

## Kurz: Číslicová technika „Paměti“

Kurz je určen pro předmět Číslicová technika 3. ročník obor 26-52-H/01 Elektromechanik pro zaměření a přístroje. V této části kurzu je učivo vztahující se ke kapitole VI. Paměťové obvody, v závěru textu je krátký pohled na realizaci prvních domácích mikropočítačů. Text není nijak redigován a mohou se v něm vyskytovat chyby.

### Obsah:

<b>1.</b>	<b>Základní pojmy</b>	<b>3</b>
1.1.	Rozdělení pamětí podle činnosti	4
1.1.1.	<b>Paměti RWM – RAM</b>	<b>4</b>
1.1.2.	<b>Paměti RAM</b>	<b>4</b>
1.1.3.	<b>Paměti ROM</b>	<b>5</b>
1.1.4.	<b>Paměti PROM</b>	<b>7</b>
1.1.5.	<b>Paměti EPROM</b>	<b>9</b>
1.1.6.	<b>Paměti EEPROM</b>	<b>10</b>
1.1.7	<b>Souhrn vlastností</b>	<b>11</b>
1.1.7.1	<i>Dělení podle principu čtení</i>	11
1.1.7.2	<i>Elektronické paměti</i>	12
1.1.7.3	<i>Typy pamětí a jejich členění</i>	12
1.1.7.4	<i>Dělení podle materiálu a fyzikálních principů</i>	13
1.1.7.5	<i>Podle režimu činnosti</i>	13
1.1.7.6	<i>Podle závislosti na napájení</i>	13
1.1.7.8	<i>Podle schopnosti zápisu</i>	14
1.1.7.9	<i>Podle určení</i>	14
1.1.7.9.1	<i>Procesor</i>	15
1.1.7.9.2	<i>Registr procesoru</i>	16
1.1.7.9.3	<i>Cache</i>	17
1.1.7.9.4	<i>Pevný disk</i>	17
1.1.7.9.5	<i>Kompaktní disk CD</i>	18
1.1.7.10	<i>Podle provedení</i>	19
1.1.7.11	<i>Podle rychlosti a ceny za bit</i>	19
1.1.7.12	<i>USB Universal Seriál Bus</i>	21
1.1.7.13	<i>FireWire</i>	21
1.1.7.14	<i>RAID</i>	22
<b>1.1.8.</b>	<b>USB flash paměť</b>	<b>22</b>
1.1.8.1	<i>Historie</i>	22
1.1.8.2	<i>Popis zařízení</i>	23
1.1.8.3	<i>Vzhled a struktura</i>	24
<b>1.1.9</b>	<b>Flash paměť</b>	<b>26</b>
1.1.9.1	<i>Princip zápisu a čtení</i>	27
1.1.9.2	<i>Flash Translation Layer</i>	27
<b>1.1.10</b>	<b>Souhrn vlastností</b>	<b>28</b>
1.1.10.1	<i>RAM</i>	28
1.1.10.2	<i>Rozdělení RAM</i>	28
1.1.10.3	<i>Statické a dynamické RAM</i>	29

1.1.10.4	DRAM moduly	30
1.1.10.5	Označení	31
1.1.10.6	RWM	31
1.1.10.7	PROM	32
1.1.10.8	Memory Technology Device	32
1.1.10.8.1	Charakteristika	33
<b>1.1.11</b>	<b>BIOS</b>	<b>33</b>
	• Historie	34
	• Čipy	34
	• Flashování BIOSu	34
	• Evoluční role BIOSu	34
	• Rozšíření modulu	35
	• Opens Source BIOS	35
	• Dual BIOS	35
	• Setup	35
	• Nastavení v SETUPu	36
1.1.11.1	Advancet BIOS Features Setup (nabídka Boot)	36
1.1.11.2	Frequency Voltage Kontrol (nabídka Power)	37
1.1.11.3	Služby BIOSu	37
1.1.11.4	Aktualizace BIOSu	38
1.1.11.5	Rozšíření BIOSu	38
<b>2.</b>	<b>Úvod do historie mikropočítačů</b>	<b>39</b>
2.1.	Sinclair ZX Spektrum	39
2.1.1	Hardware	39
2.1.2	Grafický systém	40
2.1.3	Software	40
2.1.4	Varianty počítače	42
2.2	Periférie	46
2.2.1	ZX Pointer	46
2.2.2	ZX Interface I	46
2.2.3	ZX Interface II	47
2.2.4	ZX Microdrive	48
2.2.5	Joysticky Sinclair SJS-1	48
2.2.6	Joysticky Sinclair SJS-2	49
2.2.7	Sinclair Matným Light Phaser	49
2.2.8	Keypad	49
2.3	Periférie jiných výrobců	49
2.3.1	Disketové jednotky	50
2.3.2	Digitalizace obrazu	50
2.3.3	Joysticky	50
2.3.4	Zvuková zařízení	50
2.4	Moderní periferie	51
2.5	Obchodní úspěch	51
2.6	Československá varianta	52
2.6.1	Domácí úpravy	53

## 1. Základní pojmy:

**Informační kapacita:** množství informace, které je možné uložit v paměti označujeme jako její kapacitu-udává počet paměťových míst.

**Kapacita se udává počtem bitů „0“ , „1“** Osm bitů je tzv.slabika nebo-li byte(bajt).

Často se v oblasti paměti a mikropočítačů používá pojem slovo(word). Je to skupina bitů, které se v počítači zpracovávají jako celek. Jednotka K (kilo) je rovno  $2^{10} = 1024$  bitů. Označení Mbit (megabit) značí  $2^{20} = 1048576$  paměťových buněk

**Organizace paměti:** Jestli-že paměť umožňuje na každou adresu uložit skupinu B bitů(např.16 bitů), pak číslo B nazýváme šířkou paměti. Označíme-li počet adres paměti symbolem A, pak organizací paměti bude součin A x B. Např. paměť EPROM 27256 má kapacitu 256 Kbitů a organizaci 32 K x 8 bitů. Na každou adresu je možné uložit 8 bitů současně. *Adresa je místo v paměti, na které zapisujeme, nebo z kterého čteme.* Čtení a zápis dat je většinou řízeno procesorem. Cílem je uložit a číst data z operační paměti, nebo z vnějších periferních zařízení.

**Šířka toku dat:** také šířka sběrnice, je počet bitů, které se po sběrnici přenášejí současně

**Operační paměť** : v počítači obsahuje jednak program, který má být proveden a jednak velké množství dat, která se v průběhu programu mají zpracovat. Operační paměti se dříve vyráběly z feromagnetických jader, dnes se používají paměti s libovolným výběrem adresy RAM.

**Paměť RAM** –(Random Access Memory)- paměť s přímým přístupem k datům-libovolné slovo může být vybráno pomocí jediné adresy, nebo na libovolné místo lze uložit několik bitů, nebo slov.

**Paměť SAM-** (Seriál Access Memory) jsou to paměti se sériovým přístupem. Adresy paměťových míst nelze v generovat libovolně, ale sekvenčně v souladu s posloupností dat umístěných v paměťových místech. Chceme-li např.přečíst data z místa A a poté z místa D, pak musíme nejdříve realizovat přístupy ke všem místům ležícím mezi A a D.

**Paměti LIFO** ( Last In-First Out) informace uložená do paměti jako poslední je čtena jako první. V mikropočítačích se používá jako zásobníková paměť .

**Paměti FIFO** ( First In – First Out) –bývá označována jako paměť fronty. Vyznačuje se tím, že se do ní ukládají údaje na místa po sobě následující (do fronty). Z paměti fronty je možno číst údaje pouze postupně:jako první se čtou ty údaje, které byly zapsány jako první.

### Dělení pamětí podle možnosti zápisu a čtení

*Klasickou činností, kterou od paměti požadujeme je obecný cyklus:*

## **zápis informace - její zapamatování - čtení informace**

## 1.1 Paměti realizují tento cyklus různými způsoby, podle toho je dělíme na :

- a) *paměti pro čtení a zápis* – tyto paměti se nazývají RWM ( Read Write Memory )
- b) *paměti pouze pro čtení* - tyto paměti se nazývají ROM ( Read Only Memory )

### 1.1.1 Paměti RWM-RAM

**Paměti RWM – RAM** jsou energeticky závislé, doba zápisu i čtení jsou přibližně stejně dlouhé,

po vypnutí zdroje se uložená data nenávratně ztrácí. Dříve se používaly paměti RWM s feritovými jádry jako energeticky nezávislé ( v současné době se již nepoužívají)

#### RWM Read-Write Memory

**Read-Write-Memory (RWM)** je v informačních technologiích typ paměti určené pro čtení i zápis. Paměti určené pouze pro čtení obsahu jsou označeny jako ROM. Paměti RWM lze rozdělit do kategorií:

- **s libovolným přístupem** – RAM, adresovat lze libovolnou buňku paměti. Operační paměť.
- **se sekvenčním přístupem** – Data jsou čtena a zapisována v sekvenční posloupnosti s omezenou možností adresace (např. magnetopásková paměť, bublinková paměť).
- **semipermanentní paměť** – S omezeným zápisem, většinou lze přepisovat jen celou paměť nebo celý blok zároveň. Typický příklad je disk CD-RW nebo paměť EEPROM či FLASH. Disk CD-R(W) se chová pro zápis jako paměť se sekvenčním přístupem, pro čtení jako paměť s libovolným výběrem adresy.

### 1.1.2 RAM Random-Access Memory

**RAM** (anglicky **random-access memory**, tj. paměť s přímým přístupem nebo paměť s libovolným výběrem) je v informatice typ paměti, u níž je libovolné paměťové místo přístupné za stejnou vybavovací dobu.<sup>[1]</sup> Prakticky je v současnosti termín RAM používán téměř výlučně jako označení operační paměti vytvořenou pomocí polovodičových pamětí, kde se přístupová doba pro zápis i čtení pohybuje v řádech maximálně stovek nanosekund. Za paměť RAM nemůžeme považovat např. mechanický pevný disk, protože zde je obrovský rozdíl mezi rychlostí sekvenčního přístupu a rychlostí přímého přístupu. Příkladem paměti, která nemá konstantní vybavovací dobu, je magnetická páska (čte se postupně, používá sekvenční přístup).

Podle běžného užití a podle normy ISO2382-12:1988 se jedná o „zařízení pro čtení zápis“, přičemž termín RAM se nepoužívá ve smyslu původní zkratky (tedy „paměť s náhodným přístupem“), ale ve smyslu „paměť s přímým přístupem“.<sup>[2]</sup> Označení „paměť s náhodným přístupem“ není v češtině vhodné, protože vrácená data nejsou náhodná, ale

odpovídají obsahu požadované adresy (tj. slovní spojení by mělo vyjádřit, že je možné požadovat data z libovolné adresy bez výrazného vlivu na rychlost, které je problémem sekvenčního přístupu).

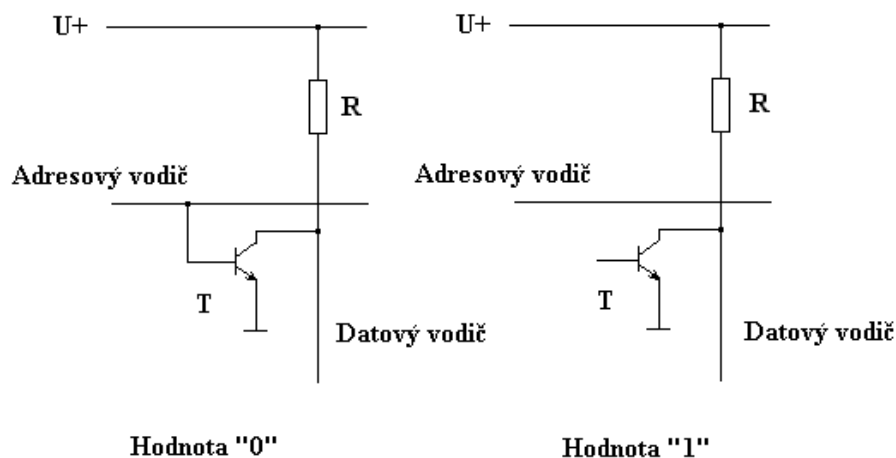
### 1.1.3 paměti ROM

Nejsou energeticky závislé, používají se v mikropočítačové technice jako paměti programu a konstant. Cyklus uložení informace do paměti ROM je podstatně delší než cyklus čtení. Paměti ROM dělíme na :

**b<sub>1</sub>) paměti ROM**, které jsou naprogramované maskou při poslední fázi výroby

- **ROM** (z anglického **Read-Only Memory**) je v informatice typ elektronické paměti, jejíž obsah je dán při výrobě, není závislý na napájení (je tzv. nevolatilní). Používá se pro uložení firmware v elektronických přístrojích, dříve také ve starších počítačích (ROM pro Sinclair ZX Spectrum), kde zajišťuje jejich běžnou činnost. V minulosti byly paměti typu ROM v počítačích používány pro uložení BIOSu (slouží pro zavedení operačního systému), firmware v mechanice, disku, grafické kartě a dalších.
- Dnes už se u PC setkáme s typem ROM velmi ojediněle z důvodu nemožnosti aktualizace firmware a BIOSu pro opravu chyb a případně přidání nových vlastností.

Jednotlivé buňky paměti ROM je také možné realizovat pomocí tranzistorů, a to jak v technologii TTL, tak v technologiích MOS. Její realizace v technologii TTL je uvedena na následujícím obrázku.



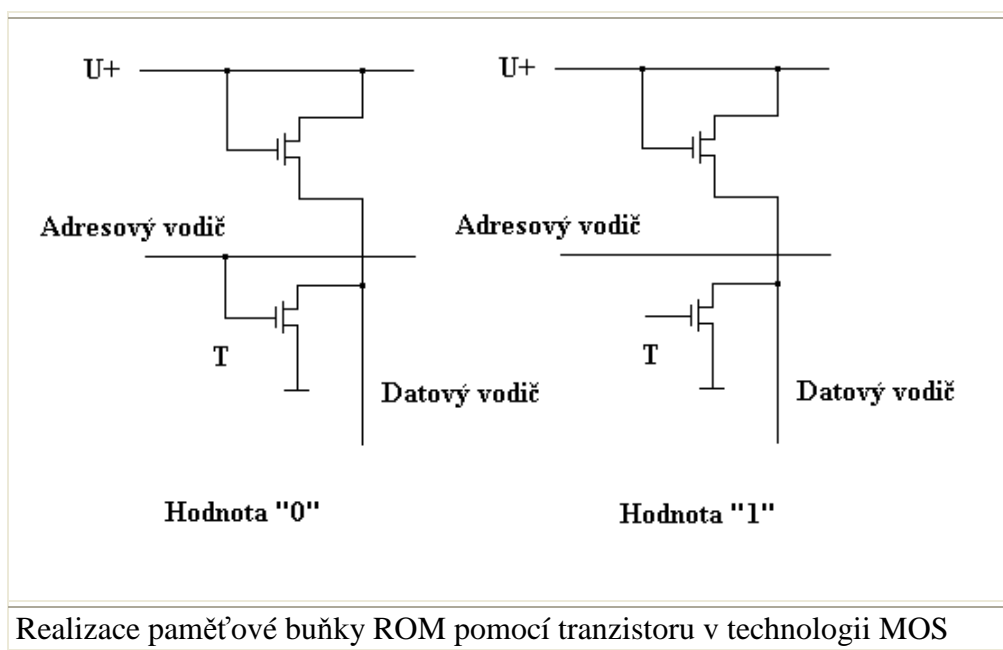
**obr.1** Paměťová buňka ROM s bipolárním tranzistorem

V tomto případě je na datový vodič neustále přiváděna hodnota logická 1. Pokud dojde k vybrání adresového vodiče a tím k umístění hodnoty logická jedna na tento vodič, tak v případě, že je tranzistor  $T$  spojen s tímto adresovým vodičem, dojde k jeho otevření a tím k

propojení datového vodiče se zemí. Na takto propojeném datové vodiči se potom objeví hodnota logická 0 a tato buňka představuje uložení hodnoty bitu 0. U buněk, jejichž tranzistor není spojen s adresovým vodičem, nemůže nikdy dojít k otevření tohoto tranzistoru a tím ani ke spojení datového vodiče se zemí. V této buňce je tedy neustále uložena hodnota 1.

Zcela analogicky pracuje i buňka paměti ROM zapojená pomocí tranzistorů v některé z technologií 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.



obr.2 Paměťová buňka ROM s unipolárním tranzistorem, v technologii MOS

## Charakteristika

- Informační obsah ROM je do paměti uložen při výrobním procesu, takže jejich výroba se vyplatí pouze ve velkých sériích. Zákazník si musí nechat na zakázku vyrobit příslušnou masku používanou při jejich výrobě. Pokud je v paměti chyba, je nutné celou paměť vyměnit.
- I když se v průběhu času rychlost ROM paměti měnila, byla obvykle nižší, než paměti typu RAM. Proto byl obsah paměti ROM kopírován při startu počítače do paměti RAM (tzv. shadow RAM). Tato vlastnost se dala u počítačů IBM PC nastavit v BIOSu. Rychlost zápisu byla vždy výrazně nižší, přičemž tento stav trvá dodnes (včetně pamětí flash).
- Specifickým typem ROM paměti jsou lisované kompaktní disky (CD) a DVD (i když existují i jejich prepisovatelné varianty).

