

alimentador estabilizado profesional de 4-6 A

- 1 características
- 2 circuito eléctrico
- 3 tensión de referencia
- 4 etapas comparadora y amplificadora
- 5 etapa reguladora
- 6 circuito de muestreo
- 7 protección contra los cortocircuitos
- 8 etapa rectificadora
- 9 realización práctica



1

Diffícilmente es posible obtener con un solo proyecto todas las condiciones requeridas, por lo que incluso sabiendo que el alimentador que presentamos es un aparato de calidad, con características auténticamente profesionales, habrá siempre quien no lo crea idóneo para sus necesidades, aunque creemos que la enumeración de sus características bastará para satisfacer a todos:

- tensión máxima regulable en continuidad = de 6 a 55 voltios
- residuo de alterna en vacío = 4 mV pp
- residuo de alterna con carga = máximo 5 mV pp
- resistencia interna = 0,015 ohmios
- caída de tensión con 4 amperios a 50 voltios = 0,045 voltios (45 mV)
- corriente máxima = 4 amperios (ó 6 amperios con la adición de un transistor)
- limitador de corriente variable = 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 4 A
- protección contra cortocircuitos
- tensión en la salida estabilizada e independiente de las variaciones de carga, de la tensión de red y de la temperatura ambiente.

A todo esto podemos añadir que al circuito es posible sumarle un amperímetro, que resultará automáticamente autoprotégido.

2

El alimentador descrito entra en la categoría conocida con el nombre de alimentadores «reaccionados» y a fin de que el lector pueda comprender cómo puede corregir automáticamente la tensión de salida al variar la tensión en la entrada y la temperatura, creemos interesante describir por separado las distintas etapas, antes de pasar al esquema eléctrico completo.

Como veremos, estos alimentadores están compuestos de cinco etapas, que pueden clasificarse del siguiente modo:

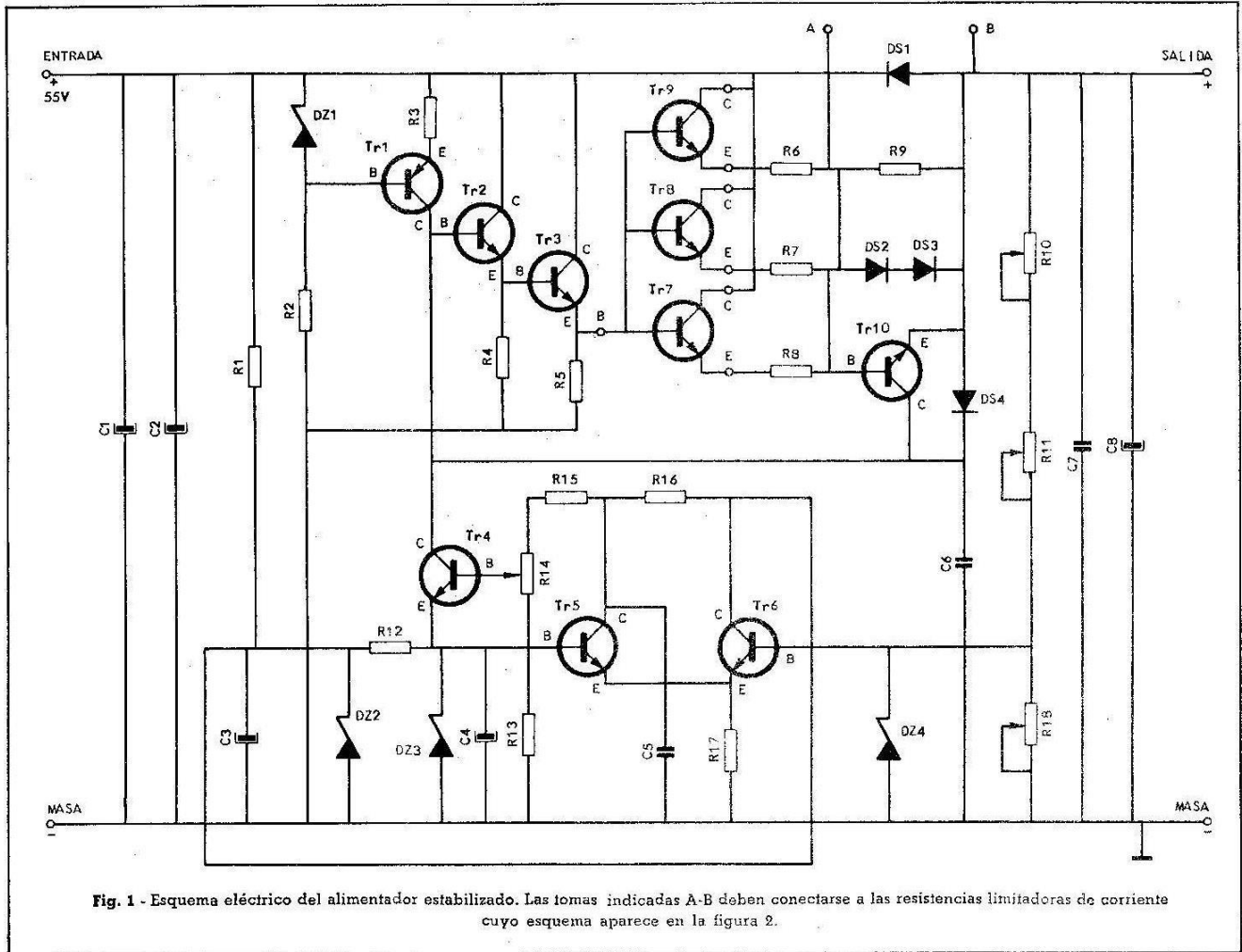
1) etapa de muestreo: toma de los terminales de salida una tensión que, enviada al «comparador», se utilizará para variar la tensión en la salida del alimentador;

2) tensión de referencia: proporciona una tensión de referencia que se verá comparada con la proporcionada por el comparador;

3) etapa comparadora: compara la tensión proporcionada por la etapa de muestreo con la tensión de referencia, de modo que se obtiene una diferencia llamada «tensión de error», útil para pilotar el amplificador;

4) etapa amplificadora: amplifica la «tensión de error» y la aplica al comparador para su corrección;

ALIMENTADOR ESTABILIZADO PROFESIONAL DE 4 - 6 A.



