

Estudio y empleo de circuitos integrados en prácticas de laboratorio de física

F. Gilart y L. Molina, Dpto. Física General y Teórica. Facultad Física-Matemática, Universidad de Oriente

Yu. V. Bogachov y A.S. Serdiuk, Instituto Electrotécnico de Leningrado

RESUMEN

Se analizan las cuestiones relacionadas con el estudio y el empleo de los circuitos integrados en las prácticas de laboratorio de Física. Se discute la realización práctica de los circuitos electrónicos de una serie de trabajos de laboratorio sobre la base de amplificadores operacionales.

INTRODUCCIÓN

Un programa de prácticas de laboratorio moderno debe basarse en el empleo de los últimos logros de la radioelectrónica, entre los cuales se encuentran los microcircuitos integrados. Los circuitos integrados lógicos y analógicos constituyen la base elemental fundamental de los dispositivos de cálculo, medición, telemetría y comunicación modernos de los bloques de la técnica de pulsos de alimentación y automatización de los aparatos radioelectrónicos domésticos, etcétera. Por esta razón el estudio de tales circuitos, de sus propiedades, particularidades funcionales constituye en la actualidad un elemento indispensable del conjunto de prácticas de laboratorio para la asignatura de electrónica.

DESARROLLO:

Hemos propuesto y en los laboratorios de Física de la Facultad de Física Matemática de la Universidad de Oriente se realizan las siguientes direcciones fundamentales para el estudio y la utilización de los microcircuitos integrados (MCI):

1. Estudio de los MCI en las prácticas de laboratorio de electrónica.
2. Utilización de los MCI en los circuitos electrónicos de las maquetas de laboratorio de las prácticas de electromagnetismo.
3. Utilización de los MCI en dispositivos analógicos operacionales para el modelado de unas series de fenómenos físicos.

En el trabajo de laboratorio "Estudio de los MCI", para la asignatura de electrónica se hace una introducción teórica donde el estudiante se familiariza con la clasificación, simbología, parámetros, destino y posibilidades funcionales de los MCI, estudia con el ejemplo de algunos amplificadores operacionales (AO) sus circuitos internos de funcionamiento, sus características, esquemas de conexión, así como la utilización de los AO en la generación y la amplificación de señales, en la realización de una serie de operaciones matemáticas y la medición de algunas magnitudes eléctricas y físicas. En la parte experimental de este trabajo los estudiantes montan el panel de conmutación de la maqueta (constituida por elementos separados como resistencias y condensadores de diferentes valores, amplificadores operacionales, fuentes de alimentación), utilizando cables de conexión, diversos esquemas de AO-generadores de oscilaciones armónicas, de pulsos rectangulares y triangulares, circuitos integradores, diferenciadores, sumadores y multiplicadores de señales. Con los circuitos montados los estudiantes realizan las siguientes observaciones:

- a) Multiplicación por un coeficiente constante. Aquí conectan al AO las resistencias R_0 y R_1 en calidad de Z_0 y Z_1 (figura 1a) obteniendo así un circuito multiplicador de señales. A la entrada del multiplicador conecta un generador de oscilaciones armónicas en calidad de generador de señales y a la salida conectan un osciloscopio electrónico. Midiendo la amplitud de la señal en la pantalla del osciloscopio para diferentes relaciones de R_0/R_1 se comprueba el correcto funcionamiento del circuito, es decir, se determina el coeficiente de multiplicación.
- b) Integración. A la salida del AO se conecta el osciloscopio y a la entrada un generador de pulsos rectangulares en calidad de generador de señales (figura 1a). Se conectan R_0 y R_1 en calidad de Z_0 y Z_1 y se observan los pulsos rectangulares en la pantalla del osciloscopio (régimen de multiplicación). Cambiando R_0 por C_0 , observan a la pantalla el efecto de la integración. Repiten el mismo procedimiento para pulsos triangulares conectando a la entrada circuito un generador de pulsos triangulares.

