplo entre etapas, con una sola etapa de amplificación no tenemos mucho donde exprimir, así que hay que echar mano de otro triodo para que la señal tenga unos parámetros adecuados. Este condensador evita el paso de tensión continua de la placa hacia el siguiente paso amplificador, aunque la señal como señal alterna si pasará.

**RL** = Esta resistencia vista así parece descuadrada, pero conforman un grupo de separación RC junto a Co. La continua queda bloqueada en Co, pero la alterna pasara por el condensador. Para que la caída de tensión alterna sea mínima, se utiliza un valor elevado  $330k$  o  $470k$ . Tiene importancia para los cálculos de ganancia en alterna. Si os fijáis casualmente es el mismo valor que se da a una  $R_g$ , así que se aprovecha para inyectar la señal a la siguiente reja sin dilación. (Aclaración: en este caso por llegar una señal con un elevado valor y de un paso con una elevada impedancia la  $R_1$  no es necesaria, cualquier señal parásita es rechazada por Co).

Ya tenemos los componentes elegidos nos tiene que quedar algo como esto:



Están los valores, vamos a ver que características requiere cada componente. Si alguno tiene alergia a los números lo siento pero ya andamos con matemáticas auestas, pero tranquilos que el manual se acompaña con herramientas excel, y los cálculos tampoco son tan complicados.

**R1:** El paso de corriente por ella es prácticamente nulo, así que un valor de 68k 1/4W es perfectamente correcto, respecto al tipo de construcción, cualquiera del mercado, metálica o carbón, realmente no tendrá incidencia en el sonido.

**Rg:** Con esta resistencia hay que tener cierto cuidado, si es la resistencia de entrada como es el caso de este montaje. Al igual que la R1, el paso de corriente es nulo o prácticamente inapreciable, así que con 1/4W nos basta.

La diferencia está en si el input es el de la guitarra, o de un paso anterior de amplificación, RL en este caso. Aquí las variaciones de continua no existen **pero si las de alterna ojo**. Sabemos que el Co nos dejará pasar la tensión alterna, en algunos casos de 200V. Así que le daremos un valor un poco mas alto para evitar ruidos térmicos sobre todo, así que 1/2w es lo más adecuado. Respecto al valor de 1Mg, es para dar una alta impedancia de entrada y así no tengamos pérdidas en la señal de entrada, tener en cuenta que irá en paralelo con el potenciómetro de volumen, así se obtiene el valor 330k o 470k estándar para esa resistencia.

**Rk:** Esta resistencia ya tiene un paso de corriente apreciable, que calculamos al referenciarla de unos 1.1mA. Pero esa intensidad varía realmente dentro de la recta de carga desde los 0 a los 3 mA máximos, para una mayor fiabilidad y estabilidad es recomendable tomar la Ip max como posible.

Para calcular la resistencia de disipación mejor usar la ley de Joule para estos casos.

$$P = R * (I \text{ al cuadrado})$$

$$P = 1500 * (0.003 \text{ al cuadrado}) = 0.0135 \text{ W, } 1/4 \text{ w nos será suficiente.}$$

**Rp:** Nuestra resistencia de carga principal, en estos casos hay dos tipos posibles de resistencia, carbón compuesto o metálica. La respuesta de la película metálica es más rápida y abrupta, da un limpio más claro y cristalino. La de carbón tiene una respuesta más retardada e internamente tiende a bajar hasta cierto límite su resistencia por el calor. El sonido de la película carbón es más "comprimido".

Hemos escogido el valor 100k que es el más estándar, pero hay muchos montajes de high gain como los Soldano que montan 220k, y otros que usan 47K si la alimentación no sube de 250v.

Esto tiene una explicación a nivel armónicos, sobre todo el segundo armónico que es el que nos da un tono más musical y con más presencia, además de generar una compresión tipo overdrive.

La válvula tiene dentro de su amplificación, una distorsión armónica implícita, si se usan resistencias de 47k esta distorsión armónica llega hasta un 10% según la tensión de entrada.

Con 100k es de 7.8% y con 220k baja hasta el 3.8%.

Respecto a la potencia a elegir volvemos a la anterior fórmula. contando un máximo de intensidad, su potencia sería de 0.9 W.

Otro factor a tener en cuenta es la posibilidad de ruido térmico en estos casos. Ese hisss que algunos nos vuelve loco.

En sistemas de alta ganancia puede ocurrir que ese ruido térmico llegue hasta un 2% de la señal, algo molesto.

La solución: Elevar la potencia de disipación de la resistencia.

En este caso 1W en película metálica va de perlas, pero en carbón es casi preferible unos 2W, así ganamos también en estabilidad.

**Ck:** Ya he explicado su funcionamiento y su montaje.

En este caso he puesto un condensador de 1uF, su valor de voltaje, pues hasta 6,3V que es el valor comercial nos vale.

Los electrolíticos son perezosos en respuesta a frecuencias elevadas, así que podemos usar un poliéster de bajo voltaje, que son menos voluminosos, ya que el poliéster tiene una respuesta más rápida para las frecuencias que queremos enfatizar.

**Co:** Nuestro condensador de salida, acoplo a la siguiente etapa. Para el cálculo de su valor, hay que tener en cuenta la resistencia RL que montaremos, ya que nos hará como filtro pasa bajos. Vamos, que ciertas frecuencias bajas perderán tensión en el camino por su Xc o reactancia capacitativa.

El condensador se comporta como una resistencia a frecuencias determinadas, si son bajas, peor lo pasan.

Lo fácil sería poner un condensador de 22uF y tirar palante, grande y hermoso, error, un condensador grande tiene un tiempo de carga demasiado elevado, y bloquea al final la señal.

Matemáticamente se puede averiguar la frecuencia más baja a partir de la cual hay una atenuación apreciable.

$$f = 2\pi * RL \text{ (en ohms)} * Co \text{ (en faradios ojo)}$$

$$f = 6.28 * 470000 * (0.022/1000000) = 15.40 \text{ Hz}$$

Vemos que la atenuación apreciable se efectúa sobre los 16Hz, frecuencia por debajo del rango audible....

Respecto a la tensión, aunque la placa no nos dé más de 300V en su caso extremo, la  $V_b$  de referencia. En alterna se generan picos muy elevados, y también hay que evitar cierta deriva de tensión por la proximidad de las placas y el dieléctrico de que está construido el condensador. Como norma se suelen usar condensadores del doble de voltaje que aguantan en continua.

Su funcionamiento será el mismo y salvo la incomodidad del tamaño, evitan hiss por deriva.

Hay diferentes tipos de condensadores usados en este cometido.

