

Trabajo práctico N°3: Sistema de testeo para cadena Geiger-Müller

Electrónica aplicada a la energía nuclear

Autores: Pfirter, Federico. Clerici, Alan.

Introducción	1
Alcance	1
Diseño	2
Elección de componentes	2
Cálculos	2
Amplificador Operacional	2
Display	3
Fuente de alimentación	3
Circuito final	4
Conclusiones	4

Introducción

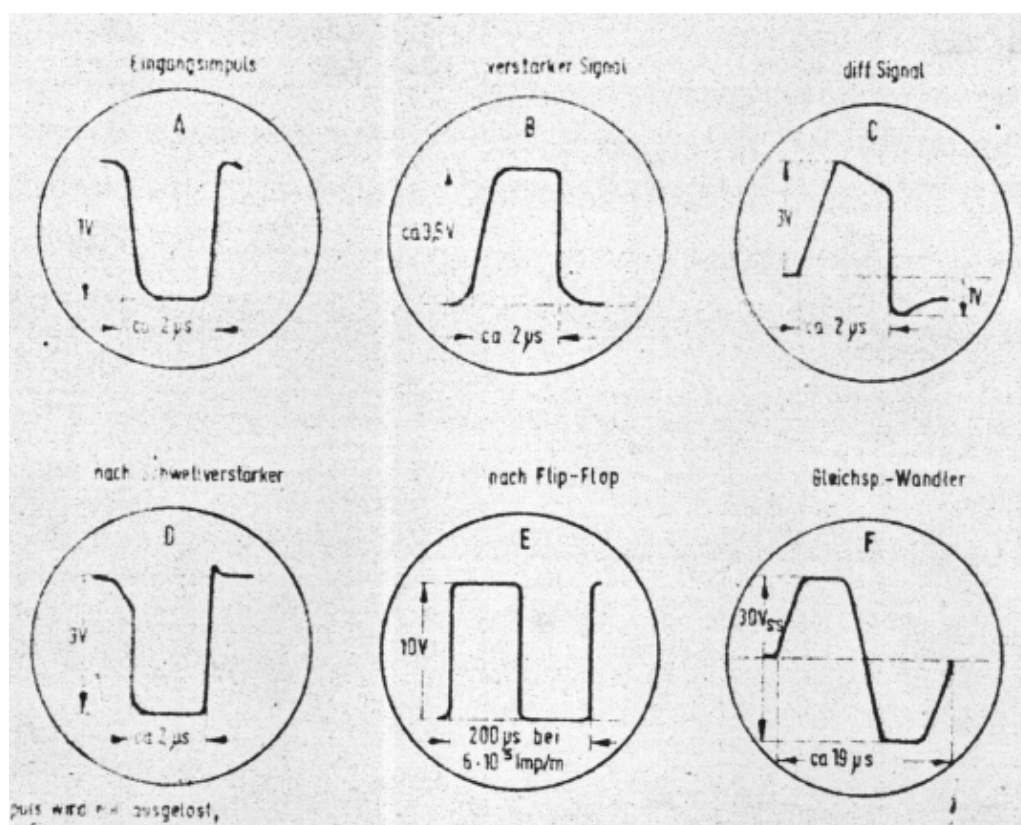
La consigna de este trabajo práctico consiste en el diseño de un sistema electrónico que teste el funcionamiento de una cadena Geiger-Müller. Este sistema emulará los pulsos eléctricos que genera el detector y los inyectará en el circuito integrador de la cadena, simulando los pulsos generados por radiación.

Alcance

El sistema debe cumplir con los siguientes ítems:

- Debe poder generar pulsos de tensión variables en amplitud y frecuencia. Tensiones entre 3,3V y 10V, siendo 10V la tensión nominal de la cadena a testear. Y frecuencias entre 1Hz y 5000Hz.
- La salida de señal debe ser de baja impedancia.
- Debe contar con controles de frecuencia y tensión accesibles por el operador.
- Debe contar con un display que permita ver la frecuencia de trabajo en tiempo real.
- La alimentación del sistema debe ser 220Vac.

