

Martin Malý

# Porty, bajty, osmibity

Počítače na koleni



## **PORTY, BAJTY, OSMIBITY**

### **Počítače na koleni**

Martin Malý

Vydavatel:  
CZ.NIC, z. s. p. o.  
Milešovská 5, 130 00 Praha 3  
Edice CZ.NIC  
www.nic.cz

1. vydání, Praha 2019  
Kniha vyšla jako 21. publikace v Edici CZ.NIC.  
ISBN 978-80-88168-39-3

© 2019 Martin Malý

Toto autorské dílo podléhá licenci Creative Commons (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/cz/>), a to za předpokladu, že zůstane zachováno označení autora díla a prvního vydavatele díla, sdružení CZ.NIC, z. s. p. o. Dílo může být překládáno a následně šířeno v písemné či elektronické formě na území kteréhokoliv státu.

# **Porty, bajty, osmibity**

**Počítače na koleni**



# Poděkování



## **Poděkování**

Děkuji svému nakladateli za důvěru a péči, věnovanou této knize.

Děkuji všem, kteří mi s psáním knihy fandili. Dodávali mi sílu, když bylo psaní nekonečné.

Děkuji všem, co přečetli rukopis a přispěli poznámkami. Díky nim je kniha o něco jasnější a srozumitelnější.

Děkuji designérům Davidu Švejdovi a Jakubu Goldmannovi za návrh a vypracování grafických inzerátů ve stylu počítačových časopisů z 80. let.

Děkuji Míše, že se mnou proces psaní vydržela. Už podruhé.

— Poděkování



# **Předmluva vydavatele**



## **Předmluva vydavatele**

Vážení čtenáři,

dostává se vám do rukou druhá kniha od Martina Malého, která je, dá se říct, volným pokračováním jeho publikace Hradla, volty, jednočipy. Jak napovídá již název této knihy – Porty, bajty, osmibity, autor popisuje své zkušenosti s osmibitovými mikrokontrolery a počítači a pokouší se je předat svým čtenářům.

Osobně jsem se s osmibitovými mikrokontrolery, konkrétně s PIC 16F84 a Atmel 8051, poprvé setkal v druhém ročníku na střední škole. Dodnes si pamatuji, jak jsme zápasili se vstupními a výstupními porty (a několik jich přitom poslali do křemíkového nebe), snažili se pochopit přímé a nepřímé adresování a nakonec i rozběhnout resetovatelné stopky s pamětí za pomoci sedmisegmentových displejů a externí paměti.

Většina úloh by se dnes dala přirovnat k dětskému hraní, ale nás to bavilo a pro mnohé to byla neocenitelná lekce, která nám poskytla základy pro naši další práci při vývoji hardwarů i softwarů. V dnešní době si samozřejmě můžete koupit Arduino a začít programovat v „céčku“ nebo jiném vyšším jazyce. Budete tak ale ochuzeni o úplné základy, nastavování jednotlivých bitů registrů a psaní kódu v assembleru. Ze své praxe mohu říct, že se vám to může někdy dost hodit.

Právě tato kniha vám může přiblížit svět osmibitových mikrokontrolerů a počítačů. Svět, ve kterém si musíte vše udělat a ošetřit sami, ale odměnou vám bude váš vlastní kus hardwaru, na kterém bude běžet váš program. A to je pocit k nezaplacení.

Přeji všem hezkou četbu a mnoho úspěchů při tvorbě vlastních elektronických aplikací.

**Petr Bílek, CZ.NIC**

*Praha, 14. února 2019*



# **Předmluva**



## Předmluva

Nevím jak vy, ale já relaxuju u her. Sednu si na gauč, nebo lehnu do postele, vezmu do ruky ovladač od Xboxu nebo PlayStationu, nahraju nějakou hru a hraju.

Po čase hraní, když už se nemusím soustředit na to, jaká tlačítka mám mačkat a co mám přesně dělat, se mi ve volných chvílích, když moje postava někam běží nebo jede nebo poslouchá nekončící dlouhé nepřeskočitelné monology jiných postav, v hlavě rozběhnou úplně jiné myšlenky.

Většinou si říkám, že bych měl dodělat ten engine na psaní textových her, co mám rozdělaný už dva roky, pak chvilku přemyslím nad tím, co tam ještě dodělat, chvilku si představuju, jak to bude hezké, až to bude hotové, pak si říkám, že bych měl taky dodělat ten kurz Unity, co mám rozkoukaný a zaplacený, no a konečně mi fantazie sklouzne k tomu, že bych vlastně chtěl mít ten svůj osmibit a pro něj si napsat pár her.

Abychom si rozuměli – vlastních osmibitů mám plné skříně: Spectra, Commodory, Atari, i nějaké podivnější a obskurnější značky a typy, ale já bych rád *vlastní*. Jako že víc vlastní. Můj. Mnou navržený a postavený.

Ano, v zebříčku kutilských projektů je myšlenka „navrhnout si a postavit vlastní osmibitový počítač a psát pro něj programy“ někde hodně... no... jak by řekla televizní věštkyně Jolanda: *Je to hodně někde!* Obvykle kutilský projekt aspoň předstírá, že k něčemu bude, že bude plnit nějakou užitečnou funkci. Že třeba bude měřit teplotu a hlídat garáž a zalévat květiny. Ovšem vlastní osmibitový počítač, to je něco *tak moc samoučelného*, jak vám na požádání vysvětlí každý racionálně uvažující technik.

Jenže když jste amatér, tak víte, že si prostě nemůžete pomoci. Vy máte ty věci fakt rádi! A chcete je dělat, i když racionálně říká: *Budeš jediný s takovým počítačem. No dobře, budete možná tři: Ty a dva blázni z internetu, co si ho postavěj' taky. Tolik času tím strávíš, tolik času spálíš programováním, a k čemu to bude? No ne, vážně: K čemu to bude?*

Je to úplně stejná otázka, jakou slyší každý hráč her. K čemu to je? A myslím, že i odpověď bude stejná: je to pro nás zábava, příjemná činnost, a smysl to má jako každý jiný podobný koníček. Děláme něco, co máme rádi, a baví nás to. Něco se při tom naučíme, získáme nějaké ty dovednosti, ale hlavně: je to mnohem lepší zábava, než civět na televizi.

