

CONFIABILIDAD, UNA EXIGENCIA DE LOS AMPLIFICADORES DE SONIDO.

- ***NECESIDAD DE LOS CIRCUITOS DE PROTECCION***
- ***DESCRIPCION DE LOS CIRCUITOS DE PROTECCION USADOS EN LOS AMPLIFICADORES “ASAJI”***

Ing. J. Cuan Lee

INTRODUCCION

En el presente artículo se describe algo de la tecnología que ha permitido fabricar y diseñar equipos de publifusión de alta calidad y confiabilidad. En forma sencilla el lector podrá enterarse de algunas técnicas para evaluar la confiabilidad de un equipo con relación a otro.

NECESIDAD DE LOS CIRCUITOS DE PROTECCION.

Los circuitos de protección han justificado su necesidad debido al descuido a que están sujetos los aparatos, ya que su uso no se encuentra restringido a personal especializado y en la mayoría de los casos, los equipos son usados por manos inexpertas que abusan por ignorancia de los límites propios de los equipos.

Por otra parte, en muchas ocasiones no se da la suficiente importancia al instructivo de operación lo cual acentúa la incidencia de fallas por ignorar la forma adecuada de conexión de los equipos.

Por desgracia y en un afán de reducir al máximo los precios, los fabricantes de amplificadores de sonido eliminan los circuitos de protección y tratando de bajar los costos bajan la confiabilidad de los equipos.

En los sistemas de sonido de publifusión el descuido más común es la sobrecarga de los amplificadores debido a diversas causas que pueden ser:

- Deficiencia en el diseño del sistema. (Conectar más altavoces de lo debido).
- Alteración del sistema original. Debido a ampliaciones no planeadas ignorando las limitaciones de los equipos.
- Corto-circuito en la salida o en la instalación.
- Combinar sistema de 70V con sistemas de baja impedancia de 4, 8 ó 16 Ohms.
- En sistemas de 70V cuando se usan transformadores de calidad dudosa en los altavoces ya que estos transformadores son más económicos pues usan núcleos de baja calidad y, en su diseño, sacrifican la respuesta en bajas frecuencias permitiendo la saturación del núcleo obteniendo una economía mal entendida y sacrificando la confiabilidad del sistema.

Por otra parte es muy común el uso de materiales aislantes de baja calidad que

se deterioran rápidamente con el tiempo lo que produce corto-circuitos o sobrecargas en las instalaciones.

Una diferencia muy importante entre los amplificadores de publifusión y los amplificadores de uso doméstico es la línea de 70V, requiriendo por ello un transformador en la salida.

Muchos técnicos e ingenieros caen en el error de querer "adaptar" transformadores de línea a los amplificadores domésticos sin tomar en cuenta las graves consecuencias que trae consigo en los circuitos.

Los problemas generados se pueden resumir en los puntos siguientes:

1. El transformador altera en forma drástica el circuito de retroalimentación de la etapa de potencia del amplificador. Causa desplazamientos de fase que no están previstos en el diseño de los amplificadores de acoplo directo al altavoz. Lo anterior hace que el amplificador se vuelva inestable bajo determinadas condiciones y por lo mismo puede dañarse la etapa de potencia.
2. El transformador, al trabajar con señales aleatorias produce, por autoinducción, tensiones inversas de valores impredecibles que sobrepasan las características de los transistores de salida.
3. El transformador se satura a una frecuencia determinada por el diseño del mismo. Al saturarse el núcleo, el transformador se comporta como un corto-circuito en el primario aun cuando no exista carga en el secundario del transformador.

Por otra parte los circuitos tienen una constante de tiempo para estabilizar la simetría en la operación de la etapa de salida. Este defecto trae como consecuencia que si la alimentación en

la red viene y va o se interrumpe con frecuencia de tal manera que no logren los circuitos su estabilidad de operación, entonces tenemos la posibilidad de sobrecargar en forma asimétrica el circuito y por lo mismo causar su destrucción. Lo anterior puede denominarse como interrupciones transitorias del suministro de energía.