Algunos de estos ítems fueron definidos observando el circuito de la cadena GM. La señal a generar corresponde a la imagen "E".



Recorte del esquemático correspondiente a la cadena GM

Diseño

Elección de componentes

Después de analizar los manuales y circuitos provistos por la cátedra y definido el alcance del proyecto, se decidió basar el sistema en el microcontrolador Raspberry Pi Pico 2040. Este se eligió por ser barato, de buena disponibilidad en el mercado y fácil de programar gracias a hacer uso de una versión simplificada del lenguaje Python.

De esta forma, los pulsos serán generados con el timer interno que posee.

Debido a que la frecuencia mínima del timer del microcontrolador es de 10Hz, se utilizará un circuito integrado 4017 para dividir la frecuencia de salida por 10 unidades.

Para realizar el control de la frecuencia se eligió un encoder rotativo Ky-040, económico y de gran disponibilidad.

Como medio para mostrar el valor de frecuencia se decidió usar el display de 7 segmentos y 4 dígitos 5641AH cátodo común, también de amplia disponibilidad en el mercado.

Debido a que el microcontrolador elegido no cuenta con suficiente capacidad de corriente, el cátodo común de cada dígito será conectado a masa a través de un transistor npn. Siendo el BC548 elegido para esta tarea.

Debido a que la tensión de salida del microcontrolador es de 3,3V se decidió usar un amplificador operacional en configuración de amplificador no inversor, utilizando un potenciómetro para variar la tensión de salida entre 3,3V y 10V.

El amplificador operacional elegido es el lm741 debido a su disponibilidad y costo. Este amplificador operacional no requiere ningún tipo de característica especial debido a la muy baja exigencia que deberá soportar.

Cálculos

Amplificador Operacional

Se utilizará una configuración de amplificador no inversor, por lo tanto:

$$Av = \frac{R_1}{R_2} + 1 = 3$$

La corriente de polarización de este AO es del rango de los 100nA, por lo tanto se propone una corriente de divisor 2 órdenes de magnitud más grande.

$$I_{div} = \frac{V_o}{R_{total}} \approx 10\mu A$$

Se propone una R1=100k (variable) un R2=47k. Cumpliendo con los criterios de diseño.

Display

Se elige una corriente de 5mA como corriente que circulará a través de cada led del display, suficiente para que el diodo sea claramente visible. De esta forma:

$$R_{led} = \frac{V_{micro} - V_{led}}{I_{led}} = 260\Omega \approx 220\Omega$$

La corriente máxima por dígito será de aproximadamente 50mA en el peor de los casos. El transistor BC548 tiene un HFE mínimo de 100, por lo tanto.

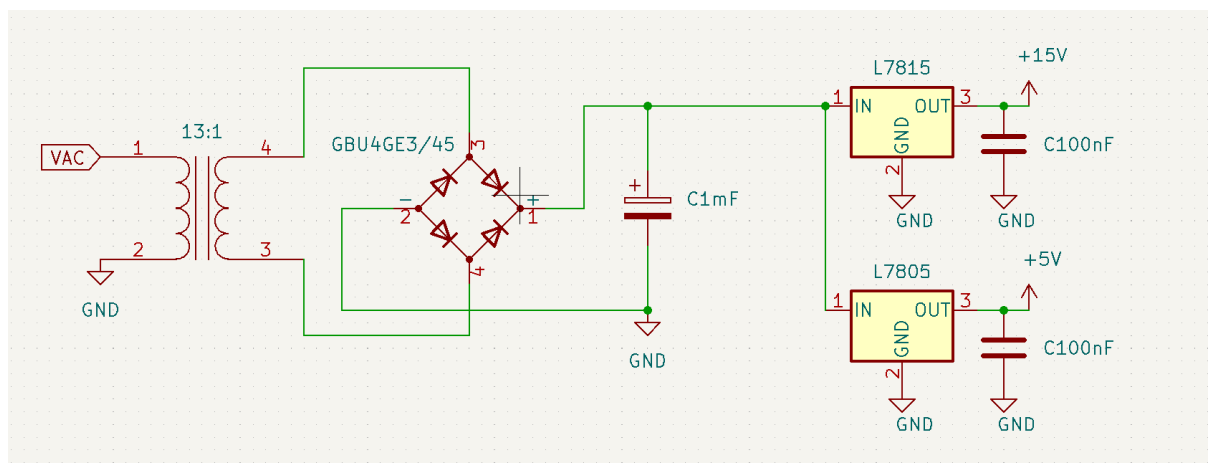
$$I_{base} = \frac{I_{colector}}{hFE} = 500\mu A$$