Gordon Freeman v té mojí televizi právě prochází Ravenholmem. Když jsem hrál tuhle část Half-Life 2 poprvé, úplně jsem ji nenáviděl, nedokázal jsem ji projít, pořád mě něco někde zabíjelo. Dneska už to hraju tak zlehka, zkouším různé přístupy, jako „ani jeden výstřel“ nebo „co nejrychleji k cíli“ nebo „tuhle pasáž projdu extrémně opatrně“. Jak říkám – relax pro hlavu, takže se tak na dvacet procent věnuju hře, a zbytek vědomé kapacity se, nebržděn racionalitou, oddávám radostným představám, v nichž tančí úplně amatérské počítače, ze kterých čouhají dráty a smrdí křemík,

a přemýšlí nad tím, jestli bude lepší implementovat BASIC, nebo FORTH, a jestli bude lepší procesor 6502 nebo Z80 – ten je sice známější, ale zase složitější. A co třeba 6809?

Výstup udělám na televizi, nebo na nějaký miniaturní displej? A jak to namapuju?

A co klávesnice? Tak, PS/2 jde vždycky, ale co nějaká víc *vintage*? Co třeba vzít starou od nějakého Commodora, na eBay jich jsou spousty. Nebo co třeba vzít nějakou starou českou Consuláckou? Nebo co si udělat vlastní membránovou, jako mělo JPR-1? Nebo vlastní z tlačítek? A na 3D tiskárně vytisknout hmatník?

Nebo konzoli! Normálně herní konzoli, čtyři tlačítka do kříže, dvě akční, mezi to displej... A emulátor si k tomu udělám, aby se snadno vyvíjely programy! Na 3D tiskárně kryt vytisknu. Anebo použiju joystickový modul. Jako procesor klidně Arduino Nano, udělám si na to plošný spoj...

Po chvíli hru vypnu a z ničeho nic kreslím plošný spoj a posílám ho do výroby. Hrozně se na to těším, bude to fajn, budu mít herní konzoli, kterou nemá nikdo jiný, a nebude pro ni jediná hra!

STOP!

Pokud vám to připadá jako ten největší nesmysl, přestaňte číst právě teď, knihu někomu věnujte, odkaz smažte, zapomeňte... Není to pro vás.

Ale pokud si říkáte „chci taky jeden plošný spoj, budeš mít navíc?“ – jste moji čtenáři! Pojdte dál, řekneme si něco o starých procesorech, o osmibitových počítačích, o tom, jak se vlastně programují, jak fungují uvnitř, ukážeme si, jak sestavit počítač v duchu těch starých časů, ukážeme si i pár modernějších triků, jako jsou malé barevné displeje, a hlavně: pár kousků si postavíme! A budou to počítače jako byly kdysi: s výstupem na terminál, černobílé, s malou hroznou klávesnicí a pípátkem na zvuk! Pojdte, pojdte!

## Konvence

V této knize se podržím následujících konvencí:

- Hexadecimální hodnoty budu v textu zapisovat ve tvaru ABCDh – tedy bez počáteční nuly a se suffixem „h“. Tam, kde to bude mít speciální význam, např. u výpisu v jazyce C, použiju samozřejmě odpovídající zápis 0xABCD. U výpisu zdrojového kódu budu zase používat variantu s počáteční nulou.
- Pro negované signály budu používat úvodní lomítko, tedy např. /RESET. Nebudu používat ani nadtržení, ani suffix „B“, ani prefix či suffix „n“.



# Obsah



<b>Poděkování</b>	<b>7</b>
<b>Předmluva vydavatele</b>	<b>11</b>
<b>Předmluva</b>	<b>15</b>
<b>1 Slavné domácí osmibity 80. let</b>	<b>27</b>
1.1 Domácí počítač	27
1.2 Druhá generace	29
1.3 Další slavní...	31
1.4 MSX	33
1.5 A u nás?	36
1.6 Jednodeskové počítače	36
<b>2 Slavné osmibitové mikroprocesory</b>	<b>43</b>
2.1 8080 a 8085	43
2.2 Z80	44
2.3 6800	45
2.4 6502	45
2.5 6809	46
2.6 Architektury procesorů	46
<b>3 OMEN: Stavíme vlastní počítač</b>	<b>51</b>
3.1 OMEN?	51
3.2 Zapojování v praxi	53
3.3 Pájení na univerzální desce	54
<b>4 Mikropočítač a jeho součásti</b>	<b>61</b>
4.1 Jak pracuje mikroprocesor?	61
4.2 Paměti	63
4.3 Periferie	67
4.4 Periferní obvody	71
<b>5 OMEN Alpha</b>	<b>77</b>
5.1 Architektura 8080	78
5.2 Jak komunikovat s okolím?	84
5.3 Vlastní počítač? Jak by mohl vypadat?	86
5.4 Vývody 8085	86
5.5 Vnitřní struktura 8085	87

5.6	Přerušení	91
5.7	Zapojení centrální procesorové jednotky	92
5.8	Zapojení pamětí RAM a ROM	94
5.9	Budič sběrnice	95
5.10	(EEP)ROM	97
5.11	RAM	98
5.12	Paměťový subsystém a adresace	98
5.13	Oživení zapojeného počítače	101
5.14	První program (pro pokročilé)	102
5.15	Překlad a spuštění	107
5.16	Sériová komunikace	108
5.17	Další rozšíření	114
5.18	PPI 8255	114
5.19	Displej ze sedmisegmentovek	119
5.20	LCD displeje 16x2, 20x4	121
5.21	Klávesnice 5x4	122
5.22	Systémový konektor	123
5.23	Programové vybavení	125
<b>6</b>	<b>Základy programování v assembleru 8080</b>	<b>129</b>
6.1	Assembler ASM80	130
6.2	Základy assembleru	132
6.3	První program v assembleru 8080	135
6.4	Instrukce 8080 - adresní módy a registry	138
6.5	Registry	139
6.6	Přesuny dat	140
6.7	Příznaky a zásobník	143
6.8	Aritmetické operace	146
6.9	Skoky	149
6.10	Rotace	154
6.11	Násobení	157
6.12	Logické instrukce	163
6.13	Instrukce a operační kód	164
6.14	Pseudoinstrukce	166
6.15	BCD a přerušení	167
6.16	Práce s periferiemi	171
6.17	Ahoj světe!	173
6.18	Periferie: Klávesnice	179
6.19	Displej	179

