

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Proyecto No. 1

Simulación De Comportamiento De Un Tubo De Rayo Catódicos (CRT)

Fernando José Garavito Ovando, #18071

Luis Pedro Gonzalez Aldana #20008

Guatemala, miércoles 6 de octubre de 2021

Sumario

Con este proyecto se buscó mediante una simulación programada, graficar figuras de Lissajous las cuales se le aplican un voltaje sinusoidal. Además de manipular en el programa voltaje de aceleración de los electrones, voltaje de placas de deflexión verticales, voltaje de placas de deflexión horizontales, botón de cambio de modo, control de la señal sinusoidal y el tiempo de latencia de un punto en pantalla. Para ello, se realizó un programa en Python el cual es capaz de mostrar la pantalla resultante según se establezca una función sinusoidal o la manipulación de los voltajes de cada una de los pares de placas. Finalmente, se concluyó que la simulación es posible, aunque el lenguaje Python no fue el más apto para establecer el factor de continuidad.

Objetivos

1. Entender a profundidad el funcionamiento de un tubo de rayos catódicos controlado por placas.
2. Elaborar una simulación que muestra el movimiento de electrones dentro de un tubo de rayos catódicos con fines didácticos.
3. Poner a prueba el sistema simulado alimentando las dos señales de entrada con funciones sinusoidales controlables por el usuario y que como resultado se vea en la simulación las Figuras de Lissajous y que se asemejen a lo que predice la teoría al respecto.

Ecuaciones

Ecuación 1: Posición en eje x, según la influencia por el voltaje entre placas verticales y el resto del recorrido hasta la pantalla

Donde...

- ✓ q es la carga del rayo
- ✓ V_1 es el voltaje entre las placas verticales
- ✓ m es la masa del rayo
- ✓ t_1 es el tiempo que pasa, atravesando las placas verticales
- ✓ V_x es la velocidad al salir de las placas verticales
- ✓ t_2 es el tiempo que pasa entre pasar por las placas verticales hasta que llega hasta las placas horizontales
- ✓ t_3 es el tiempo que pasa entre las placas horizontales

- ✓ t_4 es el tiempo que pasa entre salir de las placas horizontales hasta llegar a la pantalla
- ✓ x_f posición x del rayo en la pantalla
- ✓ d_p distancia entre placas verticales

$$x_f = \frac{|q|V_1}{2md_p} t_1^2 + V_x(t_2 + t_3 + t_4)$$

Ecuación 2: Posición en eje y, según la influencia por el voltaje entre placas horizontales y el resto del recorrido hasta la pantalla

Donde...

- ✓ q es la carga del rayo
- ✓ V_2 es el voltaje entre las placas horizontales
- ✓ m es la masa del rayo
- ✓ V_y es la velocidad al salir de las placas verticales
- ✓ t_3 es el tiempo que pasa entre las placas horizontales
- ✓ t_4 es el tiempo que pasa entre salir de las placas horizontales hasta llegar a la pantalla
- ✓ y_f posición y del rayo en la pantalla
- ✓ d_p distancia entre placas horizontales

$$y_f = \frac{|q|V_2}{2md_p} t_3^2 + V_y t_4$$

Material

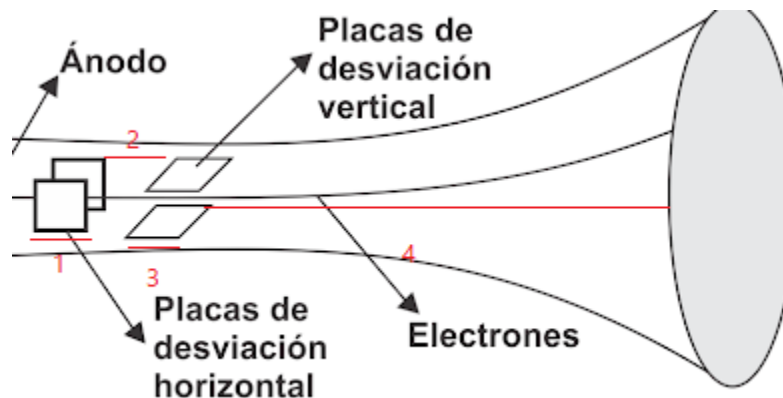
Para este proyecto utilizamos el lenguaje de programación *python* y como entorno de desarrollo *PyCharm*. Cabe mencionar que para Python utilizamos las siguientes librerías:

- ✓ Math
- ✓ Time
- ✓ Numpy
- ✓ Matplotlib
- ✓ Threading



Métodos

Consideramos el siguiente modelo de CRT.



