

Hlavní navigace

Root.cz » Periferie » **Současnost a budoucnost pevných disků**

Současnost a budoucnost pevných disků

7. 8. 2008 0:00 Pavel Tišnovský



V dnešní části seriálu o architekturách počítačů budou popsány technologie, které významným způsobem umožnily zvýšit kapacity moderních pevných disků a současně snížit jejich poruchovost a zmenšit velikost. Kromě toho si také řekneme, jaké existují limity pro další zmenšování pevných disků.

Nálepky: hardware

Obsah

1. Současnost a budoucnost pevných disků [viz: #k01]
2. Magnetorezistivní hlavy [viz: #k02]
3. GMR hlavy [viz: #k03]
4. Heat Assisted Magnetic Recording – na scénu přichází laser [viz: #k04]
5. Technologie AFC (Antiferromagnetically Coupled media) [viz: #k05]
6. Povrch pevného disku [viz: #k06]
7. Možnosti a praktické limity miniaturizace pevných disků [viz: #k07]
8. Literatura a odkazy na Internetu [viz: #k08]
9. Obsah následující části seriálu [viz: #k09]

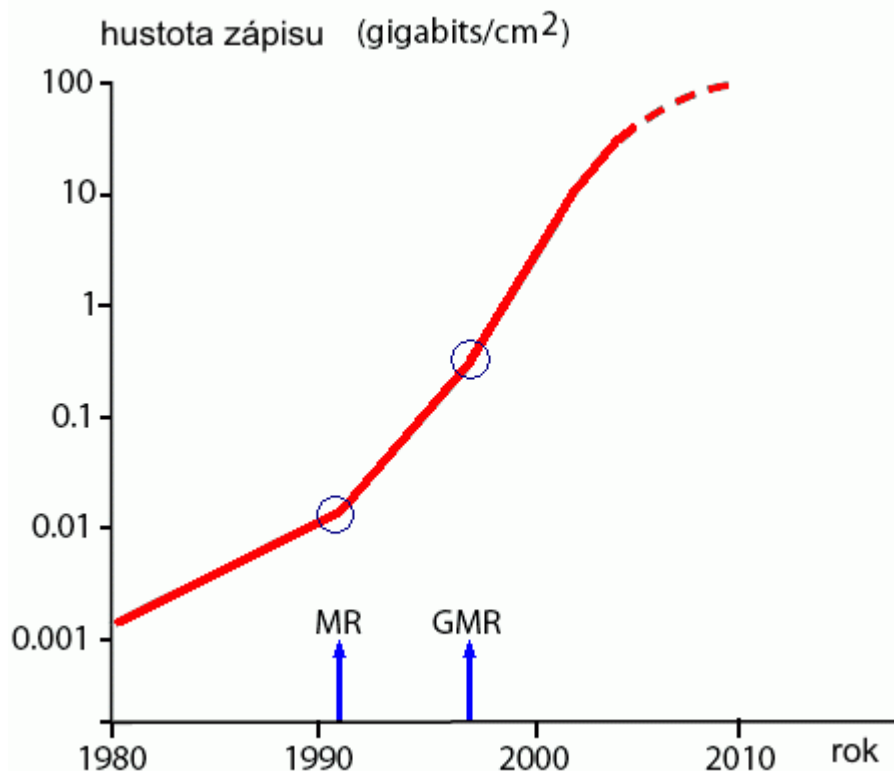
1. Současnost a budoucnost pevných disků

Pevné disky prošly v posledních padesáti letech velmi intenzivním vývojem, podobně jako mikroprocesory nebo (v poněkud menší míře) operační paměti. Postupně docházelo k jejich razantnímu zmenšování, zvyšování informační hustoty (*hustoty zápisu*), tj. počtu bitů uložených na jednotku plochy, zvyšování přístupové rychlosti a také zlepšení odolnosti disků proti vnějším vlivům – magnetickému poli, nárazům, změně teploty, změně tlaku vzduchu aj. Doby, kdy musel být pevný disk umístěn v klimatizované místnosti se vzduchovým filtrem jsou již dávno za námi.