6.20 Trocha assemblerové teorie	180
6.21 Algoritmy v assembleru 8080	181
6.22 Konstrukce z vyšších programovacích jazyků	183
6.23 Nedokumentované instrukce 8085	186
<b>7 Intermezzo zvukové</b>	<b>193</b>
7.1 Trocha nezbytné teorie na úvod	193
7.2 Obdélník vládne všem	195
7.3 Dělíme frekvence	196
7.4 Vícehlas	198
7.5 Ke čtení a inspiraci	198
<b>8 OMEN Bravo</b>	<b>201</b>
8.1 Architektura procesoru 6502	201
8.2 Zapojení 6502	203
8.3 Popis vývodů	205
8.4 Základní procesorová jednotka: Hodiny a RESET	207
8.5 Další tipy	210
8.6 Paměť	210
8.7 Periferie	213
8.8 Sériový port 6551	215
8.9 VIA 6522	218
<b>9 Základy programování v assembleru 6502</b>	<b>223</b>
9.1 Na úvod	223
9.2 Adresní módy 6502	223
9.3 Přesuny dat	226
9.4 Přesuny	228
9.5 Zásobník	228
9.6 Ještě pár slov k přesunům	228
9.7 Příznaky a instrukce pro práci s nimi	229
9.8 Instrukce pro práci s příznakovým registrem	230
9.9 Přerušovací systém	231
9.10 Skoky a podprogramy 6502	234
9.11 Aritmetika 6502	236
9.12 Logické a bitové operace 6502	238
9.13 Algoritmy sčítání a násobení pro 6502	241
9.14 Ahoj, světe, tady 6502	242
9.15 Ještě nějaký trik, prosím!	245

9.16 Organizace kódu	249
9.17 65C02 - vylepšená verze s technologií CMOS	253
<b>10 Intermezzo paměťové</b>	<b>259</b>
10.1 Moc paměti?	260
10.2 Stránkování	261
10.3 Všechno najednou, a ještě něco navrch...	266
<b>11 OMEN Charlie</b>	<b>271</b>
11.1 Emulátor osmibitového procesoru	271
11.2 Emulace procesoru v Arduinu / AVR	273
11.3 Praktické cvičení: Emulátor systému s procesorem 8080 v Arduinu	274
11.4 Konzole do ruky	275
<b>12 Omen Delta (koncepte)</b>	<b>281</b>
12.1 Spojení starého a nového	281
12.2 Jak to funguje?	281
12.3 Autorská vsuvka	282
12.4 Architektura procesoru Zilog Z80	283
12.5 Assembler Z80 ve zkratce (a se zvláštním přihlédnutím k instrukcím 8080)	286
<b>13 Intermezzo obrazové</b>	<b>293</b>
13.1 Černobílý videosignál PAL/SECAM	293
13.2 Arduino a video	296
13.3 OMEN Echo (koncepte)	298
13.4 Barevný videosignál	299
<b>14 OMEN Kilo</b>	<b>303</b>
14.1 Architektura procesoru Motorola 6809	303
14.2 Zapojení MC6809	308
14.3 6809E	310
14.4 OMEN Kilo CPU	312
14.5 Koncept „backplane“	315
<b>15 Základy programování v assembleru 6809</b>	<b>319</b>
15.1 Adresní módy 6809	319
15.2 Jak to ten procesor dělá?	325
15.3 Postbyte	325
15.4 Instrukce pro přesun dat	327

15.5 Operace se zásobníkem	329
15.6 Příznaky	330
15.7 Skoky	332
15.8 Podmíněné skoky	332
15.9 Aritmetické instrukce	334
15.10 Logické instrukce, rotace a posuny	336
15.11 Přerušovací a speciální instrukce	338
15.12 Další instrukce	339
15.13 Pseudoinstrukce (Direktivy)	339
15.14 Tipy	340
<b>16 Další periferie</b>	<b>345</b>
16.1 Než začneme rozšiřovat...	345
16.2 Paralelní port PIA (6821)	346
16.3 Moderní periferie (SPI)	349
16.4 Hodiny reálného času (RTC)	350
16.5 Pořádně velké úložiště (CF IDE)	352
16.6 Lepší zvuk	354
16.7 A co dál?	358
<b>Doslov</b>	<b>361</b>
<b>Přílohy</b>	<b>365</b>
Instrukce procesoru 8085	365
Instrukce procesoru 65C02	373
Instrukce procesoru 6809	377





# **1 Slavné domácí osmibity 80. let**



## 1 Slavné domácí osmibity 80. let

### 1.1 Domácí počítač

Čím jiným začít tuto knížku, než vyprávěním o slavných hvězdách let dávno minulých, z dob, kdy každý domácí počítač měl jiný systém a kompatibilita byla nanejvýš mezi sousedními modely jedné řady jednoho výrobce. Pravděpodobně jste některý z těchto počítačů měli doma, a možná ho stále máte. Bylo to Spectrum? *Gumák*, nebo *Plusko*? Nebo *Atárko*? Nebo snad Commodore, dokonce s disketovkou? Nebo Sharp, či snad Sord?

Na začátku 70. let stále ještě platilo, že počítač = sálové zařízení. Nejnovější výkřiky techniky pak byly velké jako skříň. Jejich srdcem byly procesory, postavené ze samostatných modulů, většinou na jedné desce.