5) etapa reguladora: compuesta de dos o más transistores de potencia aplicados en paralelo, de modo que proporcione a la salida la corriente requerida; esta tensión procede, además, a estabilizar la tensión de salida y a corregir los eventuales errores mediante la etapa amplificadora de la «tensión de error».

La etapa «reguladora» es la que permite obtener en la salida una tensión variable con la variación de la tensión de polarización de las bases. Admitiendo haber regulado el alimentador para una tensión de salida de 20 voltios, si ésta, por cualquier motivo varía, automáticamente será llevada al valor deseado.

Supongamos, por ejemplo, que la tensión de 20 voltios aumenta y su salida suba a 22 voltios; la etapa «comparadora» tomará de la salida esta tensión y la comparará con la de referencia.

La diferencia detectada será aplicada a la etapa «amplificadora». La tensión amplificada servirá para modificar la polarización de los transistores del «regulador», de modo que se devuelva la tensión de salida al valor inicial, o sea a 20 voltios. Lo mismo sucede también si la tensión, en lugar de aumentar, disminuye; en efecto, el principio de funcionamiento permanecerá inalterado, sólo que en este segundo caso el «amplificador» aumentará la tensión de control del «regulador», haciendo que permanezca inalterada la tensión a su salida.

La estabilidad de la tensión en la salida es proporcional a la estabilidad de la tensión de referencia y depende del coeficiente de amplificación de la etapa «amplificadora» de la tensión de error. Por ello hemos proyectado dos etapas, obteniendo del alimentador una estabilidad verdaderamente excepcional.

El esquema eléctrico del alimentador, excluida la sección compuesta por el transformador y el rectificador, que describiremos más adelante, se muestra en la figura 1.

Para hacer más comprensible el funcionamiento del circuito, lo examinaremos sección por sección.

3

Iniciaremos la descripción por la etapa adecuada para proporcionar la «tensión de referencia». Como se ve en la figura 3, el circuito toma mediante la resistencia R1 la máxima tensión positiva proporcionada por el rectificador y la envía a un diodo zener DZ2 para obtener una primera estabilización de 27 voltios, tensión que se utilizará para alimentar los dos transistores TR5 y TR6 del comparador, y el segundo zener DZ3 de 5,6 voltios es el que proporcionará la tensión de referencia.

La solución de adoptar, en este circuito, dos diodos zener se debe a la necesidad de obtener del circuito una mayor estabilidad. Es preciso subrayar que DZ3 ha sido elegido para una tensión de 5,6 voltios porque se ha podido comprobar que con esta tensión en los terminales de dicho diodo no se tienen variaciones al variar la temperatura (inconveniente que surge en tensiones más elevadas); por lo tanto, tendremos un circuito cuya tensión de referencia no resultará influenciada con los cambios de temperatura, y con esta simple precaución obtendremos en la salida valores verdaderamente precisos y estables:

4

En la figura 4 presentamos la etapa del «comparador», compuesta simplemente de dos transistores NPN de silicio (TR5-TR6)

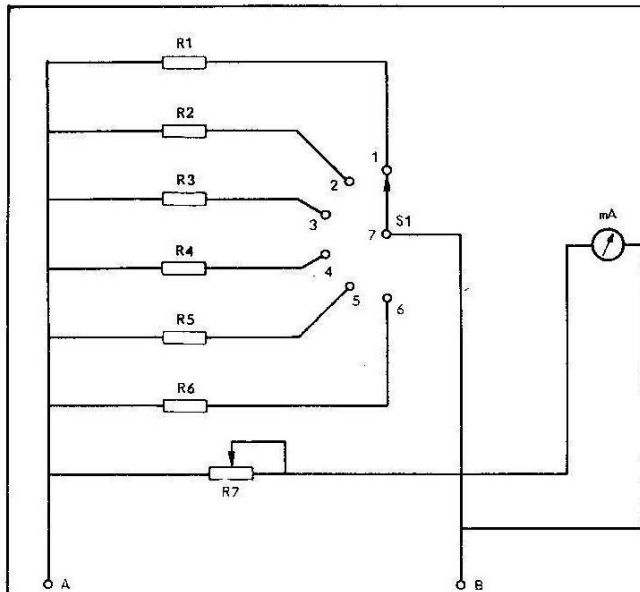


Fig. 2 - Esquema eléctrico del circuito de protección y limitación de corriente. Los terminales A-B de este circuito se conectarán a las tomas A-B indicadas en la figura 1. - Componentes: R1= 6 Ω 1 W; R2=3 Ω 1 W; R3=1,2 Ω 1 W (hilo o carbón); R4=0,6 Ω 1 W; R5=0,3 Ω 3 W, hilo; R6=0,15 Ω 3 W, hilo; R7=10.000 Ω, potenciómetro; mA=instrumento 200-500 mA; S1=conmutador 1 circuito 6 posiciones.

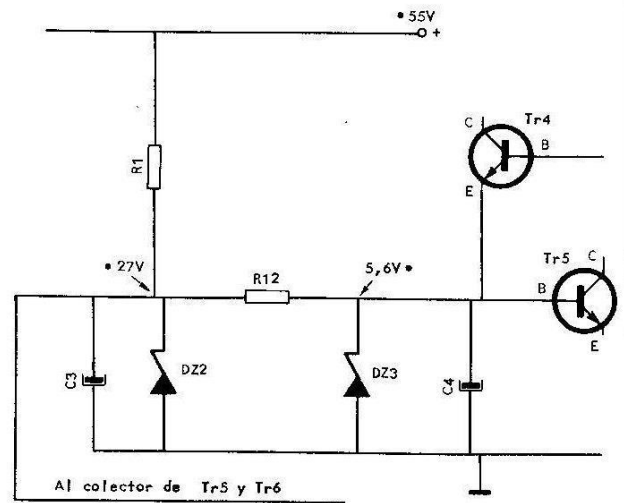


Fig. 3 - Etapa que proporciona la tensión de referencia. La resistencia R1 eleva la máxima tensión positiva y la envía a un primer zener DZ2, para obtener una primera estabilización a 27 V. tensión que utilizaremos para Tr5 y Tr6 y para un segundo zener DZ3 de 5,6 V. Esta última será la tensión de referencia necesaria para la confrontación con la del comparador.

y montado como simple amplificador diferencial. Esta sección del circuito, además de efectuar la comparación entre la tensión de referencia y la de «muestreo», amplifica también la de error.

