

FÁZA

NOVINY SEZ-KES

ISSN 2989-3542

Neuromorfika: Evolučný krok v oblasti umelej inteligencie



Ondrej Sarnecký

Head of Technology,
Neuromorphics Europe, n.o.



Radovan Zigo

Project Manager,
Neuromorphics Europe, n.o.

Spoločne sme svedkami veľkej technologickej transformácie, ktorá ovplyvňuje všetky aspekty nášho života. Vedecký pokrok posledných rokov priniesol výrazný nárast množstva zariadení schopných nahrávať a ukladať dáta s nevídanou presnosťou a v obrovskom rozsahu. Stali sme sa neoddeliteľnou súčasťou tejto technologickej revolúcie. Každý z nás generuje obrovské množstvo dát jednoduchým kliknutím na webe. Žijeme v období, ktoré nám ponúka jedinečné príležitosti na analýzu týchto dát a lepšie porozumenie sveta okolo nás.

Jedným z nástrojov na analýzu týchto informácií je využitie umelej inteligencie (AI). S príchodom nového milénia sa AI vymanila z "doby ľadovej", keď jej vývoj stagnoval kvôli nedostatku vhodného hardvéru. V poslednom desaťročí však AI zažíva obrovský boom a pojmy ako "deep learning" sa stali populárnymi výrazmi v startupoch a technologickom pokroku. Avšak, aj dnes čelíme hardvérovým obmedzeniam, najmä čo sa týka dizajnu čipov a fyziky

kvantových javov. Moorov zákon – ktorý predpovedal, že počet tranzistorov na čipe sa každých 18 mesiacov zdvojnásobí – už viac neplatí. Vzhľadom na množstvo ukladaných dát a dopyt po ich analýze sa tento trend stal nedostačujúcim.

Prečo konvenčné počítačové architektúry nestíhajú za dopytom?

Jednoducho, nedokážu škálovať.

V súčasnosti čelíme trom hlavným problémom:

Spotreba energie

Súčasný čip spotrebujú stále väčšie množstvo energie, čo predstavuje významnú výzvu pre vývojárov, najmä pri vývoji čipov pre mobilné zariadenia. Podľa Moorovho zákona každý rok zvyšujeme počet tranzistorov na čipe, avšak efektívne využitie tohto rastúceho počtu tranzistorov je problémom. Jav nazývaný "dark silicon" opisuje situáciu, kde v danom momente je využívaná len určitá časť čipu, zatiaľ čo zvyšok ostáva nevyužitý.

Produkcia tepla

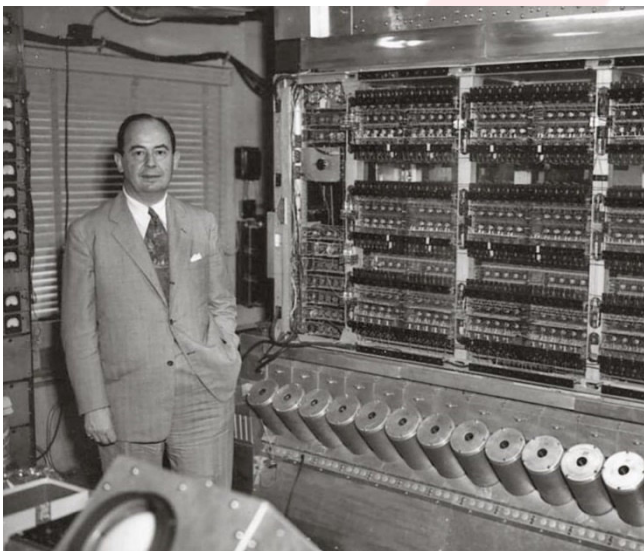
Zvyšovanie počtu tranzistorov na čipe vďaka ich zmenšovaniu prináša problém prehrievania a produkcie tepla. Väčší počet tranzistorov v menšom priestore zvyšuje teplotu, čo predstavuje výzvu nielen pre samotné čipy a ich dizajn, ale aj pre datacentrá, ktoré potrebujú veľké množstvo energie na chladenie.

Pamäťová šírka pásma

Pamäťová šírka pásma je rýchlosť, ktorou sú dáta čítané alebo zapisované procesorom do polovodičovej pamäte, a je vyjadrená v bajtoch za sekundu. Problém rýchlosti čítania a zapisovania dát do pamäte je základným nedostatkom súčasnej Von-Neumannovej architektúry, ktorá už nie je postačujúca.

Nielen čipy, ale všeobecne hardvér bol po celé desaťročia vyvíjaný na základe Von-Neumannovej architektúry, ktorej základná vlastnosť je centralizácia. Táto architektúra, pomenovaná po fyzikovi Johnovi von Neumannovi, vznikla v 40. rokoch 20. storočia a je charakterizovaná lineárnou komunikáciou dát medzi centrálnym procesorom a pamäťovými čipmi.

Von-Neumannova architektúra priniesla po celé desaťročia neuveriteľné prínosy vo svete vedy a techniky. Avšak, jej centralizovaná povaha dnes čelí vážnym problémom v oblasti škálovateľnosti. S rastúcou potrebou komunikácie s pamäťou sa znižuje šírka pamäťového pásma (memory bandwidth), teda rýchlosť čítania a zapisovania dát do pamäte. Napriek tomu, že sme na tejto architektúre vyvinuli veľmi efektívne neurónové siete schopné analyzovať komplexné dátové sady a nachádzať v nich vzory, aj tu sme narazili na limity kognitívnej inteligencie.



John von Neumann a jeho high-speed computer, rok circa 1952

Na začiatku milénia, s obnoveným záujmom o AI a príchodom nových algoritmov pre neurónové siete, sme si uvedomili tento narastajúci problém a začali hľadať nové spôsoby, ako navrhnuť čipové architektúry s vyššou efektívnosťou. Inšpiráciou sa stal náš vlastný biologický mozog, čo viedlo k zrodu nového smeru – neuromorfneho výpočtového systému (Neuromorphic Computing). Prečo sa ľudský mozog stal inšpiráciou pre neuromorfnú architektúru? Stručne povedané, ľudský mozog je mimoriadne efektívny v hľadaní vzorov v obrovskom množstve nejasných vstupných dát. Ďalším dôvodom je jeho distribuovaná pamäť a

masívny paralelizmus, čo z neho robí presný opak Von-Neumannovej architektúry. Tieto vlastnosti robia neuromorfnú architektúru vhodnou pre výrazné zvýšenie efektivity súčasnej AI a neurónových sietí.

Biologický mozog ako dokonalá inšpirácia

Koncepcná kategorizácia a reprezentačný problém

Neurónové siete priniesli významné riešenie tzv. "reprezentačného problému" a koncepcnej kategorizácie. Koncepcná kategorizácia si vyžaduje vytvorenie reprezentácie v pamäti počítača, na ktorú je možné mapovať rôzne podnety v podobe dátových vstupov z okolitého sveta. Napríklad, pojem "Clifford" by bol mapovaný do kategórií "zvíra" a "pes", zatiaľ čo "Volkswagen Beetle" by bol mapovaný ako "stroj" a "auto". Vytváranie robustného a komplexného mapovania podnetov z okolitého sveta je výzvou, pretože jednotlivé kategórie a ich členovia sa môžu výrazne líšiť vo svojich vlastnostiach – napríklad "človek" môže byť muž alebo žena, starý alebo mladý, vysoký alebo nízky. Dokonca aj jednoduchý objekt, ako je kocka, sa môže meniť v závislosti od uhla a osvetlenia, čo zvyšuje komplexitu kategorizácie.

Tieto koncepcné kategórie sú vytvorené ľudskou myslou, a preto je logické, že sa inšpirujeme tým, ako ľudský mozog tieto reprezentácie ukladá a s nimi pracuje. Neurónové siete ukladajú tieto reprezentácie v spojeniach medzi neurónmi, známych ako synapsie, pričom každá synapsia má priradenú váhu. Namiesto toho, aby boli naprogramované, neurónové siete sa učia, aké váhy používať prostredníctvom procesu tréningu. Po dostatočnom počte príkladov siete dokážu kategorizovať nové objekty, ktoré predtým nikdy nevideli, alebo aspoň ponúknuť najlepší odhad.

Dnes sú neurónové siete dominantnou metódou riešenia klasifikačných úloh, ako je rozpoznávanie rukopisu, prepis hlasu do textu a rozpoznávanie objektov. V prípade ľudského mozgu každý neurón pracuje paralelne s ostatnými, čím distribuuje informáciu a decentralizuje ju medzi ostatné neuróny. Tento masívny paralelizmus a distribuovaná pamäť robia ľudský mozog nesmierne energeticky efektívnym, pričom spotrebuje len približne 20 W energie.

Masívny paralelizmus

Vďaka evolúcii sa náš mozog stal neuveriteľným nástrojom na hľadanie zaujímavých vzorov a spracovanie podnetov od našich vnemových orgánov vo forme dátových vstupov. Aj keď o mozgu ešte stále nevieme všetko, jednou z podstatných inšpirácií pre neuromorfne systémy je jeho schopnosť masívneho paralelizmu. Neurónové siete sú matematické modely, ktoré sa snažia zjednodušené napodobniť fungovanie neurónových sietí v

biologickom mozgu. Avšak súčasný hardvér je veľmi neefektívny pri simulácii týchto modelov. Hlavným dôvodom je základný rozdiel medzi fungovaním mozgu a dnešných digitálnych počítačov. Zatiaľ čo digitálne počítače pracujú s binárnym kódom 0 a 1, synaptické váhy, ktoré mozog používa na ukladanie informácií, môžu nadobúdať hodnoty v širokej škále, čo predstavuje jeho analógový charakter.

Čo je ešte dôležitejšie, v počítači je možnosť spracovania signálov obmedzená počtom CPU jadier, ktoré sa pohybujú medzi 8 až 12 na bežných počítačoch alebo 1000 až 10 000 na superpočítačoch. Naproti tomu mozog spracováva až trilióny signálov súčasne, vďaka svojej masívnej paralelnej architektúre.

Tento rozdiel v spracovávaní informácií medzi biologickým mozgom a digitálnymi počítačmi nás inšpiruje k hľadaniu efektívnejších spôsobov návrhu výpočtových systémov, ktoré by mohli lepšie napodobňovať schopnosti nášho mozgu.

Energetická efektivita

Dva hlavné rozdiely medzi biologickým mozgom a súčasnými počítačmi – paralelizmus a analógové spracovanie – majú významný dopad na ich energetickú efektivitu. Evolúcia mala na náš mozog veľký vplyv aj v tomto smere. Keďže pre našich predkov bolo hľadanie potravy náročnou úlohou, mozog sa počas evolúcie prispôbil na takú úroveň, že jeho energetická spotreba v súčasnosti nepresahuje 20 W.

Je zaujímavé, že ak by sme chceli simulovať náš mozog pomocou dnešných počítačov, spotrebovali by sme na jeho simuláciu a prevádzku obrovské množstvo energie – viaceré megawattov, čo by vyžadovalo prevádzku viacerých superpočítačov. Hlavným dôvodom vyššej spotreby energie v súčasných počítačoch sú ich vysoké pracovné frekvencie, na rozdiel od mozgu, ktorý pracuje s veľmi nízkymi frekvenciami.

Tento rozdiel v energetickom využití nás inšpiruje k hľadaniu nových prístupov k výpočtovým systémom, ktoré by mohli lepšie využívať princípy energeticky efektívneho spracovania, ako je to prirodzené pre biologický mozog.

Odolnosť voči chybám, respektíve “Fault tolerance”

Ďalším významným rozdielom medzi neuromorfnými čipmi a konvenčným počítačovým hardvérom je ich schopnosť tolerovať chyby, podobne ako to robí náš biologický mozog. V prípade neuromorfných čipov môže časť komponentov zlyhať a čip stále pokračuje v normálnom fungovaní. Niektoré neuromorfné čipy sú dokonca schopné tolerovať až 25% chybovost, čo predstavuje obrovský rozdiel oproti dnešnému konvenčnému hardvéru, kde aj jediné zlyhanie môže spôsobiť nevyhnutnosť výmeny celého čipu, čím sa stáva nepoužitelným.

Potreba precíznej a veľmi nákladnej výroby súčasných čipov, pričom ich veľkosť sa neustále znižuje, vedie k exponenciálne vyšším nákladom na výrobu. Tento faktor je jedným z dôvodov, prečo neuromorfné čipy predstavujú sľubnú alternatívu, keďže ich schopnosť tolerovať chyby môže viesť k výraznému zníženiu nákladov a zvýšeniu spoľahlivosti v rôznych aplikáciách, vrátane umelej inteligencie a robotiky. Neuromorfné čipy nepotrebujú takú vysokú precíznosť pri výrobe ako dnešné čipy, čo vedie k ich nižším výrobným nákladom.

Od medicínskeho pokroku k A.G.I.

Neuromorfný softvér: Výzva pre budúcich priekopníkov

Neuromorfný hardware je už dlhšiu dobu dostupný na komerčnom trhu, no softvér zostáva stále oblasťou aktívneho výskumu a vývoja. Jedným z najväčších technologických výziev je masívny paralelizmus. Súčasný programy dokážeme napísať tak, aby bežali paralelne na desiatkach jadier procesora, avšak vytvoriť softvér pre desiatky tisíc až stovky tisíc jadier, ktorý by efektívne využíval neuromorfný čip, predstavuje obrovskú výzvu. Riešením tohto problému je nutné vyvinúť nové paradigmy a abstrakcie v oblasti programovania a programovacích jazykov.

Neuromorfné čipy a ich súčasné aplikácie

V súčasnosti sa neuromorfné čipy najčastejšie využívajú na simuláciu mozgovej aktivity. Konvenčný digitálny aj neuromorfný hardware nám však neumožňuje simulovať celý ľudský mozog, ale iba jeho určité časti. Tieto simulácie nám pomáhajú napríklad porozumieť progresii určitých ochorení a porúch, ako napríklad depresia, kde nízke hladiny serotonínu ovplyvňujú komunikáciu neurónov prostredníctvom neuromodulátorov. Tieto simulácie nám umožňujú lepšie pochopiť fungovanie mozgu a prispievajú nielen k rozvoju medicíny, ale aj k ďalšiemu rozvoju neuromorfných architektúr a hardvéru.

Jednou z potenciálnych aplikácií neuromorfného hardvéru v medicíne je analýza dát pacientov s cieľom identifikovať podobné vzory v databázach ďalších pacientov. Toto nám pomáha presnejšie definovať zdravotné problémy a vybrať efektívnejšiu alebo dokonca individualizovanú liečbu.

Ako bude neuromorfika meniť našu budúcnosť?

Príchod novej generácie neuromorfných počítačov by mohol napomôcť neurovedcom vyplniť medzery v našom poznatkovom chápaní mozgu. Ak sa neuromorfné čipy rozšíria do širokej komerčnej praxe, môžu výrazne transformovať naše interakcie so „smart“

zariadeniami dneška. Od smartfónov po autonómne vozidlá a novú generáciu robotov, táto technológia môže integrovať kognitívne schopnosti biologického mozgu do zariadení a strojov, ktoré sú dnes obmedzené rýchlosťou, výkonom a spotrebou energie.

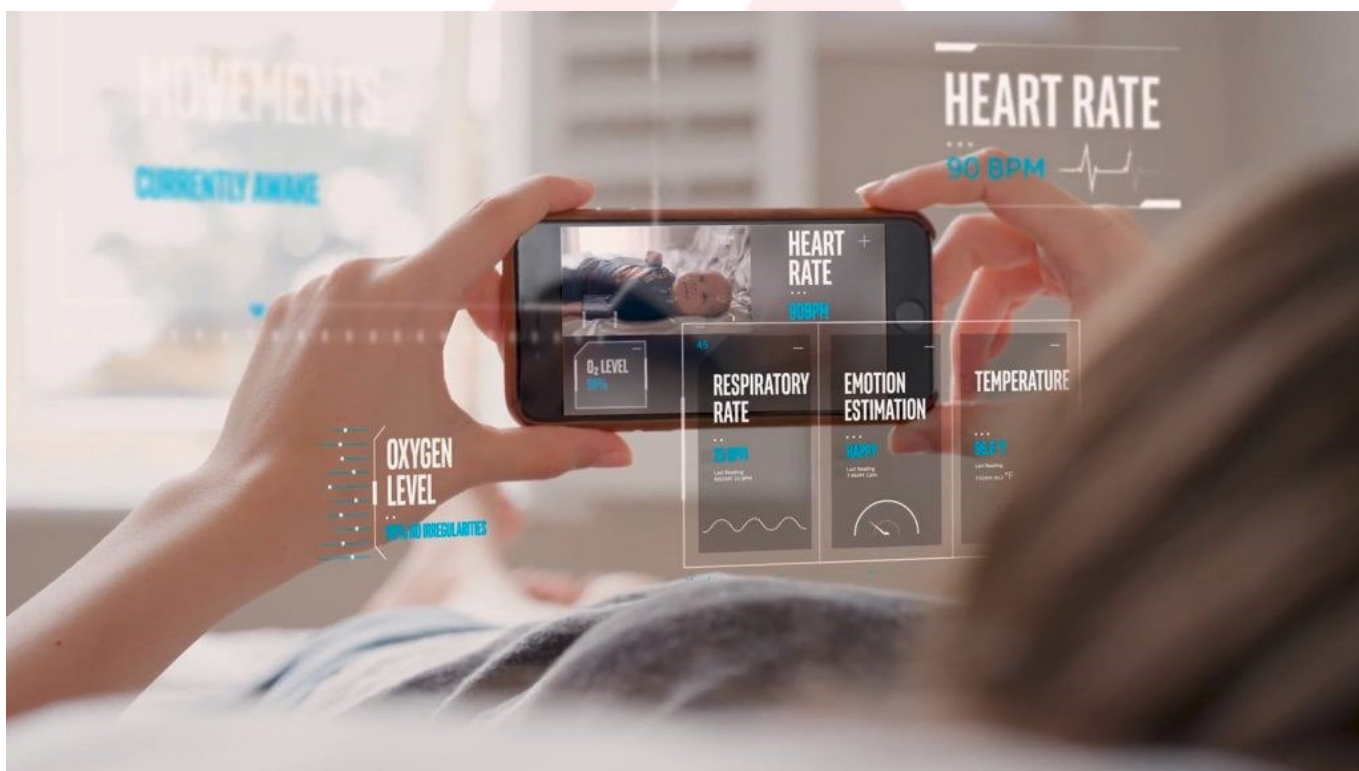
Neuromorfne počítače by mohli predstavovať ďalší krok smerom k vytvoreniu kognitívnych systémov a takých, ktoré sú schopné učiť sa, využívať vlastnú pamäť pre lepšie pochopenie okolia a samostatne odôvodňovať svoje rozhodnutia. Taktiež by mohli pomáhať ľuďom v procese rozhodovania a viesť nás k ďalšiemu vývoju umelej inteligencie smerujúcej k všeobecnej umelej inteligencii (AGI).