Processor, coby základní řídicí jednotka, obsahuje jednak část, která řídí běh programu a vykonávání instrukcí (*řadič*), a jednak část, která zpracovává data (*aritmeticko-logická jednotka*, ve zkratce ALU, a k ní sada registrů, v nichž se data uchovávají při zpracování). K procesoru byla připojena paměť, v níž je uložený program a zpracovávaná data, a taky nějaké periferie, což byly všechny ty terminály, klávesnice, snímače děrných pásek a štítků, magnetopáskové jednotky, diskové jednotky...

Ve stejné době vznikly první mikroprocesory, tedy integrované obvody, které na jednom čipu (či několika málo čipech) obsahovaly řadič instrukcí, výkonnou jednotku, pracovní registry i aritmeticko-logickou jednotku. Poměrně rychle vznikly obvody 4004, 8008 a 8080 (vše Intel). Od vzniku procesoru 8080 se vlastně dá mluvit o začátku mikroprocesorové éry.

Intel nebyl samozřejmě sám, vznikaly i další procesory, a po poklesu cen a příchodu mikroprocesorů 6502 a Z80 začaly vznikat první počítače, které se vešly na stůl. Kromě profesionálních zařízení přišla i zařízení pro amatérské použití (Altair 8800) nebo dokonce plně amatérské konstrukce.

Amatér je samozřejmě slovo, které má hanlivý nádech, ale nezapomínejme, že jeho původ je ve slově *amare*, tedy milovat. Amatér je tedy vlastně člověk, který se oboru věnuje nikoli proto, že by ho živil, ale proto, že ho má rád. A v tomto významu prosím čtete i výše zmíněné „amatérské konstrukce“.

První amatérské počítače se prodávaly jako stavebnice: deska tištěných spojů, sada součástek, spájejte si doma, IKEA hadr. Přesně v tomto stylu začala vyrábět své počítače garážová firma Apple – model

Apple I byl právě taková stavebnice, kterou jste si za 500 USD koupili a spájeli doma (a pokud jste si ji schovali až dodneška, má hodnotu několik desítek tisíc dolarů).

Brzy ale přišly kompletní sestavené stroje, které jste si přinesli z obchodu, zapojili – a fungovaly. Nejslavnější jména té doby (hovoříme o konci 70. let) jsou Apple II, Commodore PET a TRS-80.



Obrázek 1: Apple I

Apple II se neprodával tak dobře jako další (například v jeho BASICu chyběla podpora pro desetinná čísla), ale prodával se delší dobu, takže úhrnem až do roku 1993, kdy se přestal vyrábět, prodala firma Apple přes čtyři miliony kusů tohoto počítače.

Commodore PET přišel s ikonickým designem plechové krabice se zabudovanou klávesnicí, kazetovým magnetofonem a černobílým displejem.



Obrázek 2: Commodore PET

Commodore oznámil poměrně brzy nové modely, a tak se různých modelů PETu prodal necelý milion.

Třetí slavný počítač té doby, TRS-80, používal procesor Z80, na rozdíl od předchozích dvou, které byly poháněné procesorem 6502. Zkratka TRS odkazuje na výrobce (Tandy) a distributora tohoto počítače (Radio Shack).



Obrázek 3: TRS-80

## 1.2 Druhá generace

Do druhé generace domácích počítačů promluvily i další firmy. V Atari vzali hardware svých herních konzolí, přidali k němu klávesnici, a tak vznikla slavná řada domácích osmibitů od Atari (400, 800, série XL, série XE). Commodore přepracovalo PET a vznikly počítače VIC-20 a veleúspěšný Commodore 64.

V Británii sir Clive Sinclair, který věřil kalkulačkám a směřoval spíš k vědeckému použití vlastních vynálezů, vlastně jako vedlejší produkt uvedl na trh nejprve počítačovou stavebnici MK14 s méně známým procesorem SC/MP (INS8060) a později slavnou sérii počítačů ZX: ZX80, ZX81 a ZX Spectrum.

Atari a Sinclair patřily k nejrozšířenějším počítačům v tehdejší ČSSR. U Atari to byly především modely 800XL a 130XE, od Sinclaire pak ZX81, ale především Spectrum (i Spectrum Plus, vídané i pod značkou „Delta“). Méně bylo Commodorů, Specter 128, počítačů Amstrad, Sharp MZ800 nebo Sord m5.

O počítačích ZX asi nemá smysl v české knize pro českého čtenáře psát podrobněji. Přesto alespoň pár slov.

Počítač ZX80 přišel s jednoduchou konstrukcí: deska včetně membránové klávesnice, paměť, procesor a několik integrovaných obvodů, které se spolu s mikroprocesorem staraly o zobrazování textu na černobílé televizi. Sinclairovi konstruktéři vymysleli velmi důmyslný trik, kterým dokázali zobrazovat text na televizi s minimem potřebných součástek. Na druhou stranu za to zaplatil uživatel, protože procesor většinu času sloužil jako čítač adres pro zobrazování, a pouze ve chvílích, kdy se nic nezobrazovalo, mohl počítat uživatelské úlohy.

Následovník ZX81 přinesl zásadní změnu. Koncepce zůstala stejná, ale naprostá většina integrovaných obvodů byla nahrazena jedním na míru vytvořeným zákaznickým čipem ULA SCL (Sinclair Custom Logic). Počítač tak obsahoval pouhých pět integrovaných obvodů – procesor, paměť RAM (2 čipy), paměť ROM a SCL. Díky tomu byl ZX81 menší a levnější. Jinak zůstal, snad s výjimkou drobného rozdílu v přerušovacím systému, funkčně shodný s předchůdcem.

Ale protože konkurence oznamovala počítače s barevným výstupem, tak i u Sinclairů připravovali vlastní barevný stroj. Dostal název ZX Spectrum a vývojáři vyšli z toho, co dobře znali.

