

Practice 1: PMT Signal Conditioning Circuit

Introduction to Measurement Systems

Pablo Ruales

Un fotomultiplicador (PMT) detecta la emisión de partículas con baja intensidad, lo que les hace muy útiles en la física de partículas. En este trabajo, se simula el funcionamiento de un PMT en el programa LTSpice, reproduciendo una señal como la que existiría al pasar una partícula por un tanque Cerenkov, por ejemplo. Se podrá ver que un circuito con amplificadores operacionales puede amplificar la señal lo suficiente para que un circuito detector de picos logre identificar a una partícula que atravesase el sistema.

■ **Introducción**

Esta práctica trata de simular un evento en el que una partícula es detectada por un PMT, para esto se utilizó el programa LTSpice. Primero, se genera la señal de entrada por medio de una fuente de voltaje exponencial, esta señal se puede amplificar con un circuito de amplificación con OpAmp's. Este paso nos ayuda a que las señales puedan ser identificadas por un circuito detector de picos. Se podrá observar que el ancho de la señal (en tiempo) debe ser lo suficiente para que el circuito funcione, caso contrario, es necesario ajustar los componentes del mismo para que pueda detectar señales diferentes.

■ Simulación

□ Pulso inicial

Se utiliza una fuente de voltaje exponencial para generar el pulso inicial, con las siguientes características:

Independent Voltage Source - V3

Functions

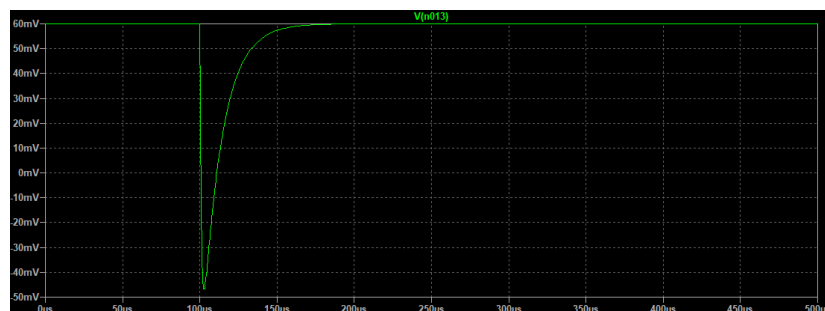
☐ (none)
☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
☐ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
☒ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)
☐ PWL FILE: Browse

Vinitial[V]:	60m
Vpulsed[V]:	-85m
Rise Delay[s]:	0.1m
Rise Tau[s]:	0.001m
Fall Delay[s]:	0
Fall Tau[s]:	0.0125m

Additional PWL Points

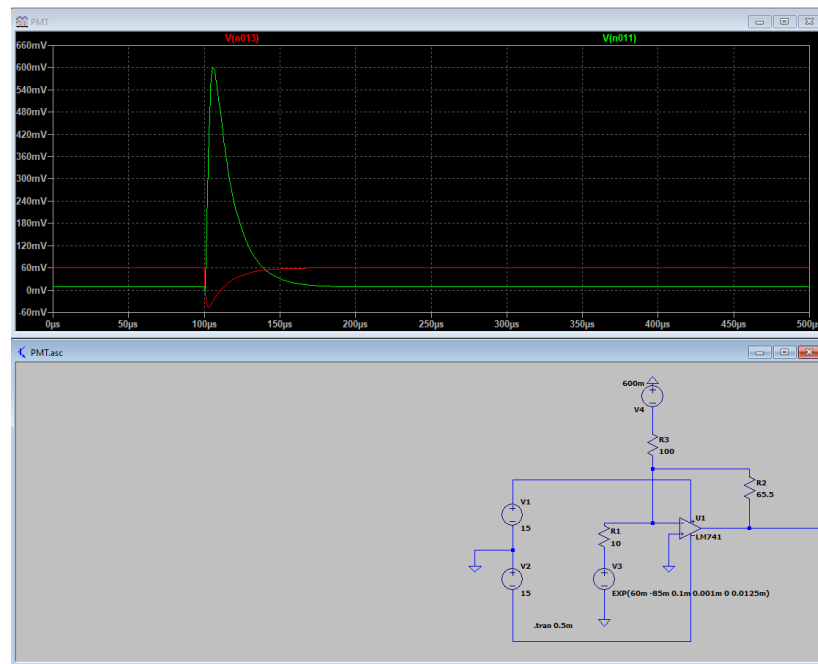
Make this information visible on schematic: ☒