Neuromorfika v Európe

V Európe a po celom svete sa mnoho odborníkov venuje vývoju neuromorfnych systémov, či už v oblasti komerčných aplikácií alebo akademického výskumu. Aktívny výskum a vývoj sú nevyhnutné, no rovnako dôležitý je aj vytváranie komunity, ktorá zahŕňa odborníkov, profesionálov a nadšencov. Spoločne určujú smer, ktorým by sa mali uberať dopyt a vývoj kognitívnych technológií.

Jednou z organizácií, ktorá sa zameriava na spájanie ľudí a podporu nadšencov v tejto oblasti, je Neuromorphics Europe, o.z.. Táto organizácia sa venuje implementácii najnovších pokrokov v oblasti neuromorfnych systémov do každodenného života ľudí a riešeniu aktuálnych problémov v oblastiach ako medicína, zdravotná starostlivosť, doprava, smart cities a vzdelávanie. Spoločným cieľom tejto komunity je objavovanie priemyselného využitia a nových možností týchto technológií a zdieľanie nadobudnutých skúseností so svetom.

Zhodnotenie na záver. Tradičné počítače boli, sú a ešte budú vynikajúcim nástrojom pre presné výpočty a matematické modelovanie sveta. Avšak v súčasnosti, pokiaľ ide o hľadanie vzorcov a paternov v obrovskom množstve nejasných dát, neuromorfne architektúry sa ukazujú ako jasný líder. Spojením využitia tradičných počítačov a neuromorfnych čipov môžeme dosiahnuť veľmi zaujímavé synergické efekty, ktoré by mohli predstavovať prvý, kľúčový krok v evolúcii umelej inteligencie



Intel pracuje na neuromorfnej technológii „Loihi“ už viac ako desať rokov. Namiesto tradičných logických brán využíva ako základnú výpočtovú jednotku tzv. spiking neuróny. Tieto neuróny dokážu prenášať signály rôznej intenzity, podobne ako neuróny v našich vlastných mozgoch.

Prevádzka a revízie nabíjачích staníc

Ing. Vladimír Kukučka

Business Development
Manager – ABB E-mobility
Člen prezídia SEZ-KES – www.sez-kes.sk

Preferencie zákazníkov sa stále významnejšie odrážajú v raste dopytu po elektromobiloch na Slovensku. Nabíjanie elektromobilov sa tak stáva súčasťou nášho života a nabíjacie stanice sú inštalované (podobne ako čerpacie stanice) v rámci dopravnej infraštruktúry, ale po novom tiež v rezidenčných a priemyselných objektoch. Práve z týchto dôvodov je dôležité dodržiavať technické normy a postupy navrhnuté výrobcom, aby bola vždy na prvom mieste bezpečnosť používateľa nabíjачích staníc.

Slovenské legislatívne predpisy týkajúce sa elektromobility

- Zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov, ktorý definuje požiadavky na výstavbu nabíjачích staníc v budovách a na parkoviskách.
- Zákon č. 251/2021 Z.z. o energetike, ktorý vyníma prevádzku nabíjачích staníc z podnikania v energetike a zadáva povinnosti prevádzkovateľa pri registrácii nových nabíjачích staníc.
- Bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci definuje zákon č. 124/2006 Z.z. cez vyhlášku MPSVaR SR č. 508/2009. Podľa § 4, tejto vyhlášky patria nabíjacie stanice podľa miery ohrozenia pod vyhradené technické zariadenia – elektrické, skupina „B“ (pozri Prílohu č. 1, III. Časť Rozdelenie technických zariadení elektrických). Nabíjacie stanice smie inštalovať iba elektrotechnik s kvalifikáciou podľa vyhlášky MPSVaR SR č. 508/2009, § 21 až 24. Inštalácia však môže byť obmedzená aj výrobcom, s tým, že inštaláciu môže realizovať len certifikovaný (preškolený) pracovník.
- Samotné nabíjacie stanice sú výrobky, pre ktoré platia výrobné normy a ich uvedenie na trh reguluje zákon č. 56/2018 Z. z. o posudzovaní zhody výrobku a nariadenie vlády č. 148/2016 Z. z. o sprístupňovaní elektrického zariadenia určeného na používanie v rámci určitých limitov napätia na trhu.

Základné technické a bezpečnostné normy

- STN 33 2000-7-722 – Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 7-722: Požiadavky na osobitné inštalácie alebo priestory. Napájanie elektrických vozidiel.

- STN EN IEC 61851-1 – Systém nabíjania elektrických vozidiel vodivým prepojením. Časť 1: Všeobecné požiadavky.
- ATN® 010 Bezpečnostné aspekty elektromobility. Garáže v bytových a nebytových budovách s parkovacími miestami s infraštruktúrou pre elektromobily.



Odborné prehliadky a odborné skúšky

Pre elektromobilitu nie sú normou stanovené špeciálne požiadavky na revízie, ako je tomu napr. pre fotovoltiku. V prípade infraštruktúry pre elektromobilitu sa revízia vykonáva štandardne podľa STN 33 2000-6 na časti pevnej inštalácie. Revízia sa vykonáva tak, aby sa zabezpečilo splnenie požiadaviek IEC 60364 aj na existujúcej inštalácii, ktorá môže byť ovplyvnená prevádzkou nabíjачej stanice. Samotná nabíjacia stanica je výrobok, vyrobený podľa noriem pre systémy nabíjania elektrických vozidiel (súbor STN EN IEC 61851 a iné pridružené normy). Nabíjacia stanica musí mať vyhlásenie o zhode v súlade so zákonom č. 56/2018 Z. z. a NV č. 148/2016 Z. z. Nabíjacia stanica sa pripája do pevnej inštalácie a výrobca môže určiť špeciálne podmienky pre montáž, prevádzku a údržbu v manuáli k nabíjачej stanici. Ak výrobca nepožaduje inštaláciu staníc preškolenými pracovníkmi, musia byť splnené všetky podmienky určené v inštaláčnom manuáli aby bola na nabíjачiu stanicu poskytovaná plná záruka. Neexistuje jednotný postup pre kontroly a skúšky nabíjачích staníc. Preto pri ich výbere a pred inštaláciou treba dôkladne naštudovať tieto dodatočné podmienky. Z tohto dôvodu je vhodné preferovať výrobcov s dostupným servisným zázemím na Slovensku, s technickými podkladmi a manuálmi v slovenčine. Overovanie parametrov nabíjачej stanice sa dá vykonať pomocou štandardných združených revíznych prístrojov spolu s meracími sadami pre elektromobilitu. Servis a údržbu spolu s prehliadkami vykonáva výlučne zmluvný servisný technik výrobcu nabíjачej stanice.

Plán profylaxie – preventívne technické prehliadky nabíjачích staníc

Väčšina výrobcov rýchlonabíjачích staníc požaduje preventívnu prehliadku minimálne jedenkrát za rok. V pláne profylaxie výrobca definuje povinné výmeny komponentov podľa jednotlivých rokov prevádzky a tiež kontrolu bezpečnosti stanice a nameraných veličín. Výstupom by mal byť protokol o profylaktickej prehliadke, s prípadným poznačením závad, ktoré treba odstrániť. Ak prehliadku realizuje výrobcom poverená externá spoločnosť, je potrebné zaslať kópiu protokolu aj výrobcovi.

Protokoly sa pre ďalšie použitie archivujú v rozsahu napr.:

- Factory Acceptance Test (FAT) – záznam o výstupnom teste a kontrole vo výrobe pred expedíciou – archivuje výrobca.
- Protokol o uvedení do prevádzky vrátane odskúšania v prevádzke u zákazníka („Site Acceptance Test – SAT“) – archivuje majiteľ aj výrobca.
- Protokol o preškolení obsluhy nabíjачej stanice – archivuje majiteľ.
- Oznámenie na ÚRSO o spustení nabíjачej stanice pre verejné nabíjanie nad 100 kW – archivuje majiteľ.
- Protokol o ročných profylaktických prehliadkach – archivuje majiteľ aj výrobca



ABB: V nabíjaní sme doma

Už viac ako sto rokov je ABB lídrom v elektrifikácii a mobilite

V ABB máme 130-ročnú tradíciu vedúceho postavenia v oblasti dostupných technológií a globálne líderstvo v portfóliu AC a DC nabíjania – pre bezpečnú, inteligentnú a udržateľnú mobilitu.

Aj preto máme dôveru najväčších značiek a poskytujeme riešenia pre elektromobilitu od diaľničných koridorov až po domácnosti.

www.abbnabijacky.sk

ABB

Úvod do problematiky: Elektronické kamerové systémy, návrh, chyby, revízie



Ján Čambal

CEO

www.auditnehnutnosti.sk

Problematika kamerových systémov, je stále aj v odbornej komunite často diskutovanou témou z viacerých dôvodov. Nakoľko jednotlivé faktory predmetnej technológie sa skladajú z rôznych malých fragmentov, ktorým je potrebné globálne porozumieť, aby bolo možné následne na profesionálnej úrovni zostaviť z nich funkčný celok.

Vo všeobecnosti je možné kamery rozdeliť do dvoch základných skupín a to analógové kamery alebo IP(Internet Protocol) kamery. Analógové kamery sa dnes už menej využívajú. Z dôvodu ich nižšej ceny sú pre niektorých klientov stále zaujímavé, aj keď na úkor kvality záznamu. Uplatnenie si našli aj v zdravotníctve, napríklad kvôli rýchlosti prenosu, či špeciálnym objektívom. No a v niektorých finančných inštitúciách, zase kvôli nekvalitnému záznamu, aby sa nedal identifikovať páchatel, ale dalo sa zase preukázať, že skutok sa stal a je možné uplatniť tak poisťné plnenie. Pre záznam z kamier sa využíval DVR (Digital Video Recorder) pre analógové kamery, pre moderné systémy sa dnes využíva NVR (Network Video Recorder), prípadne serveri. V dnešnom svete sa však prevažne využívajú IP kamery, čím sa defakto zvyšujú nároky na revízneho technika, pretože sa otvára aj ďalšia brána do novej problematiky a tou sú počítačové siete.

Ako zvyčajne, úspechom každej dobrej realizácie je dobrý projekt. Žiaľ často sa stretávame s tým, že projektová, resp. realizačná dokumentácia nespĺňa náležitosti v zmysle noriem ako napríklad súbor noriem STN EN 62676 (ktoré si bude potrebné zakúpiť). Napríklad zaujímavý článok danej normy je 6.1.3.3, ktorý definuje bezpečnostnú triedu a aké požiadavky má úložisko spĺňať. Článok 6.2.2.4 zase určuje, aké systémové denníky (logy) musia spĺňať

kamerové systémy v danej bezpečnostnej triede. Určite odporúčame pre všetkých, ktorí sa venujú profesionálne kamerovým systémom, aby si normu STN EN 62676-1-1:2014 (Požiadavky pre obrazové systémy), preštudovali pre lepšiu orientáciu v predmetnej problematike. Všetky projekty ale začínajú požiadavkami investora na kamerový systém. Tu hlavnú rolu zohrajú skúsenosti realizátora takéhoto projektu a to v zmysle správneho výberu typológie technológie - kamier. Musí zohľadniť ako požiadavky investora, tak aj priestor a prostredie do ktorého bude takýto systém implementovať.

Čo sa týka kvality, zlé rozhodnutie neurobíte, ak siahnete po značke Avigilon, ktorá očarí aj vyššou cenou, na druhú stranu je to skutočne profesionálny systém, ktorý sa radí medzi špičku na trhu. Medzi jeho prednosti, patrí určite video analýza a veľmi rozumne navrhnutý dohľadový systém. Ako taká zlatá stredná cesta sú využívané kamery od výrobcov Hikvision, Dahua, AXIS, Panasonic PRO. Pozor ale na mnohé klony a „čínske“ náhrady. Väčšinou je to viac trápenia a reklamácií, ako osohu. Nakoľko kamery sú IP, dostávame sa aj do toho, že potrebujeme navrhnuť aj sieťovú štruktúru a zohľadniť hlavne bezpečnosť. Tam je výhodné na projekciu prizvať dobrého „sietára“ - špecialistu LAN/WAN (Local Area Network / Wide Area Network) sietí.



Obrázok 1

Spomíname na jeden prípad, keď jedna nemenovaná firma nainštalovala klientovi na vilu kamerový systém a do pár dní, mu úplne neznámy človek zaklopal na dvere, že našiel obraz z jeho nezabezpečených IP kamier voľne na internete, aby si to dal do poriadku. Aj také veci sa žiaľ dejú a prihlasovacie údaje ako admin

a heslo admin, či 1234 sa bežne vyskytujú. Dokonca existujú aj webové stránky, kde nájdete takto nezabezpečené IP kamery po celom svete, Slovensko nevynímajúc. Pre potreby tohto článku som to overil a nestihol som sa veru čudovať, najmä tu v Bratislavskom kraji. Dobrým pomocníkom pre projektanta je použiť k návrhu vhodný softvérový nástroj, napríklad IP Video System Design Tool (JVSG), ale podobné programy má aj Avigilon, či Dahua. Softvér dokáže navrhnuť správne typy objektívov, skontrolovať mŕtve zóny, vypočítať kapacitu siete, odhadnúť veľkosť diskového poľa, vypočítať prúdový odber – návrh switchov (PoE, PoE+, PoE++) prosto jednoducho všetky tie veci o ktorých projektant sníva. (Softvér odporúčame aj inštalačným firmám, určite pomôže pri návrhu, ako aj pri cenových ponukách.)



Obrázok 2

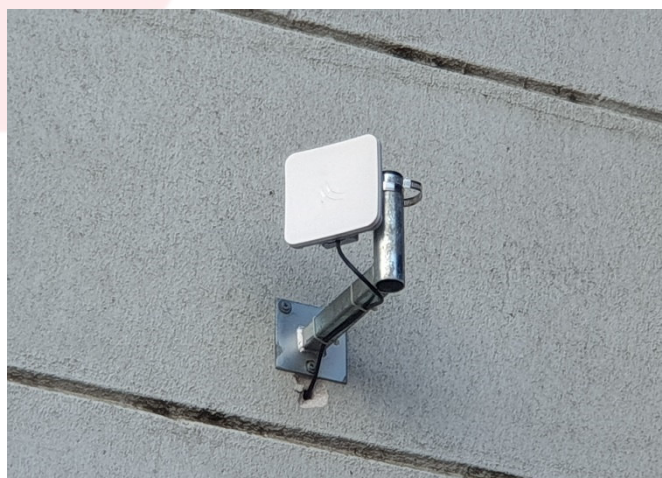
Samostatnou kapitolou pri kamerových systémoch sú ich nedostatky. Tu musíme rozlišovať či pôjde o systémovú chybu kam radíme - nesprávne navrhnutý projekt, nevládnutá realizácia, alebo ojedinelú chybu - zle zvolený komponent, lagovanie (sekanie) obrazu a podobne... Podstatou úspešnej realizácie je ale aj komunikácia s objednávateľom. Tá nezahŕňa len časť realizácie, ale aj časť servisného dohľadu. Tu musíme mať na pamäti, že túto činnosť môžu vykonávať len subjekty, ktoré disponujú s licenciou technickej služby, ktorú vydáva MV SR za splnenia určitých kritérií.

