

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta textilní

Obor 31-20-8

Automatizované systémy řízení ve spotřebním průmyslu

Katedra technické kybernetiky

název diplomové práce

ROZŠÍŘENÍ MOŽNOSTÍ ŠKOLNÍHO MIKROPOČÍTAČE TEMS 80-03

Pavel MACEK

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Vlk, KEL VŠST Liberec

KTK ASŘ TF-079

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 58

Počet obrázků: 16

Počet tabulek: 5

Počet příloh: 4



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro s. Pavla M a c k a  
obor 31-20-8 ASŘ ve spotřebním průmyslu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Rozšíření možností školního mikropočítače TEMS 80-03

### Zásady pro vypracování:

- 1) Seznámit se s obsluhou, provedením a možnostmi školního kufříkové mikropočítače TEMS 80-03
- 2) Návrh celkového rozšíření možností školního kufříkového mikropočítače TEMS 80-03
- 3) Realizace části rozšíření, např. číslicově-analogového a analogově-číslcového převodníku včetně software

Autorské právo se řídí směrnicemi  
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31  
727/62-III/2 ze dne 13. července  
1962. Věstník MŠK XVII, sešit 24 ze  
dne 31. 8. 1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ  
PSČ 461 17

V 79/84 T



O B S A H

	strana
Úřední zadání	1
Místopřísežné prohlášení	2
Obsah	3
Seznam použitých zkratk a symbolů	5
1. ÚVOD	6
2. SOUČASNÝ STAV MIKROPOČÍTAČOVÉ TECHNIKY	8
2.1. Mikroprocesory	9
2.2. Rychlost mikropočítačů	10
2.3. Kapacita paměti	11
3. ŠKOLNÍ MIKROPOČÍTAČE	13
3.1. Školní mikropočítač TEMS 80-03A	13
3.2. Technické řešení mikropočítače TEMS 80-03A	14
3.2.1. Blok obvodů centrální jednotky (CPU)	15
3.2.2. Blok obvodů pamětí	16
3.2.2.1. Adresový prostor operační paměti RAM	16
3.2.2.2. Adresový prostor pevné paměti EPROM	16
3.2.3. Blok obvodů pro připojení periferních zařízení	17
3.2.4. Blok obvodů displeje a klávesnice	17
3.3. Možnosti základního provedení TEMS 80-03A	18
3.3.1. Vlastnosti systému TEMS 80-03A	18
4. NÁVRH CELKOVÉHO ROZŠÍŘENÍ MOŽNOSTÍ TEMS 80-03A	19
4.1. Přímé rozšíření na desce TEMS 80-03A	20
4.1.1. Úpravy realizovatelné na desce TEMS 80-04	20
4.2. Úpravy realizovatelné mimo TEMS 80-03A	22
4.2.1. Návrh úprav pro TEMS 80-03A	23
4.2.1.1. Analogově-digitální A/D a digitálně-analogové D/A převodníky	23
4.2.1.2. Rozšíření kapacity operační paměti RAM	23
4.2.1.3. Náhrada stávajících paměťových obvodů obvody CMOS	24
4.2.1.4. Programátor paměti EPROM	24
4.2.1.5. Ruční čtečka děrné pásky	25
4.2.1.6. Napájecí zdroj	25
4.2.1.7. Spojení TEMS 80-03A a SM 50/40	26



4.2.1.8. Deska TEMS 8006	26
5. KONSTRUKČNÍ ČÁST	27
5.1. Rychlý 8-kanálový A/D a D/A převodník	28
5.1.1. Principy A/D převodníků	29
5.1.1.1. Převodníky A/D pracující na integračním principu	29
5.1.1.2. Převodníky A/D pracující na komparačním principu	29
5.1.1.3. Převodníky A/D pracující na kompenzačním principu	29
5.1.1.3.1. Základní schéma a funkce kompenzačního A/D převodníku	30
5.1.2. Princip D/A převodníku	31
5.1.3. Integrovaný D/A převodník K 572 PALA	32
5.1.3.1. Technická data K 572 PALA	36
5.1.4. Obvodové řešení A/D a D/A převodníku	37
5.1.4.1. Multiplexer	38
5.1.4.2. Komparační zesilovač	38
5.1.4.3. D/A převodník	38
5.1.4.4. Zdroj referenčního napětí	39
5.1.5. Konstrukční řešení převodníku	40
5.1.6. Připojení převodníku k TEMS 80-03A	41
5.1.7. A/D převod a jeho programové zajištění	42
5.1.8. D/A převod a jeho programové zajištění	45
5.1.9. Parametry převodníku	45
5.2. Realizace přídavné paměti RAM	46
5.2.1. Rychlé rozšíření RAM o 1KB	46
5.2.2. Přídavný modul RAM 4KB	47
5.3. Programátor paměti EPROM	48
5.3.1. Konstrukční řešení programátoru	49
5.3.2. Programové zajištění a obsluha programátoru	50
6. ZÁVĚR	52
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
8. SEZNAM PŘÍLOH	56
Prohlášení o autorských právech	57
Poděkování	58



