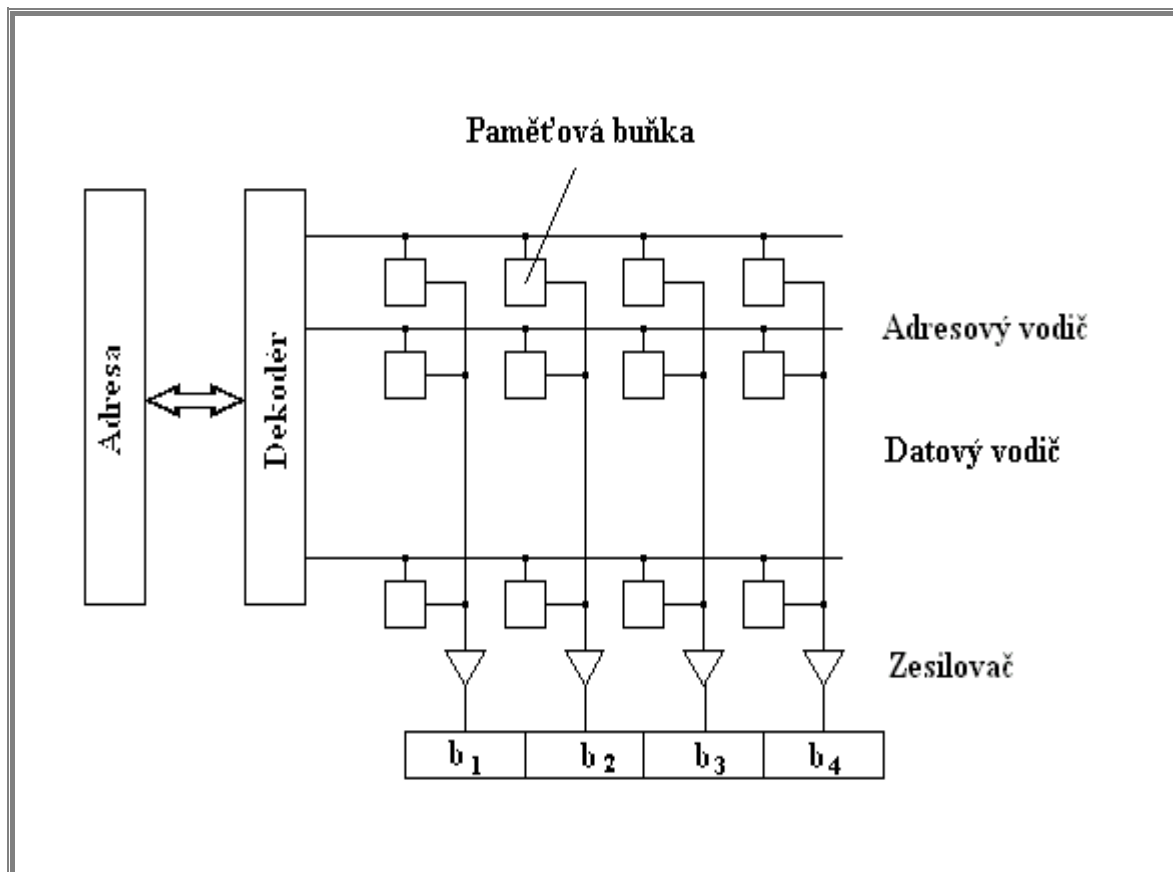


Způsoby realizace paměťových prvků

- Interní paměti jsou zapojeny jako matice paměťových buněk.
- Každá buňka má kapacitu jeden bit.
- Takováto buňka tedy může uchovávat pouze hodnotu logická jedna nebo logická 0.
- Obecná struktura vnitřní paměti.



Obr. 1 Struktura vnitřní paměti

- Přístup do paměti (čtení nebo zápis) - adresa paměťového místa, se kterým se bude pracovat, se přivede na vstup dekodéru.