Z praxe ale vieme, že túto skutočnosť veľa realizátorov opomenie a v prípade, keď dôjde k nejakej škodovej udalosti, alebo trestnému činu, kde do hry vstupujú iné bezpečnostné zložky (napríklad polícia), ktoré požadujú súčinnosť od majiteľa kamerového systému, ten alibisticky túto činnosť presmeruje na vás ako na realizátora. A všetci dobre vieme, a keď nie tak zistíte, že takéto bezpečnostné zložky faktúru za výjazd veru neplatia. Preto je dôležité v rámci uzatvárania zmluvy ako pri realizácii, tak aj pri dohľadovom servise mať takéto skutočnosti podchytené. Pri údržbe sa treba zamerať na kontrolu záložných zdrojov, kde by sa mali bežne meniť akumulátory v zmysle normy. Pri kamerách zase treba skontrolovať pripojenia (límce kamier), či stále dosahujú požadované IP krytie. Veľmi často sú kamery inštalované pri bleskozvode, kde nie je dodržaná dostatočná vzdialenosť „s“ ale zabúda sa aj na vnútornú ochranu pred bleskom, ktorá v drvivej väčšine nie je zrealizovaná. V NVR

treba skontrolovať chybové hlásenia (logy), skontrolovať PoE (Power over Ethernet) switche v záťaži a to najmä na koncovom zariadení, stav harddisku, resp. RAID poľa, ak je inštalované. V zmysle GDPR (General Data Protection Regulation), treba posúdiť akou optikou posudzovať predmetný kamerový systém. Ak účelom monitorovania je väčšinou ochrana majetku pred krádežou alebo vandalizmom, tak právnym základom je v tomto prípade oprávnený záujem prevádzkovateľa, čím prevádzkovateľ prijme bezpečnostné opatrenia na ochranu osobných údajov a to minimálne v tomto rozsahu: Označí monitorovaný priestor viditeľným piktogramom na vstupe do objektu, poučí oprávnené osoby ako správne manipulovať so záznamami, zamedzí prístupu nepovolaných osôb k záznamom, zlikviduje záznamy po splnení účelu, na ktorý boli uchovávané, alebo po uplynutí doby, ktorú si prevádzkovateľ určil v internej smernici a podobne, všetky tieto informácie nájdete v bezpečnostnom projekte kamerového systému...

Pomocník pre inštalačné firmy, ale aj revízijských technikov kamerových systémov je napríklad merací prístroj, SecuriTEST IP, obdobných prístrojov je viac, dôležité je, aby zabezpečovali prenos aj cez ONVIF (Open Network Video Interface Forum pozn. voľný preklad – otvorený štandard pre prenos videa) a vedeli diagnostikovať FTP kábel, nekvalitne nakrimpovaná RJ45 vie veľmi potrápiť pri servise.

Na revízie kamerových systémov sa často zabúda, pritom veľké organizácie si ich vyžadujú, avšak skúsených revízijských technikov pre túto oblasť je stále nedostatok... Pri odbornej prehliadke a odbornej skúške monitorovacieho systému, si treba uvedomiť pár zásadných vecí. V prvom rade je potrebné mať licenciu na prevádzkovanie technickej služby od MVSR. Tá Vám v princípe umožňuje v zmysle §7 ods. zákona č. 473/2005 o súkromnej bezpečnosti vykonávať revízie (ale aj montáž, projektovanie, údržbu) kamerových systémov. Preto revízijski technici v zmysle §24 vyhlášky zákona č.508/2009 Z.z, pokiaľ nemajú vyššie spomínanú licenciu, by nemali realizovať tieto revízie. (Môžu v zmysle vyhlášky revidovať technické zariadenie, ako napr.



Obrázok 3

spotrebič, nie však komplexne kamerový systém). Samozrejme, žiaľ na Slovensku sa dá niekedy všetko, no potom však nastáva problém, keď sa niečo stane. Totižto je rozdiel, vyhotoviť revíziu kamerového systému na rodinný dom, alebo na hotel.

Pre vysvetlenie problematiky, sa pozrieme podrobne na oba príklady. Rodinný dom je zväčša jednoduchý systém cca. do 8 IP kamier, 1x NVR a aplikácia na mobilné zariadenia. Vo väčšine prípadov (čest' výnimkám) nebude realizačný projekt, ani zmluva o poskytnutí technickej služby, ani bezpečnostný projekt kamerového systému, ani prevádzková kniha, čiže ani kladná OPaOS. Na druhú stranu, pokiaľ má investor dobré vzťahy so susedmi, väčšinou nehrozí ani kontrola. Samozrejme na všetky tieto skutočnosti, by mal revízny technik upozorniť, pretože zákon nerieši, či máte rodinný dom, alebo v prevádzke hotel s piatimi hviezdami, pravidlá a zákony platia pre všetkých rovnako.

Ďalším príkladom je teda hotel s piatimi hviezdami (5 hviezdíček uvádzame zámerne). Tento kamerový systém, je už podstatne komplikovanejší, cca. od 24 - 100 IP kamier, jeden alebo dva servery, RAID zálohovanie dát, viaceré PoE switche, UPS ako zálohovanie. Tu treba spomenúť, že zrejme bude musieť revízny technik podpísať dohodu o mlčanlivosti, čo pri týchto objektoch je taká rutina. Následne tak (ako býva zvykom) by sa tu mal revízny technik začať riadiť projektovou dokumentáciou, kde skontroluje, či realizácia koreluje s projektom. Správca systému mu predloží bezpečnostný projekt kamerového systému a taktiež posledný servisný protokol o profylaktickej údržbe systému. Revízneho technika bude asi aj čakať správca LAN siete, aby poskytol súčinnosť. Treba taktiež vedieť, v akom rozsahu sa vyžaduje OPaOS, pretože napríklad v hoteloch, kde sú často ubytované politické exponované osoby, bude potrebné aj overiť, či je bezpečný prístup do časti kamerového systému pre externú ochranu. Overenie viete napríklad urobiť tak, že ak poznáte (príkaz ipconfig/all) primárny rozsah IP siete príklad je 192.168.1.100 /24, Default Gateway bude 192.168.1.1, a ak VLAN 1 bude 192.168.1.100 /24, gateway 192.168.1.1 a VLAN2 bude IP 10.0.0.0 /8, gateway 192.168.1.1. a vy navyiac zistíte, že to riešené cez jeden router, znamená to, že to nespĺňa bezpečnostné štandardy v zmysle noriem, pretože tento hotel bude z najväčšou pravdepodobnosťou v GRADE III. VLANy sa totižto nastavujú na switche.

Ďalej na IP kamerách je potrebné mať vypnutý prístup do siete internet, stačí iba LAN sieť. Ideálne je mať kamerový systém, fyzicky oddelený od užívateľskej siete, samostatnou štruktúrovanou kabelážou. Prístup buď to iba „Client on-side“ alebo cez VPN, žiadna verejná IP adresa, ničo ešte DynDNS, čo je deravé ako vreca zemiakov. Pokiaľ vám vyššie zmienené riadky nič nepovedali, uvážte výkon OPaOS na týchto komplikovaných objektoch, pretože vašim podpisom na OPaOS konstatujete, že v čase OPaOS zodpovedá náležitostiam v zmysle noriem a zákonov, viazaných na kamerový



Obrázok 4

systém. Zo skúseností, odporúčam vždy brať veľký zreteľ na to, aký výsledok bude mať Vaša OPaOS, pretože zo skúseností, keď nefunguje IP kamerový systém sa začnú prevádzkovatelia „oháňať“ revíziou a nie je nič horšie ako vysvetľovať nefunkčnosť kamerového systému pri krádeži cenností. Stačí si nevšimnúť zle nastavenie snímkovania, podpísať sa pod OPaOS a potom je, ako sa povie „ohneň na streche“

Navyiac, nám pomaly do platnosti vstúpi smernica NIS2. (Už v platnosti zákon č. 69/2018 Z.z. o kybernetickej bezpečnosti a o zmene a

doplnení niektorých zákonov). V skratke by sa dalo povedať, že táto nová smernica predstavuje celoeurópsku legislatívu v oblasti kybernetickej bezpečnosti. Smernica nadobudla účinnosť 16. januára 2023 a členské štáty EÚ, kde patrí aj naše krásne Slovensko ju musia implementovať do svojej legislatívy do 17. októbra 2024, a to je dátum, ktorý nám pomaly klope na dvere. Smernica zavádza viaceré nové pravidlá kybernetickej bezpečnosti a ochrany organizácií proti hackerským útokom. Mnohé subjekty na trhu, ktorých sa týka napríklad doprava, zdravotníctvo, energetika, odpadové hospodárstvo, potravinový sektor, poštové služby a podobne (viď NIS2) budú povinné prijať nové technické, ako aj prevádzkové opatrenia na riadenie rizík a ich ochranu, ale aj vzniknú nové oznamovacie povinnosti. Opatrenia, ktoré bude potrebné splniť zahŕňajú napríklad: Technológie na ochranu dát, vrátane šifrovania, ďalej segmentáciu siete, správu identít a riadenie prístupov, bezpečné aktualizácie a konfigurácie zariadení a iné rozsiahle opatrenia na riadenie kybernetických rizík. Inštaláciou kamerového systému pre subjekt, ktorý bude mať povinnosť splniť túto smernicu, musí byť oboznámený ako realizátor, ale tak aj revízny technik.

Pri prevádzke kamerového systému je dôležité dbať na dodržiavanie zákona 18/2018 (pred tým 122/2013 Z. z.) o ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 84/2014 Z. z. Úrad na ochranu osobných údajov vydal nové metodické usmernenie 18.4.2016, ktoré definuje podmienky nakladania s osobnými údajmi zachytenými kamerovým systémom.“

Dúfame, že článok objasnil aspoň základnú problematiku kamerových systémov, avšak bola načrtnutá iba „špička ľadovca“.

Memristory v priemyselných aplikáciách



Jaroslav Dzuba

*R&D Projektový manažér
v spoločnosti Bizzcom*

tel.: +421 903 442 456

email: jaroslav_dzuba@bizzcom.sk

V príspevku sa zameriam na sumarizáciu vlastností memristora, ktoré ho predurčujú na použitie v doméne digitálnych a analógových aplikácií. Prioritne sa budem venovať základnej funkcii memristora tak, ako bol najskôr teoreticky vymyslený, aby sa následne o viac ako 30 rokov neskôr zistilo, že už dávno existoval, len sme o ňom nevedeli, resp. merané vlastnosti podobných prvkov sme nepriradovali širokej skupine memristorov. Stručne spomeniem aj vývoj v spoločnosti Bizzcom realizovaný v projekte IPCEI a možnosti, ktoré nám ponúka vyvíjaná evaluačná doska. A keďže pole aplikácií memristorov je až neuveriteľne široké, zhrniem ich len veľmi stručne a nechám si priestor pre budúce príspevky.

Znovuobjavenie memristora

V dnešnej dobe je možné v dlani držať čipy obsahujúce desiatky alebo až stovky miliárd tranzistorov za cenu v prepočte nižšiu ako 1 € za miliardu tranzistorov. Čo sa týka hustoty integrácie tranzistorov do procesorov, Wikipédia uvádza posledné čísla pre procesory a grafické procesor nasledovne:

en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count

- 146 miliárd tranzistorov na niečo vyše tisíc mm² v procesore od AMD (rok 2023), čo je v prepočte 144 miliónoch tranzistorov na 1 mm², avšak v tabuľke môžeme nájsť aj vyššiu hustotu integrácie;
- 208 miliárd tranzistorov v grafickom procesore od Nvidia a TSMC (rok 2024, 4 nm proces), neuvádza sa síce hustota ale v tabuľke je možné nájsť tiež čísla vyššie ako 100 miliónoch tranzistorov na 1 mm² čipu;

Mohli by sme dlho diskutovať o tom, kam sa ešte môže posunúť hustota integrácie tranzistorov a aké dôsledky to bude mať na potrebu chladenia, resp. pokročilého inžinieringu na zvyšovanie energetickej efektivity čipov pri tak extrémnom navyšovaní výkonu na neustále zmenšujúcej sa ploche (alebo objeme) čipov. Dnes alebo v blízkej budúcnosti už nebudú výnimkou ani technológie výroby s rozlíšením základných rozmerov okolo 2 nm a zrejme je tu potenciál ísť ešte ďalej:

en.wikipedia.org/wiki/2_nm_process

Pokročilosť a vyspelosť výrobných technológií pre mikroelektroniku zabezpečila výrazné zníženie ceny tranzistorových čipov do takej miery, že sa z tranzistorových čipov stala relatívne lacná, hojne sa vyskytujúca a zároveň ľahko a rýchlo dostupná komodita.

Prirodzene sa preto vynárajú otázky:

- Či vôbec, a ako môže uspieť nejaký inovatívny elektronický prvok v dnešnej pokročilej tranzistorovej dobe?
- Kde (akýkoľvek) inovatívny prvok nájde uplatnenie, v akých aplikáciách?
- Je vôbec potreba hľadať, vymýšľať a objavovať nové funkčné mikroelektronické prvky a súčiastky?
- Ako dlho potrvá, kým sa od vedeckých publikácií a svojho teoretického bytia dostane takáto inovácia do skutočného sveta elektronických aplikácií, alebo kedy a či sa vôbec dostane až do sériovej výroby?

Podobné otázky si vo vývoji kladieme neustále a s určitosťou odpovede na ne hľadal aj vynálezca memristora **Leon Chua v roku 1971**, keď oficiálne prvýkrát opísal a publikoval teoretické úvahy o memristore v publikácii „**Memristor – the missing circuit element**“ (memristor – chýbajúci obvodový prvok). Názov vtedajšieho teoretického prvku nám poskytuje vodítko k jeho funkčnosti. „**Memristor**“ je zjednodušenou skratkou spojenia dvoch slov, vyjadrujúcich jeho základné vlastnosti: **pamäťová funkcia**, anglicky tiež „**memory**“ a elektrická fyzikálna vlastnosť **rezistivita**, resp. odvodené slovo elektronickej pasívnej súčiastky rezistor, anglicky „**resistor**“ (ľudovo a nesprávne tiež nazývaný odpor, čo je v skutočnosti jeho vlastnosť). **A tak v skorých sedemdesiatych rokoch vznikla teoretická pasívna súčiastka, ktorú by sme mohli zaradiť k trom dovtedy známym pasívnym prvkom:** rezistoru, cievke a kondenzátoru. Tie boli pritom odbornej verejnosti známe už od 30. rokov 19. storočia. Len na doplnenie, pasívnym prvkom rozumieme taký prvok, ktorý v elektronickom obvode negeneruje elektrickú energiu, ale naopak využíva energiu dodanú do obvodu inými zdrojmi:

en.wikipedia.org/wiki/Electronic_component

Leon Chua formuloval teoretický koncept memristora na úrovni základných elektrických rovníc, ktoré dávajú do súvislosti štyri previazané elektrické veličiny: napätie, prúd, náboj a magnetický tok. Každá rovnica vyjadruje vzťah dvoch veličín (Obr. 1), pričom medzi nimi môžeme nájsť všetkým elektronikom dobre známy Ohmov vzťah (výpočet napätia zo známej hodnoty odporu prvku a pretekajúceho prúdu).

Jednotlivé rovnice pritom opisujú základné vlastnosti známych pasívnych prvkov:

- elektrický odpor (rezistora)
- indukčnosť (cievky)
- kapacita (kondenzátora)

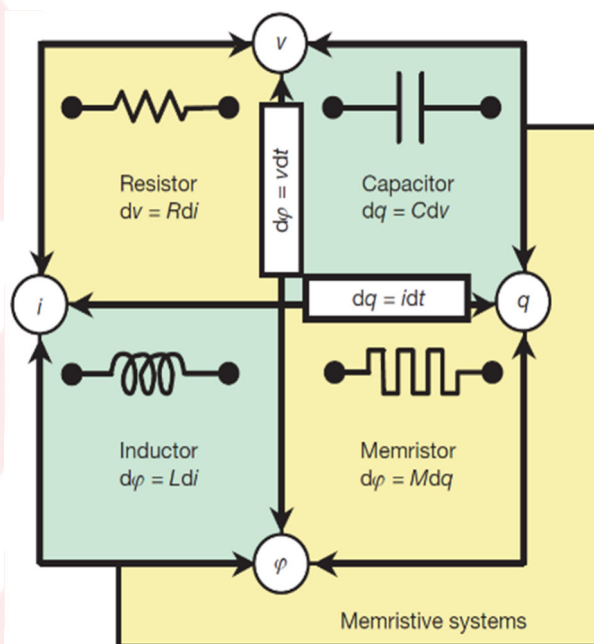
a to práve prostredníctvom štyroch spomenutých veličín. Chua si všimol chýbajúcu kombináciu veličín v rovnici, opisujúcu vzťah elektrického náboja a magnetického toku, a za pomoci argumentácie o symetrii tvrdil, že by sa tu mal nachádzať ďalší fundamentálny prvok opísaný práve vzťahom magnetického toku a náboja. A tak **položil základ teoretického memristora, nového a zároveň relatívne neskorého prírastku do rodiny základných pasívnych prvkov.**

Až v roku 2008, o viac ako tri dekády neskôr, publikoval Dmitri Strukov a Stanley Williams (vedúci laboratórií spoločnosti Hewlett-Packard v Kalifornii, USA) článok, ktorý bol odpoveďou na hľadanie skutočnej fyzickej reprezentácie memristora. **Článok „The missing memristor found“** (chýbajúci memristor bol nájdený) **bol odpoveďou na dávnu publikáciu o teoretických základoch memristora** a bol publikovaný v prestížnom magazíne Nature. **Priniesol pohľad do sveta nano-rozmerných elektronických polovodičových systémov vykazujúcich správanie podobné tomu, ktoré Chua opísal pred mnohými rokmi iba teoreticky.**

Aby som však bol férový k mnohým vedeckým tímom: ak by sme sa spätne pozreli do publikácií z obdobia medzi prvým opisom memristora a jeho prvou oficiálnou fyzickou demonštráciou (spomenutý článok z roku 2008), mohli by sme nájsť určite viac dôkazov, že podobné prvky existovali už skôr. Avšak v tom čase bola pozorovaným javom ako je memristivita priradená skôr určitá „anomália“ a takéto prvky a štruktúry neboli intuitívne pomenované ako memristor, ani vôbec spájané s touto skupinou pasívnych elektronických prvkov. Počas môjho štúdia na základnej, strednej, a dokonca ani vysokej škole som o takomto prvku nepočul, no to mohlo byť spôsobené odklonom mojich záujmov od mikroelektroniky.