Obrázek 1: Mezi těmito pevnými disky leží padesát let kontinuálního vývoje

Dnes si popíšeme technologie, pomocí nichž bylo či bude možné zvyšovat hustotu zápisu, neboť právě ta do značné míry určuje i další parametry pevných disků, například i jejich cenu, velikost či spotřebu. Zvýšení informační hustoty například vedlo ke snížení počtu rotujících ploten z původních velmi vysokých hodnot (50 ploten u *RAMACu*) až na plotny dvě či dokonce pouze jednu; současně se jejich průměr zmenšil z 24 palců na 2,5 palce, 1,8 palce či dokonce na pouhý jeden palec.



Obrázek 2: Postupný růst hustoty zápisu informací na pevných discích. Kroužkem jsou vyznačeny zlomy vzniklé díky přechodu na nové technologie

2. Magnetorezistivní hlavy

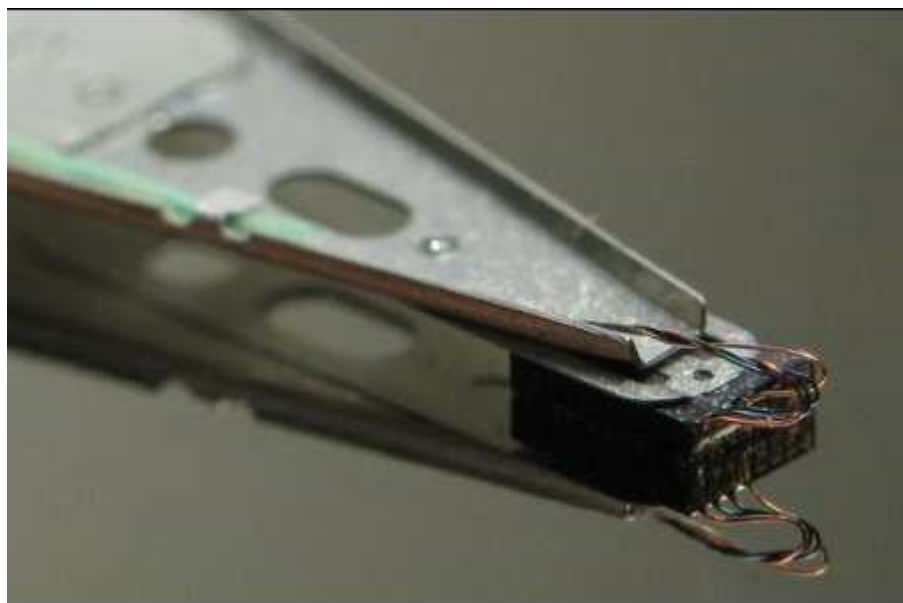
Velký pokrok ve zvyšování kapacity pevných disků znamenal zavedení *magnetorezistivních hlav* (MR heads). Co vlastně termín *magnetorezistence* znamená? Stručně a zjednodušeně řečeno se jedná o závislost elektrického odporu nějakého materiálu na směru a současně intenzitě vnějšího magnetického pole. V případě, že má použitý vodič (prvek či častěji nějaká slitina) magnetické vlastnosti, může směr a intenzita magnetického pole ovlivnit jeho elektrický odpor, jenž se v praxi dá velmi přesně změřit ve vstupních zesilovačích pevných disků (neměří se přímo odpor vodiče, ale velikost proudu protékajícího čtecí hlavou mající magnetorezistivní vlastnost). Tento důležitý jev byl objeven už v předminulém století, konkrétně v roce 1856 slavným lordem Kelvinem (vlastním jménem Williamem Thomsonem), prakticky však nebyl po více než sto let využíván, protože se magnetickým polem v tehdy použitých materiálech dala ovlivnit pouze malá část celkového elektrického odporu. Řádově se jednalo o jednotky procent.



