

UN CIRCUITO DE ANTICOINCIDENCIA SIMPLIFICADO

T.A. Brody* y A.C. Nava Jaime s**

Instituto de Física, Universidad Nacional de México

(Recibido: 8 de mayo 1964)

RESUMEN

A simplified anticoincidence circuit for GM counters is described, in which the counters tube itself acts as the anticoincidence element. The circuit is extremely simple, containing no active elements beyond two diodes. The resolution time is long, of the order of the counter dead time, but the stability of the circuit is sufficient to allow very long counting times, so that the circuit is suitable for low-level counting.

A variant is also described which may be used for mutual anticoincidence counting (Brody 1963); this circuit requires one double triode or two transistors.

*Asesor técnico de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, México.

** El presente trabajo fué tomado en parte de una tesis profesional que se presentó a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, México.

I

El desarrollo de las técnicas que emplean radioisótopos requiere, particularmente en el campo biológico, conteos de muy bajas actividades. Los equipos comerciales contruidos para este propósito, además de tener un costo prohibitivo para muchos laboratorios, contienen circuitos electrónicos de excesiva complejidad, los cuales son engorrosos y exigen equipo especializado para su mantenimiento y eventual ajuste. También puede constituir un problema la estabilidad de las características de los circuitos durante conteos de muy larga duración.

Por estas razones se ha desarrollado un circuito de anticoincidencia que requiere un número de componentes mucho menor que los circuitos más usuales. El tiempo de resolución es del orden del tiempo muerto del elemento detector empleado; en el caso de contadores Geiger, tal vez los más empleados en aplicaciones de radioisótopos, es pues de unos $200 \mu s$, lo que es perfectamente adecuado para los sistemas contadores de bajo nivel de actividades.

El principio utilizado en el circuito es el de hacer funcionar el detector de anticoincidencia como un diodo que sólo conduce en el momento de recibir una partícula que lo descarga; como se ve en la fig. 1, este "diodo" constituye para el pulso del detector de muestra, M , un camino alternativo de baja impedancia si hay anticoincidencia; pero si el detector de anticoincidencia, A , no está en descarga, su impedancia es infinita y el pulso proveniente de M pasa al circuito contador, de impedancia Z_c . Llamando Z_a a la impedancia de A durante una descarga, el pulso de M ve su amplitud reducida en la proporción $\frac{Z_a}{Z_a + Z_c}$ y es fácil lograr

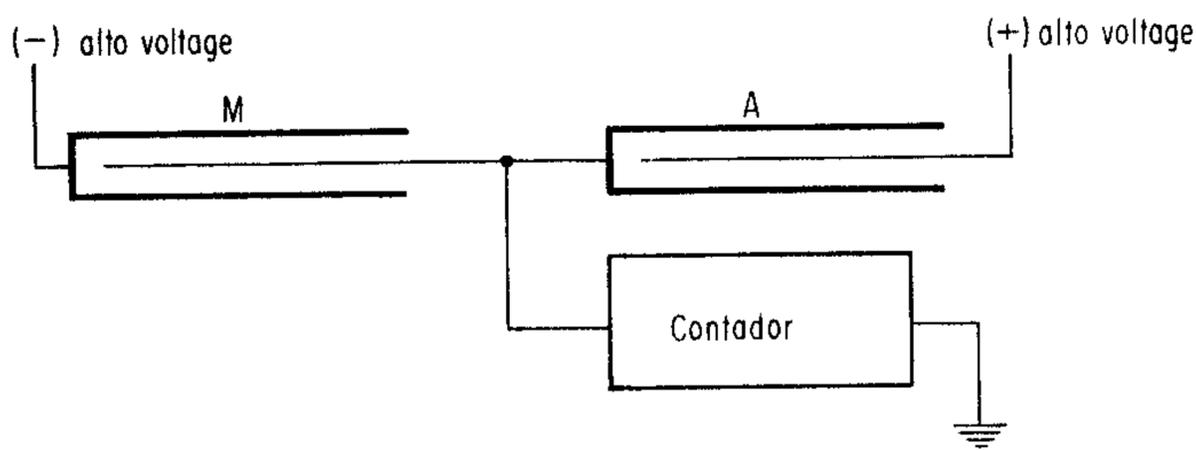


Fig. 1.

que quede por debajo del umbral de aceptación de pulsos en el contador, ya que, en general, Z_a es mucho menor que Z_c .

Un primer circuito que fué ensayado para determinar la validez del principio esbozado se muestra en la fig. 2. Los dos condensadores C_1 y C_2 permiten fijar independientemente los voltajes en los ánodos de los dos detectores, de modo que se les puede conectar a la misma fuente de alto voltaje o a fuentes diferentes. Las resistencias variables R_1 , R_2 y R_3 ajustan las alturas relativas de los pulsos con el fin de obtener la mejor cancelación posible.