En este circuito ha sido adoptado un amplificador diferencial, por cuanto presenta la ventaja de poseer una deriva térmica nula.

Del «comparador» pasaremos ahora a la etapa «amplificadora», visible en la figura 5, compuesta de un transistor NPN para alta tensión (TR4), o sea un transistor que pueda soportar en su colector una tensión de por lo menos 80 voltios; este transistor tiene la misión de amplificar ulteriormente la tensión de error proporcionada por el «comparador», para poder pilotar después la etapa «reguladora» de potencia.

Para hacer este amplificador insensible a cualquier variación, el colector de TR4 es alimentado por un estabilizador de corriente compuesto del transistor TR1.

5

De esta etapa podemos pasar ahora a la «reguladora», compuesta, como se ve en la figura 6, de cinco transistores. TR2 y TR3 son indispensables para obtener una ganancia en corriente de la tensión de error proporcionada por el transistor TR4. Como se puede comprobar, éstos están conectados en configuración Darlington y la corriente de control para los transistores de potencia se toma del emisor de TR3. Como finales de potencia, debiendo proporcionar corrientes elevadas, del orden de 4 a 5 amperios, se deben emplear tres transistores de potencia TR7 - TR8 - TR9, conectados en paralelo.

Cada uno de estos tres transistores dispone en su emisor de una resistencia (R6-R7-R8) de 0,47 ohmios 2-3 W, de hilo, para compensar eventuales diferencias de ganancia de cada transistor en particular. Sin esta precaución se correría el riesgo, en el caso de que se poseyesen tres transistores con una «beta» distinta entre sí, de sobrecargar los de mayor amplificación, con el peligro de destruirlos en poco tiempo. Aplicando esta resistencia, se obtiene automáticamente una compensación de ganancia para cada transistor.

El circuito del «regulador», completado con TR2-TR3, permite obtener una disipación total de aproximadamente 250 vatios, con una ganancia en corriente superior a 100.000. Si a cualquier lector no le interesara alcanzar la corriente máxima indicada, podrá

introducir sólo dos transistores finales de potencia (excluyendo, por ejemplo, TR9); por el contrario, si se desea un alimentador que proporcione varios amperios de más, podrá emplear cuatro finales, en lugar de los tres indicados en el esquema eléctrico.

6

Para completar el esquema queda por describir la etapa «de muestreo», visible en la figura 7. Este circuito está constituido simplemente por dos resistencias variables R10-R18 y un potenciómetro de hilo (R11). En la práctica, este circuito no es otra cosa que un divisor de tensión variable, en el que R10 y R18 sirven para limitar la tensión mínima y máxima que deseamos tomar del alimentador; mientras que el potenciómetro R11 es indispensable para regular la tensión de salida del mínimo al máximo, precedentemente determinada mediante R10 y R18.

7

El alimentador que describimos está provisto de un circuito para la protección contra los cortocircuitos y eventuales sobrecargas. Esta misión está asignada al transistor TR10, que hasta ahora no hemos mencionado.

El esquema de protección se muestra en la figura 8; a la base y al emisor de TR10 se encuentra conectada en paralelo una resistencia que se intercalará externamente en los terminales A-B. Puesto que, en la práctica, esta resistencia está conectada en serie con el terminal de salida del alimentador, se consigue que aumentando la corriente absorbida, en los terminales A-B se forme una diferencia de potencial y cuando ésta supere el valor de 0,6 voltios, el transistor TR10 entrará en conducción bloqueando el funcionamiento de TR2 y, en consecuencia, el del «regulador».

El valor de la resistencia que aplicaremos a los terminales A-B determina el valor máximo de la corriente que podemos obtener del alimentador, sin que éste se bloquee.

En la práctica, si se utiliza un conmutador que permita variar el valor de esta resistencia en los terminales A-B, tendremos la posibilidad de regular la corriente máxima en la salida de los valores preestablecidos; por ejemplo, 100, 200, 300, 400 miliamperios, o bien 0,5, 1, 2, 3, 4 amperios.

ALIMENTADOR ESTABILIZADO PROFESIONAL DE 4 - 6 A.

Para determinar el valor óhmico necesario para la corriente máxima deseada, se recurrirá a la siguiente fórmula:

$$R = 0,6 : A$$

donde R indica el valor de la resistencia a aplicar; 0,6 es la tensión de umbral para el funcionamiento de TR10; A indica el valor de corriente máxima deseada, más allá de la cual se bloqueará el alimentador.

Admitiendo, a título de ejemplo, que se quiere obtener una protección para una corriente máxima de un amperio, el valor de la resistencia a aplicar entre los terminales A-B será:

$$R = 0,6 : 1 = 0,6 \text{ ohmios}$$

Si, en cambio, queremos una protección para 100 mA (igual a 0,1 A), el valor incógnito de la resistencia será:

$$R = 0,6 : 0,1 = 6 \text{ ohmios}$$

El lector podrá determinar, mediante esta simple fórmula, la corriente para la cual desea proteger su alimentador.

El circuito de protección adecuado en el prototipo presentaba notables ventajas:

- 1) elevada velocidad de intervención;
- 2) retorno automático de las condiciones iniciales sin necesidad de pulsador alguno;

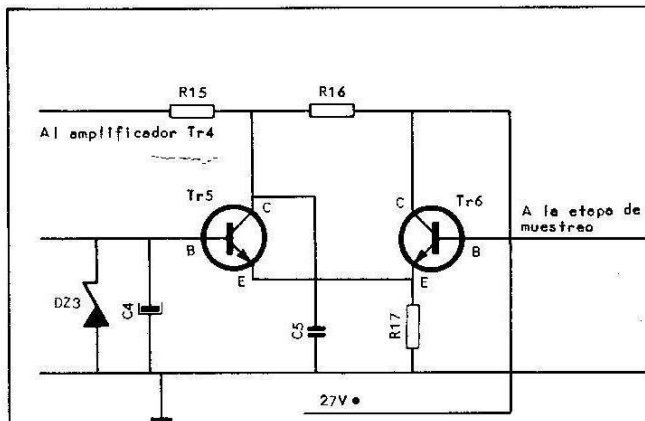


Fig. 4 - La etapa del comparador está compuesta simplemente de los dos transistores Tr5 - Tr6, montados como un simple amplificador diferencial. En la base de Tr5 se aplica la tensión de referencia de 5,6 voltios, y en la de Tr6 la tensión de muestreo.