Denotamos de él que podemos dividir como se desvía en 4 fases

1. **Fase 1:** *Mientras pasa a través de las placas verticales*, se mueve a través de un campo eléctrico uniforme, por lo que su movimiento horizontal es acelerado. Sin embargo al salir de este quedará con una velocidad horizontal que persistirá durante todo el trayecto
2. **Fase 2:** *Espacio entre placas verticales y placas horizontales*, el rayo no es influenciado pero la velocidad horizontal causada por las placas verticales persiste (y lo hará hasta llegar a la pantalla).
3. **Fase 3:** *Mientras pasa a través de las placas horizontales*, nuevamente pasa a través de un campo eléctrico, sin embargo, este altera su posición vertical con aceleración constante. Al terminar de pasar por las placas, quedará una velocidad vertical que persistirá por el resto del trayecto. El movimiento en x, persiste a velocidad constante.
4. **Fase 4:** *Espacio entre placas horizontales y pantalla*, la posición es alterada por las velocidades constantes causadas por las placas verticales y horizontales para las posición en x y y, respectivamente.

Además de ello, notar que no se altera la trayectoria sobre el eje z, por lo que el rayo se moverá a velocidad constante en ese eje y será nuestro punto de referencia para saber cuánto tiempo pasará a través de cada una de las fases.

Cálculos y resultados

Valores preestablecidos por experimentador

Cantidad	Valor	Unidades
V_{rayo}	6.5×10^6	m/s
Largo de placas (horizontales y verticales) [L]	0.1	m
Trayecto desde placas verticales hasta horizontales [D]	0.05	m
Trayecto entre placas horizontales hasta pantalla [D_{hp}]	0.2	m
Distancia entre placas (d_v o d_p)	0.1	m

Entre placas verticales (1ra fase) Mov en X

$$t_{fase1} = \frac{L}{V_{rayo}}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

$$F_e = |q| * E = ma$$

$$ma = |q| * E = \frac{|q|V}{d_v}$$

$$a_x = a_y = \frac{|q|V}{md_v}$$

Con dicha aceleración consideramos las ecuaciones de MRUV y obtenemos

Al finalizar fase 1

$$x_f = \frac{|q|V_1}{2md_p} * t^2$$

$$v_x = \frac{|q|V}{md_p} * t$$

Espacio entre placas verticales y placas horizontales (2da fase)

$$t_2 = \frac{D}{V_{rayo}}$$

$$x_f = X_o + V_x t_2$$

Entre placas horizontales (3ra fase) movimiento y, movimiento x

$$t_3 = \frac{L}{V_{rayo}} ; t_3 = t_1$$

$$X_f = X_o + V_x t_3$$

$$Y_f = \frac{|q|V}{2md_v} * t^2$$

$$V_y = \frac{|q|V}{md_v} * t_3$$

De placas horizontales a pantalla

$$y_f = y_o + V_y t_4$$

$$x_f = X_o + V_x t_4$$

Movimiento Total

Eje X:

$$X = \frac{|q|V_1}{2md_p} t_1^2 + V_x t_2 + V_x t_3 + V_x t_4$$

$$x_f = \frac{|q|V_1}{2md_p} t_1^2 + V_x(t_2 + t_3 + t_4)$$

Eje Y

$$y_f = \frac{|q|V_2}{2md_p} t_3^2 + V_y t_4$$

Voltaje Máximo y mínimo

Despejando, utilizando las medidas y el movimiento entre placas descrito:

$$V_{max} = \frac{d_v^2 m}{2|q|t^2} = (0.1)^2 * 9.1 * 10^{19} / 2 * 1.6 * 10^{-19} t^2 = 1.2015 * 10^{14} V$$

$$V_{min} = -V_{max} = -1.2015 * 10^{14}$$

Posiciones máximas (calcular tamaño de pantalla)