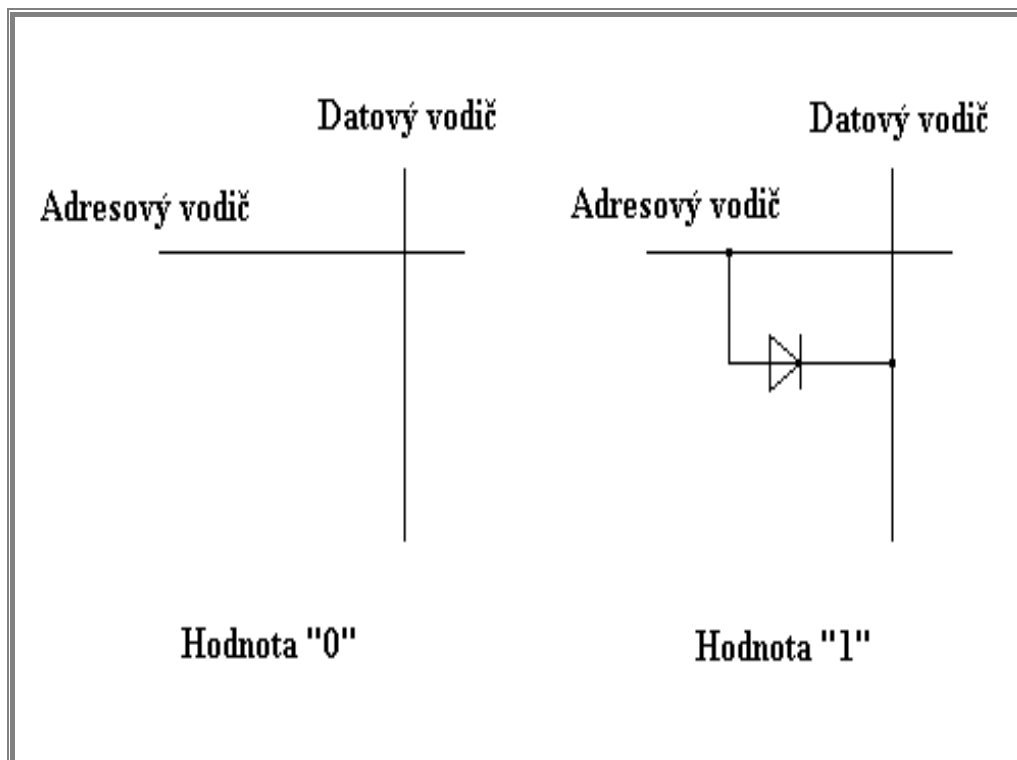
- Dekodér – výběr jednoho z adresových vodičů podle zadané adresy a nastavení hodnoty logická 1 na tomto vodiči.
- **Čtení obsahu adresovaného místa** - podle toho, jak jsou zapojeny jednotlivé paměťové buňky (tzn. jaká informace je v nich uložena), **projde resp. neprojde hodnota logické jedničky na datové vodiče.**
- **Zesilovače** – zesílení informace na koncích datových vodičů.
- **Pokud hodnota logická jedna projde přes paměťovou buňku => na výstupu obdržíme hodnotu 1. V opačném případě je na výstupu hodnota 0.**
- **Zápis hodnoty do paměti** - vložení adresy paměťového místa, do kterého se bude zapisovat, na vstup paměti.
- Výběr adresového vodiče dekodérem podle zadané adresy => nastavení hodnoty logická 1 na tomto adresovém vodiči.
- Další krok - **nastavení hodnoty bitů b_1 až b_4** na hodnoty, které se budou do paměti ukládat – **uložení těchto hodnot do paměťových buněk** na řádku odpovídajícím vybranému adresovému vodiči.
- Vnitřní paměti je možné rozdělit do následujících základních skupin:

- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM
- Flash
- RAM – DRAM, SRAM
- Uvedená struktura reprezentuje pouze paměťové obvody, rozhraní paměťového čipu však může být podstatně složitější v souvislosti s úrovní řízení paměťových operací a možnostmi realizovat tyto operace autonomně.

Paměti ROM (Read Only Memory)

- **Paměti ROM jsou paměti, které jsou určeny pouze pro čtení informací.**
- **Zápis informace do paměti - při výrobě, potom již není možné žádným způsobem jejich obsah změnit.**
- **Paměť ROM - statická, energeticky nezávislá paměť** určená pouze ke čtení.
- Při výrobě tohoto typu paměti ROM se používá nejčastěji některé z následujících realizací paměťových buněk:
 - jako dvojice nespojených vodičů

- jako vodičů propojených přes polovodičovou diodu.
- Jeden ze způsobů je pak realizován při programování buňky.

