



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی مهندسی برق-الکترونیک

مطالعه و درس مدرستو، ها به عنوان حافظه

پایدار و کاربرد آن

دکتر سپیده جباری

پژوهشگر: آذنایاگاه پروژه هر ق و انشاگاه زنجان و اسکده همندی کروه هر ق آذنایاگاه پروژه هر ق و انشاگاه زنجان و اسکده همندی کروه هر ق آذنایاگاه پروژه هر ق و اسکده همندی سروه بزن از نایاگاه پروژه هر ق و اسکده همندی سروه بزن

۹۵ تابستان ۱۳۹۷ پژوهه‌برق و انساخان و اشکده‌مندی انساخان و اشکده‌مندی کروه‌برق آنایاگاه پژوهه‌برق و انساخان

قانون مور^۱ که مربوط به افزایش چگالی ترانزیستورها در هر دو سال می باشد، در سال های آتی به پایان خود محدودیتی بر روند توسعه فناوری می نماید.

خواهد رسید. لذا در طراحی الکترونیک تاکید بر این است که در کنار برقراری قانون مور، به سمت قطعاتی بروند که نه تنها سایز بی نهایت کوچک در حد نانو دارند، بلکه توانا نیز باشند. ممیریستور^۲ قطعه‌ای دو پایانه

است که در ابعاد مقیاس نانو ساخته می شود و مقاومت آن بستگی به دامنه، پلاریته و مدت زمان ولتاژ به کار رفته شده در آن دارد. وقتی ولتاژ قطع شود ممربیستور آخرین مقاومت ایجاد شده در خود را تا زمانی که ولتاژ

با مقدار و پلاریته متفاوتی به آن اعمال شود حتی تا یک سال بعد به یاد می‌آورد.
از آنجایی که ممیستور وضعیت قبلی خود را حتی پس از قطع توان حفظ می‌کند، می‌تواند به طور نامحدود

دانشگاه زنجان و اندیشه های علمی پژوهی این مقاله تواند جایگزین بسیاری از ترانزیستورها در بعضی از مدارات شده و جای کمتری اشغال کند. قابلیت نگه داشتن اطلاعات را ذخیره کرده و فقط زمانی که می خواهیم اطلاعات را از آن بخوانیم انرژی مصرف کند، این فطعه می تواند مقدار تدریجی تنش افزایش داد که این قطعه هم تواند از حافظه های غیر فایل مقامت داشته باشد.

کار رود، که وقتی توان قطع شود اطلاعات درون خود را حفظ نماید.

علاوه بر آن ممریستور به دسته ای سیستم های ممریستیو تعلق دارد که به دلیل داشتن یک سری خواص غیر معمده مزایایی را در مقایسه با سیستم های اسیلاتوری دارند.

تحقیق ابتدا به معرفی ممربیستور و خواص آن پرداخته شده و سپس بعضی از کاربردهای آن در اسیلاتورها، حافظه‌های مقاومتی و ...مورد بررسی قرار می‌گیرد.

زنجان واسکلهه مهندسی کروهه برق آزمایگاهه پرورهه برق واسکلهه زنجان واسکلهه مهندسی کروهه برق آزمایگاهه پرورهه برق والٹکاوه زنجان واسکلهه مهندسی کروهه برق آزمایگاهه پرورهه برق زنجان واسکلهه زنجان

1- Moore

²- Memristor (Memory Resistor)

شار الکتریکی و بار توصیف می شد. این المان به عنوان چهارمین عنصر پایه مدار بعد از مقاومت، خازن و

۱۹۷۶: چوا در مقاله ای به نام "Memristive Devices and Systems" در IEEE مفهوم ممریستور را برای دسته وسیعی از سیستم های دینامیکی غیر خطی به نام سیستم های ممریستیو توسط روابطی بیان کرد.

در این مقاله هم چنین خصوصیت هیسترزیس نمودار جریان بر حسب ولتاژ برای این سیستم ها نشان داده شد. بدین منظور آنکه محدودیتی که در این سیستم میگیرد را بررسی کردند.