## Nástupci ROM

- Problém nutnosti určení obsahu již ve výrobě byl odstraněn v roce 1956 nástupem paměti PROM, které bylo možné pomocí speciálního přístroje naprogramovat až u zákazníka (typicky průrazem pomocí vyššího napětí, než bylo pro normální použití). Dalším krokem byl nástup paměti EPROM v roce 1971 s možností návratu ke stavu před programováním (a tedy možností přepisu obsahu). EEPROM v roce 1983 přinesly možnost programování přímo v příslušném přístroji (bez nutnosti paměť vyjmát a vkládat do programátoru). Flash paměť, která se rozšířila na počátku 90. let 20. století, umožňuje mnohanásobný přepis.

### 1.1.4 paměti PROM

**b<sub>2</sub>) paměti PROM** (Programable ROM) – prodávají se nenaprogramované, programují se u uživatele ve speciálním zařízení. Po naprogramování se nedají znovu programovat.

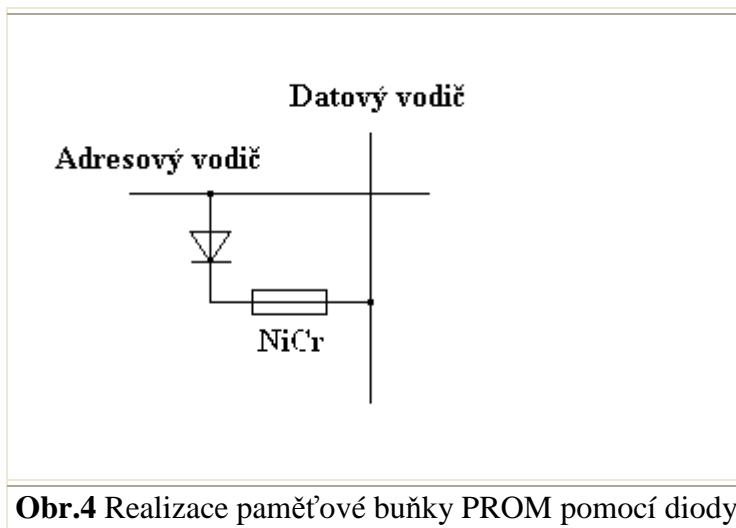


**Obr.3** Paměť PROM typu D23128C na desce počítače [ZX Spectrum](#)

**PROM** (anglicky **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory) nebo také **OTP** (anglicky **O**ne **T**ime **P**rogrammable) je elektricky "jednorázově" programovatelná permanentní paměť. Tato paměť se používá podobně jako ROM. Každý bit PROM je při programování možné přepsat z 1 na hodnotu 0, avšak tato změna je nevratná. Dnes je vzhledem k nízké ceně mazatelných pamětí použití tohoto typu paměti vzácné. Paměť se vyráběla jen v malých kapacitách paměti (cca. 32byte až několik kilobyte) jako levná varianta paměti proti (tehdejší) cenám mazatelných pamětí EPROM/EEPROM.

Kdysi byly PROM založeny na technologii přepalování propojek, novější PROM jsou technologicky vlastně EPROM/EEPROM bez části dovolující mazání. U nových zařízení se spíše než termín PROM používá označení OTP.

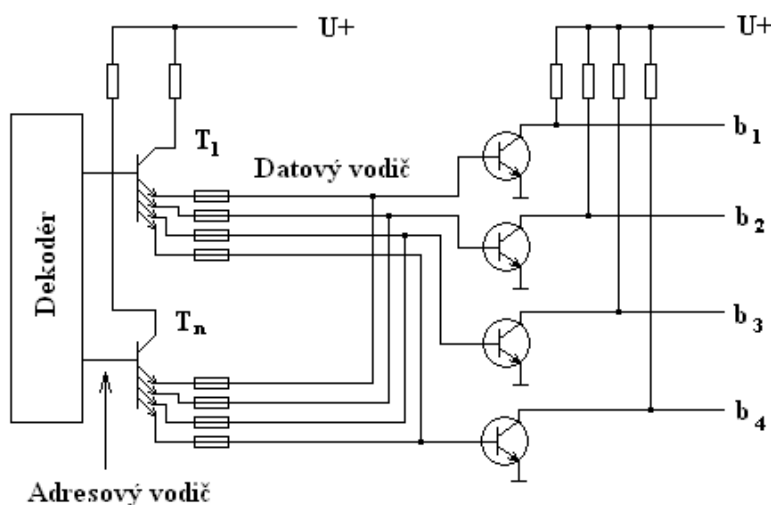
Buňku paměti je možné realizovat podobně jako u paměti ROM. Při výrobě je vyrobena matice obsahující spojené adresové vodiče s datovými vodiči přes polovodičovou diodu a tavnou pojistku z niklu a chromu (NiCr). Takto vyrobená paměť obsahuje na začátku samé hodnoty 1.



**Obr.4** 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.

Paměti typu PROM se také realizují pomocí bipolárních multiemitorových tranzistorů, jak je uvedeno na následujícím obrázku



**Obr.5** Realizace paměti PROM s multiemitorovými bipolárními tranzistory

Takto realizovaná paměť PROM obsahuje pro každý adresový vodič jeden multiemitorový tranzistor. Každý z těchto tranzistorů obsahuje tolik emitorů, kolik je datových vodičů. Při čtení z paměti je opět na příslušný adresový vodič přivedena hodnota logická 1, která způsobí, že tranzistor se otevře a ve směru kolektor emitor začne procházet elektrický proud. Jestliže je tavná pojistka průchozí, procházející proud otevře tranzistor, který je zapojen jako invertor, a na výstupu je přečtena hodnota 0. Jestliže 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 zapsánu hodnotu 0 a při jejím programování se do některých buněk přepálením tavné pojistky zapíše hodnota 1.

## Použití

Dnes je cena PROM/OTP jen nepatrně nižší, než cena EEPROM/FLASH, zatímco nevýhody PROM/OTP proti EEPROM/FLASH jsou výrazné. Avšak u masově vyráběných zařízení (malé mikrokontroléry) mohou i drobné rozdíly v ceně hrát roli.

PROM/OTP se někdy záměrně používá pro speciální účely, kdy je nevratnost přeprogramování výhodou. To může být například záznam sériového čísla, servisní záznamy atp. Takové záznamy mohou vyžadovat vhodné kódování (např. ochranu vhodným kontrolním součtem), aby byla vyloučena jejich změna záznamu bez poškození kódu. Výrobce rovněž může použitím OTP bránit tomu, aby zákazník vyrobené zařízení modifikoval.

### Výhody a nevýhody

Výhody:

- PROM lze programovat (vyplatí se i pro malosériovou výrobu)
- PROM lze programovat i po částech
- jednodušší technologie výroby (nemusí podporovat mazání)

Nevýhody:

- bit změněný na 0 nelze vrátit zpátky
- u moderních PROM/OTP založených na technologii EPROM nižší životnost záznamu než u ROM programovaných maskou
- při velkých sériích pravděpodobně vyšší cena proti ROM

## 1.1.5 paměti EPROM

***b<sub>3</sub>*** ***paměti EPROM*** ( Erasable ROM), nebo REEPROM ( Reprogramable PROM ) jsou mazatelné a znovu programovatelné paměti. Mazání lze provádět UV zářením.



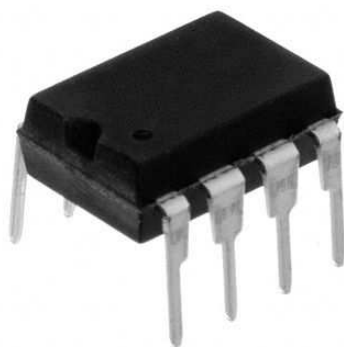
**Obr. 6** EPROM. Malé okénko pod kterým je křemíkový čip slouží k mazání UV zářením

**EPROM** je angl. zkratka pro *Erasable Programmable Read-Only Memory*. Jedná se o semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM, jejíž obsah je mazatelný ultrafialovým zářením (UV), proto se někdy označuje také jako UV-EPROM. Před novým naprogramováním je nutné paměť smazat. K programování se používá většinou několikanásobně vyšší napětí než ke čtení (typ. 12 V nebo 25 V proti 5 V napájecího napětí).

Paměť se používá k uložení dat (např. firmware), často u malosériové výroby, kde se nevyplatí použití maskou programovaných pamětí typu ROM nebo dražší paměti flash a kde není vyžadována možnost měnit obsah paměti v již zabudovaném zařízení (typ. číslicově řízená mikrovlnná trouba).

## 1.1.6 paměti EEPROM

***b<sub>4</sub> paměti EEPROM*** nebo-li E<sup>2</sup>PROM ( Electrically Programmable ROM ) nebo také EAROM ( Electrically Alternable ROM ) jsou elektricky mazatelné a programovatelné PROM



**Obr.7** Paměť EEPROM

**EEPROM** (též **E<sup>2</sup>PROM**) je anglická zkratka pro *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*. Jedná se o elektricky mazatelnou semipermanentní (nevolatilní) paměť typu ROM-RAM. Paměť má omezenější počet zápisů než paměť typu flash a před novým naprogramováním je nutné ji nejprve celou smazat. Využití této paměti je jako úložiště (např. firmware) u zařízení, kde nedochází často k přepisům paměti. V současnosti (2011) se od použití této paměti upouští a využívá se paměti typu flash.

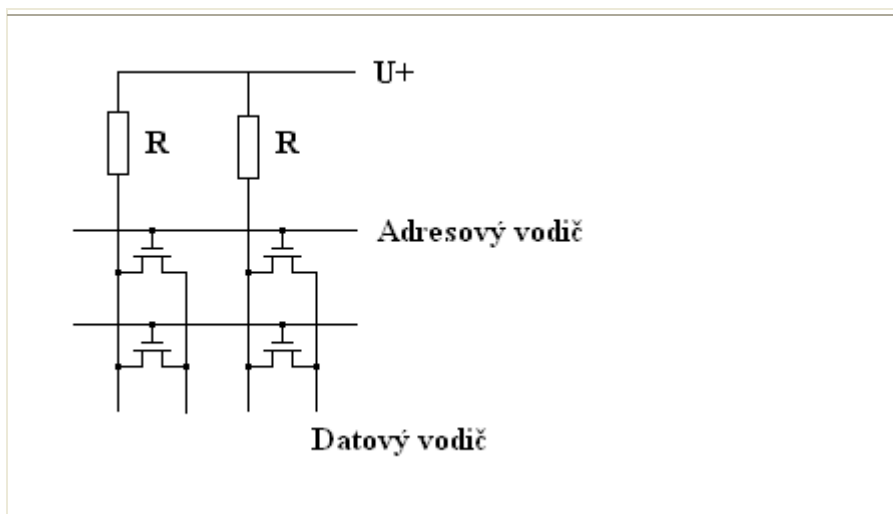
## Technologie

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<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého (SiO<sub>2</sub>).

Tento typ paměti má podobné chování jako paměti EPROM, tj. jedná se o statickou energeticky 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** (**M**etal **N**itrid **O**xide **S**emiconductor). **Jedná se o tranzistory, na jejichž**

řídící elektrodě je nanášena vrstva nitridu křemíku ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ). Vlastní buňka paměti EEPROM pak pracuje na principu tunelování (vkládání) elektrického náboje na přechod těchto dvou vrstev.



**Obr.8** 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. Při čtení se přivede na adresový vodič 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. Tunelovaný náboj se tím zmenší a prahové napětí poklesne, čímž je paměť vymazána.

## 1.1.7 Souhrn vlastností

### 1.1.7.1 Dělení podle principu činnosti paměťové buňky

- Paměťová buňka je základní jednotkou paměťového obvodu, protože je v ní uložena základní informační jednotka 1 bit. Podle principu činnosti paměťové buňky dělíme paměti na statické, dynamické a buňky pevných pamětí.
- Paměťová buňka statických RWM-RAM polovodičových pamětí je tvořena bistabilním klopným obvodem. Paměti se označují SRAM
- Dynamické paměti RWM-RAM pro čtení a zápis mají základní paměťovou buňku tvořenu buď třemi, nebo pro vyšší stupeň integrace pouze jedním MOS tranzistorem. Informace je v každé buňce uložena ve formě náboje v kapacitoru, který je tvořen elektrodami tranzistoru MOS. Paměťová kapacita má hodnotu menší než 1 pF, je proto nutné náboj pravidelně obnovovat (refresh). Označují se DRAM
- pevné programovatelné paměti PROM, EPROM a  $E^2$ PROM uchovávají informaci v různých typech paměťových buněk. Programování se provádí přepalováním tavných

spojek, nebo polovodičových přechodů v paměťových buňkách. Přepálená spojka =  $\log 0$  , nepřepálená =1

### 1.1.7.2 Elektronická paměť

Je součástí, zařízení nebo materiál, který umožní uložit obsah informace (zápis do paměti), uchovat ji po požadovanou dobu a znovu ji získat pro další použití (čtení paměti). Informace je obvykle vyjádřena jako číselná hodnota, nebo je nositelem informace modulovaný analogový signál. Pro své vlastnosti se používá binární (dvojková) číselná soustava, která má pouze dva stavy, které se snadno realizují v elektronických obvodech. Pro uchování informace tedy stačí signál (např. elektrické napětí), který má dva rozlišitelné stavy a není třeba přesně znát velikost signálu.

Základní jednotkou ukládané informace je jeden **bit** (binary digit), jedna dvojková číslice. Tato číslice může nabývat dvou hodnot, které nazýváme „logická nula“ a „logická jednička“. Logická hodnota bitu může být reprezentována různými fyzikálními veličinami:

- přítomnost nebo velikost elektrického náboje
- stav elektrického obvodu (otevřený tranzistor)
- směr nebo přítomnost magnetického toku (pro kódování informace do magnetického toku se častěji používají složitější modulace)
- různá propustnost nebo odrazivost světla (CD-ROM, ale i děrný štítek)

Pro správnou funkci paměti je třeba řešit kromě vlastního principu uchování informace také lokalizaci uložených dat. Mluvíme o **adrese** paměťového místa, kde adresa je obvykle opět číselně vyjádřena.

### 1.1.7.3 Typy pamětí a jejich členění

Paměti lze dělit z několika hledisek:

- energetická závislost
  - paměti vyžadující pro zachování informace přísun energie (paměti typu RAM)
  - paměti nevyžadující pro zachování informace přísun energie (např HDD, FDD, optické disky, EEPROM, ...)
- režim práce s informací
  - paměti umožňující pouze čtení informace (paměti ROM, CD, DVD, BluRay, ...)
  - paměti umožňující opakované čtení informace ale pouze jedno zapsání informace (paměti PROM, CD-R, DVD+-R, ...)
  - paměti umožňující opakované čtení i záznam informace (paměti EPROM, HDD, FDD, CD-RW, DVD-RW, ...)
- fyzikálního principu
  - retence náboje (polovodičové paměti založené na tranzistorech)
  - změna orientace remanentní magnetické indukce (HDD, FDD, ZIP, JAZ, ...)
  - vychýlení laserového svazku (CD, DVD, BluRay,...)
  - rozklad materiálu (optické disky umožňující jeden zápis (CD+-R, DVD+-R, ...))