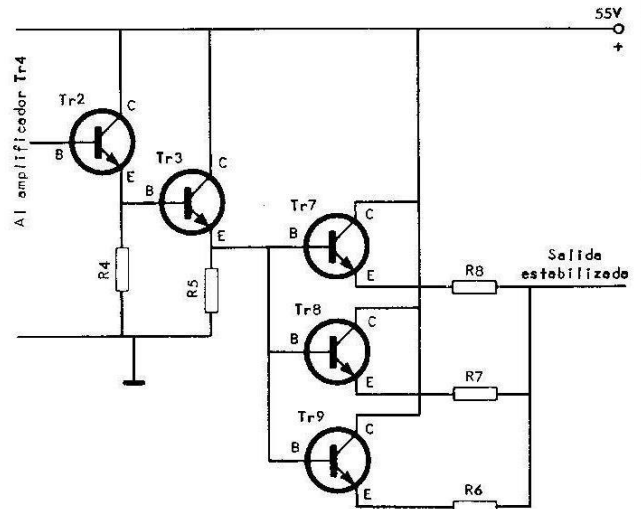


Fig. 6 - Etapa del regulador. Para obtener en la salida una corriente de 4 A, ha sido necesario conectar tres transistores en paralelo (con cuatro transistores se pueden alcanzar 6 A). Los dos transistores Tr2 - Tr3 sirven para amplificar en corriente la tensión de error.

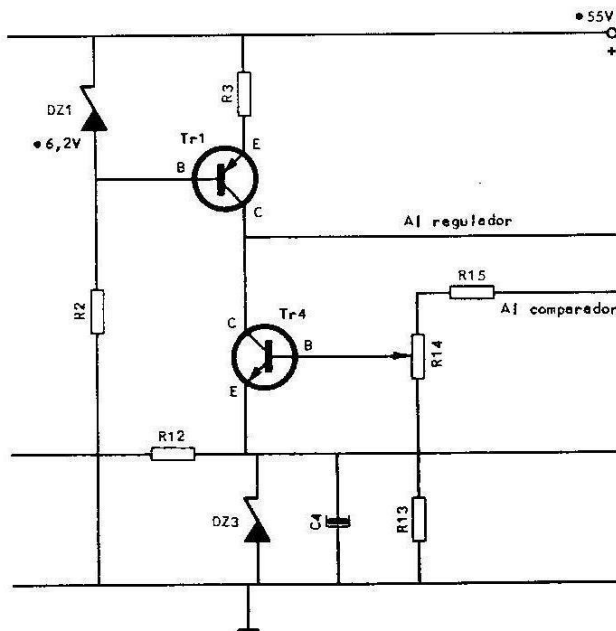


Fig. 5 - Etapa amplificadora de la tensión de error. El transistor Tr4 se emplea para amplificar ulteriormente la tensión de error, para pilotar adecuadamente la etapa de potencia (Tr7 - Tr8 - Tr9). Para hacer este amplificador insensible a cualquier variación, el colector de Tr4 se alimenta de un estabilizador de corriente compuesto por el transistor Tr1.

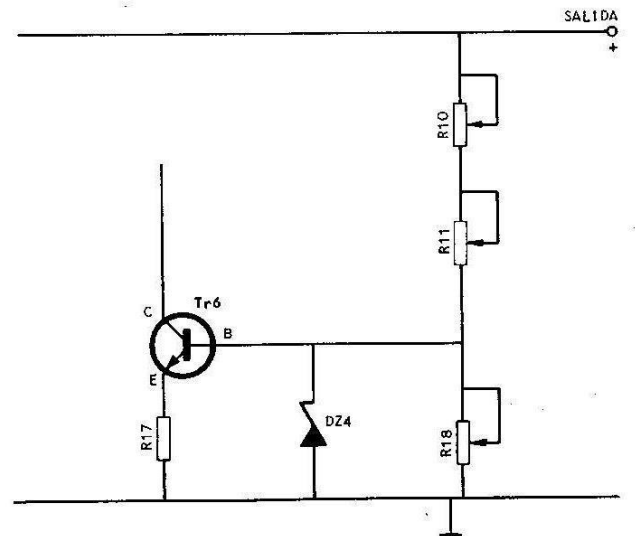
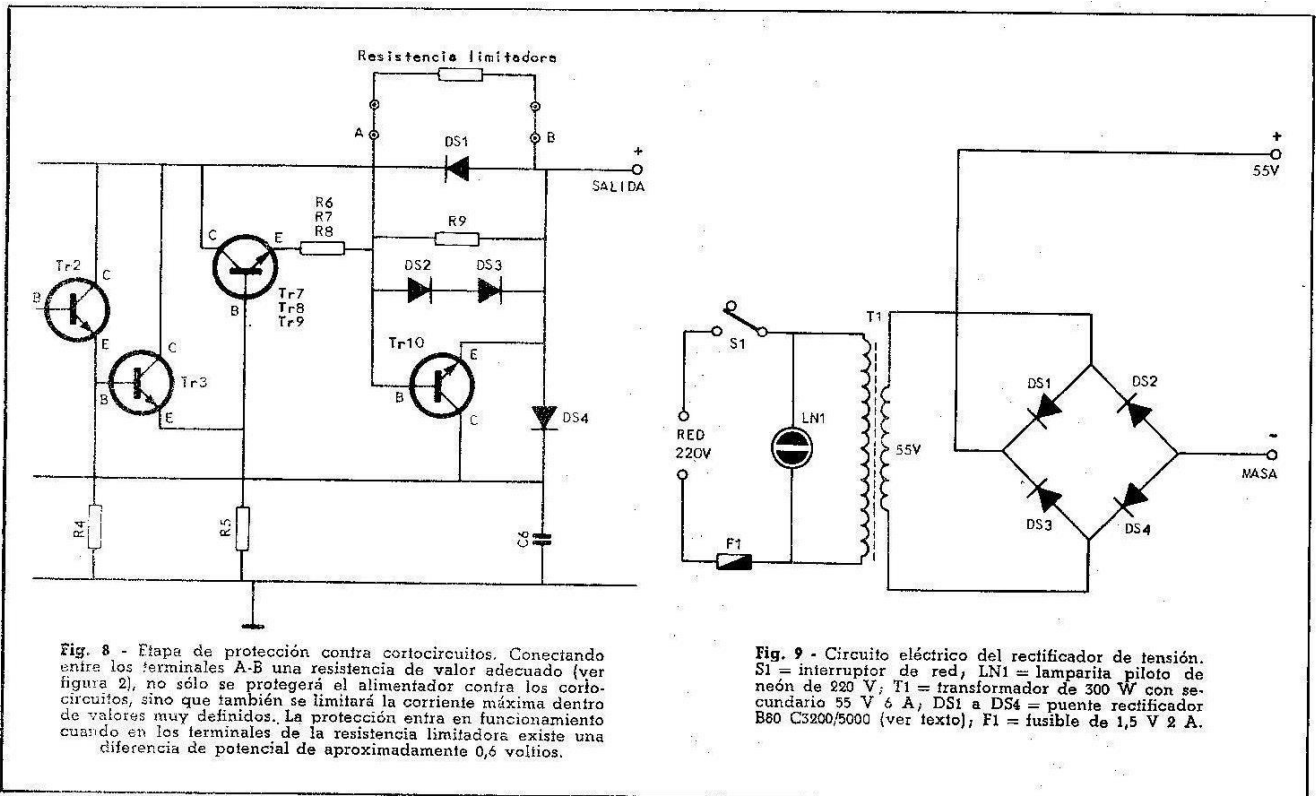