Esta es la mínima corriente de base para asegurar la saturación del transistor. Por lo tanto.

$$R_{base} \leq \frac{V_{micro} - V_{BE}}{I_{base}} = 5200\Omega$$

Elegimos una resistencia de 3900ohm para asegurarnos de estar lejos del límite.

Fuente de alimentación

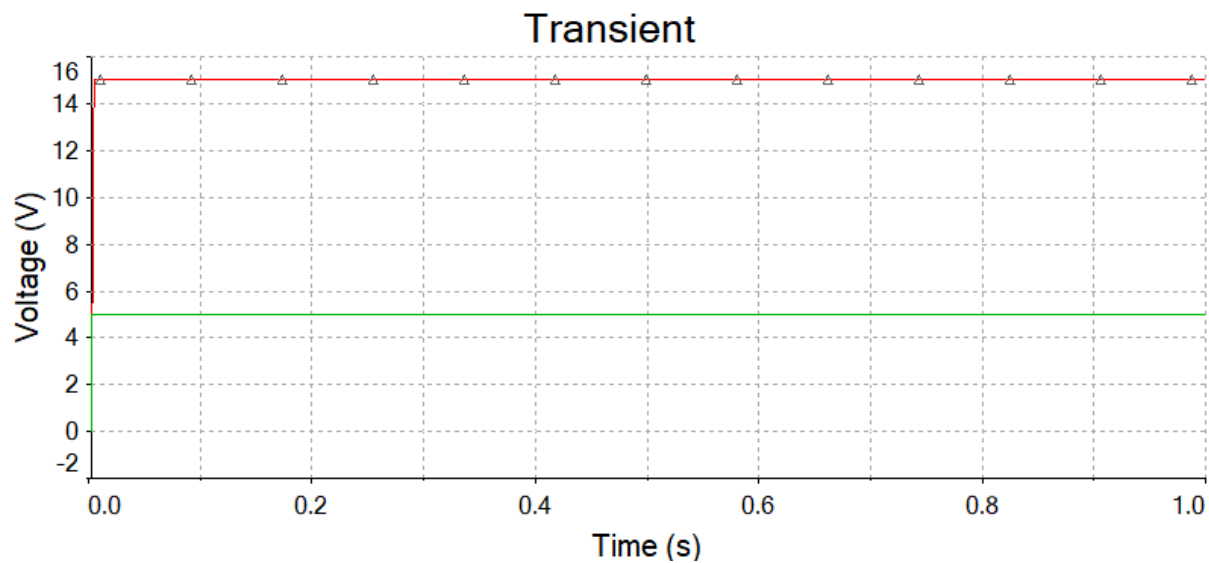


Para la fuente de alimentación se plantea el circuito de la figura, el cual consta de un puente de diodos que soportan 4A y dos reguladores de tensión confiables y de bajo costo, los cuales se encargan de entregar las tensiones necesarias para el funcionamiento de los diferentes componentes del circuito.

