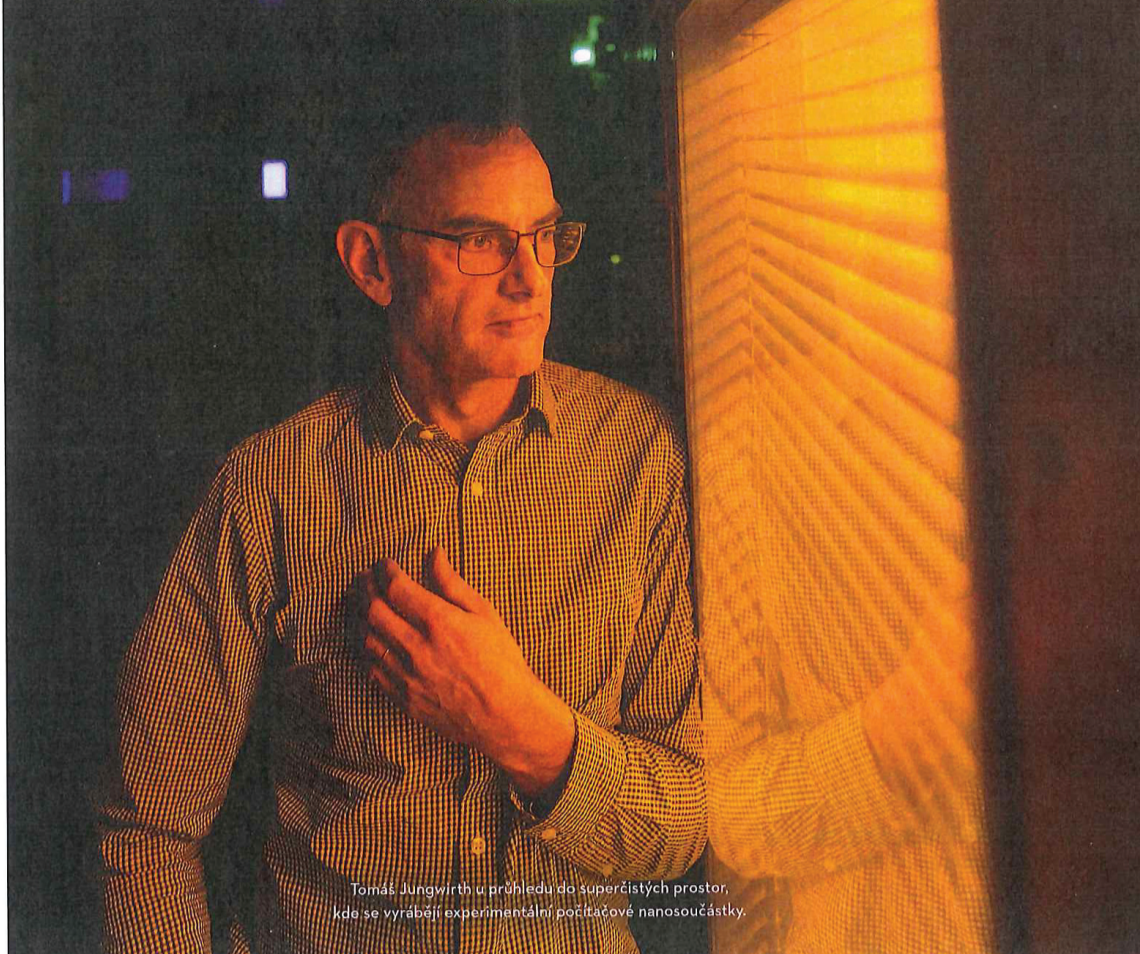


# Výstřel do budoucna

Objevy týmu Tomáše Jungwirtha mohou vést k tisíckrát rychlejšímu počítačovému paměti i první součástce, která hardwarově napodobí činnost lidského mozku

