

# Když se pokazí SSD

**Rychlé SSD disky s flashovými paměťovými buňkami jsou stále oblíbenější. Jsou spolehlivější než disky magnetické. Pokud se pokazí, je obnova dat velice složitá, přesto ale proveditelná.**

Michal Bareš, Christoph Schmidt

**H**lavním argumentem pro pořízení SSD disku je vysoká přenosová rychlost a krátká přístupová doba. Kdo si jednou zvykl na práci s počítačem, který je vybaven SSD diskem, už by se nikdy k magnetickému systémovému disku nevrátil. Cena SSD disků navíc neustále klesá a jejich kapacita a rychlost se zvyšují. Není proto divu, že jim čím dál tím více uživatelů svěruje do úschovy svá cenná data. Moderní flashové disky ale od samého počátku provází pověra, že v případě poruchy SSD disku zapomenou uložená data stejně rychle, jako je dokážou uložit. Debaty o problémech s trvanlivostí a bezpečností SSD disků začaly již v okamžiku, kdy se zjistilo, že flashové buňky, které představují médium, na němž jsou v SSD disku uložena data, vydrží jen omezený počet zápisů. Paměťové buňky moderních SSD disků mají životnost jen v řádu 1 000 až 3 000 zápisových a mazacích cyklů. První SSD disky, jako byl například Intel X25, řešily tento problém tak, že kontrolovaly, kolik takových cyklů mají jednotlivé buňky za sebou, a rozkládaly data při zápisu tak, aby disk rovnoměrně využíval všechny buňky, které měl k dispozici, a nedocházelo tak k nadměrnému opotřebování jen některých z nich. V další generaci SSD disků způsoboval problémy řadič SandForce SF 2000, který byl populární především pro svou vysokou rychlost a přijatelnou cenu, ale který kvůli chybě ve firmwaru způsobil havárii řady počítačů. Známé problémy se stabilitou mají také SSD disky osazené řadičem Indilinx Barefoot, které za určitých podmínek způsobují zatuhnutí Windows.

## Flashové buňky s krátkou životností

Během času se naštěstí výrobci poučili a za poslední dobu jsme se nesetkali s žádnými SSD disky, které trpí problémy způsobenými chybným firmwarem. Nové disky mají ale stále větší hustotu uklá-

dání dat, což je částečně dáno zmenšováním velikosti flashových buněk a částečně zvýšením počtu bitů, které je možné uložit do jedné buňky. Zatímco první SSD disky používaly buňky, které dokázaly uložit pouze jeden bit informací (SLC), nové disky dokážou uložit do jedné buňky dva (MLC) až tři (TLC) bity. Proto mají nové TLC (triple-level cell) buňky životnost pouze 1 000 zápisových cyklů, MLC (multi-level cell) buňky umožňují až 3 000 zápisů, ale klasické SLC (single-level cell) disky používají buňky s výdrží 100 000 zápisů.

Důvod omezené životnosti paměťových buněk spočívá v principu, na kterém jsou založeny (viz grafika na str. 109). Buňky ukládají informace v závislosti na tom, zda je jejich plovoucí brána nabitá, nebo není. Toto nabíjení řídí kontrolní brána, která propouští elektrony, jež pronikají do tenké izolační vrstvy plovoucí brány. Elektrony pak v této vrstvě zůstávají i v okamžiku, kdy je přívod proudu přerušen. V nabitém stavu pak plovoucí brána vytváří elektrické pole, které brání průchodu čtecího proudu. V takovém případě pak buňka reprezentuje hodnotu digitální nuly. Zápis digitální jedničky probíhá tak, že do buňky je přivedeno opačné kontrolní napětí, které vytáhne elektrony z izolační vrstvy, a tedy i z plovoucí brány. Po vybití umožňuje plovoucí brána průchod čtecího proudu, a v takovém případě má hodnotu digitální jedničky.

Tenká izolační vrstva, která se nachází okolo plovoucí brány, představuje právě ten faktor, který omezuje životnost paměťové buňky. Opotřebovává se pokaždé, když jí procházejí elektrony, a s postupem času se kapacita izolační vrstvy stále zmenšuje. Některé elektrony navíc zůstávají v izolačním materiálu uvězněny a začínají ovlivňovat řídicí proud. Kvůli tomu musí být řídicí proud zesílen a aplikován po delší dobu, což opět vede ke zrychlenému opotřebovávání izolační vrstvy a prodlužování doby zápisu. Jakmile se zápisová doba prodlouží do takové míry, že by pomalá

# Omezená životnost

Flashové paměťové buňky, které používají všechny SSD disky, mají životnost omezenou v řádu několika tisíc zápisových cyklů. S tím, jak roste kapacita SSD disků a zmenšuje se jejich výrobní proces, zkracuje se však i životnost paměťových buněk.