- fázová transformace materiálu (přepisovatelné optické disky (CD-RW, DVD-RW, DVD-RAM, ...), P-RAM/C-RAM/PC-RAM)
- spintronika
- přítomnosti pohyblivých segmentů
  - statická media ("polovodičové paměti")
  - rotující media (HDD, FDD, optické disky)
- "provedení"
  - autonomní paměť ("polovodičové paměti")
  - mechanika + medium (optické disky)
- odolnosti vůči:
  - mechanickým šokům (vibrace)
  - teplotě
  - elektro-magnetickým polím
  - energetickému záření
- praktických parametrů
  - rychlost
  - kapacita
  - cena za bit
  - spolehlivost
  - doba opotřebení, počet cyklů R/W

#### **1.1.7.4 Podle materiálu a fyzikálních principů**

- magnetická paměť – založené na magnetických vlastnostech materiálu, informaci uchovává směr magnetizace.
- polovodičová paměť – využívá vlastností polovodičových tranzistorů, buď se realizují klopnými obvody (technologie TTL), nebo obnovováním elektrického náboje (CMOS)
- optická paměť – využívá optických vlastností materiálu, např. odraz světla.
- magnetooptická paměť – využívá změny orientace remanentní magnetické indukce po ohřevu materiálu
- feritová paměť – jako nosič jednoho bitu je používáno feritové jádro o rozměru cca 0,8 mm, magnetická orientace se překlápí proudovým impulsem (zastaralé)
- paměť se zpoždovací linkou – využívá pomalejšího průchodu vlny speciálním prostředím

#### **1.1.7.5 Režim činnosti polovodičových pamětí**

- dynamické – informace se musí periodicky obnovovat cyklem čtení, náročnější na řídicí logiku
- statické – informace zůstává uchována i bez obnovování, mají vyšší cenu za bit

#### **1.1.7.6 Podle závislosti na napájení**

- napětově závislé (volatilní) – pro uchování a přístup k informacím potřebuje paměť napájecí napětí, při odpojení se informace ztrácí
- napětově nezávislé (nevolatilní) – potřebuje napájení pro činnost (čtení, zápis), ale při odpojení napájení se informace uchová

### 1.1.7.7 Podle přístupu

- RAM (Random Access Memory) – s libovolným přístupem, doba přístupu k obsahu není závislá na umístění (adrese). Počítačové disky jsou považovány za paměti typu RAM, i když to není přesné.
- sekvenční – doba přístupu k obsahu je závislá na umístění, například páska
- asociativní – adresovaná obsahem, adresou je klíčová hodnota ukládaná s informací
- sériový – například fronta FIFO (to sem asi nepatří)

### 1.1.7.8 Podle schopnosti zápisu

- **RWM** (Read Write Memory) – Paměť pro zápis i čtení (Termín RAM obvykle označuje tento typ paměti - název RWM se neuchytil).
- **ROM** (Read Only Memory) – Paměť pouze pro čtení. Informace je do paměti uložena jednorázově při výrobním procesu.
- **PROM** (Programmable Read Only Memory) – Paměť se vyrobí bez informace a pomocí speciálního zařízení (programátor) si ji naprogramuje uživatel.
- **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory) – Paměť je možné vymazat speciálním způsobem (např. ultrafialovým zářením) a znovu přeprogramovat.
- **WMM** (Write Mostly Memory), někdy uváděna jako **WOM** (*Write Only Memory*) – Při provozu je používána jen pro zápis, informace je čtena jednorázově na konci provozního cyklu. Mívá speciální využití (černá skříňka).
- **WOM** (Write Only Memory) – Nerealizované nesmyslné zařízení, jež se stalo součástí inženýrského folklóru.
- **EEPROM** (E2PROM) (Electric Erasable PROM) – Obdoba EPROM, mazání však probíhá pomocí elektrického „impulsu,“ maže se buňka po buňce. Počet zápisů je omezen – cca 1000 přepisů.
- **Flash EPROM** (Paměť EPROM s rychlým mazáním) – Obdoba EEPROM, mazání však probíhá po blocích buněk. Lze ji smazat pouze celou (1ms) nebo po částech – ne po jednotlivých buňkách. Počet zápisů je přibližně 100 000.

Všechny paměti xROM jsou statické a Non-Volatile – jednou zapsaná informace zůstává trvale uložena. Volatilita je schopnost paměťové buňky udržet si informaci i bez napájení.

### 1.1.7.9 Podle určení

- Vnitřní paměť (primární)
  - Akumulátor
    - registr v procesoru o velikosti délky slova CPU (8, 16, 32, 64 bitů)
    - může být rychlejší než ostatní registry (kratší kód instrukcí)
    - s akumulátorem pracuje většina instrukcí (aritmetické a logické operace)
  - Registry procesoru

- několik (až desítky) registrů
- součást procesoru
- ukládání operandů a výsledků aritmetických a logických operací
- nejrychlejší paměť připojená k procesoru (stejně rychlá, jako procesor)

### 1.1.7.9.1 Processor

*Processor je základní součástí počítače. V současné době máme pod tímto pojmem většinou na mysli mikroprocesor, nebo také CPU, anglicky Central Processing Unit),<sup>[1]</sup> tedy velmi složitý číslicový integrovaný obvod, provádějící strojové instrukce, ze kterých je složen počítačový program umístěný v operační paměti počítače. Obvykle jde o instrukce programů, které se nahrávají do operační paměti z harddisku, CD nebo DVD disku, flash disku, diskety atd.*

*V minulosti byl procesor realizován na jedné nebo spíše více deskách plošných spojů, které obsahovaly integrované obvody nízké nebo střední integrace. V současnosti se používají prakticky výlučně **mikroprocesory**, což jsou procesory realizované v jednom nebo v několika integrovaných obvodech s vysokou až extrémně vysokou integrací. Mikroprocesor může být také implementován jako firmware běžící v hradlovém poli. Jádro jednoduchých 8bitových mikroprocesorů se skládá z 5 až 10 tisíc hradel, současné procesory pro smartphony a PC mohou obsahovat desítky i stovky milionů hradel. První mikroprocesory byly vyvinuty okolo roku 1971.*

*V osobních počítačích a malých pracovních stanicích bývá procesor realizován jako integrovaný obvod umístěný na základní desce počítače. Procesory pro osobní počítače jsou rozsáhlé integrované obvody, které mohou zabírat několik centimetrů čtverečních, mít stovky pinů a obsahovat desítky nebo stovky milionů hradel.*

*Velké počítače mohou obsahovat celá procesorová pole. Používají se distribuované výpočty, které řeší simulace a matematické problémy propojením většího počtu procesorů. Některé superpočítače používají vektorové procesory, skládající se z většího počtu paralelních výpočetních prvků, z nichž žádný není považován za centrální či hlavní.*

*Naproti tomu v drobných zařízeních na baterie, jako jsou například kardiostimulátory, náramkové hodinky atd., se z důvodu delší výdrže a často také nižší ceny, používají méně složitě procesory.*

### 1.1.7.9.2 Registr procesoru

*Registr procesoru je v informatice malé úložiště dat umístěné v mikroprocesoru, jejichž obsah lze načíst rychleji než data uložená jinde. U mnoha, ale ne u všech moderních počítačových architektur fungují na principu přesunu dat z hlavní paměti do registrů, práce s daty a následně je výsledek přesunut zpět do hlavní paměti. Počítačové programy užívají stejná data a odkazují se na ně: stejná data jsou často užívána opakovaně a uložení těchto často používaných hodnot do registrů zlepšuje výkonnost programů.*

*Registry procesoru jsou v horní části paměťové hierarchie, a poskytují nejrychlejší cestu pro CPU k získání dat. Tento termín je často používán pouze pro skupiny registrů, které*

jsou přímo dostupné pomocí strojových instrukcí, definovaných v instrukční sadě. Například v architektuře x86 instrukční sada definuje soubor osmi 32bitových registrů, ale základní jednotky procesoru, které implementují instrukční sadu x86 často obsahují mnohem více než jen těchto osm registrů.

Velikost registrů bývá zpravidla stejná jako velikost slova procesoru nebo jeho násobku.

Alokace často používaných proměnných do registrů může zvýšit výkonnost programů. Tato akce — alokace registrů se provádí pomocí kompilátoru ve fázi generování kódu.

Registry v procesoru lze rozdělit na „viditelné“, jejichž obsah dokáže program přímo modifikovat nebo číst a neviditelné, které jsou programově nepřístupné a jsou použity v procesoru na dočasné ukládání informací nebo stavů procesoru. Také je možné, aby jeden registr měl viditelnou a neviditelnou část.

U jednodušších procesorů (např. mikrokontrolér) je minimálně implementován jeden viditelný registr — akumulátor aritmeticko-logické jednotky. Běžný počet jsou jednotky až desítky registrů procesoru. Složitější procesory mají viditelných registrů více (u speciálních DSP procesorů se může jednat až o stovky registrů).

Čistě zásobníkové procesory mohou registry v běžném smyslu postrádat — procesor sice má registrovou paměť, ale je spravována jako cache vrchní části zásobníku (s tím, že vrchol zásobníku slouží jako akumulátor). Zásobníky typu : LIFO (last in, first out) a FIFO (first in, first out).

- Cache
  - pro urychlení komunikace s pamětí
  - rychlá statická paměť
  - u novějších procesorů velikost stovky kB až MB
  - více úrovní, přičemž číslo určuje vzdálenost od procesoru
    - L1 – typicky přímo na procesoru
    - L2 – například na destičce s procesorem (tzv. boxované procesory)
    - L3 – na základní desce
  - write through – data se zapisují ihned (čeká se na dokončení zápisu)
  - write back – data se zapisují později (na dokončení zápisu se nečeká)

### 1.1.7.9.3 Cache

**Cache** (výslovnost: /kæʃ/ IPA,<sup>[1]</sup> počeštěle /keš/ IPA<sup>[2]</sup>), česky též **keš** nebo **mezipaměť** je označení pro vyrovnávací paměť používanou ve výpočetní technice. Je zařazena mezi dva subsystémy s různou rychlostí a vyrovnává tak rychlost přístupu k informacím. Účelem cache je urychlit přístup k často používaným datům na „pomalých“ médiích jejich překopírováním na média rychlá. Příkladem „pomalého“ a rychlého média může být pevný disk a paměťový modul, kde rozdíl v rychlosti může činit až tři řády. Jindy může být pevný disk tím „rychlým“ médiem. „Pomalým“ médiem pak může být například obsah získávaný ze sítě. Cache byla vynalezena v první polovině 60. let 20. století.



- Operační paměť RAM
  - pomalejší než procesor, rychlejší než vnější paměti
  - velikost desítky až stovky MB (až GB)
  - ve von Neumannově architektuře počítače použita pro program i pro data
  - typicky dynamická paměť
- Vnější paměť
  - Sekundární paměti
    - Pevný disk
    - je na nich systém souborů (struktura adresářů)
    - obsahuje obvykle statickou nebo dynamickou cache pro urychlení čtení/zápisu

#### 1.1.7.9.4 Pevný disk



Obr. 9 Vnitřek disku:

*Bližze lze vidět čtecí a zápisovou hlavu s ramenem, ve vzdálenější části je patrný kotouč horní plotny s hřídelí hnacího motoru ve středu*

***Pevný disk** (zkratka **HDD**, anglicky **Hard Disk Drive**) je zařízení, které se používá v počítačích a ve spotřební elektronice (např. videorekordéry) k dočasnému nebo trvalému uchování většího množství dat pomocí magnetické indukce. První komerční pevné disky se objevily v roce 1956, nejprve pro sálové počítače. Předchůdcem pevných disků je magnetická páska a magnetický buben. Jejich současnými největšími konkurenty jsou SSD a USB flash disk, které využívají nevolatilní (stálé) flash paměti.*

*Označení „pevný disk“ se v češtině uchytilo jako obecný pojem a obsahuje i SSD úložiště a další typy nemagnetických pamětí.*

- Terciární paměti
  - zařízení k zálohování dat
  - CD a DVD, Optické disky, ...

### 1.1.7.9.5 Kompaktní disk CD



<b>Typ média</b>	<a href="#">Optický disk</a>
<b>Kapacita</b>	Typicky 700 MiB (až 80 minut audia)
<b>Mechanismus čtení</b>	Polovodičový laser o vlnové délce 780 nm, 1200 Kib/s
<b>Vyvinuli</b>	<a href="#">Philips</a> , <a href="#">Sony</a>
<b>Použití</b>	Ukládání dat, audia, videa

**Kompaktní disk** (obvykle nazývaný hovorově cédéčko podle zkratky anglického názvu compact disc; zřídka také podle anglického hláskování jako sídý) je optický disk určený pro ukládání digitálních dat. Data jsou uložena ve stopě na jedné dlouhé spirále začínající ve středu média, která se postupně rozvíjí až k jeho okraji. Stopa může obsahovat digitální zvukovou nahrávku (tzv. audio CD) nebo (počítačem čitelná) data (CD-ROM). Příčný odstup stopy ve spirále je 1,6  $\mu\text{m}$ . Pro čtení kompaktních disků se používá laserové světlo s vlnovou délkou 785 nm.

Na rozdíl od většiny diskových zařízení (pružné disky, pevné disky, ZIP disky, magnetooptické disky apod.) nejsou data ukládána do soustředných kružnic, ale do jedné dlouhé spirály podobně jako na gramofonové desce. Spirála začíná u středu média a rozvíjí se postupně až k jeho okraji. Záznam (spirála dat) je přístupný pouze ze spodní strany disku,

tj. záznam na CD je jednostranný. Délka celé spirály je zhruba 6 km a hustota dat v ní uložených je konstantní.

Běžné CD má průměr 12 cm, existuje ale i menší varianta o průměru 8 cm (občas se vyskytují i verze seříznuté na formát vizitky). Disk má tloušťku 1,2 mm. Avšak na disk se zapisuje pouze od 23 mm do 58 mm poloměru.

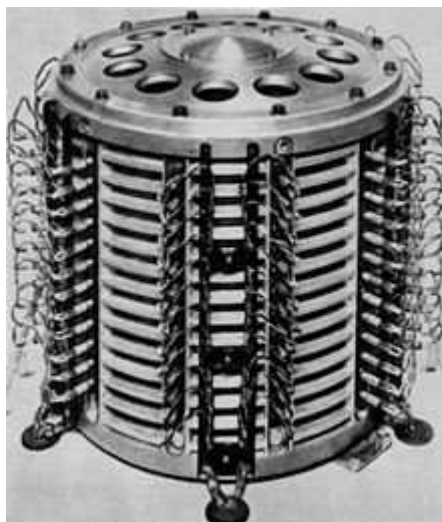
### 1.1.7.10 Podle provedení

- pásková paměť
- disková paměť
  - disketa
  - pevný disk
- CD-ROM, DVD
- polovodičová paměť
  - flash paměť
  - SIMM, DIMM, ...

### 1.1.7.11 Podle rychlosti a ceny za bit

- Paměti s nejrychlejším přístupem jsou polovodičové paměti, které jsou součástí procesorů, nebo používané pro cache procesorů. Obvykle mají menší kapacitu než operační paměť. Mají nejvyšší **cenu za bit**.
- Operační paměti jsou kompromisem mezi rychlostí, cenou a kapacitou. Dnes se používají výhradně polovodičové paměti. V minulosti se používaly i **feromagnetické paměti** a **bubnové magnetické paměti**.

#### a) Bubnová magnetická paměť



**Obr. 10** Bubnová paměť polského počítače ZAM-41

**Bubnová magnetická paměť** byla používána v počátcích moderní výpočetní techniky v 50. letech 20. století jako operační nebo vnější paměť počítače. Skládala se z rotujícího

bubnu z nemagnetického materiálu s nanesenou feromagnetickou vrstvou, a v malé vzdálenosti od povrchu bubnu byla umístěna řada čtecích a zápisových elektromagnetických hlav. Počet hlav odpovídal délce slova procesoru (další např. paritní bit slova) a zároveň se zapisovalo a četlo celé slovo. Paměť se adresovala např. tak, že na ose rotujícího bubnu byla připevněna kruhová clona s otvory, kde každá kombinace otvorů odpovídala jedné adrese paměti. Kapacita této paměti dosahovala několika kilobytů. Průměrná přístupová doba k adrese byla rovna době poloviny otáčky bubnu.

- Pro vnější paměti se používají pomalé ale laciné paměti, u kterých je možné dosahovat velké kapacity. Rozdíly mezi paměťovými periferiemi jsou v závislosti na technologii a ceně za bit značné. Používají se media od pomalé diskety s malou kapacitou až po rychlé SCSI pevné disky a disková pole s obrovským paměťovým prostorem. Tato datová média jsou obvykle s magnetickým nebo optickým záznamem informace, v poslední době se začínají prosazovat i polovodičové paměti (rok 2006, výrazně klesá cena za bit), např. flash paměť s rozhraním ATA ADM.

## **b) SCSI**

*SCSI (Small Computer System Interface) je standardní rozhraní a sada příkazů pro výměnu dat mezi externími nebo interními počítačovými zařízeními a počítačovou sběrnicí. SCSI se vyslovuje „skazi“.*



**Obr. 11** Logo SCSI



**Obr. 12** SCSI řadič Adaptec AHA 2945AU

*SCSI se obvykle používá pro připojení pevných disků nebo magnetopáskových jednotek. Pomocí SCSI lze připojit i jiná zařízení např. skenery, jednotky CD-ROM nebo DVD.*

SCSI se nyní nejčastěji používá u výkonných pracovních stanic nebo serverů. Servery využívající RAID mají téměř vždy disky připojené pomocí SCSI. Osobní počítače nebo notebooky používají SCSI pouze výjimečně (dlouhou dobu je používala společnost Apple); používají především ATA/IDE nebo novější SATA. V poslední době se externí zařízení připojují nejčastěji pomocí rozhraní USB nebo FireWire.

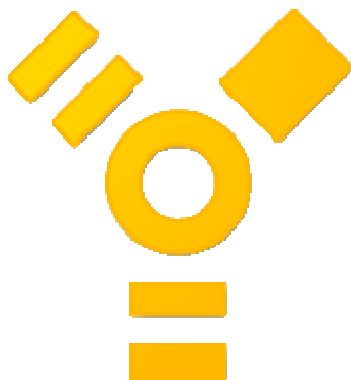
### 1.1.7.12 Universal Serial Bus



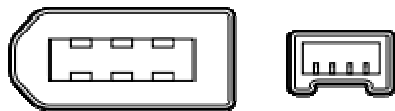
**Obr. 13** konektor USB

**USB (Universal Serial Bus)** je univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k počítači. Nahrazuje dříve používané způsoby připojení (sériový a paralelní port, PS/2, Gameport apod.) pro běžné druhy periférií – tiskárny, myši, klávesnice, joysticky, fotoaparáty, modemy atd., ale i pro přenos dat z videokamer, čteček paměťových karet, MP3 přehrávačů, externích pevných disků a externích optických mechanik.