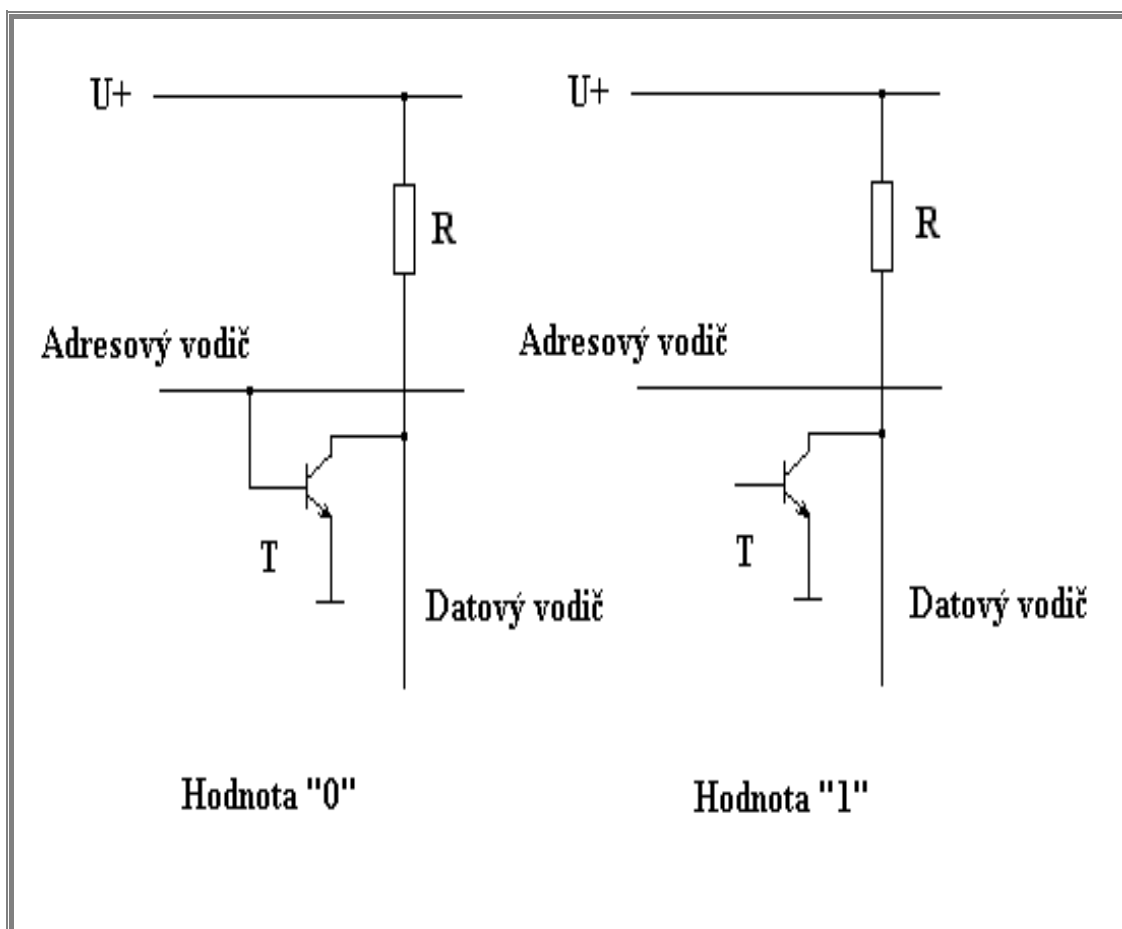


Obr. 2 Realizace buňky paměti ROM pomocí polovodičové diody

- První případ - hodnota „0“:
hodnota „1“ nemůže přejít z adresového vodiče na vodič datový => jedná se o buňku, ve které je permanentně uložena hodnota 0.
- Druhý případ – hodnota „1“:

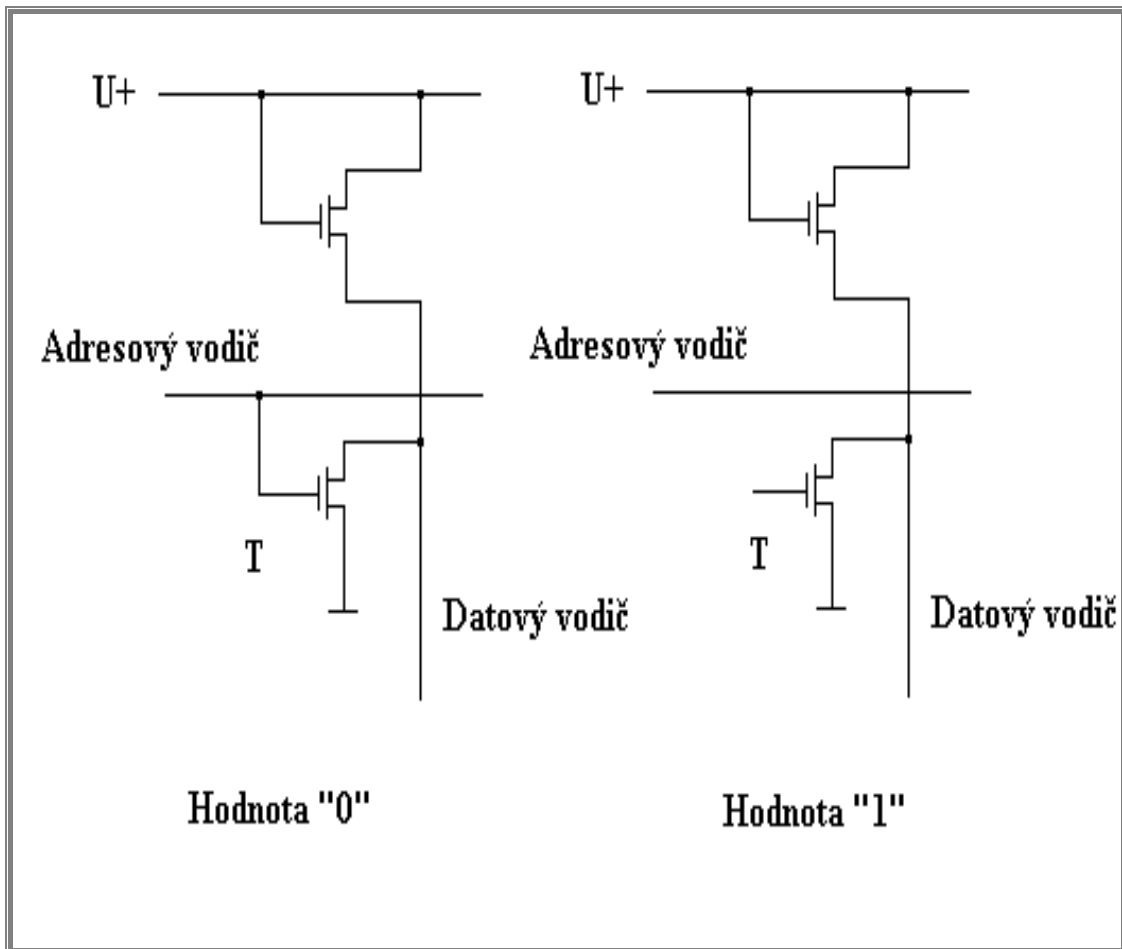
hodnota „1“ přejde díky zapojení adresového vodiče na datový, ale nikoliv v opačném směru – to by vedlo k jejímu šíření po velké části paměti.

- Jiná možnost: realizace buňky paměti ROM pomocí tranzistorů, a to jak v technologii TTL (větší zátěž), tak v technologiích MOS (menší zátěž).



Obr. 3 Realizace paměťové buňky ROM pomocí tranzistoru v technologii TTL

- Programování:
 hodnota „0“ – při programování zůstane adresový vodič spojen s bází tranzistoru
 hodnota „1“ – propojka mezi adresovým vodičem a bází tranzistoru se zruší.
- Princip činnosti:
 Na datový vodič je neustále přes odpor **R** přiváděna hodnota logická 1.
 Čtení obsahu buňky:
 - Buňka naprogramována na hodnotu „0“ – na adresový vodič se vloží „1“ – tranzistor se otevře => na datový vodič se vloží hodnota „0“ (zem – emitor).
 - Buňka naprogramována na hodnotu „0“ – na adresový vodič se vloží „1“ – tranzistor zůstane zavřený (protože báze není propojena s adresovým vodičem) - na datové vodiči zůstane hodnota „1“
- Zcela analogicky pracuje i buňka paměti ROM zapojená pomocí tranzistorů v některé z technologií MOS.

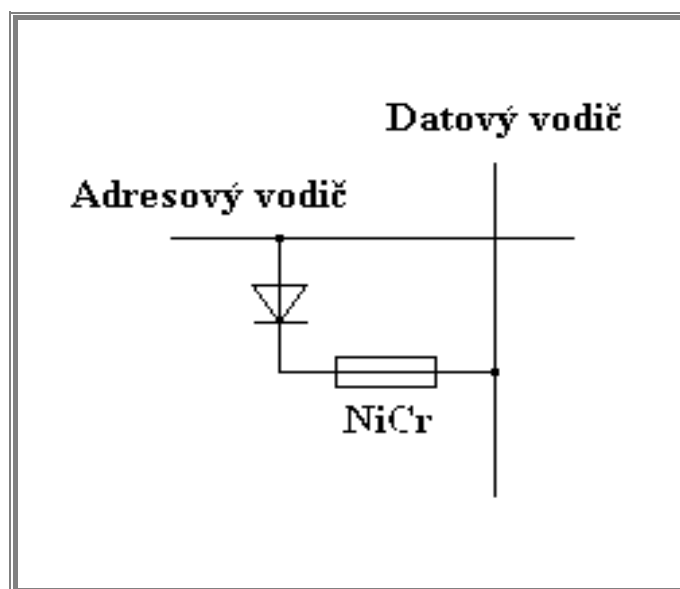


Obr. 4 Realizace paměťové buňky ROM pomocí tranzistoru v technologii MOS

- Tranzistory připojené k napájecímu vodiči plní pouze úlohu rezistorů podobně jako u buňky v předešlém případě.
- Samotná buňka pracuje na stejném principu, který byl popsán u buňky v technologii TTL.
- Výskyt v PC: systémový BIOS, ROM BIOS, BIOS jiných adaptérů, generátory znaků v grafickém adaptéru.