Los famosos Orange Drop, los mustard Philips, papel, aceite, encapsulados, etc etc.

Cada uno por su tipo de construcción reacciona de diferente manera a las señales en alterna, de ahí su uso en determinados montajes.

Por ejemplo, para marshall plexi, estilo vintage, se usan los mustard. Si quieres algo más "lineal" pero con respuestas tonales cálidas los Orange drop y así etc etc..

**RL:** Resistencia del grupo RC de desacoplo-acoplo. En este caso prepara la señal para la siguiente etapa. Puede ser un potenciómetro de gain para el siguiente paso, o un divisor con dos resistencias, en cualquier caso para los cálculos hay que tomarla como una sola resistencia. Su valor, como ya he comentado, está prefijado dentro de un rango de 330k a 1Mg.

La potencia por su carga de alterna es conveniente que sea de  $1/2 w$ .

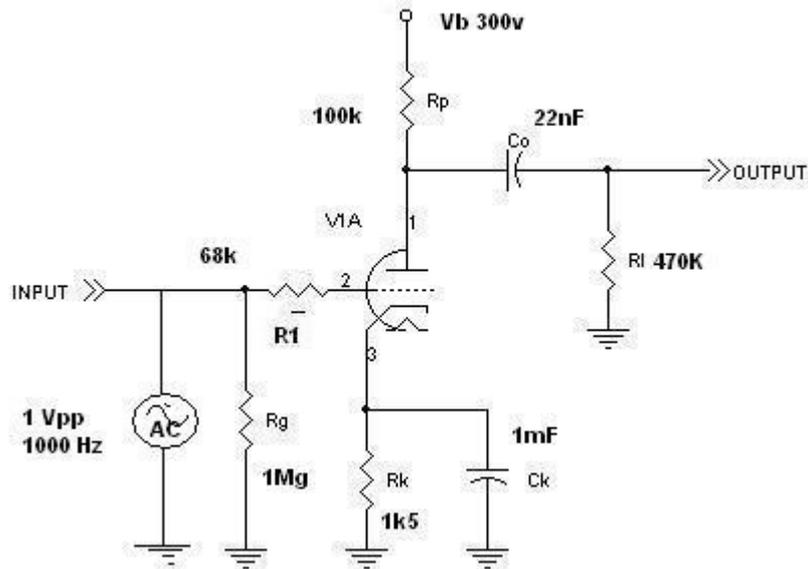
Ya están explicados los componentes y sus valores.

Enseguida veremos qué ganancia tiene nuestro ampli a una tensión de 1Vpp y 1000hz y la tensión de salida.

También cambiaremos la frecuencia para ver como cambia la respuesta.

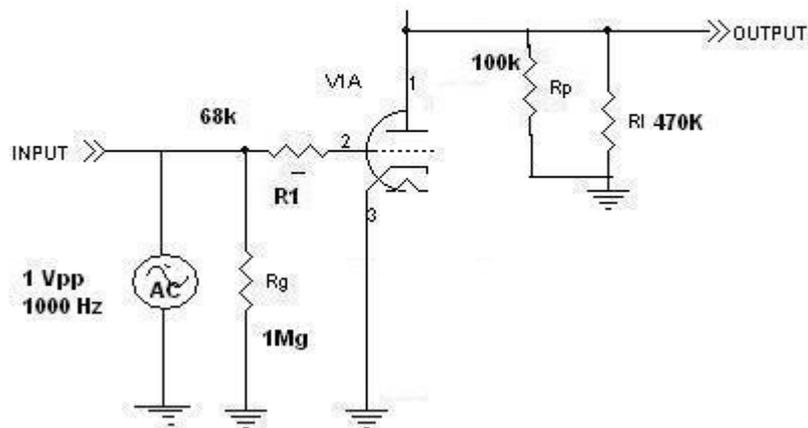
Luego usaremos un amplificador sin condensador para ver que trabaja de forma muy diferente. Como es lógico ya no comentaré el valor de cada componente y nos centraremos solo en su respuesta. Así que los interesados repasen un poco cada componente para avanzar mas rápidamente.

Ya tenemos nuestro montaje de primera etapa:



Vamos a ver como se comporta con una entrada de señal determinada 1Vpp y 1000Hz.

Como trabajamos en alterna, nuestro montaje quedaría así:



Resulta curioso, nuestra Rp está ahora en paralelo con RL, ¿por qué?..... Bueno hemos visto que Co en alterna nos dejará pasar una frecuencia por encima de los 15 hz así que para nuestra frecuencia Co es un cortocircuito, no existe, así que unimos esos puntos. Y Rp???? porqué está a masa???????

Rp, está unida a unos electrolíticos de filtrado en alimentación. Y por supuesto la alterna pasa por allí que es un gusto, resultado: como si estuviera unida a masa.....

Y Ck y Rk han desaparecido????

Hemos comentado que Ck si fuera mayor de 21uF supondría un fullbypassed, esto ni más ni menos es que la Xc o reactancia, expresada en Ohms, es de 144 ohms a 50 Hz y en el

caso de 1000Hz de solo 7.24 Ohms.

Antes de todo, creo que es más conveniente ver como se calcula en modo fullbypassed, donde Xc se considera cero, y por tanto la Rk desaparece (aunque esta ahí para la componente continua) para comprender primero como funciona en alterna el montaje.

Primero, calculamos la R equivalente de Rp RL que llamaremos R`L las dos estan en paralelo:

$$R'L = R_p // R_L = R_p * R_L / R_p + R_L = 47000000000 / 570000 = 82456$$

Ésta sería la carga "real" a la tensión alterna producida por el triodo.

Ahora entra en juego un "factor" de la válvula: su **Ri**.

Su oposición a la corriente alterna se toma como una resistencia real derivada también a masa. Esto nos dará también el valor de impedancia de salida.

En este caso le llamamos Rce (Resistencia carga equivalente)

$$R_{ce} = R_i * R'L / R_i + R'L = 5153508772 / 144956 = 35552$$

Conociendo este dato podemos echar mano de un "axioma" valvular.

$$\text{Tension salida} = S * v\text{-entrada} * R_{ce}$$

Recordemos que S es la pendiente del triodo, un factor entregado por el fabricante al igual que ir y u.

$$V_s = 0.0016 \text{ mA} * 1 * 35552 = 56$$

Como vemos estamos lejos del 100 teórico de esta válvula, esto es normal, esos niveles de ganancia serían con Rp del orden de 5Mg y con tensiones continuas, en alterna como vemos nos afectan mas factores externos.

Aun así es un factor de ganancia importante: unos 35 dB.