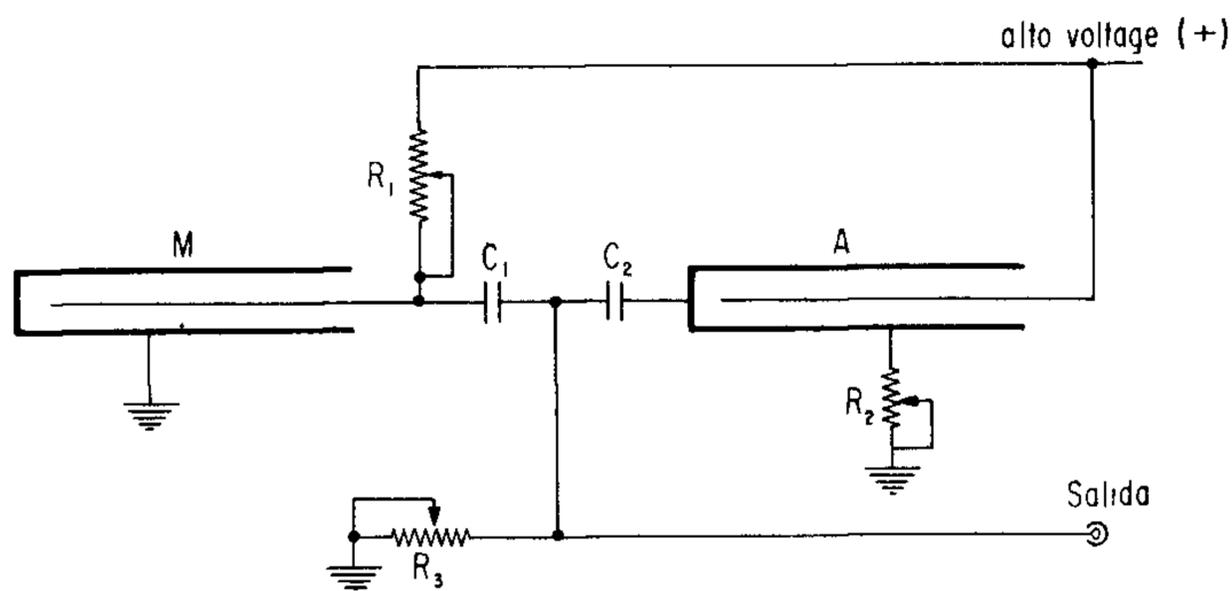
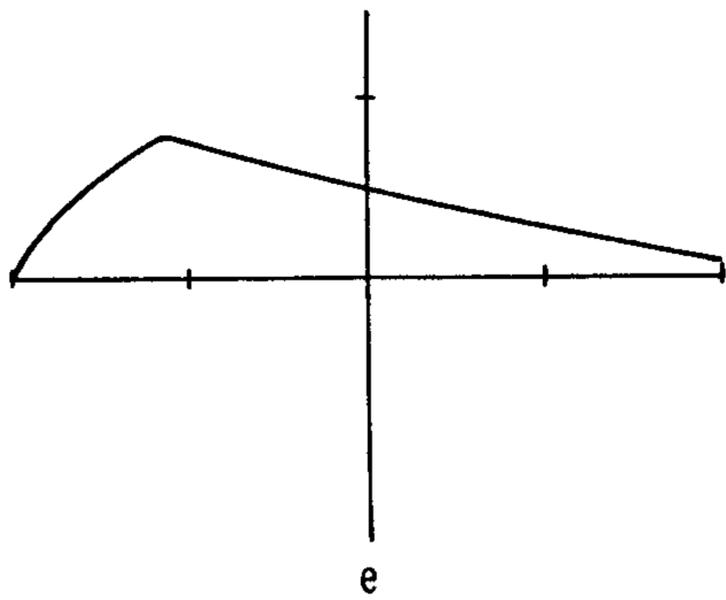
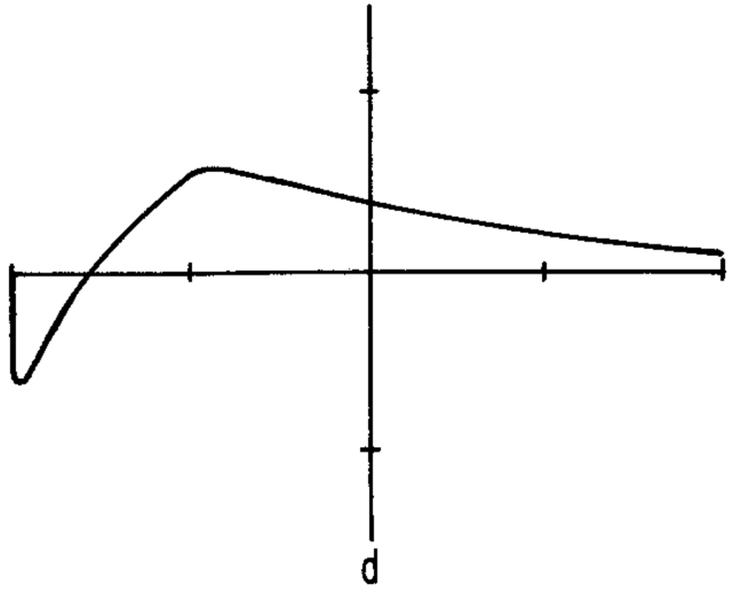