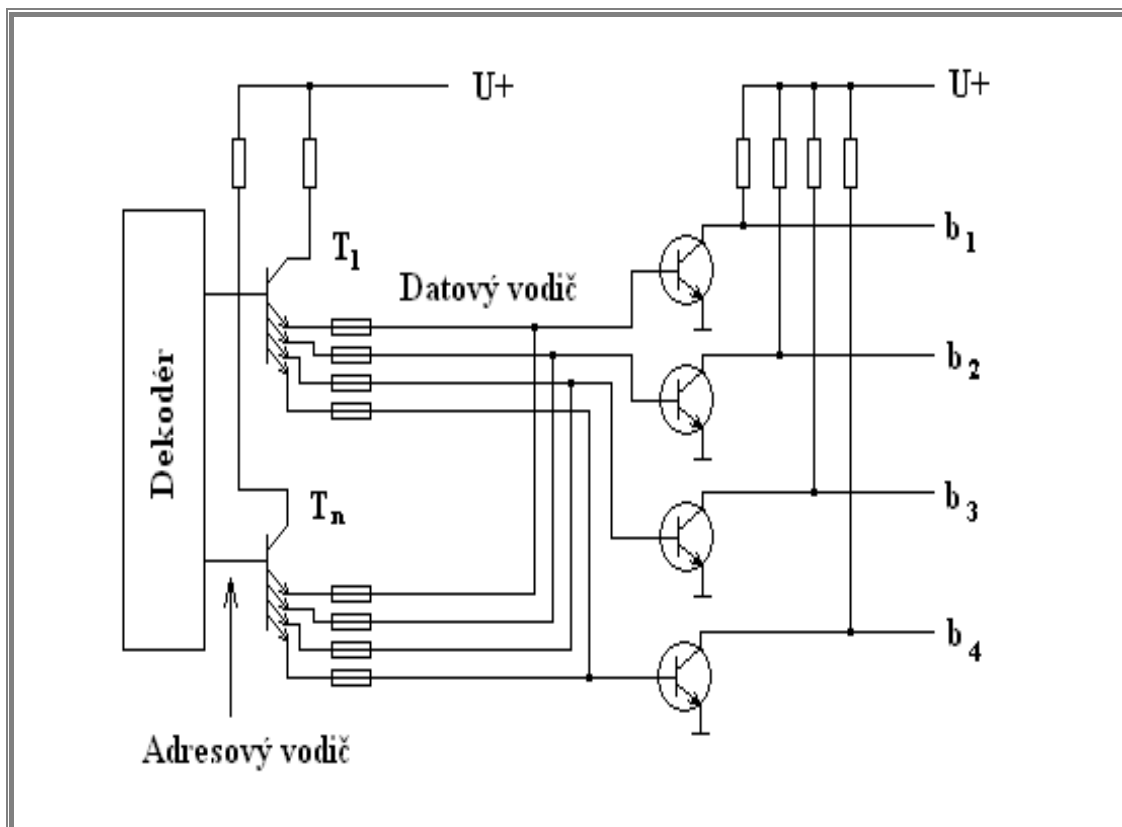
Paměti PROM (Programable Read Only Memory)

- Paměť PROM neobsahuje po vyrobení žádnou pevnou informaci a je až na uživateli, aby provedl příslušný zápis informace.
- Tento zápis je možné provést pouze jednou a poté již paměť slouží stejně jako paměť ROM.
- Paměti PROM představují statické a energeticky nezávislé paměti.
- Možnost realizace – stejně jako u paměti ROM - při výrobě je vyrobena matice obsahující adresové vodiče, které jsou spojené s datovými vodiči přes polovodičovou diodu a tavnou pojistku z niklu a chromu (NiCr).



Obr. 5 Realizace paměťové buňky PROM pomocí diody

- **Zápis informace se provádí vyšší hodnotou elektrického proudu (cca 10 mA), která způsobí přepálení tavné pojistky a tím i definitivně zápis hodnoty 0 do příslušné paměťové buňky.**
- Jiná možnost realizace paměti typu PROM - pomocí bipolárních multiemitorových tranzistorů.