činnost buňky mohla negativně ovlivnit rychlost disku, řadič tuto buňku označí za chybnou a nadobro ji vyřadí z provozu. Z toho vyplývá, že na životnost SSD disku mají negativní vliv pouze zápisové a mazací operace, počet načtení obsahu buňky není nijak omezen.

Problém je ještě složitější kvůli tomu, že paměťové buňky jsou spolu propojeny, takže při mazání dat nelze smazat obsah jediné buňky, ale je nutné vymazat celý blok o kapacitě 256 nebo 512 KB. Následkem každého smazaného bitu je tedy série stovek tisíc mazacích operací, které dále snižují životnost SSD disku. Jedním z nejdůležitějších úkolů řadiče je minimalizace škod způsobených nadbytečným mazáním, které řadič dosahuje tak, že čeká s fyzickým smazáním obsahu buněk do té doby, dokud se nenashromáždí větší počet mazacích operací směřovaných do jednoho bloku.

Bez ohledu na zmiňované problémy flashových paměťových úložišť neustále vzrůstá poptávka po větších a ekonomicky dostupnějších SSD discích, která vede výrobce k tomu, aby zvyšovali hustotu záznamu SSD disků. Moderní disky dokážou do jedné paměťové buňky uložit místo jednoho bitu dva až tři bity. To je možné díky různým úrovním nabíjení buněk, kterým je přiřazena různá kombinace bitů. Důsledkem je významné snížení tolerance napětí, která je nutná pro kompenzaci zhoršující se kvality izolační vrstvy paměťových buněk. Místo předpokládaných 100 000 zápisových operací, které měly vydržet původní buňky, jež dokázaly udržet jeden bit, přežije tříbitová buňka pouze 1 000 zápisových operací. Situace je dále složitější o to, že dochází ke zmenšování výrobního procesu paměťových buněk. Miniaturizace sice přináší snížení ceny za současného zvýšení kapacity, ale menší buňky mají také tenčí izolační vrstvu, která se rychleji opotřebovává.

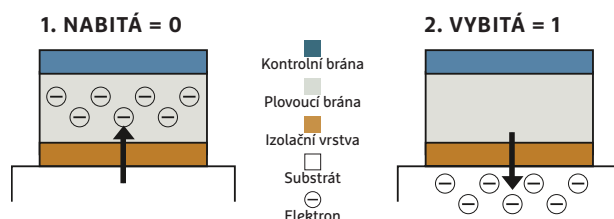
## Jak dlouho vydrží velké SSD disky

Obava, že SSD disky vydrží pracovat jen relativně krátkou dobu, se ukázala jako zbytečná. Běžně se používají již několik let, takže už máme k dispozici údaje o jejich poruchovosti, které ukazují, že během záruční doby se jich výrobcům vrátí jen minimálně vyšší procento než klasických pevných disků, navíc jejich poruchovost během posledních šesti měsíců ještě klesla. Zástupce společnosti OCZ, která SSD disky vyrábí, tvrdí, že „naše SSD disky využívají pokročilé technologie, které obsahují analýzu NAND buněk a dynamickou kompenzaci jejich stárnutí. Následkem toho dosahují naše disky z pohledu běžných uživatelů naprosto dostatečné životnosti.“ Konkrétnější vyjádření jsme obdrželi od Suna Spornrafta, hlavního produktového manažera divize paměťových úložišť společnosti Samsung. „Prostřednictvím firmwaru jsme vylepšili funkční životnost našich flashových buněk do takové míry, že výdrž a spolehlivost našich produktů překonává záruční dobu, která je pro disky řady 840 EVO stanovena na tři roky a pro disky řady 840 PRO na pět let. Naše testovací disky s kapacitou 120 GB pracují spolehlivě i poté, co jsme na ně během let uložili 563 TB dat.“ Tento objem dat odpovídá 4700 násobnému přepsání celé paměťové kapacity disku. Pokud bychom každý den zaplnili a přemazali celý disk, vydržel by déle než dvanáct let. Podobné testy zveřejňují na internetu i další výrobci SSD disků a jejich prozatímní výsledky dokládají, že na běžný SSD disk lze bez poruchy uložit několik set terabajtů dat.