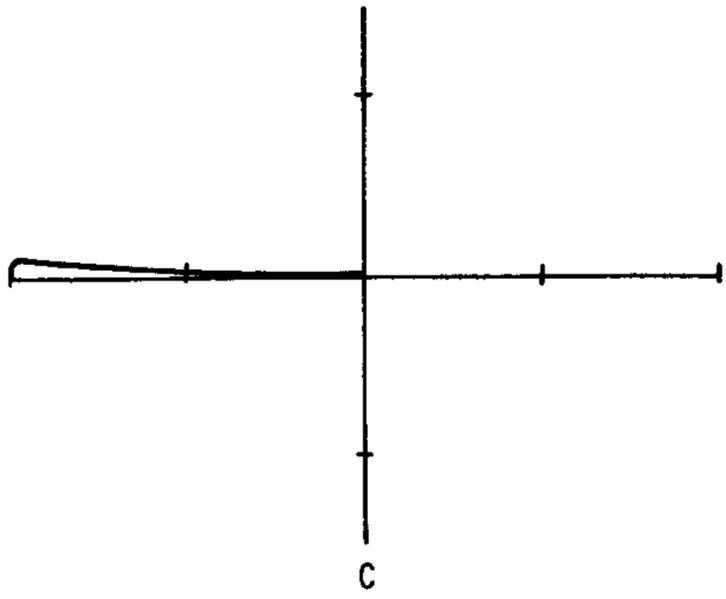
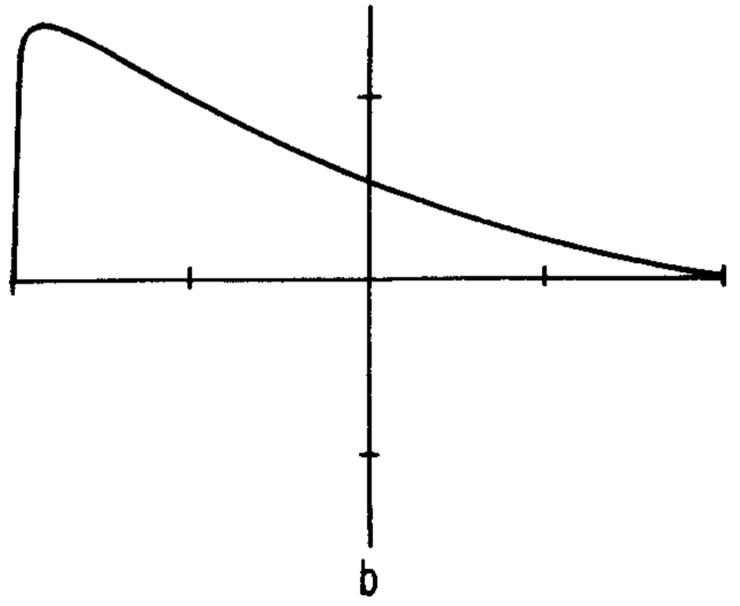
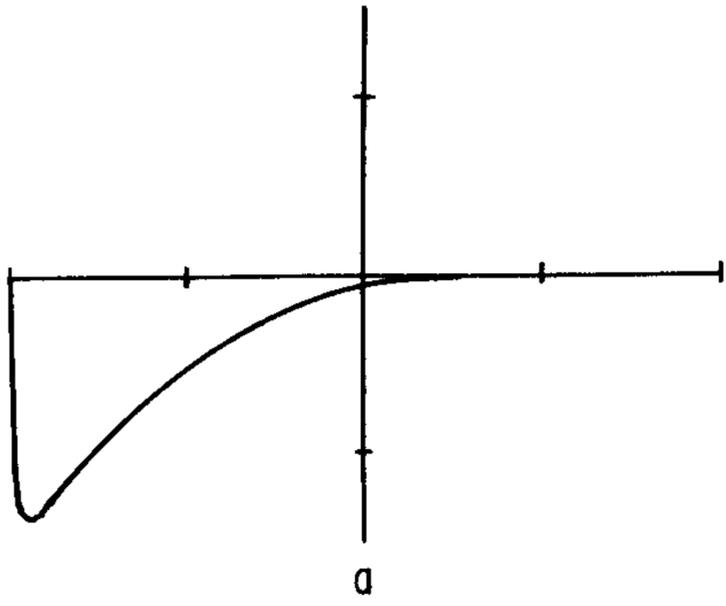