Použili stejnou koncepci klávesnice (jen přes ni dali gumovou masku s tlačítky, která vysloužila Spectru přezdívku „gumák“), použili stejný procesor, zvětšili paměť z 8 kB ROM na 16 kB ROM, v základu místo jednoho kilobajtu statické RAM bylo 16 kilobajtů dynamické RAM, a konečně přepracovali zákaznický obvod tak, že dokázal generovat barevný obraz. Tentokrát už bez přispění procesoru, takže procesor mohl pracovat bez ohledu na potřeby zobrazování. Pouze pokud přistupoval k paměti ve stejné paměťové oblasti, jako byl displej, tak byl mírně zpomalován.

Kromě tří modelů počítačů ZX, z nichž každý je legendou sám o sobě, přispěl Sinclair k boomeru domácích počítačů i zprostředkovaně: Sinclairův zaměstnanec Chris Curry nebyl spokojen s tím, jak Sinclair vede (spíš nevede) vývoj osobních počítačů, a tak odešel a založil si vlastní firmu Acorn. Po prvním jednodeskovém Acorn System 1 přišel počítač Acorn Atom, a po něm slavný počítač Acorn Proton, známější jako BBC Micro (britská veřejnoprávní síť BBC totiž vybrala tento počítač jako výukový počítač pro svůj kurz programování a číslicové techniky).

Po BBC Micro přišla i jeho levnější varianta Acorn Electron, ovšem pak nastala krize v polovině 80. let, mnohé značky nepřežily a Acorn se udržel jen díky svému novému počítači Archimedes a vlastnímu procesoru, nazvanému Acorn RISC Machine, ve zkratce ARM. Ten je tu s námi dodnes, i když v notně vylepšené podobě.

V polovině 80. let skončila éra domácích osmibitů: Commodore ani Atari už nepředvedly významnější zlepšení osmibitové série a představily své šestnáctibitové stroje Amiga a ST. Sinclair přechod na vícebitovou architekturu urychlil tak moc, že jeho Sinclair QL předběhl dobu, zaznamenal neúspěch a Sinclair nakonec svou značku prodal konkurentům od Amstradu (kteří do té doby vyráběli počítače řady CPC).



Obrázek 4: Acorn Proton, alias BBC Micro

### 1.3 Další slavní...

Sinclairovi lidé, kteří od něho na začátku 80. let odešli, mají na svědomí nejen firmu Acorn, ale třeba i počítač Jupiter Ace.



Obrázek 5: Jupiter ACE (fotografie autora Factor-h pod licencí CC-BY-SA)

Tento počítač připomíná na první pohled ZX Spectrum. Uvnitř je ale podobný spíš ZX81. Nejzajímavější na něm je fakt, že na rozdíl od ostatních počítačů té doby neměl Jupiter zabudovaný programovací jazyk BASIC, ale používal jazyk FORTH. A zase: pokud máte doma tento počítač, má hodnotu několika desítek tisíc.

Zatímco Acorn jsme tu aspoň trochu znali, jméno Tangerine Computer Systems znělo povědomě snad jen těm největším fandům. Možná někdo někde zahlédl název ORIC, nebo fotografii...

Přitom první počítač této firmy, nazvaný ORIC-1 a uvedený v roce 1983, rozhodně měl šanci zaujmout. Dodával se ve verzi s 16 kB RAM nebo s 48 kB RAM, uvnitř ho poháněl osvědčený 6502A, taktovaný na 1 MHz. Na rozdíl od Spectra 48 obsahoval speciální zvukový čip – známý AY-3-8912 (později použitý ve Spectru 128). Samozřejmě byl zabudovaný BASIC...

I v ORICu byl použit zákaznický obvod ULA, který se staral o zobrazování ve dvou grafických módech, LORES a HIRES.

V Tangerine připravili vylepšené verze Atmos, Stratos a Telestratos, ale nakonec i je dostihl konec osmibitové éry. Jako zajímavý moment dodám, že firma vyvezla zhruba tisíc počítačů Atmos do tehdejší Jugoslávie a že v Bulharsku vyráběli klon Atmosu pod označením Pravec 8D.

Firma Tandy spolu s prodejcem RadioShack pod značkou TRS pokračovala v úspěšné sérii domácích počítačů, zahájené modelem TRS-80, a po několika modelových sériích tohoto černobílého počítače přišla s barevnou verzí, nazvanou „TRS-80 Color Computer“, zkráceně CoCo. V tomto typu opustila procesor Z80 a místo něj stroje CoCo poháněl procesor Motorola 6809. Což tedy znamenalo hlavně programovou nekompatibilitu s předchozími stroji. Počítače CoCo se dočkaly tří modelů (CoCo, CoCo 2 a CoCo 3), ten poslední se vyráběl až do roku 1991. Časem se pro ně objevily i operační systémy FLEX9 a OS-9 se schopnostmi lehce přesahujícími tehdejší DOS.



Obrázek 6: TRS-80 Color Computer (autor fotografie: Bilby, CC-BY)



Firma Dragon vyráběla počítače Dragon 32 a Dragon 64, které byly koncepcí i schopnostmi velmi podobné počítači CoCo. Hlavní rozdíl byl ten, že byly britské, a tedy pracovaly se systémem PAL (nikoli NTSC). Britský tisk je označoval za „lepší než jejich britští konkurenti, ale celkem nic moc“ a trochu nespravedlivě psal, že „je to levnější klon CoCo s lepší klávesnicí“.



Obrázek 7: Dragon 32

## 1.4 MSX

Standard MSX byl logickou reakcí na spoustu platform, co v té době existovala. Dneska máme v zásadě dvě hlavní platformy a tři systémy, přičemž ty platformy můžou poměrně bez problémů sdílet navzájem periferie, dokonce i některé komponenty, takže *piánko*. Ale představte si začátek 80. let, co výrobce, to vlastní nová geniální platforma, často nekompatibilní ani s předchozím modelem... Ti velcí, co se chytli, měli štěstí: Atari, Commodore, Sinclair. Ale co ti ostatní, kterým trh domácích počítačů ujížděl?

Na trhu profesionálních sestav bylo relativně dobře, tam se vždycky našel nějaký společný jmenovatel, třeba CP/M. Výrobci stačilo udělat stroj s disketovou mechanikou a BIOSem a systém se už nějak podařilo naportovat. Ale pro domácí počítače byly diskety v tu dobu zatím pořád drahé.

