

Emulación de sistemas memristivos en microcontroladores y aplicaciones a circuitos neuromórficos



Agustín Cisternas Ferri[†], Alan Rapoport[†], Germán Patterson*, Pablo Fierens*

[†]Departamento de Física, FCEyN, UBA *ITBA, CONICET

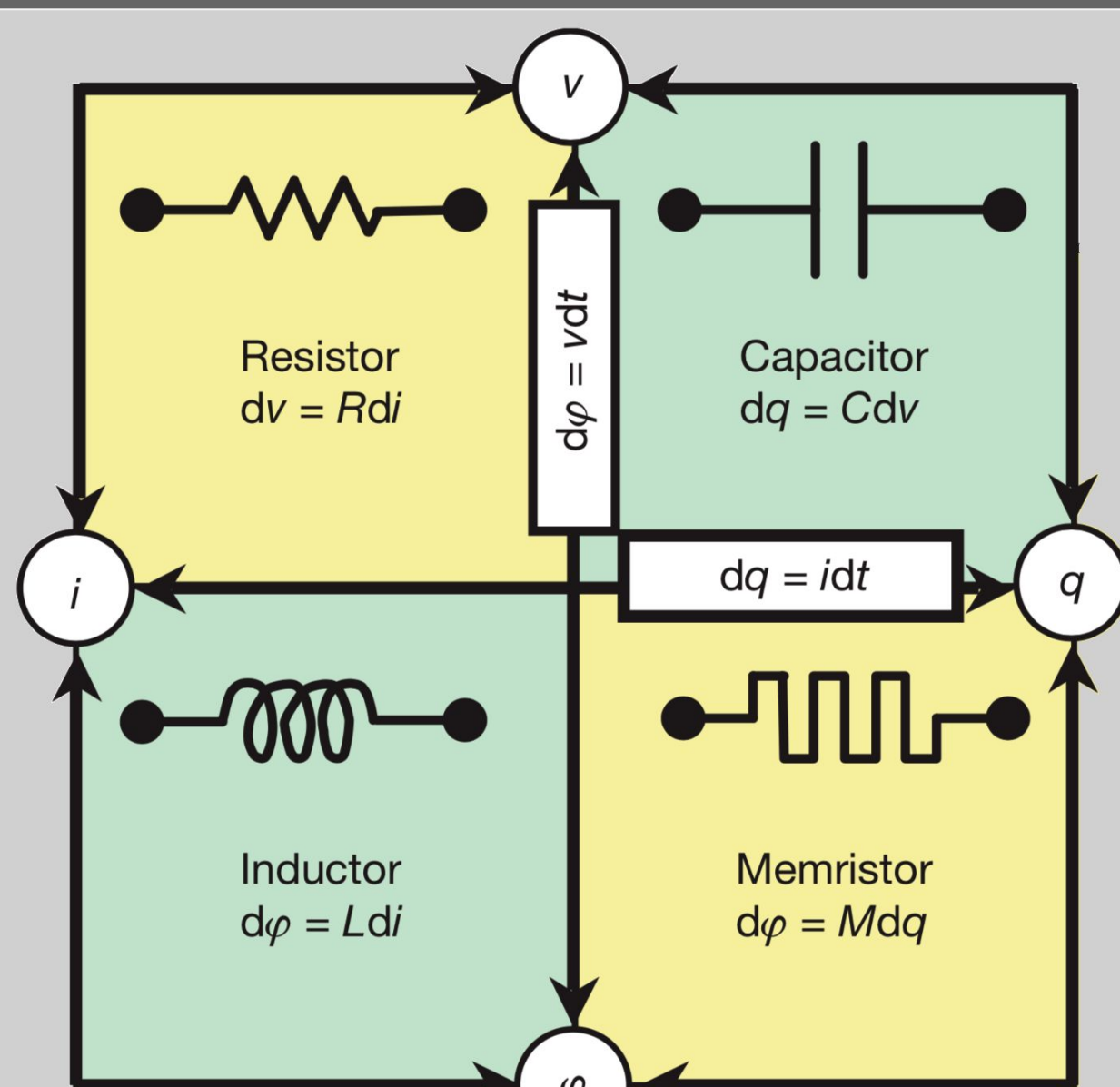
aguscisterferri@gmail.com rapoport.alan@gmail.com