Seznam použitých zkratek a symbolů

- LSI - large scale integration - obvody vysoké integrace
- VLSI - very large scale integration - obvody velmi vysoké integrace
- SSI - small scale integration - nízký stupeň integrace
- CPU - central processing unit - centrální procesorová jednotka počítače
- RAM - random access memory - paměť s libovolným přístupem umožňuje čtení i zápis
- ROM - read only memory - paměť umožňující pouze čtení pevná paměť
- EPROM - electrically programmable ROM - elektricky programovatelná pevná paměť
- DMA - direct memory access - přímý přístup do paměti
- MSB - most signification bit - nejvíce významný bit
- LSB - low signification bit - nejméně významný bit
- CS - chip select - výběr obvodu (aktivační vstup)
- EN - enable - uvolňovací (blokovací) vstup
- H - high - vysoká úroveň tj. log. jednička
- L - low - nízká úroveň tj. log. nula
- V/V - vstupně-výstupní obvod nebo kanál
- IO - integrovaný obvod



## 1. Ú V O D

Jedním z klíčových faktorů podmiňujících další intenzivní rozvoj národního hospodářství v dnešních podmínkách je promyšlená elektronizace všech výrobních i nevýrobních odvětví. Účelné využívání aplikované elektroniky vytváří předpoklady k uspokojování celé řady společenských potřeb.

Použitím nejrůznějších průmyslových manipulátorů, robotů a dalších zařízení umožňuje elektronizace zvyšování produktivity práce ve všech fázích společenské rozšířené reprodukce, tj. ve výzkumu, vývoji, vlastní materiální výrobě, rozdělování, směně i spotřebě. Využití regulačních a automatizačních prostředků vede k efektivnějšímu využívání surovin a paliv, zvyšuje se účinnost jejich využití a také užitná hodnota strojů a zařízení, čímž se mimo jiné vytvářejí předpoklady k úspěšnějšímu pronikání na zahraniční trhy.

Existuje již celá řada oborů, kde se elektronika stala pro své vlastnosti, jako je rychlost řízení, malé rozměry, nízká energetická náročnost, spolehlivost ap., zcela nenahraditelná. Tuto skutečnost potvrzuje závěr, který vyslovil generální tajemník ÚV KSČ soudruh Gustav Husák na XVI. sjezdu KSČ: "Mimořádnou pozornost je nutné věnovat elektrotechnickému průmyslu. Musíme vycházet z toho, že rozvoj elektroniky a mikroelektroniky, její progresivní součástkové základny, je rozhodující pro další technický vzestup všech odvětví národního hospodářství a celé společnosti. "

V současné době jsme svědky bouřlivého nasazení a rozvoje nové generace součástkové základny elektroniky, tzv. mikroprocesorové techniky. Na rozdíl od ostatních integrovaných obvodů lze mikroprocesorové obvody charakterizovat jako logické obvody s programovatelnou logikou. Výsledné chování obvodu je řízeno programem, který je uložen v externí nebo interní paměti. Současná úroveň integrace obvodů LSI a VLSI (na jejichž bázi jsou mikroprocesorové obvody budovány), umožňuje realizovat mikroprocesorový systém několika nebo i jen jedním integrovaným obvodem, tzv. jednočipovým mikropočítačem. Pro tyto výhody je možno obvody vyrábět jako standardní součástky ve velkých sériích, což vytváří možnost dodávat je spotřebiteli za přijatelnou cenu. Otvírá se tím stále se rozšiřující oblast



aplikací mikroprocesorových zařízení - v kalkulátorech všech druhů, v řízení spotřební elektroniky, strojů, měřících zařízení, v interaktivní výuce atd. Objevují se osobní mikropočítače, které nabízejí nové možnosti k experimentování. Začínají se též objevovat tzv. školní mikropočítače, které jsou určeny pro výuku širokého okruhu zájemců o mikropočítačovou techniku. Tomu odpovídá jejich technické a programové vybavení.