Por último y no por ello menos importante, tenemos las oscilaciones ultrasónicas causadas por deficiencias en la instalación.

Las deficiencias más comunes en las instalaciones las cuales pueden causar oscilaciones ultrasónicas son:

1. El uso de cables blindados inadecuados en las extensiones de micrófonos. Por ejemplo cuando se usa cable de un solo conductor y blindaje en lugar de usar dos conductores más el blindaje.
2. El alambrado de los altavoces de tipo asimétrico en lugar de sistemas balanceados.
3. Dobles o múltiples conexiones a tierra física o a tierra eléctrica.
4. Canalización de los conductores de los altavoces y los cables de micrófonos.
5. Falta de conexión a una buena tierra física en el punto indicado en los instructivos de los amplificadores.

La oscilación ultrasónica daña los transistores de salida debido a un fenómeno interno en la base de los transistores que se conoce con el nombre de acumulación de carga de portadores. Este efecto se manifiesta en el cambio entre conducción y no-conducción de forma rápida haciendo que el transistor continúe conduciendo aún cuando su polarización de base a emisor sea invertida. Así entonces si ambos transistores de salida conducen al mismo tiempo, forman un corto circuito directo a la fuente de alimentación

produciendo un sobrecalentamiento tal que genera la destrucción misma de la etapa de salida del amplificador. Las

frecuencias peligrosas son a partir de los 20 KHz.

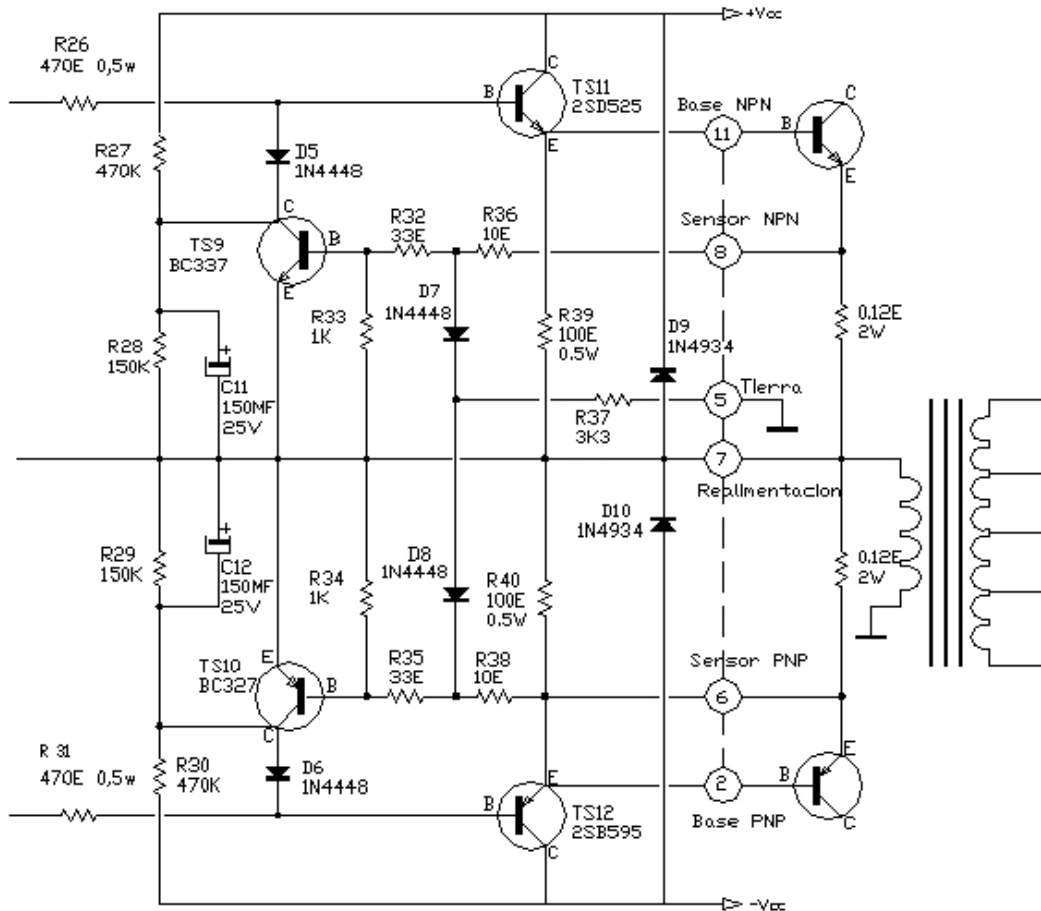


Fig. 1 Diagrama del circuito de protección de los amplificadores "ASAJI"