Praktická výdrž SSD disků rovněž závisí na tom, pro jak intenzivní používání byly vyvinuty. Životnost lze dobře odhadnout i z délky záruční doby, jakou jednotlivým modelům výrobce udělil. Drahé disky OCZ Vector 150 jsou vyrobeny tak, aby pět let vydržely každodenní zápis 50 GB dat, a proto za ně výrobce dokáže ručit po dlouhou dobu. Levnější řada disků OCZ Vertex 450 je určena pro zátěž v podobě každodenního ukládání 20 GB dat

## Flash paměť v SSD se opotřebovává

Flashové paměťové buňky ukládají data v podobě elektrického náboje. Izolační vrstva, kterou musí elektrony procházet během zápisu a mazání obsahu buňky, se při každé takovéto operaci opotřebovává. Nakonec ji řadič disku označí za vadnou a bude z ní možné data pouze číst.



## Zvyšování hustoty záznamu

První SSD disky ukládaly do každé buňky jeden bit a rozlišovaly pouze dvě úrovně napětí. Moderní buňky pracují s více úrovněmi napětí, takže na ně lze uložit víc bitů, ale rychleji se ztrácí rozlišovací hranice mezi jednotlivými úrovněmi napětí.

### SINGLE-LEVEL CELL (SLC): 100 000 ZÁPISOVÝCH OPERACÍ

ÚROVNĚ NAPĚTÍ	100 %	0 %
DATOVÝ OBSAH (1 BIT)	0	1

### MULTI-LEVEL CELL (MLC): 3 000 ZÁPISOVÝCH OPERACÍ

ÚROVNĚ NAPĚTÍ	100 %	66 %	33 %	0 %
DATOVÝ OBSAH (1 BIT)	00	01	10	11

### TRIPLE-LEVEL CELL (TLC): 1 000 ZÁPISOVÝCH OPERACÍ

ÚROVNĚ NAPĚTÍ	100 %	84 %	70 %	56 %	42 %	28 %	14 %	0 %
DATOVÝ OBSAH (1 BIT)	000	001	010	100	011	101	110	111

po dobu tří let. Vezmeme-li v úvahu, že častější čtecí operace nijak nezkracují životnost disku, tak je i zátěž v podobě každodenního zápisu 20 GB dat pro běžného uživatele v podstatě nepředstavitelná a reálná výdrž disku bude mnohem delší než doba tříleté záruky. V případě SSD disků Samsung mají profesionální řady záruku pět let a za disky určené pro běžné uživatele výrobce ručí po dobu tří let. Nároční uživatelé, kteří běžně ukládají velké objemy dat a kteří se obávají o jejich bezpečnost, by si měli zvolit disk s delší, pětiletou zárukou. Před nákupem nového SSD disku doporučujeme náročnějším uživatelům změřit průměrné denní objemy zapisovaných dat a podle toho přizpůsobit nejen volbu disku s dostatečnou zárukou, ale také dostatečnou kapacitou. Pořídíte-li si disk s dvakrát vyšší kapacitou, než jakou pro běžný provoz potřebujete, bude mít dvakrát delší životnost.

Řada SSD disků zaznamenává statistické údaje o využití, mezi které patří například celková hodnota dat, která byla na disk historicky uložena, nebo ukazatel opotřebovanosti disku. Nástroj CrystalDiskInfo umí zobrazit hodnoty S.M.A.R.T., ale hodnoty pohybující se v rozmezí od 100 (nový disk) po 0 (naprosto opotřebovaný) jsou značně abstraktní. Program SSDLife (který spolu s nástrojem CrystalDiskInfo najdete na našem DVD) využívá tyto informace k výpočtu předpokládané zbývající životnosti. Při prvním spuštění tento program zaznamená, kolik dat již na disk bylo zapsáno, a čím déle je nainstalovaný, tím dosahuje přesnějšího



odhadu. Většina disků ale pracuje i poté, co hodnoty S.M.A.R.T. varují před tím, že může dojít k okamžitému poškození disku. V takovém okamžiku však doporučujeme disk přesunout z pozice disku systémového do role disku záložního, protože při čtení není SSD disk nijak opotřebováván, a pokud na něj nebudete zapisovat žádná data, můžete jej používat ještě hodně dlouho.

## Když SSD stávkuje

Řadič SSD disku má za úkol řídit rozložení dat tak, aby rovnoměrně umísťoval zápis mezi všechny buňky a nadměrně nezatěžoval ty nejopotřebovanější. I z toho důvodu obsahují SSD disky až o třicet procent více buněk, než kolik by jich bylo třeba k dosažení jeho papírové kapacity. Buňky navíc mají za úkol nahradit ty, které řadič označí jako opotřebované a nadále do nich nezapíše. Jakmile však poměr poškozených buněk příliš vzroste, disk se přepne do režimu, ve kterém je z něj možné data pouze číst. Změnu režimu většinou včas oznámí v podobě chybového hlášení, které se objeví během pokusu o zápis, v horším případě ale může dojít i k pádu systému. Pokud trvá zápisová operace příliš dlouho, Windows požadavek automaticky zruší, a pokud tato situace nastane na systémovém disku, dochází k zatuhnutí operačního systému.