Obrázek 3: Schéma magnetorezistivní hlavy (MR hlavy)

Dnes je situace odlišná, a proto se magnetorezistivní hlavy v pevných discích poměrně razantním způsobem prosadily, jelikož se pomocí nich dala zvýšit hustota zapisovaných informací, měřená například v počtu zapsaných bitů na čtverečním palci plochy disku. MR hlava, přesněji řečeno její snímací část, je tvořena z magnetorezistivního materiálu, typicky slitiny železa a niklu. Pokud je orientace magnetického pole souběžná se směrem toku elektronů v MR hlavě, zvyšuje se pravděpodobnost kolize elektronů s atomy vodiče a tím roste i naměřený elektrický odpor magnetorezistivního materiálu. Naopak, pokud se magnetické pole natočí o 90°, pravděpodobnost kolize elektronů s atomy se sníží a tím pádem se sníží i odpor, jehož velikost se vyhodnocuje ve čtecím zesilovači. Tato vlastnosti MR

materiálu má jednu nevýhodu – jeho odpor se mění nezávisle na tom, kterým směrem je magnetické pole natočeno, takže by nebylo možné rozeznat zápis bitové nuly a jedničky. Řešení je jednoduché – na MR materiál kromě samotného magnetického záznamu na plotně disku působí i konstantní magnetické pole z magnetu umístěného přímo na MR hlavě – tzv. *transverse bias* (příčná předmagnetizace).



Obrázek 4: Takto vypadá magnetorezistivní hlava ve skutečnosti

Jak se použití MR hlav projeví na hustotě záznamu? Podle materiálů firmy IBM, která patří mezi průkopníky v oblasti (nejenom) magnetického záznamu na pevných discích, se pomocí magnetorezistivních hlav dosahuje maximální informační hustoty 2,6 gigabitů na čtvereční palec, což je cca čtyři megabity na čtvereční milimetr! Tloušťka senzoru vytvořeného z magnetorezistivního materiálu je pouhých 0,08 mikronů a délka jednoho bitu ve stopě je rovna 0,12 mikronů (na grafu uvedeném v předchozí kapitole si všimněte, že při zavedení MR hlav se jednalo o mnohem nižší hodnoty). Zcela jistě se jedná o úctyhodná čísla, ovšem v následující kapitole si popíšeme ještě výkonnější technologii, která podle našich současných znalostí představuje fyzikální limit v možnostech čtení magneticky zapsaných informací.

