

N O T A

4. EQUIPO ELECTRONICO PARA DETECCION Y ESTUDIO DE PARTICULAS Y RADIACIONES IONIZANTES, *por R. SEGOVIA, F. VERDAGUER y A. TANARRO*

Expondremos aquí los esquemas y detalles de construcción de los circuitos electrónicos realizados en los laboratorios del Instituto de Óptica «Daza de Valdés» del C. S. de I. C. y de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, y que han sido hasta ahora empleados para la prueba de los tubos contadores Geiger Müller construidos en dichos laboratorios. A excepción de algunas lámparas electrónicas americanas, el material empleado en su montaje fué enteramente obtenido en el mercado nacional.

La disposición general es la indicada en la figura 1. El generador de alta tensión proporciona una tensión continua estabilizada entre 0 y 3.000 voltios para la creación del campo eléctrico en el tubo contador. El valor más convenientes para dicha tensión depende de las características del tubo.

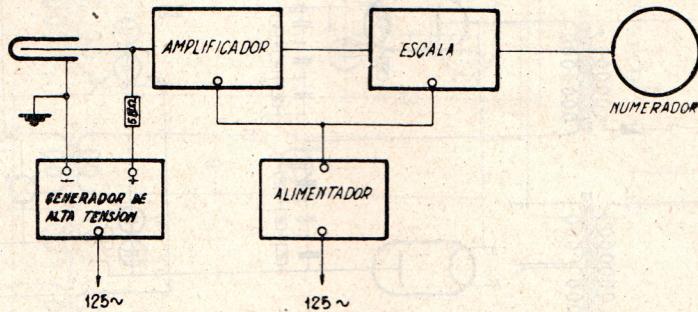


Figura 1

Los impulsos de signo negativo tomados del alambre central del tubo de Geiger se envían al amplificador, cuyo condensador de entrada debe poder soportar toda la alta tensión suministrada al contador, de acuerdo con la disposición empleada en la citada figura 1.

El amplificador dispone a su entrada, como adelante detallaremos, de un circuito de extinción para ser empleado únicamente cuando el tubo contador no es autoextinguido, es decir, el gas que lo llena carece de moléculas poliatómicas. En caso contrario, este circuito de autoextinción queda inactivo y los impulsos llegan directamente a la reja de mando de la primera lámpara amplificadora.

Una vez los impulsos suficientemente amplificados, pasan al circuito escala, también llamado circuito reductor. Este reduce, en una proporción fija, el número de impulsos que proporciona el contador, número que resulta en general excesivo, es decir, que los impulsos se suceden con demasiada rapidez para que pueda un numerador mecánico registrarlos todos. El circuito por nosotros montado entrega al numerador mecánico y a voluntad del operador un único impulso de salida por cada dos, cada cuatro o cada ocho impulsos de llegada, disponiendo además de un dispositivo visual de interpolación que revela la llegada de los impulsos individuales.

El numerador mecánico de tipo telefónico ordinario registra los impulsos que llegan de la escala.

Un circuito de alimentación suministra las tensiones necesarias para el amplificador y el circuito escala. Aparte de la tensión de filamentos, proporciona 300 voltios de tensión continua y estabilizada para los ánodos y rejas pantallas de las lámparas. Este último aparato y el generador de alta tensión se conectan directamente a los 125 voltios de la red alterna de distribución industrial.

A continuación detallaremos por separado cada uno de los citados circuitos.

Generador de alta tensión.—El circuito es el indicado en la figura 2. Posee un doblador de tensión realizado mediante lámparas rectificadoras de vapor de mercurio M2V/400A, fabricadas por Standard Eléctrica, S. A. La alimentación de sus filamentos se efectúa mediante transformadores independientes, cuyo aislamiento entre primario y secundario debe ser suficiente para soportar 6.000 voltios. El secundario del transformador de alta tensión proporciona 2.500 voltios eficaces. Debe asimismo estar bien cuidado el aislamiento de los secundarios de estos transformadores respecto