2008: آر. استنلی ویلیامز^۱ و همکارانش در آزمایشگاه HP، قطعه ممریستور را ساختند و در مقاله ای به نام “Mechanism for metal / oxide / metal nano devices”

زنجان و اشکده مهندسی کروهه برق آذنایاگاه پژوهه هرچ ۱۰۰۰ متریچیک مهندسی سوییچینگ مهندسی میریستیو Mechanism for metal / oxide / metal nano devices در میریستور خود را نشان دادند.

2008: آر استنلی ویلیامز، در مقاله "The missing memristor found" یک مدل مداری پایه بر اساس بجانب داشتند که آن را می‌توانستند با استفاده از یک سیمکشی میان دو لایه از مواد نانو می‌توانند تغیراتی را در مقاومت آن سیمکشی ثبت کنند.

فیزیکی مواد نوشتند.

۲۰۰۹: ماسیمیلیانو دی ونتا^۲ در مقاله‌ای با عنوان "Circuit elements with memory" سیستم

آذایگاه پژوهیق دانشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کرومه برق آذایگاه پژوهیق دانشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کرومه برق

¹- Stanley Williams

¹- Stanley Williams

2- Masimiliano Di Ventra

³- Memcapasitor

⁴ - Meminductor

۴-۱- معرفی ۴۲
۴-۲- اسیلاتور ممیستور-بیس استاندارد ۴۴

۴-۳-۴- اسیلاتور ممیستور- بیس مرتبه چهار ۴۹

۴-۴- اسیلاتور ممیستور- بیس مرتبه چهار با یک المان منفی..... ۵۳

۵-۴ توسعه مرتبه‌ی مدار ممربیستور- بیس استاندارد و کاربردهای مخابرات امن ۵۴

فصل اول:

میریستور - چهارمین عنصر اساسی مدار

کاملاً با مفهوم میریستور مطابقت داشته و از آن برای تولید ولتاژ مستمر استفاده می‌شود. میریستور که در مدارهای پیوسته معمولی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، اما در مدارهای پیوسته غیرخطی می‌تواند نقش مهمی ایفا کند. میریستور از دو قطب مثبت (+) و منفی (-) تشکیل شده است. ولتاژ بین قطب مثبت و زمین می‌باشد. میریستور می‌تواند ولتاژ خروجی ثابتی ارائه کند و این ولتاژ را می‌توان در مدارهای مختلفی استفاده کرد. میریستور می‌تواند ولتاژ خروجی ثابتی ارائه کند و این ولتاژ را می‌توان در مدارهای مختلفی استفاده کرد.

میریستور می‌تواند ولتاژ خروجی ثابتی ارائه کند و این ولتاژ را می‌توان در مدارهای مختلفی استفاده کرد. میریستور می‌تواند ولتاژ خروجی ثابتی ارائه کند و این ولتاژ را می‌توان در مدارهای مختلفی استفاده کرد. میریستور می‌تواند ولتاژ خروجی ثابتی ارائه کند و این ولتاژ را می‌توان در مدارهای مختلفی استفاده کرد.

میریستور - چهارمین عنصر اساسی مدار برق آذنایگاه پروژه برق و انتها زنجان و اشکده هندسی کروه برق آذنایگاه پروژه برق و انتها زنجان و اشکده هندسی کروه برق آذنایگاه پروژه برق و انتها زنجان و اشکده هندسی کروه برق آذنایگاه پروژه برق و انتها زنجان و اشکده هندسی کروه برق آذنایگاه پروژه برق و انتها زنجان

* از دیدگاه نظریه مداری، سه عنصر دو پایه اصلی مدار، بر حسب رابطه بین دو تا از چهار متغیر اصلی مدار کروهی آزمایشگاهی و پژوهشی آزمایشگاهی و پژوهشی آن شاهزادخان و آنکه هندسی کروهی

برق آزادی‌گاه روزه، یعنی جریان i ولتاژ V بار q و شار پیوندی Φ است. از شش ترکیب ممکن از این چهار متغیر، پنج حالت

منجر به روابط شناخته‌ی شده‌ای می‌شود. دو تا از این روابط اغلب به صورت:

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(t) dt$$

داده می شود. سه رابطه دیگر به ترتیب توسط تعاریف بدیهی سه عنصر کلاسیک مداری داده می شوند.