Prečo teda objavenie tohto javu a fyzickej reprezentácie trvalo tak dlho? Odpoveď zjednodušene poskytuje napr. portál <https://www.americanscientist.org/article/the-memristor>, kde autor opisuje podobne ako Stanley Williams (zrejme je ním

inšpirovaný), že interakcia náboja a magnetického toku je matematická reprezentácia použitá Chuom, narozdiel od fyzikálnej reprezentácie použitej pri demonštrácii memristora laboratóriami HP. Preto práca laboratórií HP priamo nenaznačovala spojitost' prezentovaného javu s veličinami prezentovanými Chuom v roku 1971. Strukov a Williams opisujú v roku 2008 memristor ako variabilný rezistor, a teda celkový náboj ako integrál pretekajúceho prúdu je nahradený deriváciou počtu elektrónov pretekajúcich nejakým uzlom obvodu za časový úsek 1 sekundu. Podobne Strukov a Williams využili redefiníciu elektrického napätia vo vzťahu k magnetickému toku a následne vyjadrili funkciu memristora pomocou veličín napätia a prúdu namiesto náboja a magnetického toku.



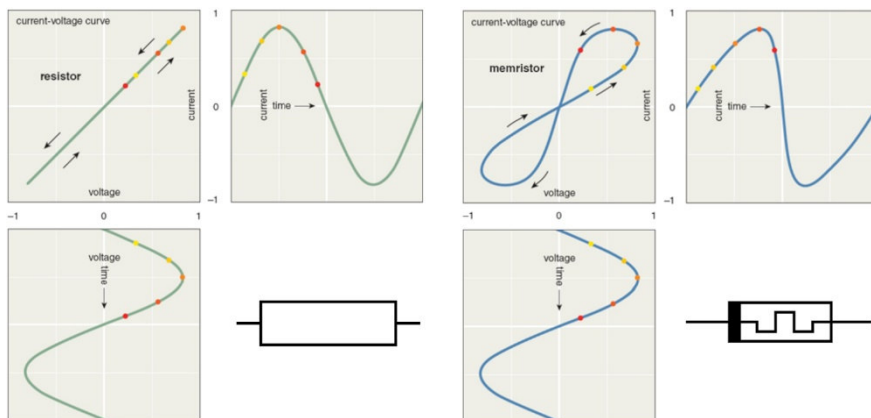
Obr. 1: Vzťahy štyroch elektrických veličín, opisujúcich tri pôvodne známe pasívne elektronické prvky a štvrtý chýbajúci prvok memristor.

Zdroj: www.nature.com/articles/nature06932

Ako funguje memristor

Základnou vlastnosťou memristora je jeho „memristivita“ M , ktorou Chua opísal základný vzťah medzi nábojom a magnetickým tokom podľa rovnice z Obr. 1. V prípade, ak by prvok bol lineárny (hodnota M by bola konštantou), memristivita by bola totožná s rezistivitou a prvok by nebol ničím výnimočný alebo odlišný od rezistora. Avšak, **ak vezmeme do úvahy že M je hodnota závislá od náboja q , vynára sa pred nami zaujímavý nelineárny prvok,** ktorého prúdovo-napätová (tzv. I-V) charakteristika je rozdielna od rezistora, a je zobrazená na Obr. 2.

Ideálny rezistor (vľavo aj so schematickou značkou) vykazuje jednoduchú lineárnu závislosť pretekajúceho prúdu od pripojeného napätia a teda hodnota rezistivity R (elektrický odpor) je konštantná a rezistor sa správa symetricky vzhľadom na pripojenú polaritu



Obr. 2: Porovnanie I-V charakteristík a schematických symbolov rezistora (vľavo) a memristora (vpravo)

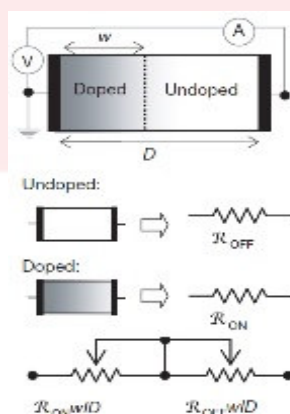
Zdroj: www.americanscientist.org/article/the-memristor

elektrického napätia. Ak sa však pozrieme na charakteristiku memristora (ideálneho), krivka I-V nie je lineárnou a jej sklon sa lokálne mení.

Táto závislosť na pretečenom náboji (resp. prúde) memristorom umožňuje kontrolovať rezistivitu memristora, čo nie je možné napr. pri rezistoroch. Memristivita aj rezistivita však používajú rovnakú jednotku, a tou je Ohm (Ω). Bez použitia aktívnych prvkov (napr. zosilňovačov) sú vlastnosti memristora nenapodobniteľné iba použitím nelineárnych rezistívnych, kapacitných alebo induktívnych komponentov, prípadne ani ich kombináciou a preto sú tak výnimočné.

Princíp činnosti memristora je možné najjednoduchšie vysvetliť na chovaní súčiastky s výsledným odporom daným sériovým zapojením dotovanej a nedotovanej oblasti, tak ako to vysvetľujú Strukov a Williams v článku uverejnenom v magazíne Nature (Obr. 3). Fyzikálnych mechanizmov v memristore však existuje viac a sú popísané neskôr v tomto článku.

Ako prvú účelovú demonštráciu memristora si Strukov a Williams vybrali dve kovové elektródy oddelené tenkou vrstvou oxidu titaničitého (nazývaný aj „titania“, chemický vzorec TiO_2). V skutočnosti sú medzi elektródami raste dve vrstvy TiO_2 , pričom jedna z nich je modifikovaná obmedzením prítomnosti oxidu pri raste. Tak v procese výroby vzniká ochudobnená vrstva, ktorá je viac vodivá (na obrázku je to dopovaná vrstva, „doped“). Hodnoty odporov jednotlivých oblastí a tým aj výsledná hodnota odporu memristora sú závislé na polohe rozhrania týchto dvoch TiO_2 polovodičov, w (podľa Obr. 3 vľavo), ktorými je memristor tvorený. Táto poloha a výsledný odpor memristora sú teda definované vlastnosťami



Obr. 3: Funkcia memristora tvoreného dvojitou vrstvou TiO_2 (vľavo), ktorú prvýkrát ako fyzický prvok prezentovali Strukov a Williams v roku 2008. Modifikácia rezistivity, resp. memristivity memristora, reprezentovaná ako I-V charakteristika (vpravo).

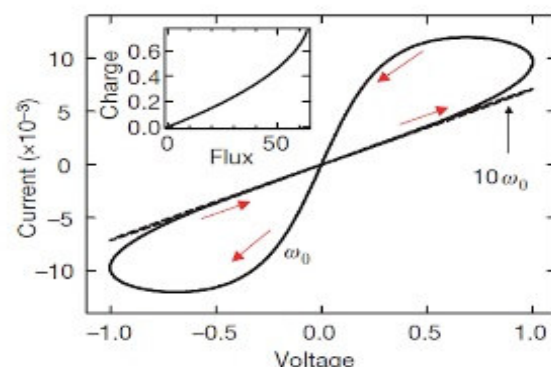
Zdroj: www.nature.com/articles/nature06932

a hrúbkami vrstiev, a môžu byť ovplyvnené pripojeným napätím a prúdom, ktorý už memristorom pretekol. Inak povedané, históriou memristora. Práve táto unikátna vlastnosť a možnosť nastavenia hodnoty rezistivity memristora poskytuje jeho široké potenciálne využitie v rôznych mikroelektronických aplikáciách.

V predstavenom funkčnom fyzickom modeli tak pri pretekaní prúdu memristorom dochádza k toku náboja (vrátenie iónov) a poloha rozhrania sa mení v závislosti na pretečenom náboji (resp. prúde). Ak tečie memristorom prúd opačného smeru, rozhranie

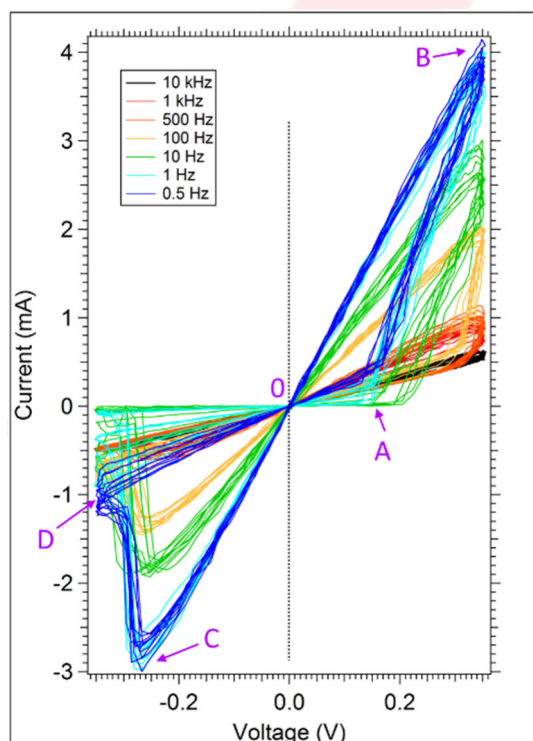
sa bude hýbať na opačnú stranu a takto memristor mení svoj odpor prakticky v rozsahu od mili-Ohmov po mega-Ohmy ($m\Omega - M\Omega$). Zaujímavosťou je tiež, že pri zvyšovaní frekvencie pripojeného sínusového napätia sa pri určitej hodnote frekvencie stáva charakteristika memristivity M lineárnou ako je tomu v prípade rezistora (Obr. 3 vpravo).

Asi najvernejšou **analógiou pre funkciu memristora v hydraulickom svete** by bol napríklad pieskový filter na čistenie vody, vložený do uzavretého potrubia v ktorom rozprúdime vodu. Ak kontaminovaná voda preteká filtrom (prúd jedným smerom), sediment postupne upcháva filter a redukuje prietok, resp. zvyšuje odpor voči prietoku. Opačný prietok naopak pri zmene smeru odpor zníži vyplávaním sedimentu z filtra a chvíľu bude trvať kým sediment pretečie uzavretým obvodom a znovu upchá filter z opačnej strany. Oba tieto deje sú postupné a závislé od rýchlosti toku. Takýmto spôsobom vznikne hysterézná slučka charakteristická aj pre memristor (Obr. 2 a Obr. 3 vpravo).



Na rozdiel od ideálneho memristora, **hysterézná krivka reálneho memristora nie je úplne symetrická, avšak vždy prechádza nulovým bodom** (Obr. 4, bod 0). To v praxi znamená, že **memristor nie je schopný uložiť informáciu vo forme uskladnenej energie tak, ako to dokáže kondenzátor alebo cievka, avšak informácia je ukladaná prostredníctvom jeho rezistívneho stavu**, ktorý vieme nastaviť a ktorý si memristor pamätá aj bez pripojeného napätia (v ideálnom prípade si tento stav pamätá nekonečne dlho). Tento pamäťový stav je následne potrebné prečítať priloženým čítacím napätím, ktoré je zvyčajne nižšie ako napätie na nastavenie rezistívneho stavu memristora tak, aby nedošlo k jeho prepisu ale len čítaniu.

Ak na reálny memristor pripojíme striedavé napätie sínusového priebehu začínajúc kladnou polaritou vzhľadom na polaritu memristora, najprv bude pretekajúci prúd jemne stúpať až kým sa napätie dostane na hraničnú hodnotu a nastane náhla zmena rezistivity memristora (bod A v Obr. 4), kedy pretečie memristorom kritické množstvo prúdu a prepne jeho rezistivitu do nízko-odporového stavu, tzv. LRS – low resistivity state. Prúd pretekajúci memristorom značne stúpa a zastaví ho len konečná hodnota rezistivity (bod B v Obr. 4) sériového zapojenia určená podľa Obr. 3 vľavo, ktorá je daná technológiou výroby memristora. Pri postupnom klesaní amplitúdy kladného napätia sa pretekajúci prúd znižuje a pri preklopení do zápornej polarity (z bodu B do bodu C, prechodom cez bod 0) už záporný prúd opäť rastie lineárne so zvyšujúcim sa



Obr. 4: Charakteristika reálneho memristora, hysterézná slučka.

Zdroj: www.knowm.com

záporným napätím (až po bod C v Obr. 4). Memristor je stále v stave LRS a v tomto režime je jeho rezistivita takmer konštantou, čomu zodpovedá lineárna časť krivky (ako príklad vezmeme do úvahy modrú krivku z Obr. 4). Následne opäť záporné napätie dosahuje kritickú hodnotu a memristorom preteklo toľko prúdu, že sa prepína do stavu vysokej rezistivity HRS – high resistivity state, čomu zodpovedá náhly pokles prúdu (z bodu C do bodu D v Obr. 4). Potom sa znižujúcim záporným napätím pretekajúci prúd opäť znižuje a cez bod 0 sa dostáva postupne do kladnej polarity. Celý cyklus sa pri sínusovom napájanom napätí opakuje v hysteréznej slučke.

Farebná legenda zobrazujúca rôzne frekvencie pripojeného sínusového napätia v Obr. 4 len opäť zvyrazňuje fakt, že pri vysokých frekvenciách striedavého napätia sa memristor môže správať podobne ako rezistor (čierna čiara zodpovedajúca frekvencii 10 kHz je takmer lineárna).

Typy memristorov a ich charakteristické vlastnosti

Podľa typu hysteréznej slučky (I-V charakteristiky) memristorov, ich môžeme nahrubo rozdeliť do dvoch základných kategórií:

- **analogové**
- **digitálne (filamentárne)**

Zatiaľ čo Strukov a Williams prezentovali analogový typ memristora (Obr. 3), výrobca memristorov a meracích dosiek pre memristory, spoločnosť KnowM zobrazuje typickú charakteristiku digitálneho, alebo tiež filamentárneho memristora (Obr. 4). Rozdiel medzi týmito dvoma typmi zobrazuje zjednodušený Obr. 5, pričom základné porovnanie vlastností je nasledovné:

Filamentárne memristory sa používajú na binárne spínanie (podobne ako tranzistory), pričom sú veľmi rýchle – ich reakcia je rádovo v desiatkach nano-sekúnd (ns). Vyznačujú sa dlhou dobou udržania svojho rezistívneho stavu, sú dobre škálovateľné a znesú vyššie prúdy. Avšak vyžadujú tzv. formovanie, t.j. nastavenie rezistívneho stavu a hysteréznej slučky pred aplikáciou, vyžadujú sa vyššou variabilitou pri výrobe a zvýšenými energetickými nárokmi v porovnaní s analogovými memristormi.

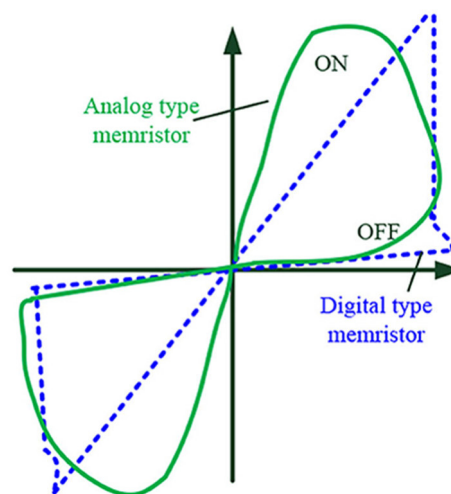
Analogové memristory sú schopné spracovať analogový signál a je možné im nastaviť rezistivitu v rámci kontinua rezistívnych stavov. Skonzumujú malé prúdy, teda sú úsporné avšak svoj stav všeobecne udržia kratšie v porovnaní s filamentárnymi memristormi. Taktiež reagujú pomalšie a majú kratšiu životnosť.

Vo vývoji rôznych vedeckých skupín sa však môžu vyskytnúť aj memristory, ktoré sa v rôznych polaritách správajú rôzne, t.j. kombinujú filamentárne správanie s analogovým.

Teraz, kým máme čerstvé informácie o funkcii filamentárneho (digitálneho) a analógového memristora, odskočím na krátku chvíľu k aplikáciám, pretože kombinácia schopnosti spínania (HRS vs. LRS) a pamäťových stavov priamo ponúka funkciu tzv. „**in-memory computing**“, t.j. výpočtovú schému, ktorá integruje ukladanie dát a zároveň aritmetické výpočtové funkcie. **Prečo práve tu spomínam túto aplikáciu?** Pretože za použitia memristorov (a ďalších periférnych obvodov), je možné realizovať tento alternatívny výpočtový prístup a prekonať bariéry dnešných počítačových architektur, ktoré sa nemenia už nejakú tú dekádu – stále sú založené na von Neumannovej architektúre, ktorej rýchlosť je obmedzená zbernicami medzi výpočtovou jednotkou a jednotkou ukladania informácií medzi výpočtami (RAM pamäť). **Veľkú časť energie na dosiahnutie výsledku tak klasická architektúra von Neumann spotrebuje práve na transfer dát**, nie na výpočet samotný (tzv. **von Neumann bottleneck**). A práve tento zažitý a obmedzujúci výpočtový model by mohol zmeniť prístup in-memory computing (Obr. 6).