Utilizamos el voltaje máximo y mínimo para cada uno de los ejes y obtenemos

$$y_{max} = 0.125$$

$$y_{min} = -0.125$$

$$x_{max} = 0.2$$

$$x_{min} = -0.2$$

Limitantes obtenidas

Dato	Cantidad
Voltaje máximo	$1.2015 * 10^{14}V$
Voltaje mínimo	$-1.2015 * 10^{14}V$
Posicion x máxima alcanzar	$0.2m$
Posicion x mínima alcanzar	$-0.2m$
Posicion y máxima alcanzar	$0.125m$
Posicion y mínima alcanzar	$-0.125m$

Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Los objetivos se cumplieron al ejecutar el programa, y la simulación correspondió con el modelo.
- ✓ Considerar el factor continuidad, no implementado para simulaciones en entornos de programación mejor adaptados como unity
- ✓ El efecto de placas paralelas resulta sencillo si consideramos todos los trayectos y las variables que actúan sobre ellos en cada uno de ellos
- ✓ Es recomendable dividir el movimiento en dos ejes
- ✓ Considerar otro entorno de programación mejor adaptado

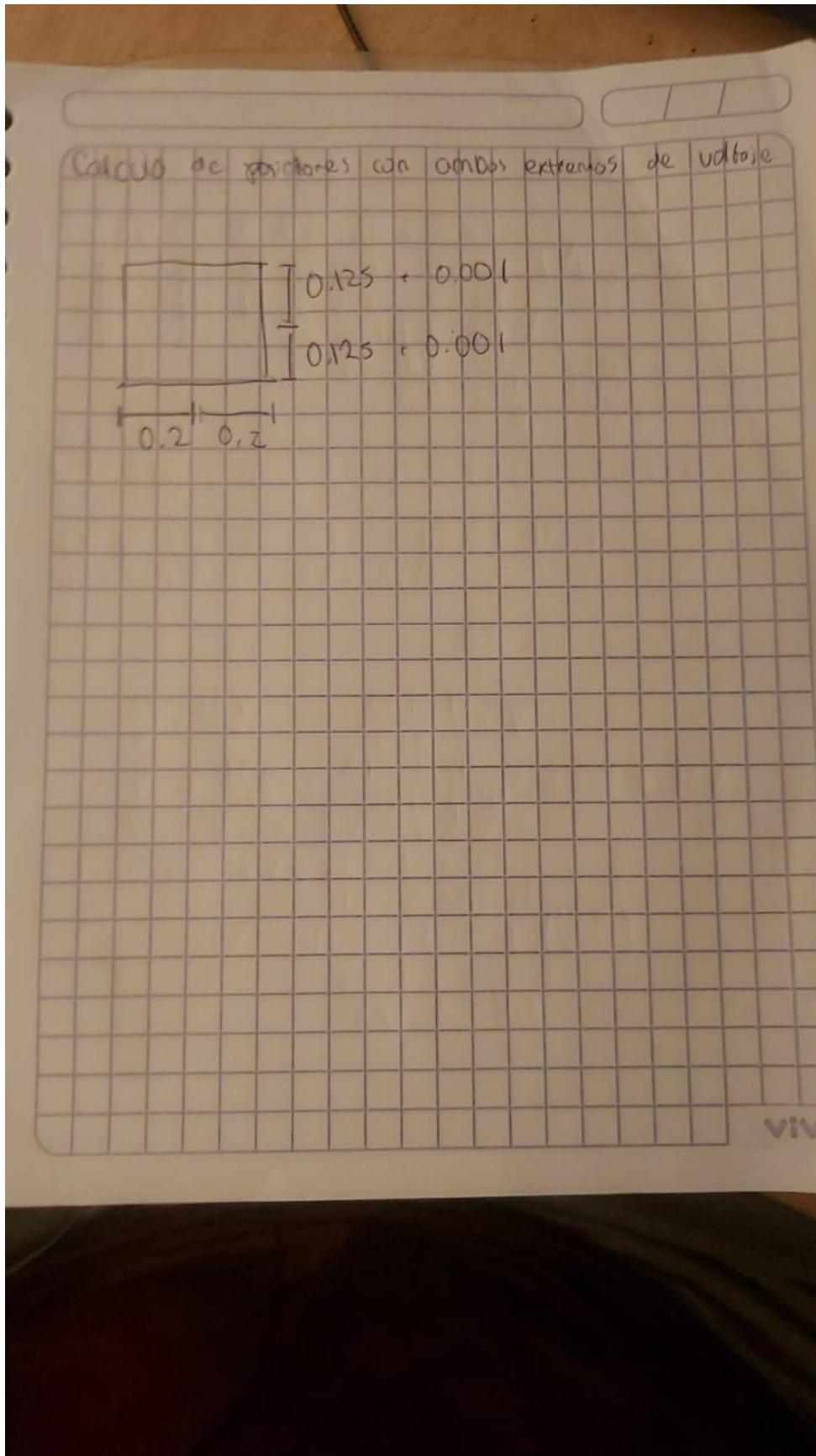
Video

<https://youtu.be/9owtEpo4XAQ>

Anexos

Repositorio GITHUB: https://github.com/LPELCRACK896/Simulacion_TRC.git

Cálculos a mano:



Entre placas horizontales $(x=0) \rightarrow$ mov y, mov x

* Mismo campo el qe para V_x

$$t_{\text{placas}} = L / v_{x0} \quad ; \quad t_3 = t_1$$

$$x_1 = x_0 + V_x t_3$$

$$y_f = \frac{1}{2} \frac{|q| V_z}{m d v} t_1^2 \quad , \quad V_y = \frac{|q| V_z}{m d v} t_1$$

De placa horizontal a pantalla

$$t =$$

$$y_f = y_0 + V_y t_4$$

$$x_f = x_0 + V_x t_4$$

$$V_r / d_{hp} = q$$

$$t_4 = d_{hp} / V_r$$

Movimiento total

ese x:

$$x = \frac{1}{2} \frac{|q| V_z}{m d v} t_1^2 + V_x t_2 + V_x t_3 + V_x t_4$$

