

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	ARO 1970

09.70.05

R.S.
17/34

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROTECCION

SISTEMA DE MEDICION PARA MUY BAJAS ACTIVIDADES DE
EMISORES β

Dan J. BENINSON
Pedro Carol DUNN
Abel Julio GONZALEZ
Conrado HAEHNEL

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROTECCION

SISTEMA DE MEDICION PARA MUY BAJAS ACTIVIDADES DE
EMISORES β (*)

Dan J. BENINSON
Pedro Carol DUNN
Abel Julio GONZALEZ
Conrado HAEHNEL

(*) Trabajo presentado en la XIXª Semana de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

R E S U M E N

Se presenta un equipo de buena performance para la medición de muestras de muy baja actividad de emisores β . El equipo tiene una eficiencia de conteo de 30% y un fondo de 0.2 cuentas por minuto.

SISTEMA DE MEDICION PARA MUY BAJAS ACTIVIDADES DE EMISORES β

1. Introducción

En los estudios sobre la radiactividad ambiental son usuales mediciones de radiactividad β en el orden de pocos picuríes. El fondo de los sistemas de contaje habituales en los laboratorios radioquímicos es demasiado alto para estas mediciones. Por este motivo se usan desde hace tiempo equipos de medición con contadores G.M. con bajo "fondo" (alrededor de 1 c.p.m.) obtenido mediante blindaje substancial y sistemas de anticoincidencia. No obstante, estos equipos de contaje son aún insuficientes para medir convenientemente muestras con actividades algo inferiores al picocurie. Existen algunos equipos de muy bajo fondo cuyo detector es un contador proporcional de flujo; sin embargo la experiencia sugiere que su operación y mantenimiento son dificultosas (4).

En este trabajo se presenta un equipo de buena performance con un "fondo" muy bajo que permite medir adecuadamente muestras de actividad vecina a $\frac{1}{2}$ picocurie. Si bien la unidad detectora presentada es de diseño original, algunas de sus ideas fundamentales han sido utilizadas en desarrollos similares realizados en otros laboratorios (1,2,3).

2. Generalidades sobre la reducción del fondo

Fuera del ruido electrónico, el fondo del contaje se debe básicamente a fuentes naturales de radiación (cósmica, radiación originada en materiales naturales radioactivos que están presentes en la tierra, materiales de construcción, etc.).

Desde el punto de vista del contaje interesan especialmente las siguientes fuentes:

- a) Radiación cósmica; en especial la radiación de alta ioniza-

ción específica.

b) Radiación β originada en radionucleídos naturales presentes en el mismo detector y en los materiales de piezas cercanas al mismo.

c) Radiación γ "terrestre" originada en pequeñas concentraciones de radionucleídos naturales presentes en el suelo, materiales de construcción y blindaje.

Mediante un sistema de anticoincidencia adecuado se puede eliminar la contribución de los mesones de alta ionización específica, ya que la probabilidad de interacción de una de estas partículas en el anillo de guarda es prácticamente igual a uno.

En cuanto a los materiales cercanos al detector se han analizado y medido muestras de cobre eléctrico libre de oxígeno, aluminio electrolítico y lucite, seleccionándose aquellos materiales de actividad β prácticamente nula.

La contribución γ terrestre puede ser reducida mediante blindaje libre de radionucleídos emisores. Experiencias efectuadas muestran que con blindajes de 18 cm. de hierro se lleva a niveles muy bajos y que blindaje adicional implica muy poca mejora. Otro material de blindaje utilizable es el plomo "antiguo" en el cual hayan decaído los radionucleídos naturales presentes.

Para reducir aún más el conteo debido a esta radiación γ se ha seleccionado como detector un centelleador plástico de peso atómico bajo y un espesor de aproximadamente 0.5 mm. En este cristal la probabilidad de interacción de un fotón γ de 1 Mev que llegue normalmente al mismo es del orden de 10^{-6} . En cambio la eficiencia de interacción para las partículas β que inciden en el centelleador es prácticamente uno.

Si bien no se ha mencionado anteriormente, un posible contribuyente al fondo son los neutrones de la radiación cósmica. Experiencias

cias realizadas mediante cubas de termalización y absorción de estos neutrones demuestran que su contribución al fondo del sistema propuesto es despreciable.

El ruido electrónico sólo puede ser de importancia en el detector propiamente dicho. En consecuencia se ha seleccionado un fotomultiplicador de bajo nivel electrónico, el que se utiliza convenientemente blindado.

3. Características técnicas

La figura 1 presente la vista general de la unidad detectora y el blindaje del sistema. El corte marcado se desarrolla en la figura 2 donde aparece el detector (d) solidario a un cilindro de "lucite" (b) que blindará la radiación proveniente del K^{40} natural del vidrio del fotomultiplicador (c). El cilindro está adherido al FM con aceite de siliconas (n).

La muestra a medir (e) está depositada en un portamuestras (f) que se monta en una pieza de cobre electrolítico (g). Esta pieza es solidaria a un cilindro de cobre electrolítico (i) que introduce la muestra en el interior de un tubo de guarda Geiger-Muller (a). Este tubo apoya en una pieza de lucite (k) y todo el conjunto queda contenido dentro del blindaje de hierro (j).

Desde el zócalo (h) sale el conexionado hacia el preamplificador del fototubo y por las perforaciones (l) el correspondiente del tubo G.M.

La figura muestra finalmente, un relay (m) que desconecta la alta tensión del FM, cuando se extrae el cilindro principal para cambiar la muestra.

El Centelleador utilizado es un plástico tipo "Pilot B" y el tubo de guarda para realizar la anticoincidencia un Geiger-Muller tipo "campana".

El sistema electrónico asociado se compone de una fuente de alta tensión que alimenta a la unidad detectora, una unidad de entrada que amplifica los pulsos provenientes del FM y realiza anticoincidencia con los provenientes del tubo de guarda y un sistema contador-cronizador con impresión de resultados. El canal de cronización tiene un divisor por 50 que permite utilizar a la línea como reloj.

Finalmente, se ha adicionado una antena con un amplificador y conformador que actúa sobre la anticoincidencia evitando que se cuente el ruido electromagnético del área.

La figura 3 presenta el diagrama en bloques del equipo. Las señales generadas en el fotomultiplicador y en el tubo de guarda (figura 6) se adaptan en sendos preamplificadores (Figuras 7 y 8). Todo este conjunto se encuentra ubicado dentro del blindaje.

La señal principal se amplifica X 100 (figura 9), y se discrimina en nivel para evitar el ruido de fototubo (figura 10), para entrar en anticoincidencia (figura 11) con la señal de guarda y la proveniente del amplificador-conformador de la antena (figura 12). Los dos amplificadores, el discriminador y la anticoincidencia están ubicados en un módulo de entrada.

La señal de salida de este módulo se aplica a un módulo contador e impresor, cuyo diagrama bloques presenta la figura 4, a través de una compuerta de entrada accionada por un control "parar-contar" (figura 14). La salida de la compuerta, previamente conformada se aplica a un contador impresor electromecánico (5).

La base de tiempo se obtiene de los 50 c/s de línea divididos X 50 (figura 13). Esta señal se aplica a la zona de reloj del contador electromecánico a través de una compuerta y un conformador (figura 14). Completan el conjunto los disparos de las señales de "impresión" y "puesta a cero" del contador.

Se adicionó al sistema un escalímetro acumulador y un registrador que representa la integral del conteo en función del tiempo. La linealidad de esta curva verifica el correcto funcionamiento del equipo (Punto 5). Esta unidad se ubicó en un módulo registrador cuyo diagrama en bloques presenta la figura 5. La señal de entrada, que es la misma que acciona al contador (figura 4), se aplica a un escalímetro a "flip - flop". Se suma la salida de cada uno de los colectores con resistencias " pesadas " y se grafica en un registrador comercial (6). El circuito completo se describe en la figura 15.