Eso sí, tener en cuenta que son valores aproximados, no exactos.

Tolerancias de resistencias, condensadores, etc. influyen para un resultado exacto, incluso el propio comportamiento de la válvula que según el segmento de trabajo puede tener distinta S, Ri, u.

Son parámetros que influyen notablemente y una ligera variación puede hacer que nuestro montaje de una ganancia de 50 o 53.

Continuaremos con el montaje con Ck parcial y el montaje sin Ck o Unbypassed que es muy interesante para empezar a "modelar" la señal.

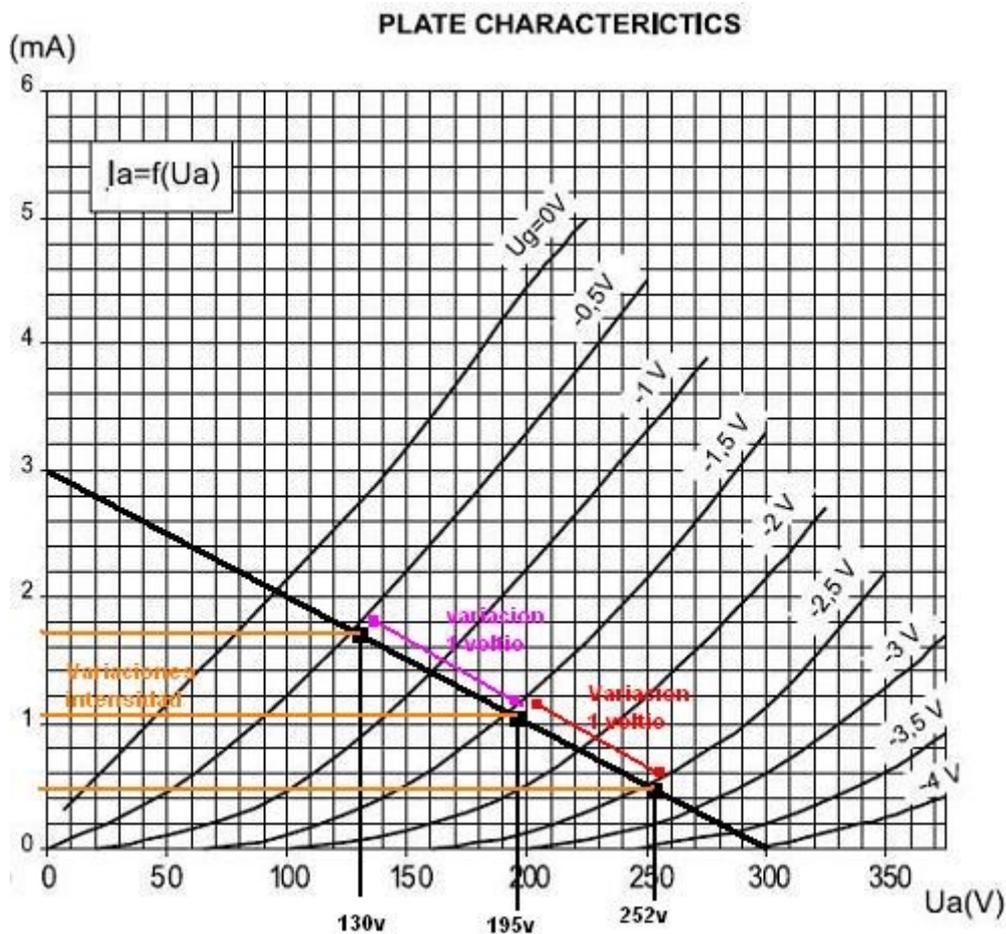
Anteriormente hemos realizado los cálculos para un amplificador fullbypassed, amplificando todo el rango de frecuencias.

Nuestro paso siguiente es el método unbypassed. Sin ningún tipo de condensador en el cátodo que establezca la tensión de bias, y por tanto con un corrimiento del punto del trabajo a lo largo de la línea de carga.

Esto es importante, ya que con una señal aplicada a la rejilla, el punto de trabajo cambia

dependiendo de la amplitud de la misma.

Intenta "correr" hacia el punto máximo o mínimo de la señal, al tener un mayor o menor consumo en IP. Esto salía en nuestro gráfico del punto de trabajo con tensiones:



Tenemos varios datos, el punto de polarización  $-1.6V$  representa un consumo de  $1.1mA$ . Cuando inyectamos una señal de  $1V$  positivo, la reja baja hasta los  $-0.6V$  y representa un consumo de  $1.7mA$  y en el caso contrario si aplicamos  $-1V$  a la reja, ésta sube hasta los  $-2.6$  representando un consumo de  $0.5mA$ .

Si imagináis esto a una frecuencia de  $2000Hz$ , hacer los cálculos de esas variaciones puede ser imposible...

Bueno hay una fórmula expresa para ello.

$$\text{Ganancia} = u \cdot R'L / R'L + Ri + Rk \cdot (u + Ve)$$

Ve sería la tensión de entrada que para los cálculos lo tomaremos como 1.

Recordar que  $R'L$  es el valor de calcular  $Rp$  y  $RL$ ... ojo, estamos en Alterna.

Si en fullbypassed la ganancia era de 56, con una resistencia de 1500 ohms y sin condensador nos da una ganancia de 27 como veis prácticamente la mitad.

Si escogemos una resistencia de mayor valor, por ejemplo de 5K, escogiendo un punto de polarización mas alto de  $-3V$  la ganancia se nos quedaría en 13.

Por contra, si escogemos un punto de  $-1$  con una resistencia de 820 (aproximación estándar) la ganancia es de 36.

Por qué??? Sencillo, gráficamente cuando el punto es más aproximado al punto de corte de reja, en este caso -4, hay una compresión mayor entre las líneas de reja (menos espacio gráfico).

El punto de bias en unbypassed tiene menos sitio donde recorrer la línea de carga.

Incluso con un sistema bien polarizado y fullbypassed, esa compresión es evidente y es la que da ese grado de tonalidad a la válvula que el transistor no tiene.

En la gráfica ya nos lo está diciendo, fijaros en las tensiones de placa. Si aplico una tensión de 2Vpp en alterna, la reja irá de -1.6 a -0.6 en el periodo positivo de la señal. Vemos que la señal de placa irá de los 195v a los 130v. Esto son unos 65v variación negativa. Por contra cuando la señal está en su máximo negativo. La reja sube hasta los -2.6 V, con una tensión de placa de unos 252v equivalen a 58v variación positiva.

Esto es la distorsión armónica inherente a la valvula.