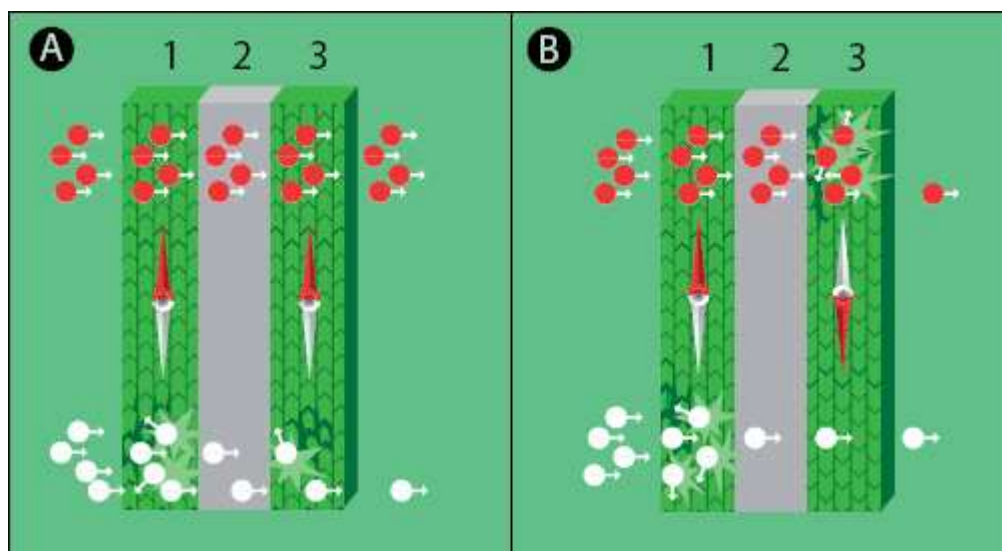


Obrázek 5: Pevný disk s magnetorezistivní hlavou

3. GMR hlavy

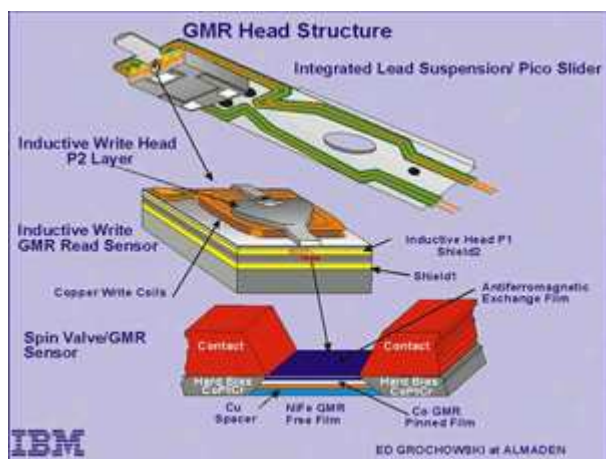
V roce 1997 byla vytvořena první čtecí hlava pevných disků založená na principu takzvané *obří magnetorezistence* (*Giant Magnetoresistance* – *GMR*). Tento název sice evokuje příbuznost s magnetorezistencí popsanou v předchozí kapitole, ve skutečnosti se však jedná o zcela odlišnou vlastnost projevující se ovšem také změnou odporu materiálu závisléjší na intenzitě a směru magnetického pole. Obří magnetorezistence spočívá v ovlivnění elektrického odporu materiálu interakcí *spinu* elektronu s magnetizací. Zatímco v klasické elektronice je nositelem informace elektrický proud (či náboj), zde se kromě náboje uvažuje i orientace spinu elektronu, což je kvantová vlastnost. GMR hlavy jsou tak jednou z prvních praktických aplikací spinové elektroniky (*spintroniky*). Do budoucna se uvažuje například

o pamětech bez pohyblivých částí, ve kterých by informace byly zapsány pomocí různého spinu, nikoli však elektronů, ale těžších elementárních částic umístěných v pravidelné mřížce.



Obrázek 6: Princip GMR v prostředí se třemi nanovrstvami

Na šestém obrázku je znázorněn princip GMR. Vrstvy jedna a tři jsou vyrobeny z magnetického (přesněji řečeno feromagnetického) materiálu, prostřední (druhá) vrstva je sice elektricky vodivá, ovšem její materiál je nemagnetický (diamagnetický). Všechny tři vrstvy mají tloušťku maximálně několik nanometrů, aby se mohly projevit především kvantové jevy. V části **A** mají magnetizace první a třetí vrstvy stejný směr. Elektrony, jenž mají souhlasně orientované spiny s magnetizací (v obrázku jsou vyznačeny červenou barvou) prochází téměř bez rozptýlu oběma krajními vrstvami. Elektrony s opačně orientovaným spinem (ty jsou pro změnu nakresleny barvou bílou) jsou v obou vrstvách rozptýleny a celou strukturou tedy neprojdou – pro tuto konfiguraci vrstev se celek jeví jako látka s relativně nízkým elektrickým odporem – cca polovina elektronů látkou projde, zbylá polovina je rozptýlena. Pokud je naopak magnetizace třetí krajní vrstvy opačná (část **B**), jsou elektrony s původně souhlasně orientovanými spiny na této vrstvě rozptýleny, protože je jejich spin opačný proti její magnetizaci. „Bílé“ elektrony jsou naopak rozptýleny v první vrstvě, tj. celkově při této konfiguraci látkou neprochází elektrony žádné.



Obrázek 7: Uspořádání magnetorezistivní hlavy

Díky použití GMR hlav může být dosaženo hustoty záznamu informací na pevném disku, jež dosahuje hodnoty až 10 gigabitů na čtvereční palec, což zhruba odpovídá 15 megabitům na čtvereční milimetr. To je hodnota čtyřikrát vyšší, než v případě magnetorezistivních hlav. GMR hlavy se již několik let úspěšně používají, o čemž ostatně svědčí i parametry některých pevných disků. Například na osmém obrázku je zobrazen pevný disk s průměrem 2,5 palce (tj. „notebooková“ velikost), jehož otáčky dosahují hodnoty 10 000 RPM a jeho kapacita je po nízkoúrovňovém formátování rovna 36 GB. V žádném případě se nejedná o technologickou špičku, ale běžný (dnes možná již podprůměrný) výrobek. Naprostou špičku však představuje pevný disk zobrazený na devátém obrázku, který má při stejném průměru (2,5 palce) kapacitu rovných 500 GB!