DESCRIPCION DE LOS CIRCUITOS DE PROTECCION USADOS EN LOS AMPLIFICADORES "ASAJI".

El circuito de protección de los amplificadores ASAJI consiste en un circuito electrónico que garantiza la operación de los transistores dentro del área de operación segura (SOAR) que especifica el fabricante del semiconductor. Esto evita que los transistores operen en condiciones críticas que podrían producir fallas por

avalancha secundaria o por sobrepasar en forma instantánea los límites especificados por el fabricante.

Este circuito permite un aumento considerable en la **confiabilidad** del amplificador ya que la mayoría de las incidencias de falla son en la etapa de salida.

El circuito se basa en el control de la señal de entrada en su media onda

positiva o negativa lo cual se realiza básicamente con los transistores TS9 y TS10 los cuales a su vez controlan a los diodos D5 y D6. Como puede observarse la entrada del semiciclo positivo es hacia la base del transistor driver TS11 y la entrada del semiciclo negativo es a la base del transistor driver TS12. Al variar la conducción de los transistores de protección TS9 y TS10, controlan la cantidad de señal aplicada a los transistores driver y por lo mismo a los de salida. Al momento de detectarse una falla en el circuito, los transistores de protección TS9 y TS10 reciben una señal en sus bases haciendo que su conducción evite entrada de señal a las bases de los transistores driver.

Cuando el amplificador opera normalmente, los transistores de protección no conducen.

Con el fin de describir detalladamente el funcionamiento de los diferentes circuitos de protección, el diagrama de la Fig. 1 será fragmentado de acuerdo a la función que se describa.

Consideremos el diagrama simplificado de la figura 2 en el que se muestran solamente los componentes que intervienen en estas funciones.

En esta figura únicamente se muestra el lado positivo de la etapa de salida. Este lado funciona con el semiciclo positivo de la señal de entrada.

En el momento de existir una sobrecarga en la salida del amplificador, la impedancia reflejada en el primario del transformador de salida también se reduce. Esto produce un aumento de la corriente de los transistores de salida. Esta corriente elevada solamente se encuentra limitada por la resistencia del cobre del transformador de salida u algunos componentes de la etapa de salida como de emisor de 0.12 Ohms. Esta resistencia tiene una caída de tensión de tal magnitud que es capaz de generar una corriente suficiente para excitar la base del transistor de protección a través de las resistencias R32 y R36.

PROTECCION CONTRA SOBRECARGA Y CORTO CIRCUITOS.