Fig. 2.

Los ensayos hechos con este circuito, empleando detectores GM tipo GC1K de la Nuclear Development Labs., dieron resultados suficientemente interesantes para que se haya proseguido con el desarrollo de los circuitos descritos en las secciones II y III del presente trabajo. En la sección II se discute un circuito de anticoincidencia "ordinaria", es decir, en el cual se cuentan sólo los pulsos dados por un detector central, mientras los provenientes del o de los demás detectores sirven para la anticoincidencia exclusivamente. En la sección III se describe un circuito construido para la anticoincidencia mutua, en la cual se cuentan de dos detectores todos aquellos pulsos que no ocurren simultáneamente en ambos; este tipo de circuito resulta muy útil para detectores de geometría 4π (Alba 1959, Brody 1963).



Escala $\overbrace{\hspace{2cm}}^{200 \mu \text{ seg}}$
 $\underbrace{\hspace{1cm}}_{1 V}$

II

En la salida del circuito de la fig. 2 se observan mediante un osciloscopio las formas de pulso que se muestran en la fig. 3. El pulso de anticoincidencia, fig. 3c, puede tener una altura casi nula, si los dos pulsos coinciden exactamente en el tiempo. En la práctica se pueden observar diferencias de tiempo de 1 a 2 μ s entre los comienzos de las subidas; en este caso el pulso resultante tiene una cierta altura (ver fig. 3d, 3e), y para que no se cuente, esta altura debe ser menor que el umbral de aceptación del circuito de conteo. La altura observada cuando la anticoincidencia no es exacta depende sobre todo de la altura relativa de los pulsos producidos por los dos detectores; es pues necesario poder ajustar la relación de estas alturas a un valor cercano a 1. La principal desventaja del circuito de la fig. 2 es que no es fácil ajustar estas alturas para igualdad, aún empleando un osciloscopio. Las resistencias R_1 y R_2 afectan las alturas de ambos pulsos y además, lo que es molesto, las mesetas de los detectores. R_3 afecta todos los pulsos de la misma manera.

Para resolver estas dificultades se diseñó el circuito de la fig. 4. Los diodos D_1 y D_2 están dispuestas de tal manera que los pulsos provenientes de los detectores M y A tienen que atravesar la resistencia R para llegar a tierra. Ajustando la derivación de esta resistencia se logra fácilmente igualar las alturas de los pulsos sin afectar el funcionamiento de los detectores. El doble triodo elimina los pulsos positivos provenientes de A, al mismo tiempo que su ganancia, del orden de $30 \times$, compensa ampliamente la reducción de la altura del pulso de M en

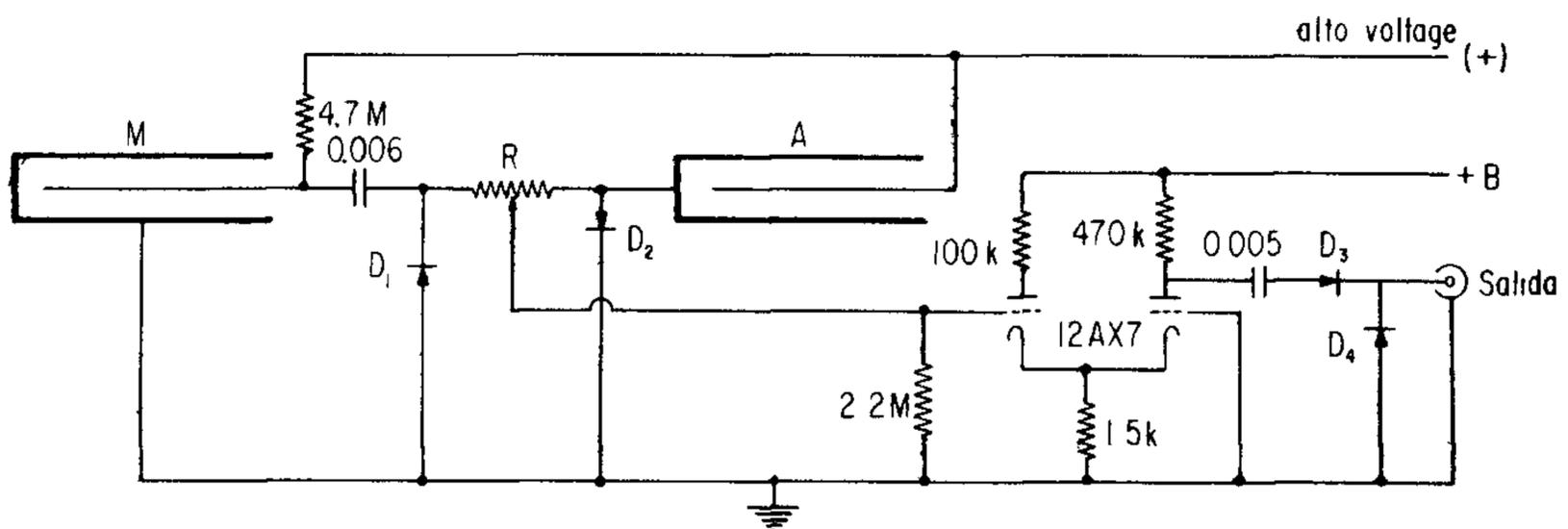


fig. 4

la resistencia R y por la capacidad entre los dos contadores, la cual representa una derivación a tierra no despreciable, ya que es aproximadamente 30 pF cuando los contadores se colocan uno por encima del otro.