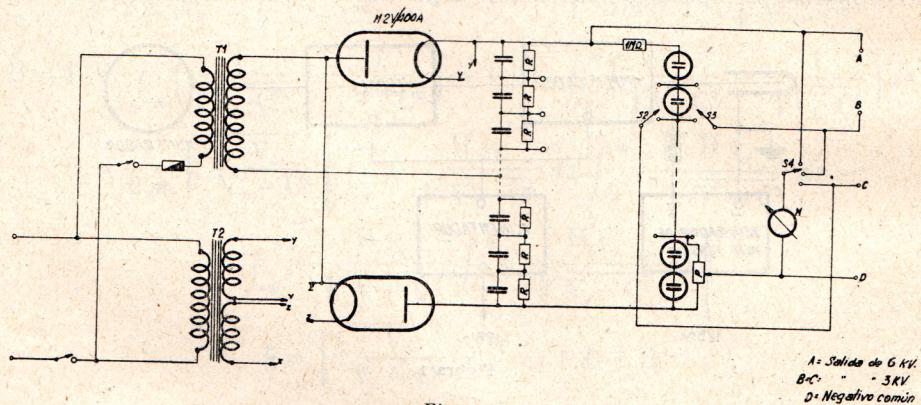


Figura 2

a masa, ya que en la utilización del aparato debe poder conectarse indistintamente a *chassis*, bien el polo positivo o bien el negativo de la alta tensión de salida.

Los condensadores del circuito doblador están constituidos por una agrupación de condensadores electrolíticos de 8 microfarads, protegidos por una resistencia de 0,5 megohms en paralelo con cada condensador. Cada una de las dos baterías idénticas está formada por 10 grupos en serie de dos condensadores cada grupo, resultando una capacidad total de 1,6 microfarads y soportando cada condensador una tensión de 300 voltios.

La tensión continua obtenida se estabiliza por el conocido método de las lámparas de neón, en nuestro caso la 7475 Philips, en número de 32, dispuestas en serie. El circuito doblador de tensión proporciona una tensión de 6.000 voltios, que quedan reducidos a 3.000 a causa de la caída en la resistencia de estabilización de 1 megaohm. Resulta así un factor de estabilización de unos 1.600 aproximadamente.

Un conmutador va tomando la tensión de salida a lo largo de la serie de lámparas de neón. Al pasar de un punto a otro del conmutador se saltan dos lámparas de la serie y la tensión de salida varía bruscamente en 200 voltios. En paralelo con las dos últimas lámparas existe un potenciómetro de alta resistencia, cuyo punto medio está conectado al borne negativo de la

salida de la alta tensión. El movimiento de dicho potenciómetro provoca una variación continua de la tensión de salida entre 0 y 200 voltios. De tal forma, mediante el conmutador y el potenciómetro puede obtenerse un valor cualquiera de la tensión de salida.

Otro segundo conmutador análogo al primero, y cuyo punto centro está unido a un tercer borne de salida, se emplea cuando simultáneamente sean necesarios dos valores distintos de alta tensión, como sucede, por ejemplo, al emplear una cámara de ionización provista de reja intermedia.

Finalmente, un cuarto borne de salida proporciona una tensión de 6.000 voltios sin estabilizar.

Un montaje similar al descrito fué anteriormente proyectado por uno de nosotros en el Instituto «Leonardo Torres Quevedo», con ligeras variaciones, tales como el empleo de rectificadoras 866 americanas y un único