Fig. 7 - La etapa de muestreo está compuesta de dos potenciómetros R10-R18 y de un potenciómetro de hilo R11. R10-R18 son indispensables para determinar la tensión mínima y máxima que se desea obtener del alimentador, mientras que R11 es indispensable para regular la tensión de salida del mínimo al máximo precedentemente determinado por R10-R18. Estos pueden ser sustituidos por dos resistencias de hilo, después de haber determinado su valor óhmico.



- 3) elevada fiabilidad;
- 4) tensión en la salida constante, hasta la corriente máxima de protección y neto bloqueo del alimentador apenas se supera el valor de umbral.

de 100.000 ohmios, aproximadamente. Sin ella, sólo son adecuadas para tensiones de aproximadamente 90-100 voltios, por lo que para poder ser utilizadas a 220 V, requieren que se les conecte en serie una resistencia de 100.000-120.000 ohmios.

8

La etapa rectificadora, visible en la figura 9, está constituida por un transformador T1 provisto de un primario adecuado a la tensión de red y de secundario capaz de proporcionar 50-60 voltios 6 amperios.

Es preciso destacar que un transformador de estas características se debe devanar sobre un núcleo que posea una potencia de por lo menos 300-360 vatios.

Si se prevé que este alimentador provea una corriente máxima de 4 amperios, es posible adoptar un transformador de dimensiones menores, por ejemplo, de 220 vatios, cuyo coste resultará inferior al del indicado anteriormente.

Si nos limitamos a corrientes medias de 4-5 amperios, podremos emplear un puente rectificador del tipo B80C 5000/3500, recordando que estos rectificadores pueden proporcionar 5 amperios como máximo únicamente si están provistos de una aleta de refrigeración; en caso contrario, se podrán obtener 3-3,5 amperios continuos.

Si, en cambio, se desean 6 amperios, aconsejamos sustituir el puente rectificador por cuatro diodos de silicio de 80-100 voltios 10 amperios, o bien conectar dos puentes rectificadores B80C 5000/3500 en paralelo.

En el esquema eléctrico, la lamparita LN1 presente en el primario del circuito es una lámpara de neón común de 220 voltios. Esta podrá ser sustituida también por una simple lamparita piloto de filamento de 6 voltios si el transformador dispone de un secundario suplementario de 6 voltios.

Si se utiliza una lamparita de neón, préstese atención a que ésta sea efectivamente de 220 V; para estas tensiones, dichas lamparitas disponen internamente de una resistencia de caída

9

El circuito no es crítico pero, para aprovechar totalmente sus características, es necesario seguir determinadas reglas no siempre respetadas por los constructores.

Como ejemplo diremos que el condensador C7 de 1 μ F, en paralelo con el electrolítico C8 de 1.000 μ F puede parecer un componente colocado para obtener una capacidad de 1.001 μ F y muchos se pueden preguntar qué ventajas puede aportar un microfaradio cuando existe ya una capacidad de 1.000 μ F. Este condensador tiene una función importantísima, por cuanto sirve para filtrar los transitorios de las sobretensiones muy rápidas que se podrían producir accidentalmente; función ésta que no puede ser desarrollada por C8, por ser su capacidad demasiado elevada para ello.

Otro tanto ocurre con los diodos DS1-DS2-DS3-DS4 y con la resistencia R9; eliminándolos no se notaría en la práctica ninguna variación, pero faltaría la protección de impulsos transitorios a los transistores del alimentador, de modo que además de ser indispensables deben elegirse de óptima calidad. También el condensador C6 es importante, ya que impide que el alimentador pueda producir frecuencias espúreas que podrían alcanzar al aparato que se alimenta.

El principio, el condensador C7 no había sido previsto, pero cuando se pasó a la construcción de los prototipos se comprobó que en muchas ocasiones los transistores «saltaban». Se buscó la causa, hallando que esta anomalía era provocada por sobretensiones accidentales, que no podían ser filtradas por C8 porque eran demasiado rápidas. Fue suficiente encontrar una capacidad idónea para conectar en paralelo con C8 para eliminar el defecto.