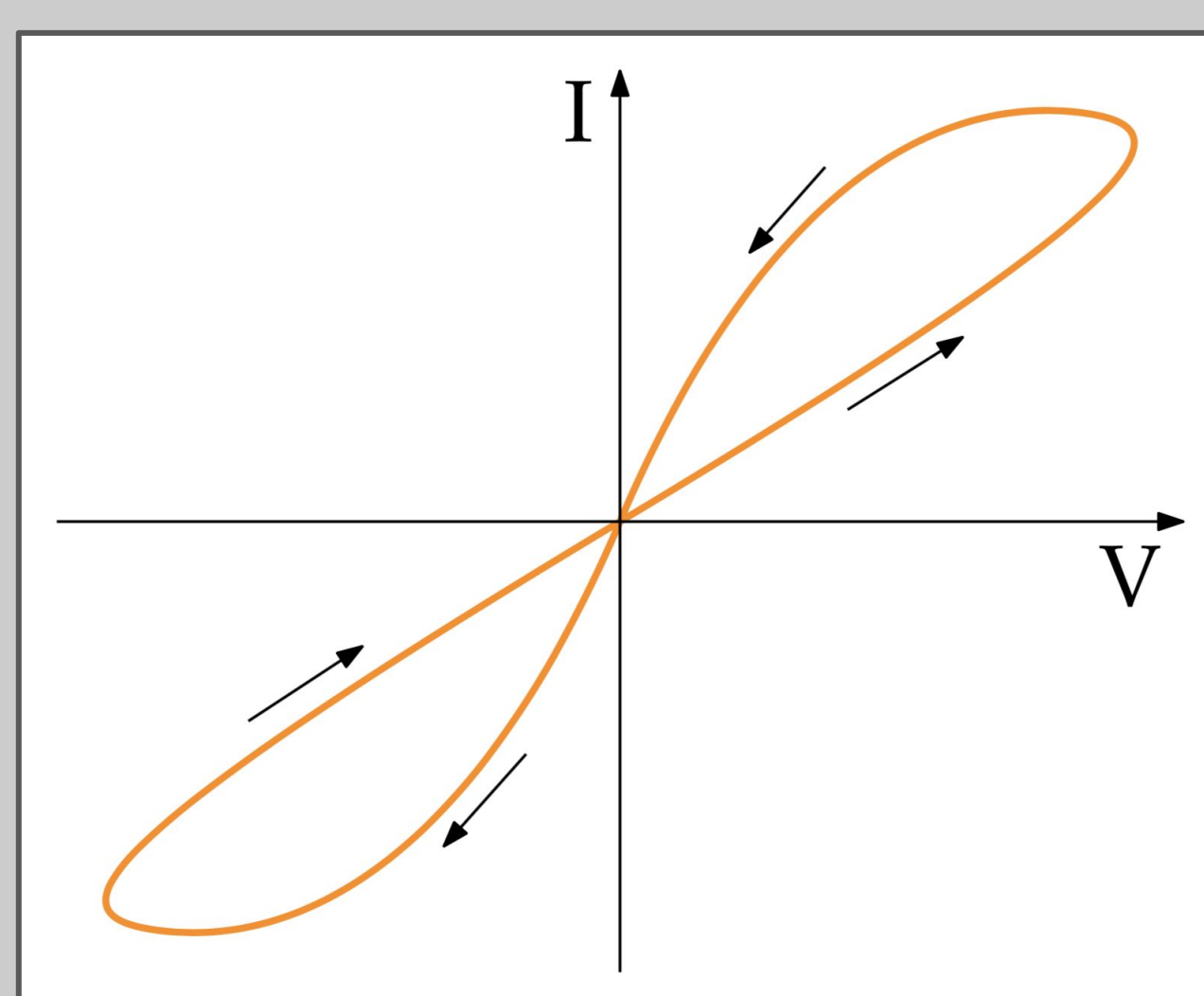
Resumen

Se presenta la implementación de un emulador electrónico de memristores mediante un microcontrolador Arduino y un potenciómetro digital. Se muestran resultados de la emulación de dos modelos de memristores distintos, demostrando la versatilidad del emulador. Este diseño se utilizará para simular comportamientos de circuitos neuromórficos.