Se puede medir en el segundo armónico, el más musical con la siguiente fórmula, es una aproximación, pero da una idea del porcentaje de "compresión"

$$Da2 = V_{neg} - V_{pos} / 2 (V_{neg} + V_{pos}) * 100$$

$$Da2 = 2.85 \%$$

Ya tenemos nuestra distorsión natural, cutoff. Recorte por punto de reja. Está presente en cualquier punto que escojamos incluso no buscándolo. Siempre está presente en mayor o menor medida.

Ni que decir tiene que si buscamos un punto de polarización lo más bajo de la gráfica posible, mas cutoff tendremos... aunque no hay que detenerse solo ahí.

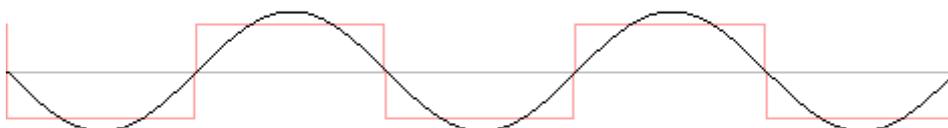
Hemos llegado al montaje unbypassed, con una polarización hacia el cutoff, leve, pero evidente.

Ni que decir tiene que si lo que buscamos es una compresión mayor, con muchos armónicos. Buscaríamos un punto de polarización mas cercano a la zona de compresión.

Eso sí, sin recortar en demasía la señal, ya que contra más plano es el recorte, la aparición de armónicos impares es más evidente y llegan a ser molestos (todo en su justa medida) si nos pasamos podemos convertir nuestra onda cuasi sinusoidal en una onda cuadrada perfecta, al añadir más armónicos impares.

Algo como esto:

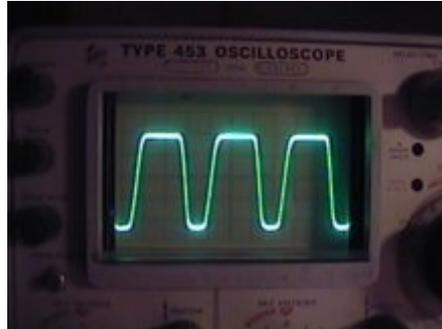
harmonics: 1



Siempre dentro de nuestra recta de carga inicial. Tenedla en cuenta siempre.

Por ejemplo una polarización de  $-2.5V$ , ya está próxima a la zona de curvatura inferior y por tanto la zona de cutt off es evidente.

Esta zona es una zona de distorsión asimétrica, mas adecuada para rock, tiende a ser más fría. Fijaros en el recorte abrupto de la señal en su parte superior:



De esto podemos deducir tambien lo siguiente: ¿si bajamos el punto de polarización, que ocurre ?

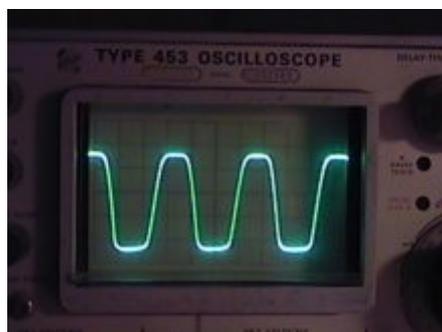
Pues que entramos en zona de saturación de la válvula. Ésta no puede conducir por encima de los  $0V$  reja, de hecho deja de conducir en una zona próxima pero aún con tensión negativa.

Esto hace que la distorsión sea muy parecida a la asimétrica, pero con una caída más suave hacia el valle. Más overdrive, con una riqueza aún mayor de segundos armónicos... Distorsión por limite de reja. (Grid-current limiting en inglés).

Lo que obtenemos es una distorsión más caliente, con una mayor presencia de la nota, ya que no se ve afectada por armónicos impares tanto como la distorsión por cutoff.

Esto en la parte inferior en este caso de la señal indicada en el osciloscopio.

Y la distorsión simétrica ?????? Pues si calculamos que la tensión de entrada de nuestro amplificador (aunque no es el caso) llegase a los  $4V_{pp}$  en la reja... el recorte sería por cutoff y por límite de reja, así que tenemos un recorte, en los dos picos de la señal:



Nótese que la onda está saturada tanto en su cresta superior como inferior.

Para los amantes de los pedales de distorsión, la distorsión asimétrica sería un SD1 de boss y simétrica sería un TubeSramer.

Resumiendo, el método unbypassed, es el método más adecuado para modelar con distorsión nuestros montajes o mods.

Podemos hacerlo por elección de punto de trabajo, buscando la tonalidad mas fría o caliente que queramos: Distorsión asimétrica.

O por saturación total de la válvula: Distorsion simetrica.

Terminaremos la descripción del montaje con el montaje Parcial bypassed, donde tenemos la oportunidad de enfatizar ciertas frecuencias y aumentar su ganancia.

### **POLARIZACIÓN PARCIAL BYPASSED**

Ya hemos visto las diferentes posibilidades de polarizar nuestra válvula. Pero nos queda una intermedia, la de polarización parcial, donde nuestro montaje va a funcionar de una manera diferente según el rango de frecuencias que introduzcamos.

Aquí quiero hacer una aclaración: el condensador de cátodo, no es que filtre frecuencias a masa, si fuera así, a través del cátodo derivaríamos todo el espectro con un condensador de apenas 1uF.

Lo que hace es que al fijar la tensión de cátodo, la ganancia sea mayor, aproximándose lo más posible al máximo teórico del montaje.