S řešením přišel Microsoft, firma, která v té době ještě nebyla nenáviděný symbol korporátní arogance a terč k diskusním jedovatostem pro každého juniorního vývojáře, ale především vývojář

na tehdejší dobu velmi kvalitních interpreterů BASICu pro všemožné platformy. (Ostatně právě tohle nakonec donutilo Gatese kývnout na popávku IBM – kdyby PC nemělo systém, Gates by nemohl prodávat své programovací jazyky pro PC, tam viděl hlavní těžiště obchodního modelu MS+PC) No a právě Microsoft se tehdy spojil s několika (převážně japonskými) výrobci elektroniky a dohromady navrhli „standard MSX“.

Vize byla jednoduchá: Každý počítač, který bude mít logo MSX, bude splňovat určitou minimální sadu požadavků, což zajistí, alespoň teoretickou, kompatibilitu software a části hardware. Počítače budou mít stejný procesor (Z80A) na stejné frekvenci (3,58 MHz), budou mít stejný grafický řadič (TMS9918, popř. ekvivalent pro PAL systém TMS9929), zvukový čip AY-3-8910, PIO 8255, na něm budou připojené standardizovaným způsobem některé interní periferie (např. přepínání paměti), a tak dále. Tedy v podstatě něco jako PC, kdyby PC bylo od začátku výsledkem dohody několika firem. A bylo na výrobcích, kolik použijí paměti (předepsáno bylo minimálně 16 kB RAM), jakou použijí klávesnici, jaké pouzdro zvolí, jaké příslušenství dodají... O základní programové vybavení se nemuseli starat: měli od Microsoftu MSX BASIC.



Obrázek 8: Počítač standardu MSX2 od Daewoo

Výhody tohoto přístupu jsou jasné a pro nás dnes už samozřejmé: výrobce mohl vyrábět třeba jen cartridge nebo software a měl jistotu, že budou fungovat na nejrůznějších modelech od nejrůznějších výrobců (ve skutečnosti měl spíš „naději“ než „jistotu“, ale dejme tomu). Zákazník si mohl koupit počítač MSX od libovolného výrobce podle svých osobních preferencí a věděl, že mu budou fungovat moduly a programy od jiných výrobců. Mohl upgradovat bez obav z toho, že na novém systému nebudou staré programy fungovat. A tak dále.

Jenže: přídatné moduly měly občas problémy při fungování s jinými. Nebyly mechanicky dobře vyřešené, takže těžké moduly občas vypadly z konektoru. Výrobci poměrně rychle začali nabízet modely s velkou pamětí, čemuž se přizpůsobili tvůrci software, a tak jste si některé hry na slabším modelu nespustili.

Ale to všechno byly jen prkotiny proti tomu největšímu problému: Počítače MSX vyráběla spousta výrobců, převážně japonských. Prodávaly se v Japonsku velmi dobře. Ale ve světě už moc ne. Ve Spojených státech a v Evropě, kde se rozhodovala bitva o domácí počítače, vládla trojice Commodore, Atari, Sinclair a MSX se tu nikdy významně nerozšířil (i když jedním z výrobců byl Philips) – snad jen s výjimkou Španělska a Nizozemí. Standard MSX se kupodivu ujal v arabských zemích a zemích Latinské Ameriky. No a nemalá část těchto počítačů, okolo milionu kusů, se prodala v – Sovětském Svazu! Tam je nakoupili do škol (embargo COCOM se na tuto kategorii strojů, na rozdíl třeba od strojů s procesorem MC68000, nevztahovalo).

Takže co tu máme? Kvalitně navržený osmibit, s velmi dobrým (na tu dobu) grafickým čipem, s procesorem, co „všichni známe“, se spoustou paměti, standardizovaný, s velmi slušným zadržovaným BASICem, spousta modelů, hmmm... jak by to mohlo neuspět?



Obrázek 9: Sony HitBit

A vidíte – mohlo! Postupně vznikly standardy MSX2, MSX2+ a MSX TurboR, které přidávaly práci s disketami, lepší grafické a zvukové možnosti, TurboR dokonce mnohonásobně rychlejší procesor R800, ale to už byla labutí píseň – Commodore navrhl Amigu, v Atari vzniklo ST a zbytek světa pomalu šel cestou „PC a kompatibilní“. První stroje MSX vyráběly desítky výrobců, namátkou Canon, Daewoo, Fujitsu, Goldstar, Hitachi, JVC, Kawai, Panasonic, Philips, Samsung, Sanyo, Sharp, Sony, Toshiba nebo Yamaha. Všechno známé značky. Postupem času většina odpadla a u posledního standardu zůstala jen trojice Panasonic, Sanyo a Sony.

V roce 1986 vyšel v Amatérském Radiu (AR A, čísla 3 a 4) dvoudílný popis standardu MSX. Dneska už působí trochu archaicky, hlavně některé výrazy a formulace (vzpomeňte si: bylo tažení proti cizím slovům v elektronice, a tak se vymýšlely magnetoskopy, styky, styková rozhraní a podobné krkolomnosti). Z popisu funkce „STRING\$ vydá řetězec na základě čísla“ dneska už fakt nejsem moudrý, ale upřímně: Zaplat' pámbu za ty články!

## 1.5 A u nás?

Pokud jste v té době žili v ČSSR a měli jste domácí počítač, byl to pravděpodobně Sinclair, Commodore, Atari, Sord, Sharp – tedy zahraniční stroj. Ne že by se v ČSSR žádné domácí počítače nevyráběly. Vyráběly, ale nedaly se moc koupit. Kvůli nejrůznějším problémům se často nedostaly ani do škol nebo do zájmových klubů.