Principios de memristores



Es un componente eléctrico no lineal de dos terminales. Su resistencia depende del estímulo eléctrico previo.



Referencia de imagen: [1]

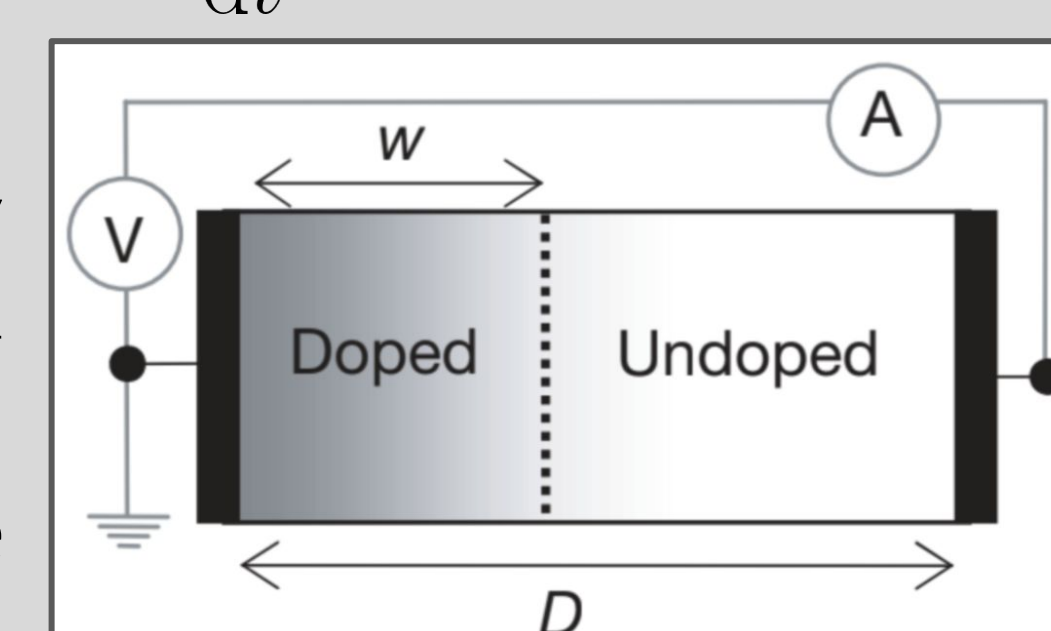
- ❖ Propiedad de no volatilidad.
- ❖ Ciclo de histéresis I vs V.