En la figura 10 aparece el dibujo del circuito impreso, a tamaño natural; la figura 11 muestra la disposición de los componentes sobre el mismo.

Los transistores finales TR9-TR8-TR7, en paralelo, deben montarse sobre una adecuada aleta refrigeradora que posea un mínimo de 60 cm cuadrados de superficie; si la aleta es de dimensiones inferiores, no se podrá tener al máximo consumo el alimentador durante tiempos prolongados, ya que de otro modo los transistores se calentarían excesivamente.

También el transistor TR3 debe estar provisto de una adecuada aleta de refrigeración, como está previsto en el circuito impreso. Para TR1 y TR10 será conveniente utilizar una pequeña aleta refrigeradora.

El puente rectificador (ver fig. 11) se fijará con una brida metálica en el panel posterior del mueble, de modo que éste desarrolle la función de aleta refrigeradora.

Para conectar el puente al circuito es importante seguir estos consejos:

- Conectar los conductores de los 55 voltios del transformador T1 al rectificador en puente, con hilo de 2 mm de diámetro (se puede emplear conductor flexible del tipo utilizado para las instalaciones eléctricas en los automóviles).
- Conectar con un hilo, directamente, el terminal negativo del puente con la toma de salida siempre utilizando hilo de 2 mm de diámetro (no cometer el error de conectar el hilo negativo del rectificador al circuito impreso y tomar después el negativo directamente del propio circuito).

El conmutador a aplicar en A-B debe ser capaz de soportar 4-5 amperios y se debe conexionar con hilo de 2 mm. Es preciso hacer llegar la tensión positiva al borne de salida, con un recorrido lo más breve posible de la toma B (que se tiene en el conmutador de la protección) y conectar a la misma el terminal de R10.

Si no se observan estas condiciones, el alimentador no tendrá la precisión indicada. Las pruebas efectuadas con nuestros

prototipos conectados de distinto modo, o sea no respetando las reglas antes prescritas, con una salida de 50 voltios y una carga de 4 amperios, proporcionaron una caída de tensión de aproximadamente un voltio; mientras que, siguiendo nuestros propios consejos, la caída de tensión resultó aproximadamente 0,05 V, o sea que se obtuvo un alimentador veinte veces más preciso.

Lo mismo sucede con el diodo zener de 5,6 voltios (DZ3) que nosotros aconsejamos de 400 mW; si el lector lo sustituyese por uno de 1 vatio, creyéndolo más robusto, cometería un error, porque en este caso el alimentador resultaría menos estable en temperatura.

Después de estas consideraciones, pasemos a describir el limitador de corriente, constituido, como se ve en la figura 2, por un conmutador de seis posiciones que permitirá introducir en los terminales A-B otras tantas resistencias cuyo valor óhmico se elegirá en base a la corriente máxima que deseemos obtener del alimentador antes de que actúe la alimentación.

En línea de máxima, aconsejamos estos valores standard: 100 mA, 200 mA, 500 mA, 1 amperio, 2 amperios, 4 amperios.

Estos valores pueden ser modificados según las particulares exigencias; por lo tanto, si en sustitución del conmutador de seis posiciones se quisiera emplear uno de sólo tres posiciones, se podrían utilizar los alcances de estos tres valores: 0,5 amperios, 2 amperios, 4 amperios.

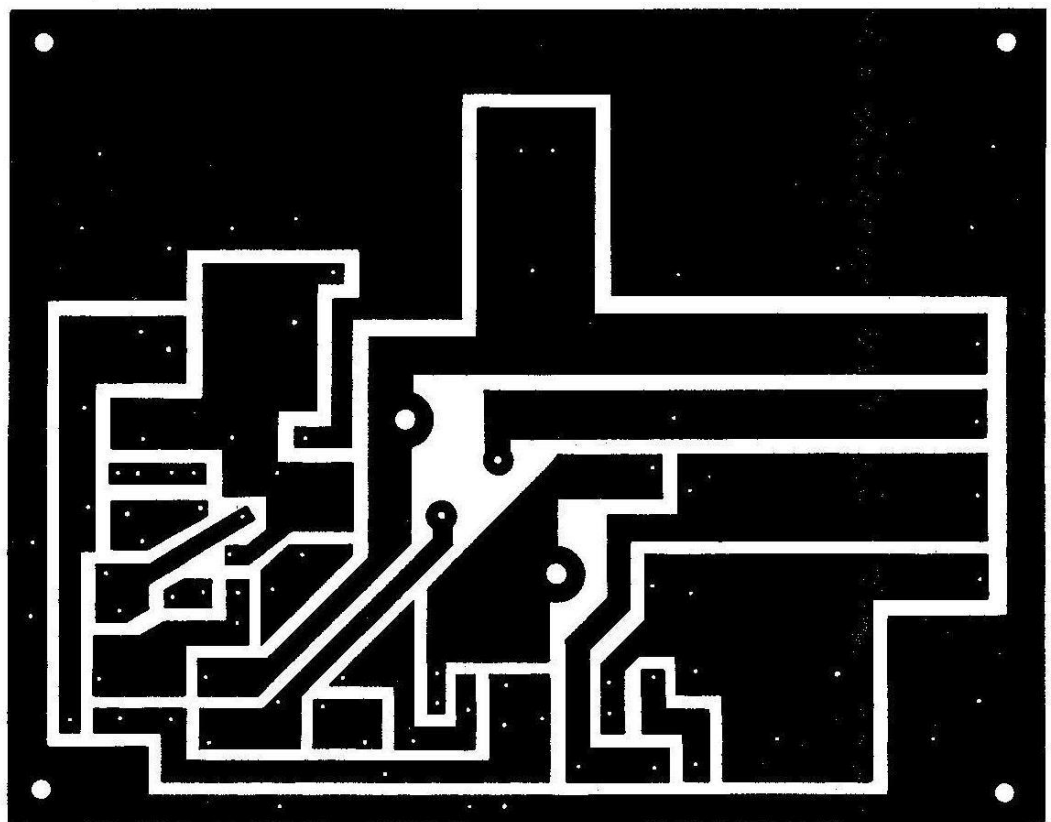
En este caso utilizaremos el alcance inferior para la prueba de circuitos cuyo consumo no supere los 0,5 amperios, el segundo para aparatos de consumo medio y el último para amplificadores de potencia.