### 1.1.7.13 FireWire



**Obr. 14** Logo FireWire



**Obr.15** 6pinové a 4pinové konektory FireWire 400



**Obr. 11** Port FireWire 400 se šesti piny

**FireWire** (označované jako **i.Link** nebo **IEEE 1394**) je standard sériová sběrnice pro připojení periférií k počítači. Díky své technické jednoduchosti a pořizovací ceně nahrazuje dříve používané způsoby připojení, především SCSI.

V současné době jsou k dispozici dvě verze FireWire – původní s šestipinovým kabelem označovaná dnes jako FireWire 400 neboli IEEE 1394a s rychlostí 400 Mbit/s a FireWire 800 neboli IEEE 1394b s rychlostí až 800 Mbit/s a devítipinovým kabelem. Nyní se schvaluje nový standard IEEE 1394c s rychlostí až 3200 Mbit/s. FireWire na rozdíl od USB není ale prozatím tak rozšířen a patrně už nikdy nebude. Dnes se používání tohoto rozhraní pro běžné uživatele zúžilo zejména k připojení digitálních videokamer, v profesionální sféře se používá k rychlému připojení externích disků a optických mechanik, čteček paměťových karet atd.<sup>[1]</sup>

### 1.1.7.14 RAID

**RAID** (anglicky **Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks** – vícenásobné diskové pole laciných/nezávislých disků) je v informatice metoda zabezpečení dat proti selhání pevného disku. Zabezpečení je realizováno specifickým ukládáním dat na více nezávislých disků, kdy jsou uložená data zachována i při selhání některého z nich. Úroveň zabezpečení se liší podle zvoleného typu RAID, které je označováno čísly (nejčastěji RAID 0, RAID 1, RAID 5 či nověji RAID 6). RAID je často používán na serverech, avšak je nutné si uvědomit, že RAID nenahrazuje zálohování dat.

Výhodou SCSI byla možnost připojení většího počtu pevných disků (nebo jiných periférií) než u rozhraní ATA/IDE, sběrnice SCSI měla zpravidla i větší přenosovou rychlost a reálný výkon i díky protokolu přenosu. SCSI disky měly a mají zpravidla větší otáčky ploten, kratší přístupovou rychlost a díky zaměření i větší životnost.

## 1.1.8 USB flash paměť

**USB flash paměť**, někdy též **USB klíč**, **paměťový klíč USB** či **USB flash disk** (hovorově **fleška** či **USB klíček**), je paměťové zařízení, používané převážně jako náhrada diskety. Většinou má podobu klíčenky a je vybaveno pamětí typu flash, která umožňuje uchování dat i při odpojení napájení. Data se do disku nahrávají přes sběrnici USB, odtud název. Ačkoli je v názvu slovo disk, vlastní médium ve tvaru kotouče není.

### 1.1.8.1 Historie

S komerční výrobou flash disků přišly v roce 2000 firmy IBM a Trek Technology. První disky od IBM měly kapacitu 8 MB, což ve své době pětinašobně překročilo kapacitu běžné diskety. Tyto disky se na trhu objevily 15. prosince 2000. Moderní flash disky pracují s rozhraním USB 2.0, ale nedosahují jeho plné propustnosti 480 Mbit/s (60 MB/s). Je to dáno technologií NAND pamětí. Typické přenosové rychlosti tedy jsou kolem 6 MB/s, ty se hlavně liší podle použitých čipů. Rychlost se běžně pohybuje v rozmezí 1,5 MB/s až 60 MB, nejčastěji však do 30 MB/s. Starší „full speed“ zařízení jsou limitována maximální rychlostí kolem 1 MB/s. Kapacita dnešních flash disků se pohybuje od 4 GB po 1 TB. Nejmodernější flash disky obsahují rozhraní USB 3.0, které teoreticky dosahuje přenosové rychlosti až 5Gbit/s (625MB/s).

### 1.1.8.2 Popis zařízení

USB flash disky typicky slouží k zálohování a přenášení dat mezi počítači. Jsou malé a tím snadno přenosné, prepisovatelné. V roce 2014 je možné koupit USB flash disk s kapacitou až 1 TB. Kvůli omezenému počtu cyklů zápisu/smazání je používána mezivrstva FTL (wear leveling), která rozkládá opotřebení po celém médiu. USB flash disky jsou nástupce dříve používaných disket a optických disků. Jejich výhodou je menší velikost a nízká váha – většina váží méně než 30 gramů (1,1 unce) a jsou odolnější a spolehlivější, protože nemají žádné pohyblivé části. Jsou imunní vůči magnetickému poli (na rozdíl od disket) a nevdí jim povrchové poškrábání (na rozdíl od CD). Od disketové jednotky bylo časem opuštěno kvůli nižší datové kapacitě. USB flash disky používají pro ukládání dat standard USB Mass Storage, který podporují všechny běžně používané operační systémy, jako je Linux, OS X, Windows a další unixové systémy, podporují ho i herní konzole Xbox, PlayStation, DVD přehrávače a přenosná zařízení, jako jsou chytré telefony, tablety a počítače. USB flash disk lze využít i pro start počítače. Flash disky se skládají z malé desky s plošnými spoji, na kterých jsou integrované obvody, které jsou chráněny obalem z plastu, kovu nebo pogumovaného pouzdra a mohou být použity jako přívěšek na klíče. USB konektor bývá chráněn odnímatelným víčkem nebo se může zasouvat do pouzdra. USB flash disk je napájen z USB portu počítače. Některá zařízení kombinují funkčnost digitálního audio přehrávače s USB flash úložištěm, přičemž pro přehrávání je v pouzdru baterie.

### 1.1.8.3Vzhled a struktura

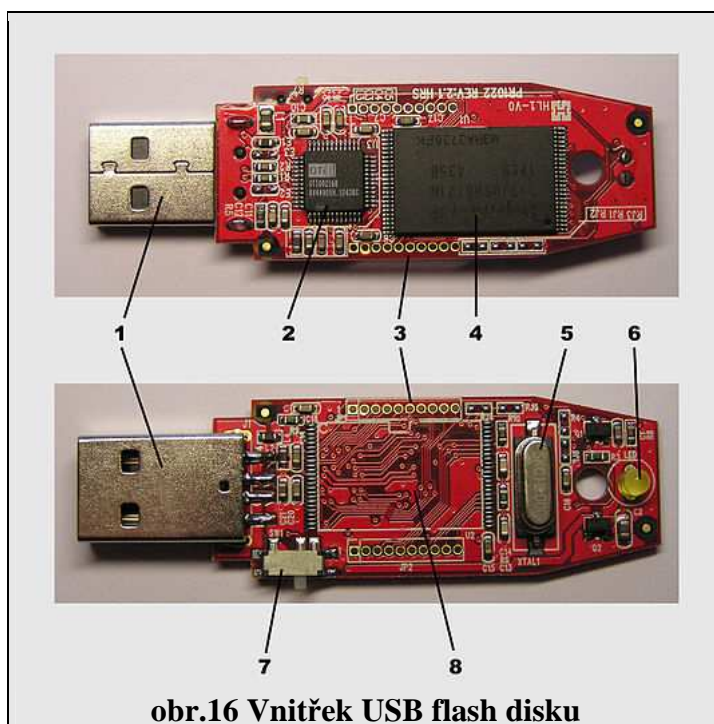
Flash disky jsou v současnosti vyráběny v mnoha podobách. V základu je však u všech klasický USB konektor a malá destička s integrovaným obvodem.

#### a) Hlavní části:

- USB-A male konektor – umožňuje fyzické spojení s PC nebo USB rozbočovačem
- Mass storage controller – čip pro komunikaci s PC
- NAND paměťový čip – zde jsou uložena data
- Krystal – produkuje hlavní 12 MHz hodinový signál

#### b) Přídavné části:

- Jumper – pro testování ve výrobě nebo nahrávání kódu do mikroprocesoru
- LED dioda – signalizuje, zda se právě čte či zapisuje
- Zámek – přepínač umožňující zablokování zápisu
- Krytka USB konektoru – chrání před statickou elektřinou a fyzickým poškozením



obr.16 Vnitřek USB flash disku

1	USB konektor
2	Mass storage controller
3	Testovací kontakty
4	Flash paměť
5	Krystalový oscilátor
6	LED
7	Zámek
8	Místo pro druhý paměťový modul



- Doplnky na přenos – klíčenky, obaly a podobně

### c) Způsob fyzického zapisování do paměti (na čip NAND)

Data jsou ukládána v poli tranzistorů (plovoucí brány) zvaných „buňky“. Každá z nich obvykle uchovává 1 bit informace.

### d) Typy pouzder

Flash disky jsou na trhu k dostání ve velkém množství provedení. Nejčastěji to jsou jednoduché tvary z plastu, gumy nebo kovu. Jiné lze implementovat do věcí denní potřeby jako například pera, hodinky či kapesní nože. U těchto variant bývá častý problém se zapojováním do PC, protože USB porty jsou většinou navzájem velmi blízko. Tento problém musí být řešen použitím USB rozbočovače nebo prodlužovacím kabelem.

Pouzdra některých disků jsou uzpůsobena do extrémních podmínek tak, že vydrží hluboký mraz, vysokou teplotu i tlak (např. přejetí automobilem).

### e) Použití

1. **Přenos osobních dat** – nejčastější způsob využití je přenos dokumentů, hudby, videa a podobně
2. **Bezpečnostní důvody** – v prostředí kde by mohlo dojít k úniku soukromých dat, lze použít flashdisk jako úložiště klíče pro rozšifrování dat
3. **Systémová administrace** – přenos nastavení softwaru, nahrávání firmware do základních desek, routerů atd.
4. **Bootování operačního systému** – některé základní desky umožňují načtení operačního systému přímo z přenosného USB zařízení. Toto řešení je také známo jako Live USB
5. **Ukládání hudby** – například připojení flashdisku do FM transmitteru zastane funkci MP3 přehrávače
6. **Zálohy** - nepříliš vhodné, z principu NAND technologie udrží zařízení data bez připojení k napájení pouze několik desítek měsíců

### f) Výhody a nevýhody



**Obr. 17** Provedení Flash disku

### *Výhody*

Kompaktnější než jiná přenosová média

- Odolnější proti fyzickému poškození
- Většinou vyšší kapacita než u CD nebo DVD
- Malá spotřeba elektrické energie
- V nových operačních systémech nejsou zapotřebí žádné ovladače (resp. ovladače jsou již součástí operačního systému a není nutné je dodatečně instalovat)

### *Nevýhody*

Špatná podpora u starších operačních systémů (Windows 98 a nižší nemají přímo zabudovanou podporu flash disků, je nutné ji doinstalovat)

- Větší kapacity mají vysokou cenu, přičemž disponují jen zlomkem kapacity stejně drahých přenosných pevných disků

## **1.1.9 Flash paměť**



## Obr. 18 Provedení Flash paměti

### Flash paměť s naprogramovaným BIOSem

**Flash paměť** (nebo jen **flash**) je nevolatilní (semipermanentní) elektricky programovatelná (zapisovatelná) paměť s libovolným přístupem. Paměť je vnitřně organizována po blocích a na rozdíl od pamětí typu EEPROM, lze programovat každý blok samostatně (obsah ostatních bloků je zachován). Paměť se používá jako paměť typu ROM např. pro uložení firmware (např. ve vestavěných zařízeních). Výhodou této paměti je, že ji lze znovu naprogramovat (např. přeprogramování novější verzí firmware) bez vyjmutí ze zařízení s použitím minima pomocných obvodů.

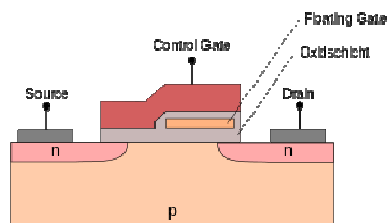
Flash paměť se používá jako výměnné (přenosné) datové médium (vnější paměť) ve formě paměťových karet

- CompactFlash
- Memory Stick
- Secure Digital
- xD-Picture Card
- MultiMediaCard
- SmartMedia Card

a v USB flash discích

Flash paměť se používá i v discích Solid State SSD jako vestavěná paměť, kde ji označujeme jako paměťové technologické zařízení Memory Technology Device (MTD).

### 1.1.9.1 Princip zápisu a čtení



Obr. 19 Struktura tranzistoru s plovoucím hradlem.

Data jsou ukládána v poli unipolárních tranzistorů s plovoucími hradly, zvaných „buňky“, každá z nich obvykle uchovává 1 bit (SLC) nebo dnes 3 bity a více (MLC) informace. Oba typy se stále používají. SLC čipy nabízí větší stabilitu informací a rychlost zápisu, kdežto MLC zase větší hustotu informací a nižší cenu.

Jedno hradlo je ovládací (CG – control gate), druhé je plovoucí (FG – floating gate), izolované od okolí vrstvou oxidu. Protože je FG izolované, všechny elektrony na něj přivedené jsou zde „uvězněny“. Tím je uložena informace.

Když jsou na FG elektrony, modifikují (částečně ruší) elektrické pole přicházející z CG, což modifikuje prahové napětí ( $U_t$ ) buňky. Buňka je čtená umístěním určitého

elektrického napětí na CG, elektrický proud tranzistorem pak buď teče, nebo neteče, a to v závislosti na  $U_t$  buňky, které je závislé na počtu elektronů na FG. Tato přítomnost nebo nepřítomnost elektrického proudu je přeložena na 1 a 0, představující uložená data.

Flash buňka je naprogramovaná (nastavená na specifickou hodnotu) spuštěním toku elektronů ze zdroje do odvodu. Přivedení velkého napětí na CG pak poskytne dostatečně silné elektrické pole pro jejich vysátí na FG. Pro vymazání flash buňky je velký napěťový rozdíl přiveden mezi CG a zdroj, což odvede elektrony pryč skrz kvantový tunel. Současné flash paměti jsou rozdělené do vymazatelných částí nazývaných buď bloky, nebo sektory. Všechny paměťové buňky v rámci jednoho bloku musí být vymazány současně.

V dnešní době se této technologii využívá spíše na kapesní přehrávače MP3 a MP4. Ty díky své velikosti a velké paměti vytlačily dříve používané walkmany a diskmany.

### 1.1.9.2 Flash Translation Layer

*Flash Translation Layer* (FTL) je mezivrstva, která slouží k rozkládání zápisu na celé flash médium. Mezivrstvě implementuje hardwarový obvod, který je součástí flash paměti. Příkladem je TrueFFS od firmy M-Systems nebo ExtremeFFS od firmy SanDisk. Pokud by FTL neexistovala, došlo by velmi rychle k znehodnocení flash paměti opakovanými zápisy do jednoho místa, zatímco zbytek flash paměti by zůstal neopotřebován. Většina výrobců podrobnosti o FTL nezveřejňuje.<sup>[4]</sup> Raw flash paměti bez FTL nejsou běžně dostupné, používají se hlavně ve vestavěných systémech, kde je možné FTL řešit softwarově a spolehnout se na její funkčnost.

Důvodem existence FTL je skutečnost, že současné operační systémy zatím nepřizpůsobily své souborové systémy tomu, jak flash paměť funguje (například NTFS a FAT u systémů řady Windows NT). V Linuxu existují přizpůsobené souborové systémy, které umožňují práci s raw flash pamětí tím, že samy zápisy rozkládají (tzv. logové souborové systémy, anglicky *log filesystem*), například jffs2 a logfs, ale v Linuxu existuje i souborový systém f2fs, který naopak s mezivrstvou FTL počítá.

## 1.1.10 Souhrn vlastností

### 1.1.10.1 RAM

**RAM** (anglicky **random-access memory**, tj. paměť s přímým přístupem nebo paměť s libovolným výběrem) je v informatice typ paměti, u níž je libovolné paměťové místo přístupné za stejnou vybavovací dobu.<sup>[1]</sup> Prakticky je v současnosti termín RAM používán téměř výlučně jako označení operační paměti vytvořenou pomocí polovodičových pamětí, kde se přístupová doba pro zápis i čtení pohybuje v řádech maximálně stovek nanosekund. Za paměť RAM nemůžeme považovat např. mechanický pevný disk, protože zde je obrovský rozdíl mezi rychlostí sekvenčního přístupu a rychlostí přímého přístupu. Příkladem paměti, která nemá konstantní vybavovací dobu, je magnetická páska (čte se postupně, používá sekvenční přístup).

Podle běžného užití a podle normy ISO2382-12:1988 se jedná o „zařízení pro čtení zápis“, přičemž termín RAM se nepoužívá ve smyslu původní zkratky (tedy „paměť s náhodným přístupem“), ale ve smyslu „paměť s přímým přístupem“.<sup>[2]</sup> Označení „paměť s

náhodným přístupem“ není v češtině vhodné, protože vracená data nejsou náhodná, ale odpovídají obsahu požadované adresy (tj. slovní spojení by mělo vyjádřit, že je možné požadovat data z libovolné adresy bez výrazného vlivu na rychlost, které je problémem sekvenčního přístupu).