Modelo de memristor a utilizar

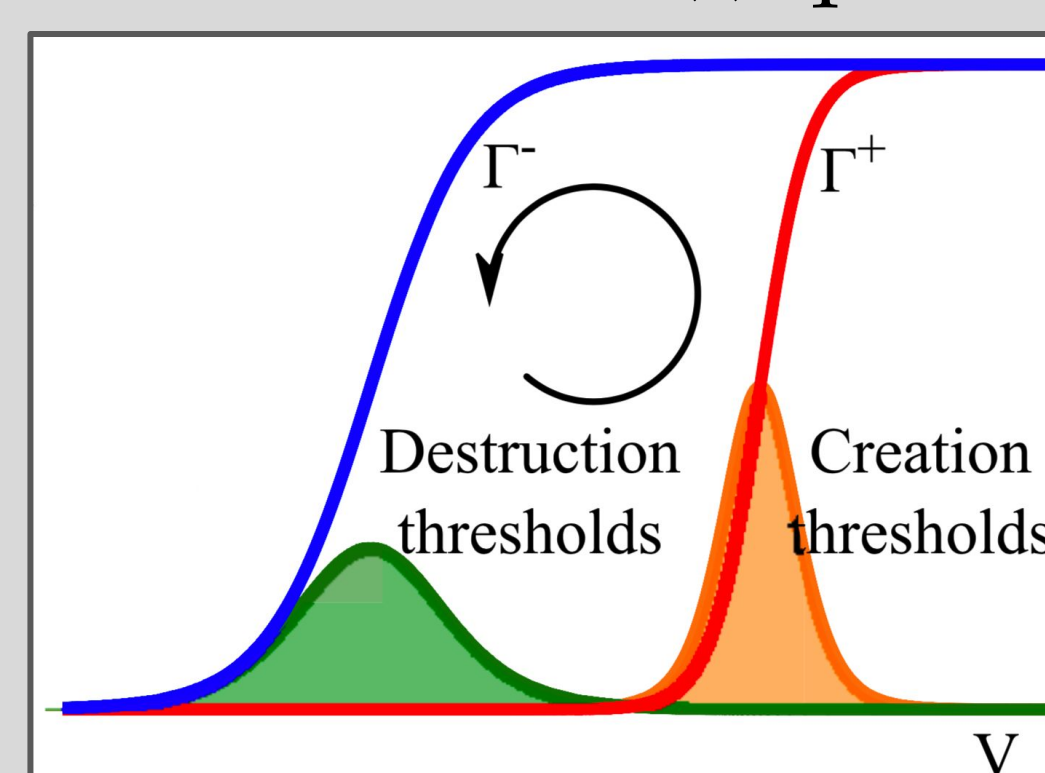
Se modela al memristor como una resistencia variable $R(t)$ que depende de un parámetro $w(t)$, de la forma

$$R(t) = R_{on}w(t) + R_{off}(1 - w(t)) \quad \frac{dw}{dt} = f(w(t), v(t))$$

Modelo de HP Labs [1] (derecha): resistencia compuesta por dos elementos resistivos separados por una barrera dinámica $w(t)$, cuya evolución temporal depende linealmente de la corriente $i(t)$ que la atraviesa.



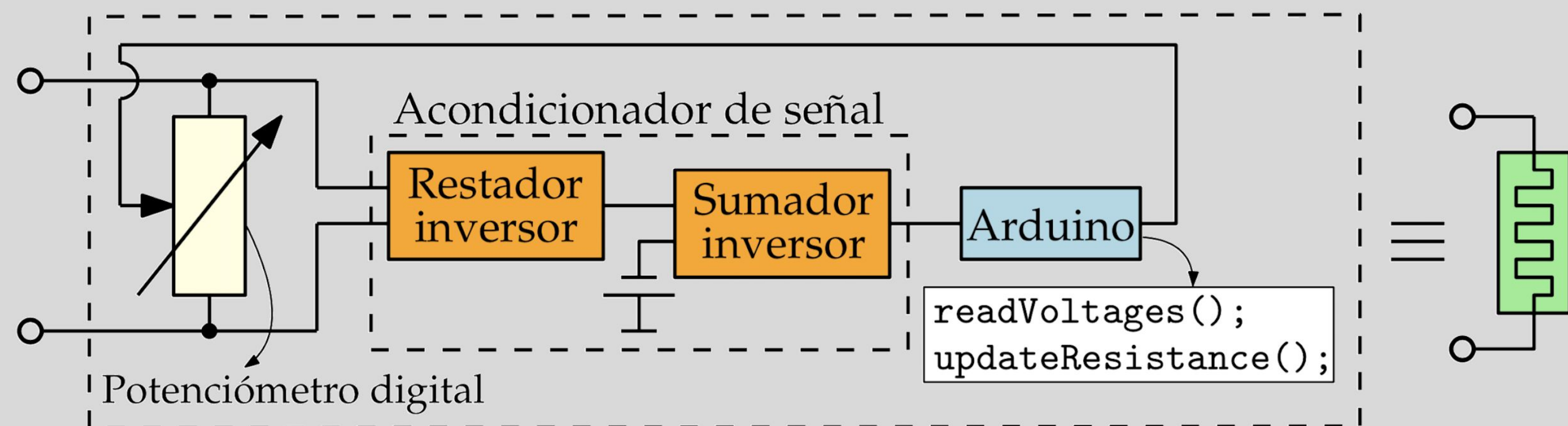
Referencia de imagen: [1]