Obrázek 8: Pevný disk s GMR hlavami

4. Heat Assisted Magnetic Recording – na scénu přichází laser

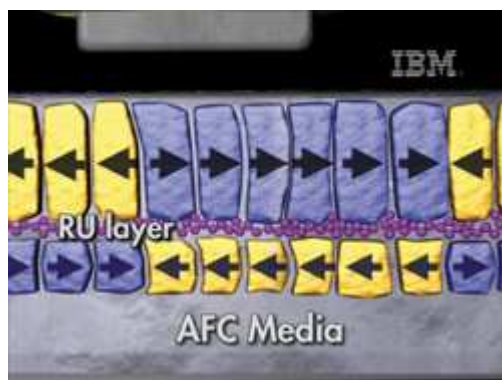
Další technologií, která je však teprve testována, ovšem se slibnými výsledky, je technologie *HAMR*, neboli *Heat Assisted Magnetic Recording*. Tato technologie slouží k překonání (někdo by mohl říci spíše obejít) takzvaného *supermagnetického limitu*. Tímto názvem je označována situace, kdy jsou kvůli nárůstu hustoty záznamu datové bity (resp. plošky na feromagnetické vrstvě napařené na disku, do kterých jsou bity zapisovány) tak malé, že by mohly být magneticky nestabilní. Možným řešením tohoto problému by bylo použití stabilnějších médií vyrobených z jiných slitin. Ovšem dnešní magnetické hlavy na tyto materiály nedokáží informace zapisovat, protože je zapotřebí vytvořit příliš silné magnetické pole. Zde nastupuje technologie *HAMR*, ve které se místo na disku, do kterého se má informace zapsat, zahřeje laserovým paprskem, jelikož při vyšší teplotě média je zápis snazší (resp. je potřeba méně energie). Ochlazením se pak záznam stabilizuje. Teoreticky lze tímto způsobem dosáhnout hustoty záznamu přesahující 50 terabitů (!!!) na čtvereční palec. Podobný princip je použit i u magnetooptických médií, které budou popsány příště.



Obrázek 9: Pevný disk 2,5" s GMR hlavami a kapacitou 500 GB

5. Technologie AFC (Antiferromagnetically Coupled media)

V současnosti se také začíná ve stále větší míře používat technologie označovaná zkratkou AFC (*Antiferromagnetically Coupled media*). Na povrchu disku jsou vytvořeny celkem tři vrstvy, z nichž dvě jsou magnetické (feromagnetické, může se jednat i o běžnou slitinu železa a niklu), přičemž mezi nimi leží prostřední vrstva, která je tvořena rutheniem. Právě tato prostřední vrstva způsobuje vzájemné ovlivnění krajních magnetických vrstev v opačném směru magnetizace. Tím je umožněn zápis bitových informací do hloubky, což vede ke zvýšení hustoty záznamu. Princip AFC je zobrazen na desátém obrázku, žlutě jsou naznačeny oblasti zmagnetizované v jednom směru, modře pak oblasti zmagnetizované ve směru opačném.

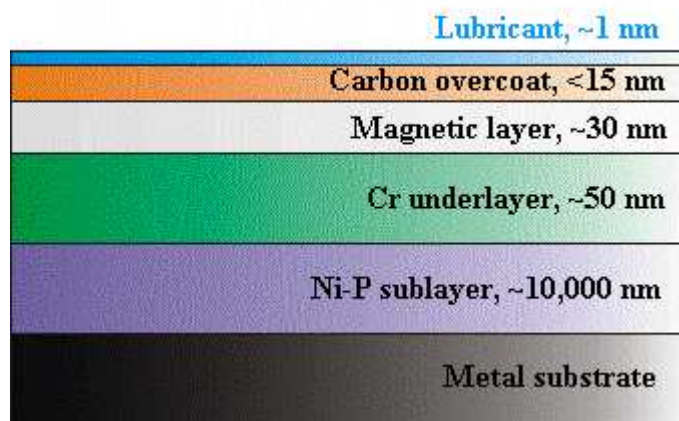


Obrázek 10: Princip záznamu při použití technologie AFC (řez povrchem se zvýrazněním magnetických domén)