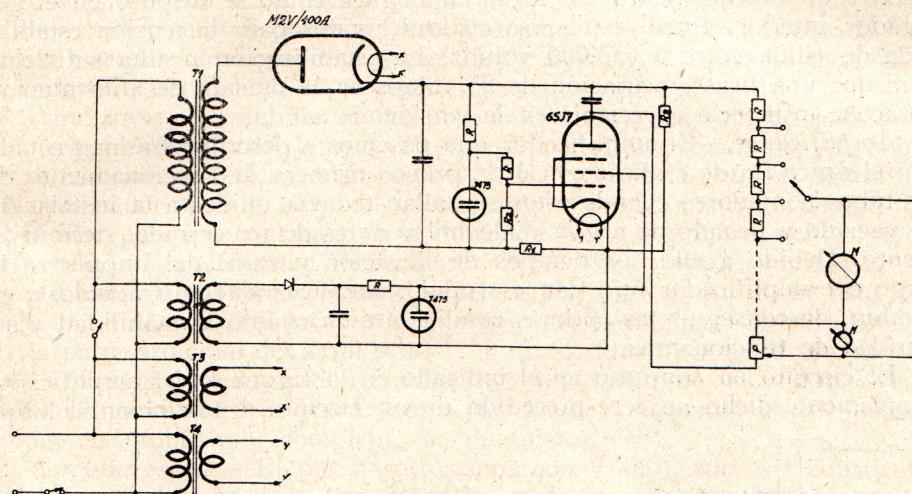


Figura 3

condensador en lugar de la batería de elementos de 8 microfarads. Actualmente dicho Instituto se dedica a la construcción de tales generadores.

Otro generador de alta tensión, monado y empleado con el mismo fin que el anterior, pero con estabilización por lámpara de vacío, es el diseñado en la figura 3. Emplea únicamente una lámpara rectificadora de media onda, también la M2V/400A, ya citada. Como dispositivo de filtrado dispone de una batería de condensadores electrolíticos, constituida por 8 grupos en serie de dos condensadores cada uno, totalizando una capacidad de 2 microfarads. Cada condensador está protegido por una alta resistencia en paralelo, análogamente a como se dispuso en el generador anterior.

La estabilización se consigue mediante el pentodo 6SJ7, cuya reja de gobierno experimenta las variaciones de tensión que tuvieren lugar en la resistencia R_1 , ya que la tensión en los extremos de la R_2 viene estabilizada por la lámpara de neón 7475 Philips. Una elevación accidental de la tensión de salida provocaría un aumento de corriente a través de la lámpara estabilizadora y también a través de la resistencia R_3 , con lo que se elevaría la caída de tensión en R_1 , aumentando la polarización negativa de la reja de gobierno; esto último, a su vez, ocasionaría una disminución de corriente en la resistencia anódica de la lámpara, con la consiguiente dismi-

nución de la tensión de salida. Despreciando las pequeñas variaciones de los coeficientes de la lámpara, la condición de estabilización resulta :

$$\frac{R_1}{R_3} \mu = 1$$

siendo μ el coeficiente de amplificación de la lámpara en las condiciones medias de trabajo.

Para que las variaciones de la corriente de reja pantalla no perturben la estabilización, ha sido necesario polarizar dicha reja mediante un sistema independiente constituido por un transformador, un rectificador de silicona y un dispositivo de estabilización con lámpara de neón, la misma utilizada en anteriores ocasiones.

La variación de la alta tensión de salida se realiza mediante un commutador y un potenciómetro, en forma análoga a como se dispuso en el generador anterior. Puede obtenerse cualquier valor para la tensión estabilizada de salida entre 0 y 3.000 voltios. La estabilización resulta suficiente para que una brusca variación de 25 voltios en la tensión de alimentación no acuse influencia apreciable en la tensión de salida.

Amplificador.—El amplificador que pasamos a describir fué proyectado con el único fin de realizar con él la prueba primera de funcionamiento de los tubos contadores cuando éstos se hallan todavía unidos a la instalación de vaciado y llenado de argón y alcohol y antes de ser cerrados definitivamente. Debido a ello, los tiempos de elevación y caída del impulso a lo largo del amplificador no están escrupulosamente cuidados, tratándose, en cambio, de conseguir las óptimas condiciones en cuanto a estabilidad y seguridad de funcionamiento.