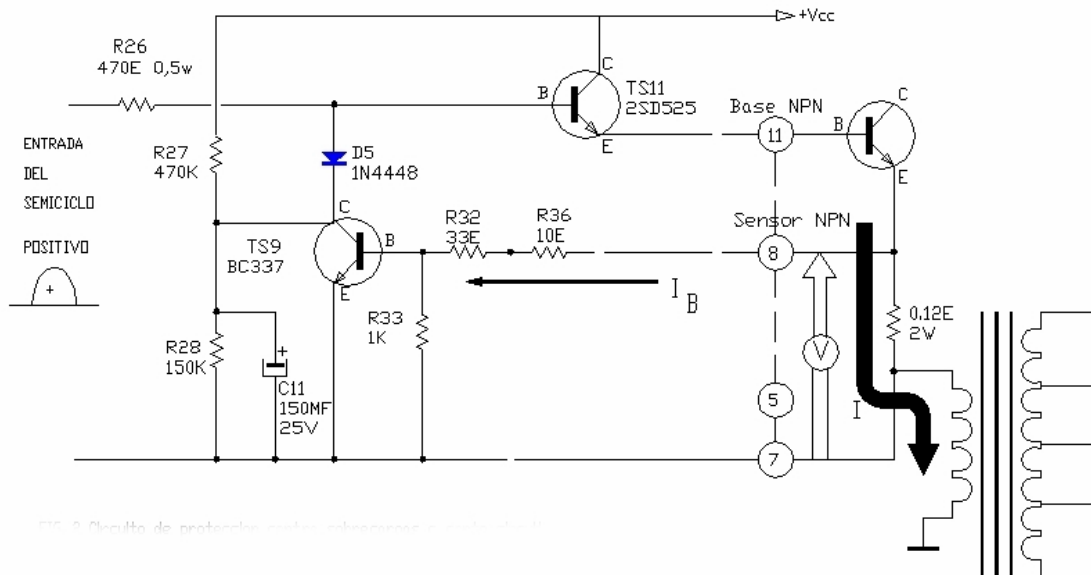


Fig. 2 Circuito de protección contra sobrecargas y corto circuito.

Esta corriente polariza al diodo base emisor de TS9 en sentido directo haciendo que la caída de tensión entre el colector y el emisor sea muy pequeña limitando así la señal de entrada del semiciclo positivo e impidiendo que los transistores de salida manejen una corriente más elevada que pudiera destruirlo.

En el diagrama de la fig. 2 se muestra que con una corriente muy elevada, la caída de la tensión en la resistencia de 0.12 Ohms, como se puede ver, se incrementa proporcionalmente a la corriente que circula a través de ella.

En el caso de un corto circuito total en la salida, el transistor de protección TS9, conduce repentinamente polarizando el diodo D5 eliminando casi por completo la señal de entrada. Como es posible una rápida interrupción a la señal, se podrían ocasionar autoinducciones en el primario del transformador de salida mismas que generarían una serie de ondas oscilatorias que serían perjudiciales al circuito. Lo anterior se evita usando la red R27, R28 y C11 la cual provee un retardo suficiente para evitar que estas oscilaciones se generen, El capacitor C11 debe estar previamente cargado a través de la resistencia R27 que se encuentra conectado al lado positivo de la fuente de poder. La tensión del colector es la misma que la tensión a la que se encuentra cargado el capacitor C11.

La corriente máxima del colector del transistor de protección TS9, está limitada por la resistencia R26. El valor de esta resistencia debe ser lo suficientemente alta para limitar la corriente del colector del transistor de protección así como lo suficientemente baja para no tener una caída de tensión en condiciones normales de operación.

El semiciclo negativo opera de manera semejante a la descrita para el semiciclo positivo. La diferencia es únicamente el tipo de transistor usado ya que se requiere de un tipo PNP en lugar de un NPN.

No todos los circuitos de protección son aceptables ya que algunos de ellos por su diseño tienden a incrementar la cantidad de distorsión del amplificador, sin embargo, debido al cuidadoso diseño de los circuitos ASAJI y dominando los parámetros de operación se ha podido lograr reducir la distorsión al mínimo.

En la parte final de este artículo se muestra un diagrama completo del circuito de salida en el que se puede ver que el transistor TS5 toma una muestra de la corriente circulante a través de la resistencia R26 para excitar el circuito indicador de **sobrecarga**. Por otra parte tiene la función adicional de indicar la presencia de oscilaciones ultrasónicas. Este indicador es útil para que el operador del aparato se de cuenta que existe un problema de sobrecarga en el circuito y por lo mismo debe permanecer apagado en condiciones normales de operación.

Este circuito de protección así como sus componentes complementarios limitan la operación de los transistores de excitadores y a su vez de los transistores de salida bajo las condiciones garantizadas de operación segura (SOAR) que especifica el fabricante de los semiconductores.

Esta es parte de la actividad del circuito de protección ya que hemos hablado solamente de la protección por sobrecorriente en el circuito de salida. Ahora es el momento de hablar de la protección contra sobrevoltaje.