Era necesario estudiar la estabilidad del circuito frente a pequeñas variaciones en las condiciones de operación. Para este fin se conectó la salida a un contador que aceptaba pulsos negativos mayores de 900 mV en amplitud. Cuando los pulsos se ajustaban a igualdad, tenían una altura de 1500 mV. La fig. 5 muestra la variación del conteo en función de la relación de las alturas de pulsos. Se ve que los pulsos coincidentes se eliminan correctamente para una gama grande de valores de esta relación; desde luego esta gama depende del umbral de aceptación del contador, en este caso 60% de la altura de los pulsos en igualdad, pero no es difícil bajar la sensibilidad del paso de entrada del escalador hasta que esta gama sea adecuadamente grande.

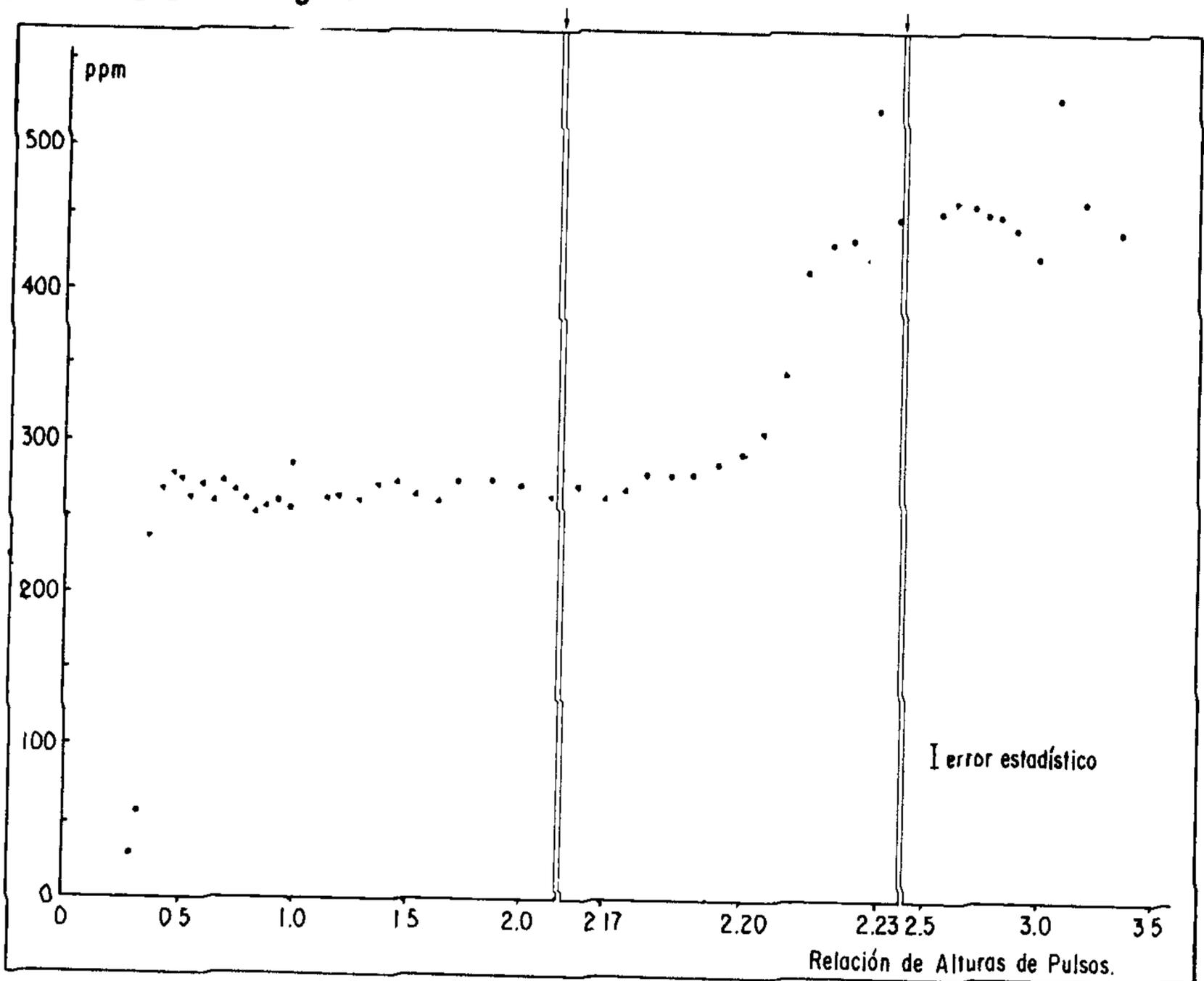


fig. 5

La estabilidad se comprobó también efectuando conteos de larga duración con varias disposiciones de detectores. De estos conteos se puede citar la serie llevada a cabo con un detector tipo Libby para la muestra y una coraza de 13 detectores Geiger tipo GCIK conectados en paralelo para formar una protección en anticoincidencia. Sin la anticoincidencia, el detector de muestra tiene un fondo del orden de 300 pulsos por minuto. Con la anticoincidencia, se observaron los siguientes fondos en tres fechas diferentes:

fecha	duración del conteo minutos	conteo pulsos por minuto
10.10.63	20	8.35 ± 0.65
"	50	9.46 ± 0.43
"	45	8.91 ± 0.44
11.10.63	125	9.27 ± 0.27
"	165	9.54 ± 0.24
17. 1.64	126	8.75 ± 0.26
"	60	7.90 ± 0.36