Také v ČSSR byl v oborovém podniku TESLA ELTOS vyvinut školní kufříkový mikropočítač TEMS 80-03A, který se pro svou dostupnost velmi rychle rozšířil.

Záměrem této práce je návrh úprav školního mikropočítače TEMS 80-03A. Na realizaci části úprav je dále ukázáno, jak lze poměrně jednoduchými prostředky zvýšit možnosti uplatnění tohoto mikropočítače v praktických aplikacích.

Rychlému rozšíření této moderní techniky v řídicích a měřících funkcích brání citelný nedostatek vstupně - výstupních mezičlánků pro styk s analogovým prostředím. Práce pomáhá řešit tento nedostatek v oblasti převodu analogových veličin na číslicové (digitální) a naopak konstrukcí A/D a D/A převodníku, který je navržen pro spolupráci se školním mikropočítačem TEMS 80-03A.



## 2. SOUČASNÝ STAV MIKROPOČÍTAČOVÉ TECHNIKY

V současné době jsou na trhu mikroprocesory, které spolu s dalšími nezbytnými částmi vytváří jednodeskové mikropočítače či mikropočítačové systémy. Jejich výkonnost je podstatně vyšší, než byla u zařízení výpočetní techniky šedesátých let, při čemž zaujímají prostor a odebírají energii o několik řádů menší. To vše za velmi podstatného snížení jejich ceny. Přejchod z jedné generace na druhou je naznačen v tab.1.

Tab.1. Příklad vývoje centrální jednotky počítače

CPU	Elektronky	Tranzistory	IO SSI	IO LSI
Počet	1000 až 5000	1000 až 3000	1000 až 5000	10 až 50
Spotřeba (W)	4000 až 20000	asi 100x menší	asi 400x menší	asi 1000x menší
Hmotnost (kg)	1000	asi 10x menší	asi 20x menší	$10^3 - 10^4$ x menší
Objem ( $m^3$ )	100	10x menší	100x menší	(1 až 2) $10^4$ x menší
Stř. doba bezpor.chodu (h)	1 až 10	asi 100	asi 1000	$10^4$ až $10^5$

Shrneme-li poznatky z tab.1., můžeme konstatovat, že za pouhou čtvrtinu století klesly objemy a hmotnost výpočetní techniky včetně spotřeby energie přibližně o 4 řády! Při tom se střední doba bezporuchového provozu složitých zařízení osazených součástkami nové generace zvýšila o 4 až 5 řádů!

Z přehledu uveřejněného v /1/ je vidět stav ve vývoji současné mikropočítačové techniky, o používaných typech mikroprocesorů, kapacitách pamětí, rychlosti mikropočítačů, možnostech zobrazování, grafice, periferních zařízeních, operačních systémech, programovacích jazycích a pod. Pro hrubou charakteristiku mikropočítače však postačí pouze používaný typ mikroprocesoru, rychlost, která do značné míry odpovídá výkonnosti, a kapacita uživatelské paměti RAM.



## 2.1. Mikroprocesory

V /1/ je popsáno 225 mikropočítačů, které jsou běžně dostupné v zahraničí. Nejpoužívanější typy mikroprocesorů jsou přehledně uvedeny v tab.2. Do tabulky jsou zahrnuty jen mikroprocesory významných světových výrobců.

Tab.2. Přehled mikroprocesorů

Mikroproseror	Výrobce	Počet bitů	Používá (ks)	%
Z 80	Zilog	8	118	52,4
8088	Intel	16	20	8,8
6502	SYNERTEK	8	18	8,0
8085	Intel	8	16	7,1
8086	Intel	16	12	5,3
6809	Motorola	16	8	3,5
68000	Motorola	16	8	3,5
8080	Intel	8	2	0,8

(V tabulce výběr 225 mikropočítačů)

Z tab.2. je zřejmý ústup výrobků mikropočítačové techniky od známého mikroprocesoru Intel 8080 (vyráběn v ČSSR), který který se již v poslední době jeví překonán, jak po stránce výrobní technologie, konstrukce, tak i programovacích možností. Přesto však zůstává od svého zavedení (koncem r.1973) určitým průmyslovým standardem.