Československo tehdy vyrábělo hned několik strojů, které sem tak trochu spadají. Kromě školních jednodeskových počítačů PMI-80 a TEMS80-03 to byly především počítače PMD-85 a IQ-151. Ten druhý by se dal zařadit spíš do kategorie „neblaze proslulý“ a plně spadá do kategorie „chtěli jsme to udělat co nejlíp, ale dopadlo to jak vždycky“. Navržený byl jako modulární systém, ovšem zajímavý návrh zabily problémy se zdrojem (takže první verze fungovala maximálně se dvěma přídatnými kartami, následující verze naopak topila jak sporák) a naprosto příšerná klávesnice, o kterou jste si lámali prsty.

Naštěstí první jmenovaný, PMD-85, to alespoň trochu zachraňoval, a i když měl taky své mouchy, tak aspoň fungoval a netopil. Později vznikly další dva modely, s kvalitnější klávesnicí a dokonce i s barevným výstupem. A nejen to, vyráběly se i kompatibilní stroje, například počítač Maťo (což byla stavebnice s menší klávesnicí, ale do jisté míry kompatibilní) nebo počítače Consul ze Zbrojovky Brno (kde se pamětníci dodnes brání tomu, že by PMD zkopírovali).

Další klon PMD vyrábělo družstvo Didaktik Skalica pod názvy Didaktik Alfa a Didaktik Beta. Třetí do série, Didaktik Gama, byl taky klon, ovšem už ne PMD, ale naopak známého a rozšířeného ZX Spectra.

Tak trochu stranou stál tým Eduarda Smutného, českého konstruktéra počítačů, který po úspěšných průmyslových JPR-12 a JPR-1 (základ sestavy SAPI-1) zkonstruoval i obdobu Sinclairu ZX-81 pod názvem Ondra. Výrobce Ondry sliboval jednoduchý a dostupný počítač pro děti, bohužel výroba vážla a vážla, a když se rozjela, svět už byl dál.

## 1.6 Jednodeskové počítače

Jednodeskáč, tedy celým jménem „jednodeskový mikropočítač“, byl v 70. a 80. letech malý počítač, co se vešel na jednu desku. Dnes se na jednu desku vejde leccos, ale tehdy jste si moc vyskakovat

nemohli. Většinou se tam vešel procesor, trocha paměti (typicky 1 kB RAM, 1 kB PROM), klávesnice (měla většinou okolo 20-25 tlačítek: 16 znaků 0-9 a A-F pro zadávání hexadecimálních číslic a několik ovládacích), displej (ze sedmisegmentovek) a nějaké vstupně/výstupní porty, které byly buď dostupné pro další rozšiřování, nebo na nich byly různé LEDky, motorky a podobně.

V Československu se vyráběly dva známější jednodeskáče (a několik dalších, dnes už pozapomenutých): legendární PMI-80 a školní jednodeskový počítač TEMS 80-03A. Oba s procesorem 8080A a s plus mínus stejnou technickou výbavou. Několik jednodeskových počítačů vzniklo i péčí nadšenců (BOB85, SAVIA84), vznikaly i jako stavebnice (Petr)... Technicky vzato byl třeba i Ondra jednodeskový, ale pro nás budiž jednodeskáč počítač s omezenou klávesnicí a s displejem ze sedmisegmentovek.

Ve světě se prosadil asi nejvíc KIM-1, jednodeskový počítač od MOS Technology s procesorem 6502. Vznikla i „odlehčená“ verze Junior Computer. Další zajímavý jednodeskáč byl třeba Cosmac Elf nebo Heathkit ET3400.

## **PMI-80**

Začnu PMIčkem. Je totiž velmi dobře zdokumentované, hlavně díky sérii článků v Amatérském Radiu. PMI-80 mělo 1 kB RAM, 1 kB ROM (a mohli jste si druhý kB přidat), klávesnici s 25 tlačítky, devítimístný displej z kalkulačky (obojí připojené přes periferní obvod 8255) a primitivní rozhraní pro magnetofon.

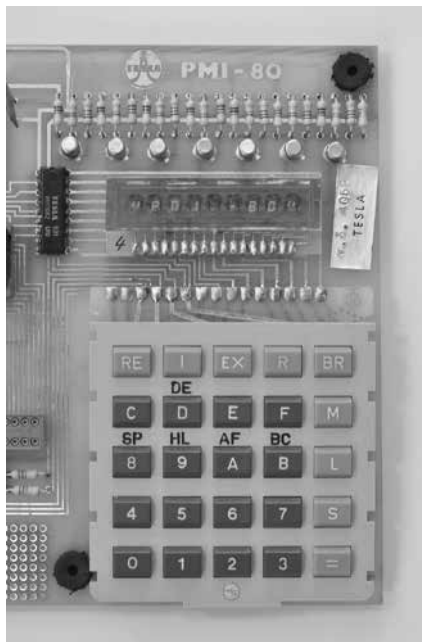
## **Ovládání PMI-80**

Displej byl, jako u většiny jednodeskáčů, rozdělen na část adresní (vlevo) a část datovou (vpravo). Rozdělení nebylo nijak dané, byla to čistě konvence. Klávesnice obsahovala 25 tlačítek, fyzicky rozmístěných do matice 5×5.

Tlačítko RE celý systém zresetovalo, a na displeji se objevil nápis „PMI-80“. Po stisknutí libovolné klávesy (tedy kromě RE a I) se na displeji úplně vlevo objeví znak, co má být asi otazník, který říká, že PMI je připravené přijímat pokyny.

Nejzásadnější věc u jednodeskáče byla funkce prohlížení a měnění obsahu paměti. Po stisku tlačítka M (Memory) se vlevo objevilo „velké M“ (píšu to v uvozovkách, protože na sedmisegmentovém displeji to vypadá spíš jako obrácené velké U nebo ruské P), pak mezera a čtyři pozice adresy. Třeba: „M 1C00“ Pomocí hexadecimální klávesnice jste zadali adresu (pokud jste udělali chybu, prostě jste psali dál, systém bral jako platné pouze čtyři poslední znaky) a tlačítkem „=“ jste ji potvrdili. Na displeji se objevil za adresou znak „=“ a za ním dva znaky – obsah paměti na dané adrese. Třeba „M 1C00=00“. Teď jste mohli zadat nový obsah, zase pomocí hexadecimální klávesnice a zase platily pouze poslední dva znaky. Tlačítkem „=“ jste potvrdili změnu a přesunuli se k další adrese.