Nestabilitu může kromě vadných paměťových buněk způsobit i chybný firmware. Ani jeden z těchto případů ale neznamená, že jste přišli o všechna data. Připojte-li SSD disk pomocí SATA rozhraní nebo USB rámečku k jinému počítači s Windows, můžete se pokusit zkopírovat z něj potřebné soubory, případně si zkusit zálohovat image celého disku. Tu je možné vytvořit například pomocí programu Paragon Backup & Recovery Free. Pokud vám ten-



**Nástroj SSD Life, který najdete i na našem DVD, analyzuje hodnoty tabulky S.M.A.R.T. vašeho SSD disku a vypočítá zbývající životnost disku.**


to nástroj nepomůže, můžete vyzkoušet obnovu dat prostřednictvím Live Linuxu. Postup najdete na následující stránce. Řešením může být upgrade nebo obnova firmwaru, kterou lze provést u disků se SATA rozhraním za pomoci zdarma nabízených nástrojů, které je možné ve většině případů stáhnout z webových stránek výrobce SSD disku. Update firmwaru ale nejde provést pomocí USB rozhraní. Pokud se po obnově či aktualizaci firmwaru dostanete k datům na disku, okamžitě je zálohujte nebo vytvořte kopii image celého disku. Poté proveďte pomocí nástroje od výrobce tzv. „Secure Erase“ disku, který zformátuje disk do továrního nastavení, a na čistý disk nainstalujte nový systém nebo na něj přepokopírujte vytvořený obraz starého disku. Pokud byl problém způsoben pouze chybou firmwaru (jako tomu bývalo v případě disků s řadičem SandForce SF-2000), disk by měl být zachráněn a můžete jej dále s klidným svědomím používat.

Jestliže nemáte k dispozici druhý počítač, nabootejte počítač s vadným SSD diskem z USB flash disku se systémem Parted Magic (postup najdete na následující straně). Po provedení zálohy důležitých dat spusťte v nástroji Erase Disk příkaz „Internal Secure Erase“, který resetuje disk do továrního nastavení. Na zformátovaný disk nahrajte zálohu či nový systém a vyzkoušejte, zda funguje.

## Totální zhroucení: Disk je mrtev

Nejhorší případ nastává, když není poškozený disk vidět ani ve Správci disků, ani v BIOS. V některých případech pomáhá u disků s řadičem Indilinx odpojit napájecí i datový SATA kabel, odpojit celý počítač od napájení a příslušným jumperem na základní desce resetovat BIOS. Po uplynutí jedné hodiny připojte zpět disk a zapněte počítač. Pokud tato procedura nepomůže a disk není vidět ani po připojení k jinému počítači pomocí SATA či USB rozhraní, lze předpokládat, že došlo k poškození řadiče či jiné zásadní části disku. V takovém případě se data stále nachází v paměťových buňkách SSD disku, ale vadný řadič je nedokáže poskládat.

V případě, že potřebujete data z disku nutně dostat a nemáte žádnou použitelnou zálohu, nepokoušejte se disk sami opravovat a obraťte se na specializovanou firmu, zabývající se obnovou dat. Vlastní pokus o opravu řadiče nebo zasazení bloků s paměťovými buňkami do jiného SSD disku končí zpravidla ještě větším poškozením disku. Profesionální laboratoře mají k dispozici nástroje, které jim umožní přímý přístup k obsahu buněk, a mají také programy, které dokážou simulovat funkci řadiče, pomocí níž mohou data obnovit. Úspěšnost obnovy závisí hlavně na složitosti použitého řadiče a na ochotě výrobců disků i řadičů spolupracovat se specializovanými laboratořemi pro obnovu dat.