### 1.1.10.2 Rozdělení RAM

Podle toho, zda paměť uchovává informace i po vypnutí napájení, dělíme paměti na:

- volatilní – při vypnutí napájení se informace smaže; takto se chovají polovodičové paměti RWM-RAM
- nevolatilní – informace vydrží vypnutí napájení; tuto vlastnost mají magnetické paměti (magnetické disky, paměti na tenkých vrstvách a v minulosti používané feritové paměti a bubnové paměti)

Polovodičové paměti RAM jsou rychlejší, ale jsou volatilní a jsou dražší než diskové paměti při přepočtu ceny za jeden bit. Používají se především jako operační paměti počítačů. Slouží tedy k uchování údajů, které počítač potřebuje pro zpracovávání právě prováděné úlohy.

Údaje, které je potřeba uchovat i po vypnutí počítače, musí být uloženy do nevolatilní paměti – obvykle na pevný disk. Jeho nižší rychlost je kompenzována vyšší kapacitou a nezávislostí na napájení.

### 1.1.10.3 Statická a dynamická RAM

Polovodičové paměti RAM rozdělujeme podle technologie uchovávání informace na statickou (SRAM, anglicky *static RAM*) a dynamickou (DRAM, anglicky *dynamic RAM*).

Statická RAM (SRAM) je realizována jako bistabilní klopný obvod. Při použití technologie CMOS má minimální příkon a krátkou přístupovou dobu. Kvůli nutnosti používat alespoň dva tranzistory pro realizaci jedné buňky paměti (jednoho bitu) je poměr cena/kapacita vysoký. Statické paměti proto plní často úlohu cache mezi procesorem a dynamickou pamětí RAM (označuje se L1, L2, L3), kde je nutná velká rychlost a vzhledem k omezenému rozsahu není její vyšší cena kritická.

Dynamická RAM (DRAM) je levnější a výrobně mnohem jednodušší, než SRAM, protože buňky jsou realizovány pomocí parazitních kapacit (jeden tranzistor). Nevýhodou je, že čas od času se musí obsah každé paměťové buňky obnovovat (anglicky *refresh*). Obnova, kterou zajišťuje speciální obvod (aby nebyl zbytečně zatěžován procesor), probíhá hromadně po celých řádcích, takže pokles výkonu paměti není dramatický (při obnově není paměť dostupná). Při čtení dochází k vymazání obsahu buňky, obnova proto musí probíhat také po každém čtení (proto je čtení 1,5× delší než zápis). Uchování informace je založeno na

fyzikálním principu nabíjení kondenzátoru, konkrétně na parazitní (Müllerově) kapacitě řídicího tranzistoru. Takto vzniklý potenciál, který je ekvivalentní napětí, odpovídá logické 0 nebo 1. Jelikož vlivem svodů (podle svodového odporu) je tento potenciál vybíjen, je nutno obnovování informace v paměťové buňce často opakovat (několik set krát za sekundu). Obnova probíhá tak, že jsou paralelně sejmuty obsahy paměťových buněk na řádku, v budiči zesíleny a opět zapsány na původní místo.

V osobních počítačích se jako vnitřní paměť používají téměř výhradně paměti DRAM.

#### **1.1.10.4 Dělení DRAM modulů do počítače**



**Obr. 19** Různé typy pamětí RAM.

Odshora: DIP 16-pin, SIPP, SIMM 30-pin, SIMM 72-pin, DIMM, DDR DIMM.

Jaké paměti použijeme se vždy řídí použitou čipovou sadou na základní desce a základní deskou samotnou.

- DIPP, DILL, SIPP
- SIMM – (72pin, 30pin) – (Single Inline Memory Module)
- DIMM – 3,3 V a 5 V – (Dual Inline Memory Module) – Jedná se defakto o dva moduly SIMM integrované na jedné desce. Důvodem je obsazení celé šířky sběrnice.
  - SDR – (Single Data Rate), spíše označovány jako SDRAM (Synchronous Dynamic RAM), starší typ pamětí typu DIMM (3,3, nebo 5 V), 168 pinů, kapacity od 16 MB do 512 MB, rychlost od 66 MHz do 133 MHz, dva zářezy jako pojistka.
  - DDR – (Double Data Rate) novější typ pamětí typu SDR, 3,3 V, 184pinů (ale jiné umístění zářezů, místo dvou jen jeden), kapacity od 64 do 2048 MB. Vylepšení je v tom, že přenáší data na náběžné i koncové hraně taktovacího impulsu.
  - DDR2 – novější typ pamětí DDR, podobné jako DDR, mají vyšší frekvence, stále se používají ve starších strojích. Nevýhodou DDR2 jsou vyšší časy latence než u DDR.
  - DDR3 – Maximální frekvence 3840MHz.

- DDR4 - cena je vysoká a výkon je zatím srovnatelný s DDR3. Vyvinuty společností JEDEC. Prodej zahájen v roce 2014 a vytlačení DDR3 se očekává v roce 2016. Maximální takt je 4266MHz při 1,05V
- DDR5 - nejnovější, nejrychlejší, používá se u nejrychlejších počítačových sestav.
- SO-DIMM – DIMM paměti používané pro notebooky (zmenšená velikost), 72pin nebo 144 a 200 pin, další dělení stejně jako DIMM výše
- RIMM – Rambus DRAM. Oproti DDR DIMMu má jen 16 bitů přenosové šířky, ale zato je výrazně rychleji taktován.

Dnešní rychlé paměti (DDR – DDR4) pracují v jednotkách nanosekund, proto jejich čtení/zápis vyžaduje speciální časování.

### 1.1.10.5 Označení

Když výrobci pamětí přestali s výrobou SDRAM označovaných jako PC100 a PC133,,, změnilo současně i způsob označování rychlosti pamětí. SDRAM měli v označení typu i rychlost. Např. PC100 má 100 MHz vnitřní i vnější frekvenci. Paměti DDR jsou označovány odlišně, takže PC2100 má přenosovou rychlost 2100 MB/s na frekvenci 133 MHz, má ale „double data transfer rate“, což znamená, že se chová jako 266MHz. PC2700 má 166 MHz frekvenci (333 MHz **Front Side Bus**) a PC3200 má frekvenci 200 MHz (400 MHz FSB).

### 1.1.10.6 Read-Write Memory

**Read-Write-Memory (RWM)** je v informačních technologiích typ paměti určené pro čtení i zápis. Paměti určené pouze pro čtení obsahu jsou označeny jako ROM. Paměti RWM lze rozdělit do kategorií:

- **s libovolným přístupem** – RAM, adresovat lze libovolnou buňku paměti. Operační paměť.
- **se sekvenčním přístupem** – Data jsou čtena a zapisována v sekvenční posloupnosti s omezenou možností adresace (např. magnetopásková paměť, bublinková paměť).
- **semipermanentní paměť** – S omezeným zápisem, většinou lze přepisovat jen celou paměť nebo celý blok zároveň. Typický příklad je disk CD-RW nebo paměť EEPROM či FLASH. Disk CD-R(W) se chová pro zápis jako paměť se sekvenčním přístupem, pro čtení jako paměť s libovolným výběrem adresy.

### **Poznámka**

Paměť pro zápis a čtení s libovolným přístupem se v drtivé většině případů neoznačuje jako RWM-RAM, ale pouze jako RAM.



### 1.1.10.7 PROM



obr.20 Paměť PROM typu D23128C na desce počítače ZX Spectrum

**PROM** (anglicky **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory) nebo také **OTP** (anglicky **O**ne **T**ime **P**rogrammable) je elektricky "jednorázově" programovatelná permanentní paměť. Tato paměť se používá podobně jako ROM. Každý bit PROM je při programování možné přepsat z 1 na hodnotu 0, avšak tato změna je nevratná. Dnes je vzhledem k nízké ceně mazatelných pamětí použití tohoto typu paměti vzácné. Paměť se vyráběla jen v malých kapacitách paměti (cca. 32byte až několik kilobyte) jako levná varianta paměti proti (tehdejším) cenám mazatelných pamětí EPROM/EEPROM.

Kdysi byly PROM založeny na technologii přepalování propojek, novější PROM jsou technologicky vlastně EPROM/EEPROM bez části dovolující mazání. U nových zařízení se spíše než termín PROM používá označení OTP.

#### Použití

Dnes je cena PROM/OTP jen nepatrně nižší, než cena EEPROM/FLASH, zatímco nevýhody PROM/OTP proti EEPROM/FLASH jsou výrazné. Avšak u masově vyráběných zařízení (malé mikrokontroléry) mohou i drobné rozdíly v ceně hrát roli.

PROM/OTP se někdy záměrně používá pro speciální účely, kdy je nevratnost přeprogramování výhodou. To může být například záznam sériového čísla, servisní záznamy atp. Takové záznamy mohou vyžadovat vhodné kódování (např. ochranu vhodným kontrolním součtem), aby byla vyloučena jejich změna záznamu bez poškození kódu. Výrobce rovněž může použitím OTP bránit tomu, aby zákazník vyrobené zařízení modifikoval.

#### Výhody a nevýhody

Výhody:

- PROM lze programovat (vyplatí se i pro malosériovou výrobu)
- PROM lze programovat i po částech
- jednodušší technologie výroby (nemusí podporovat mazání)

Nevýhody:

- bit změněný na 0 nelze vrátit zpátky
- u moderních PROM/OTP založených na technologii EPROM nižší životnost záznamu než u ROM programovaných maskou
- při velkých sériích pravděpodobně vyšší cena proti ROM

### 1.1.10.8 Memory Technology Device

**Memory Technology Device** (zkratka **MTD**) je typ vestavěné flash paměti používaný v počítačích. MTD zařízení pracují podobně jako paměť, avšak jsou v počítači používána jako bloková zařízení (pevný disk, CD, DVD, ...). Proto používají softwarovou mezivrstvu (Flash

Translation Layer), která tyto paměťová zařízení prezentuje jako bloková zařízení, což však přináší výkonové problémy, které se projevují výrazným zaostáváním SSD disků za klasickými pevnými disky. Obsluha MTD zařízení je obtížnější, než u klasických blokových zařízení.

### 1.1.10.8.1 Charakteristika

MTD zařízení se odlišují od klasických blokových zařízení (např. pevný disk) v několika ohledech:

- skládají se přemazatelných bloků ([anglicky eraseblocks](#)) místo z [clusterů](#)
- přemazatelné bloky jsou velké (32 kiB, 128 kiB)
- podporují 3 operace (bloková zařízení mají jen čtení a zápis)
  - čtení přemazatelného bloku
  - zápis přemazatelného bloku
  - vymazání přemazatelného bloku
- poškozené přemazatelné bloky nejsou skryty a musí se ošetřit softwarově na úrovni operačního systému
- přemazatelný blok má životnost  $10^4$ - $10^5$  cyklů vymazání

### 1.1.11 BIOS



**obr.21** Paměť typu [FLASH](#) s naprogramovaným BIOSem

**BIOS** (anglicky *Basic Input-Output System*) implementuje základní vstupně–výstupní funkce pro počítače IBM PC kompatibilní a představuje vlastně firmware pro osobní počítače. V současné době se BIOS používá hlavně při startu počítače pro inicializaci a konfiguraci připojených hardwarových zařízení a následnému spuštění operačního systému, kterému je pak předáno další řízení počítače.

Programový kód BIOSu je uložen na základní desce v nevolatilní (stálé) paměti typu ROM, EEPROM nebo modernější flash paměti s možností jednoduché aktualizace (anglicky *update*).

## a) Historie

První IBM PC bylo uvedeno 12. srpna 1981 a v červnu 1982 byl uveden první IBM PC kompatibilní klon firmou Columbia Data Products. Aby na klonech mohly být provozován stejný software, musela být zajištěna kompatibilita nejen na hardwarové úrovni, ale i na úrovni BIOSu.

Klon původního IBM BIOSu mohl být dodáván díky legálně provedenému reverznímu inženýrství (anglicky *clean room design*). Na trh se tak dostaly počítače, které byly schopny provozovat stejný operační systém a další programy.

## b) Čipy

Původní IBM PC BIOS byl uložen v paměti ROM (pouze pro čtení), která byla zasunuta do soketu v základní desce a oprava BIOSu byla možná pouze výměnou ROM čipu. Protože to bylo nepraktické, začala se používat pro BIOS paměť EEPROM, kterou bylo možné přeprogramovat (změnit její obsah) tak, že byla vyjmuta z patice a přeprogramována ve speciálním zařízení. Kolem roku 1995 se začaly používat flash paměti, které lze přeprogramovat bez vyjmutí ze základní desky. Důvodem změn BIOSu byly zejména změny v hardwaru (nové procesory). S příchodem IBM AT se přidaly hardwarové hodiny, které byly nastavovány přes BIOS. Flash čipy byly připojovány na sběrnici ISA, které po nějaké době začaly nahrazovat autobasy LPC, měli funkčně nahradit sběrnici ISA, která bylo známá pro nové rozhraní jako "rozbočovač firmware". V roce 2006 začaly systémy podporovat Serial Peripheral Interface a flashová paměť BIOSU se znovu stěhovala, dnešní BIOS má velikost až 16MB. Některé moderní základní desky mají ještě větší NAND flash paměť, s kterou jsou schopné uchovávat celé kompaktní operační systémy, například u některých Linuxových aplikací. Několik základních desek od firmy ASUS mají součástí Splashtop Linux, který je uložen do jejich NAND obvodů. Další typ firmware čipu byl nalezen v IBM PC a brzy se stal kompatibilním a jeho řízení bylo prováděno pomocí mikrokontroloru s vlastní programovatelnou paměti.

## c) Flashování BIOSU

V moderních počítačích je BIOS uložen v přepisovatelné paměti, což umožňuje obsah přepsat nebo nahradit. To lze provést pomocí speciálního programu, který bývá obvykle poskytován výrobcem systému, nebo v POSTU, s uložením na pevný disk nebo USB flash disk. Soubor obsahuje takzvaný "image BIOS", při kterém může být BIOS přepsán, aby mohlo být provedené vylepšení, které zajistí nové verzi opravit chyby a poskytnout větší výkon, nebo na podporu novějšího hardwaru a také může sloužit k opravě poškozeného BIOSu.

## d) Evoluční role BIOSu

Některé operační systémy, jako například všechny klony DOSu využívají BIOS (Basic Input/Output System) pro provádění většiny vstupně-výstupních operací (čtení z disku, diskety, klávesnice, výstup znaku na monitor nebo tiskárnu apod.). BIOS se tak stal sjednocujícím prvkem 16bitových systémů a značným způsobem zjednodušoval programátorům operačních systémů práci.

V roce 1986 byl uveden 32bitový procesor Intel 80386, avšak vývoj operačních systémů za ním zaostal. Pokročilé programy ovládaly hardware samy (např. editor Text602) nebo využívaly DOS extendery a role BIOSu tak začala ustupovat do pozadí. Alternativní hardwarové platformy (například PowerPC a SPARC) využívaly služeb Open Firmware, avšak BIOS pro PC i přes několik pokusů pokročil a jednotné 32-bitové rozhraní nepřinesl. Kvůli technickým obtížím a ztrátě výkonu si nové operační systémy na platformě PC řešily přímou komunikaci s hardware samostatně (Linux v roce 1991, Windows NT v roce 1993).

Nové úkoly pro BIOS přineslo ACPI, které zahrnovalo detekci a konfiguraci hardware, řízení spotřeby energie (anglicky *power managment*), výměnu zařízení za běhu (anglicky *hot swapping*), řízení teploty (anglicky *thermal management*) a další funkce.

Následníkem BIOSu by mohl být EFI (anglicky *Extensible Firmware Interface*), který však není zpětně kompatibilní.

### e) Rozšíření možností BIOSu

Na jaře 2009 také společnost MSI představila „barevný“ BIOS. <sup>[zdroj?]</sup>

### f) Opensource BIOS

Open Source komunita vyvíjí náhradu za proprietární BIOSy a jejich budoucnost je coreboot (dříve LinuxBIOS) a OpenBIOS/Open Firmware projekt, tyto projekty podporuje AMD poskytnutím produktové specifikace a Google sponzoruje tento projekt. Základní deska výrobce Tyan nabízí LinuxBIOS vedle standardních BIOSů s procesory řady Opteron.

V moderních operačních systémech nejsou již služby BIOSu tvořící jeho rozhraní používány nebo je jejich využití omezeno na některé specifické činnosti nebo fáze běhu operačního systému (start a detekce zařízení atd).

### g) DualBIOS

DualBIOS (Dual BIOS) je technologie disponující vyšší třídou ochrany počítače. Jedná se o klasický BIOS a k němu přiřazený totožný BIOS použitelný pouze k zálohování primárního BIOSU. Jednou z desek využívající tuto technologii je GA-7VTX-P od společnosti GIGABYTE.