III

Se ha mostrado que en conteos de baja actividad con contadores 4π compuestos de dos detectores 2π se obtiene una reducción del fondo si los pulsos coincidentes en ambas mitades se eliminan, contándose solamente los pulsos provenientes de un solo detector (Alba 1959, Brody 1963). Un circuito que realiza esta "anticoincidencia mutua" se puede lograr si a la salida del circuito de la fig. 4, en vez de un amplificador, se conecta un circuito que invierte la fase de los pulsos positivos. El circuito de la fig. 6 logra este propósito. La resisten-

cia R , junto con los diodos D_1 y D_2 , permite como antes ajustar la compensación de los pulsos que vienen de los dos detectores. La red compuesta de una resistencia y de los diodos D_3 y D_4 , entre las placas de los triodos, elimina los pulsos positivos y ajusta todos los pulsos a igual altura.

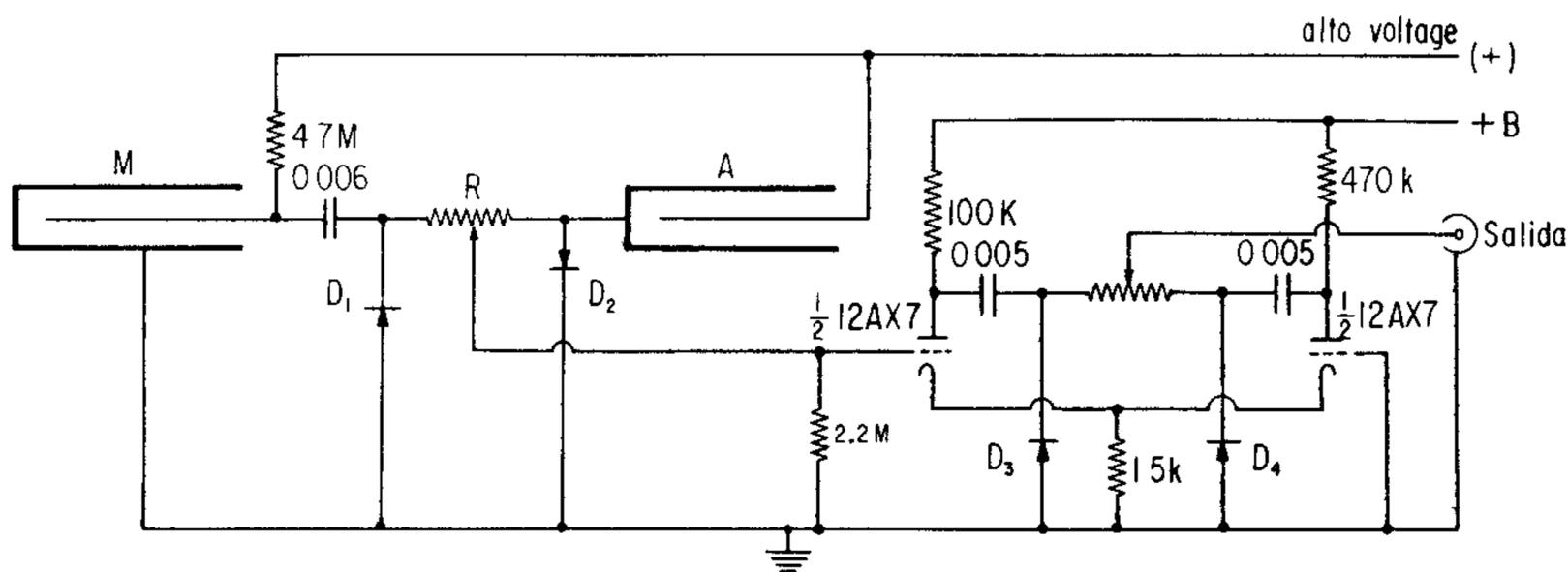


Fig. 6.

Para mayor facilidad en las mediciones, el circuito se incorporó con el de la fig. 4; un conmutador de oblea permitía contar los pulsos del detector M solamente; los de M, con A produciendo anticoincidencias; los de ambos contadores en anticoincidencia mutua; los de A, con M produciendo anticoincidencias; y finalmente los de A solamente. Llamando los conteos por minuto correspondientes n_1 , n_{1a} , n_m , n_{2a} , n_2 , respectivamente, y n_c el número de pulsos en coincidencia de ambos detectores, se tiene que

$$n_1 = n_{1a} + n_c \quad n_2 = n_{2a} + n_c \quad (1)$$

$$n_m = n_{1a} + n_{2a} \quad (2)$$

Estas ecuaciones sirven para verificar el buen funcionamiento del circuito y de los detectores. Por ejemplo, en una serie de conteos de fondo, efectuados

