



I N V E S T I C E D O R O Z V O J E V Z D Ě L Á V Á N Í

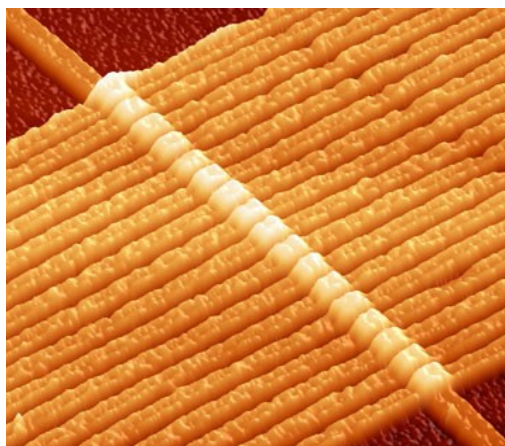
INTERNETOVÝ PORTÁL ELEKTROTECHNIKA - Tento projekt je spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky
CZ.1.07/1.3.09/01.0021 D/0059/2009/ŘDP

Memristor

Úvod

Vědcům společnosti HP (Hewlett-Packard) se skoro náhodou povedlo nanotechnologií prakticky realizovat nový typ součástky s vlastnostmi již dříve předvídaného prvku pojmenovaného jako memristor (z kombinace slov memory resistor = paměťový rezistor). Jeho existenci avizoval, matematicky odvodil a definoval již v roce 1971 pan Leon Chua, profesor na Kalifornské Universitě (Berkeley), na základě úvahy o existenci symetrie základních stavebních elektronických prvků. Doposud však nebyla známa technologie, která by popsané matematické závislosti prakticky realizovala v rámci jedné dvouvývodové pasivní součástky.

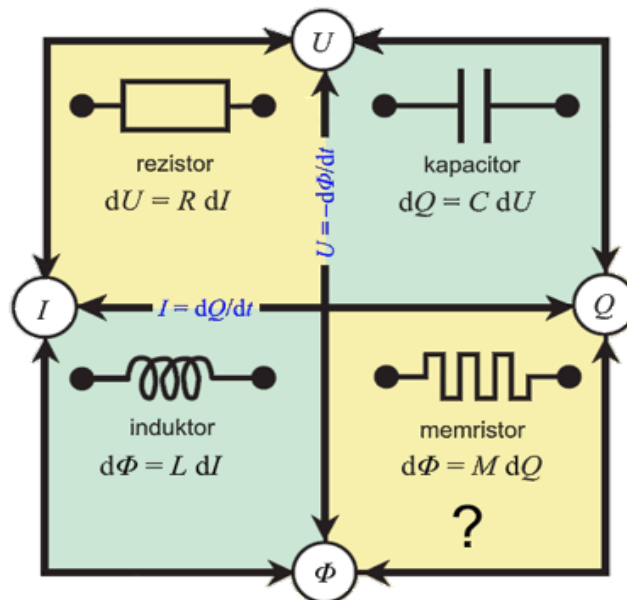
Vědci z HP pod vedením pana Stanley Williamse téměř náhodnou při výzkumu nanometrových struktur pro nové integrované obvody objevili, že pokud se jinak silně nevodivý polovodičový materiál TiO_2 z poloviny nadotuje určitými příměsemi, jeho vodivost se zvýší, a zároveň vykazuje efekt paměťového rezistoru (běžněji anglické označení memristor). Celý následný vývoj memristoru pak dotáhli do konečné realizace součástky a konkrétních funkčních obvodů založených na memristorech vytvořené 15 nm technologií.



Základní struktura memristorů

První teorie vedoucí ke vzniku memristoru

V roce 1971 se Leon Chua, profesor Kalifornské univerzity v Berkeley, zabýval symetriemi ve vztazích popisujících tři tehdy známé pasivní součástky – rezistor, kondenzátor a cívku. Mezi základní veličiny v elektrickém obvodu patří napětí, proud, náboj a magnetický tok. Pro tři dosud známé součástky platí mezi veličinami ve zbývajících dvojicích lineární vztahy. Leon Chua doplnil tyto vztahy lineární závislostí pro poslední dvojici a zavedl tak hypotetickou součástku – memristor.



| součástka | vztah | vlastnost | <u>impedance</u> ($U = XI$) |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| rezistor (odpor) | $dU = R dI$ | R odpor | X_R reaktance |
| kapacitor (kondenzátor) | $dQ = C dU$ | C kapacita | X_C kapacitance |
| induktor (cívka) | $d\Phi = L dI$ | L indukčnost | X_L induktance |
| memristor (paměťový odpor) | $d\Phi = M dQ$ | M memodpor | X_M memrezistance |