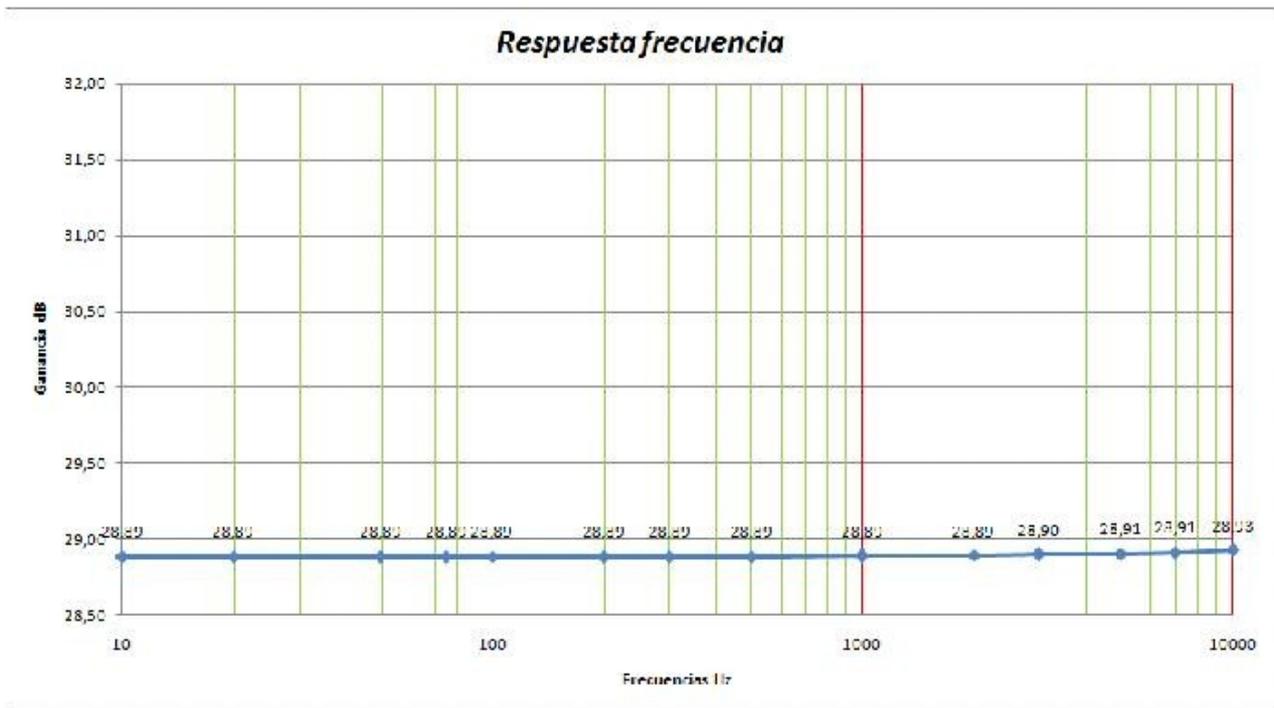
Si escogiendo un condensador de 21uF, la válvula se comporta como un amplificador lineal a todo el espectro audible.

¿que pasa si tomamos un condensador de menor capacidad?  
¿como actuaría?....

Pues.....como dos amplificadores en uno:

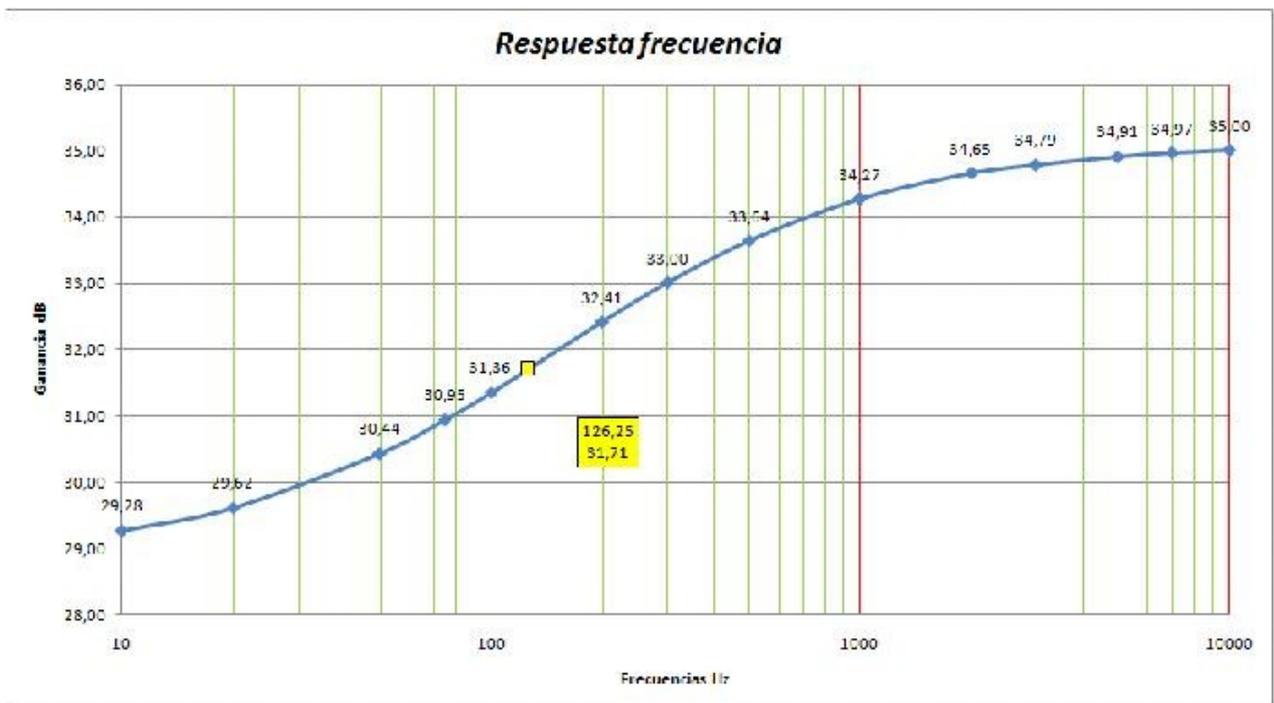
A frecuencias bajas, si su capacidad no es elevada, tiende a comportarse como un amplificador unbypassed, pero a frecuencias más altas, boostea, amplifica en mayor medida las señales de mayor frecuencia.

Esto se puede calcular matemáticamente, recordar que algunos conceptos como ganancia etc, los hemos podido deducir con sencillas fórmulas, y como gráficamente es mucho más sencillo de asimilar. empecemos por nuestro amplificador sin Ck:



Vemos que nuestro amplificador, tiene una ganancia de apenas 28dB, con una respuesta totalmente plana (la línea no muestra tendencias a subir o bajar en ningún rango).

Por el contrario, si metemos un condensador Ck de 1uF la gráfica ya muestra algunos cambios:



Nuestra gráfica ya indica que las frecuencias más altas se ven aumentadas en ganancia llegando a los 35 dB.

También se percibe que el mayor aumento se encuentra en el rango comprendido entre 100hz y 1kz.