PROTECCION CONTRA AUSENCIA DE CARGA. (Sobre-voltaje)

Una de las causas más frecuentes de fallas en los transistores de salida es cuando reciben una sobrecarga por exceso de tensión aplicada entre el colector y el emisor.

Podría pensarse a primera vista que la protección contra ausencia de carga pueda ser inútil ya que no existe corriente en los transistores de salida cuando la carga desaparece. Sin embargo, los transistores de alta potencia que normalmente trabajan con corrientes elevadas de 15 a 30 Amps., no pueden soportar corrientes mayores a los 200 miliampers a una tensión mayor a 100 V.

Lo anterior justifica considerar una protección adicional para el caso de no tener carga en el circuito, por las razones siguientes:

1. El amplificador puede ser sometido a tensiones de alimentación mayores

que el valor nominal (caso muy común)

2. Al no existir carga, la fuente de alimentación genera el más alto voltaje posible debido a que no existen caídas de tensión que limiten este valor.

En ambos casos si la señal se aplica a su máxima amplitud pueden alcanzarse valores de tensión que excedan los límites especificados por los fabricantes de los transistores destruyéndolos aun cuando la temperatura no sea elevada.

A fin de explicar claramente el funcionamiento del sistema de protección contra ausencia de carga, consideremos el diagrama de la etapa de salida en forma simplificada y mostrando nuevamente solo los componentes para el semiciclo positivo.

Como puede observarse, la tensión de salida del sistema de protección aparece entre las terminales del primario del transformador de salida. Recuerde que al tener una corriente muy reducida, las caídas de tensión en los componentes y las resistencias, es muy pequeña.

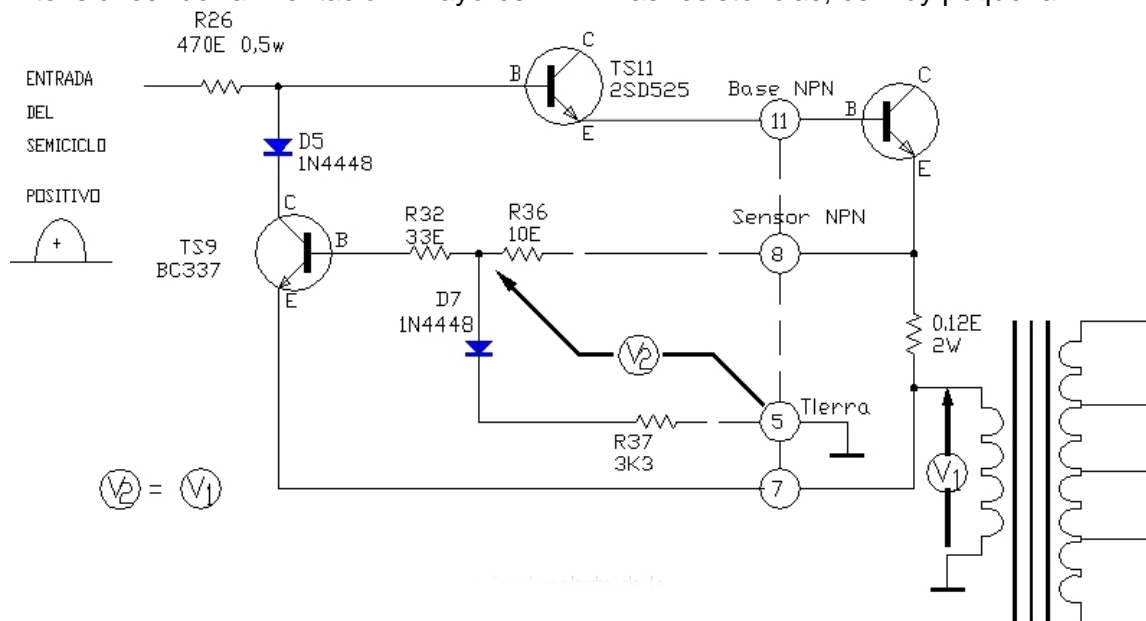


Fig. 3 Circuito que ilustra la protección contra sobre-voltaje o ausencia de carga.