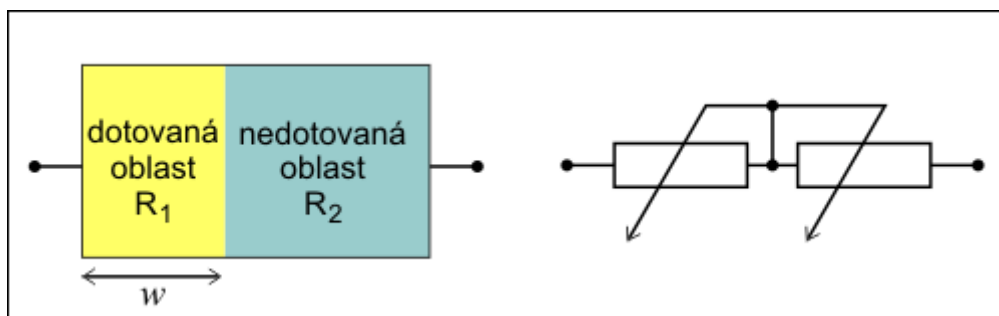


I N V E S T I C E D O R O Z V O J E V Z D Ě L Á V Á N Í

INTERNETOVÝ PORTÁL ELEKTROTECHNIKA - Tento projekt je spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky
CZ.1.07/1.3.09/01.0021 D/0059/2009/ŘDP

PRINCIP ČINNOSTI

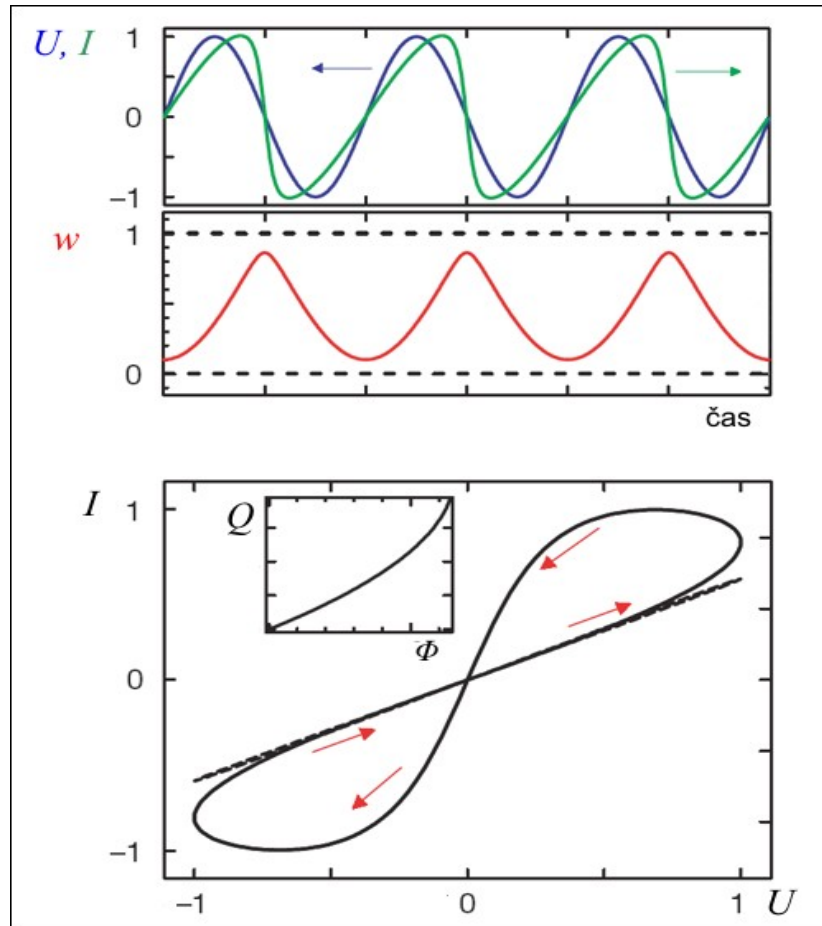
Memristor se chová jako součástka s výsledným odporem R daným sériovým zapojením dotované a nedotované oblasti s odpory R_1 a R_2 . Hodnoty jednotlivých odporů a tím i celkového odporu závisí na poloze w rozhraní obou oblastí v polovodiči. Při protékání proudu dochází k přemístování náboje (včetně děr a tím i dotované příměsi). Poloha rozhraní se tak mění v závislosti na proteklém náboji. Začne-li téct proud opačným směrem, rozhraní mezi oblastmi se bude pohybovat na druhou stranu. Teoreticky tak součástka může měnit polohu rozhraní w od nuly do celé šířky vrstvy a tím odpor od nekonečna do nuly, prakticky od megaohmů po miliohmy. Po odpojení proudu si součástka ponechá aktuální odpor. Svou funkcí je tato součástka podobná reostatu ebo potenciometru, jezdcem (rozhraním) však nikdo nehýbe, nastavuje se automaticky podle množství proteklého náboje.