Finalmente, completa este equipo una fuente de alta tensión convencional que alimenta a ambos detectores.

4. Performance del equipo.

El equipo tiene una eficiencia E , definida como la relación entre el contaje por unidad de tiempo de una muestra y su actividad, y un fondo F , ambas variables con el nivel de discriminación empleado. Se debe ajustar este nivel para obtener un sistema de performance óptima. Esta se puede definir comparando el sistema con el " detector ideal " ($E = 1$; $F = 0$) y resulta ser (ver Apéndice I)

$$P = \frac{E^2}{E + F/A}$$

En consecuencia para cada actividad "A" de la muestra a medir se debe fijar una posición de discriminación de manera de obtener una performance máxima.

5. Dificultades en el mantenimiento.

Una de las mayores dificultades en el mantenimiento de este tipo de equipos resulta ser la verificación de posibles variaciones del fondo natural.

En caso de una modificación de la tasa del conteo de fondo, la forma de la curva graficada en el registrador del escalímetro acumulador, ayudará al diagnóstico.

Si la curva sigue siendo una recta pero de mayor pendiente es factible pensar en un aumento del número de eventos estadísticos por unidad de tiempo (posiblemente una contaminación del detector o un aumento del ruido del fototubo).

En cambio si la curva sigue una ley arbitraria se deberá pensar en eventos aislados (ruido electromagnético ,)chispas en los circuitos de alta tensión , etc.).

6. Conclusiones.

El sistema descripto tiene un fondo de 0,2 c.p.m. y una eficiencia de conteo de 30% y es adecuado para la medición de muestras de emisores de actividades en el rango de 0.1 a 1 picocurie.

Se estima que conviene adicionar al detector otro fotomultiplicador en coincidencia para disminuir el efecto del ruido del fototubo principal.

A P E N D I C E I

A P E N D I C E I

Un detector se caracteriza por poseer una eficiencia $\mathcal{E}$, que es la relación entre el conteaje C_N por unidad de tiempo debido a una muestra y la actividad A de la misma, y un fondo F .

El conteaje total por unidad de tiempo es en consecuencia

$$C = A \cdot \mathcal{E} + F$$

y la desviación normal de este conteaje es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{A \cdot \mathcal{E} + F}{t_m}}$$

donde t_m es el tiempo de conteaje de la muestra.

Por otra parte, el conteaje neto debido a la muestra es:

$$C_N = C - F$$

y su desviación normal

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{A \cdot \mathcal{E} + F}{t_m} + \frac{F}{t_f}}$$

donde t_f es el tiempo de conteaje del fondo que, se puede asumir, es muy grande. En esas condiciones la desviación normal relativa es

$$r = \frac{\sigma_N}{C_N} = \sqrt{\frac{A \cdot \mathcal{E} + F}{t_m}} \cdot \frac{1}{A \mathcal{E}}$$

En un contador ideal es decir uno que tiene $\mathcal{E} = 1$ y $F = 0$ la desviación normal relativa es

$$r_i = \frac{1}{\sqrt{A t_m}}$$

Una forma de definir la performance P de un equipo, es relacionando su tiempo de contaje con el del contador ideal para iguales desviaciones relativas. En esas condiciones resulta

$$P = \frac{\epsilon^2}{\epsilon + \frac{F}{A}}$$

B I B L I O G R A F I A

1. CROSS, W.G. - "Low level beta counting with thin scintillators". ACEL-802 (1960).
2. HARLEY, J.H.; HALLDEN, N.A.; FISENNE, I.M. - "A study of β scintillation counting with plastic phosphors", HASL-99 (1961).
3. HARLEY, J.H.; HALLDEN, N.A.; FISENNE, I.M. - "Beta scintillation counting with thin plastic phosphors", Nucleonics, Vol. 20 N° 1, p. 59-61 (1961)
4. I.A.E.A. - "Low-background high-efficiency Geiger-Müller counter", T.RS. N° 33 (1964).
5. SODECO S.C.G. - "Contador de impulsos impresor", Ref. 212.33.1 Desig. 1 Tpb 43.
6. RUSTRAK I.C. Inc. - "Miniature chart recorders" - Catalog # 766 pag. 3.