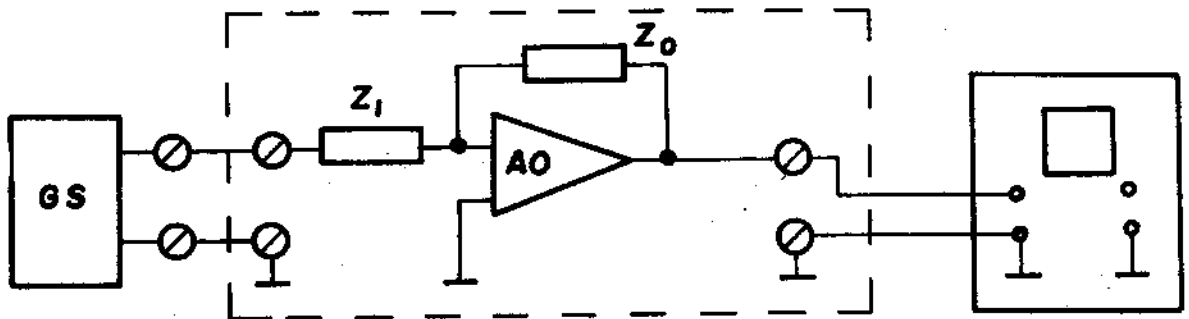


Fig. 1a

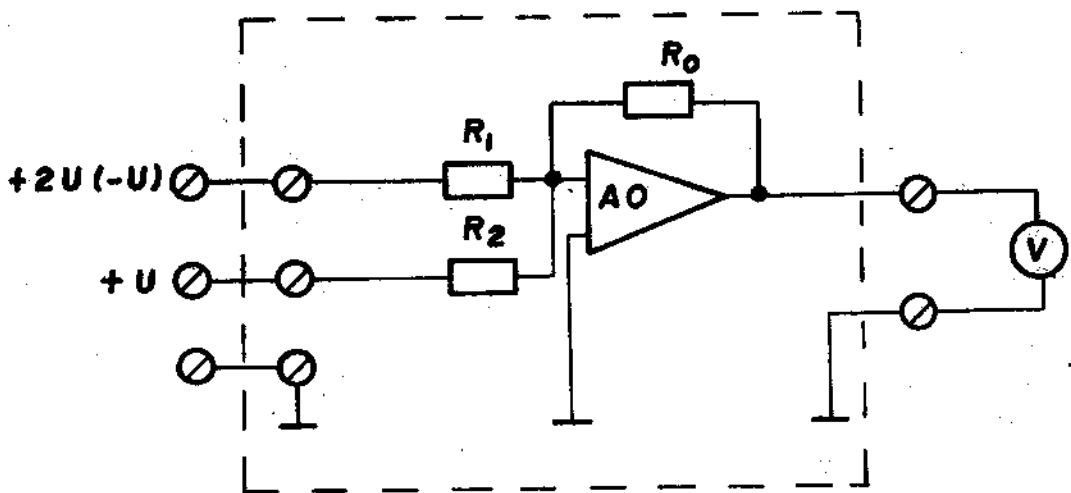


Fig. 1b

c) Diferenciación. Habiendo conectado el osciloscopio a la salida del AO se aplican a la entrada oscilaciones triangulares de un generador de pulsos (figura 1a). Conectando la resistencia R_0 en calidad de Z_0 y R_1 en calidad de Z_1 se registran en la pantalla los pulsos triangulares. Cambiando R_1 por C_1 se observa el efecto de la diferenciación.

d) Suma. A las entradas R_1 y R_2 del sumador sobre la base del AO (figura 1b) se conectan las fuentes de tensión $+U$ y $+2U$ y luego $+U$ y $-U$. Midiendo con un voltímetro a la salida del sumador la tensión de salida se comprueba el correcto funcionamiento del esquema.

La utilización de los MCI en los circuitos electrónicos de las maquetas de laboratorio de las prácticas de electromagnetismo se fundamentan en las posibilidades del uso de los AO para la medición de algunas magnitudes eléctricas y físicas, por ejemplo la corriente y la carga. El empleo de los AO para medición de la carga eléctrica es la base del circuito electrónico de la instalación de laboratorio para la medición del campo magnético de la Tierra (figura 2), realizado por nosotros en la Facultad de Física Matemática de la Universidad de Oriente. La bobina de medición de inductancia L

va conectada a la entrada del amplificador operacional cuya red de realimentación está formada por el condensador C. Al girar la bobina alrededor de los ejes horizontal o vertical aparece una f.e.m. inducida E y una corriente inducida $i = E/R = \frac{N}{R} \frac{d\phi}{dt}$: donde N es el número de espiras de la bobina; ϕ el flujo magnético del campo terrestre abarcado por una espira y R es la resistencia de la bobina. Como toda la corriente pasa a través del condensador C (el circuito de entrada del AO no consume corriente), en el mismo se acumula una carga $Q = \int i dt$. La variación correspondiente de la tensión en el condensador (es decir, a la salida del AO) será $\Delta U = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \cdot \int i dt$; sustituyendo en esta expresión el valor de la corriente planteado anteriormente $\Delta U = \frac{N}{RC} \Delta\phi$. Aquí $\Delta\phi$ es la diferencia de valores del flujo magnético abarcado por la espira en las posiciones inicial y final. Como estas posiciones se diferencian en la orientación opuesta de la espira se tendrá $|\Delta\phi| = 2 B \bar{S}$, donde \bar{S} es el área media de la espira. En consecuencia $\Delta U = \frac{2N \cdot B \bar{S}}{RC}$, de donde conociendo N, \bar{S} , R, C y midiendo el salto de la tensión ΔU , se puede calcular $B = \frac{RC \Delta U}{2N \bar{S}}$. Haciendo girar el cuadro de la bobina alrededor de los ejes horizontal o vertical se determinan correspondientemente las componentes vertical B_y o la horizontal B_x del campo magnético terrestre en el lugar del experimento.

De forma análoga se puede montar un circuito sobre la base de un AO para la medición de la carga en el trabajo de laboratorio dedicado a la medición de la densidad superficial de carga de un electreto.

El esquema de medición es análogo al expuesto en la figura 2, sólo que en lugar de la inductancia L se conecta un condensador entre cuyas placas se coloca el electreto.