Concretamente hay un punto donde la frecuencia es evidentemente amplificada en mayor

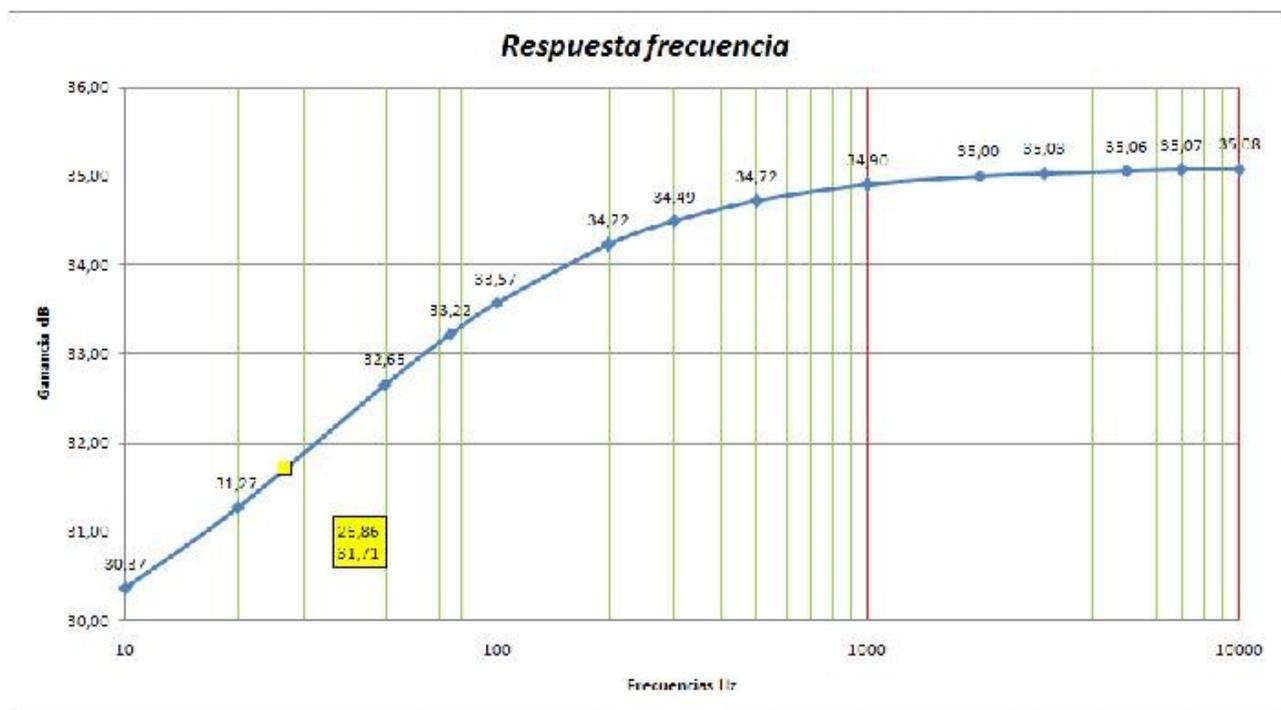
medida, punto halfboost, donde la ganancia ya es aproximadamente el 70% de la ganancia total y se considera que entra dentro de las características de ganancia en frecuencia de nuestro amplificador, cualquier punto de frecuencia por debajo de dicho punto se puede considerar como atenuada respecto a la ganancia total.

Este punto en el caso de la gráfica esta representado por 126.25 Hz. Que sera el punto de frecuencia medio amplificado. Por debajo, hay amplificación, pero en mucha menor medida, y perceptible por nuestro oído.

Si subimos aun más nuestro condensador Ck hasta los 5uF, la gráfica aumenta su ganancia más aún en todo el rango.

Las frecuencias bajas aún son perceptiblemente menos amplificadas, pero el punto medio ha bajado hasta los 28hz.

Como respuesta tendremos una mayor respuesta de graves y unos medios aun mas contundentes ya que el punto de boost sube considerablemente sobre los 200hz:



Visto esto vemos que nuestro Ck puede variar la respuesta del amplificador de modo notable...¿pero solo es este factor?

Realmente no.

En realidad Rp, RL, Rk y Ck inciden notablemente en el circuito. Tanto en la ganancia total, como en el punto medio de frecuencia.

Como sé que es algo complejo de entender, he preparado unas hojas de cálculo con las tres válvulas mas empleadas para que veáis y comprobéis las diferentes ganancias, incluso a diferentes tensiones de entrada, Rp, RL, Ck.

Como ya os dije, os acompaño un rar con los cálculos de las principales válvulas.. así como una hoja excel donde se calculan las impedancias de entrada y salida de cada válvula.

Las celdas en naranja se pueden variar, como son Rp, RL, Rk y Ck.

Así podréis ver el comportamiento a diferentes valores.

La representación gráfica está al final, y os indica el punto medio donde la frecuencia ya es

amplificada en toda la ganancia del triodo.

Con respecto a las impedancias:

La impedancia es la oposición de un componente, ya sea bobina, resistencia, capacidad, etc. a la corriente en alterna CA.

Para un cálculo exacto hay que tener muchísimos factores, como frecuencia, fase, etc etc.

Para simplificar se recurre a cálculos aproximados, como es el caso que expongo.

En todo caso, hay ciertas "normas" que hay que tener en cuenta.

Cuando queremos amplificar una tensión, la impedancia de entrada el amplificador tiene que ser un mínimo de 5 veces superior a la impedancia del generador. En este caso las pastillas de nuestra guitarra.

En el caso de las pastillas, la corriente inducida es realmente pequeña, casi imperceptible, no así la tensión. Así que el montaje de entrada tiene que tener una impedancia muy muy alta para que esa tensión no caiga por efecto de la impedancia entrada.

En nuestro montaje y contando una impedancia de 5K.. vemos que el primer paso tiene una  $R_g$  de 1Mg. Como se puede ver la relación es elevadísima. En este caso podemos decir que el amplificador tiene acopladas sus impedancias, sin pérdidas de tono, etc.

Cuando ya hacemos amplificadores en cascada, como es el caso de los amplis de guitarra, tenemos que tener en cuenta la impedancia de cada paso (ahí el motivo de la hoja cálculo).

Ni puede ser muy alta, en cuyo caso el siguiente paso no amplificara en toda su ganancia, dado que parte de la corriente cae en la propia impedancia de carga, ni muy baja, ya que la pérdida de volumen es excesiva, así como una pérdida de agudos notable.

Esto es lo que suele pasar cuando conectamos dos amplificadores a la misma guitarra, en paralelo, la definición de agudos y medios se pierde. La impedancia de entrada es la mitad, y la bobina tiene que repartir la tensión entre dos entradas.

Para esos casos se recurre a un pequeño amplificador buffer, que no es más que un previo, con una entrada alta de impedancia y una salida muy baja, pero donde la señal ya se preamplifica a unos voltajes manejables por los amplificadores. Además esta salida de baja impedancia permite que los cables tengan un mayor recorrido (tampoco un campo furbo, jejeje)

Por ejemplo con la ECC83 y ECC81, con un montaje de ganancias muy parejas sobre los 34dB, el tono de salida de una y otra es perceptible, más "chillona" y tirando agudos de la ECC83 respecto a la ECC81, más "melosa" con gran cantidad de medios.