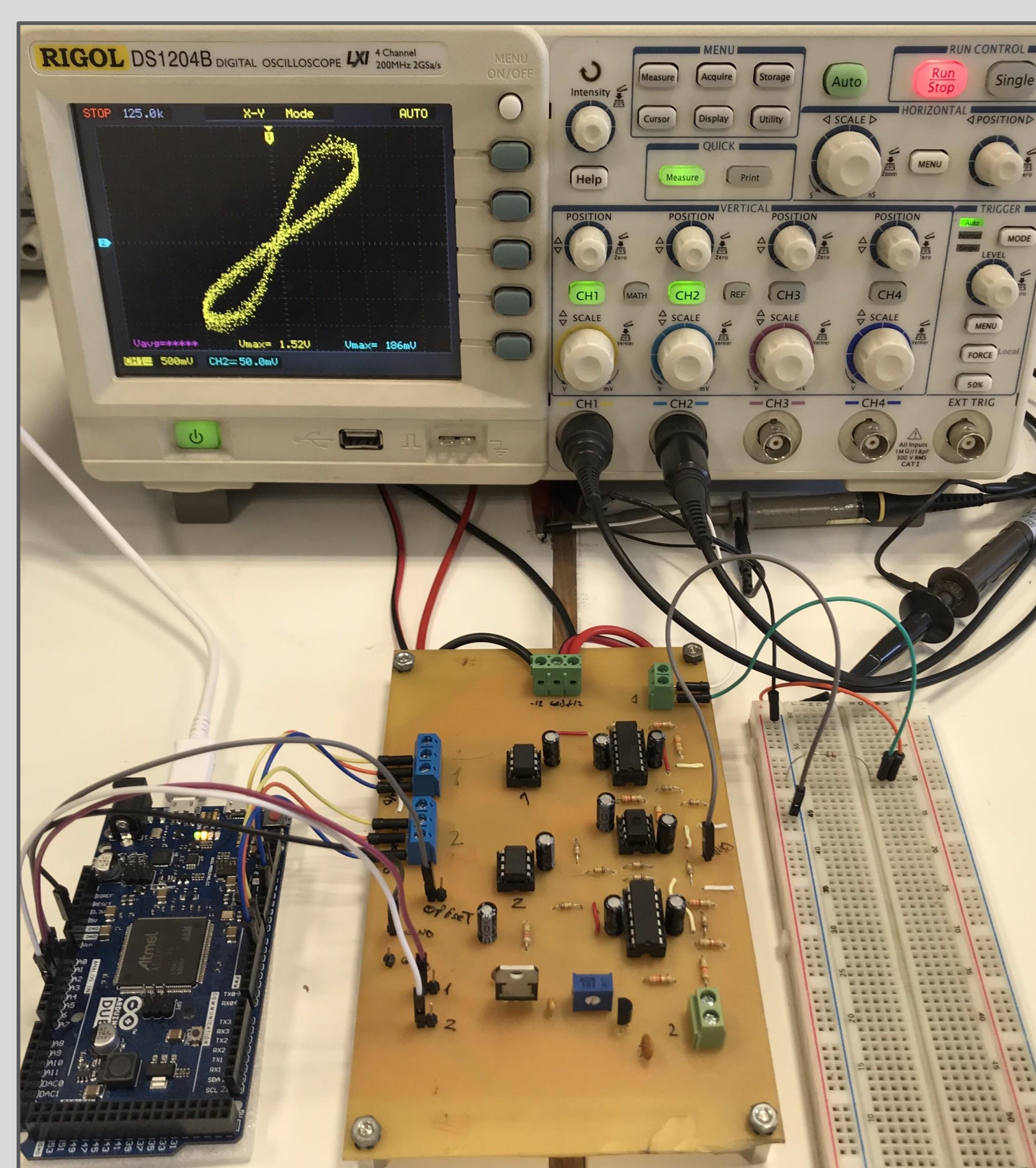
Referencia de imagen: [2]

Histerón [2] (izquierda): modela canales conductores cuyas probabilidades de conducción dependen de la tensión aplicada.