Resultando en la siguiente señal:



□ Amplificador de señales

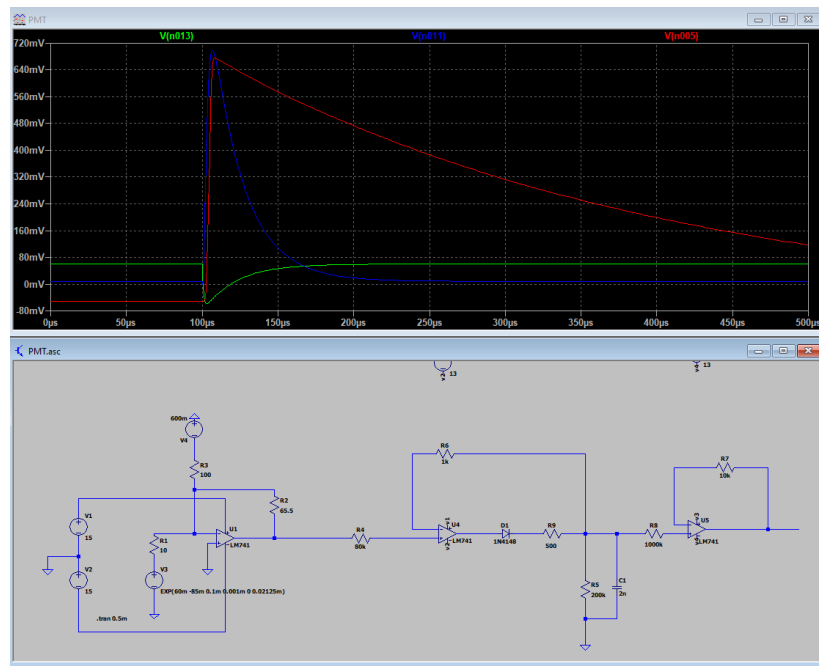
En este paso se utiliza un circuito amplificador invertiente, utilizando un OpAmp LM741 (éste tuvo que ser importado manualmente al programa):



Donde la señal roja es el pulso inicial y la señal verde es la amplificación, ésta se amplifica en 1 orden de magnitud.

□ **Detector de picos**

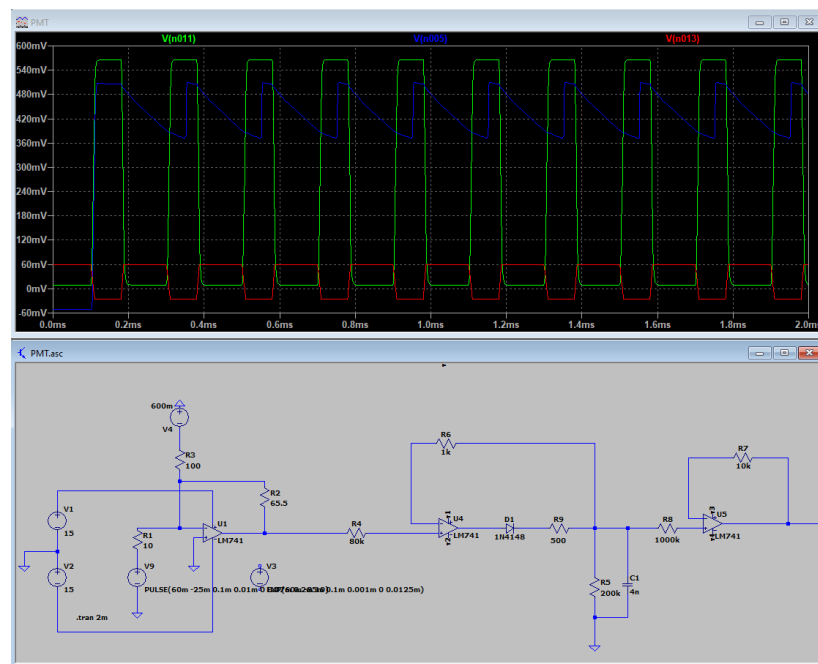
El último paso es el diseño de un detector de picos a dos etapas, donde se utiliza un diodo 1N4148 para evitar una caída de voltaje, OpAmp's LM741 y un capacitor de 2 nF.