La tensión de salida aparece entre el emisor del transistor de protección y la terminal de tierra. También podemos decir que esta misma tensión se encuentra entre cualquier extremo de la resistencia de 0.12 Ohms y tierra ya que no existe caída de tensión apreciable entre las terminales de la resistencia debido a su valor pequeño pero principalmente a que la corriente sin carga es casi nula. La tensión de salida también estará presente en la unión de las resistencias R36 y R32 con respecto a tierra. Esto hace conducir al diodo produciendo una corriente suficiente a través de la resistencia R32 y haciendo conducir al transistor TS9 reduciendo así su voltaje colector emisor e impidiendo el paso de la señal de entrada que pudiera sobrepasar los límites máximos de V_{ce} del transistor. En esta forma los transistores de salida y los drivers son protegidos contra sobre-voltaje.

El circuito de retardo descrito en la sección anterior permite también la operación confiable de los transistores.

Los circuitos descritos aseguran la operación dentro de (SOAR) la gráfica de área de operación segura de los transistores asegurando así la operación con máxima **confiabilidad**.

PROTECCION CONTRA REGRESO DE TENSION DEL TRANSFORMADOR

Esta protección es necesaria ya que con la señal aleatoria que recibe el transformador se forma un efecto semejante al usado en el "fly-back" de los televisores. Este efecto de autoinducción en el primario del transformador es proporcional al tiempo que toma de un estado de conducción a no-conducción, mientras más corto es este tiempo, es mayor el voltaje generado en como regreso de tensión del transformador hacia los transistores.

Esta protección se realiza por medio de los diodos D9 y D10 que conducen

precisamente durante estos regresos de tensión. (ver la fig. 1). Estos diodos son especialmente rápidos y presentan una impedancia baja a estas señales transitorias.

Un regreso de tensión es tan grave como conectar una batería de una fuente de alimentación en polarización inversa lo que destruiría los circuitos instantáneamente. Por esta razón los circuitos de los amplificadores ASAJI han incluido también este tipo de protección para dar al usuario más **confiabilidad** en la operación del equipo.

PROTECCION CONTRA INTERMITENCIAS EN LA RED DE ALIMENTACION

Las intermitencias en la red de alimentación producen el efecto de desbalanceo en la polarización de la etapa de salida. Si en el preciso momento en que las intermitencias ocurren se aplica una señal de gran intensidad, entonces una de las secciones (positiva o negativa) resultará sobrecargada con una corriente muy elevada en el circuito de salida por lo que nuevamente los elementos más vulnerables son los transistores de salida.

De nada valen para proteger el equipo, los reguladores de voltaje ni los supresores de pico que se venden en el mercado ya que se trata de intermitencias en el suministro del fluido eléctrico.

Para evitar el efecto anterior, se ha dispuesto el transistor TS1 (ver fig. 4), que actúa como un interruptor automático que al detectar falla en la simetría de polarización de la etapa de salida, éste interrumpe inmediatamente la entrada de la señal o ruido y protege al circuito por completo hasta que la simetría se reestablezca nuevamente. Este es un circuito exclusivamente lo tienen los amplificadores ASAJI cuya

patente se encuentra en trámite y se usa en su línea más profesional.