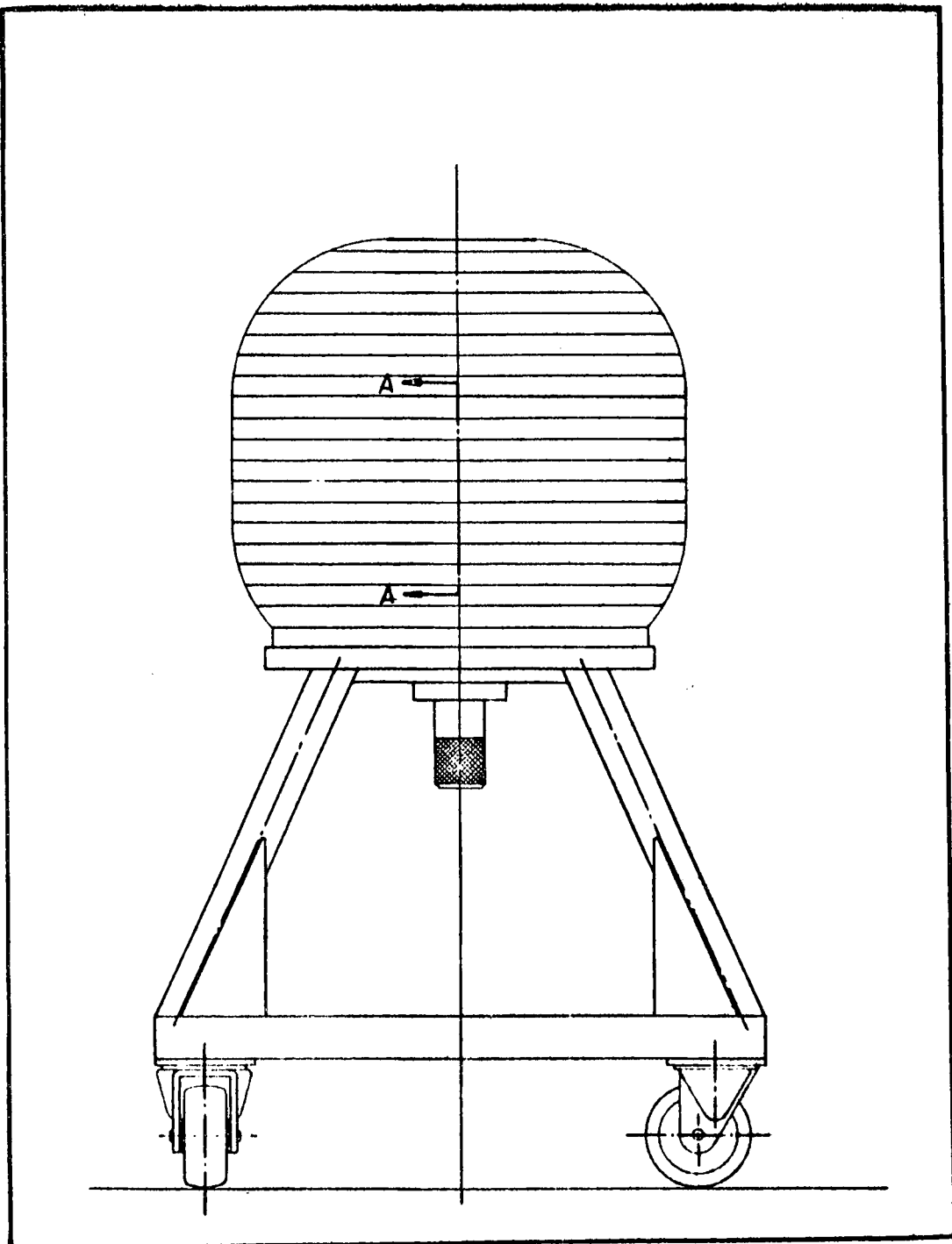


Figura 1

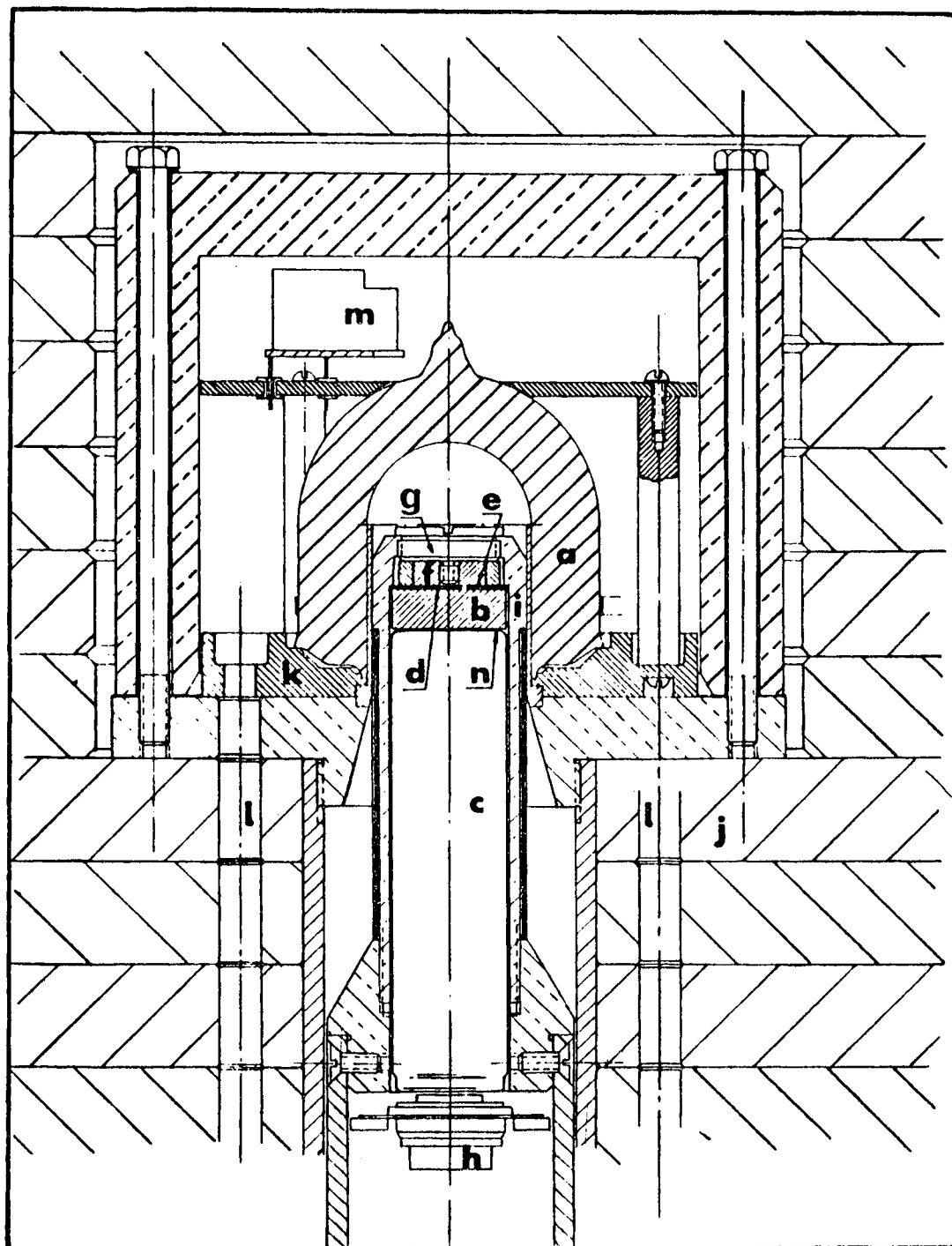


Figura 2

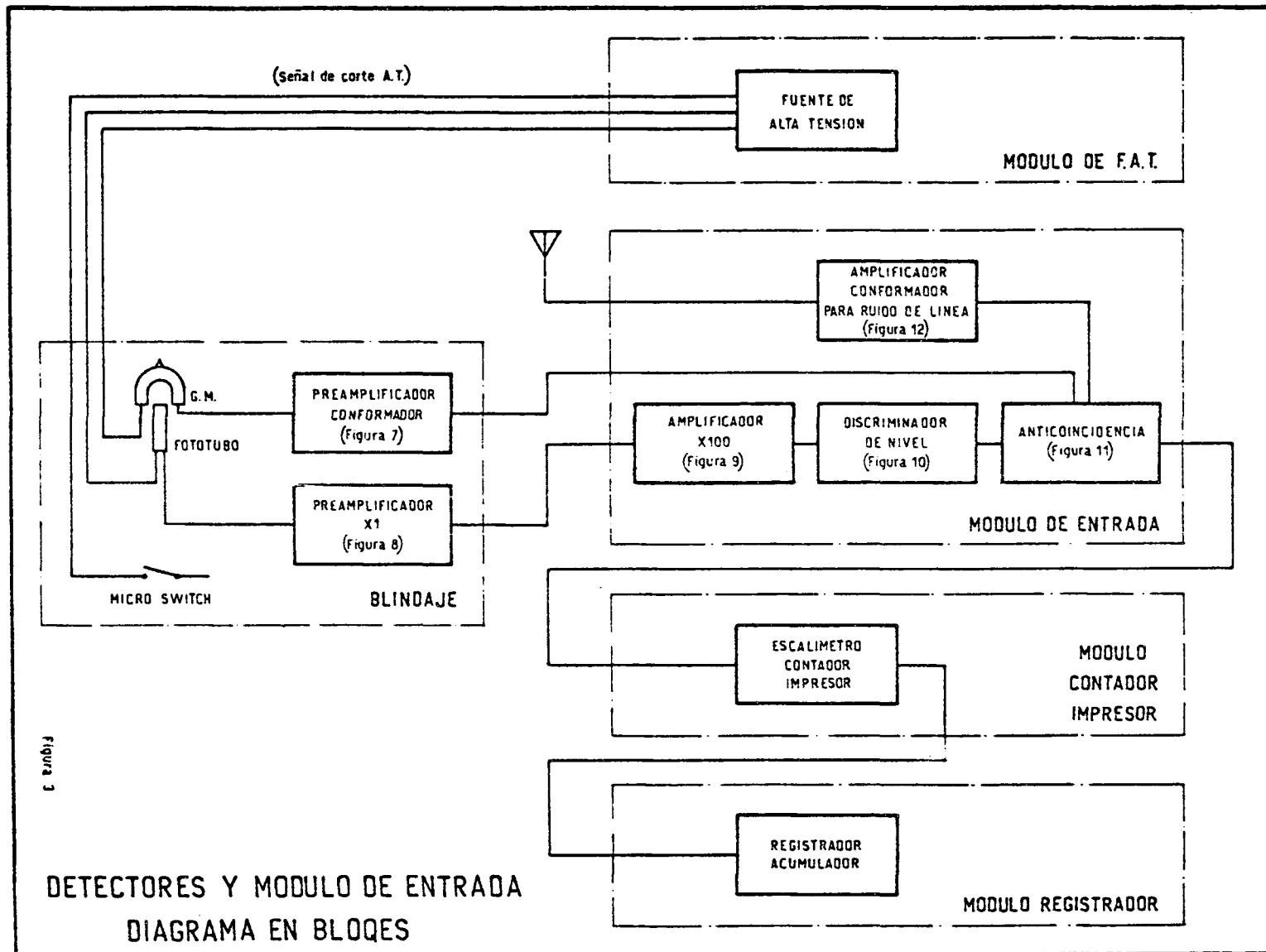