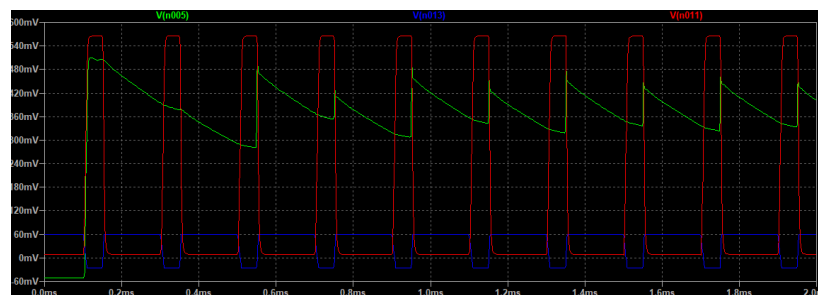
Donde la señal verde es el pulso inicial, la señal azul es la amplificación y la roja es la detección del pico dado por el pulso amplificado. Se puede observar que al existir solamente un pico, el capacitor se descarga poco a poco, en caso de encontrar otro pico, este se cargará nuevamente y podrá registrar nuevas señales que puedan darse debido al paso de partículas.

□ Detector de picos con un pulso periódico

Ahora, probaremos el circuito con un pulso periódico, debido a las limitaciones del programa, se utilizó la función correspondiente a una fuente de voltaje activada por tiempos similares a la de la señal original. Si bien este modelo no se asemeja de manera precisa a lo que sucedería si varias partículas entrarían al sistema, es práctico para probar el funcionamiento del circuito.



Se puede observar como la señal del detector de picos (azul) baja desde el primer pico, y vuelve a subir en los picos siguientes. De esta manera, una señal de partículas podría ser detectada. Es importante notar que la señal de entrada debe estar abierta por no menos de 0.05ms para que este circuito funcione, caso contrario, hay fallas en encontrar algunos picos.



En esta imagen se puede ver que el detector tiene problemas en detectar una señal que ha estado prendida por 0.04ms. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, este problema puede ser corregido al cambiar ciertos elementos del circuito, en este caso, la detección se puede arreglar al aumentar la capacitancia del capacitor.

■ Conclusiones

Este trabajo fue puramente teórico, simulando el circuito descrito anteriormente para obtener una correcta amplificación de señal y una detección de la misma. Evidentemente, el circuito no es perfecto, puede ser mejorado con el uso de potenciómetros y

capacitores variables, esto mejoraría el rango de detección y podría aumentar la probabilidad de medir partículas que entren al sistema. Es importante considerar que al cambiar cualquier elemento en el sistema, los valores de resistencias pueden variar también y seguramente se pueden encontrar OpAmp's y diodos más adecuados. Este circuito puede ser implementado junto con sensores que capturen los potenciales correspondientes a una partícula de alta energía.

■ References

- [1] Ducu, D. (2011). Op Amp Rectifiers, Peak Detectors and Clamps (Tech. No. AN1353). Microchip Technology.
- [2] Axani, S. N. and Conrad, J. M. and Kirby, C. .The desktop muon detector: A simple, physics-motivated machine- and electronics-shop project for university students (Vol. 85, Publication). (2017). American Association of Physics Teachers. doi:10.1119/1.5003806