con dos tubos GC1K sin caraza, se obtuvieron los siguientes valores:

$$n_1 = 422.0 \pm 8.4 \text{ cpm}$$

$$n_{1a} = 265.8 \pm 7.3 \text{ "}$$

$$n_m = 669.5 \pm 12.9 \text{ "}$$

$$n_{2a} = 402.7 \pm 8.2 \text{ "}$$

$$n_2 = 556.8 \pm 10.6 \text{ "}$$

La ecuación (2) indica que el valor de n_m debe ser 670.6 ± 11.0 , mientras las ecuaciones (1) dan 156.2 ± 11.1 y 153.3 ± 8.2 cpm para n_c , en buena concordancia.

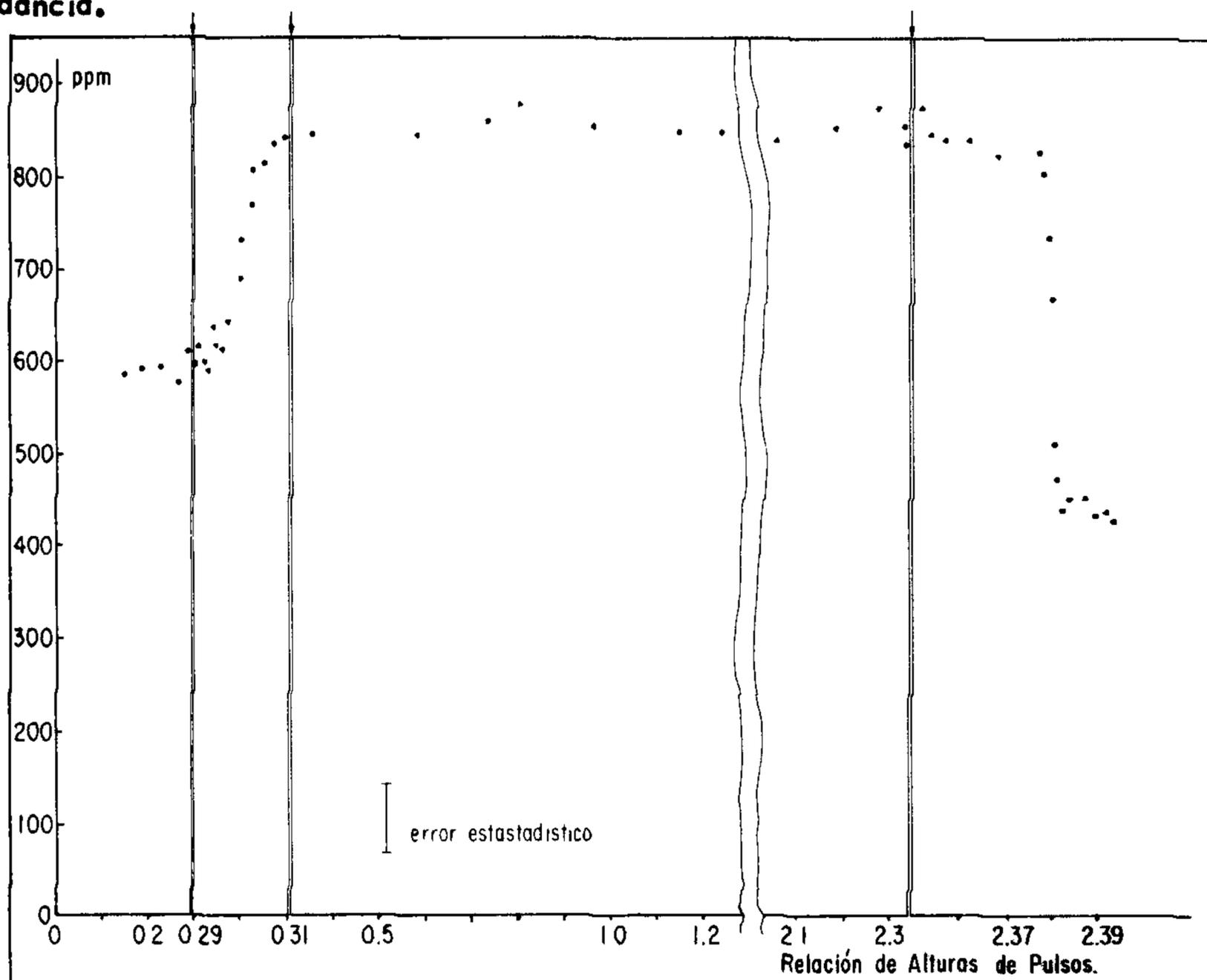


fig. 7

La estabilidad del conteo de anticoincidencia mutua se confirmó por un método análogo al descrito en la sección anterior. Los resultados se ven graficados en la fig. 7. Para esta serie de mediciones, los pulsos de los detectores tenían una altura de 1500 mV cuando se habían ajustado a igualdad, mientras pulsos menores de 900 mV se rechazaban en la entrada del contador. La consecuencia de este nivel relativamente alto de discriminación fué que sobre una gama muy larga de relaciones de alturas de pulsos, desde 0.3 hasta 2.9, el circuito funcionaba correctamente en anticoincidencia mutua. Fuera de estos límites se contaban sólo los pulsos de uno de los dos detectores.