El circuito en conjunto es el indicado en la figura 4. El amplificador propiamente dicho aparece precedido de un circuito de extinción del tipo

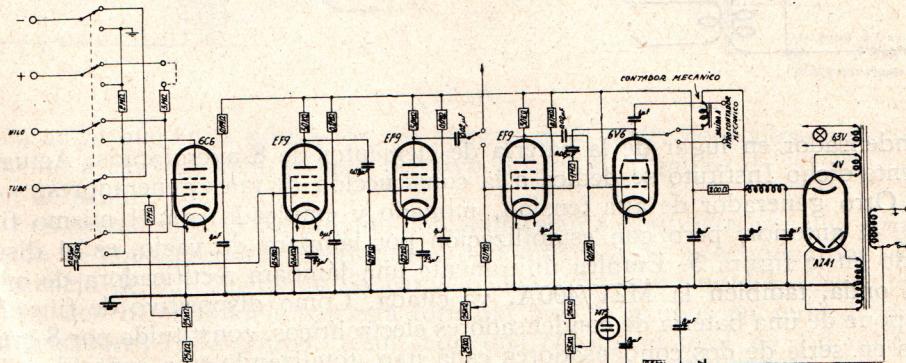


Figura 4

Neher-Harper para cuando hubieran de probarse contadores no autoextinguídos. Este circuito es sobradamente conocido, por lo que no nos detenemos en su descripción. Para el caso general de que el tubo contador sea de extinción interna, se suprime mediante un conmutador el circuito de extinción, y la señal se envía directamente a la reja de mando de la primera lámpara amplificadora propiamente dicha.

El amplificador consta de dos pasos, ambos con la lámpara EF9 Philips, acoplados a resistencia-capacidad.

Cuando se desea hacer una primera determinación del «plateau» o am-

plitud de la zona normal de funcionamiento del contador, la salida del amplificador se conecta a la entrada del circuito escala, que describiremos más adelante. Mas cuando se desea simplemente comprobar que el contador funciona, es decir, que detecta la llegada de la partícula o radiación ionizante, entonces dicha salida conecta a un circuito multivibrador constituido por una EF9 y una 6V6, montado en el mismo «chassis» que el amplificador que estamos describiendo. La misión de este último circuito es proporcionar al impulso energía suficiente para accionar el numerador mecánico, contenido solidariamente en el conjunto del aparato.

Las polarizaciones y acoplamientos entre una y otra válvula del circuito multivibrador resultan tales que se obtiene una sola oscilación por la llegada de cada impulso, la cual oscilación da lugar a una onda de corriente que mueve el numerador mecánico. Un pequeño desajuste en las polarizaciones provoca la oscilación propia del multivibrador, por lo que ha resultado conveniente disponer una rectificación y estabilización separada para proveer dichas tensiones de polarización y que sirve asimismo para polarizar la 6C6 del circuito de extinción.

Para trabajos con contadores proporcionales y cámaras de ionización hemos también montado el magnífico amplificador proyectado por M. Sands en el laboratorio de Los Alamos (EE. UU.) y conocido con el nombre de «Amplificador modelo 100». (La descripción y diseño completo de este amplificador puede encontrarse en el libro de W. C. Elmore y M. Sands, «Electronic Experimental Techniques», New York, 1949). Se trata de un amplificador lineal de excelentes características para el fin a que está destinado, dotado de dos preamplificadores previos, montados separadamente de la parte principal del amplificador, al que se unen mediante el oportuno cable blindado, y destinados a adaptarse solidariamente, el uno a un contador proporcional, y el otro a una cámara de ionización. Puede proporcionar el amplificador completo una garancia de 10^6 .

Circuito escala.—El por nosotros montado y empleado está constituido por tres escalas de dos, dispuestas en serie, lo que en total proporciona un factor de reducción de ocho. El circuito empleado es el de Higinbothan, que ha resultado ser el de mayor estabilidad y seguridad de funcionamiento; emplea un doble díodo 6H6 y un doble tríodo 6SN7. El principio del montaje y los valores adecuados para su realización han sido extraídos del artículo de W. A. Higinbothan, J. Gallagher y M. Sands, «The Model 200 pulse counter» (*Rev. Sci. Inst.*, 18, 706, 1947), al cual remitimos al curioso lector.

Como dispositivo de interpolación hemos empleado pequeñas lamparitas de neón con resistencias de 1 megaohm en serie y el conjunto en paralelo con una de las resistencias anódicas de cada 6SN7. Cuando el ánodo correspondiente conduce, la lamparita está encendida. La llegada de cada impulso individual altera la disposición de encendido o apagado de las tres lamparitas de la escala, sirviendo esta alteración para revelar la llegada de cada uno de los impulsos e interpolar entre los múltiplos de ocho registrados por el numerador mecánico.