مهندسی کروهه برق آذایگاه پژوهه برق و انشاہ زنجان و اشکدهه مهندسی کروهه برق آذایگاه پژوهه برق و انشاہ زنجان و اشکدهه مهندسی

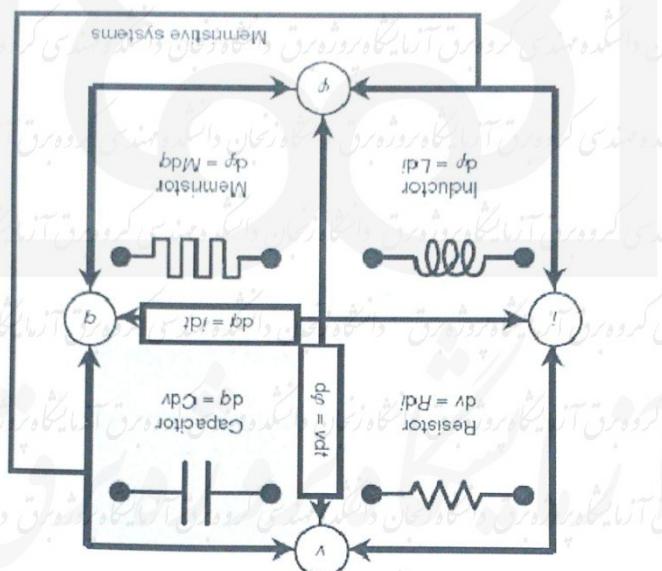
The diagram illustrates the relationship between the membrane potential (V_m) and the driving force ($\Delta\phi$). It shows two equations: $V_m = -R\Delta\phi$ and $\Delta\phi = LdV_m$. The driving force $\Delta\phi$ is represented by a double-headed arrow between the membrane potential V_m and the membrane surface density $d\phi$.

برق آزمایشگاه پژوهه برق و انسان و زیبان و اسکلهه مهندسی کنونی

A block diagram showing a dependent voltage source $dV = Rdi$ connected between two nodes. The node on the left is labeled d and the node on the right is labeled i . A feedback loop connects node i back to node d .

روزه ریق و انشا زنجان و اشکده هندي کروه ریق آندا شاهد

رق و انشاه زنجان و اشکده همند سی کروهه رق آزما گاه روزهه رق و انشاه زنجان و اشکده همند سی کروهه رق آزما گاه روزهه رق



برق و انگوشه زنجان و اشکده همند سی کروهه برق آزمایشگاه روزه برق و انگوشه زنجان و اشکده همند سی کروهه برق آزمایشگاه روزه برق شکا-۱ جهار المان اساسی، مدار

طبق تعریف یک ممربیستور به وسیله رابطه $(\varphi, q) \rightarrow g$ مشخص می شود. اگر رابطه فوق تنها به صورت تابعی یک متغیره از بار (شار پیوندی) بیان شود، ممربیستور را کنترل شونده با بار (شار پیوندی) می گویند.

ولتاژ دو سر ممریستور کنترل شونده با بار طبق رابطه زیر به دست می آید:

$$V(t) = M(q(t)) i(t)$$

$$M(q) = d\varphi(q)/dq$$

مشابه جریان ممریستور کنترل شونده با شار از رابطه زیر به دست می آید:

این مشاهده انتخاب نام مقاومت حافظه دار یا ممربیستور را تصدیق می کند. جالب توجه است که وقتی یک بار ولتاژ $V(t)$ یا جریان $i(t)$ ممربیستور تعیین می شود، ممربیستور شبیه به یک مقاومت متغیر با زمان خطی عمل می کند. در خیلی از موارد ویژه جایی که منحنی $q(\phi)$ ممربیستور یک خط مستقیم است، ما دریافت می کنیم $R = G(q) = W(\phi)$ و ممربیستور به یک مقاومت خطی تغییرناپذیر با زمان تبدیل می شود. از اینرو، نقطعه معرفی ممربیستور خطی در تئوری شبکه خطی وجود ندارد.