Obr. 6 Realizace paměťové buňky PROM pomocí multiemitorových tranzistorů

- Takto realizovaná paměť PROM obsahuje pro každý adresový vodič jeden **multiemitorový tranzistor**.
- Počet emitorů = počet datových vodičů.
- Čtení z paměti - na příslušný adresový vodič je přivedena hodnota logická 1 => víceemitorový tranzistor se otevře => ve směru kolektor emitor začne procházet elektrický proud.
- **Tavná pojistka je průchozí** => procházející proud otevře tranzistor, který je zapojen jako invertor => **na výstupu je přečtena hodnota 0**.
- **Tavná pojistka byla při zápisu přepálena** (tzn. je neprůchozí) => nedojde k otevření tranzistoru a **na výstupu je přečtena hodnota 1**.
- Paměť PROM pracující na tomto principu má po svém vyrobení ve všech buňkách zapsanu hodnotu 0 a při jejím programování se do některých buněk **přepálením tavné pojistky zapíše hodnota 1**.

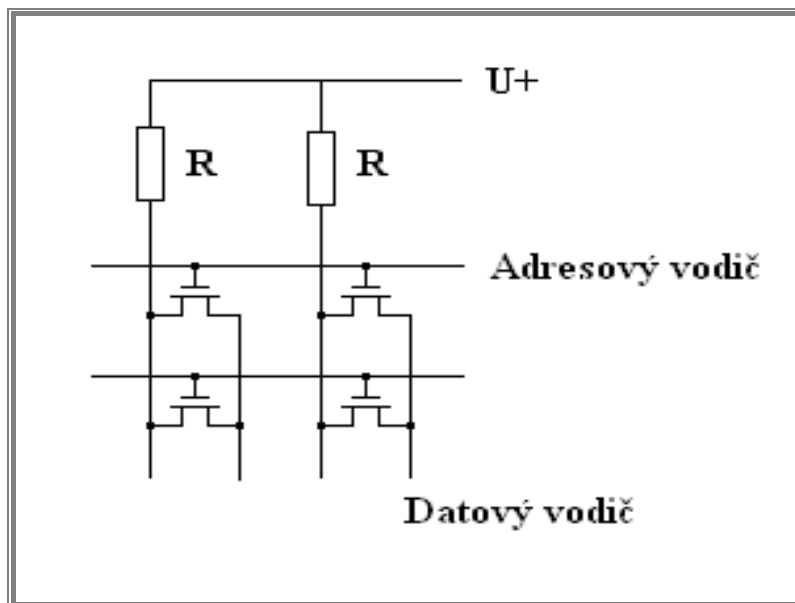
Paměti EPROM (Eraseable Programable Read Only Memory)

- Paměť EPROM je statická nezávislá paměť, do které **může uživatel provést zápis**.

- Zapsané informace je možné **vymazat působením ultrafialového záření.**
- Tyto paměti jsou realizovány pomocí speciálních unipolárních tranzistorů, které jsou schopny na svém přechodu udržet elektrický náboj po dobu až několika let.
- Náboj lze vymazat právě působením UV záření.
- Paměti EPROM jsou charakteristické **malým okénkem v pouzdře integrovaného obvodu** obsahujícího tuto paměť.
- Pod okénkem je umístěn vlastní paměťový čip a to je místo, na které směřuje při vymazávání zdroj UV záření.
- Při práci bývá tento otvor většinou přelepen ochranným štítkem, aby nedocházelo ke ztrátám informace vlivem UV záření v ovzduší.
- Zapojení jedné buňky paměti EPROM je podobné jako u paměti EEPROM (viz dále).
- Výskyt v PC: např. jako generátory znaků (dříve).

Paměti EEPROM (Electrically EPROM)

- Tento typ paměti má podobné chování jako paměti EPROM, tj. jedná se o **statickou nezávislou paměť**, kterou je možné naprogramovat a později z ní informace vymazat.
- Výhodou oproti EPROM pamětem je, že **vymazání se provádí elektricky** a nikoliv pomocí UV záření, čímž odpadá nepohodlná manipulace s pamětí při jejím mazání.
- Při výrobě pamětí EEPROM se používá speciálních tranzistorů vyrobených technologií **MNOS** (Metal Nitrid Oxide Semiconductor).
- Jedná se o tranzistory, na jejichž řídicí elektrodě je nanesena vrstva nitridu křemíku (Si_3N_4) a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého (SiO_2).
- Vlastní buňka paměti EEPROM pak pracuje na principu tunelování (vkládání) elektrického náboje na přechod těchto dvou vrstev.



Obr. 7 Realizace buňky paměti EEPROM pomocí tranzistoru MNOS

- Při zápisu dat se přivede na příslušný adresový vodič záporné napětí $-U$ a datový vodič buněk, do nichž se má zaznamenat hodnota 1, se uzemní.
- Tranzistor se otevře a **vznikne v něm náboj, který vytvoří velké prahové napětí.**
- Čtení - na adresový vodič se přivede záporný impuls.
- Tranzistor s malým prahovým napětím se otevře a vede elektrický proud do datového vodiče, zatímco tranzistor s velkým prahovým napětím zůstane uzavřen.
- Vymazání paměti se provádí kladným napětím $+U$, které se přivede na adresové vodiče. Náboj se tím zmenší a prahové napětí poklesne, čímž je paměť vymazána.