V porovnání s poškozeními, kterými trpí HDD disky, jsou závady způsobené řadičem SSD disku vzácné. Od firem na obnovu dat víme, že na každý přinesený SSD disk připadá přibližně deset poškozených HDD disků. Na druhou stranu ale představuje závada řadiče nejčastější příčinu poškození SSD disku. V každém případě doporučujeme pravidelné zálohování kriticky důležitých dat nebo celé image SSD disku. Vytvoření a záloha image netrvá v případě menších SSD disků tak dlouho, a pokud máte v počítači instalovaný druhý datový magnetický disk, doporučujeme ji nastavit tak, aby probíhala automaticky a pravidelně.  **autor@chip.cz**

## INFO

## Obnova dat profesionály

Profesionálové na záchranu dat otevrou vadný SSD disk a v laboratoři provedou měření, kterými zjistí, jaká část disku je poškozena. Obsah paměťových buněk se dá přečíst i v případě, že je poškozen řadič, ale opraváři musí přesně vědět, jak který řadič funguje, což jsou informace, které ne každý výrobce disků rád pustí do světa. Při opravě většinou nebývá problém s SSD disky Samsung a Intel a s některými modely osazenými řadiči Marvell, JMicron a Indilinx. Složitější a leckdy i nemožná oprava je u disků s řadiči SandForce. V případě problému doporučujeme nejprve zavolat do firmy na obnovu dat a telefonicky se zeptat, zda je vybavena nástroji pro opravu vašeho typu disku. Náklady na záchranu dat a SSD disku ale dosahují desítek tisíc korun, takže doporučujeme pravidelně zálohovat kritická data.



**Specializované laboratoře na záchranu dat umí přečíst obsah paměťových buněk pomocí speciálního softwaru.**

# ZÁCHRANA pomocí USB disku

Začne-li zlobit systém instalovaný na SSD disku, nastal nejvyšší čas, abyste provedli zálohu dat. Jednoduchou zálohu můžete po naboootování z USB disku s instalovaným programem Parted Magic provést i na počítači s nestabilním systémem.

## 1 Příprava USB disku

Do USB portu stolního počítače s Windows zastrčte USB disk s kapacitou vyšší než 500 MB a naformátujte jej na systém souborů FAT32. Z našeho DVD rozbalte program UNetbootin a například ze [slunecnice.cz](http://slunecnice.cz) si stáhněte image záchranného systému Parted Magic. Spusťte UNetbootin a v jeho okně vyberte možnost »Obraz disku«, klikněte na tlačítko »...« a zadejte cestu k souboru s obrazem systému Parted Magic (pqmagic\_2013\_08\_01.iso). V nabídce »Typ:« nechte vybranou možnost »USB disk« a v okně »Zařízení« vyberte namapované písmeno jednotky USB disku. Tlačítkem »OK« spustíte instalaci systému na USB disk.

## 2 Bootování záchranného systému

K počítači s poškozeným SSD diskem připojte vytvořený USB disk a nový disk, na který budete zálohovat obsah vadného SSD. Systém naboootujte z připojeného Parted Magic USB disku. V případě, že používáte 64bitový systém, vyberte možnost »2« a stiskněte [Enter].

## 3 Kopírování celého disku

Nejnsnadnější postup spočívá ve zkopírování celého obrazu starého disku včetně veškerých dat, instalovaných programů a nastavení na disk nový. V rozhraní Parted Magic klikněte na ikonu »Disk Cloning«, která spustí asistovanou příkazovou řádku Clonezilla. Pomocí kurzorových kláves vyberte možnosti »device-device...«, »Expert« a poté »disk\_to\_local\_disk...«. Jako zdroj kopírovaného obrazu vyberte defektní SSD disk a jako cíl zvolte disk nový. Nyní můžete vybrat podrobné nastavení zálohy obrazu. Pomocí kurzorových kláves vyberte možnost »-rescue« a výběr potvrďte stisknutím mezerníku. Dříve než začne samotné klonování, budete muset odpovědět na několik bezpečnostních dotazů. Pokud má nový SSD disk větší kapacitu než ten starý, můžete v »Partition Editoru« rozhraní Parted Magic prostřednictvím příkazu »Change/shift size« zvětšit velikost nového oddílu tak, aby zabíral zbytek dostupné kapacity.

## 4 Kopírování dat

Místo klonování celého oddílu starého disku bývá lepší na nový disk nainstalovat čistý systém. Je to sice pomalejší než klonování, ale systém bude stoprocentně fungovat a bude rychlejší. Kopírování dat pod Windows však může být v případě poškozeného disku pomalejší než kopírování prostřednictvím Parted Magic. Po nainstalování nového systému tedy opět naboootujte ze záchranného USB disku s Parted Magic a kliknutím na ikonu se symbolem HDD spusťte nástroj »Parted Magic Mount«. U obou disků aktivujte možnost »Mount« a kliknutím na ikonu se symbolem adresáře spusťte správce souborů, ve kterém můžete zkopírovat data ze starého disku na nový.