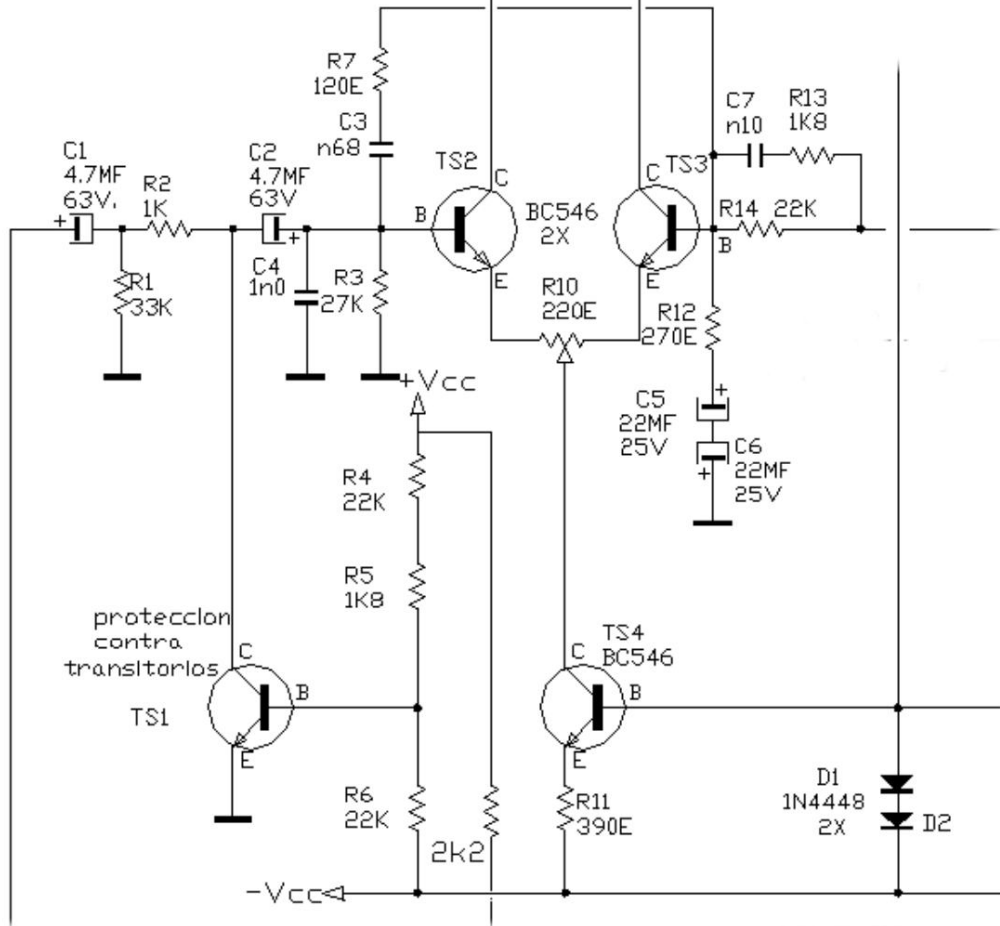


Fig. 4 Circuito de protección contra fallas intermitentes en el suministro eléctrico.

CIRCUITO DE PROTECCION CONTRA OSCILACIONES ULTRASONICAS.

Como fue explicado anteriormente, las oscilaciones de alta frecuencia son muy perjudiciales para la etapa de salida por el efecto de carga de portadores acumulados en la base de los transistores de salida.

Se requiere entonces un circuito que impida el paso de señales ultrasónicas a la entrada del amplificador. Debe mantenerse el servicio del aparato e indicar que existe un problema en el sistema "system failure".

Este circuito que a continuación se describe es usado por los amplificadores profesionales marca ASAJI patente en trámite.

Consideremos la parte del diagrama que se presenta en la Fig. 5 en la cual se tiene el circuito de protección contra oscilaciones ultrasónicas.

En caso de que se presente una oscilación, ésta es detectada por el circuito del transistor TS20 que junto con el transistor TS21 forman un circuito de amarre que hace accionar el interruptor electrónico formado por el transistor de efecto de campo FET-1. Este FET actúa

como interruptor analógico que conecta un filtro pasa bajos cuya frecuencia de corte es de 9KHz eliminando así las