Konec zadávání jste udělali tak, že jste buď stiskli klávesu, kterou program nečeká (třeba EX), nebo resetovali stroj tlačítkem RE. Tady reset neznamena vymazání paměti, takže to, co jste zadali, v ní zůstává.



Obrázek 10: klávesnice a displej PMI-80 (autor: Teslaton, CC-BY-SA)

Pomocí EX jste program spustili. Po stisku EX zase systém očekává zadání adresy, a po jejím potvrzení tlačítkem „=“ spustí program.

Sofistikovanější podobu měla funkce Break (BR). Zde jste nejprve zadali adresu, na které se má program přerušit a skočit do monitoru, a v druhém kroku spouštěcí adresu. Jakmile program narazil na danou adresu, odskočil zpět do monitoru, a vy jste si mohli zkontrolovat, zda je vše tak, jak má být.

K tomu vám dopomáhala třeba i funkce kontroly registrů – klávesa R. Po jejím stisknutí jste si vybrali, od jaké dvojice chcete prohlížet (AF, BC, DE, HL, SP – viz klávesnice). Zase můžete pomocí klávesnice obsah měnit, tlačítkem „=“ potvrzovat a přesunout se k další dvojici.

Poslední dvě funkce, S a L, fungovaly pro ukládání (save) a čtení (load) programů na pásek a z pásky.

### **BOB-85**

Tuhle konstrukci postavil ing. Kratochvíl s procesorem 8085 a publikoval ji, jak jinak, v Amatérském Radiu, a to včetně dokumentace, výpisu monitoru, několika programů a zdrojových kódů.

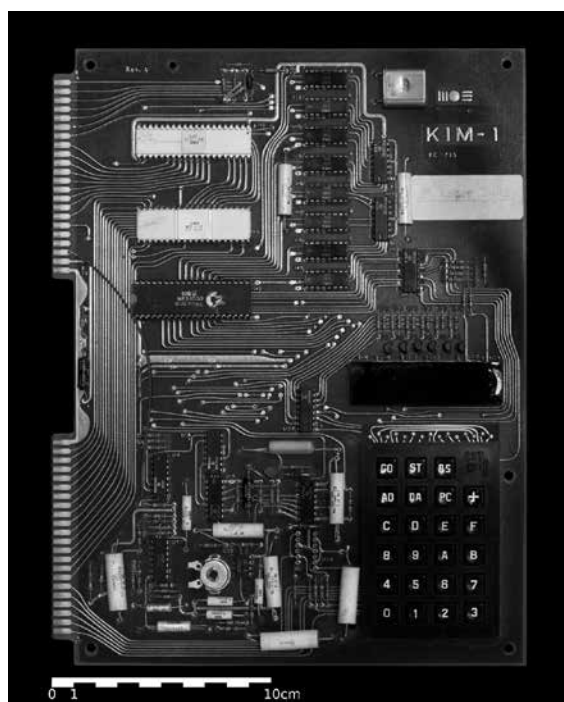
BOB-85 měl plus mínus stejné schopnosti jako PMI-80. Klávesnice měla 24 tlačítek (6×4) a displej pouhých 6 pozic.

Ovládání se od PMI-80 trochu lišilo. Nebyla tu možnost měnit obsah registrů nebo nastavovat breakpointy. Prohlížení paměti fungovalo podobně (jen místo klávesy M se jmenovala S MEM), místo klávesy „=“ byla klávesa „NEXT“ a při opravě dat nefungoval systém tak, že by obsah posouval, ale zadávali jste ho znovu. Navíc proti PMI tu je možnost postupovat pamětí nejen dopředu (NEXT), ale i dozadu (REC).

Klávesa EXEC vyvolala RESET stroje. Klávesa GO spouštěla program od dané adresy. VEK1, VEK2, a RST měly být nějaké přerušovací vektory do budoucna. A klávesa REC kromě už uvedené funkce vyvolávala ještě funkce pro zápis a čtení programů.

### KIM-1

Pro nás trochu exotičtější stroj, s těmi jsme se v ČSSR moc nesetkávali. Koncepce opět stejná: procesor (6502), trocha paměti, šest sedmsegmentovek, klávesnice 6×4, ale hlavně: vyvedený rozšiřující konektor, díky kterému se dalo ke KIM-1 snadno připojit leccos.



Obrázek 11: MOS KIM-1 (autor Rama, CC-BY-SA)

Displej držel stejnou konvenci, 4 pozice adresa, 2 data, ale ovládání bylo trošičku jiné. Tlačítkem AD jste zvolili možnost „zadám adresu“, tlačítkem DA jste začali přistupovat k datům. Roli tlačítka „=“, respektive „NEXT“, tu má tlačítko „+“.

Tlačítko GO spustilo program od adresy, která byla na displeji (zadaná po stisknutí AD). Tlačítko PC vyvolalo hodnotu Program Counteru (PC) na displej. RS je RESET, ST je STOP.

Poslední tlačítko nebylo tlačítko, ale přepínač SST – pokud byl aktivní, fungoval KIM-1 v režimu „Single Step“, tedy po stisknutí tlačítka GO vykonal přesně jednu instrukci a opět se zastavil.

### **ET3400**

Tato počítačová stavebnice obsahovala procesor Motorola MC6800 a kromě klasických „jednodeskáčových“ propriet i nepájivé kontaktní pole. Co je na tomto stroji zajímavé je to, že si vystačí s šestnácti tlačítky a RESETem. Každé tlačítko mělo dvě funkce – kromě hexadecimálního znaku to byl i nějaký povel, a co bylo aktivní, to záleželo na kontextu.

Mimochodem, všude doporučuju najít a přečíst si manuál k tomuto počítači, stejně jako manuál ke KIM-1! Není to jen „jak se to ovládá“, ale představují i procesor, popisují jeho funkce, učí ho programovat, a příručka k ET3400 začíná dokonce velmi podrobným konstrukčním návodem (IKEA faktor: 100!)