MARTIN UHLÍŘ / FOTO MILAN JAROŠ

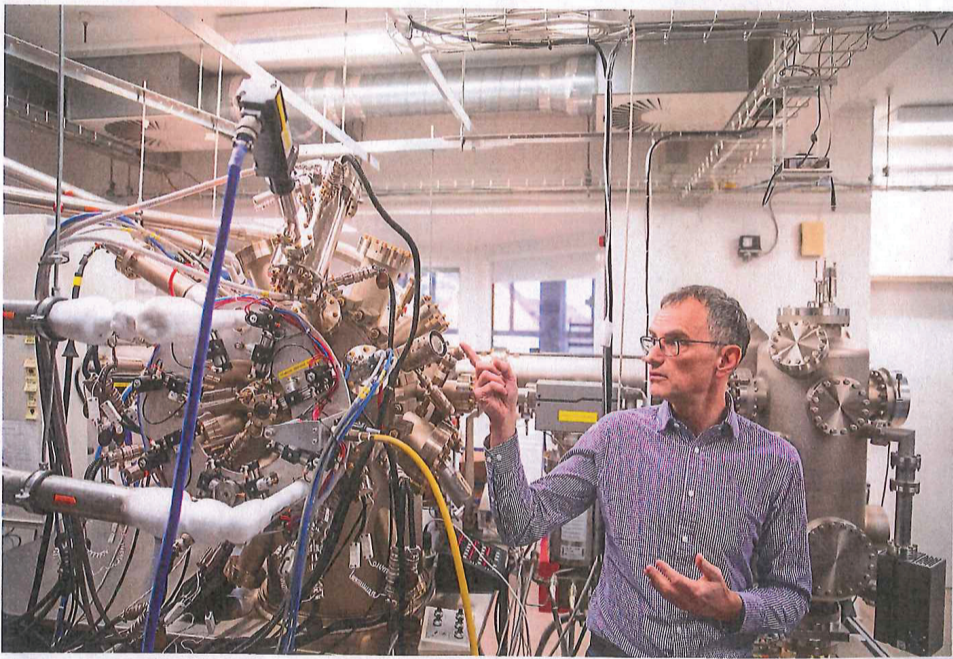


Tomáš Jungwirth u průhledu do superčistých prostor, kde se vyrábějí experimentální počítačové nanosoučástky.

civilizace

**J**sou mi kolegové," jmenuje fyzik první z řady důvodů, proč dává přednost akademické půdě před tou korporátní. „U lidí, kteří pracují ve firmách, jsem často viděl, že museli opustit svůj favorizovaný směr výzkumu, korporace je převedla na něco jiného.“ Spolupráci s firmami se jeho tým nebrání, ale chce si udržet svobodu a kontrolu. Princip nových pamětí patentoval společně s firmou Hitachi, která výzkum finančně podporuje. Technologie ovšem poněkud předběhla svou dobu. Jestli skutečně změní svět elektroniky, je zatím ve hvězdách – a ne tak úplně v rukou Tomáše Jungwirtha, který teď usiluje o další pozoruhodnou věc. Chce se svým týmem vyrobit hardwarově součástku, jež by dokázaly napodobit činnost lidského mozku.

**Zkuste to bez drátů**  
Jednotlivé tranzistory, základní součástky, jež v procesoru provádějí výpočty, mají sice rozměry několika atomů, jenže tenhle fantastický pokrok nedokážeme naplno využít. Počítač totiž obsahuje i další díly: operační paměť, zaznamenávající průběh výsledky okamžitých výpočtů, a pevný disk. A oba je s procesorem propojeno způsobem, který jako by nepatřil do 21. století: hadi barevných drátů počítač vračejí do makroskopického světa, zpomalují jej a způsobují ztrátu energie. Obdivovatelé Jára Cimrmana si možná připomenou radu: „Zkuste to bez drátů, Marconi.“ Obor zvaný spintronika, v němž Jungwirth pracuje, k tomu pomalu směřuje – jedním z jeho cílů je spojit všechny tři zmíněné části počítače do jedné.



Před deseti lety to byla sci-fi. (Komora pro růst antiferomagnetických krystalů)

60

RESPEKT 9 | 25. ÚNOR - 3. BŘEZEN 2019

Mezitím spintronika postupně mění způsob, jakým zapisujeme a čteme informace. Pevné disky na úsvitu počítačového věku ještě pracovaly podobně jako kotoučové magnetofony. Nad magnetickým médiem se pohybovala zapisovací hlava v podobě cívky, kterou procházel elektrický proud: generoval magnetické pole, jež se „obtsklo“ do záznamové magnetické vrstvy. Při čtení z páska naopak „obtsklo“ pole generovalo proud v cívice. V obou případech byla důležitá pouze velikost a směr elektrického proudu, který hlavou procházel.