### h) Setup

K některým starším a proprietárním počítačům (např. IBM PS/2, Compaq a další) se dodávaly speciální programy, které umožňovaly měnit jejich nastavení. Později se tzv. *setup* stal součástí BIOSu a dá se vyvolat stiskem specifické klávesy při startu počítače (klávesa F2, Delete a podobně). Nastavení se ukládá do nevolatilní BIOS paměti o velikosti 512 bajtů a je použito při startu počítače pro nastavení čipsetu. Historicky se uvádí jako CMOS paměť (původně zálohovaná 3 voltovou baterií), i když v současné době se používá spíše EEPROM nebo flash paměť.

## ch) Nastavení v SETUPu

- nastavení taktu procesoru a operační paměti, napájecí napětí procesoru
- nastavení cache
- detekce harddisků, CD-ROM, DVD-ROM
- nastavení periférií (integr. zvuková, síťová karta, modem)
- bootovací sekvence (HDD, CD-ROM, USB, LAN, FDD)
- hardware monitor - zobrazuje informace o teplotě procesoru, napětí zdroje, otáčky ventilátorů
- power management - nastavení možností napájení
- další služby - u notebooků např. kalibrace baterií

### 1.1.11.1 Advanced BIOS Features setup (nabídka Boot)

#### Add on ROM Display Mode

Volbou řídíme výpis hlášení z BIOSů uložených v ROM paměti přídatných karet. Zadáme-li Force BIOS, uvidíme během bootování PC výpisy z dílčích BIOSů. Naopak druhá možnost Keep Current, výpisy potlačí.

#### APIC Mode

Vylepšený řadič přerušení APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller) umí obsluhovat více mikroprocesorů. Využijeme jej také v jednoprocessorovém PC, protože zvládá sdílení jednoho přerušení více zařízeními. Určitě nastavte na Enabled.

#### Boot Other Device

Postupné hledání operačního systému musí by povoleno V této volbě (viz First Boot Device, Second Boot Device, Third Boot Device).

#### Boot Up Floppy Seek

Je-li povoleno, bude se během startu kontrolovat počet stop instalované disketové mechaniky. Staré mechaniky s kapacitou 360 kB uměly pouze 40 stop, všechny pozdější 80. Dnes je tato kontrola zbytečná, a tak je doporučeno nastavit Disabled.

#### Boot Up Numlock Status

Doporučeno je Enabled. Během Startu tak bude zapnuta numerická klávesnice (jako bychom stiskli NumLock), ale Windows XP toto nastavení ignorují.

#### CPU L1 & L2

Aktivuje vnitřní systémovou cache procesoru L1 a externí cache L2. Dnes je cache L2 integrována v procesoru, proto je aktivace pro obě cache společná. Musí byt vždy zapnuto, počítač je bez cache podstatně pomalejší.

#### First Boot Device

Po skončení POST testů bude hledán operační systém jako první na této jednotce. (Viz také Second Boot Device, Third Boot Device, Boot other Device).

#### Quiet Boot

Zadáme-li Disabled, uvidíme během startu výsledky POST testů. Povolíme-li „tichý start“ (Enabled), bude místo POST zobrazeno logo výrobce základní desky.

#### Security option

Určuje okamžik ve kterém BIOS bude požadovat kontrolu hesla: Při nastavení System jsme dotázáni na heslo při každém startu počítače. Pokud zadáme druhou možnost – Setup, budeme heslo zadávat pouze při vstupu do Setupu.

### 1.1.11.2 Frequency Voltage control (nabídka Power)

#### Auto Detect PCI Clk

Při zapnutí volby bude BIOS monitorovat aktivitu PCI a pokud zjistí, že některé sloty nejsou obsazeny (nebo jsou obsazeny a nejsou aktivní) vypne signály jdoucí k nim. Tím se omezí elektromagnetické rušení, které by mohlo zbytečně vznikat a „znečišťovat“ kolemjdoucí signály. Kvůli stabilitě systému se však doporučuje volbu vypnout.

#### CPU Clock Ratio

Zde uvidíme poměr mezi frekvencí jádra mikroprocesoru a vnější frekvencí (tj. frekvencí USB). Správnou hodnotu nastaví BIOS sám a zvyšovat ji – přetaktovávat je nemožné. Multiplikátory mikroprocesoru jsou uzamčeny a změna multiplikátoru je tak nemožná.

#### CPU Clock

Tato volba je možná nejdůležitější z celé obrazovky. Pokud ji Setup obsahuje, umožňuje pozvednout frekvenci FSB o několik procent. To ve výsledku vede ke zvýšení výkonu procesoru. Nezapomeňme však, že s FSB se mění i další frekvence na základní desce, například [PCI](#), AGP a systém se může stát nestabilním dokonce ani nemusí nastartovat. Kvalitní základní desky dovolují měnit takt jednotlivých sběrnic (PCI a AGP) samostatně, což je výhodné zejména při přetaktování.

#### CPU Fan Speed

Otáčky Ventilátoru mikroprocesoru (RPM = otáčky/min).

#### Chassis Fan Speed

Otáčky ventilátoru chipsetu základní desky.

#### MB Temperature

Teplota základní desky.

#### Power Fan Speed

Otáčky ventilátoru.

#### Power Temperature

Teplota napájecího zdroje.

#### Voltage Fine Tune

Přepnutím na Enabled povolíme změny napájecího napětí prvků v následujících 3 řádcích. Zvyšování napětí má svůj význam pouze při přetaktování, kdy může zvýšit spolehlivost přetaktovaných komponent. Výrobci jednotlivých prvků však zvyšování napětí důrazně nedoporučují!

*AGP Voltage Regulator:* dovoluje zvyšovat napětí sběrnice AGP.

*CPU Voltage Regulator:* dovoluje zvyšovat napětí jádra mikroprocesoru.

*DRAM Voltage Regulator:* dovoluje zvyšovat napětí paměti DRAM.

### 1.1.11.3 Služby BIOSu

Pro starší operační systémy poskytuje BIOS základní vstupně–výstupní funkce, například:

- služby obsluhy klávesnice
- služby obsluhy řadiče disků (disketa, pevný disk)

- základní služby obsluhy grafické karty (většinou jen pro textový režim)
- výstup na tiskárnu
- řízení komunikačních portů

#### 1.1.11.4 Aktualizace BIOSu

Před rokem 1990 byl BIOS (případně firmware zařízení jako je pevný disk nebo CD/DVD mechanika) uložen v paměti ROM a nedal se snadno měnit. Proto byl postupně umisťován raději na paměti EEPROM a Flash, jejichž obsah lze snadno aktualizovat. První flash paměť byla připojena na sběrnici ISA. Od roku 1998 byl přesunut na LPC sběrnici, která nahradila sběrnici ISA. Následující standard byl znám jako firmware hub (FWH). V roce 2006 začaly první systémy podporovat Serial Peripheral Interface (SPI).

Výrobci hardwaru často vydávají aktualizace BIOSů, které umožňují použití novějších procesorů, odstraňují chyby a podobně. Nesprávná aktualizace nebo její přerušení před dokončením však může způsobit, že se počítač nebo zařízení stane nepoužitelným. Pro obnovu mají některé základní desky dvě paměti s BIOSem (se označují např. Dual BIOS board). Obvykle je na základní desce část BIOSu umístěna tak, že se při aktualizaci nemění. V ní je pak uložen kód, který je schopen specifickým nouzovým způsobem znovu provést aktualizaci, není-li kontrolní součet BIOSu v pořádku (např. ze souboru daného jména, který musí být umístěn na jinak čisté disketě).

Dříve bylo možné BIOS aktualizovat jenom z MS-DOSu (většinou použita disketa). Od roku 2009 je možné aktualizovat BIOS z Windows nebo z BIOSu samotného (není potřeba žádný operační systém).

#### 1.1.11.5 Rozšíření BIOSu

Některé přídatné karty na sobě nesou paměť s kódem, který rozšiřuje schopnosti základního BIOSu.

##### Video BIOS

Součástí modernějších grafických karet je tzv. *Video BIOS*, rozšiřující základní služby BIOSu o grafické služby, nastavení rozlišení monitoru, správu fontů atd. Typickým příkladem je VESA standard.

##### BootROM

Nachází se na síťové kartě a umožňuje nastartovat počítač pomocí počítačové sítě. BootROM umožňuje umístit operační systém na síťový server nebo používat tzv. bezdiskové počítače.

##### BBS ROM

Nachází se na síťových kartách a na řadičích disků. Po zaregistrování pomocí speciálního BBS API umožňuje změnit zařízení, ze kterého bude zaveden operační systém pomocí standardního rozhraní základního BIOSu i ze zařízení, které základní BIOS ovládat neumí.

## 2. Úvod do historie mikropočítačů

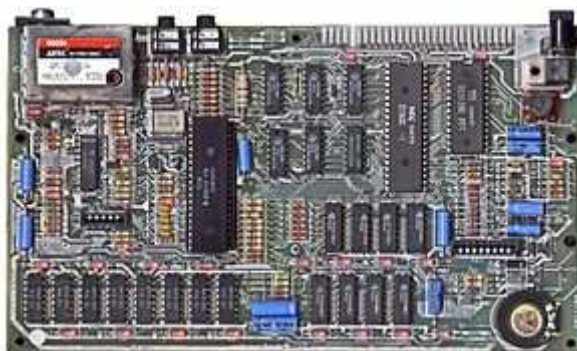
### 2.1 Sinclair ZX Spectrum



Obr. 22 Originální Sinclair ZX Spectrum 48K (1982)

**Sinclair ZX Spectrum**, mezi fanoušky označovaný **Speccy**, byl 8bitový domácí počítač, původně vyrobený ve Velké Británii v roce 1982 firmou Sinclair Research Ltd., jejímž zakladatelem je Clive Sinclair. Původně byl pojmenovaný *ZX81 Colour* a *ZX82* a později přejmenovaný Sinclairem na *ZX Spectrum*. Bylo to z důvodu jeho barevného zobrazování, na rozdíl od jeho černobílého předchůdce Sinclair ZX81.

#### 2.1.1 Hardware



Obr. 23 Motherboard modelu ZX Spectrum 48K (verze 3B — 1983)

Hardware počítače byl velmi jednoduchý, proto se jeho cena na britském trhu dostala pod 100 liber, což byl naprostý hit. Hardware počítače navrhl Richard Altwasser ze Sinclair Research a vnější vzhled počítače byl dílem Sinclairova designera Ricka Dickinsona.

Konstrukce obsahovala poměrně málo integrovaných obvodů:

- CPU Zilog Z80A na frekvenci 3,5 MHz,



- paměť ROM 16 kB, která obsahovala i jazyk BASIC (konkrétně Sinclair BASIC),
- paměť RWM–RAM 16 kB, necelých 7 kB této paměti sloužilo zároveň jako videoRAM,
- u verze 48kB byla osazena paměť 32kB (8 ks levných defektních původně 64kB pamětí),
- čip ULA odpovědný za buzení sběrnice a TV-výstup a zvuk,
- televizní modulátor.

Zvuk byl zajištěn pomocí integrovaného bzučáku (*beeper*), který produkoval jednokanálový zvuk o rozsahu 10 oktáv pomocí příkazu Basicu. Programátoři her většinou nepoužívali ovládání zvuku z Basicu, ale pomocí přímého přístupu k portu, kde jedním bitem bylo možné reproduktor ovládat. Spectrum také mělo konektor pro rozšíření sběrnice (*expansion bus connector*). Programy a data bylo možné ukládat a číst pomocí magnetofonu připojeného na linkový vstup/výstup nebo prostřednictvím až osmi jednotek ZX Microdrive (což byly miniaturní kazety se smyčkou magnetofonové pásky), připojených na Interface 1.

Klávesnice ZX Spectra je popsána klíčovými slovy BASICu pro snazší psaní příkazů; tedy např. stisk klávesy „G“ napsalo BASICový příkaz GOTO. Práce s klávesnicí byla poměrně nezvyklá, každá klávesa má – dle aktuálního umístění kurzoru – více významů, např. jedno nebo dvě klíčová slova, malé i velké písmeno, speciální znak apod., přepínatelné pomocí shiftů.

### 2.1.2 Grafický systém.

Pro zobrazení počítač používal RF modulátor. Jako monitor mohl sloužit jakýkoliv televizní přijímač, připojený přes běžný anténní vstup. Text mohl být zobrazován v 32 sloupcích a 24 řádcích pomocí znaků ze znakové sady ZX Spectra. Zobrazovací pole tvořilo obdélník, umístěný zhruba uprostřed obrazovky, u nevyužívaného kraje (border) bylo možné ovládat pouze barvu celku, a často se využívala pro indikaci při nahrávání programu (Load). Pro zobrazení textu či grafiky bylo možné vybrat 8 barev, každou ve dvou úrovních jasu, což dohromady dávalo 15 odstínů (černá je stejná v obou úrovních jasu). Rozlišení obrazu je 256×192 bodů se stejným barevným omezením. Spectrum mělo zajímavou metodu zobrazení barev – pro ušetření paměti byly barvy oddělené od bodového rastru v takzvaných „atributech“ v síti 32×24, což odpovídalo znakovému rozlišení. Každé pozici zobrazovacího pole o rozměru 8×8 bodů byl přidělen tzv. atribut – osmibitová číslo – obsahoval barvu popředí (3bity), barvu pozadí (3bity) a stupeň jasu (normální či jasný) a možnost blikání (po jednom bitu), což bylo jednoduché převrácení barvy popředí a pozadí v krátkém intervalu.<sup>[1]</sup> Tento systém ale vedl k efektu zvanému „*kolize atributů*“ a k bizarním projevům při animaci ve hrách. Grafikům se však tento problém podařilo často až zázračně obejít. Systém zobrazení barev je výrazným znakem ZX Spectra a byl často i terčem vtípků od zastánců jiných platforem. Ostatní počítače téže doby (např. Amstrad CPC) tímto problémem netrpěly. Commodore 64 používal barevné atributy také, ale pro animaci používal hardwarové sprity (*sprite*), což kolizi atributů zabránilo.

### 2.1.3 Software

Software počítače byl napsán Stevem Vickersem ze společnosti Nine Tiles Ltd., autorů Sinclair BASICu, který počítač obsahuje ve své paměti ROM. Počítače verze ZX Spectrum 48K a ZX Spectrum 48K+ umožňovaly zápis příkazů pouze jedinou klávesou. Protože příkazů bylo více, než kláves a také bylo nutné psát i běžné znaky, pracovala

klávesnice v několika módech (*K* – klíčová slova, *L* – malá písmena, *C* – velká písmena, *G* – grafika, *E* – rozšířený mód, který umožňoval psát další příkazy a speciální znaky). Při psaní programu byla obrazovka tvořena dvěma částmi. V horní části byl zobrazen program a bylo možné zde vybírat řádek pro editaci. Ve spodní části se prováděl zápis nového řádku nebo editace vybraného řádku programu. Pro přenesení vybraného řádku do spodní části bylo nutné stisknout klávesu *EDIT* (případně klávesy *Symbol Shift + I*). Pokud nový řádek obsahoval číslo řádku, byl zařazen do programu, pokud neobsahoval číslo řádku, příkazy se po odeslání řádku vykonaly. Číslo řádků mohla nabývat hodnot 1 až 9999. Ovšem pomocí modifikace uloženého programu pomocí příkazu *POKE* bylo možné vytvořit i řádek s číslem 0 (takovýto řádek nebylo možné editovat) nebo s číslem vyšším než 9999 (v čísle řádku se pak objevovala i písmena a symboly, ale nešlo o šestnáctkovou soustavu). Dokonce bylo možné takto vytvořit i programy s několika řádky, které měly shodné číslo. Takovéto úpravy byly prováděny za účelem ztížení zkoumání a modifikace programů (Např. jedna z verzí hry Bomb Jack měla ve svojí zaváděcí Basicové části třikrát řádek s číslem 0).

Analyzátor správnosti zapsaného příkazu kontroloval správnost zápisu už při odeslání napsaného řádku. Pokud byla nalezena syntaktická chyba, byl zobrazen blikající otazník v místě, kde byl chybný zápis předpokládán (například nedostatečný nebo nadměrný počet parametrů příkazu, chybějící klíčové slovo nebo znak, nez dvojité uvozovky uvnitř řetězce a podobně). Chybně zapsané příkazy se tedy v programu nemohly při jeho vykonávání objevit. Přístup upozornění na chybu zápisu místo pouhého akceptování zapsaného řádku a zjištění chyby až při interpretaci programu byl velmi výhodný pro výuku.

S příchodem počítače ZX Spectrum 128+ přišel i celoobrazovkový editor a nutnost psát příkazy po jednotlivých písmenech. Kurzor se pohyboval přímo v programu, změny v programu bylo možné provádět bez nutnosti daný řádek vybrat. Po stisku klávesy *Enter* byl změněný řádek odeslán k analýze a známá klíčová slova byla převedena na jejich jednobytové vyjádření. Kvůli kompatibilitě byl Basicový program uložen stejným způsobem jako u počítačů se 48K pamětí. V Basicu počítačů ZX Spectrum 128+ přibýly příkazy *PLAY* a *SPECTRUM*, které nahradily grafické znaky pod písmeny 'T' a 'U'. To občas způsobilo chybné zobrazení grafiky v některých programech napsaných v Basicu.