El valor de la resistencia a aplicar en los terminales de A-B se obtendrá de la fórmula:

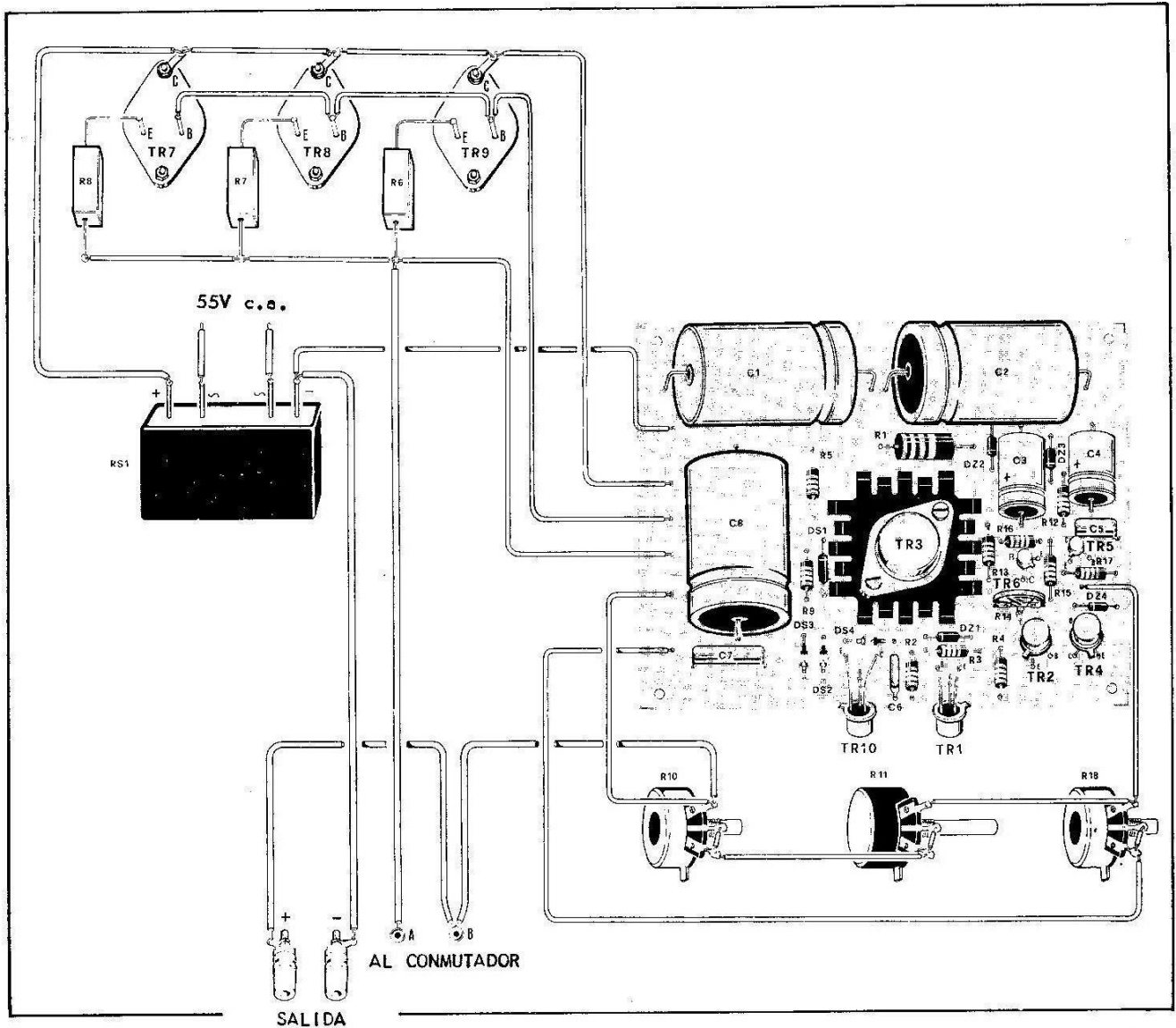
$$R = 0,6 : A$$

Para los seis alcances standards sugeridos tendremos:
100 mA : resistencia de 6 ohmios 1 W, carbón

Fig. 10 - Circuito impreso a tamaño natural del alimentador.



ALIMENTADOR ESTABILIZADO PROFESIONAL DE 4 – 6 A.



- 200 mA : resistencia de 3 ohmios 1 W, carbón
- 500 mA : resistencia de 1,2 ohmios 1 W, carbón
- 1 A : resistencia de 0,6 ohmios 1 W, hilo
- 2 A : resistencia de 0,3 ohmios 3 W, hilo
- 4 A : resistencia de 0,15 ohmios 3 W, hilo

Puesto que estos valores óhmicos son muy difíciles de localizar en el comercio, será preciso obtenerlos aplicando en serie o en paralelo resistencias de hilo con valores corrientes.

Si conectamos (ver fig. 2) entre los terminales A-B un microamperímetro de 200-500 μ A fondo de escala con un potenciómetro en serie de 10.000 ohmios (R7), se podrá medir la corriente proporcionada por el alimentador en cada alcance.

Elo significa que si se conmuta el limitador a 100 mA, el instrumento indicará a fondo de escala un consumo de 100 mA; cuando se pase al alcance de 2 A de limitación, el instrumento a fondo de escala indicará un consumo de 2 A.

Actuando en este conmutador, automáticamente el alcance a fondo de escala del instrumento se hallará a 100-200-500 mA o a 1-2-4 amperios, sin necesidad de proceder a otras conmutaciones.

De este modo tendremos también la ventaja de que la aguja del instrumento no podrá superar nunca el fondo de la escala,

con el peligro de producir daños al propio instrumento, ya que la protección del alimentador, cuando se supera la corriente para la cual ha sido establecido, entrará inmediatamente en acción, eliminando la tensión en el circuito.

Con este sistema tendremos el instrumento eficazmente protegido contra cortocircuitos.

El único ajuste necesario para este alimentador es el que se refiere al valor de R10 y R18, que limitan la tensión mínima y máxima del alimentador.