Aké sú teda všeobecné výhody použitia memristorov? Oproti tradičným súčiastkam, ako sú napr. tranzistory používané v podobných aplikáciách, majú memristory:

- pamäťovú funkciu - pamätajú si predchádzajúce prúdy a rezistívny stav – použitie priamo ako pamäťové bunky,
- nízku spotrebu – využitie v nízkoprikonových, resp. energeticky úsporných aplikáciách ako sú napr. neuronové siete,
- rýchlu odozvu a teda môžu byť použité pre rýchle výpočty,
- malé rozmery – využiteľné pre výrobu kompaktných zariadení a integráciu s miniatúrnymi elektronickými štruktúrami,
- možnosť priamo vykonávať analógové výpočty a pracovať s analógovým signálom bez nutnosti konverzie vstupného signálu do digitálnej podoby,



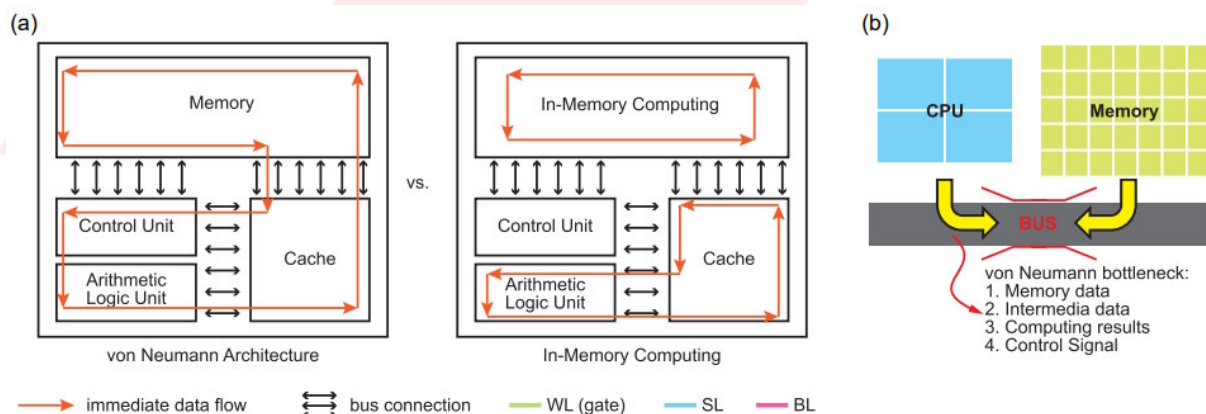
Obr. 5: Dva typy memristorov: analógový a digitálny (filamentárny).

Zdroj: doi.org/10.3389/finano.2021.645995

- možnosť vysokej hustoty integrácie pamäte vzhľadom na malé rozmery štruktúr.

Aké výzvy riešime? Napriek mnohým výhodám a sľubnej budúcnosti memristorov v industriálnych aplikáciách je tu stále pár prekážok vo využití ich nesmierneho potenciálu:

- variabilita výroby – dva vedľa seba vyrobené memristory s rovnakou technológiou nie sú zvyčajne identické a môžu mať rôznu odozvu na rovnaký signál, v závislosti na výrobnom procese a materiáloch, čo spôsobuje problémy pri optimalizácii obvodov.
- obmedzená životnosť – trpia na opotrebenie a starnú, čo vedie k degradácii ich vlastností v čase,
- sú relatívne citlivé na okolitú teplotu, napätie, prúd, čo môže viesť k nežiaducim zmenám ich vlastností,



Obr. 6: Schéma klasickej von Neumann počítačovej architektúry porovnanej s alternatívnou in-memory computing architektúrou (a), diagram von Neumann bottlenecku (b).

Zdroj: doi.org/10.1002/aisy.201900068

- obmedzená spoľahlivosť vďaka ktorej sú náchylné k poruchám a chybám,
- vysoké náklady – v súčasnej dobe sú stále pomerne drahé. Príkladom môže byť štruktúra dvoch memristorových polí o rozmere 16 x 16 memristorov od spoločnosti KnowM za cenu približne 2 000 €.

Mechanizmy spínania

Memristory ako skupina prvkov zahŕňajú nesmierne množstvo materiálových kombinácií a v súvislosti s nimi ponúkajú viaceré typy mechanizmov spínania svojich stavov, ktoré boli už vo všeobecnosti boli predstavené (HRS, LRS). Výbornými prehľadovými článkami, v ktorých čitateľ nájde množstvo podrobnejších informácií sú napr.: doi.org/10.1002/aelm.202200833 alebo doi.org/10.1002/aelm.202300108.

Materiálové zloženie a súvisiaci spínací mechanizmus pochopiteľne ovplyvňujú aj tvar charakteristiky memristora a v konečnom dôsledku všetky jeho vlastnosti a selekciu pre určité aplikácie.

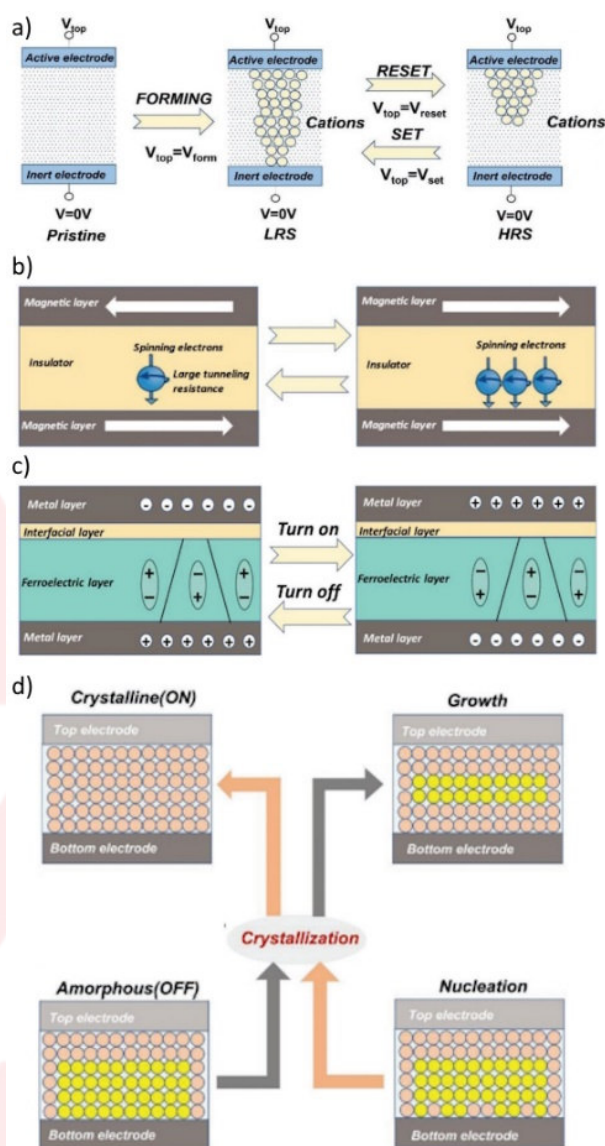
Zaujatý čitateľ by mohol ísť hlbšie a ponoriť sa do sveta fyziky memristorov - polovodičov v spomenutých prehľadových článkoch, my však vyberieme len základný prehľad a rozdelíme memristory do troch skupín:

Spínací mechanizmus vytvorením vodivého vlákna - tzv. „Conductive Filament Memristors“. Tieto memristory sa spoliehajú na vytvorenie a zánik vodivého vlákna (označovaného anglicky aj ako conductive filament – CF), a zvyčajne je toto vlákno formované kovovými iónmi ako Ag^+ alebo Cu_2^+ . Spínací mechanizmus týchto memristorov ešte môže byť klasifikovaný do 3 ďalších skupín:

- **ECM** elektro-chemická metalizácia – sú to redukčné reakcie kde kovové ióny migrujú a formujú vodivé vlákno, čo umožňuje prepnutie stavov HRS a LRS (Obr. 7, a);
- **VCM** mechanizmus valenčných zmien – oxidové vakencie migrujú v elektrickom poli, formujú ne-metalické vodivé vlákna, ktoré zabezpečia prepínanie HRS a LRS;
- **TCM** tepelno-chemický mechanizmus – vysoká teplota spôsobuje rozklad funkčnej vrstvy a formuje vodivé vlákno, ktoré mení rezistenciu prvku.

Memristory spínané elektronickým efektom – tieto memristory pracujú so zmenou distribúcie elektrónov namiesto migrácie iónov a môžeme ich ďalej rozdeliť na:

- **MTJ** magnetické tunelovanie – využívajú tunelovací magneto-rezistenčný efekt, kde rezistencia sa mení s orientáciou magnetizácie v dvoch feromagnetických vrstvách (Obr. 7, b);



Obr. 7: Princíp vytvorenia vodivého vlákna v memristoroch ECM a VCM, u ECM tvoria kanál katióny (a), magnetické a feromagnetické memristory MTJ a FTJ (b, c) a memristory využívajúce zmenu fázy materiálu PCM (d).

Zdroj: doi.org/10.1002/aelm.202200833

- **FTJ** feroelektrické tunelovanie – prepínanie rezistencie zmenou polarizačných stavov feroelektrickej sendvičovej vrstvy medzi dvoma elektródami (Obr. 7, c).

Memristory pracujúce so zmenou fázy materiálu – tzv. „Phase Change Memory, PCM“. Tieto memristory sa spoliehajú na zvrtný jav spínania medzi amorfnou a kryštalickou fázou materiálov, ktoré takéto javy umožňujú (Obr. 7, d). Zmena fázy materiálu memristora je dosiahnutá elektrickými pulzami, ktoré menia rezistivitu memristora. Už v roku 1970 bol publikovaný výskum spoločnosti Intel, kedy sa podarilo pripraviť prvú pamäť fungujúcu na PCM princípe. Jej veľkosť bola 256 bitov. PCM pamäťová technológia má potenciál priniesť inovácie do tohto sektora hlavne vďaka svojim prednostiam ako sú lepšie charakteristiky čítania/zápisu/udržania

stavu/trvácnosti v porovnaní s pamäťami SRAM, DRAM a flash. Táto technológia bola nedávno nasadená aj komerčne, v hybridných pamätiach Intel Optane, ktoré ale nakoniec nedokázali konkurovať najnovšej generácii Flash pamätí založených na technológii 3D Vertical NAND.

Dizajn od jednoduchého prvku po zložité štruktúry

Čo sa týka tvarov memristorov, do ktorých je možné ich formovať, všeobecným a najjednoduchším dizajnom je **križový prekryv elektród, medzi ktorými sa nachádza narastená polovodičová vrstva** a takto je vytvarovaný **základný memristorový prvok**. (Obr. 8, a). K modifikácii tohto základného štruktúrneho dizajnu vedú výskumníkov rôzne pohnútky týkajúce sa prispôbenia požadovaných parametrov vzhľadom na aplikáciu memristorov. A tu sa otvára naozaj široká škála možností a smerov, ktorým sa môže vybrať inžiniering elektródového systému, výskum samotných polovodičových vrstiev alebo aj pokročilý inžiniering vrstvenia a formovania 3D štruktúr memristorov, s prípadnou integráciou ďalších elektronických prvkov na spoločnom čípe.

Pokročilejším dizajnom memristorov je rast maticových štruktúr, kde matica (Obr. 8, b) je definovaná ako pole memristorov o rozmere $M \times N$ (počet memristorov, resp. elektród na šírku a výšku matice). Matica nemusí obsahovať iba križené memristorové štruktúry, ale jednotlivé memristory môžu byť schematicky pospájané do rôznych blokov. Memristory a memristorové matice je možné tiež integrovať do väčších mikroelektronických štruktúr (Obr. 8, c). Tu sú možnosti naozaj obmedzené len tým, čo vyžaduje aplikácia, potrebou a vyspelosťou technológie dizajnu a prípravy ostatných vyžadovaných elektronických prvkov a v neposlednom rade aj možnosťami rastových technológií.

Materiály

Od nástupu éry memristora ako prvku zaujímavého pre kointegráciu s aktuálnymi tranzistorovými štruktúrami sa vedecká obec venuje príprave rôznych mechanizmov spínania memristorov, ktoré

väčšinou súvisia s cieľením na konkrétnu aplikáciu. S tým je úzko spätý aj materiálový výskum a z extrémne širokého spektra materiálových kombinácií vyberáme len veľmi malú časť materiálov nadväzujúcu na skorej uvedené delenie spínacích mechanizmov.

Na prípravu **ECM a VCM memristorov** sú vhodné kovové/polovodičové materiálové systémy: grafén s MoS_{2-x} , Au/ZnO-NRs/AZO , Cu/TiW/GZO nanovlákná, $\text{Pt/Ti/TiO}_{2-x}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Pt/Ta}$, $\text{Pt/HfO}_x/\text{TiN}$, $\text{Ta/HfO}_2/\text{Pt}$, $\text{Ta/TaO}_x/\text{Pt}$ a mnohé iné kombinácie.

MTJ a FTJ memristory sú pripravované rastom materiálových systémov: $\text{CrO}_2/\text{MoS}_2/\text{CrO}_2$, GaN/InP/GaN , $\text{Pt/BaTiO}_3/\text{Nb:SrTiO}_3$, TiN/HSO/SiON/Si , 2D grafén/ In_2Se_3 a ďalšie.

Na výrobu **PCM memristorov** je okrem iných možné použiť aj nasledovné kombinácie materiálových systémov: TiN/Ti/poly-Si/W , TiN/GeSb/TiN , $\text{Al/TiN/Sb}_2\text{Te/SiO}_2$, $\text{Al/TiN/Sb}_2\text{Te/W}$ a iné.

Ak čitateľa zaujíma materiálový inžiniering memristorov, odporúčame začať štúdiom nasledovných prehľadových publikácií, ktoré sa odkazujú na zdrojové články jednotlivých materiálových systémov:

doi.org/10.1002/aelm.202200833

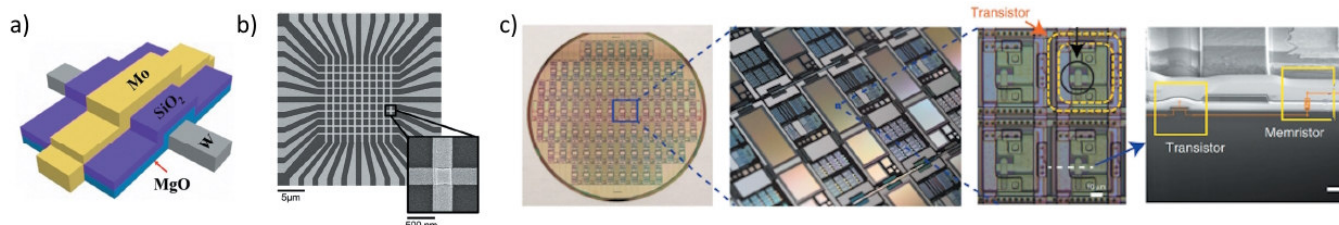
doi.org/10.1080/14686996.2022.2162323

doi.org/10.1007/978-3-319-65699-1

Výroba memristorov

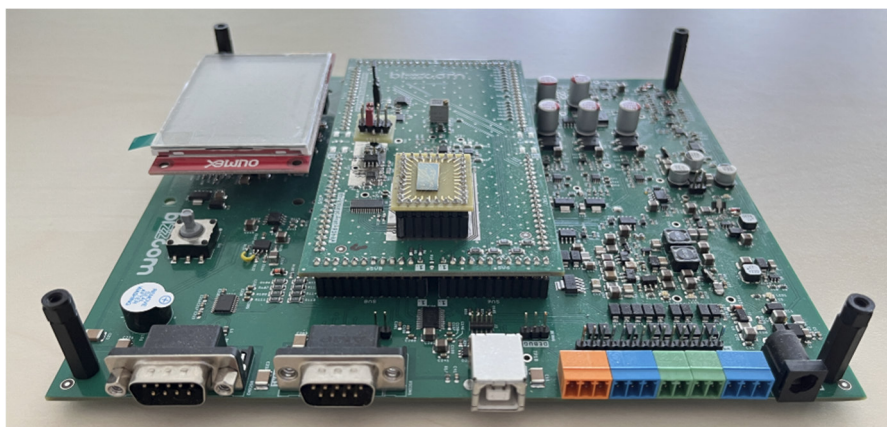
Štandardným procesom výroby memristorov je technológia kompatibilná s dnes už dobre zvládnutou prípravou CMOS štruktúr (CMOS je anglická skratka – complementary metal oxid semiconductor). V podstate sa jedná o tie isté procesy prípravy tenkých vrstiev polovodičov, aké sa používajú pri výrobe tranzistorov. To platí samozrejme za predpokladu, že sa pripravuje „štandardný“ memristor tvorený vodivými kovovými elektródami, medzi ktorými je vytvorená tenká vrstva polovodiča(ov).