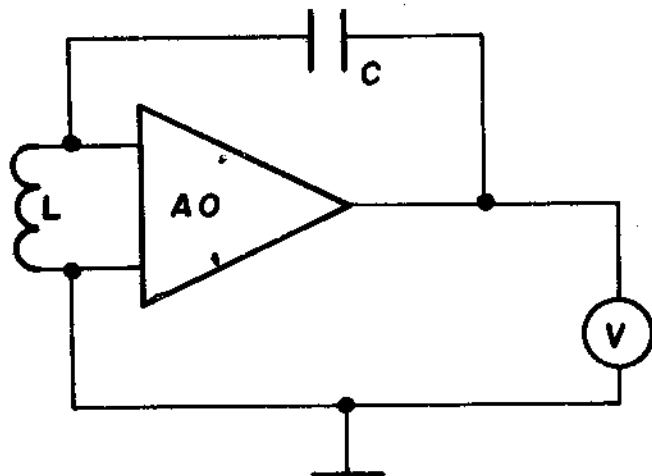


Fig. 2

El empleo de los AO para la medición de la corriente puede ser la base del circuito electrónico del trabajo de laboratorio dedicado al estudio de la transición electrón-hueco. Para medir la característica voltampérica se hace uso del circuito representado en la figura 3. El diodo investigado D se conecta en la red de realimentación del amplificador operacional. Como el potencial de los puntos a y b es igual a cero, la tensión U en el diodo será igual a la tensión de salida del AO, medida con ayuda del voltímetro V.

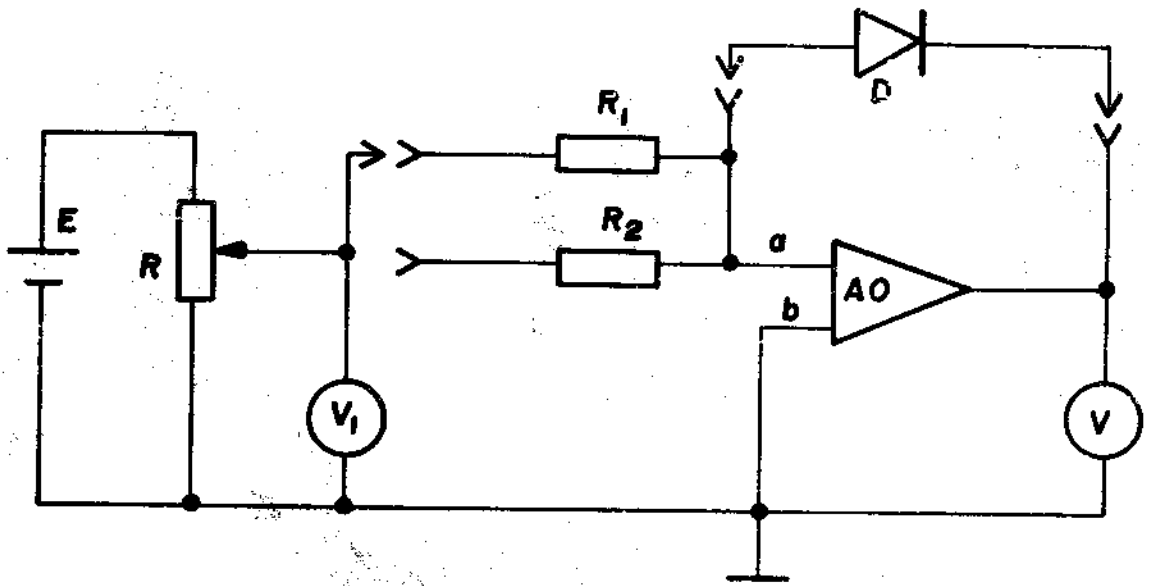


Fig. 3

La corriente I que pasa a través del diodo es igual a la corriente que pasa por la resistencia (R_1 o R_2) conectada en serie con él debido a que el circuito de entrada del AO no consume corriente. Esta corriente I es fácil de determinar midiendo la tensión U_1 (con el voltímetro V_1) aplicada a los resistores R_1 (o R_2) por la fuente E a través del potenciómetro R : $I=U_1/R_1$ (o $I=U_1/R_2$ si está conectado R_2). El resistor R_1 (de menor resistencia que R_2) se conecta para las mediciones de la corriente en polarización directa (conexión de conducción del diodo), mientras que el R_2 para las mediciones de la misma en polarización inversa.

La utilización de los MCI en los dispositivos analógico-operacionales, modeladores de unas series de fenómenos físicos, se fundamenta en las posibilidades que brindan los circuitos montados sobre la base de AO de realizar operaciones matemáticas tales como la suma, resta, diferenciación, integración, logaritmización y otras. Nosotros hemos elaborado y construido circuitos electrónicos sobre la base de AO para prácticas de laboratorio dedicadas al modelado del movimiento del electrón en campos eléctricos y magnéticos cruzados y al modelado del movimiento del mismo en un pozo de potenc.unidimenc. de altura-ancho variable.