6. Povrch pevného disku

Spolu s rostoucí kapacitou pevných disků se měnilo i složení jejich povrchu. V předchozí části tohoto seriálu jsme si řekli, že první pevné disky měly na svém povrchu nanesenou tenkou vrstvu oxidu železitého. Tento materiál se používal poměrně dlouho, ovšem s nástupem miniaturních pevných disků s velkou kapacitou a velkými otáčkami, jejichž hlavy se značně přiblížily k jeho povrchu, bylo nutné zajistit, aby povrch nebyl poškozen při případném střetu hlavičky s diskem a na druhou stranu aby nebyla poškozena ani samotná hlava. Příliš tvrdý povrch sice ochrání disk, ale poškodí hlavu a naopak. Výsledkem snah o disk s co největší odolností proti trvalým chybám, které by při střetu hlavy s povrchem disku mohly nastat, je povrch vytvořený z několika na sebe nanesených vrstev. Data jsou uložena na vrstvě o tloušťce cca 30 nanometrů (vrstvy uložené níže jsou nosné a poměrně nezajímavé). Na této vrstvě je nanесena vrstvička uhlíku, která má některé vlastnosti diamantu, především značnou tvrdost.

Nad touto vrstvou, která je sice tvrdá ale současně málo elastická, se nachází poslední vrstva o tloušťce cca jeden nanometr umožňující hladké sklouznutí hlavy po povrchu disku jak při nárazu, tak i při rozjezdu či naopak zastavení rotace (některé pevné disky totiž nemusí hlavy parkovat na jeho okraji, ale dokážou je bez chyby nechat „přistát“ v jakékoli poloze). Materiál samotné plotny pevného disku je různý. Dříve se používal hliník, později například sklo. Důležité je především zachovat podobnou teplotní roztažnost všech vrstev nanesených na plotně, aby nedocházelo k přílišným tahům či naopak tlakům při změně teploty – vysokootáčkové pevné disky totiž dokážou pěkně topit, zejména ve špatně větraných skříních a rámečcích.



Obrázek 11: Řez plotnou pevného disku

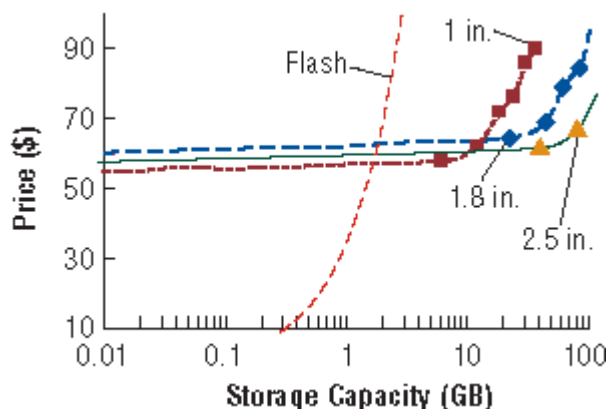
7. Možnosti a praktické limity miniaturizace pevných disků

V minulosti bylo zajímavé sledovat, jak se pevné disky neustále zmenšují až dosáhly velikosti, kdy je bylo možné použít nejenom v noteboocích, ale i v přenosných MP3 přehrávačích či některých digitálních fotoaparátech. Ovšem před cca dvěma lety prohlásily firmy Fujitsu a téměř současně i Hitachi, že přestávají vyvíjet i vyrábět malé pevné disky (s průměry jeden palec a 1,8 palce) a soustředí se především na segment disků o průměru 2,5 palce. Problém nenastal ani tak v nedostatečném zvládnutí technologie – například Samsung předvedl pevný disk o průměru 1,8" s kapacitou 160 GB a ostatní výrobci nejsou nijak zvlášť pozadu – ale spíše v tom, že se v segmentu velmi malých paměťových médií začaly ve větší míře prosazovat Flash paměti (NAND), které prozatím sice nedosahují tak úctyhodných kapacit, jako pevné disky, ovšem jejich odolnost vůči vnějším vlivům je větší a v oblasti menších kapacit (jednotky GB) jsou i cenově výhodnější.