Depozícia elektród je možná vďaka technike zvanej fotolitografia, na definovanie vzorov na substráte cez nadizajnovanú masku, kedy sa svetloutlivý foto-rezist rovnomerne nanesie na substrát



Obr. 8: Základná štruktúra memristora, rastená ako polovodič medzi dvoma elektródami, pričom materiálový systém je len jedným z mnohých príkladov (a), Maticová štruktúra memristorov (b), Pohľad na substrát s narastenými memristorovými štruktúrami vedľa tranzistorových štruktúr, uvažujúc kooperáciu týchto prvkov v aplikácii (c).

Zdroj: doi.org/10.1080/14686996.2022.2162323



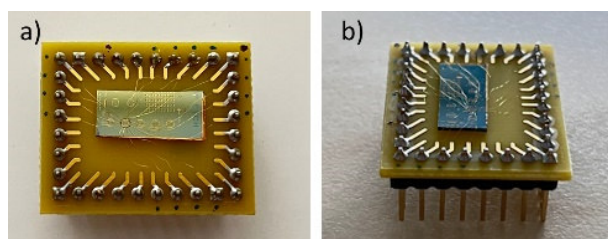
Obr. 9: Evaluačná doska spoločnosti Bizzcom pre meranie charakteristík memristorov. Memristor je osadený na plošnom spoji s 32 pinmi pre nakontaktovanie matice o veľkosti až 16 x 16 memristorov.

a následne sa ožiari UV svetlom cez pripravenú chrómovú masku, vyvolá sa a odleptá. Takto vzniknú miesta, cestičky, do ktorých je možné deponovať materiál elektród. Je nutné podotknúť, že štandardnými metódami fotolitografie je obmedzená veľkosť elektród, resp. ich najmenšia šírka a v nadväznosti na tento parameter aj najmenší rozmer memristora na približne 0,5 μm . Spôsobené je to limitmi technológie UV fotolitografie, a keď je potrebné vytvoriť tenšie elektródy, využívajú sa iné techniky.

Iná metóda prípravy ako napr. FIB (Focused Ion Beam) môže poskytnúť práve možnosti rastu nano-rozmerných štruktúr, čo sa však odrazí na cene prípravy memristorov. Použiť sa dá aj elektrónová zväzková litografia (EBL), avšak cena tejto technológie tiež nie je prijateľná. Často sa však táto metóda používa na prípravu masky pre litografiu pre tzv. „nanoimprint litografiu“ (NIL), ktorá už poskytuje veľkú výťažnosť, nízku cenu a zároveň dobré rozlíšenie.

Aktívna oblasť memristora, teda polovodičová časť sendvičovej štruktúry môže byť pripravená viacerými metódami známymi už desiatky rokov z procesov prípravy CMOS (tranzistorov).

Naprašovanie (anglicky sputtering) je už tradičnou metódou tvorby kovových oxidových vrstiev, ktoré formujú aktívnu zónu memristora priamo na kremíkovom substráte.



Obr. 10: Pohľad na memristorovú štruktúru umiestnenú na doske plošného spoja (a) zhora, (b) zboku, kde je možné vidieť aj piny na pripojenie do matice na evaluačnej doske.

Depozícia po atomárnych vrstvách, alebo anglicky tiež známa ako ALD – Atomic Layer Deposition, je metóda používaná hlavne na prípravu tenkých oxidových vrstiev. Obe metódy ALD aj naprašovanie však nie sú lacné. Na zníženie ceny sa dá použiť napr. rýchla tepelná oxidácia titánovej vrstvy deponovanej reaktívnym naprašovaním, a stále je zachovaná kompatibilita s CMOS technológiami. (Zdroj: doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.160).

Výroba memristorov, aj keď sú použité „tradičné“ technológie kompatibilné s CMOS,

stále trpí na niektoré už spomenuté nedostatky, a to najmä:

- variabilita výroby – rozdielnosť memristorov vyrobených na jednom substráte, resp. v jednej štruktúre.
- výťažnosť – zisťuje sa priamo po výrobe alebo následným meraním a predstavuje % správne fungujúcich memristorov z celej vyrobenej várky, prípadne z narastenej matice memristorov.
- vysoké náklady – aj napriek použitej CMOS-kompatibilnej technológii, nevyrábajú sa v takom objeme ako tranzistorové procesory (a iné obvody), ich cena teda zatiaľ ostáva relatívne vysoká.

V praxi sa ale môžeme stretnúť aj s inými metódami prípravy memristorov, napr.

- CVD (chemická depozícia z pár), ktorá je štandardnou metódou;
- printing (sumár dostupný na odkaze www.ieeexplore.ieee.org/document/9469791), printingovými metódami je možné vyrobiť aj flexibilné memristory pre tzv. wearables (nositeľné prvky, viac informácií je dostupných napr. na odkaze: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/acfaaa>);
- alebo aj s menej tradičnými metódami prípravy memristorov, a to hlavne za účelom zníženia výrobných nákladov – príkladom je chemická syntéza (doi.org/10.1007/978-3-319-65699-1).
- a iné...

Metód na prípravu memristorov je skutočne veľké množstvo a konkrétna aplikácia a selekcia materiálov určuje, ktoré metódy prípravy sa použijú tak, aby výsledná memristorová štruktúra spĺňala požadované parametre.

Vývoj memristorov v spoločnosti Bizzcom

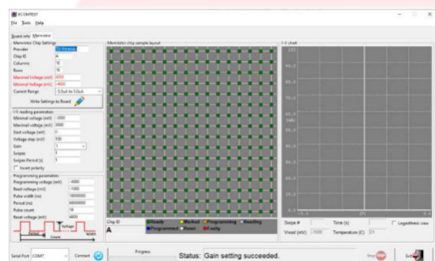
Spoločnosť Bizzcom v spolupráci s partnerom Elektrotechnický ústav Slovenskej akadémie vied v.v.i. (ELÚ SAV) **vyvíja v rámci projektu IPCEI (názov projektu: Memristor technology R&D for industry, kód projektu: 09I05-03-V01-00003) filamentárne aj analógové memristory** pre použitie vo viacerých aplikáciách, začínajúc analógovými filrami a snímačmi, a určite nekončiac nasadením do riadiacich priemyselných programovateľných kontrolérov, neurónových sietí a neuromorfných aplikácií.

Základná a všeobecná charakteristika memristorov bola predstavená na Obr. 3 a Obr. 4 v lineárnej mierke a zobrazuje závislosti meraného prúdu (I) od nastaveného napätia (V) na memristore. Spoločnosť Bizzcom v spolupráci s ďalšími partnermi vyvinula memristorovú evaluačnú dosku na meranie charakteristík memristorov pre jednoduchšie zhodnotenie požadovaných vlastností aj s ohľadom na cieľovú aplikáciu (Obr. 9). Účelom dosky je tiež rýchla charakterizácia memristorov po výrobe, aby sa zrýchlili časy jednotlivých výrobných iterácií a požadované vlastnosti sa dosiahli čo najskôr vzhľadom na neúprosnú časovú os projektu.

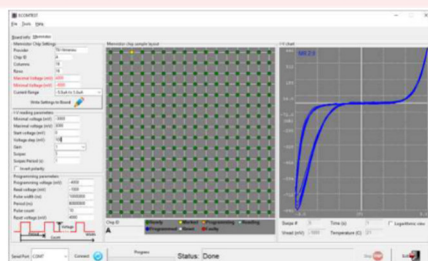
Memristor alebo memristorová matica musí byť po výrobe osadená na dosku plošného spoja, ktorá je štandardizovaná pre evaluačnú dosku spoločnosti Bizzcom (Obr. 10). Po osadení memristorovej štruktúry je táto následne nakontaktovaná (zlatými alebo hliníkovými drôtkami) na vodiče dosky plošného spoja, ktoré sú vodivo spojené s 32 pinmi umiestnenými na okraji dosky plošného spoja. Takto pripravený memristor môže byť vložený do evaluačnej dosky a následne charakterizovaný.

Zatiaľ posledná verzia evaluačnej dosky (v1.0) umožňuje:

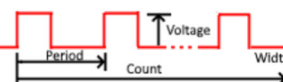
- umiestniť a **merať memristory od jedného kusu až po maticu o veľkosti 16 x 16 memristorov**, pričom je potrebné definovať rozmery matice (zobrazené na Obr. 11);
- **merať základnú memristorovú charakteristiku – hysteréznú slučku**, teda I-V charakteristiku (Obr. 12),



Obr. 11: Definovaním počtu stĺpcov a riadkov sa určí veľkosť matice memristorov, ktorá je osadená do evaluačnej dosky.



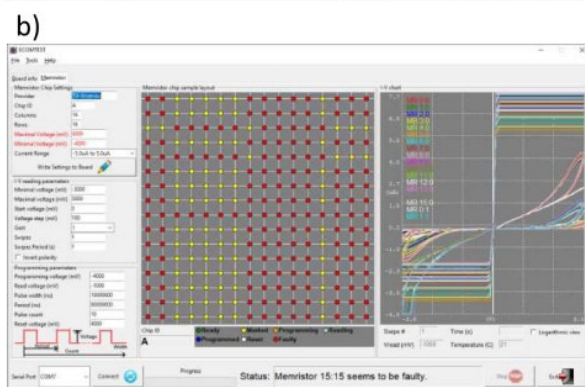
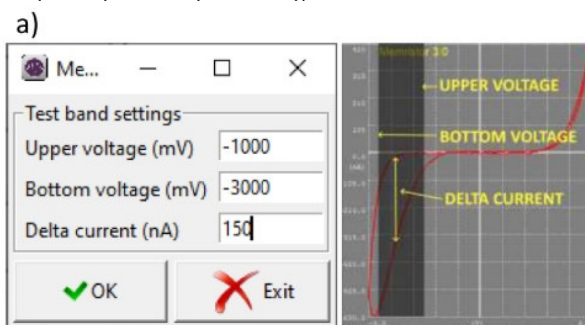
Obr. 12: Meranie hysteréznej slučky. Zvolený memristor sa nachádza v treťom stĺpci a prvom riadku. Zvoliť je možné ľubovoľnú kombináciu memristorov.



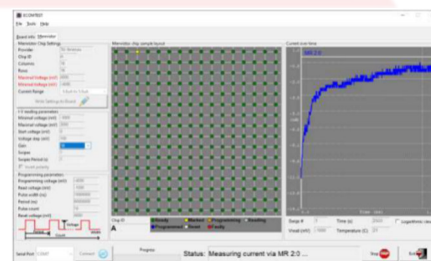
Obr. 13: Programovacie impulzy pre nastavenie memristora.

príčom je možné zvoliť meranie jediného memristora, viacerých memristorov v ľubovoľnej kombinácii, alebo aj celej matice;

- **programovať alebo resetovať memristor**, teda nastaviť mu konkrétnu hodnotu rezistivity, prípadne ho nastaviť do stavu HRS alebo LRS (Obr. 13) a to všetko aplikovaním série obdĺžnikových napätových impulzov, ktorých parametre je možné meniť v širokej škále napätí (do 5 V) a časov (od 100 ns);



Obr. 15: Nastavenie analýzy memristorovej matice (a) a následné zobrazenie vyhovujúcich a nevyhovujúcich memristorov podľa nastavenej podmienky (b).



Obr. 14: Meranie prúdu prechádzajúceho memristorom v čase, resp. straty „zapamätanej“ rezistivity memristora.

- **merať pamäťové schopnosti memristora** prostredníctvom nastavenia rezistívneho stavu a následného merania pretekajúceho prúdu, ktorý pri strate zapamätanej rezistivity memristora klesá (Obr. 14);
- **Identifikovať, ktoré z meraných memristorov vyhovujú nastaveným podmienkam** a zobrazíť výsledok analýzy v grafickej reprezentácii memristorovej matice pre ľahšiu identifikáciu konkrétnych memristorov (Obr. 15).

Okrem funkcií testovania memristorov a memristorových matíc ponúka evaluačná doska v1.0 aj možnosť aktualizácie svojho firmwaru a tak **umožňuje pridávať inováčné funkcie**, ktoré sú limitované iba použitým hardwarom v tejto verzii.

Memristorová evaluačná doska je ovládaná cez grafické rozhranie (GUI) a je kompatibilná so systémami **Windows 10 a novšími** (testovaná a funkčná aj na Windows 11 ver. 23H2). Všetky výstupy merania zobrazuje a zároveň zaznamenáva do adresárovej štruktúry podľa zadaných vstupných údajov pri inicializácii dosky a nastavení identifikačných údajov meraného memristora (alebo matice memristorov).

V procese vývoja je už ďalšia nadstavba evaluačnej dosky, ktorá umožní implementovať memristory alebo memristorové matice do špecifických aplikácií (aplikácie sú teraz v štádiu selekcie, nakoľko je ich mnoho).

Aplikácie memristorov

Vzhľadom na rozsiahle možnosti prípravy memristorov, vďaka rôznym spínacím mechanizmom a širokej palete hysterézných charakteristík, môžeme tieto prvky aplikovať v množstve elektronických aplikácií, ktoré by sme azda najjednoduchšie mohli rozdeliť na 3 základné kategórie:

- energeticky nezávislé pamäte;
- digitálne výpočty s memristorom;
- doména analógových aplikácií.

Uvedené kategórie sú len krátkym sumárom dostupným v niekoľkých odborných publikáciách a ak by čitateľ cítil potrebu zaoberať sa témou detailne, uvádzam pre jednoduchosť len jeden zdroj (Obr. 16, množstvo informácií a publikácií je možné nájsť hľadaním kľúčových slov na webe: „memristor applications“, a pod.): doi.org/10.48550/arXiv.1703.00331

Energeticky nezávislé pamäte sú snáď prvou aplikáciou, ktorá by nás mohla napadnúť v súvislosti s názvom prvku „memristor“. Vzhľadom na jeho schopnosť pamätať si svoj rezistívny stav, sa priam žiada porovnať ho s aktuálne dostupnými technológiami pamätí ako

sú SRAM a DRAM. Tu môže memristor poskytnúť v prvom rade práve schopnosť zapamätania stavu bez pripojeného napätia (tzv. energeticky nezávislá pamäť, anglicky aj „non-volatile memory, NVRAM“), dobrú škálovateľnosť čo do objemu dát aj fyzickej veľkosti štruktúry, a v neposlednom rade veľmi dôležitý aspekt výroby a funkčnosti v obvode – kompatibilitu so štandardnými CMOS procesmi.

Pomocou memristorov je možné vytvoriť niekoľko typov RAM pamätí:

- RRAM – rezistívne pamäte;
- PCRAM – využívajúce PCM memristory;
- CBRAM – pamäte využívajúce filamentárne memristory;
- FeRAM – feroelektrické pamäte;
- MRAM – magnetické pamäte.

Digitálne výpočty je možné realizovať práve vďaka spínacej charakteristike memristora, teda prechodu do týchto tzv. HRS a LRS stavov. Táto vlastnosť umožňuje použitie memristora v hybridných CMOS-memristorových obvodoch alebo aj ako základný komponent v logických hradlách. Memristor je teda možné použiť aj ako programovateľné pole logických členov, elektronikom skôr známe ako anglické FPGA – field programmable gate array. Viac o takejto aplikácii sa môžeme dočítať na webe, napr. v tejto publikácii: doi.org/10.1002/pssc.201400069

Doména analógových aplikácií je ďalším širokým poľom výskumu a vývoja za využitia memristora alebo memristorových matíc. Memristor je možné v tých najjednoduchších analógových aplikáciách spojiť s kondenzátorom alebo cievkou, zosilňovačom a vytvoriť tak analógové filtre signálov, ako to je zobrazené napr. v tejto publikácii: doi.org/10.3390/mi15040505

Autori skúmajú možnosti vytvorenia frekvenčného pásmového filtra práve za použitia memristora. V spoločnosti Bizzcom uvažujeme o podobnom použití memristora v jednoduchom filtri signálu a snímaní uhlu natočenia. Ďalšími možnosťami použitia memristorov v analógovej doméne aplikácií sú neuromorfné výpočty, zosilňovače, oscilátory, filtre, a iné. A práve **neuromorfné výpočty** sa v posledných pár rokoch dostávajú do popredia ako najviac zaujímavá oblasť výskumu, vývoja a praktických aplikácií memristorových štruktúr. Memristor vďaka svojim unikátnym vlastnostiam ponúka možnosť fungovať ako umelá synapsia v neuronových sieťach, čím umožňuje simulovať a hardvérovo implementovať kognitívne procesy prebiehajúce v živých organizmoch.

Prečo je práve neuromorfna oblasť využitia memristora taká zaujímavá? Pretože biologické neurónové siete nám ukazujú ako je možné realizovať zložité výpočty paralelne a vo veľkej škále, čo ešte nemusí nevyhnutne znamenať aj vysokú spotrebu energie. Najlepším príkladom je náš mozog, ktorý na veľmi zložité úlohy minie len mizivé množstvo energie v porovnaní s dnešnou AI umelou inteligenciou a NN-neurónovými sieťami, najmä vo fáze učenia. Vedecké publikácie hovoria o približne 20 W spotrebe ľudského mozgu, čo je o niekoľko rádov nižšia hodnota v porovnaní so spotrebou dnešných AI/NN. Úžasná efektívnosť tohto neurónového systému má svoje základy v extrémne veľkom množstve neurónov, ich prepojení a následnej masívnej paralelizácii výpočtov. Ďalším dôležitým faktorom a vlastnosťou biologických neurónových sietí je synaptická plasticita. Synaptická váha môže byť precízne nastavená tokom iónov cez synapsiu (synapsia = veľmi zjednodušené tu uvádzam ako spojenie dvoch neurónov) a práve táto funkcionálna adaptácia váhy je považovaná za tú, ktorá umožňuje „učenie“ biologických neurónových systémov.