Nejpoužívanějším typem (viz tab.2.) je mikroprocesor ZILOG Z 80 jehož popis je uveden v /2/. V NDR se vyrábí jeho přímý ekvivalent pod označením U 880D. Tento mikroprocesor má oproti 8080 rozšířený instrukční soubor, může provádět 158 instrukcí, z jichž 78 je stejných s mikroprocesorem 8080. Tato skutečnost přináší částečnou kompatibilitu programového vybavení. Možnosti Z 80 umožňují programovat daleko efektivněji, což je dáno zvětšeným instrukčním souborem, jakož i větším počtem vnitřních registrů. Registry se dělí na dva stejné bloky po šesti víceúčelových registrech, k nimž přistupují dva střadače a dva stavové registry. Celkem je tedy s registrem přerušení a registrem osvěžovacího taktu k dispozici osmnáct 8-bitových registrů.



Operace v mikroprocesoru mohou probíhat v jednom ze dvou bloků registrů a střadačů, při čemž přístup ke druhému bloku je umožněn instrukcí přechodu. Tento způsob práce umožňuje střídavou práci v hlavním nebo vedlejším programu bez změny obsahu registrů v pracovní paměti, a tím rychlé a efektivní zpracování přerušení. Pomocí jednobitových operací lze také testovat, nastavovat nebo nulovat určité bity registrů, což je značně výhodné při řízení reálných technologických procesů. Řešení systémů používajících Z 80 ( oproti 8080 ) umožňuje jednodušší konstrukci a přináší zvýšení rychlosti ve zpracování dat a spolehlivosti.

## 2.2. Rychlost mikropočítačů

Rychlost činnosti mikroprocesorů je určena frekvencí hodinového kmitočtu /3/. Jedna perioda hodinového kmitočtu představuje obvykle jeden operační krok. Tři až pět operačních kroků vytváří operační cyklus. Operační cykly představují základní elementy provádění instrukce jako na př. vyzvednutí dat z paměti, zápis do paměti a pod. Jeden až pět operačních cyklů, které realizují úplnou instrukci, představuje instrukční cyklus. Doba provedení jedné instrukce se tedy dá vyjádřit v počtu period hodinového kmitočtu.

Čím je frekvence řídicího (hodinového) kmitočtu vyšší /4/, tím vyšší je pracovní rychlost mikropočítače a jeho užitečný výkon, ovšem jen do určité meze, která je dána konečnou rychlostí funkce klopných obvodů. Proto má každý mikroprocesor i mikropočítač určitý maximální řídicí kmitočet, po jehož překročení hrozí riziko funkčních omylů a havarijních situací. Přehled řídicích kmitočtů dle /1/ je uveden v tab.3.

Rychlost mikroprocesorů se neustále zvyšuje, čímž roste jejich výkonnost. Je však třeba zdůraznit, že kmitočet hodinových pulsů nelze považovat za absolutní měřítko pracovní rychlosti mikroprocesoru, neboť existují i systémy /5/, které při pomalejším taktu hodinových impulsů vybaví instrukci rychleji, než jiné s kmitočtem vyšším, protože k provedení instrukce vystačí s menším počtem operačních kroků.



Tab.3. Přehled řídicích kmitočtů

Řídicí kmitočet (MHz)	Používá (ks)	%
f menší 1	17	7,5
2	17	7,5
4	99	44,0
5	30	13,3
8	16	7,1

(V tabulce výběr 225 mikropočítačů)

### 2.3. Kapacita paměti

Aplikační možnosti a cena mikropočítačového systému jsou dány nejen použitým mikroprocesorem, ale především kapacitou paměti, počtem vstupně-výstupních kanálů a možnostmi jejich dalšího rozšíření.

Kapacita pevné paměti ROM je určena zpravidla velikostí obslužného (provozního) programu tzv.monitoru. Kvalita monitoru a použitého programovacího jazyka má vliv na využitelnost a komfort obsluhy systému.

Kapacita pevných pamětí ROM se dnes pohybuje od několika KB do několika desítek KB. Kapacita operační paměti RAM se neustále zvyšuje a její přehled dle /1/ je uveden v tab.4.