Figura 3

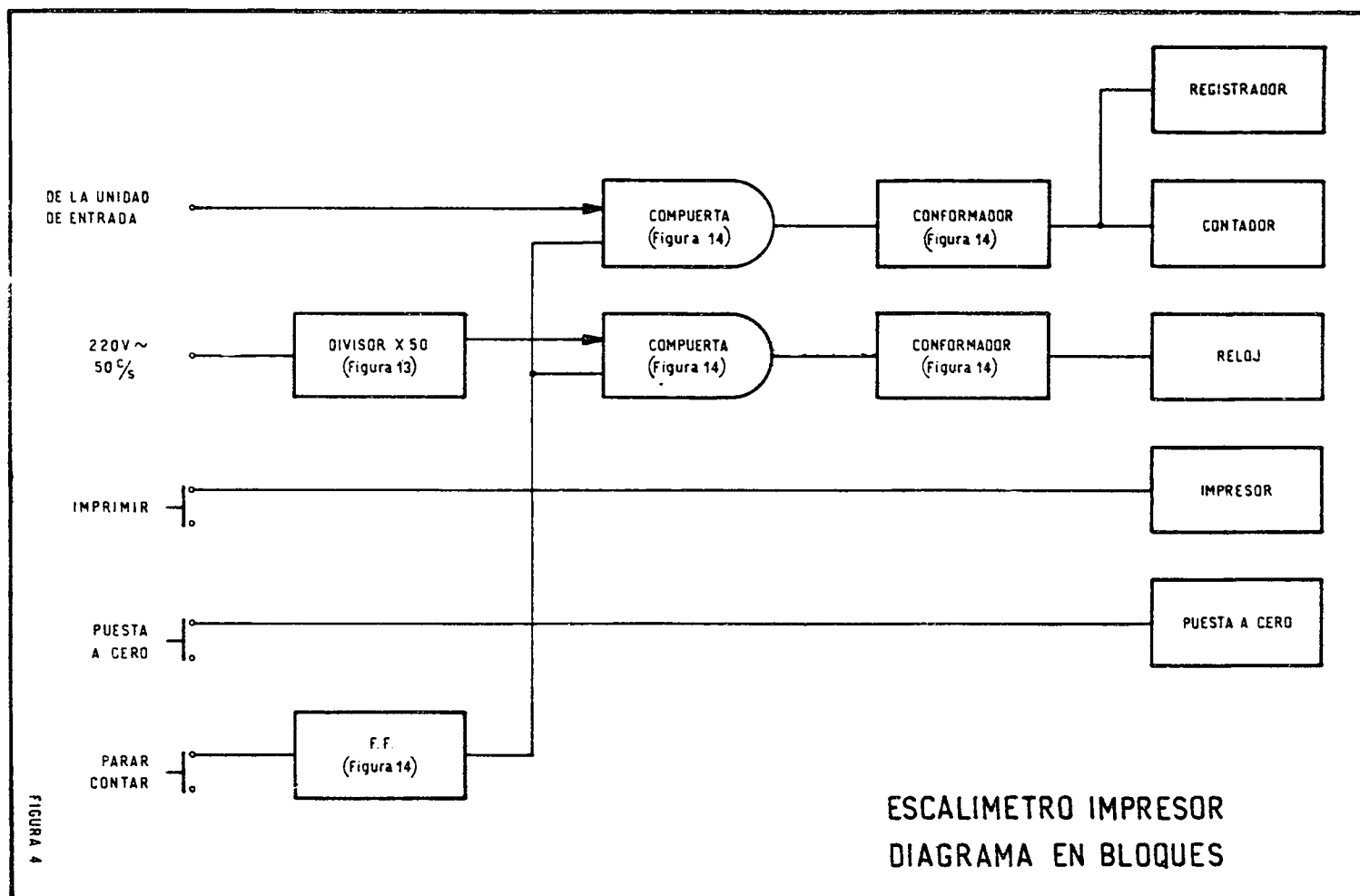
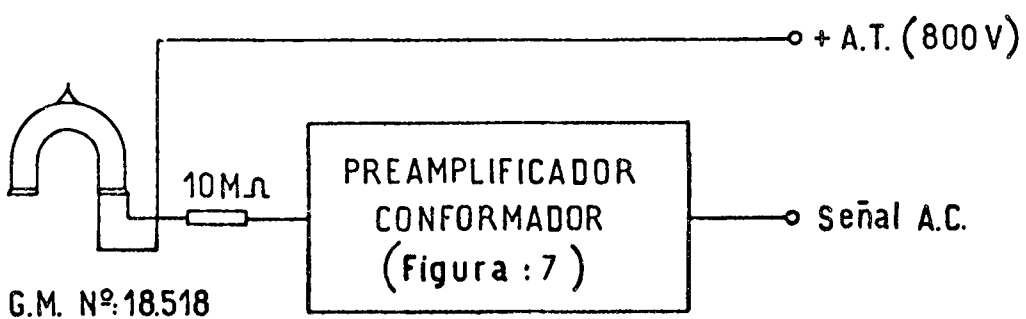
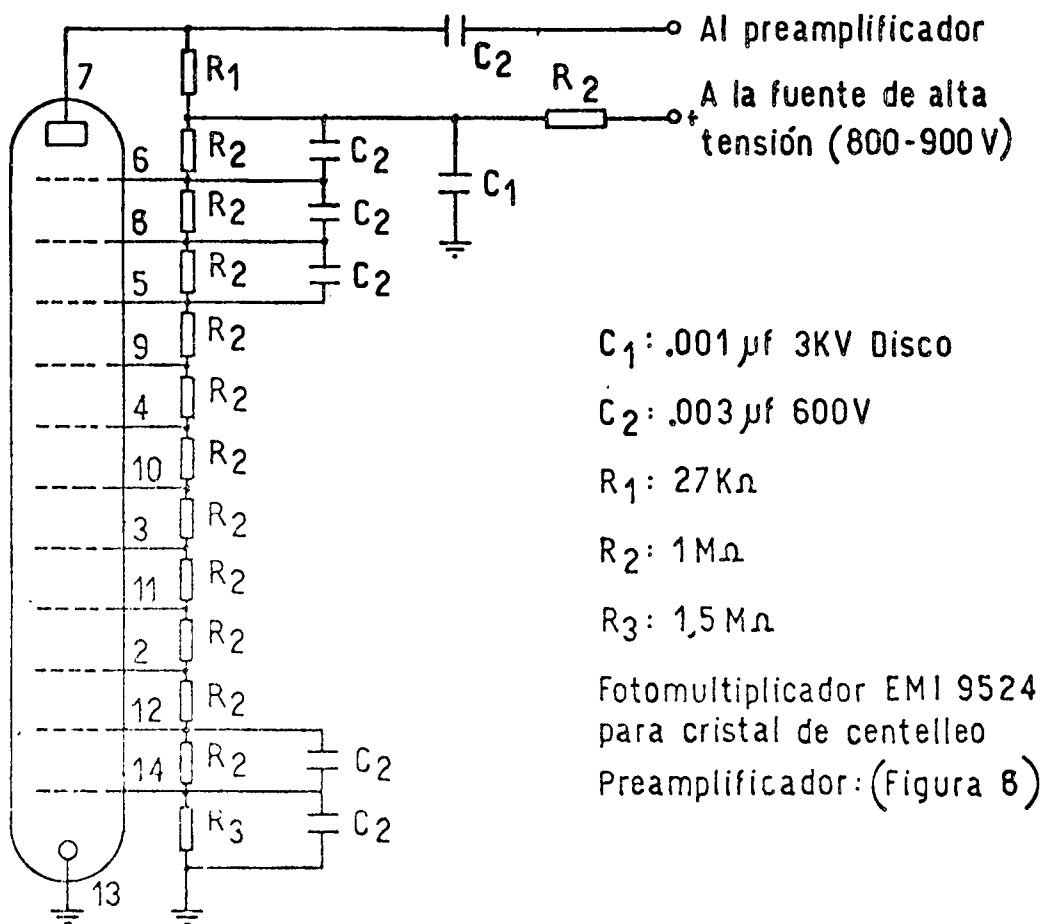