Popis funkce

Memristory dostaly své jméno pro svoji schopnost “pamatovat si“ i po vypnutí zdroje. Dnes využívá převážná část počítačů dynamickou paměť s náhodným (libovolným) přístupem (DRAM – dynamic random access memory), která má tu nepříjemnou vlastnost, že z ní data po vypnutí zmizí. Pokud by počítač využíval paměť postavenou na základě memristorů, dokázal by obnovit svoji činnost bez dlouhého zavádění operačního systému, prostě by se zapnul a byl by připraven k práci. Využití memristorových pamětí, jako úložišť dat všeho druhu, by mohlo výrazně zvýšit pružnost a rychlost práce s počítačem.

Voltampérová charakteristika memristoru, odezva na přivedené střídavé napětí



Na horním grafu je časový průběh napětí (modře) a proudu (zeleně). Hodnoty jsou vztaženy k maximálním zjištěným hodnotám. Na prostředním diagramu je časová závislost šířky rozhraní w (vztažené k celkové šířce polovodiče). Na spodním obrázku je VA charakteristika (závislost proudu na napětí, která jeví typickou hysterezi).



I N V E S T I C E D O R O Z V O J E V Z D Ě L Á V Á N Í

INTERNETOVÝ PORTÁL ELEKTROTECHNIKA - Tento projekt je spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky
CZ.1.07/1.3.09/01.0021 D/0059/2009/ŘDP

Vlastnosti a výhody memristoru

- Automatická změna vodivosti struktury podle velikosti napětí (protékaného proudu)
- Paměťový efekt = velice dlouhodobé (měsíce) zapamatování si hodnoty vodivosti i po odpojení zdroje
- Na rozdíl do MRAM nebo FRAM není paměťová funkce skoková, ale lineární
- Memristor realizuje v jedné součástce zapojení realizovatelné mnoha tranzistory a odpory
- Trvalé elektrické nastavení hodnoty odporu
- Zatímco k převodu magnetického pole na statické (indukce na náboj) bylo doposud nutné jít přes dlouhou cestou $L \rightarrow u \rightarrow i \rightarrow C$, s pomocí memristoru to lze udělat přímo $L \rightarrow C$.
- Funkce memristoru z matematického hlediska není nová ani nerealizovatelná dnešními aktivními součástkami, ale v podobě memristoru od HP to dělá pouze jedna součástka, jeden prvek z fyzického pohledu.
- Paměťová funkce memristoru se používáním nemění / neochodí (neomezený počet "nastavovacích cyklů")

Využití

Jednou oblastí uplatnění memristoru je nový druh počítačové paměti, která by doplnila a časem i nahradila současné běžně používané paměti DRAM. Počítače, které používají konvenční paměti DRAM, nejsou schopny uchovat informace po přerušení napájení. Po obnovení napájení počítače s pamětí DRAM musí proběhnout pomalý a energeticky náročný proces spuštění systému, kdy jsou data potřebná pro fungování systému načtena z magnetického disku.

Další oblastí uplatnění technologie memristorů může být vývoj počítačových systémů, které si pamatují a asociují série událostí podobně, jako lidský mozek rozpoznává vzorce. Mohlo by to pomoci podstatně zdokonalit současnou technologii rozpoznávání obličejů a umožnit bezpečnostní funkce, které rozpoznají komplexní soubor biometrických rysů osoby oprávněné přistupovat k osobním informacím, nebo umožnit zařízením, aby se učila z dřívějších zkušeností.



I N V E S T I C E D O R O Z V O J E V Z D Ě L Á V Á N Í

INTERNETOVÝ PORTÁL ELEKTROTECHNIKA - Tento projekt je spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky
CZ.1.07/1.3.09/01.0021 D/0059/2009/ŘDP

V neposlední řadě je jeho využití i v elektronice. Možnost řízeného záznamu odporu součástky může mít aplikace při realizaci rychlých signálových prepínačů, v měřicích přístrojích pro snadné nastavení rozsahu a nulové hodnoty, pro automatické ovládání senzorů na základě sledovaného signálu, atd. Memristory mohou najít využití při převodu analogového a digitálního signálu, při další miniaturizaci logických obvodů i v mnoha dalších aplikacích.