Paměti Flash

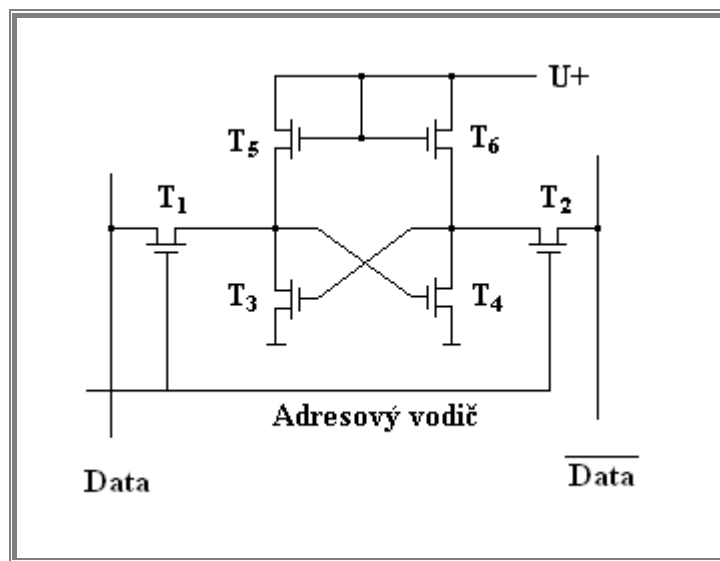
- Flash paměti jsou obdobou pamětí EEPROM.
- Jedná se o paměti, které je **možné naprogramovat** a které **jsou statické** a **energeticky nezávislé**.
- Vymazání se provádí elektrickou cestou, jejich přeprogramování je možné provést přímo v počítači.
- Paměť typu Flash tedy **není nutné před vymazáním (naprogramováním) z počítače vyjmout a umístit ji do speciálního programovacího zřízení**.

Paměti RAM

- Paměti RAM jsou určeny pro zápis i pro čtení dat.
- Jedná se o paměti, které jsou energeticky nezávislé.
- Podle toho, zda jsou dynamické nebo statické, jsou dále rozdělovány na:
 - **DRAM** - Dynamické RAM
 - **SRAM** - Statické RAM

Paměti SRAM (Static Random Access Memory)

- Paměti SRAM uchovávají informaci v sobě uloženou **po celou dobu, kdy jsou připojeny ke zdroji elektrického napájení.**
- **Paměťová buňka SRAM je realizována jako bistabilní klopný obvod, tj. obvod, který se může nacházet vždy v jednom ze dvou stavů, které určují, zda v paměti je uložena 1 nebo 0.**

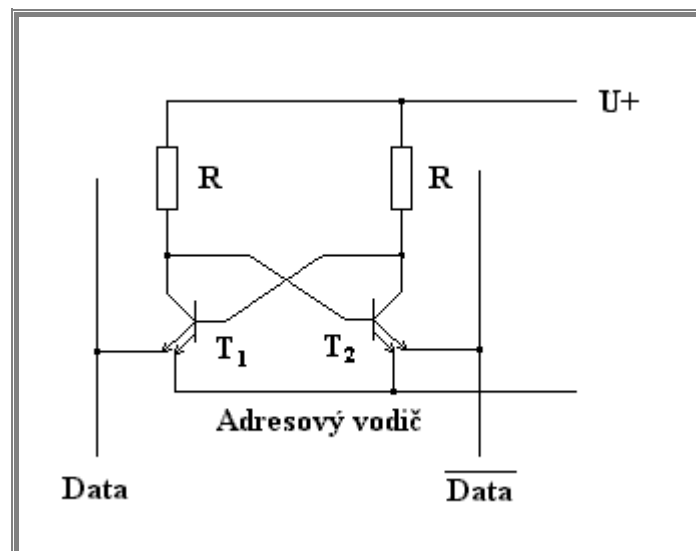


Obr. 8 Realizace jedné buňky paměti SRAM v technologii MOS

- U SRAM pamětí se používá dvou datových vodičů.
- Vodič Data je určený k zápisu do paměti.
- Vodič označený jako -Data se používá ke čtení.