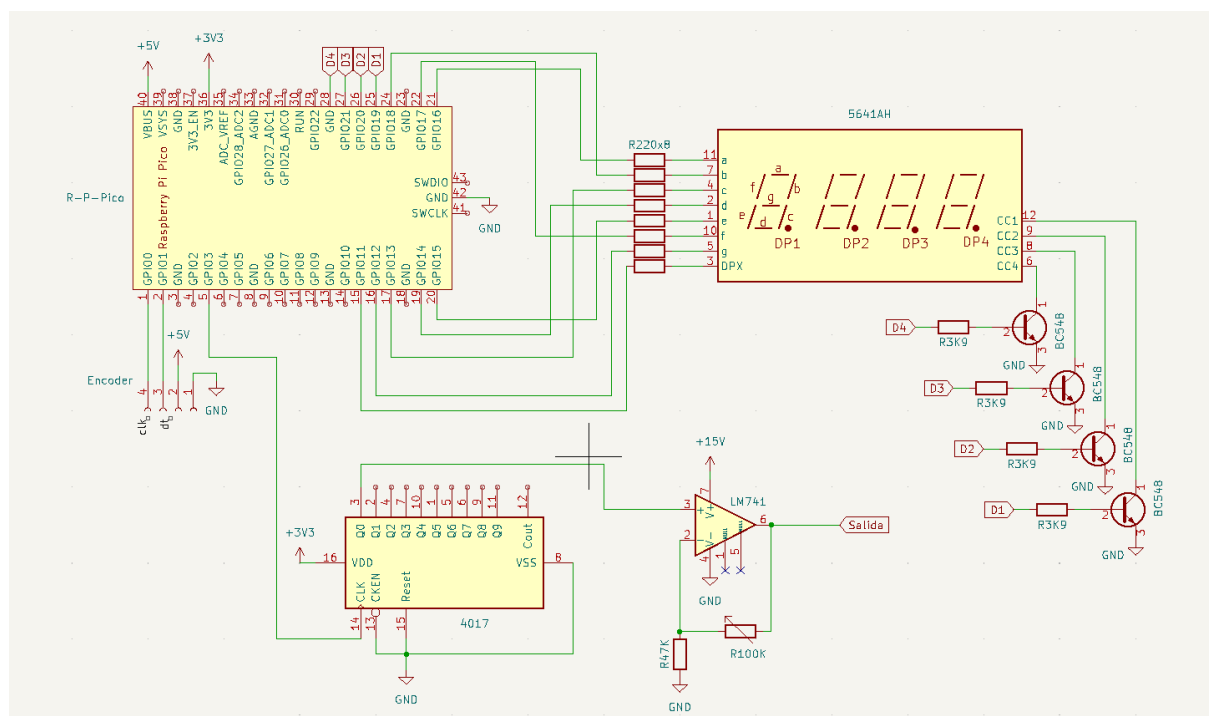
Tanto el capacitor de filtrado como el de salida, son los aconsejados por el fabricante de dichos reguladores.

Esta fuente nos entrega dos tensiones reguladas de 15V y 5V, con una corriente máxima de 1,5A, la cual es suficiente para el consumo de nuestro circuito, el cual es como máximo de 100mA.

En la siguiente gráfica, podemos observar la evolución temporal de estas tensiones.



Circuito final



Conclusiones

Se logró el armado de un prototipo del sistema y fue testeado con éxito. Se realizaron mediciones de frecuencia sobre la salida obteniendo resultados muy satisfactorios. Debido al uso del microcontrolador se logran valores de frecuencia muy precisos. El proceso de diseño y armado transcurrió sin dificultades destacables ya que encontramos disponibilidad de todos los componentes.

En lo que respecta a la programación, el proceso fue sencillo debido a la gran comunidad de programadores trabajando sobre el microcontrolador elegido y por lo tanto, mucha información disponible.

La siguiente imagen corresponde al testeo de la salida.