Grafické možnosti Sinclair BASICu nejsou příliš rozsáhlé. Je možné využít grafický znaků znakové sady ZX Spectra a nebo grafických příkazů pro kreslení, kterých ale není mnoho. Kromě základních příkazů *PLOT* a *DRAW* obsahuje pouze příkaz *CIRCLE*. Toto je zčásti vykompenzováno existencí uživatelsky definovatelných grafických znaků ve znakové sadě (tyto znaky jsou nazývány zkratkou **UDG** – *user defined graphics*). Tyto znaky nemají svoje předlohy uložené v paměti ROM, ale v paměti RAM, kde je lze libovolně měnit. Po spuštění počítače jsou tyto grafické znaky shodné se znaky 'A' až 'U' (u počítačů ZX Spectrum 128K/+2/+2A/+3 pouze 'A' až 'S'). Po změně jedné ze systémových proměnných je také možné definovat vzhled i standardní části znakové sady, případně definovat znakových sad několik a mezi nimi přepínat. Pomocí jiné systémové proměnné lze stejným způsobem přepínat mezi více znakovými sadami **UDG**. Možnost změny znakové sady nabízely i jiné počítače, ale žádný z nich neměl tak jednoduchý systém, jako UDG ZX Spectra.<sup>[2]</sup>

Hudební možnosti také nejsou příliš rozsáhlé. Vestavěný reproduktor počítačů se 48K pamětí lze ovládat pomocí příkazu *BEEP*, který má dva parametry, výšku generovaného tónu a jeho délku. I přes poměrně omezené zvukové možnosti těchto počítačů vznikaly programy umožňující produkovat až osmikanálovou hudbu (program ZX-7, autor Ján Deák). Počítače se 128K pamětí díky přítomnosti zvukového obvodu umožňovaly generovat z Basicu až

tříkanálovou hudbu pomocí příkazu *PLAY*. Pomocí tohoto příkazu bylo též možné ovládat hudební nástroje připojené pomocí MIDI.

Pro rozšíření možností jazyka Sinclair BASIC vzniklo několik nadstaveb tohoto jazyka, mimo jiné nadstavby Pro-Dos BASIC, Beta BASIC, Laser BASIC a Mega BASIC. Pro-Dos BASIC využíval vestavěný editor ZX Spectra, rozšiřující příkazy začínaly znakem hvězdička a musely být vypsány po písmenech. Naproti tomu Beta BASIC obsahoval vlastní editor, v posledních verzích umožňoval tři způsoby zadávání příkazů: stisknutím jediné klávesy, vypsáním celého příkazu a nebo kombinovaný způsob, kdy pokud se na začátku řádku stisknutím jakékoliv jiné klávesy kromě mezerníku vypsál příkaz jedinou klávesou. Pokud byl stisknut mezerník, bylo nutné příkaz vypsát po jednotlivých písmenech. Beta BASIC existoval i pro počítače ZX Spectrum 128+/+2. Varianta pro počítače ZX Spectrum +2A/+3 byla také plánována, ale uskutečněna nebyla. Z Beta BASICu vychází SAM BASIC počítače SAM Coupé.

## 2.1.4 Varianty počítače

Celá éra populárních 8bitových mikropočítačů začala variantou ZX80 vyrobenou v roce 1980. Poté následovala vylepšená varianta ZX81 v roce 1981. Obě verze měly k dispozici pro uživatele 1 kB paměti RAM, prodávaly se však i rozšiřující moduly až do 64 kB.

### 2.1.4.1 ZX Spectrum

První varianta počítače ZX Spectrum vznikla v roce 1982. Ze všech Dickinsonových návrhů vzhledu počítače (ještě jako počítače ZX82) byly nakonec pouze tři vyrobeny pro konečné posouzení a výběr konečného designu, jeden z těchto návrhů má dlouhý mezerník a dvě klávesy Caps Shift.<sup>[3]</sup> Ve vybraném designu se počítač vyráběl ve dvou variantách, se 16 kB RAM a se 48 kB RAM. Varianta se 48 kB RAM byla sice dražší, ale i přesto se jich prodalo podstatně více.<sup>[4]</sup> Počítač měl klávesnici se čtyřiceti tlačítky z gumy a v Československu se pro něj vžilo označení „gumák“. Prodávat se začal 23. dubna 1982.<sup>[5][6]</sup> Prodával se ve 30 zemích světa a prodávalo se ho 12–15 tisíc kusů týdně.<sup>[7]</sup> Podle dobových materiálů existovala i Skandinávská verze počítače, jehož znaková sada nejenom že obsahovala písmena å, ä a ö, ale umožňovala tato písmena použít i v názvech proměnných.<sup>[8]</sup>



**Obr. 24** ZX Spectrum+ (Rozměry (mm): 319 × 149 × 38 (ŠxHxV))

#### 2.1.4.2 ZX Spectrum+



**Obr. 25** ZX Spectrum+ se zapojeným rozhraním pro joystick

V červnu roku 1984 se objevilo v plánech **ZX Spectrum+** a bylo nabízeno od října téhož roku. Tato varianta se hardwarově téměř nelišila od předchozí. Jedinou, ale hodně viditelnou změnou byla krabice a klávesnice, která tentokrát byla tvořena z 58 plastových kláves. Navíc přibyl i tlačítko reset po levé straně počítače. Toto 48KB Spectrum se prodávalo 2× více než jeho předchůdce s gumovou klávesnicí; nicméně někteří prodejci hlásili poměrně vysokou závadnost. Omezené množství tohoto modelu se prodávalo později v ČSSR v běžné obchodní síti pod označením Delta, na přístroji bylo odstraněno logo Sinclair Research a překryto štítkem s logem Delta, také bylo označení počítače odstraněno z výrobního štítku a obalů.

#### 2.1.4.3 ZX Spectrum 128K+

*Související informace naleznete také v článku [Sinclair ZX Spectrum 128K+](#).*



**Obr. 26** ZX Spectrum 128K+

Třetí z roku 1986 se vzhledem od předchozí na první pohled příliš nelišila – pouze na pravou stranu počítače přibyl chladič. Ovšem co se týče samotného počítače, tak se dá říci, že se jednalo o druhou revoluci. Paměť ROM byla zvětšena z 16 kB na 32 kB a nyní obsahovala vylepšený editor. Paměť RAM byla zvětšena na 128 kB. Paměť obrazu, která je umístěna v operační paměti, mohla být přepnuta na dvě místa, což umožňovalo vytvářet zajímavé grafické efekty. Zvukový výstup byl vylepšen monofonně zapojeným tříkanálovým zvukovým generátorem AY-3-8912, který navíc obsahoval i jeden osmibitový port, který byl použit na dva sériové porty, s tím že jeden je určen pro MIDI a druhý pro připojení keypadu (pomocné klávesnice), jenž obsahoval 19 kláves. Tento model byl považován za jakýsi standard a většina předchozích typů byla upravována tak, aby se mu co nejvíce přiblížila – přidáváním paměti a připojováním zvukových rozhraní s obvodem AY-3-891x (v ČR byl asi nejvíce rozšířen zvukový interface Didaktik Melodik).

#### **2.1.4.4 ZX Spectrum +2**



**Obr. 27** ZX Spectrum +2

Čtvrtou variantou také z roku 1986 byl počítač, který hned na první pohled zaujal integrovaným kazetovým magnetofonem, sloužícím pro načítání a ukládání programů a dat. Dalším rozšířením oproti předchozí variantě jsou porty pro připojení dvou joysticků, které musely být originální od Sinclaira (později AMSTRAD) a měly jinak zapojeny piny klasického konektoru canon 9. Jednalo se vlastně o napojení kláves 1–5 a 6–0 (v programech označován jako Sinclair Joystick). Poslední změna se týkala klávesnice, která sice má stejný počet kláves jako v předchozím případě, ale zmizel z nich popis klíčových slov používaných v původním editoru, takže bylo v podstatě nevyhnutelné používat nový editor (z verze 128K). Po technické stránce však byla změna klávesnice velice pozitivní.

#### **2.1.4.5 ZX Spectrum +3**



**Obr. 28** ZX Spectrum +3

Pátou variantou byl počítač z roku 1987 na první pohled hodně podobný předchozímu, pouze kazetový magnetofon vystřídala 3" disketová mechanika. Vzhledem k tomu, že pro její práci bylo třeba upravit ROM, byla opět zvýšena a to rovnou na 64 kB. Zároveň bylo upraveno stránkování paměti RAM tak, aby veškerý adresový rozsah byl obsazen pamětí RAM (tzv. režim allram) a tudíž bylo možné provozovat operační systém CP/M.



**Obr. 29** ZX Spectrum +, ZX Spectrum +2A, ZX Spectrum +3, pro porovnání vzhledu Amstrad CPC 6128

Tento počítač však přinesl řadu nekompatibilit s předchozími modely, které sice bylo možné softwarově obejít, ale problémy nastávaly u původních programů a her. Zároveň v původním editoru nefungovaly diskové operace a také úprava programů pro spolupráci s disketami i přes poměrně robustně naprogramovaný systém (byť dost pomalý a s řadou postupně opravovaných chyb) nebyla vůbec snadná. Také se na tomto počítači objevil problém s porty pro připojení joysticků, které si Amstrad upravil tak, že bylo třeba používat jeho joysticky (případně použít redukci, nebo porty přepojit podle standardu). Z paměti ROM byly navíc odstraněny rutiny pro obsluhu keypadu. Některé z nich bylo možné vyvolat po přepnutí do grafického (G) módu klávesnice. Pohodlnější ovšem bylo použití programu *keypad*, který běžel pod IM2. Konektor, do kterého se keypad u variant 128k+2 připojoval u +3 zůstal, byl pojmenován AUX a nebylo ho možné ovládat z BASICu. Počítač obsahuje vestavěný pozdrav. K jeho vyvolání je nutné v editoru napsat příkaz *copy randomize* a po stisknutí klávesy *Enter* je nutné současně stisknout klávesy C, J a L.

#### 2.1.4.6 ZX Spectrum +2A/+2B



**Obr. 30** ZX Spectrum +2A

Šestá a poslední oficiální varianta tohoto počítače vznikla také v roce 1987 a jedná se v podstatě o ZX Spectrum +3, kde je ovšem místo disketové mechaniky zpět kazetový magnetofon. Vzhledem se téměř neliší od počítače ZX Spectrum +2 (dokonce i nápis na počítači zůstal stejný), ale barva se změnila z šedé na černou. Označení A a B rozlišovalo jazykovou verzi ROM (A – anglická, B – španělská). Tento počítač bylo velice jednoduché rozšířit o disketovou mechaniku, neboť již obsahoval operační systém, který s ní uměl pracovat, takže stačilo připojit pouze řadič. Tento počítač byl v ČR (především verze +2B) pro zvýšení kompatibility často upravován výměnou jednoho obvodu ROM za ROM obsaženou v počítači ZX Spectrum 128K. Pozdější verze +2A už uměla využívat konektor AUX z BASICu stejně jako konektor RS-232. Pro přepnutí tisku přes tento port sloužil příkaz

FORMAT LPRINT „A“, o kterém se ale manuál nezmiňoval. Kromě toho byla rozšířena tisková syntaxe příkazu COPY o COPY EXP BRIGHT, která před tiskem nastavila jas na celý obraz. Důvodem bylo šetření barvy při tisku obrázků. Také byl rozšířen vestavěný pozdrav. Postup jeho vyvolání zůstal stejný, ale bylo možné ho ovládat pomocí kláves 0 (nula) a P. Opustit ho bylo možné stiskem klávesy Q.

## 2.2 Periférie

Firma Sinclair Research Ltd. (a později i Amstrad) vyráběla k počítačům ZX Spectrum také svoje periférie.

### 2.2.1 ZX Printer

Jednohříčková tiskárna. Tiskárna tiskla na pohliníkováný papír, tím způsobem, že v místě, kde se tisklo, se hliník odpařoval. Tiskárna se začala vyrábět dříve, než počítač ZX Spectrum, neboť vznikla jako tiskárna k počítači ZX81.

Tiskárna se připojovala přímo na systémový konektor ZX Spectra. Tiskárnu bylo možné ovládat pomocí tří příkazů: *LPRINT*, *LLIST* a *COPY*.

*LPRINT* vytiskl zadaný text (ekvivalentní příkaz byl *PRINT #3*). *LLIST* vytiskl aktuální program (ekvivalentní příkaz byl *LIST #3*). Tyto dva příkazy bylo možné použít ve spojení s jakoukoliv tiskárnou, pokud pro ni existoval příslušný ovladač.

*COPY* vytiskl obsah obrazovky. Tento příkaz funguje pouze se ZX Printerem. V operační paměti má počítač ZX Spectrum vyhrazeno 256 bytů vyrovnávací paměti právě pro tisk pomocí ZX Printeru.

Na počítačích ZX Spectrum 128K+/+2/+2A/+3 a počítačích s nimi kompatibilních je možné ZX Printer použít pouze v režimu 48 BASIC. V režimu 128 BASIC nebo +3 BASIC jsou totiž do oblasti vyrovnávací paměti pro ZX Printer umístěny další systémové proměnné těchto počítačů. Příkaz *COPY* pak bylo možné využít pro tisk aktuálního obsahu obrazovky na tiskárně připojené pomocí sériového nebo paralelního portu těchto počítačů.

### 2.2.2 ZX Interface I



Obr. 31 ZX Interface I



**Obr. 32** ZX Interface I s připojenou mechanikou ZX Microdrive

Vyrobený k ZX Spectru a ZX Spectru+, nicméně fungoval i se ZX Spectry 128K/+2. V počítačích ZX Spectrum +2A/+3 již podporován nebyl, neboť Amstrad na něj (stejně jako na ZX Microdrive) neměl koupenou licenci. Interface obsahoval řadič pro ZX Microdrive, port RS-232 a síť ZX Net. Interface měl vlastní paměť ROM o velikosti 8 kB a stejně tak velkou paměť RAM. V případě potřeby se tyto paměti připojovaly místo původní ROM ZX Spectra. Tato paměť obsahovala ovládací rutiny, analyzátor rozšířené syntaxe a další chybová hlášení (viz Rozšířená syntaxe Sinclair BASICu). Existovaly dva příkazy, které nebyly v manuálu k zařízení zmíněny, a to CLS # a CLEAR #. Připojením ZX Interface I přibýly v paměti ZX Spectra další systémové proměnné, následkem čehož se posunul i začátek umístění programu v Basicu. Někteří programátoři umísťovali do Basicu i strojový kód (obvykle jako poznámku za příkaz REM). Pokud spuštění takto umístěného strojového kódu probíhalo pomocí fixně zadané adresy, program se zhroutil, neboť na místě předpokládaného strojového kódu byly po připojení ZX Interface I právě ony nové systémové proměnné. Aby vše fungovalo správně, měla být v takovém případě použita pro spuštění adresa odvozená ze systémové proměnné, ve které byl uložen právě začátek uložení programu v Basicu. Samozřejmě, aby vše fungovalo, nesměly se v takto umístěném strojovém kódu vyskytovat skoky s pevnou adresou, které odkazovaly na jinou část tohoto kódu.



**Obr.33** ZX Interface II

### 2.2.3 ZX Interface II

Rozhraní pro připojení dvou joysticků a paměťové karty. Joysticky byly připojeny paralelně ke klávesnici. Joystick označený jako Sinclair joystick 1 ovládal klávesy 1, 2, 3, 4 a 5 a Sinclair joystick 2 ovládal klávesy 6, 7, 8, 9 a 0. Paměťová karta byla vlastně paměť ROM, ze které byl zaveden program po resetování počítače. Pro její ovládání tedy neexistovaly příkazy. Na paměťových kartách bylo vydáno jenom 10 her.

Protože paměťová karta nahrazovala původní ROM počítače, její velikost mohla být nejvýše 16 kB. Zvolené řešení trvalého odpojení paměti ROM počítače v případě připojení paměťové karty omezovalo převod programů, které využívaly podprogramy z původní ROM.



Tyto podprogramy pak musely být obsaženy i na paměťové kartě. Některé programy využívající více podprogramů z původní paměti ROM pak nebylo možné na paměťovou kartu převést a to i přesto, že samotný program neměl větší velikost než 16 kB.



**Obr. 34** ZX Microdrive



**Obr. 35** Microdrive kazeta

## **2.2.4 ZX Microdrive**

Paměťové médium, které mělo nahradit magnetofon. Bylo tvořeno nekonečnou páskou, která měla kapacitu 85 kB. ZX Microdrive bylo značně poruchové a navíc docházelo ke slepkám pásky. Zařízení se k počítači připojovalo pomocí ZX Interface I a současně bylo možné mít připojeno až 8 mechanik. Mechaniky Microdrive byly použity jako paměťové médium i u počítače Sinclair QL, ale díky zvýšené kapacitě nebyl záznam na Microdrive počítačem Sinclair QL kompatibilní se záznamem na Microdrive ZX Spectrem.