A la salida de cada una de las escalas de dos se ha dispuesto un conmutador que puede enviar el impulso, bien a la escala siguiente, o bien a la lámpara final de salida. De esta forma pueden emplearse, a voluntad del operador, sólo una, sólo dos o la totalidad de las tres escalas, lo que proporciona, respectivamente, en cada caso un factor de reducción de dos, de cuatro o de ocho.

Un interruptor que aumenta momentáneamente la resistencia de escape de una de las rejillas de gobierno de cada doble tríodo, provoca el apagado inicial de todas las lamparitas de neón, colocando a los circuitos de la escala en el estado de equilibrio inicial conveniente para empezar a contar correctamente.

El circuito registrador dispuesto a la salida de la escala y destinado a accionar el numerador mecánico, está formado por una de las secciones del doble tríodo de entrada, seguida de una lámpara de potencia 6V6. Las ondas cuadradas procedentes de la escala son diferenciadas por el dispositivo resistencia-capacidad de la reja de gobierno de la 6SN7, y, amplificadas por esta lámpara, polarizan positivamente a la reja de la 6V6 durante el tiempo suficiente para que el impulso sea registrado por el numerador mecánico.

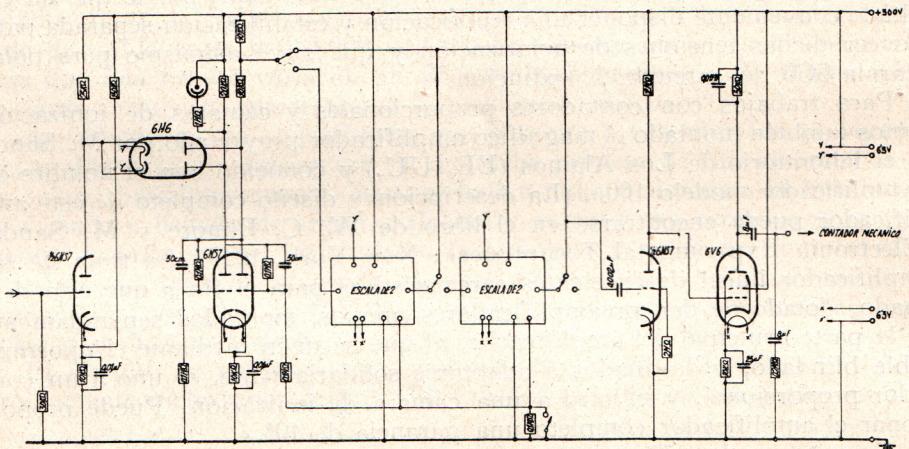


Figura 5

Alimentador general.—Se trata de un circuito rectificador ordinario seguido de un filtro y un sistema electrónico de estabilización, que neutraliza en un margen suficiente las variaciones de la tensión de entrada o de la impedancia de carga. Estas fuentes de alimentación estabilizadas son sobradamente conocidas y se hallan descritas en casi todas las obras generales de Electrónica (recomendamos particularmente la ya citada obra de Elmore y Sands).

En nuestro caso, una corriente máxima de 180 mA. estabilizada a 300 voltios es proporcionada por dos lámparas pentodo Philips 4654, dispuestas en paralelo, y sobre cuyas rejillas de gobierno actúa el circuito de estabilización formado por dos tubos amplificadores EF9 dispuestos en serie.

El aparato proporciona también mediante el oportuno transformador dos tensiones alternas independientes de 6,3 voltios para caldeo de filamentos. Uno de los dos secundarios tiene un extremo unido a tierra y sirve para alimentar a los filamentos de aquellas lámparas cuyo cátodo va conectado a masa, mientras que el otro secundario tiene un extremo unido a +300 voltios, y debe alimentar a los filamentos de aquellas otras lámparas cuyo cátodo va unido a la alta tensión (cuál sucede con los pentodos 4654 de este mismo circuito y los dobles diodos 6H6 del circuito escala).

Madrid, septiembre de 1950.