Obrázek 12: Miniaturní pevný disk ST1 o průměru 1 palec a kapacitě 8 GB

Problém pevných disků s malými průměry ploten spočívá především ve velkých nákladech na výrobu samotné mechaniky disku bez ohledu na jeho informační kapacitu – i malý pevný disk o průměru jeden palec musí obsahovat motorek, MR či GMR hlavu s výkyvným mechanismem, čtecí zesilovače atd., stejně jako jeho kapacitně mnohem větší desktopový a serverový kolega. Z tohoto pohledu se pro firmy jako nejmenší rozumný průměr disků jeví 2,5 palce, protože u tohoto průměru je již možné dosahovat zajímavých kapacit a přitom rozumné ceny. Na třináctém obrázku je znázorněn graf, na kterém jsou vyneseny poměry cen některých paměťových médií (Flash pamětí a pevných disků s různými průměry ploten) v závislosti na kapacitě. Ceny se samozřejmě v čase mění, ovšem vzájemné souvislosti zůstávají zachovány – cena pevných disků je až do určité mezní kapacity konstantní (potom začne růst, protože se například musí změnit počet ploten, zlepšit technologie atd.), zatímco cena Flash paměti roste prakticky lineárně spolu s její kapacitou. V čase se křivka Flash pamětí posouvá doprava, zatímco u křivek pevných disků se vzdaluje „koleno“, kde se začíná zvyšovat jejich cena.



Obrázek 13: Graf znázorňující cenu jednotlivých paměťových médií v závislosti na kapacitě