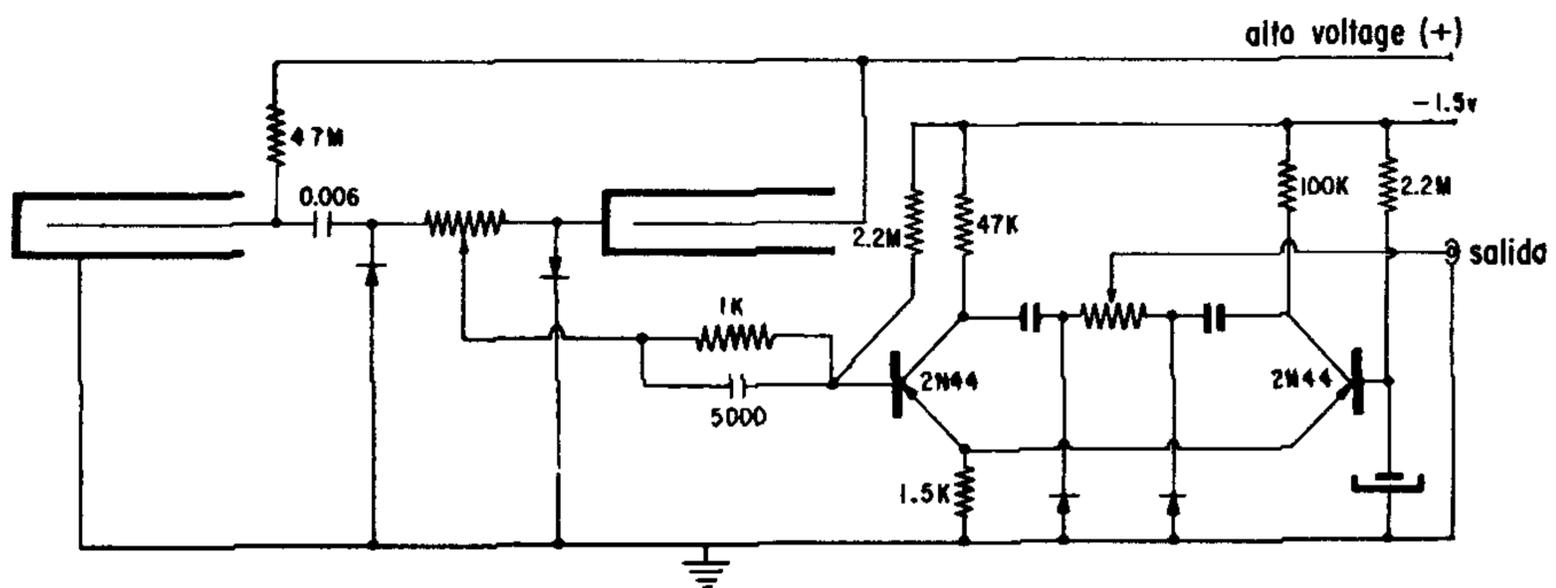


fig. 8

En vista de los buenos resultados obtenidos con el circuito de la fig. 6, se diseñó una versión transistorizada, fig. 8, la cual tiene la ventaja de poder conectarse directamente a los escaladores comerciales*. Este circuito también ha resultado muy satisfactorio, arrojando resultados casi idénticos a los obtenidos con el circuito de tubos de vacío.

* P. ej. se ha usado con los escaladores producidos por el Laboratorio Taller de Construcción de Equipo del Programa de Educación y Capacitación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, México.

IV

Los circuitos descritos muestran una ventaja que hasta ahora no se ha explotado: contienen solamente unos cuantos elementos que son todos de tamaño pequeño. Se prestan pues para uso en contadores portátiles e incluso sería factible su miniaturización para que se puedan emplear en el espacio extraterrestre.

Otra posibilidad que ofrecen es su empleo con detectores proporcionales. Si se necesita una discriminación respecto a las alturas de los pulsos, es posible conectar en paralelo un analizador de alturas de pulsos y utilizar la salida del circuito de anticoincidencia para actuar una compuerta ("gate") de la manera convencional.

Cabe mencionar que un principio análogo al descrito en el presente trabajo se puede emplear para construir un circuito de coincidencia. En un trabajo futuro se explorará esta posibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer varias discusiones y críticas recibidas en el curso del trabajo; en particular cabe señalar la ayuda del Fis. Augusto Moreno M., del Ing. Manuel Diego y del Dr. Alonso Fernández G.

REFERENCIAS

- Alba A., F., T.A. Brody e J. Castro, *Rev. Mex. Fis.* 8, 117 (1959)
Brody, T.A., y J. Calvillo, *Rev. Mex. Fis.* 12, 139 (1963)

Esta página está intencionalmente en blanco