Z tabulky je zřejmé, že kapacita operační paměti se jako standard ustálila na 64 KB. To plně odpovídá možnostem přímé adresace u mikroprocesorů, které používají 16-bitovou adresovou sběrnici. Existují však typy mikroprocesorů s adresovou sběrnici větší než šestnáct bitů. Na příklad mikroprocesor Motorola M68000 má schopnost přímo adresovat paměť až 16 MB, protože používá 24-bitovou adresovou sběrnici.

V /1/ má 17 mikropočítačů (tj. 7,5%) možnost rozšíření kapacity RAM přes 1 MB.

Významným přínosem je používání pamětí RAM CMOS, které



umožňují zachování programu a dat i po vypnutí napájecího napětí mikropočítače.

Tab.4. Přehled kapacit RAM

Kapacita RAM (KB)	Používá (ks)	%
M menší 16	15	6,6
16	14	6,2
32	11	4,8
48	8	3,5
64	115	51,1
128	40	17,7
256	12	5,3

(V tabulce výběr 225 mikropočítačů)

Další možnou cestou, jak zvýšit kapacitu uživatelské paměti, je možnost připojování magnetopáskových nebo diskových jednotek k běžným mikropočítačům. Zejména druhá cesta diskových pamětí přináší značné možnosti. Např. výrobce Philips /6/ představil prototyp magneto-optické diskové paměti, která na disk o průměru 50mm uloží 10 MB informací. Informace lze na disk nejen uložit, ale i zrušit pomocí laseru a metody termomagnetického záznamu. Celé zařízení je asi 4x menší než běžný pružný disk a je tedy možnost vestavět jej přímo do přenosného mikropočítače. Výrobce Microcomputer Memories Inc. nabízí /7/ jednotku velmi malých rozměrů s tvrdým diskem o průměru 90mm s kapacitou 6,32 nebo 12,7MB. Mikropočítač může ovládat více diskových jednotek. Tento rozsah paměti spolu s možností připojení všech běžných periférií (rychlé mozaikové tiskárny, souřadnicové zapisovače, televizory, monitory apod.), vytváří reálné možnosti vytvořit tzv. aktovkový počítač lehce přenosný a nezávislý na síťovém napájení.



### 3. ŠKOLNÍ MIKROPOČÍTAČE

Zvláštním typem mikropočítačů jsou tzv. školní mikropočítače, určené pro seznámení s mikropočítačovou technikou. Tomu odpovídá jejich konfigurace a možnosti. Jsou to zpravidla jednodeskové mikropočítače obsahující přehledně členěné základní obvody mikropočítačových systémů.

Jsou většinou vybaveny jednoduchou hexadecimální klávesnicí a číslicovou zobrazovací jednotkou /4/. Klávesnice umožňuje zadávat data do školního mikropočítače a displej umožňuje "nahlížet" do vnitřních pochodů, odehrávajících se v mikropočítači např. zjišťovat hodnoty právě zpracovávaných dat včetně jejich umístění v paměti, zobrazení adres, prohlížení obsahu registrů apod. Dále jsou vybaveny pamětí ROM obsahující poměrně jednoduchý monitor, který řídí práci celého systému a umožňuje jeho programování v Assembleru, vyjímečně ve vyšším programovacím jazyku např. Basicu.

Další nezbytnou částí je operační paměť RAM jejíž kapacita se pohybuje v rozsahu 1 až 8KB. Výhodná je možnost některých školních mikropočítačů systém dále rozšiřovat, aby mohl být použit pro náročnější aplikace v demonstrační činnosti, výuce event. v provozní praxi.

Také v ČSSR byly již počátkem roku 1982 zavedeny první školní mikropočítače určené pro školení širokého okruhu zájemců o mikropočítačovou techniku v síti středisek ČSVTS a škol.