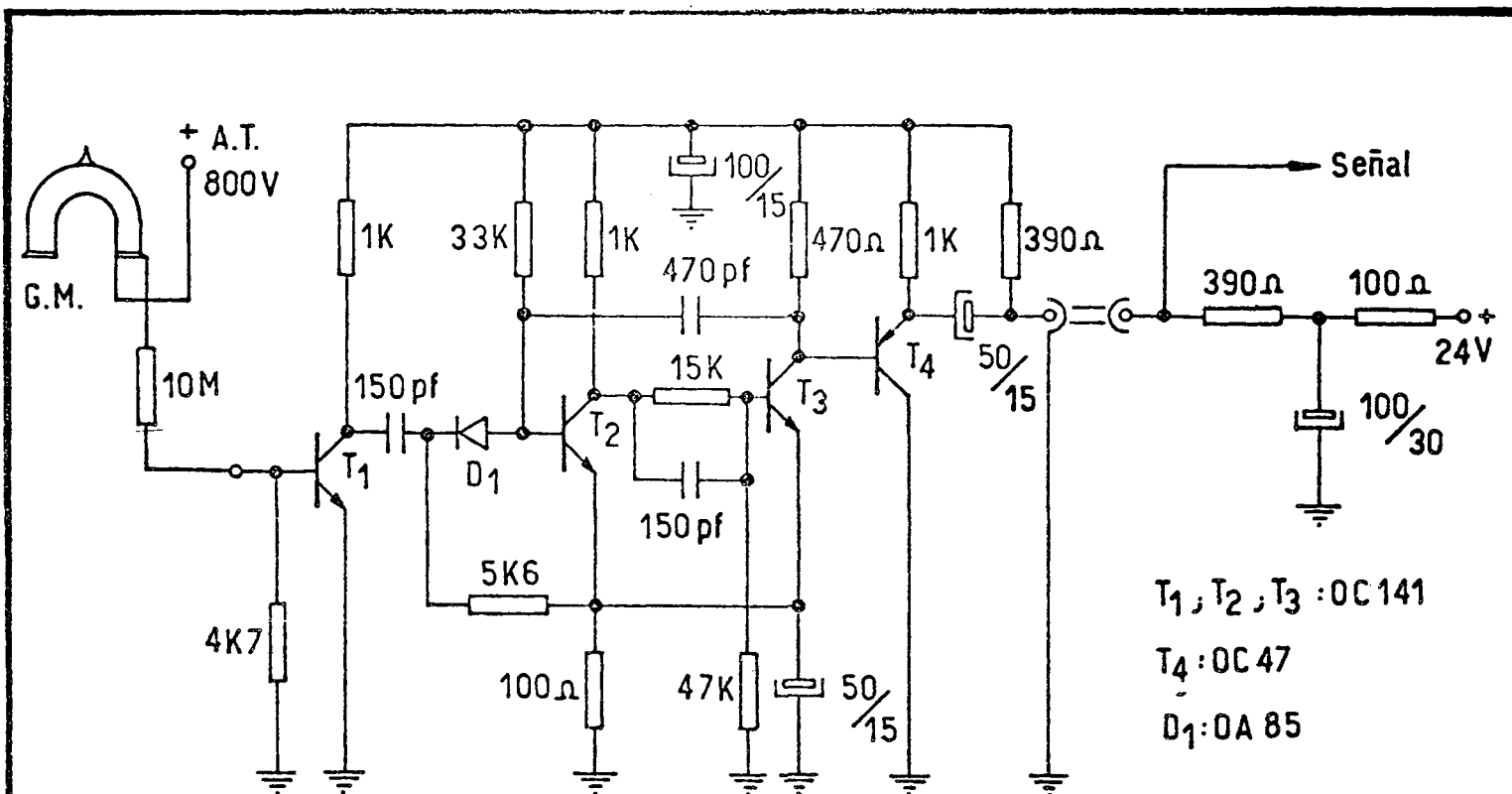


Figura 5



DETECTOR PARA BAJO FONDO MEDIANTE A.C.