Esto es debido sobre todo a la impedancia de salida intrínseca de cada válvula. Cada válvula tiene una  $R_i$  totalmente diferente que afecta a los cálculos de impedancia, y por tanto a su respuesta.

Con esto ya tenemos la base suficiente para entender lo que es un amplificador de tensión montaje cátodo común, el más usado.

En la próxima entrega daré idea de algunos montajes más "raros" que se pueden usar en amplificadores de guitarra: seguidor catodico e inversor de fase.



Todo ello da como resultado un circuito con un bajo nivel de impedancia de entrada.

Anteriormente hemos comentado que los pasos tienen que ser con una baja impedancia de salida y una alta impedancia de entrada. En este caso, la impedancia nos va a variar considerablemente, sobre todo a un nivel bajo en cuanto tengamos cursores a la mitad en medios y graves.

La resolución de este problema, es buscar un circuito con una impedancia aún menor, y sobre todo donde la señal ya tenga cierta potencia, en este caso junto al último triodo amplificador da como resultado un seguidor acoplado en DC, la placa del triodo amplificador, ataca directamente la reja del seguidor catódico, el cátodo está acoplado a masa con una resistencia de alto valor, generalmente de 100k, la tensión resultante es igual prácticamente a la de reja, que a su vez está acoplada a DC con otra resistencia de 100k. Por eso se llama seguidor catódico, porque la tensión de cátodo, sigue a la de reja. En este caso el triodo amplificador y el triodo seguidor tenemos que tomarlos como componentes del circuito seguidor, no por separado.

Ojo, aquí alguno puede pensar..... pero la impedancia de salida del circuito no sería la R de 100K ?????

En el caso de la reja sí se toma por válido ya que la corriente de reja es ínfima, prácticamente despreciable, pero en cátodo tenemos ya una corriente elevada, y está sujeta a la  $R_i$  y a la pendiente  $S$  o transconductancia de la válvula...

En este caso para calcular la impedancia de salida tenemos la siguiente fórmula...

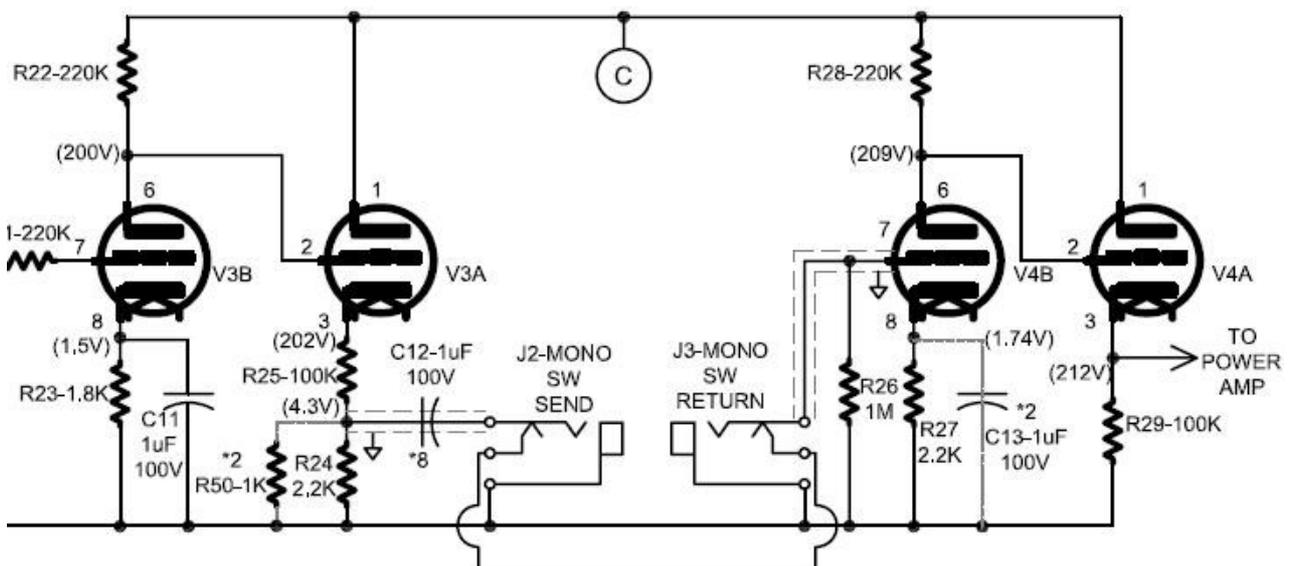
$$Z_{out} = (R_p + R_i) / (\mu + 1) = (R_p \text{ sería } 0 + 62.5K) / (101) = 626 \text{ ohms}$$

Y como tenemos una R en paralelo con la impedancia, lo resolvemos y nos da...

$$Z_{salida} = Z_{out} \parallel R_k = 626 \parallel 100000 = 622 \text{ ohms}$$

Como vemos una impedancia realmente baja a nivel de alterna, que va a permitir que la carga del circuito tone stack, aunque varíe, no afecte a nuestra señal.

Como ejemplo una parte del circuito de un amplificador en su loop de efectos, donde vemos dos seguidores catódicos completos:

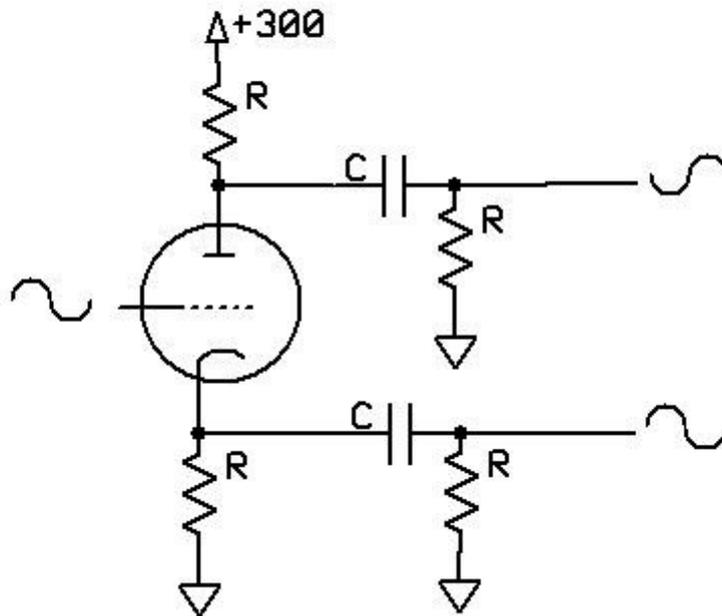


La salida del loop proviene de un seguidor catódico, esto da una baja impedancia adecuada para un dispositivo de reverb, delay, etc... su salida entra dentro del ampli por return, directamente al triodo amplificador del seguidor y éste a su vez al segundo triodo del seguidor, hacia la línea de tone stack o ecualización en este caso.