که در این آزمایشگاه پژوهشی آنلاین زبان و ادبیات فارسی، انسان‌گردانی و اقتصاد دانشجویی کروه بر قرار است. صورت این است که ∇ برابر با حاصل ضرب بین ورودی u و تابع اسکالر g می‌باشد.

یک سیستم ممربیستیو کنترل شده جریان مرتبه n توسط رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$\dot{x} = f(x, i, t)$$

$$v = g(x, i, t)$$

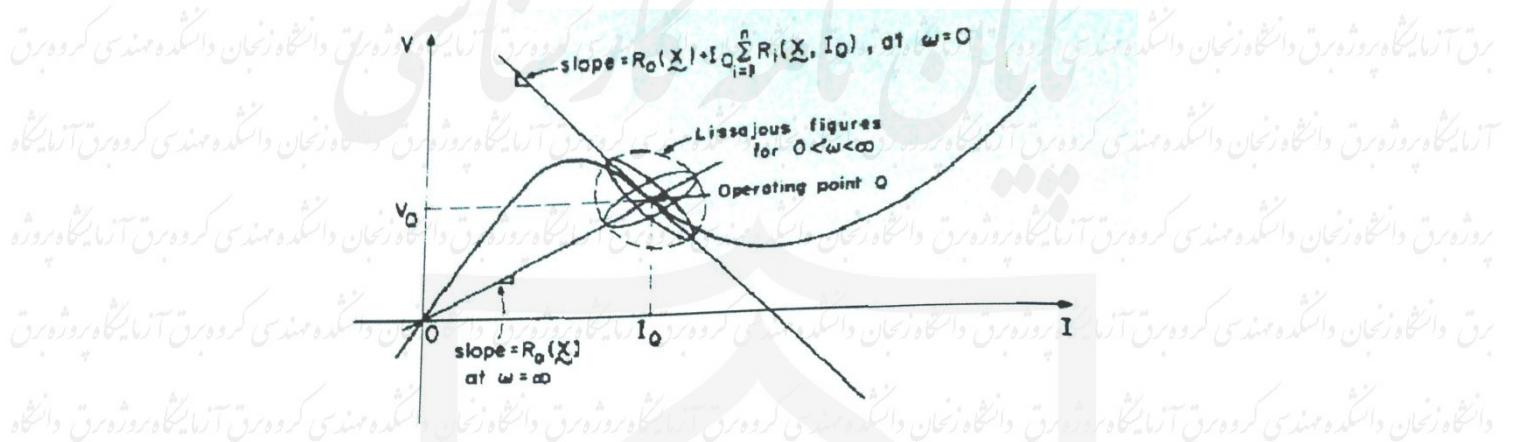
یک سیستم ممربیستیو کنترل شده ولتاژ مرتبه n با رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\dot{x} = f(v, v, t)$$

به f و g روابط (۱-۱) تعریف می‌شوند، ساختار ویژه که باعث تمایز سیستم ممر پستیو از سیستم دینامیکی به طوریکه در آن v و \dot{v} به ترتیب نشان دهنده ولتاژ و جریان دو سر آن می‌باشند. توابع f ، R یا G شبیه

مطلق می شود این است که هر گاه ورودی u صفر باشد خروجی u نیز صفر است، با صرف نظر کردن از α حالت x که اثر حافظه را در خود دارد این مشخصه عبور از صفر خود را به طور واضح به شکل منحنی

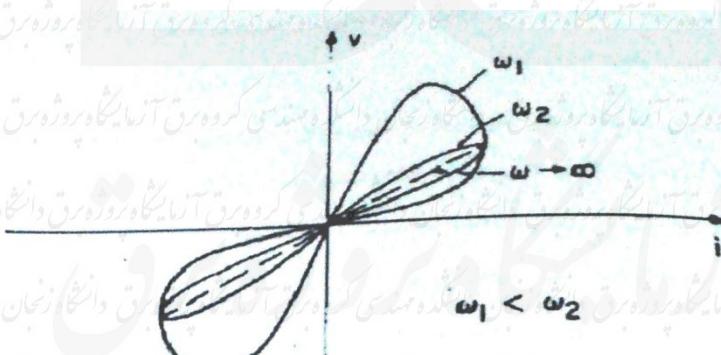
۲-۱ شکل های لیساجوس سیگنال کوچک را مشاهده می کنیم.



