

## Capítulo 2: Antecedentes históricos del memristor

El memristor era, hasta hace un par de años, el elemento faltante en el mundo de la electrónica. La importancia de los memristors yace en su función como sinapsis. En principio se creía que el elemento sustituiría al transistor, pero se ha comprobado que ambos elementos son más poderosos cuando trabajan de forma conjunta. No hay mejor manera de entender el memristor que recurrir al propio descubridor de la teoría, Leon Chua. Durante el simposio impartido en la Universidad de Berkeley, Chua expone de forma sencilla, clara y a la vez detallada, la teoría del memristor. Es importante comprender que un memristor es el eslabón faltante en la teoría de circuitos pues faltaba una relación entre el flujo y la carga que circula a través de un circuito eléctrico.

Antes de comenzar con la explicación de la teoría detrás del memristor, es importante conocer algunos datos históricos relevantes pues el concepto de una resistencia con memoria existió desde antes que Leon Chua publicara su teoría sobre el memristor en 1971. En 1960, Bernard Widrow, profesor en la Universidad de Stanford desarrolló un nuevo elemento eléctrico al cual llamó *memistor*. Este dispositivo estaba formado por 3 terminales para el cual su conductancia entre dos de sus terminales era controlada por la integral a lo largo del tiempo de la corriente en la tercera terminal del dispositivo. De esta forma la resistencia del *memistor* podía ser controlada por carga. Posteriormente se desarrolló una arquitectura de redes neuronales llamada ADALINE (ADaptive LInear NEuron) donde el *memistor* era parte del circuito.

Posteriormente Argall publicó su paper, en 1968, donde mostró resultados similares a los mostrados por Stanley Williams y el equipo de los laboratorios HP. Llegando al año 1971, Leon Chua predice matemáticamente la existencia de un nuevo elemento eléctrico con relación entre la carga eléctrica y el flujo de enlace (flujo magnético en el área de ingeniería). Para 1976, Chua y Sung Mo Kang publican el paper titulado *Memristive Devices and Systems*, generalizando la teoría detrás de los memristores y sistemas memristivos.

En 1990, S. Thakoor demostró la existencia de una resistencia variable a base de óxido de tungsteno que se podía reprogramar eléctricamente. Thakoor no explicó si había relación entre su dispositivo y el memristor propuesto por Chua. Posteriormente, 4 años después, Buot y Rajgopal publican un artículo titulado *Binary information storage at zero bias in quantum-well diodes*. En

este artículo se describen características I-V basadas en pozos de diodos construidos por AlAs/GaAs/AlAs similares al memristor. Al denota al elemento aluminio, As denota al arsénico y Ga al galio. Igual que Thakoor, en este artículo no se demuestra relación con el memristor de Chua.

Para comienzos del nuevo siglo, más exactamente en el año 2000, Beck empleado de los laboratorios de investigación de IBM en Zurich, describió efectos reproducibles de resistencia capaz de conmutar; todo diseñado sobre delgadas películas de óxido. Las gráficas de histéresis mostradas son similares a las de un memristor. Un año después, investigadores de la Universidad de Houston, presentaron resultados (durante una conferencia sobre memoria no volátil en San Diego) los cuales mostraban la importancia de Bi-capas de óxido para obtener una tasa de resistencia Alta/Baja. Es importante observar como entre los años 1994 y 2008 diversos dispositivos fueron desarrollados y mostraban un comportamiento similar al del memristor, pero sólo los científicos de HP pudieron cerrar esa brecha entre su trabajo y el memristor postulado por Chua.

En 2008, 37 años después de que Chua propusiera el memristor, Stanley Williams y su grupo de investigación dentro de IQS (Information and Quantum Systems) publicaron un artículo donde se identificaba el enlace entre un dispositivo de dos terminales capaz de conmutar su resistencia a nivel nanométrico y el memristor de Chua. Como se explicará más adelante, Erokhin y Fontana afirman haber desarrollado un memristor basado en polímeros, dos años antes que Williams y su equipo de investigación.

Después del anuncio de los laboratorios de HP, muchas publicaciones han salido a la luz a fin de analizar al memristor y sus características y propuestas de aplicaciones en áreas de diseño. A finales del año 2008 J. Joshua Yang, Matthew D. Pickett, Xuema Li, Douglas A., Ohlberg, Duncan R. Steward y R. Stanley Williams publicaron un artículo demostrando el comportamiento y mecanismo de conmutación memristiva en nano dispositivos.

En octubre del 2008, Pershin, S. La Fontaine y M. Di Ventra publicaron un artículo identificando el comportamiento memristivo en el aprendizaje de una amiba. Para el 2009, Sung Hyun Jo, Kuk-Hwan Kim y Wei Lu de la Universidad de Michigan, publicaron un artículo describiendo un material memristivo basado en silicón amorfo capaz de ser integrado en dispositivos CMOS.

Para junio del mismo año, científicos del NIST (National Institute of Standards and Technology) reportan que se ha fabricado una memoria no volátil usando memristores flexibles que son baratos y de bajo consumo de energía.