#### 3.1. Školní mikropočítač TEMS 80-03A

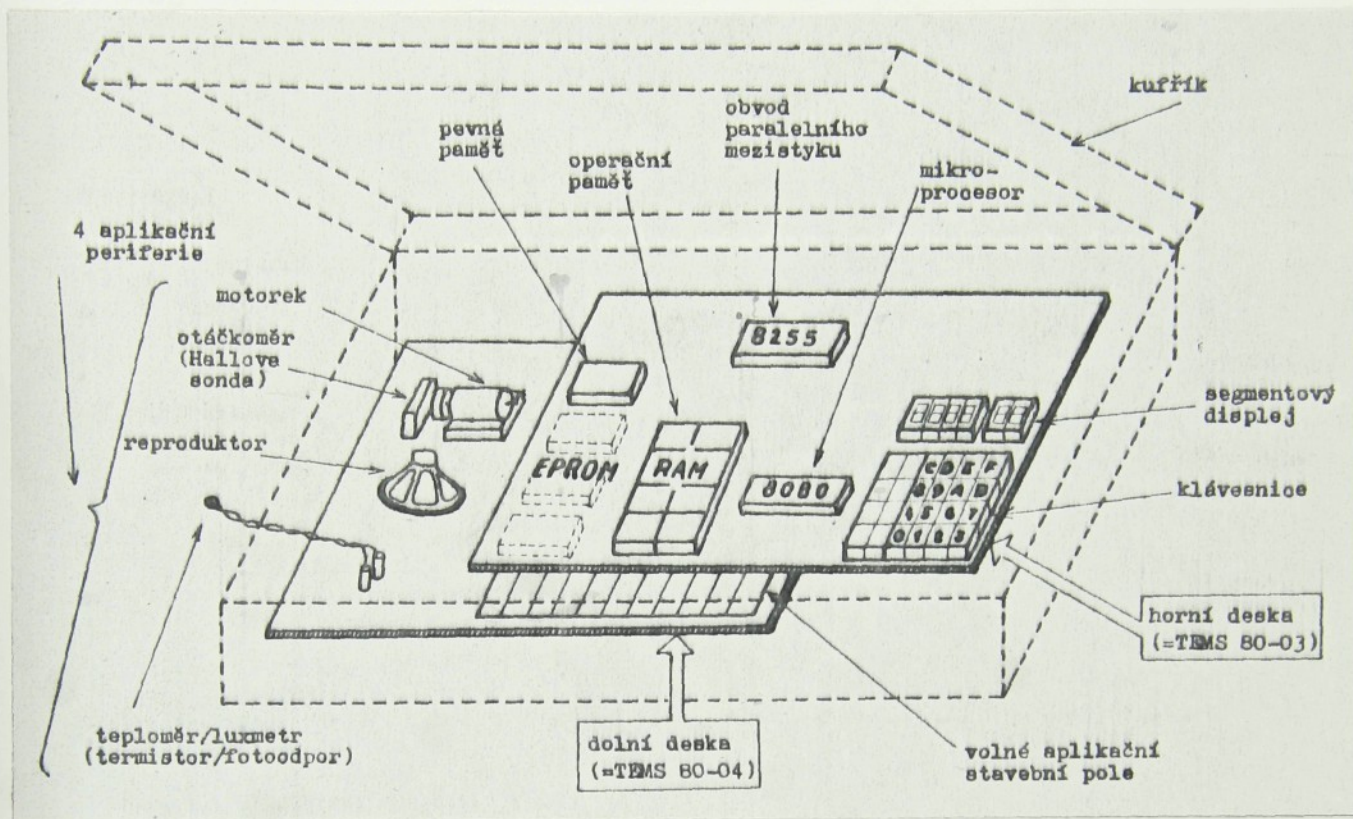
V oblasti odborné přípravy technických kádrů je nedílnou součástí teoretické přípravy i technická praxe s konkrétními systémy. Dovoz těchto zařízení se v současných podmínkách jeví jako nereálný.

Proto kolektiv pracovníků závodu TESLA PROMES vyvinul a realizoval školní mikropočítačový systém TEMS 80-03A /8/. Při návrhu konstrukce mikropočítače a definování jeho vlastností se vycházelo z požadavků odpovídajících charakteru určení.

Školní mikropočítač TEMS je určen především pro potřeby školení v mikroprocesorové technice a jejím programování. Sestává z jednodeskového mikropočítače TEMS 80-03, který je schopen autonomní funkce, a desky demonstračních periférií TEMS 80-04. Obě desky jsou uloženy v kufříkovém pouzdře viz obr.1.



Mikropočítač TEMS 80-03A je sestaven výhradně ze součástek, které se vyrábí v ČSSR nebo v rámci kooperace v zemích RVHP.



Obr.1. Zjednodušený pohled na TEMS 80-03A

### 3.2. Technické řešení mikropočítače TEMS 80-03A

Všechny obvody mikropočítače jsou umístěny na jedné desce oboustranného plošného spoje, která je opatřena jedním konektorem typu FRB s 90-ti kontakty pro přívod napájecích napětí a vyvedení systémových sběrnic. Další tři konektory FRB se 30-ti kontakty slouží k propojení kazetového magnetofonu a pro připojení periferních zařízení na V/V kanály integrovaných obvodů (dále jen IO) 8255.