señales que son perjudiciales para la etapa de potencia

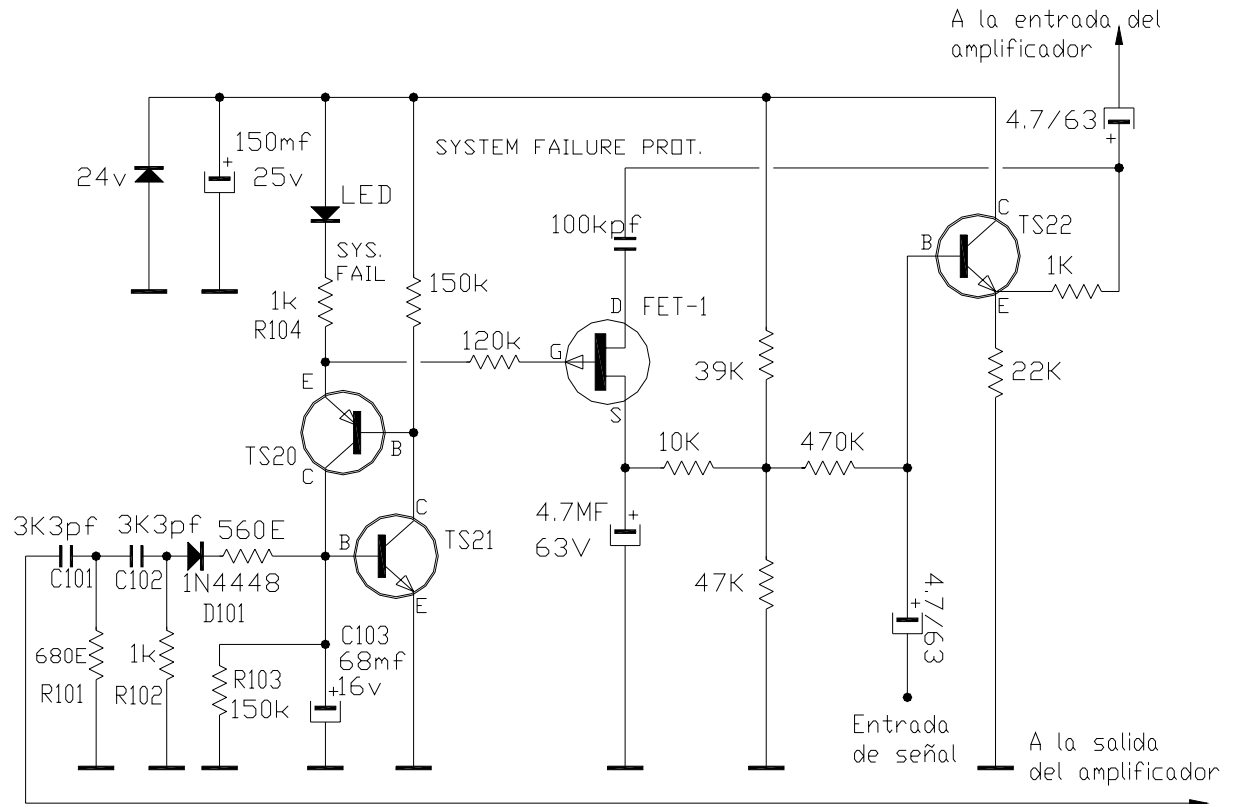


Fig. 5 Circuito de protección contra oscilaciones ultrasónicas.

pero mantiene en operación el equipo prestando servicio con menos ancho de banda. El circuito de amarre TS20 y TS21 solamente se desactiva apagando el aparato totalmente durante 5 minutos.

El LED nos permite indicar que existe una falla en el sistema que está produciendo una oscilación de alta frecuencia. Este indicador se mantendrá encendido hasta que se desactive totalmente el amplificador y la falla haya sido reparada. En el caso de existir nuevamente una oscilación ultrasónica, el circuito se accionará otra vez.

La señal se toma de la salida del amplificador a fin de detectar cualquier

señal de alta frecuencia que pudiera afectar al circuito, pasa a través de un filtro paso alto de 12 dB por octava formado por la resistencia R101, C101, R102 y C102, la señal pasa al diodo rectificador D101 para proporcionar un voltaje de disparo que permita excitar el transistor TS21 con un retardo proporcionado por la constante de tiempo RC del capacitor C103 y la resistencia R103. Este retardo es necesario para evitar la reacción del circuito con cualquier señal transitoria.

Este circuito es de uso exclusivo en los amplificadores ASAJI a fin de proporcionar mayor **confiabilidad** en sus aparatos profesionales.