شکار ۱-۲

در بین مشخصات سیستم های مریستیو پاسخ فرکانسی شکل لیساجوس به ورودی سینوسی نیز جالب است. وقتی فرکانس به سمت بر نهایت افزایش میراند، شکل لیساجوس جمع شده و به خط صاف که

از مبدأ می گذرد تمایل دارد. این امر نشان می دهد اثر هیستریک در سیستم ممربیستیو با افزایش فرانس و اشکده هندزی کاهش یافته و سرانجام به یک سیستم مقاومتی خالص تبدیل می شود.



۳-۱ شکا

دانشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه

زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه

اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه

سیستم های ممربیستور را می توان به گروههای سلفی و خازنی توسعه داد. که در این سیستم ها ویژگی

های سیستم به وضعیت و گذشته سیستم وابسته است. همه ای این عناصر در دو متغیر ساختاری خود که

کروه برق آزمایشگاه پژوهه آنها را توصیف می کند، حلقه های هیستریک اندکی از خود نشان می دهند. جریان - ولتاژ برای

ممربیستور، شارژ - ولتاژ برای ممکاپسیتور و جریان - شار برای مماینداکتور. استدلال می کنیم که این عناصر

در مقیاس نانو مشترک هستند. چرا که به نظر می رسد. ویژگی های دینامیک الکترون ها و یون ها، حداقل

در یک مقیاس زمانی معین، به گذشته ای سیستم وابسته هستند. این عناصر و ترکیب آنها در مدار، تابعیت

پژوهه برق و انشگاه زنجان جدیدی در الکترونیک باز می کند. امروزه در حال یافتن کاربردهایی در ابزار های نورومرفیک هستند تا

آموختن، رفتار انطباقی و غیر ارادی را شبیه سازی کنند.

عناصر مداری که اطلاعات را بدون نیاز به منبع ولتاژ ذخیره می کنند، از طریق ایجاد ذخیره سازی و

محاسبات با توان مورد نیاز کمتر تغییراتی در الکترونیک نمایان خواهند کرد. به علاوه اگر این اطلاعات

یک ناحیه ای پیوسته از مقادیر را پوشش دهد، محاسبات آنالوگ ممکن است جای محاسبات دیجیتال

و اسکلهه مهندسی کروه برق فعلی را بگیرد. چنین تدبیری همچنین شبیه اساس کار مغز انسان می باشد و شاید شبیه مکانیزم های زیاد

دیگری در ارگانیسم های زنده باشد. بنابراین چنین عناصر مداری می توانند به ما کمک کنند تا رفتارهای

سازگار پذیری و غیر ارادی و حتی آموختن را بفهمیم.

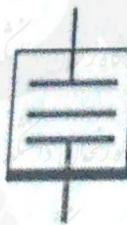
کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه

برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه

آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه



Memristor



Memcapacitor



Meminductor

پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق

شکل ۴-۱

یکی از این عناصر مداری ممربیستور است که توسط چوآ در سال ۱۹۷۱ به وسیله ای آنالیز رابطه ریاضی

و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق

و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق

زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه زنجان و اسکلهه مهندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انشگاه

اساس قطبی شدگی چرخش تعیین می شود. اخیراً رفتار ممربیستیو و ذخیره ای حافظه در فیلم های نازک تیتانیوم دی اکسید TiO_2 جامد مشاهده شده است. در این قطعه تغییر مقاومت با حرکت یونی حفره های اکسیژن تحقق می یابد، که از طریق عبور جریان فعال می شوند. علاوه بر این رفتار ممربیستیو در فیلم های نازک VO_2 نیز نشان داده شده است. که در آن مکانیزم حافظه به تغییر حالت عایق-به-فلز در این ساختار وابسته است. و در نهایت رفتار ممربیستیو به عنوان یک مکانیزم عملی در رفتار انطباقی یک ارگانیسم تک سلولی، مانند آمیخته ها مشاهده شده است.