- Hodnota na tomto vodiči je vždy opačná než hodnota uložená v paměti => na konci procesu čtení je nutno ji ještě negovat.
- Při zápisu se na adresový vodič umístí hodnota logická 1, na vodič Data se přivede zapisovaná hodnota (např. 1).
- Tranzistor T_1 se otevře => jednička na vodiči Data otevře tranzistor T_4 => uzavře se tranzistor T_3 .
- Tento stav obvodu představuje uložení hodnoty 0 do paměti.
- Zcela analogicky tato buňka pracuje i při zápisu hodnoty 1, rozdíl je pouze v tom, že tranzistor T_4 zůstane uzavřen a to způsobí otevření tranzistoru T_3 .
- Čtení - na adresový vodič je přivedena hodnota logická 1 => otevřou se tranzistory T_1 a T_2 .
- Jestliže byla v paměti zapsána hodnota 1, je tranzistor T_4 otevřen (tj. na jeho výstupu je hodnota 0), čtenou hodnotu obdržíme na vodiči \DATA.
- V případě uložené hodnoty 0 - tranzistor T_4 je uzavřen (tj. na jeho výstupu je hodnota 1).
- **Poznámka:** Tranzistory T_5 a T_6 plní pouze funkcí rezistorů.

- Paměti SRAM je možné uskutečnit i v technologii TTL. Buňka takovéto paměti pracuje na podobném principu jako buňka v technologii MOS.

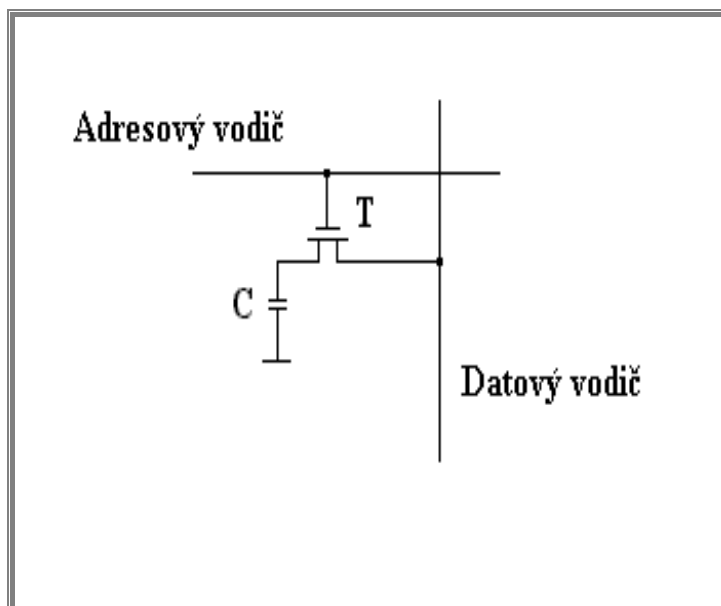


Obr. 9 Realizace jedné buňky paměti SRAM v technologii TTL

- **Důležité: Paměti SRAM jsou výhodné zejména pro svou nízkou přístupovou dobu 15 - 20 ns (v katalozích uváděno jako access time).**
- Nevýhoda - **vyšší složitost a z toho plynoucí vyšší výrobní náklady.**
- V současné době jsou paměti SRAM používány především pro realizaci pamětí typu cache (RVP), jejichž kapacita je ve srovnání s operační pamětí několikanásobně nižší, rychlost a cena jsou vyšší.

Paměti DRAM (Dynamic Random Access Memory)

- Informace je uložena pomocí elektrického náboje na kondenzátoru.
- Tento náboj má tendenci vybít se i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napájení => je nutné periodicky provádět tzv. **refresh**, tj. oživování paměťové buňky.
- Tuto funkci plní některý z obvodů čipové sady.



Obr. 10 Realizace jedné buňky paměti DRAM v technologii MOS

- Při zápisu se na adresový vodič přivede hodnota logická 1 => tranzistor T se otevře.

- Na datovém vodiči je umístěna zapisovaná hodnota (např. 1), tato hodnota projde přes otevřený tranzistor a **nabije kondenzátor**.
- V případě zápisu nuly dojde pouze k případnému **vybití kondenzátoru** (pokud byla dříve v paměti uložena hodnota 1).
- Při čtení je na adresový vodič přivedena hodnota logická 1, která způsobí otevření tranzistoru T.
- Jestliže byl kondenzátor nabitý, zapsaná hodnota přejde na datový vodič.
- Tímto čtením však dojde k vybití kondenzátoru a zničení uložené informace => buňka je **destruktivní při čtení** a přečtenou hodnotu je nutné opět do paměti zapsat.
- **Buňka paměti DRAM je velmi jednoduchá a dovoluje vysokou integraci a nízké výrobní náklady => je používána k výrobě operačních pamětí.**
- Nevýhoda - vyšší **přístupová doba** (60 - 70 ns) způsobená nutností provádět refresh a časem potřebným k nabití a vybití kondenzátoru.