## **2.2.5 joysticky Sinclair SJS-1**

Joysticky vzhledově navržené k ZX Spectru +2. Umožňovaly pohyb ve 4 směrech a měly jediné tlačítko fire. Joysticky existovaly ve dvou barevných variantách, v černé a šedé.

## 2.2.6 joysticky Sinclair SJS-2

Proti SJS-1 měly menší základní část a nebylo na nich vylisováno logo Sinclair (logo bylo pouze na obalu). Na základní části joysticku bylo druhé tlačítko, spojené s tlačítkem na vrcholu joysticku paralelně. Vyráběly se v černé barvě, tlačítka byla červená.

## 2.2.7 Sinclair Magnum Light Phaser



**Obr. 36** Světelná pistole Sinclair Magnum Light Phaser

Světelná pistole. Bylo jí možné použít asi v 6 hrách. Pistole existovala ve dvou provedeních, pro počítače se 48kB pamětí, kde se připojovala do konektoru pro kazetový magnetofon, a pro počítače se 128kB pamětí, kde se připojovala pomocí konektoru *Keypad*, resp. *AUX*.

## 2.2.8 Keypad

Přídavná numerická klávesnice k počítačů **ZX Spectrum 128K+** a **ZX Spectrum +2**. Tato klávesnice kromě rychlejšího psaní čísel umožňovala v režimu *128 Basic* i rychlejší editaci Basicového programu, neboť pomocí této klávesnice bylo možné provádět např. skok za následující nebo předcházející slovo. Ovládací rutinky byly umístěny v ROM počítačů, obsahující *48 Basic*, takže pro vkládání čísel ji bylo možné použít i v režimu *48 Basic*. V počítačích **ZX Spectrum +2A/+3** byly ovládací rutinky **Keypadu** odstraněny, nicméně její editační funkce v *+3 Basicu* zůstaly a některé z nich bylo možné vyvolat v grafickém módu.

## 2.3 Periférie jiných výrobců

Kromě Sinclair Research doplňky k těmto počítačům nabízeli i další výrobci. Zejména se jednalo o kazetové magnetofony, interface pro joysticky, joysticky, disketové jednotky, tiskové interfacery a další.<sup>[9]</sup> Toto zboží např. vyráběly firmy Cheetah a Kempston.

Některí výrobci pojmenovávali své výrobky tak, aby jejich názvy byly podobné názvům výrobků Sinclair Research. Občas tak došlo k situaci, kdy dva různé výrobky byly pojmenovány podobně. Existoval například **ZX Interface III**, který sloužil k převodu programů z kazet na microdrive, a **ZX Interface 3**, což byl interface pro připojení tiskáren.

Díky způsobu adresování periférií zavedeným Clivem Sinclairem, kdy periférie nedekóduje celou adresu portu, ale pouze jeden adresní bit nižšího bytu adresové sběrnice (přičemž vyšší byte adresy může periférie využít libovolně), není možné připojit více než 8 periférií. Protože bity A0-A4 jsou obsazeny Sinclairovými perifériemi, zůstávají pro volné

použití pouze bity A5-A7.<sup>[10]</sup> Mnoho periférií tak ke svojí činnosti používá totožné porty, takže je není možné provozovat současně. Aby se tomuto předešlo alespoň u nových periférií, vznikl ZXI standard, který vyžaduje dekódování všech 16 bitů adresové sběrnice a nutnost požádat o přidělení požadované adresy.<sup>[11]</sup> V Rusku byl pro řešení kolizí více připojených periférií navržen osmikanálový dekodér portů využívající bity A7, A4 a A3 adresové sběrnice.<sup>[12][p.1]</sup>

### 2.3.1 Disketové jednotky.

Kromě vestavěné disketové jednotky v počítačích ZX Spectrum +3 ani Sinclair Research ani Amstrad nevyráběly disketové jednotky pro počítače ZX Spectrum. Veškeré existující disketové jednotky pro tyto počítače byly vyráběny ostatními výrobci. Prvními disketovými jednotkami byly Viscount disk drive a Byte Drive 500.<sup>[13]</sup> Vzniklo okolo 40 vzájemně nekompatibilních disketových jednotek.

### 2.3.2 Digitalizace obrazu

Pro počítače ZX Spectrum vznikla také zařízení pro digitalizaci obrazu Videoface a Vidi-ZX.<sup>[14]</sup>

### 2.3.3 Joysticky

Sinclair nezamýšlel ZX Spectrum jako herní počítač, takže mezi vyráběnými perifériemi nejsou joysticky, ty byly až do koupi Sinclairovi počítačové divize Amstradem vyráběny pouze jinými výrobci. Vzniklo tak mnoho druhů joysticků. Kromě joysticků připojovaných počítači elektricky pomocí interfacu připojeného na systémový konektor, vznikly i joysticky, které se nasadily na počítač a pohyb páky joysticku převáděly mechanicky na stisk klávesy.<sup>[15]</sup> Mezi tyto joysticky patří např. Spectrum Mechanical Joystick<sup>[p. 2]</sup> a Spectrum-Stick. Druhý jmenovaný kromě vlastního joysticku obsahuje i tlačítka, která překrývá.<sup>[16]</sup>

Protože mnoho her může být ovládáno pouze z klávesnice, vznikaly také programovatelné joysticky. Tyto joysticky byly svojí logikou připojeny paralelně ke klávesnici a bylo u nich možné naprogramovat (buď pomocí drátových propojek nebo programově) "stisk" kterých kláves má joystick při pohybu nebo stisku tlačítka vyvolat. Stejně jako neprogramovatelné joysticky měly i programovatelné joysticky možnost nastavení pouze jedné akce, protože měly pouze jedno tlačítka, případně více tlačítek připojených vzájemně paralelně. Výjimkou byl Cambridge Intelligent Joystick, který měl dvě nezávislá tlačítka a mohl tak vyvolat dvě různé akce.

### 2.3.4 Zvuková zařízení

Protože zvukové možnosti samotného ZX Spectra jsou omezené, vznikly k němu interface rozšiřující zvukové možnosti. Po vzniku ZX Spectra 128K+ vznikaly hudební zařízení obsahující obvod AY-3-8912 zapojený stejně jako u ZX Spectra 128K+, např. Melodik. Obvod AY-3-8912 byl ale k ZX Spectru připojován i před vznikem ZX Spectra 128K+, obsahoval ho např. Fuller Box a ZX Spectrum Soundbox. V Rusku vzniklo zapojení obvodu

kompatibilní se ZX Spectrem 128K+, které bylo rozšířeno o druhý obvod AY a nazváno Turbo Sound, a druhé méně rozšířené zapojení se dvěma obvody AY nazvané *Kvadro*.

K ZX Spectru byly připojovány hlasové generátory, např. hra Lunar Jetman využívá hlasový generátor Currah  $\mu$ speech. Hlasový generátor je obsažen i v rozšířené verzi interface Fuller Box *Fuller Box Master Unit*. Pro vylepšení generování zvuků bicích vzniklo zařízení Cheetah Spectrum.

Pro přehrávání samplované hudby, byly k ZX Spectru připojovány různé typy D/A převodníků, v Česku se rozšířilo připojení tříkanálového D/A převodníku připojeného pomocí obvodu 8255, v Rusku existuje jednonábový Covox a čtyřkanábový Soundrive. Jelikož přehrávání samplovaných zvuků je pro procesor ZX Spectra časově náročné a v době jejího přehrávání tak procesor nemůže provádět téměř žádnou další akci, vzniklo zařízení pro podporu přehrávání samplované hudby General Sound, které tuto přehrává nezávisle na procesoru ZX Spectra. Podobným zařízením, které umožňuje přehrávat hudbu nezávisle na procesoru ZX Spectra, ale určené pro přehrávání hudby pro hudební generátor SID je zařízení SID-Blaster/ZX.

## 2.4 Moderní periférie

### DivIDE

S rozšířením pevných disků a paměťových karet a postupným upadáváním disket vzniklo zařízení DivIDE. Zařízení vzniklo na základě ZX IDE Interface<sup>[17]</sup> a přidalo svojí vlastní paměť, do které je možné nahrát zvolený firmware. K dispozici je několik firmwarů/systémů, které umožňují číst soubory pro emulátory z HDD (CF, SD, ...), emulovat D80 nebo +D. Mezi tyto systémy patří *FATware*, který umožňuje používat média se souborovým systémem FAT16, a *DEMFIR*, který umožňuje číst soubory uložené na CD-ROM nebo v souborech .iso, jejichž datová struktura odpovídá ISO 9660.<sup>[18]</sup> Paměť DivIDE je typu EEPROM, zapisovatelná přímo ze ZX Spectra, a RAM.<sup>[19]</sup> Na IDE konektor Divide lze připojit běžné IDE periférie, s pomocí redukce je možné připojit CF kartu. Autorem Divide je Pavel Cimbál, ve světě ZX Spectra známý pod přezdívkou *Zilog*, publikováno je pod GNU licenci.

### Spectranet

Spectranet je ethernetová karta pro ZX Spectrum.<sup>[20]</sup> Karta podporuje protokoly TCP, UDP, ICMP a DHCP, je také možné přistupovat přímo na protokol IP a protokol Ethernet.<sup>[21]</sup>

### Speccyboot

SpeccyBoot je také ethernetová karta, ovšem určená výhradně k nahrávání a spouštění souborů .z80 prostřednictvím protokolu TFTP.<sup>[22]</sup>

## 2.5 Obchodní úspěch

Velmi nízká cena přinesla počítači obrovský obchodní úspěch, i přes nemalé chyby jak v hardwaru tak v softwaru. Prodával se vcelku i jako počítačová stavebnice, což cenu dále snižovalo.

Díky masovému rozšíření začínalo mnoho tehdejších začínajících programátorů a počítačových nadšenců právě na tomto počítači, podobně jak na laciných počítačích Atari či Commodore.

Pro tento počítač vzniklo velké množství populárních her, mnohdy ve vysoké kvalitě s neotřelými nápady, takže i moderní počítačové hry pro PC těží z odkazu ZX Spectra. Ještě v roce 2012 pro ZX Spectrum vzniklo více než 100 her.<sup>[23]</sup> Zejména ve východní Evropě se rozvinula silná demo scéna, známá od roku 1985.

## 2.6 Československá odnož



**Obr. 37** 8bitový počítač Didaktik M

V Československu byl i přes obtížnou dostupnost počítač Sinclair ZX Spectrum velmi populární. Začínal na něm i František Fuka, který vyrobil pod jménem Fuxoft několik her a programů.

Slovenský podnik *Didaktik Skalica* již od roku 1986 vyráběl počítače Didaktik, které zpočátku byly vylepšenou variantou počítače PMD 85, ale v roce 1987 začal vyrábět počítač Didaktik Gama, který byl programově kompatibilní s počítačem ZX Spectrum. Do roku 1990 vzniklo několik verzí počítačů Didaktik Gama, opravujících postupně chyby v ROM, týkajících se zejména obsluhy paměťové stránky 32 kB, díky které měly tyto počítače kapacitu RAM 80 kB, namísto původních 48 kB u originálního ZX Spectra. Jednotlivé verze lze rozeznat podle barvy šasi a copyrightové hlášky v ROM. Verze '87 a '88 byly černé, později se upustilo od červeného zvýraznění loga Didaktik a následně došlo k postupnému přechodu na světle šedou barvu počítače u modelu 1989. Změny se dotkly i vnitřního uspořádání součástek, konektory FRB byly nahrazeny přímou sběrníci, ROM opatřena tučným písmem, atd. Klesla i poruchovost, která byla u prvních modelů značná. V roce 1990 byl s bombastickou reklamou nahrazen počítačem Didaktik M, který disponoval už jen původními 48 kB RAM, měl novou klávesnici s vyšším zdvihem (ale v konečném důsledku méně kvalitní, než u Didaktiku Gama), zmizel zabudovaný interface s obvodem 8255 a naopak přibyly porty pro joysticky typu Kempston a Sinclair. Původní originální obvod ULA, nacházející se rovněž v původních Spectrech, nahradil čip PLA sovětské provenience, který způsobil mírnou nekompatibilitu s původním ZX Spectrem, projevujícím se v rychlosti počítače a přinesl typický čtvercový obraz. Později vznikl počítač Didaktik Kompakt, vycházející z Didaktiku M, který v sobě integroval 3,5" disketovou jednotku D80 pro DD diskety s kapacitou 720 kB.

V časopise *Amatérské radio* vyšla svého času konstrukce ekvivalentního počítače pod názvem *Mistrum*, která obvod ULA nahrazovala mnoha součástkami TTL.

Počítače Sinclair ZX Spectrum podporovala také česká firma Proxima – Software, později přejmenovaná na Proxima – software nové dimenze v. o. s. Vyvíjela vlastní programy, například textový procesor Desktop, a distribuovala cizí software. Kromě toho vydávala odborné publikace (*Assembler a ZX Spectrum* ve dvou dílech roku 1992 a *Rutiny ROM D40* roku 1993) a časopisy. V letech 1992<sup>[24]</sup>–1994<sup>[25]</sup> byla vydavatelem časopisu *ZX Magazin* pro uživatele počítačů Sinclair ZX Spectrum, Didaktik, Delta a Sam Coupé; jeho vydávání poté převzal Heptau. V roce 1995 firma začala vydávat časopis *Proxima Magazin* pro uživatele počítačů ZX Spectrum, Didaktik a PC, který vycházel nejspíše až do roku 1998.<sup>[26]</sup>

### 2.6.1 Domácí úpravy

Především Spectrum 48K/48K+ byly různě upravovány. Jednalo se o rozšíření paměti, obvykle tak, aby paměť RAM mohla být adresována už od adresy 0000. Nejvíce rozšířené byly úpravy podle Pavla Trollera a podle Jiřího Lamače. Úprava podle Trollera rozšiřovala paměť o 32 kB a stránkování paměti probíhalo pomocí portu 255. Na tento port nebylo nutné posílat specifickou hodnotu, jakákoliv hodnota provedla přestránkování buď na režim klasického Spectra (ROM + videoram na adresách od 0 do 32767) nebo na režim, kdy je celá paměť tvořena pamětí RAM. Zapojení provádělo přepnutí režimu o jednu instrukci později, takže bylo možné přecházet mezi přepínanými částmi paměti bez použití dodatečného programového kódu, který by byl umístěný v trvale připojené paměti. Některý hardware, používající vlastní paměť ROM ne vždy s touto úpravou správně fungoval (docházelo ke kolizím na sběrnici). Úprava podle Lamače rozšiřovala paměť na 80, 272 nebo až 528 kB (poté, co se zvýšily ceny pamětí RAM, bylo publikováno nové schéma umožňující další varianty velikosti rozšířené paměti a sice 112, 144 a 304 a 336 kB)<sup>[27]</sup> a její stránkování probíhalo pomocí portu 253 (nebylo kompatibilní se stránkováním Specter 128). Rozšířená paměť se dělila na stránky o velikosti 32 kB. Po odeslání hodnoty na port 253 se do paměťového rozsahu 0 až 32767 připojila stránka rozšířené paměti určená právě touto hodnotou, případně byla připojena původní ROM + videoram Spectra.

U obou těchto rozšíření existovala ještě zapojení umožňující nahradit paměť ROM pamětí RAM se zakázatelným zápisem, a do této paměti pak nahrát obsah ROM (existuje několik upravených pamětí ROM např. ISO ROM nebo LEC ROM). K rozšíření podle Lamače navíc existovalo zapojení, které umožňovalo používat dvě videopaměti, podobně jako tomu bylo u Spectra 128. Návod na rozšíření podle Lamače vyšel Amatérském rádiu. Srovnání obou variant je zveřejněno v časopise *ZX Magazin* 1/96.

Dále existovala úprava podle Imricha Konkola, která přidávala 32kB a přepínání paměti probíhalo na portu 253, kde hodnota odeslaná na tento port určovala konfiguraci přidané paměti.<sup>[28]</sup> Úprava umožňovala nahradit paměť v rozsahu 0 až 32767 pamětí RAM. Navíc ale umožňovala odpojení pouze paměti ROM a místo ní do paměťového rozsahu 0 až 16383 připojit zvolenou polovinu přidané paměti. Do této přidané paměti nebylo možné zakázat zápis. Význam jednotlivých bitů portu 253 byl zvolen tak, aby přepnutí do režimu připojení 32kB stránky bylo provedené pomocí stejné hodnoty jako u úpravy podle Lamače.

Mezi složitější patřilo rozšíření paměti podle Juříka, které umožňovalo připojit 32kB stránky rozšířené paměti do paměťového rozsahu 16384 až 49151.<sup>[29]</sup> Aby bylo možné na takto upraveném počítači provozovat operační systém CP/M, zapojení umožňovalo připojit stránku č. 0 do paměťového rozsahu 0 až 32767.

Při využití počítače v průmyslových podmínkách byla základní deska počítače umístěna do robustnějšího obalu a doplněna potřebnými porty.<sup>[30]</sup>