To by v dnešní výpočetní technice nestačilo. Spintronika využívá i další vlastnost elektřiny – takzvaný spin, vnitřní vlastnost elektronu, díky níž si jej můžeme představit jako malíčky magnetu, miniaturní zemkouli se severním a jižním magnetickým pólem. Teče-li proud běžným vodičem, magnetické osy míří každá jinam. Za určitých podmínek se ale mohou po vstupu do vodiče sjednotit a ukazovat stejným směrem – jako by se ony „zemkoule“ nekouřily prostorem chaoticky. Takový proud může být velmi slabý a nepotřebuje už silné dráty, přesto generuje magnetické pole schopné ukládat nebo číst informace v podobě digitálních nul a jedniček. Jako by vodivým materiálem, který slouží jako paměť, pochodoval zástup pečlivě vyrovnaných vojáků a do atomů (i ty mají podobu miniaturních magnetů) zapisoval údaje nebo je z nich četl.

Od konce devadesátých let se tento princip využívá v počítačových harddiscích, ve druhé polovině minulého desetiletí se objevily i první spintronické operační paměti. Jsou odolné proti ionizujícímu záření přítomnému hlavně ve velkých výškách, zatím se proto používají třeba v letadlech, kde záření může poškodit palubní elektroniku. Oproti běžným operačním pamětím, kde se informace ukládají do polovodičů, mají ještě další výhodu: informace „nezapomenou“ ani po vypnutí proudu.

Je to důležité kvůli úspoře energie. Téměř všude dnes vidíme nějaké senzory a mikropočítače. Většinou v režimu stand-by čekají, až je něco probudí,“ objasňuje Jungwirth, jak by senzory se spintronickou magnetickou pamětí mohly šetřit elektřinu v současných přístrojích nebo v budoucím internetu věcí.

Takové je tedy hříšné, na kterém se pohybuje Jungwirthův výzkum. Praxický fyzik přitom se svými kolegy nedávno ukázal, jak lze hrací plochu rozšířit o nové kontinenty.

## Netradiční USB paměť

K ukládání informací se zatím využívají pouze feromagnetické materiály jako železo, kobalt nebo nikl. Jenže většina magnetických substancí do této kategorie nepatří. Jsou to takzvané antiferomagnetické látky, které sice mají slovo magnet v názvu, ale navenek se magneticky neprojevují – pomyslné magnetické stříčky atomů v nich nemají stejným směrem, ale vždy v dvou sousedních atomů ukazují směrem opačným, a proto se navzájem ruší. Žádné magnetické pole z nich nevystupuje.

„Feromagnetů známé tři tisíce let, antiferomagnetů ani ne sto let,“ přibližuje tajemství těchto utajených magnetů Jungwirth. Teprve ve třicátých letech minulého století je popsal francouzský fyzik Louis Néel a v roce 1970 za to dostal Nobelovu cenu – aniž ovšem bylo jasné, k čemu by mohly sloužit. Na to přišel až Jungwirth a jeho kolegové, jimž se podařilo antiferomagnet

probudit. Tajemství úspěchu je v tom, jak z jednotlivých atomů – třeba mědi, manganu a arzenu – poskládat antiferomagnetický krystal, jaký roste v komoře popsané v úvodu článku.

Má-li určitou vnitřní strukturu, kterou Jungwirth demonstruje pomocí kostek cukru, hrnků a kávových lžiček, lze do něj podobně jako do feromagnetu ukládat informaci prostřednictvím elektrického proudu. Ten se v něm změní v onen pečlivě srovnaný oddíl pochodujících vojáků zapisující informace do „magnetických stříček“ jeho atomů. „Vše jsme propočítali a ukázali, že to půjde. V roce 2014 jsme publikovali teoretickou předpověď,“ rekapituluje český vědec, který je zároveň profesorem britské Nottinghamské univerzity.

O dva roky později se svým týmem dokázal, že jejich postup funguje i v realitě, a v roce 2017 vyrobili první demonstrační USB paměť. Zatím má mizivou kapacitu, lze ji však připojit k notebooku a ukazovat na konferencích. Publikum pak šokuje to, že přes ni lze přejít i velmi silným magnetem, a přesto se informace nevymaže. „Využívali jsme dosud jen malou část oboru magnetismu,“ dodává Jungwirth, jehož tým také ukázal, že do antiferomagnetické paměti lze navíc zapisovat informace tisíckrát rychleji než do těch současných.

