

FeRAM (Ferroelectric RAM)

FeRAM (Ferroelectric Random-Access Memory), často označovaná také jako FRAM, je typ elektronické počítačové paměti, která unikátním způsobem kombinuje výhody dvou zcela odlišných světů. Nabízí nevolatilitu (schopnost uchovat data i po odpojení napájení) typickou pro Flash paměti nebo pevné disky, a zároveň se pyšní extrémní rychlostí zápisu a čtení, která se blíží klasickým rychlým operačním pamětem DRAM.

Technologický princip a feroelektrický jev

Základní architektura FeRAM je velmi podobná struktuře běžné dynamické paměti (DRAM). Obě technologie ukládají data v mikroskopických kondenzátorech. Zásadní rozdíl však spočívá v použitém izolačním materiálu. Zatímco DRAM používá v kondenzátoru běžné lineární dielektrikum (které po odpojení proudu okamžitě ztratí nahromaděný elektrický náboj a data se smažou), FeRAM využívá speciální tenkou vrstvu feroelektrického materiálu. Historicky nejčastěji šlo o krystal zirkoničitan-titaničitanu olovnatého (zkráceně PZT).

Termín „feroelektrický“ může být mírně zavádějící, protože materiál reálně neobsahuje žádné železo (ferrum) a nevyužívá klasický magnetismus. Název pouze odkazuje na vizuální a strukturální podobnost s chováním feromagnetických látek. Uvnitř krystalové mřížky PZT se nachází pohyblivý centrální atom (například titan). Tento atom má ve struktuře dva stabilní stavy – může „zapadnout“ buď do horní, nebo do dolní pozice.

Když se na krystal aplikuje vnější elektrické pole, tento atom se fyzicky posune do jedné ze stabilních pozic. Jedna pozice matematicky představuje logickou nulu a druhá logickou jedničku. Jakmile se elektrické pole vypne, atom v této vybrané pozici trvale zůstane „zamčený“. Data jsou tedy zakódována v trvalé fyzické polarizaci krystalu, nikoliv v unikajících elektronech, díky čemuž paměť nepotřebuje trvalé a neustálé napájení.

Zásadní rozdíly oproti Flash paměti

Extrémní životnost (Endurance): Běžné NAND Flash paměti se fyzicky opotřebovávají a degradují pokaždé, když na ně zapíšete data. Obyčejná Flash buňka často vydrží jen několik tisíc přepisů, než se její elektronický izolant zcela zničí. Oproti tomu feroelektrický krystal ve FeRAM se při posouvání centrálního atomu nijak nedegraduje. Moderní FeRAM paměti tak bez problémů vydrží neuvěřitelných 10¹² až 10¹⁴ cyklů zápisu a čtení, což je v praxi pro většinu zařízení činí doslova nesmrtelnými.

Vysoká rychlost a symetrie zápisu: Zápis do Flash paměti je drasticky pomalejší než čtení, protože architektura vyžaduje zdlouhavé mazání celých velkých bloků buněk před tím, než se do nich mohou zapsat nová data. U technologie FeRAM je zápis symetrický se čtením a obojí trvá pouhé desítky nanosekund. Krystal se na novou hodnotu překlopí okamžitě, bez jakékoliv nutnosti zdlouhavého předchozího promazávání paměti.

Minimální spotřeba energie: K zapsání dat do Flash paměti (tzv. kvantové tunelování elektronů) je

zapotřebí relativně vysoké napětí (např. 10 až 15 voltů), které se přímo v čipu musí složitě generovat pomocí hardwarových nábojových pump. To spotřebovává spoustu energie z baterie. FeRAM pro fyzické překlopení atomu v krystalové mřížce potřebuje jen nepatrné napětí (často pod 1,5 V). Jedná se proto o jednu z energeticky absolutně nejúspornějších nevolatilních pamětí na trhu.

Nevýhody a technologické bariéry

Nízká hustota a vysoká cena: Největším historickým problémem pamětí FeRAM byla vždy jejich malá kapacita. Zmíněný feroelektrický krystal (PZT) totiž dlouhá léta nešel jednoduše miniaturizovat. Při pokusu o výrobu nanometrových buněk (jaké běžně známe ze zmíněných Flash pamětí) krystal ztratil své klíčové feroelektrické vlastnosti. Proto se kapacity komerčních FeRAM čipů pohybují jen v řádech stovek kilobajtů až několika megabajtů a výrobně jde o poměrně nákladnou technologii.

Destruktivní čtení: Zvláštností této paměti je proces, kterým systém čte zapsaná data. Kontrolér musí do buňky vyslat napěťový puls a sledovat elektrickou odezvu krystalu. Tento samotný akt čtení však polarizaci krystalu naruší a vyresetuje (data se čtením zničí). Řadič paměti tedy musí po každém jednom přečtení okamžitě a automaticky provést skrytý proces zpětného zápisu, aby data v buňce zachránil. Díky extrémní rychlosti se to však děje v nanosekundách a koncový systém toto zdržení nepostřehne.

Současné využití a pohled do budoucnosti

Kvůli technickým limitům v miniaturizaci FeRAM nikdy nenahradila pevné SSD disky ve stolních počítačích. Našla si však neotřesitelnou pozici ve specializovaném průmyslu a v zařízeních, kde se neustále cyklicky zapisuje malé množství kritických dat a kde by náhlý výpadek proudu znamenal katastrofu. Běžně tyto čipy najdeme v bezpečnostních tachografech, černých skříňkách u automobilů, průmyslových měřácích, lékařských implantátech (jako jsou kardiostimulátory, kde šetří baterii pacienta), chytrých bezkontaktních RFID kartách nebo u drobných senzorů v systémech internetu věcí (IoT).

Obrovskou naději a možnou revoluci pro tuto technologii představuje nedávný objev vědců, kterým se podařilo objevit perfektní feroelektrické vlastnosti u ultratenkých vrstev oxidu hafničitého. Hafnium se v továrnách na klasické polovodiče již dávno a zcela běžně používá. Tato nová, s křemíkem plně kompatibilní generace materiálů, nyní dává inženýrům naději na masivní zmenšení feroelektrických buněk. V budoucnu by to mohlo znamenat začlenění pamětí FeRAM přímo do jader moderních procesorů jako přímou náhradu za rychlé, ale energeticky nenasytné vyrovnávací mezipaměti (SRAM Cache).

Související pojmy: DRAM, SRAM, EEPROM, Flash paměť, Krystalová mřížka, Kondenzátor, IoT, Pevnolátková fyzika.

From:

<https://www.serviceit.cz/> - **IT ENCYKLOPEDIA**

Permanent link:

<https://www.serviceit.cz/doku.php?id=feram>

Last update: **2026/06/17 19:29**