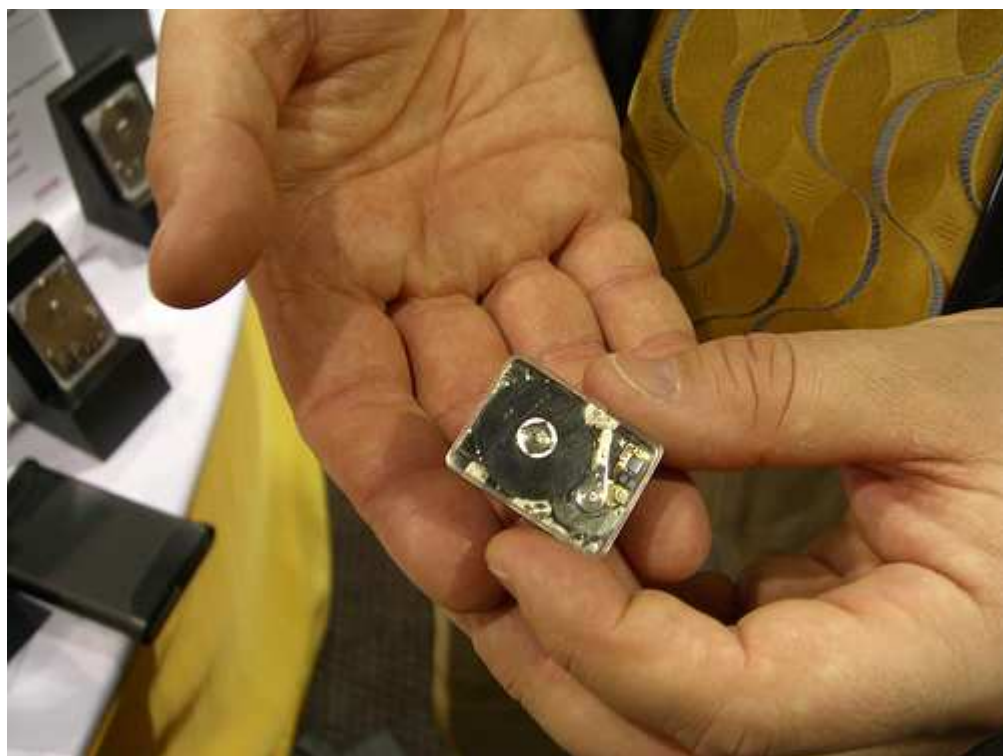
8. Literatura a odkazy na Internetu

1. *Novinky.cz: Výrobci: miniaturní pevné disky nemají budoucnost*,
<http://www.novinky.cz/clanek/129888-vyrobci-miniaturni-pevne-disky-nemaji-budoucnost.html> [viz: <http://www.novinky.cz/clanek/129888-vyrobci-miniaturni-pevne-disky-nemaji-budoucnost.html>]
2. *Fujitsu a Hitachi věří, že miniaturní pevné disky nemají budoucnost*,
http://www.svethardware.cz/art_doc-757013AFFA2D026DC12573C40060E25C.html [viz: http://www.svethardware.cz/art_doc-757013AFFA2D026DC12573C40060E25C.html]
3. *Solid State Drive*,

- http://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive [viz: http://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive]
4. *SSD Write Limit*,
http://wiki.eeeuser.com/ssd_write_limit [viz: http://wiki.eeeuser.com/ssd_write_limit]
 5. *Flash vs. hard drives: The battle intensifies*,
http://www.solid-state.com/articles/article_display.html?id=272293 [viz: http://www.solid-state.com/articles/article_display.html?id=272293]
 6. *Hybrid Drive*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_drive [viz: http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_drive]
 7. *The era of giant magnetoresistive heads*,
<http://www.hitachigst.com/hdd/technolo/gmr/gmr.htm> [viz: <http://www.hitachigst.com/hdd/technolo/gmr/gmr.htm>]
 8. *Nobelova cena za fyziku v roce 2007*,
http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_41_nob.php [viz: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_41_nob.php]
 9. *Magnetoresistance*,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistance> [viz: <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistance>]
 10. *Giant magnetoresistance*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Giant_magnetoresistance [viz: http://en.wikipedia.org/wiki/Giant_magnetoresistance]
 11. *Magnetic Disk Heritage*,
<http://www.magneticdiskheritagecenter.org/> [viz: <http://www.magneticdiskheritagecenter.org/>]
 12. *Timeline: 50 Years of Hard Drives*,
http://www.pcworld.com/article/127105/timeline_50_years_of_hard_drives.html [viz: http://www.pcworld.com/article/127105/timeline_50_years_of_hard_drives.html]
 13. Karel Křišťoufek: *Kurs číslicových počítačů a mikropočítačů*,
SNTL, 1990
 14. *A Chronology of Magnetic Recording*,
http://www.acmi.net.au/AIC/MAGN_REC_CHRON.html [viz: http://www.acmi.net.au/AIC/MAGN_REC_CHRON.html]
 15. *From Poulsen to Plastic: A Survey of Recordable Magnetic Media*,
<http://www.ischool.utexas.edu/~cochine/html-paper/a-crews-03-magnetic-media.html> [viz: <http://www.ischool.utexas.edu/~cochine/html-paper/a-crews-03-magnetic-media.html>]
 16. *Wikipedia: Magnetic Storage*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_storage [viz: http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_storage]
 17. *Wikipedia: Diskette*,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Diskette> [viz: <http://en.wikipedia.org/wiki/Diskette>]

9. Obsah následující části seriálu

V další části seriálu se budeme věnovat odlišnému způsobu trvalého zápisu a čtení binárně zakódovaných informací, tentokrát s využitím světelných paprsků i principu magnetooptických mechanik, kterým byla v poměrně nedávné minulosti věnována značná pozornost.



Pavel Tišnovský

Související texty

Magnetické paměti pro trvalý záznam dat

Architektury vyrovnávacích pamětí

Vyrovnávací paměti (cache)

Trvalé a přechodné chyby pamětí DRAM

Práce se synchronními a asynchronními DRAM

Statické a dynamické paměti

Technologie operačních pamětí

Magnetické paměti s rotujícím médiem



Internetové diskuse jako novodobý fetiš



Paralen plus, modafen, nurofen? Jen s občankou!



České dráhy - pořád stejná písnička?



Nechci s ním mít děti. Je hodný, ale šeredný!



IT už není zlatý důl! I tady dopadla krize

Root.cz (www.root.cz), informace nejen ze světa Linuxu.

Copyright © 1998 – 2010 Internet Info, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. Powered by Linux.