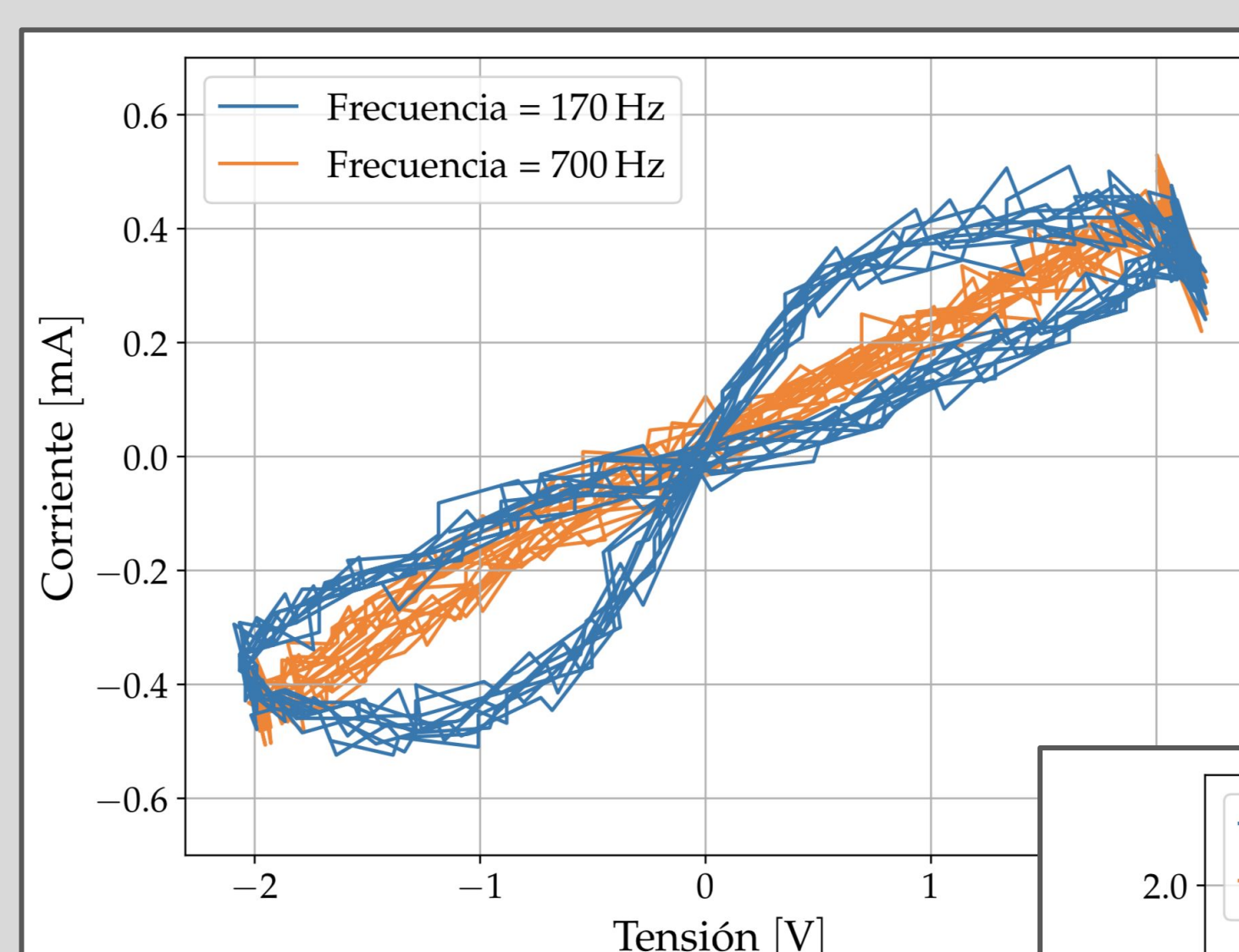
Dispositivo experimental



- ❖ El acondicionador de señal, formado principalmente por amplificadores operacionales, mapea la tensión que cae en el potenciómetro digital al intervalo 0 - 3.3 V que admite el Arduino.
- ❖ Según esta tensión y la resistencia actual del potenciómetro, el Arduino calcula la corriente circulante y actualiza la resistencia según el modelo.