Figura 6



Detector G.M. tipo campana para anticoincidencia

Figura 7

PREAMPLIFICADOR CONFORMADOR
PARA ANTICOINCIDENCIA

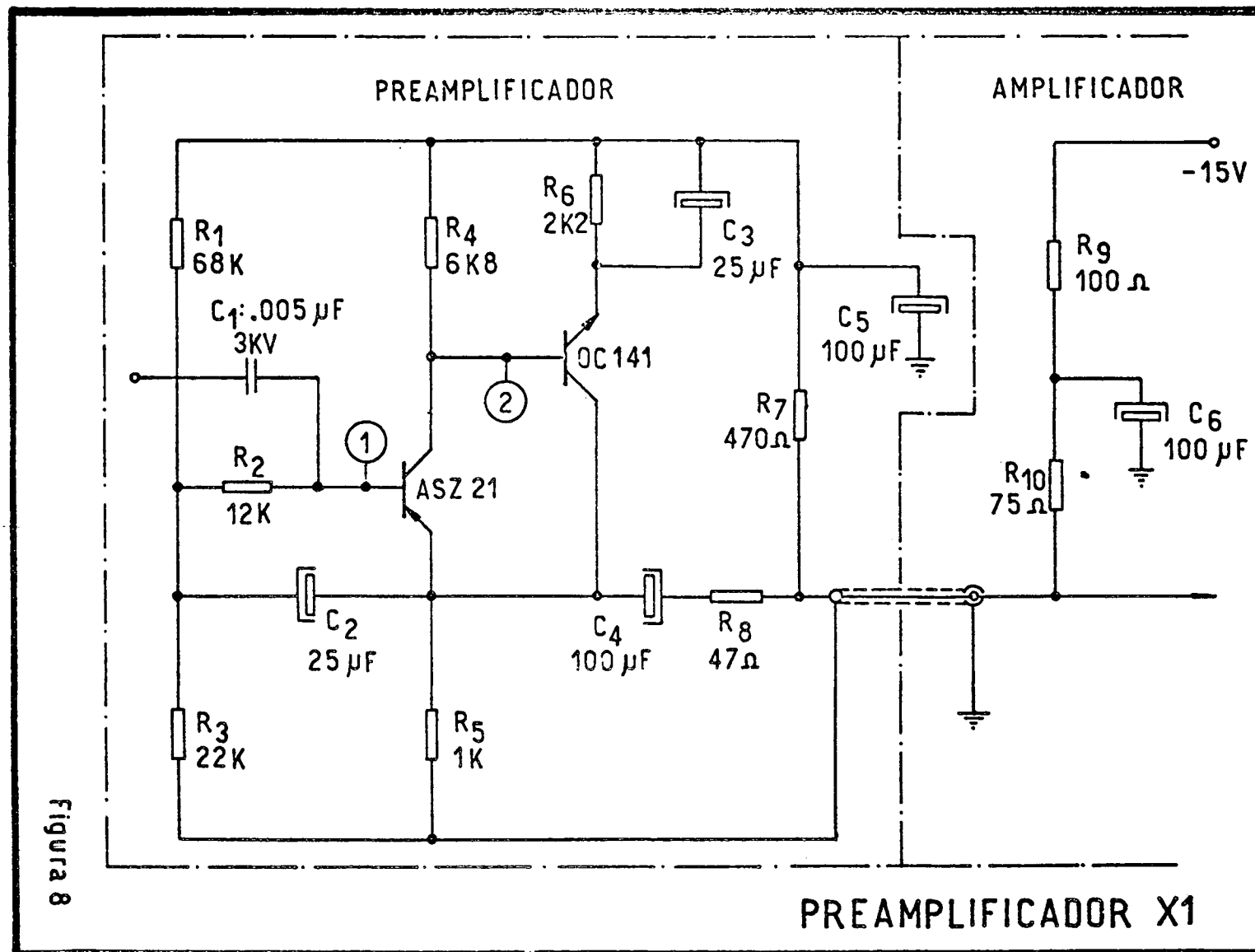
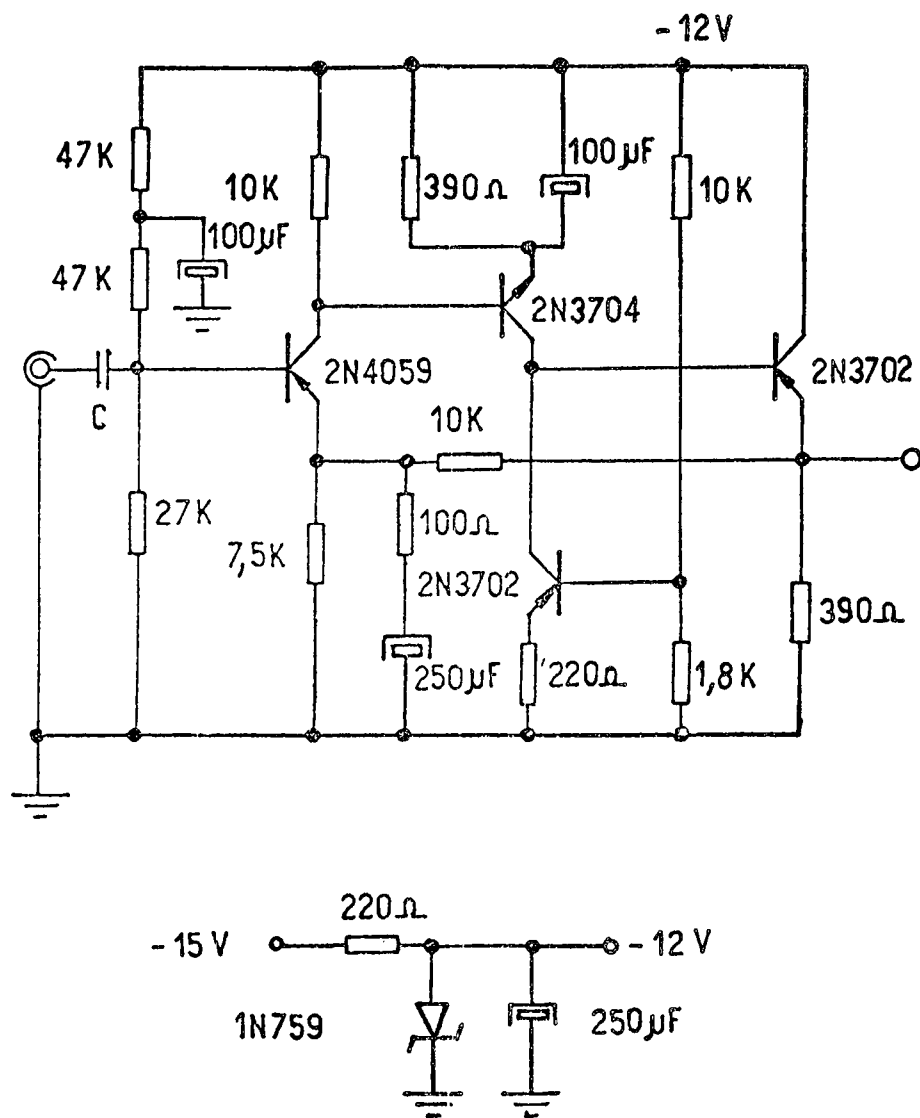
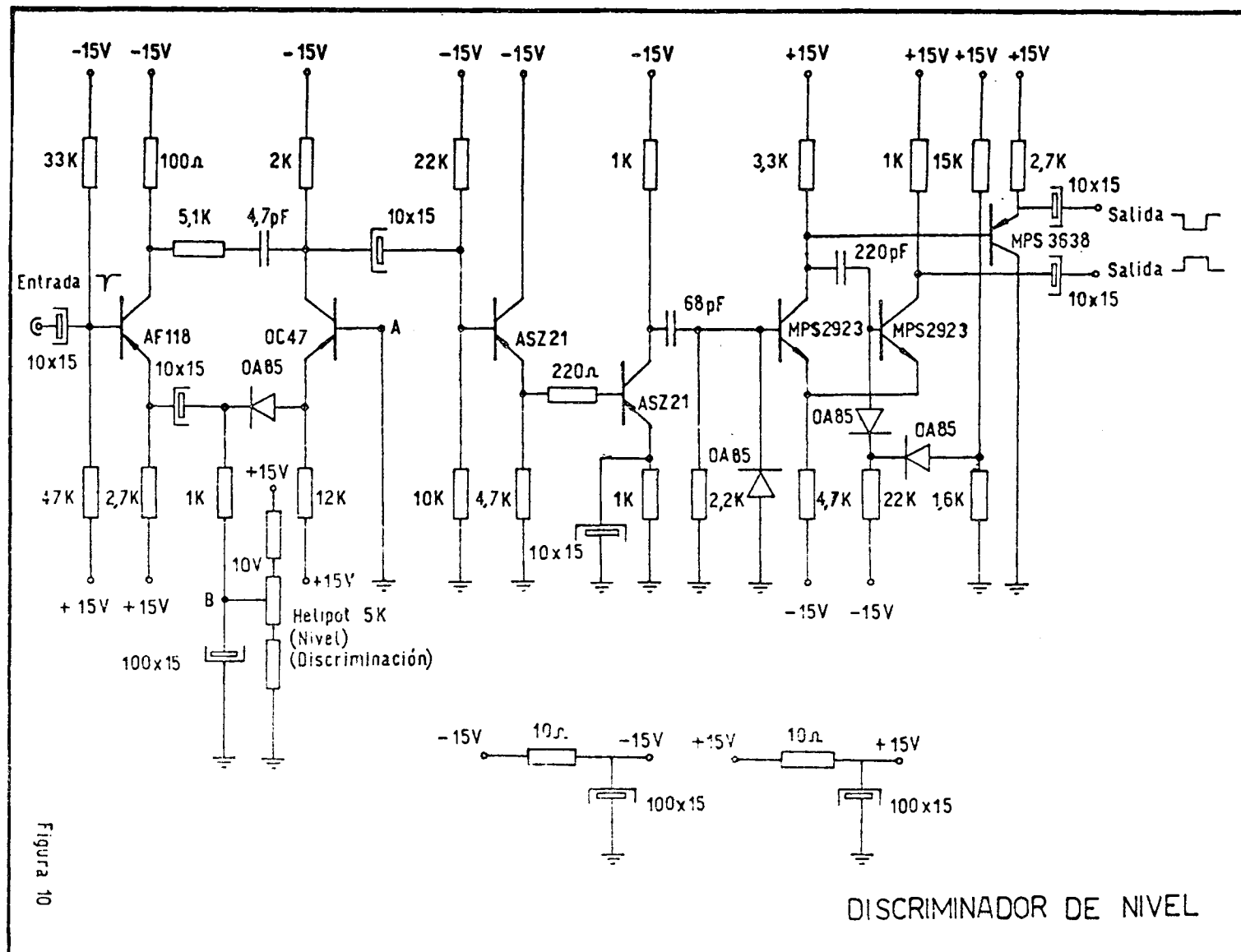