A keďže **memristory fungujú podobne ako biologické synapsie, sú tak skvelými kandidátmi na neuromorfne aplikácie**, kde sú neuróny a synapsie modelované prostredníctvom elektronických prvkov a obvodov. Vďaka miniatúrnym rozmerom memristorov a kompatibilitu s CMOS procesmi tak bude v blízkej budúcnosti možné vyrobiť výkonné výpočtové jednotky s relatívne nízkou spotrebou energie vďaka unikátnym vlastnostiam memristorov. Možno memristory nenájdu uplatnenie všade, a som presvedčený, že nenahradia tranzistory tam, kde to nie je výhodné hlavne z pohľadu ceny riešenia. Avšak na druhej strane v špecifických aplikáciách ako je neuromorfika, môžu do veľkej miery uspieť, byť prelomovou technológiou a masívne zefektívniť náš prístup k hardvérovej implementácii neuromorfnych riešení.

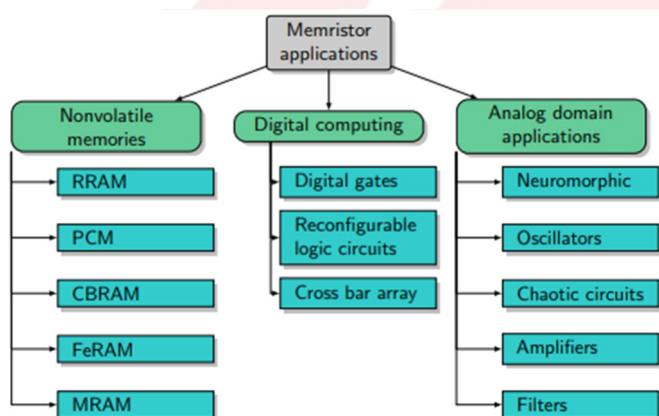
Zoznam a triedenie aplikácií určite nepovažujem za jediné správne a vonkoncom nie konečné informácie. Každým mesiacom totiž vo svete výskumu a vývoja pribúdajú nové publikácie o memristoroch, či už týkajúce sa metódy ich výroby, vylepšenia existujúcich prvkov, alebo priamo ich aplikácie v špecifických úlohách aj za ko-integrácie s inými polovodičovými prvkami do spoločných čipov. S ohľadom na široké možnosti využitia memristora môžeme predpokladať, že tento trend bude pokračovať.

Zhrnutie a poďakovanie

V článku som sa venoval predovšetkým princípom funkčnosti memristora a jeho základným vlastnostiam. Napriek vyčerpávajúcemu teoretickému úvodu je to naozaj len krátky sumár toho, čo by sa dalo o memristoroch písať. Pokryť tak obrovskú skupinu prvkov nie je jednoduché ani z pohľadu opisu v článku, a už vôbec nie výskumom a vývojom. Z pohľadu praktického vývoja je potrebné sa zamerať na konkrétne aplikácie a venovať sa príslušným technológiám na dosiahnutie požadovaných parametrov memristorov. Preto sa v článku zameriavam len na veľmi základné vlastnosti a typy, z ktorých dokonca len niektoré vyrábame a charakterizujeme v spolupráci s externými partnermi vývoja v spoločnosti Bizzcom. Kapitola venujúca sa aplikáciám tiež nedostala priestor, ktorý by si zaslúžila, avšak môže poslužiť ako krátky úvod do sveta aplikácií memristorov. Samostatnou etapou vo vývoji, ktorá nebola spomenutá, je aj integrácia memristorových štruktúr s periférnymi obvodmi a púzdením, ktoré by mohli byť doplnkovými článkami k tomuto memristorovému úvodu.

Rád by som poďakoval všetkým partnerom a kolegom, ktorí svojou nemalou časťou prispeli k tvorbe tohto odborného článku a svojou každodennou prácou podporujú a umožňujú vyvíjať technológie budúcnosti u nás v Bizzcome.

Výskum a vývoj memristorových technológií a aplikácií je v spoločnosti Bizzcom realizovaný v rámci projektu IPCEI s názvom Memristor technology R&D for industry (kód projektu: 09I05-03-V01-00003) a je financovaný z Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky.



Obr. 16: Rôzne aplikačné domény memristorov.
Zdroj: doi.org/10.48550/arXiv.1703.00331



PLÁN [OBNOVY]

Prehľad vydaných elektrotechnických STN (triedy 33, 34, 36, 92) a ich zmien za obdobie 06/2024 – 09/2024

Jún 2024

- **STN EN IEC 63281-2-1: 2024-06 (34 1590)** Osobné elektronické transportéry. Bezpečnostné požiadavky a skúšobné metódy pre osobné elektronické transportéry.*)
- **STN EN 60061-3/Zmena A60: 2024-06 (36 0340)** Päťice a objímky pre zdroje svetla vrátane kalibrov na kontrolu zameniteľnosti a bezpečnosti. Časť 3: Kalibre.*)
- **STN EN IEC 63403-2: 2024-06 (36 0589)** Záhradnícke osvetlenie. LED puzdrá pre záhradnícke osvetlenie. Časť 2: Triedenie.*)
- **STN EN IEC 63403-1: 2024-06 (36 0589)** Záhradnícke osvetlenie. LED puzdrá pre záhradnícke osvetlenie. Časť 1: Údajový list.*)
- **STN EN 60704-2-14/Zmena A2: 2024-06 (36 1005)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Skúšobný predpis na stanovenie hluku prenášaného vzduchom. Časť 2-14: Osobitné požiadavky na chladničky, konzervátory zmrazených potravín a mrazničky potravín.*)
- **STN EN IEC 60676: 2024-06 (36 1113)** Priemyselné elektrotepelné zariadenia. Skúšobné metódy pre pece s priamym oblúkom.*)
- **STN EN IEC 63118-1: 2024-06 (36 4363)** Akumulátorové lítium-iónové 12 V batérie na použitie pri štartovaní, osvetľovaní, zapalovaní (SLI) a na pomocné účely v automobiloch. Časť 1: Všeobecné požiadavky a skúšobné metódy.*)
- **STN EN 17015-1: 2024-06 (36 9639)** Elektronické verejné obstarávanie. Katalóg. Časť 1: Choreografie.*)
- **STN EN 17016-1: 2024-06 (36 9639)** Elektronické verejné obstarávanie. Objednávanie. Časť 1: Choreografie.*)

Júl 2024

- **STN 33 2000-4-43: 2024-07 (33 2000)** Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 4-43: Zaisťovanie bezpečnosti. Ochrana pred nadprúdom.
- **STN EN IEC 60079-31: 2024-07 (33 2320)** Výbušné atmosféry. Časť 31: Ochrana zariadení pred vznietením prachu krytom „t“.*)
- **STN EN IEC 61000-3-2/Zmena A2: 2024-07 (33 3432)** Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Časť 3-2: Medze. Medze vyžarovania harmonických zložiek prúdu (zariadenia so vstupným fázovým prúdom ≤ 16 A).*)
- **STN EN 61000-3-12/Zmena A1: 2024-07 (33 3432)** Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Časť 3-12: Medze. Medze harmonických zložiek prúdu vytváraných zariadeniami so vstupným fázovým prúdom > 16 A a ≤ 75 A, ktoré sa pripájajú k verejným rozvodným sieťam nízkeho napätia.*)
- **STN EN IEC 61970-457: 2024-07 (33 4621)** Rozhranie aplikačného programu pre systémy riadenia elektrickej energie (EMS-API). Časť 457: Profil dynamiky.*)
- **STN EN IEC 61970-302: 2024-07 (33 4621)** Rozhranie aplikačného programu pre systémy riadenia elektrickej energie (EMS-API). Časť 302: Všeobecný informačný model (CIM) – dynamika.*)
- **STN EN IEC 60519-6: 2024-07 (33 5002)** Bezpečnosť zariadení v elektrotepelných a elektromagnetických procesoch. Časť 6: Osobitné požiadavky na vysokofrekvenčné dielektrické a mikrovlnné ohrievacie a spracovateľské zariadenia.*)
- **STN EN IEC 63305: 2024-07 (34 0882)** Akustika v kvapalinách. Kalibrovanie vektorových prijímačov akustickej vlny vo frekvenčnom rozsahu 5 Hz až 10 kHz.*)
- **STN P CLC/TS 50641-2: 2024-07 (34 1572)** Pevné inštalácie pre dráhové aplikácie. Požiadavky na validáciu

simulačných programov používaných na návrh napájacích systémov pre elektrickú trakciu. Časť 2: Jednosmerný prúd (DC) – mestské železničné systémy.*)

- **STN EN IEC 60068-2-86: 2024-07 (34 5791)** Skúšanie vplyvu prostredia. Časť 2-86: Skúšky. Skúška Fx: Vibrácie. Metóda s viacerými budičmi a viacerými osami.*)
- **STN EN IEC 61189-2-720: 2024-07 (34 6513)** Skúšobné metódy na elektrotechnické materiály, dosky s plošnými spojmi a iné spájacie štruktúry a zostavy. Časť 2-720: Zisťovanie defektov v prepajovacích štruktúrach meraním kapacity.*)
- **STN EN IEC 62836: 2024-07 (34 6576)** Meranie vnútorného elektrického poľa v elektroizolačných materiáloch. Metóda šírenia tlakovej vlny.*)
- **STN EN IEC 60966-4-1: 2024-07 (34 7720)** Súborné vysokofrekvenčné a koaxiálne káble. Časť 4-1: Predtlač podrobnej špecifikácie súborov polotuhých koaxiálnych káblov.*)
- **STN EN IEC 60966-2-2: 2024-07 (34 7720)** Súborné vysokofrekvenčné a koaxiálne káble. Časť 2-2: Predtlač podrobnej špecifikácie súborov ohybných koaxiálnych káblov.*)
- **STN EN IEC 60966-4: 2024-07 (34 7720)** Súborné vysokofrekvenčné a koaxiálne káble. Časť 4: Rámcová špecifikácia súborov polotuhých koaxiálnych káblov.*)
- **STN EN 50719: 2024-07 (34 8155)** Pripájacie svorkovnice pre priechodky od 250 A do 4 000 A pre izolačné transformátory plnené kvapalinou.*)
- **STN EN IEC 62841-2-6/Zmena A12: 2024-07 (36 1560)** Elektrické ručné náradie, prenosné náradie a strojové zariadenia pre trávnik a záhradu. Bezpečnosť. Časť 2-6: Osobitné požiadavky na ručné kladivá.*)
- **STN EN IEC 62841-2-6/Zmena A1: 2024-07 (36 1560)** Elektrické ručné náradie, prenosné náradie a strojové zariadenia pre trávnik a záhradu. Bezpečnosť. Časť 2-6: Osobitné požiadavky na ručné kladivá.*)
- **STN EN IEC 62282-6-101: 2024-07 (36 4512)** Technológie palivových článkov. Časť 6-101: Výkonové

sústavy palivových mikročlánkov. Bezpečnosť. Všeobecné požiadavky.*)

- **STN EN IEC 62282-6-106: 2024-07 (36 4512)** Technológie palivových článkov. Časť 6-106: Napájacie systémy mikropalivových článkov. Bezpečnosť. Nepriame zlúčeniny triedy 8 (korozívne).*)
- **STN EN IEC 80601-2-26/Zmena A1: 2024-07 (36 4800)** Zdravotnícke elektrické prístroje. Časť 2-26: Osobitné požiadavky na základnú bezpečnosť a nevyhnutné prevádzkové vlastnosti elektroencefalografu.*)
- **STN EN IEC 62368-1: 2024-07 (36 9064)** Zariadenia audio/video, informačných a komunikačných technológií. Časť 1: Požiadavky na bezpečnosť.*)
- **STN EN IEC 62368-1/Zmena A11: 2024-07 (36 9064)** Zariadenia audio/video, informačných a komunikačných technológií. Časť 1: Požiadavky na bezpečnosť.*)

August 2024

- **STN 33 2160: 2024-08 (33 2160)** Ochrana oznamovacích vedení a zariadení pred nebezpečnými vplyvmi trojfázových vedení VN, VVN a ZVN.
- **STN EN IEC 60079-26: 2024-08 (33 2320)** Výbušné atmosféry. Časť 26: Zariadenie s oddeľovacími prvkami alebo kombinovanými úrovňami ochrany.*)
- **STN EN IEC 61936-2: 2024-08 (33 3201)** Silnoprádové inštalácie na striedavé napätia prevyšujúce 1 kV a jednosmerné napätia prevyšujúce 1,5 kV. Časť 2: Jednosmerné napätie,
- **STN EN 50488: 2024-08 (34 1506)** Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie. Ochranné opatrenia pri práci na systéme vrchného trolejového vedenia alebo v blízkosti neho a/alebo na prislúchajúcom spätnom vedení.
- **STN EN IEC 63281-3-1: 2024-08 (34 1590)** E-transportéry. Časť 3-1: Metóda testovania výkonu pre celkovú dobu prevádzky e-kolobežiek vzhľadom na podmienky prostredia skutočného používania.*)
- **STN EN IEC 61189-2-805: 2024-08 (34 6513)** Skúšobné metódy na elektrotechnické materiály, dosky s plošnými spojmi a iné spájacie štruktúry a zostavy. Časť

2-805: X/Y CTE test pre tenké základné materiály podľa TMA.*)

- **STN EN IEC 61189-2-808: 2024-08 (34 6513)** Skúšobné metódy na elektrotechnické materiály, dosky s plošnými spojmi a iné spájacie štruktúry a zostavy. Časť 2-808: Tepelný odpor zostavy metódou tepelných prechodov.*)
- **STN EN IEC 60684-3-116: 2024-08 (34 6553)** Ohybné izolačné rúrky. Časť 3: Špecifikácie jednotlivých druhov rúrok. List 116 a 117: Vytlačané polychlóprénové rúrky, všeobecné použitie.*)
- **STN EN 61858-1/Oprava AC: 2024-08 (34 7391)** Elektroizolačné systémy. Tepelné hodnotenie modifikácií zavedených EIS. Časť 1: EIS vinutých vinutí.*)
- **STN EN IEC 60966-2-1: 2024-08 (34 7720)** Súbor vysokofrekvenčných a koaxiálnych káblov. Časť 2-1: Rámcová špecifikácia súborov ohybných koaxiálnych káblov.*)
- **STN P CEN/TS 18036: 2024-08 (36 0062)** Svetlo a osvetlenie. Uvedenie osvetľovacích sústav v budovách do prevádzky.*)
- **STN EN IEC 62841-4-6: 2024-08 (36 1560)** Elektrické ručné náradie, prenosné náradie a strojové zariadenia pre trávnik a záhradu. Bezpečnosť. Časť 4-6: Osobitné požiadavky na záhradné fukáre, záhradné vysávače a záhradné fukáre/vysávače.*)
- **STN EN IEC 62841-4-6/Zmena A11: 2024-08 (36 1560)** Elektrické ručné náradie, prenosné náradie a strojové zariadenia pre trávnik a záhradu. Bezpečnosť. Časť 4-6: Osobitné požiadavky na záhradné fukáre, záhradné vysávače a záhradné fukáre/vysávače.*)
- **STN EN 62841-2-11/Zmena A11: 2024-08 (36 1560)** Elektrické ručné náradie, prenosné náradie a strojové zariadenia pre trávnik a záhradu. Bezpečnosť. Časť 2-11: Osobitné požiadavky na ručné píly s priamočiarym vratným pohybom pílového listu.*)
- **STN EN 60601-1/Zmena A13: 2024-08 (36 4800)** Zdravotnícke elektrické prístroje. Časť 1: Všeobecné požiadavky na základnú bezpečnosť a nevyhnutné prevádzkové vlastnosti.*)

- **STN EN IEC 60118-0: 2024-08 (36 8860)** Elektroakustika. Sluchové protézy. Časť 0: Meranie prevádzkových charakteristík sluchových protéz.*)

September 2024

- **STN EN IEC 60071-2: 2024-09 (33 0400)** Koordinácia izolácie. Časť 2: Pokyny na používanie.
- **STN EN 50726-1: 2024-09 (33 4581)** Systémy pre prípady núdzovej situácie a nebezpečenstva. Časť 1: Systémy reakcie na núdzové situácie a nebezpečenstvo (EDRS). Základné požiadavky, povinnosti, zodpovednosti a činnosti.*)
- **STN EN IEC 62676-2-11: 2024-09 (33 4592)** Obrazové sledovacie systémy (VSS) na používanie v bezpečnostných aplikáciách. Časť 2-11: Protokoly prenosu obrazu. Profily interoperability pre VMS a cloudové systémy VSaaS pre bezpečné mestá a presadzovanie práva.*)
- **STN EN IEC 61643-332: 2024-09 (34 1395)** Súčasti nízkonapäťových zariadení na ochranu pred prepätím. Časť 332: Princípy výberu a aplikácie pre varistory na báze oxidov kovov (MOV).*)
- **STN EN IEC 63281-3-2: 2024-09 (34 1590)** E-transportéry. Časť 3-2: Skúšobné metódy výkonnosti mobility nákladných e-transportérov.*)STN EN IEC 62631-2-3: 2024-09 (34 6460) Dielektrické a odporové vlastnosti tuhých izolačných materiálov. Časť 2-3: Stanovenie relatívnej permitivity a faktora strát (AC metódy). Metóda kontaktnej elektródy pre izolačné fólie.*)
- **STN EN IEC 62153-4-15/Zmena A1: 2024-09 (34 7012)** Skúšobné metódy kovových káblov a iných pasívnych súčiastok. Časť 4-15: Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Skúšobná metóda na meranie prenosovej impedancie a tlmenia tienenia alebo tlmenia spojenia pomocou triaxiálnej komory.*)
- **STN EN 60317-67/Zmena A1: 2024-09 (34 7307)** Špecifikácie jednotlivých typov vodičov na vinutia. Časť 67: Hliníkový vodič pravouhlého prierezu, lakovaný polyvinylacetátom, trieda 105.*)
- **STN EN 50214: 2024-09 (34 7472)** Ohybné ploché káble.*)