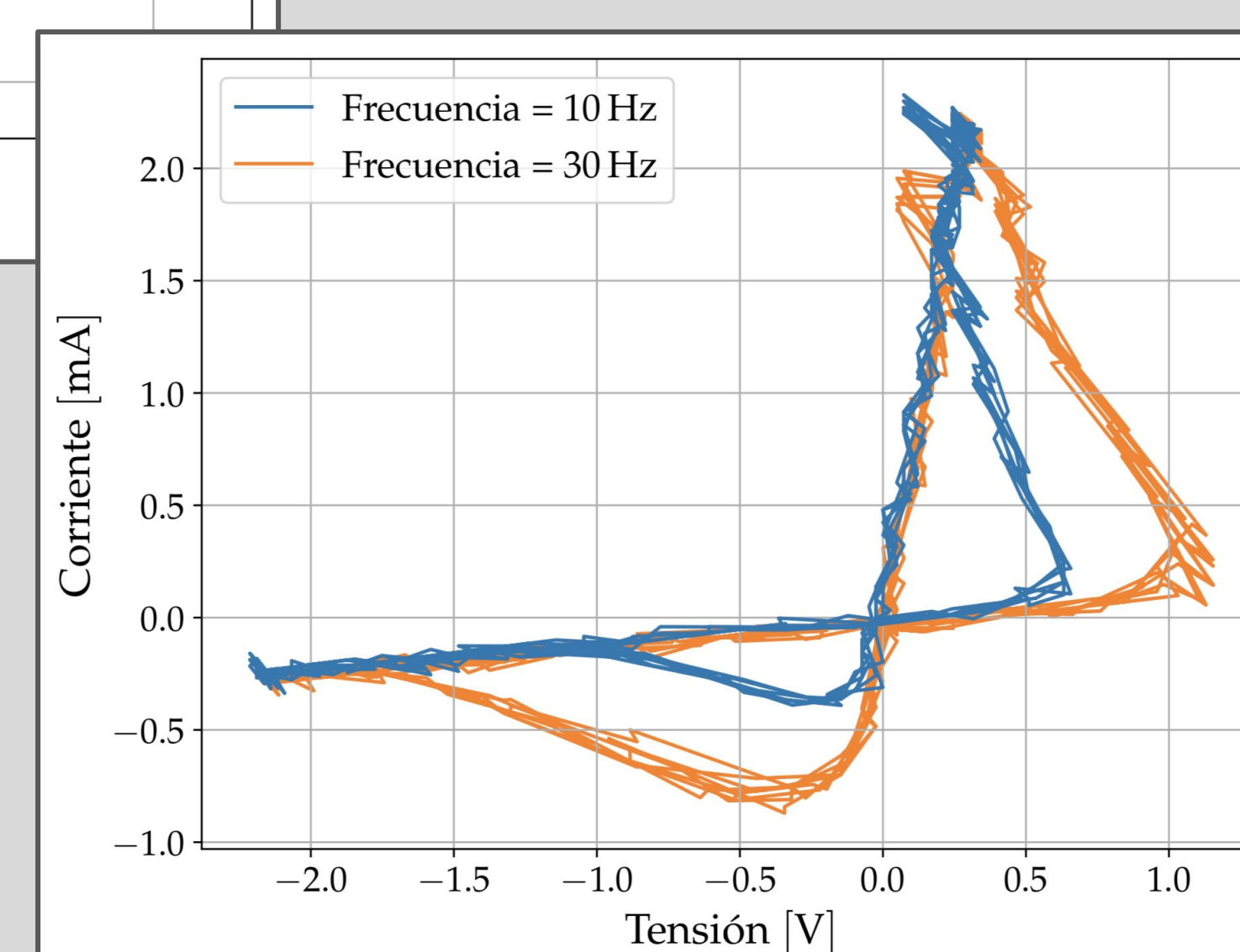


Caracterización y resultados



Izquierda: ciclos con distintas frecuencias para el modelo de HP. A medida que aumenta la frecuencia, se observa una disminución del ancho del ciclo de histéresis.