En la práctica sería necesario utilizar potenciómetros de hilo, pero existiendo también dificultades para localizar estos valores, se tuvo que emplear potenciómetros de carbón, por lo que aconsejamos al lector que, una vez determinados los dos extremos de tensión que se desea obtener, se sustituyan por dos resistencias de hilo.

En nuestros prototipos regulamos la tensión mínima a 9 voltios y la máxima a 50 voltios. El lector, si lo desea, podrá reducir también el mínimo a 6 voltios y llevar el máximo a 55 voltios.

Admitiendo que el lector posea dos potenciómetros de hilo para R10 y R18, éstos deberán regularse a la mitad de su recorrido, o sea a un valor óhmico de aproximadamente 500 ohmios,

ALIMENTADOR ESTABILIZADO PROFESIONAL DE 4 – 6 A.

mientras que el potenciómetro de hilo R11 se regulará a su máxima resistencia.

Se proporcionará tensión al alimentador, controlando la tensión en la salida: si ésta fuese, por ejemplo, de 40 ó de 60 voltios, se deberá regular R18 hasta llevarla al valor requerido, o sea 50 voltios, aproximadamente.

Se girará después el potenciómetro a su mínima resistencia, regulando R10 hasta obtener el mínimo de la tensión en la salida, o sea 9-10 voltios o menos, si se desea.

Repetimos que en el caso de que no se encuentren estos dos componentes, se puede obtener el mismo resultado utilizando para R10 y R18 resistencias de hilo de 3-5 W y hallando experimentalmente el valor óhmico más adecuado.

Para esta prueba es posible sustituir provisionalmente R18-R10 por dos resistencias variables de carbón, efectuando rápidamente el ajuste para el mínimo y el máximo, medir el valor óhmico obtenido y sustituirlas finalmente por dos resistencias fijas de hilo de idéntico valor.

Recuérdese que con estos componentes la prueba se efectuará lo más rápidamente posible, ya que los potenciómetros de carbón no soportan las corrientes en juego y podrían destruirse.

Para el ajuste del instrumento puesto en los terminales A-B del conmutador, no se deberá hacer otra cosa que aplicar, a la salida del alimentador, una carga en serie con el tester al alcance de 100 mA fondo de escala.

A continuación se conmutará la protección del circuito a 100 mA y regular el potenciómetro en serie (R7 en la figura 2) hasta hacer coincidir los dos consumos.

Para la prueba de los cortocircuitos se deberán aplicar, en los diversos alcances, las resistencias de hilo controlando si, cuando se alcanza la corriente máxima, la protección entra en función; se podrán controlar leves tolerancias debidas a la tolerancia de las resistencias puestas en el conmutador.

Normalmente, se cae en el error de suponer que, si de un alimentador a la máxima tensión es posible obtener una corriente de 4 amperios, a tensión inferior a corriente obtenible deberá ser superior o, por lo menos, idéntica. En la práctica sucede lo contrario, porque cuanto más se reduce la tensión, más es preciso reducir la corriente máxima para no sobrecargar los transistores del «regulador».

En efecto, recurriendo a un ejemplo, si tenemos un alimentador capaz de proporcionar con 50 voltios 4 amperios, usándolo para una tensión en la salida de 10 voltios no podremos pretender los 4 amperios iniciales, porque los transistores finales, además de la corriente requerida, deberán disipar en calor los 40 voltios en exceso.

En línea de máxima, las corrientes que podremos obtener de este alimentador para un servicio continuo, son las siguientes:

- para 10 voltios: 2,5 amperios
- para 20 voltios: 3 amperios
- para 30 voltios: 4 amperios
- para 40 voltios: 4 amperios
- para 50 voltios: 5 amperios.

Creemos que una corriente de 2,5-3 amperios para una tensión de 20 voltios es más que suficiente para cualquier aparato; sin embargo, aquellos lectores que deseen obtener también con estas bajas tensiones corrientes elevadas del orden de los 4 amperios, podrán conectar en paralelo cuatro transistores en el «regulador», en lugar de tres, de modo que se eleve a 6 amperios la corriente del alimentador.

- R12 = 3.900 ohmios 1/2 W
- R13 = 33.000 ohmios 1/2 W
- R14 = 10.000 ohmios, potenciómetro de ajuste
- R15 = 47.000 ohmios 1/2 W
- R16 = 3.900 ohmios 1/2 W
- R17 = 1.200 ohmios 1/2 W
- R18 = 1.000 ohmios 1/2 W

- C1 - C2 = 1.000 μ F 70 V, electrolíticos
- C3 = 100 μ F 40 V, electrolítico
- C4 = 100 μ F 40 V, electrolítico
- C5 = 3.300 pF, poliester
- C6 = 100.000 pF, poliester
- C7 = 1 μ F, poliester
- C8 = 1.000 μ F 70 V, electrolítico

- DS1 a DS4 = diodos de silicio BA100
- DZ1 - DZ4 = diodos zener 7,5 V/400 mW BZY88/C7V5
- DZ2 = diodo zener 27 V 1,5 W BZY95/C27
- DZ3 = diodo zener 5,6 V/400 mW BZY88/C5V6

- TR1 = transistor PNP BD138, MC150, BD136, BC361
- TR2 = transistor NPN BD139, MC140, BD135, BC286
- TR3 = transistor NPN 2N3055
- TR4 = transistor NPN BD139, MC140, BD135, BC286
- TR5 = transistor NPN BC109C, SC109
- TR6 = transistor NPN BC109C, SC109
- TR7 - TR8 - TR9 = transistores NPN 2N3055
- TR10 = transistor NPN BFY51

Lista de componentes

- R1 = 2.700 ohmios 2 W
- R2 = 18.000 ohmios 1/2 W
- R3 = 5.600 ohmios 1/2 W
- R4 = 10.000 ohmios 1/2 W
- R5 = 4.700 ohmios 1/2 W
- R6 = R7 = R8 = 0,5 ohmios 1/2 W (2 en paralelo de 1 ohmio)
- R9 = 22 ohmios 1/2 W
- R10 = potenciómetro de hilo de 1.000 ohmios
- R11 = potenciómetro de hilo lineal de 5.000 ohmios