- **STN EN IEC 61820-1-2: 2024-09 (36 0068)** Elektrické inštalácie pre osvetlenie a svetelnú signalizáciu na letiskách. Časť 1-2: Základné zásady. Osobitné požiadavky na sériové obvody.*)
- **STN EN 12665: 2024-09 (36 0070)** Svetlo a osvetlenie. Základné termíny a kritériá na stanovenie požiadaviek na osvetlenie.*)
- **STN EN 62386-302/Zmena A1: 2024-09 (36 0597)** Digitálne adresovateľné rozhranie osvetlenia. Časť 302: Osobitné požiadavky. Vstupné zariadenia. Absolútne vstupné zariadenia.*)
- **STN EN 62386-303/Zmena A1: 2024-09 (36 0597)** Digitálne adresovateľné rozhranie osvetlenia. Časť 303: Osobitné požiadavky. Vstupné zariadenia. Snímač prítomnosti.*)
- **STN EN 62386-304/Zmena A1: 2024-09 (36 0597)** Digitálne adresovateľné rozhranie osvetlenia. Časť 304: Osobitné požiadavky. Vstupné zariadenia. Snímač svetla.*)
- **STN EN IEC 60598-2-2: 2024-09 (36 0600)** Svetidlá. Časť 2-2: Osobitné požiadavky. Zapustené svetidlá a zapustené svetidlá s cirkuláciou vzduchu.*)
- **STN EN IEC 60335-2-23: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-23: Osobitné požiadavky na spotrebiče na ošetrovanie pokožky alebo vlasov.
- **STN EN IEC 60335-2-23/Zmena A1: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-23: Osobitné požiadavky na spotrebiče na ošetrovanie pokožky alebo vlasov.
- **STN EN IEC 60335-2-23/Zmena A11: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-23: Osobitné požiadavky na spotrebiče na ošetrovanie pokožky alebo vlasov.
- **STN EN IEC 60335-2-75: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-75: Osobitné požiadavky na komerčné výdajné zariadenia a predajné automaty.
- **STN EN IEC 60335-2-75/Zmena A1: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-75: Osobitné požiadavky na komerčné výdajné zariadenia a predajné automaty.
- **STN EN IEC 60335-2-75/Zmena A11: 2024-09 (36 1055)** Elektrické spotrebiče pre domácnosť a na podobné účely. Bezpečnosť. Časť 2-75: Osobitné požiadavky na komerčné výdajné zariadenia a predajné automaty.
- **STN EN 50367: 2024-09 (36 2315)** Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie a koľajové vozidlá. Kritériá na dosiahnutie technickej kompatibility medzi pantografovými zberačmi a vrchným trolejovým vedením.
- **STN EN 50367/Zmena A1: 2024-09 (36 2315)** Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie a koľajové vozidlá. Kritériá na dosiahnutie technickej kompatibility medzi pantografovými zberačmi a vrchným trolejovým vedením.
- **STN EN 61427-2/Zmena A1: 2024-09 (36 4365)** Akumulátorové články a batérie na akumuláciu energie z obnoviteľných zdrojov. Všeobecné požiadavky a skúšobné metódy. Časť 2: Aplikácie on-grid.*)
- **STN EN IEC 62282-6-107: 2024-09 (36 4512)** Technológie palivových článkov. Časť 6-107: Výkonové systavy palivových mikročlánkov. Bezpečnosť. Nepriame zlúčeniny reagujúce s vodou (divízia 4.3).*)
- **STN P CLC IEC/TS 62443-1-5: 2024-09 (36 9060)** Informačná bezpečnosť priemyselných automatizačných a riadiacich systémov. Časť 1-5: Schéma pre bezpečnostné profily IEC 62443.*)
- **STN EN IEC 61406-2: 2024-09 (36 9724)** Identifikačný odkaz. Časť 2: Typy/modely, šarže/dávky, položky a charakteristiky.*)

Mesiac vydania STN je uvedený za jej označením v tvare „: 2024-06, 2024-07, 2024-08, 2024-09“.

*) Normy boli vydané v anglickom jazyku.

Vypracoval: Ing. Ľudovít HARNOŠ

57. konferencia elektrotechnikov Slovenska

Poprad 6. – 7.11.2024



SLOVENSKÝ
ELEKTROTECHNICKÝ
ZVÄZ

KOMORA
ELEKTROTECHNIKOV
SLOVENSKA

SEZ-KES Vás pozýva na **57. konferenciu elektrotechnikov Slovenska**,
ktorá sa uskutoční v dňoch **6. a 7. novembra 2024**, v kongresovom centre **AquaCity Poprad**.

Konferencia je určená pre:

- pracovníkov vo vývoji, výrobe, montáži elektrických zariadení a v energetike
- projektantov a revízných technikov elektro
- pracovníkov v prevádzke a údržbe elektrických zariadení
- správcov elektrických zariadení (správcovia majetku)
- učiteľov odborných predmetov elektro na SOŠ, SPŠ, VŠ, ...

V prípade ďalších otázok sa obráťte na pracovníčky
seketariátu SEZ-KES

e-mailom na adresu: sekretariat@sez-kes.sk

telefonicky na číslach: **+421 903 583 515** a **+ 421 905 741 944**

Ubytovanie

Ubytovanie v hoteli **Mountain View **** Poprad** a v hoteli **Riverside ***** si môžete zarezervovať online z kapacity vyhradenej pre SEZ-KES na stránke hotela <https://aquacityhotel.sk/> najneskôr do 16.10.2024. Pri rezervácii je nutné uviesť promo kód **"SEZ-KES2024"**. V prípade Vášho záujmu o predĺženie pobytu bude táto zvýhodnená cena platná až do nedele 10.11.2024. Bonusom pre ubytovaných hostí je časovo neobmedzený bezplatný vstup do hotelového wellness centra počas prevádzkových hodín.

Prihlásenie na 57. konferenciu elektrotechnikov Slovenska je možné cez eshop na webovej stránke SEZ-KES:

<https://www.sez-kes.sk/konferencie-/57-konferencia-elektrotechnikov-slovenska-poprad-1>

Spoluorganizátor:



Generálny partner:



*Konferencia sa koná
pod záštitou
Národného
inšpektorátu práce*



Hlavní partneri:

VIESMANN

TRACON

2N

B.E.G.

KiVA[®]sk
prepät'ové ochrany

Program konferencie

Streda 6.11.2024

8.00 – 8.40	Prezencia účastníkov	12.10 – 13.20	Prestávka – obed
8.40 – 8.50	OTVORENIE KONFERENCIE	13.20 – 14.10	NAVRHOVANIE ELEKTRICKÝCH ROZVODNÍ
	<i>Ing. Vladimír VRÁNSKY (prezident SEZ-KES)</i>		<i>Ing. Gabriela VAŇOVÁ, Ing. Marek GRACA</i>
8.50 – 9.00	PRÍHOVOR		<i>(PPA INŽINIERING, s.r.o. Banská Bystrica – člen skupiny PPA CONTROLL)</i>
	zástupca Národného inšpektorátu práce		Prestávka
	Košice	14.10 – 14.20	
9.00 – 9.50	OCHRANNÉ PRÍSTROJE V INŠTALÁCIÁCH NN - TRENDY	14.20 – 15.10	POUŽITIE UPS V PRAKTICKÝCH PRÍPADOCH
	<i>Petr BREZOVSKÝ (OEZ s.r.o. Letohrad)</i>		<i>Marcel VOJČÍK (revízny technik, projektant, Bratislava, člen Prezídia SEZ-KES)</i>
9.50 – 10.10	Prestávka	15.10 – 15.20	Prestávka
10.10 – 11.00	KOMPLEXNÁ OCHRANA PRED BLESKOM A PREPÁTÍM PRE MONOLITICKÚ STAVBU OBSAHUJÚCU OZE A NABÍJACIE STANICE PRE ELEKTROMOBILY	15.20 – 16.10	OBNOVITEĽNÉ ZDROJE, PRAKTICKÉ RIEŠENIA ENERGETICKÉHO MANAŽMENTU
	<i>Ing. Jozef DAŇO (OBO BETTERMANN s.r.o. Pezinok, člen Prezídia SEZ-KES)</i>		<i>Ing. Daniel HRČKA (Viessmann, s.r.o. Bratislava)</i>
11.00 – 11.20	Prestávka	16.10 – 16.20	Prestávka
11.20 – 12.10	LEGISLATÍVA VÝROBY ROZVÁDZAČOV A VÝROBA PRE FOTOVOLTIČNÉ APLIKÁCIE	16.20 – 17.10	BEZPEČNÉ POUŽÍVANIE OCHRÁN PRED REPÁTÍM V ELEKTROINŠTALÁCIÁCH
	<i>Ing. František ŠTĚPÁN (Eaton Elektrotechnika s.r.o. Praha)</i>		<i>Ing. David KOMRSKA (SALTEK s.r.o. Praha)</i>
		17.10 – 17.20	ZÁVER PRVÉHO DŇA KONFERENCIE
		19.30 – 22.00	DISKUSNÝ VEČER, priestory reštaurácie a Café baru na 1. poschodí AquaCity Poprad

ŠTVRTOK 7. novembra 2024

7.30 – 8.00	Prezencia účastníkov	10.50 – 11.00	Prestávka
8.00 – 8.50	IP TECHNOLOGIE NAMIESTO ANALÓGOVÉHO RIEŠENIA V PRÍSTUPOVÝCH SYSTÉMOCH	11.00 – 11.50	AKTUÁLNE INFORMÁCIE Z OBLASTI TECHNICKEJ NORMALIZÁCIE
	<i>Martin HUDEC (2N TELEKOMUNIKACE a.s. Praha)</i>		<i>Marcel ČATLOŠ (HASMA, s.r.o. Krompachy)</i>
8.50 – 9.00	Prestávka	11.50 – 12.50	Prestávka – obed
9.00 – 9.50	KOLAUDÁCIA OSVETĽOVACÍCH SÚSTAV V PRAXI. KTO VLASTNE MÔŽE MERAŤ OSVETLENIE?	12.50 – 13.25	TECHNICKÁ NORMALIZÁCIA NA SLOVENSKU
	<i>prof. Ing. Dionýz GAŠPAROVSKÝ, PhD. (Lucent Labs, s.r.o. Bratislava, člen Prezídia SEZ-KES)</i>		<i>Ing. Vladimír MIKULEC (Úrad pre normalizáciu, metrologiu a skúšobníctvo SR, Bratislava)</i>
	<i>Mgr. Ing. Roman DUBNÍČKA, PhD. (FEI STU v Bratislave)</i>	13.25 – 13.35	DATABÁZA STN NA WEBE SEZ-KES
9.50 – 10.00	Prestávka	13.35 – 13.40	<i>Ing. Daniel URBANOVIČ (Elektroprojektanti s.r.o. Braväcovo, člen Prezídia SEZ-KES)</i>
10.00 – 10.50	NOVÁ SMERNICA EÚ Č. 2024/1275 O EHB – PRESAH DO SLOVENSKEJ LEGISLATÍVY A PRAKTICKÉ DOPADY NA SLOVENSKO	13.45 – 14.35	Prestávka
	<i>Ing. Vladimír KUKUČKA (ABB, s.r.o. Bratislava, člen Prezídia SEZ-KES)</i>		REVÍZNA SPRÁVA V ZNALECKOM SKÚMANÍ
		14.35 – 14.45	<i>Ing. Ján SIHELNIK (Alto Real Estate j. s. a. Bratislava)</i>
		14.45 – 15.45	Prestávka
		15.45 – 16.00	HODINA OTÁZOK A ODPOVEDÍ
			UKONČENIE KONFERENCIE / TOMBOLA

Partneri konferencie:



Mediálny partner:



Slovo šéfredaktora

Vážení čitatelia, vítame vás pri ďalšom vydaní nášho časopisu, ktoré sme sa rozhodli predstaviť v novom dvojstránkovom formáte. Veríme, že tento prehľadnejší vzhľad prispeje k lepšiemu zážitku z čítania a uľahčí orientáciu v obsahu.

Zimné obdobie sa blíži a my, elektrikári, sa opäť vraciame do tepla našich domovov po strávení času vonku pri vodných plochách a kúpaliskách. Snažíme sa neustále vzdelávať a rozširovať naše znalosti, pričom sa sústreďujeme na aktívnu účasť vo svojich regionálnych pobočkách. Vďaka týmto stretnutiam môžeme zdieľať informácie a prispievať k rozširovaniu odborného rozhľadu nielen svojho, ale aj kolegov, ktorí majú menej skúseností v určitých oblastiach.

Rád by som spomenul naše nové pobočky, ktoré boli nedávno založené v Rožňave a vo Vranove nad Topľou. Na prvých stretnutiach sa zúčastnil značný počet členov a sympatizantov SEZ-KES, čo potvrdzuje, že v našej komunite existuje silný záujem o vzdelávanie a zdieľanie poznatkov.

Bohužiaľ, v teréne sa stretávame s mnohými nevládnutými činnosťami, ktoré si vyžadujú odborné poznatky. Mnohí elektrikári hľadajú zdroje informácií k rôznym témam, vrátane tých menej známych, ako sú zdravotnícke priestory, bleskozvody, nabíjacie

stanice, batériové zdroje a antistatické podlahy. Existujú však aj takí, ktorí sa venujú len jednej oblasti elektrotechniky, a túžia po rozšírení svojich vedomostí v iných sférach.

Je dôležité upozorniť, že naša komunita zodpovedných elektrikárov – od projektantov po revízných technikov a zhotoviteľov – čelí výzvam, ktoré si vyžadujú rýchly a kvalitný výcvik. Často dochádza k nedostatku vedomostí a praktických skúseností, čo môže mať negatívny dopad na klientov a ich projekty. Nesprávne vykonanie prác môže viesť k závažným poruchám alebo dokonca úrazom.

Slovenský elektrotechnický zväz – Komora elektrotechnikov Slovenska (SEZ-KES) je tu na to, aby pomohol zjednotiť komunitu elektrikárov a pozdvihnúť úroveň vzdelávania a kultúry, ktorá má svoj základ v stavovskej cti. Tento pojem však pomaly vyprcháva, pričom ho nahrádza chaos a neistota.

Preto vyzývam všetkých elektrikárov, ktorí chápu, že úspech v obore závisí od znalostí a skúseností, aby podporili svoje regionálne pobočky SEZ-KES. Kontaktujte ich, zúčastnite sa na diskusiách a vyžadujte tematické vzdelávanie, v ktorom sa chcete zdokonaľiť. Sme tu ako jedna komunita, snažiaca sa stať sa dôveryhodnými odborníkmi vo svojej profesii.

S úctou Igor Papík, šéfredaktor

IV. ročník / 11. vydanie

Október 2024

Vydavateľ:

Slovenský elektrotechnický zväz –
Komora elektrotechnikov Slovenska Radlinského 28
811 07 Bratislava

+421 905 741 944

www.sez-kes.sk

Evidenčné číslo publikácie: EV277/24/EPP

Kontakt na redakciu:

Bc. Igor Papík, šéfredaktor

+421 903 800 336

faza@sez-kes.sk

Redaktori:

Tibor Hanko

Ing. František Paluška

Ing. Michal Sahuľ

Redakčná rada: Ing. Jozef Daňo, prof. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD., Tibor Hanko, Ing. Vladimír Kukučka, Ing. František Paluška, Ing. Michal Sahuľ.

Vaše osobné údaje spracúvame na to, aby sme vám prinášali najnovšie informácie o našej činnosti, zasielali vám novinky zo sveta elektrotechniky a informovali vás o organizovaných podujatiach.

Vaše osobné údaje spracúvame len v nevyhnutnom rozsahu vašich kontaktných údajov, ako je napríklad titul, meno, priezvisko, emailová adresa a poštová adresa či telefónne číslo. Tieto údaje spracúvame na základe nášho oprávneného záujmu, aby sme mohli v čo najširšom rozsahu plniť naše úlohy a poslanie záujmového združenia v odvetví elektrotechniky. Proti takémuto spracúvaniu môžete vzniesť kedykoľvek námietku a my vám okamžite prestaneme naše informácie zasielať.

Podrobnosti o ochrane osobných údajov nájdete na stránke:

[https://www.sez-kes.sk/assets/files/obsah/51-SEZ-KES_Info-povinnost_Vseobecna_UPR\(1\).PDF](https://www.sez-kes.sk/assets/files/obsah/51-SEZ-KES_Info-povinnost_Vseobecna_UPR(1).PDF)

Za obsah textu zodpovedá autor, za obsah inzercie a PR článkov zodpovedá zadávateľ.