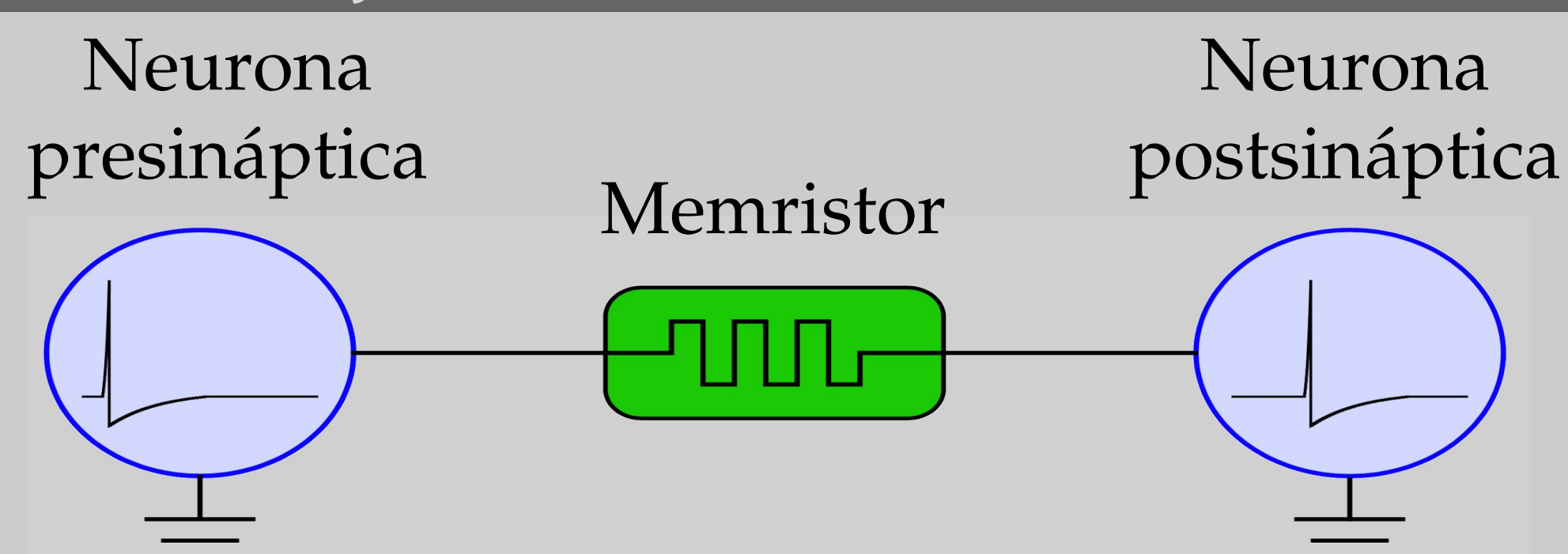
Derecha: ciclos con distintas frecuencias para el modelo histerón. Este modelo actualiza la resistencia por umbral, en vez de por integración como en el modelo de HP.



Conclusiones

- ❖ Se logró diseñar, construir y caracterizar una placa electrónica para emular el comportamiento de memristores utilizando distintos modelos.
- ❖ Se implementaron satisfactoriamente los modelos de HP e histerón, corroborando su correcto funcionamiento.
- ❖ El próximo objetivo es implementar este dispositivo en circuitos diseñados para cumplir una determinada función neuromórfica.

Trabajo en desarrollo: STDP



Modularemos los pesos sinápticos con elementos memristivos para estudiar sistemas neuromórficos. En particular, estudiaremos el proceso STDP (*Spike-timing-dependent plasticity*).

[1] D. B. Strukov y col. «The missing memristor found». En: *Nature* 453 (2008), págs. 80-83.
[2] G. A. Patterson, J. Suñé y E. Miranda. «Voltage-Driven Hysteresis Model for Resistive Switching: SPICE Modeling and Circuit Applications». En: *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems* 36 (2017), págs. 2044-2051.