Antiferomagnetů nabývaly ještě jedno překvapení: ukázalo se, že mohou podobně jako lidský mozek pracovat spojitě. Mozek funguje milionkrát pomaleji než digitální počítače, zato dokáže plymulé nastavovat sílu propojení mezi neurony; nezná pouze nulu – vypnuto – a jedničku – zapnuto. Učíme-li se třeba cizí jazyk nebo trénujeme rozeznávání obrazů, budujeme propojení jednotlivých neuronů a nastavujeme sílu těchto spojení – vytváříme neuronovou síť. „Když pak uvidíme obrázek, okamžitě ho rozpoznáme; neprobíhá už logická analýza, jen bleskové vyhodnocujeme, nakolik je podobný tomu, co jsme do neuronové sítě vložili.“

Imitovat to lze softwarově, v počítači – simulované neuronové síte se používají třeba právě k rozpoznávání tváří nebo strojovému překladu. Vyrobit skutečné elektronické zařízení, které by napodobovalo činnost mozku, je však mnohem složitější. Zatím neexistují komerční hardwarové součástky, které by to dokázaly. A právě takové chce pražský tým pomocí antiferomagnetu vytvořit.

## S mozkem na parkovišti

Podzemní garáže Akademie věd ČR na Národní třídě zprvu ničím nepřekvapí, ale zvláštní je nenápadná, zamalovaná síť tras na podlaze, která vede ke každému parkovacímu místu. Máme kompletní přehled. Tohle je obsazenost parkoviště v pět hodin ráno, tady v osm večer,“ ukazuje Jungwirth na obrazovce tabletu. „Provozovatel parkoviště má přesnou statistiku a může třeba optimalizovat zpoplatnění míst.“

Do podlahy garáže Jungwirth a jeho kolegové zabudovali síť vodičů a spintronických senzorů, které registrují všechna auta. Kov auta dokáže narušit přirozené magnetické pole Země a senzory to zachytí. Systém zkušebně, ale už i komerčně běží kromě Prahy také v několika dalších českých městech a ve Španělsku. Je odolný vůči rozmarům počasí i paragrafům zákonů na ochranu osobních údajů – na rozdíl od kamer senzorů ukryté pod vozov-

RESPEKT.CZ

61

ŽÁDNÁ VĚDA

## Město bez paměti

Kateřina Tučková

Když jsem před několika dny vedla výpravu zahraničních žurnalistů, kteří se sjeli z různých koutů Německa, Rakouska a Švýcarska, aby se seznámili s ruženskými literáty dřív, než dorazí na knižní veletrh v Lipsku, čekala mě namísto obvyklého vyprávění o česko-německo-židovském soužití v brněnském Bronxu nečekaná improvizace. Tentokrát se totiž zlatým hřebem industriální procházky nestala rozpadající se fabrika Tugendhatových, ale chybějící část protější ulice. Tam, kde kdysi stávala první židovská modlitebna, totiž nebylo nic. Vlastně – zela tam hluboká jáma. Bez vědomí veřejnosti z mapy města zmizela zásadní kóta staletého soužití náboženských skupin v Brně, související s příběhy osobností, jimž vděčíme za současnou podobu metropole, ba i kraje.

Při pohledu na ten zmar mě zaplavil smutek z nenahraditelné ztráty a zároveň stud, protože vyvídit takovou věc návštěvníkům ze země, kde *Erinnerungskultur*, kultura vzpomínání, významně formuje veřejnou diskusi, bylo skoro nemožné. Měla jsem co dělat, abych procházku dokokotala do konce.

Nečekaným zjištěním však toho dne neměl být konec. Stejný osud má totiž brzy postihnout i další místo s unikátní pamětí – jen o kus dál ležící rumiště, kde kdysi stávala Velká synagoga.

Architektonicky cenný symbol svobodného vyznání víry v převážně katolickém kraji si v půli 19. století vystavěli čerstvě emancipovaní židovští Brňané, stavba však nepřetržila ani sto let. V noci z 16. března 1939 ji na počest Hitlerova přijezdu do moravské metropole vypálili místní nacisté. Po válce se zdemolovaná židovská obec už na novou výstavbu nezmohla, brněňští radní se ale po osvobození zavázali zříditi zde pietní připomínku hrůz holokaustu. Teď však vyšlo najevo, že po revoluci pozemek z majetku města přešel k exekutorovi a poté se několikaletým prodejem dostal k Radovanu Vitkovci a firmě CPI, která na něm plánuje výstavbu luxusního hotelu a wellness centrem.