همه‌ی این مثال‌ها طبیعت عمومی سیستم‌های ممربیستیو را نشان می‌دهند. در حقیقت عجیب نیست که بیشتر مثال‌های فوق به سیستم‌های در مقیاس نانو اشاره می‌کنند، که به نظر می‌رسد مقاومت این سیستم‌ها وابسته به وضعیت و گذشته‌ی دینامیکی آنها می‌باشد، حداقل در یک مقیاس زمانی (خیلی کوتاه) که

به وسیله‌ی متغیرهای حالت اصلی تعیین می‌شود و این زمان عملکرد این عناصر را کنترل می‌کند. در این قسمت نشان داده می‌شود که شیوه‌ی فوق در حافظه‌ها لزوماً به مقاومت محدود نمی‌شود، بلکه می‌تواند به سیستم‌های خازنی و سلفی تعمیم داده شود. به طور کلی، اگر X گروه متغیرهای حالت n مشخص کند که وضعیت داخلی سیستم را مشخص می‌کنند، $(t)U$ و $(t)V$ دو متغیر تکمیلی تشکیل دهنده هستند که ورودی و خروجی سیستم را مشخص می‌کنند (مانند جریان، بار، ولتاژ و شار) و g پاسخ عمومی می‌باشد، ما می‌توانیم کلاس عمومی مرتبه‌ی n U کنترل شده‌ی وسیله‌ی حافظه را با رابطه‌ی زیر مشخص کنیم:

$$Y(t) = g(x, u, t) \times u(t) \quad (1-2)$$

$$\dot{x} = f(x, u, t) \quad (1-3)$$

وقتی f یک تابع برداری پیوسته n واحدی است، و ما زمین فیزیکی که وضعیت اولیه داده شده است را

در دست داریم، $u(t=t_0)$ در زمان t_0 جواب منحصر به فردی خواهد داشت.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پژوهش گروه برق مراجعه فرمایید.

ضماں و مراجع

1. J. M. Tour and T. He, "The forth element," *Nature* 453, 42-43(2008)
2. Dan Ling-Qi, jiang Liaw-Der, " Polimer electronic memories: Materials, devices and mechanism"2008, scienceDirect, 917, 978.
3. Chua, L.O, " Memristor – the missing circuit element". 1971, *IEEE Trans*, 507, 519.
4. Chua L, Kang S, " Memristive devices and system ". 1976 , *Proc IEEE*, 209-223.
5. Strukov D, Snider G, Stewart D, Williams R, "The missing memristor found", 2008 *Nature*, 80-83.
6. Benderli S, Wey T.A, "On SPICE macromodelling of TiO₂ memristors", 2009, *Electronics Letters*, 377-379.
7. Biolek Z, Biolek D, Biolka V, "SPICE model of memristor With nonlinear dopant drift", 2009, *Radioengineering Journal*, 210-214.
8. Joglekar Yogesh, Wolf Stephen, "The elusive memristor : properties of basic electrical circuits", 2009, *IOP Publishing*, 661-674.
9. Mustafa Jakob, Rudiger Andreas: Waser Rainer: " Comparison of three different architectures for active resistive memories", 2007, Elsevier 354-352.
10. Snider G , "Computing With hysteretic resistor crossbars". 2005, *Appl Phys* :1165-1172.
11. Luyken R J, Hofmann F , " Concepts for hybrid CMOS-molecular non-volatile memories", 2003, *IOP publishing*, 273-276.
12. WILLIAMS, R- S. "Finding the Missing Memristor" *IEEE CPMT Chapter*, Santa Clara Vally .February 2009.
13. Borghetti Julien . Li, Zhiyong . Straznick Joseph and Williams, R . Stanley. " A hybrid nanomemristor/transistor logic circuit capable of self-programming." *PNAS*, , voL106,n0 6 , 1699-1703 February 10,2009.
14. WANG, F.Y- "Memristor for introductory physics". arXiv:0808-0286 v1[physics.class-ph].2008.
15. WILLIAMS: R.S. , "How we found the missing memristor", *IEEE Spectrum*, 12/01/2008