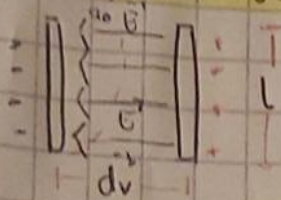
$$x = \frac{|q| V_z}{2 m d v} t_1^2 + V_x \left(\frac{d_{hp} + L + d_{hp}}{V_{r0}} \right)$$

ese y:

$$y = \frac{1}{2} \frac{|q| V_z}{m d v} t_1^2 + V_y t_4 = \frac{1}{2} \frac{|q| V_z}{m d v} t_1^2 + \frac{V_y d_{hp}}{V_r}$$

Movimiento en 4 fases

Entre placas verticales (1era fase) \rightarrow movimiento en x



tiempo entre placas $= l / v_{rayo}$

$$E = V/d \quad ; \quad F_e = |q| \cdot E = ma$$

$$ma = |q| \cdot E = |q| \cdot V/d$$

$$a_x = \frac{|q|V}{md_v} \quad ; \quad x_f = \frac{1}{2} \frac{|q| \cdot V}{md_v} t^2$$

$$v_x = \frac{|q|V}{md_v} t$$

Voltage máximo

$$d_v = l = 0.1m \quad ; \quad v_{rayo} = 6.5 \times 10^6 \quad ; \quad q = e \quad ; \quad m = 9.1 \times 10^{-31}$$

$$t_{rayo} = (6.5 \times 10^6 / 0.1m)^{-1} = 1.53846 \times 10^{-8} s$$

$$a_{max} \leftrightarrow v_{max} : \quad \Delta x = d_v / 2$$

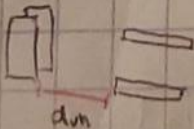
$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow \frac{\Delta x}{t^2} = a$$

$$\frac{\Delta x}{t^2} = \frac{|q|V}{md_v} \rightarrow \frac{\Delta x \cdot m \cdot d_v}{t^2 |q|} = V_{max}$$

$$V_{max} = \frac{d_v^2 \cdot m}{2 |q| t^2} = \frac{(0.1m)^2 \cdot 9.1 \times 10^{-31}}{2 \cdot 1.6 \times 10^{-19} \cdot (1.53846 \times 10^{-8})^2} = 1.2015 \times 10^{14} V$$

$$V_{min} = -V_{max} = -1.2015 \times 10^{14} \quad \ll \text{intervalo de voltajes}$$

Espacio entre p.v y p.h (2da fase)



$$d_h = 0.05m \quad ; \quad t = 0.05m / (6.5 \times 10^6 m/s)$$

$$v_x = a \cdot t = t \cdot \left(\frac{|q|V}{md_v} \right)$$

velocidad constante

$$x_f = x_0 + v_x t$$