Zastavit příznivce Adolfa Hitlera, kteří před osmdesáti lety synagogu vypálili, už nesvedeme, ale skutečně jsme stále tak lhostejní, že promárníme příležitost důstojně ucítit památku našich někdejších sousedů a zříditi na místě s neopakovatelnou historickou pamětí dlouho popotávané muzeum moravského holokaustu? ©  
Autorka je spisovatelka.



kou nevidí poznávací značky ani tváře lidí uvnitř aut. Údaje ze senzorů jsou ovšem nepřehledným chaosem, informace o příjezdech vozidel a parkování z nich musí vyčíst až počítačový program nebo simulovaná neuronová síť. Obojí pražští vědci navrhli a neuronovou síť teď trénují, aby údajům správně rozuměla. Senzory parkoviště jsou tvořeny běžnými feromagnetickými látkami, ale antiferomagnetů mají seřádit důležitou součástku, která by napodobovala propojení nervových buněk v mozku a simulovanou neuronovou síť nahradila. Získali na to velmi prestižní evropský grant v rámci programu Horizon 2020 a Tomáš Jungwirth se stal koordinátorem několika týmů z různých zemí, které jsou do projektu zapojeny, včetně vědců z ně-

meckých ústavů Maxe Plancka. Je to nepřehlédnutelný úspěch – Čechů je mezi koordinátory podobných projektů jen pár.

Na otázku, jestli v něm objevy kolem antiferomagnetů vzbudily nadšení, odpovídá ovšem pražský fyzik zdrženlivě. „Ostatní technologie, ať už polovodičové nebo feromagnetické paměti, za sebou mají několik desetiletí výzkumu i aplikací. Nedá se tedy očekávat, že na ně všichni hned zapomenou a vrhnou se na antiferomagnetů. Možná zůstanou jen zajímavou kuriozitou,“ říká fyzik – ale prozkoumávání případných slepých uliček mu nevadí. „Pokud člověk dělá vědu dobře, neexistuje pro něj rutina. Kdyby do ní upadl, znamená to, že se už věnuje něčemu prověřenému, ne výzkumu na hranici poznání. Pak už ve vědě nemá co dělat. My se snažíme pořád zkoušet něco nového, je to vlastně zábava.“

Není překvapující, že akademické prostředí se pro takovou práci hodí víc než korporátní – zajímavější je, že v Jungwirthově oboru nejde o výjimku. V devadesátých letech přezívala tradice, že špičkový základní výzkum se dělal třeba v soukromých Bellových laboratořích, kde vynalezli tranzistor a měli téměř neomezené prostředky. Dnes Bellovy laboratoře stejně jako laboratoře IBM téměř zmizely s nástupem internetu, konkurence v telekomunikačních službách a s tím souvisejících softwarových gigantů jako Google.

Špičkový výzkum v mikroelektronice se proto z velké části přesunul právě na akademickou půdu a firmy se do vývoje často zapojují až ve druhé poloce. Jestliže se „vytvořil mozek“ pro obsluhu parkoviště předce jen podaří uměřit, vědci jej sami vyrábět nebudou: „Oslovili bychom silného partnera, nějakou mezinárodní firmu. Ale přišli bychom za ní ne už s vědeckým článkem nebo vizí, ale konkrétním výrobkem v ruce.“

## Příliš pomalé počítače

V tuto chvíli u dveří pracovny Tomáše Jungwirtha nestojí ve frontě zástupci Intelu, Samsungu a dalších výrobců počítačových komponentů a nejednájí o koupi technologií, které v Praze vznikají. Žádný průlom v téhle komplikované, rychle se vyvíjející branži ještě nezaručuje cestu ke komerčnímu úspěchu. Objev takzvaného spinového Hallova jevu, kterým Tomáš Jungwirth zaujal svět už v roce 2004, teoreticky může proměnit celou spintroniku. Přesto zatím na trhu není žádná součástka, která by jev využívala – i když všechny velké firmy mají výzkumný program, který to chce změnit.

I celá feromagnetická spintronika se ostatně vůči klasickým polovodičovým pamětím prosazovala obtížně a narážela na řadu bariér. Nedávny Jungwirthův objev skutečných možností antiferomagnetů pak předběhl svou dobu ještě víc. Antiferomagnetické paměti umí přijmout proudový impuls o délce biliontiny vteřiny. Současné počítačové procesory jsou však tisíckrát pomalejší, takže by tak rychlou paměť nedokázaly využít. „Je to výstřel do budoucna,“ říká o svém objevu Tomáš Jungwirth. „Ale to je přece účel vědy – aby otevírala nové možnosti.“ ●

WWW.RESPEKT.CZ/AUDIO

62

RESPEKT 9 | 25. ÚNOR - 3. BŘEZEN 2019