### **Inversor de fase:**

En ciertos montajes, sobre todo en montajes donde los pentodos van montados en pushpull o balanceados. Es necesario inyectar la señal en cada pentodo, pero con distinta fase para que los pentodos trabajen en un segmento diferente de la señal.

Para ello hay un diseño, derivado del seguidor catódico que nos permite obtener estas señales en contraposición o desfasadas:



Como veis, la señal la obtenemos tanto de la placa como del propio cátodo. Para que ésta sea igual en amplitud, las R de carga, tanto  $R_p$  como  $R_k$  son del mismo valor, aproximadamente 100k.

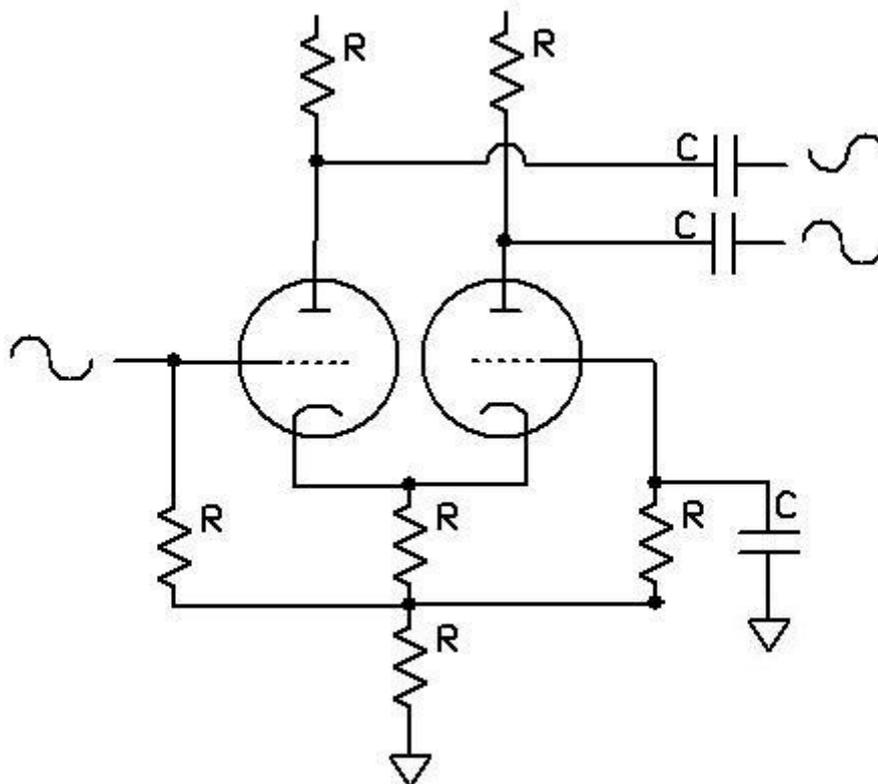
A simple vista se puede deducir, que cuando la señal esta en su máximo pico en placa, la tensión es la menor posible en cátodo, y cuando es la señal de menor pico en placa, la tensión de cátodo sube hasta su máximo.

Todo hasta aquí perfecto, pero tenemos un problema con el uso de este circuito, dado que la señal se obtiene del cátodo y como hemos comentado en el apartado del seguidor catodico, su ganancia es menor de 1.

Sencillo, fiable, con una impedancia compensada, pero que en el caso de querer atacar directamente la reja de los pentodos, la señal no sería suficiente para obtener su máxima potencia. Salvo que previamente subamos el nivel de tensión hasta unos niveles elevados. En ese caso tendríamos que optar por un triodo que admita esos niveles de tensión de reja, ya que en estos pasos dejamos de modelar la señal y buscamos una señal limpia y que sea lo más fiel a lo entregado por el paso anterior.

Para el caso de la mayoría de los amplis, se usa un montaje mas complejo, usando dos triodos, llamado inversor schmit, o inversor por acoplamiento de cátodo, que queda más latin lover ..XD

El nombre ya lo dice, los triodos se acoplan por el cátodo, y en el caso de la reja del segundo triodo, se fija la tensión de polarización con un condensador de acoplo a masa:



En esencia la tensión de cátodo nos varía dependiendo de la señal, en el caso del primer triodo, recordemos el montaje unbypassed, esto hace que el cátodo varíe en su señal, como el cátodo del segundo triodo está unido a éste. Su señal se verá a su vez variada por la acción del primer cátodo, pero la reja de este triodo, está acoplada a masa con un condensador, fijando la tensión de reja a un valor determinado respecto a cátodo.

Facilitando su comprensión, la señal del primer triodo, en reja, realiza una variación de la tensión de reja y en placa nos muestra la señal, amplificada y desfasada  $180^\circ$  respecto a la señal original. El segundo triodo está acoplado en cátodo, las variaciones de tensión en realidad se producen en cátodo, de hecho el montaje es una derivación de rejilla común, donde la reja está fija a las variaciones.

Con esto, cualquier variación en cátodo, es imitada por la placa, pero en este caso y al tener la señal fija de reja, en fase.

Respecto a las  $R_p$  de este montaje, hay muchas variaciones, hay montajes más vintage que montan resistencias de igual valor. Montajes más modernos buscan un mayor equilibrio de la señal ya que la ganancia del segundo triodo suele ser algo menor. Para ello se disminuye la ganancia del primer triodo montando una  $R_p$  de menor valor.

Esto ni es bueno, ni malo, simplemente diferente, sobre todo en el caso del amplificadores de guitarra, en amplificadores HIFI sí se busca un mayor equilibrio para una mejor respuesta a la salida.

Yo he realizado pruebas de inyección de señal y medidas con el osciloscopio no hay una

diferencia apreciable.

Con esto tenemos ya de la mano lo básico para diseccionar cualquier previo que encontremos en esquemas.

Espero que os sirva de ayuda en vuestras mods, como ejemplos la próxima entrega haremos algunas mods en amplificadores, sobre el papel claro está, luego la búsqueda del tono deseado, es cuestión de experimentar. Pero al menos tenemos la herramienta teórica para ir en la buena dirección.