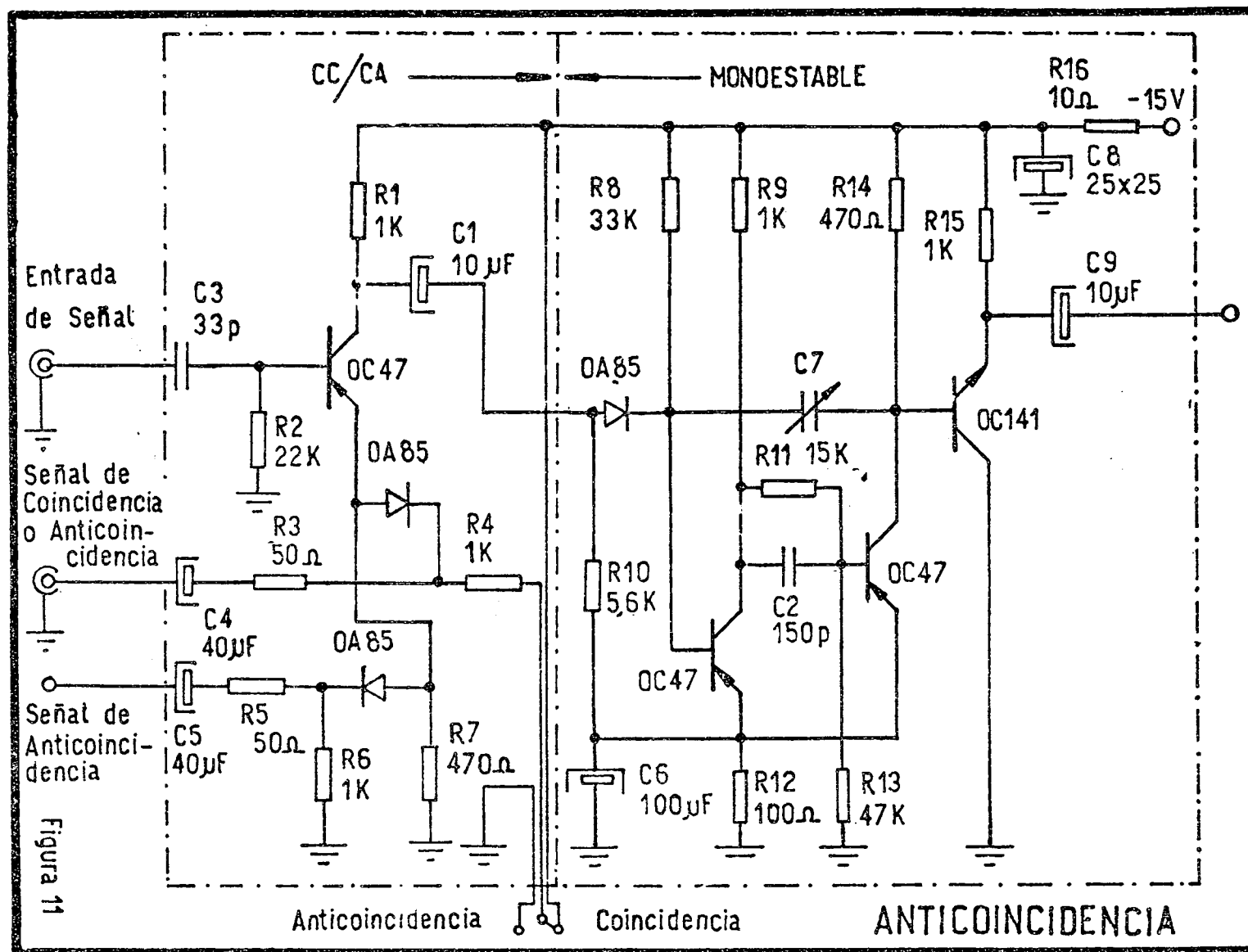
Figura 8



AMPLIFICADOR X100

Figura 9





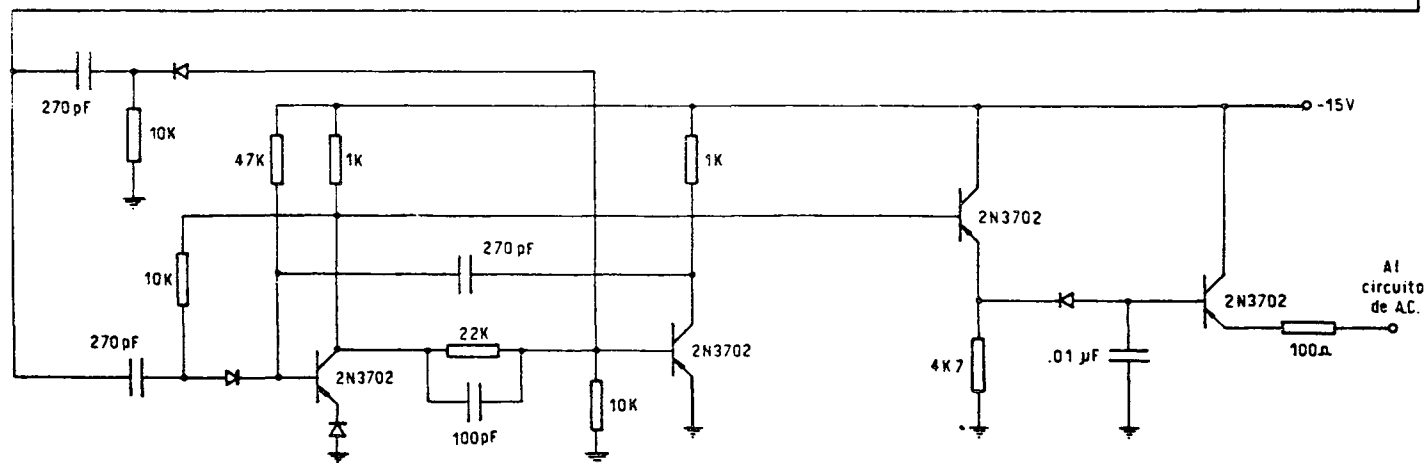
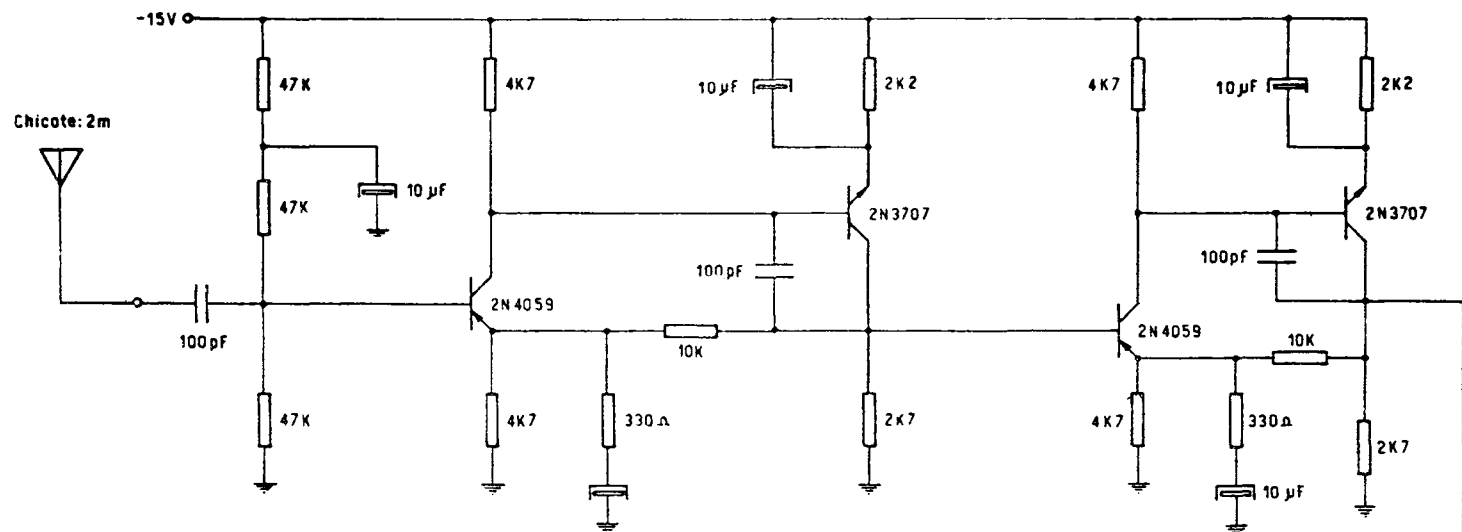


Figura 12

DIODOS: 1N270

AMPLIFICADOR CONFORMADOR PARA A.C. CON RUIDO DE LINEA

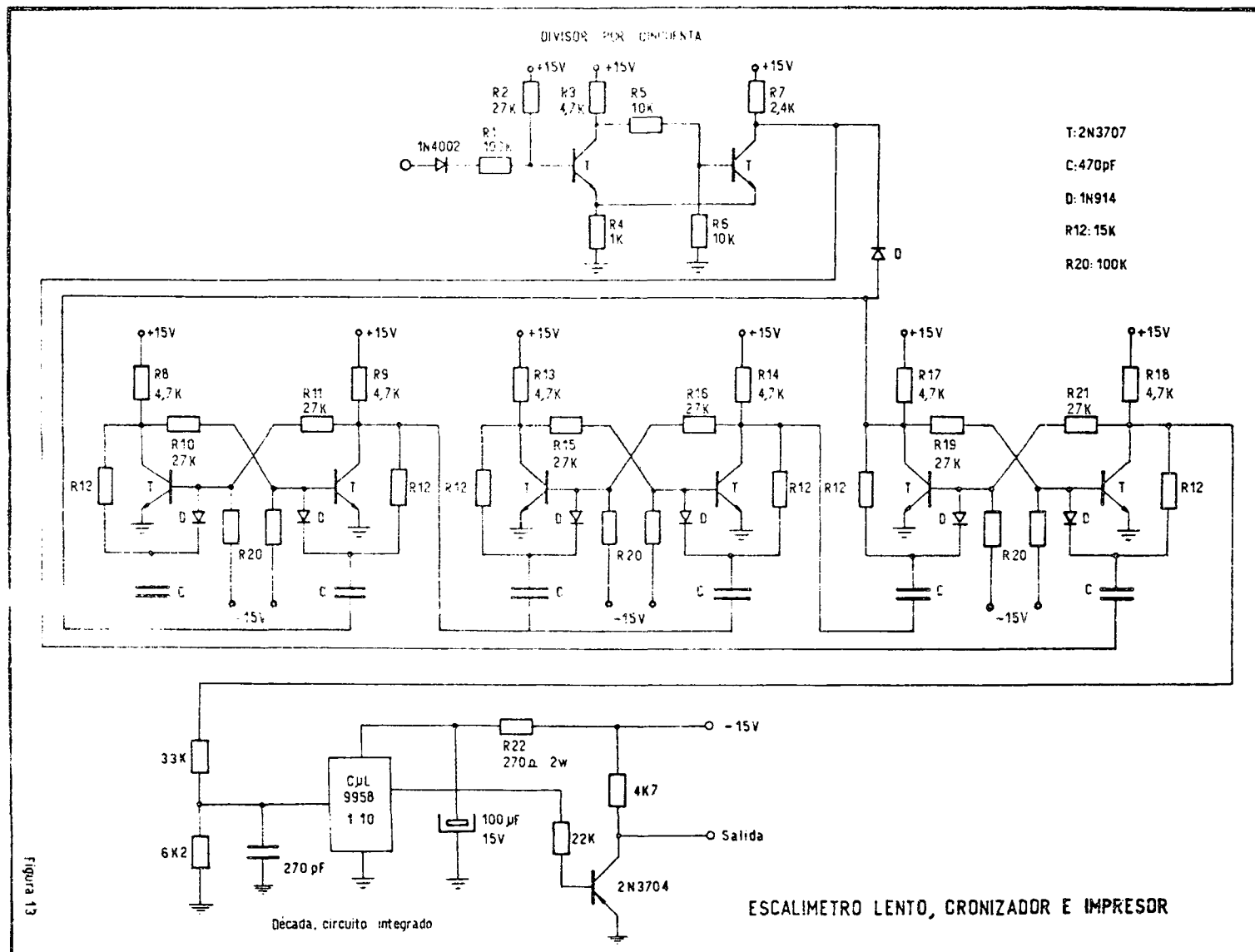
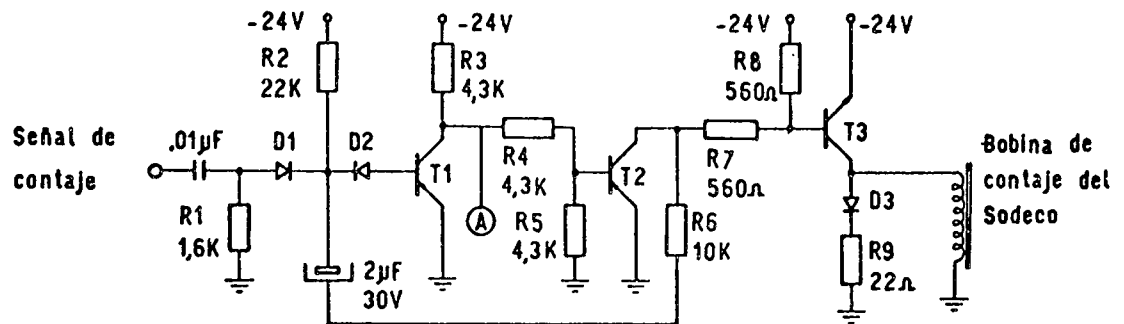


Figura 13

Monoestable disparo Sodeco



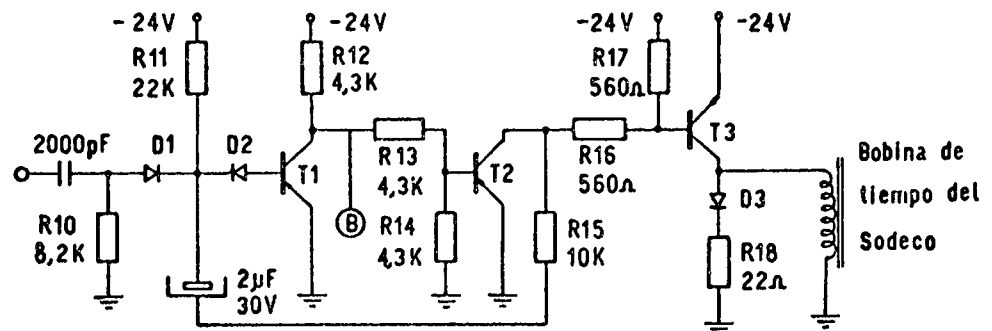
T1;T2: 2N3702

T3: 2N3704

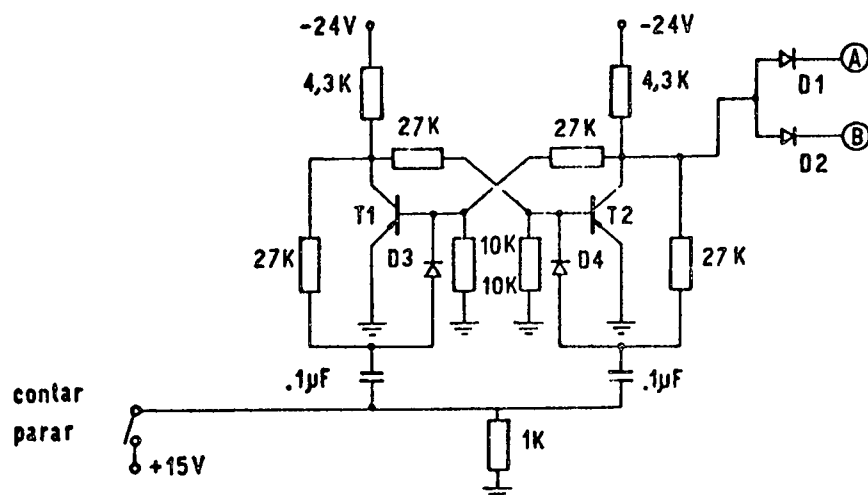
D1: 0A95

D2;D3: 0A202

Divisor
por 50



Flip Flop de bloqueo



T1; T2 : 2N3702

D1, D2, D3, D4:

0A202

ESCALIMETRO LENTO, CRONIZADOR E IMPRESOR

Figura 14