Podle funkce lze rozdělit obvody umístěné na desce TEMS 80-03 na tyto hlavní funkční bloky:

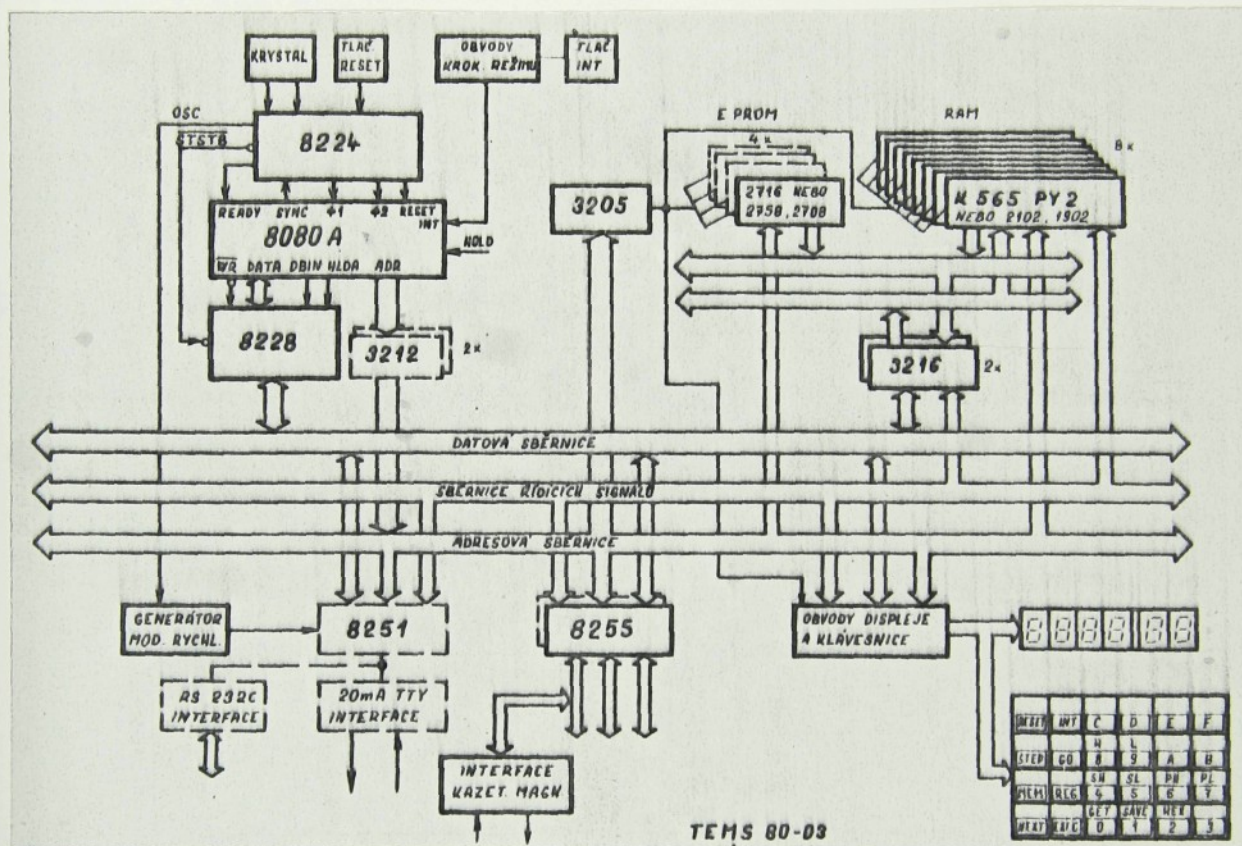
- blok obvodů centrální jednotky (CPU)
- blok obvodů pamětí (ROM, RAM)
- blok obvodů pro připojení periferních zařízení (V/V obvody)
- blok obvodů displeje a klávesnice



Všechny tyto funkční bloky jsou propojeny třemi systé-  
movými sběrnicemi:

- datovou sběrnicí (obousměrná 8-bitová)
- adresovou sběrnicí (jednosměrná 16-bitová)
- řídicí sběrnicí (rozvod 1-bitových řídicích signálů)

Uspořádání celého systému a důležitých částí je zřejmé z blo-  
kového schématu na obr.2.



Obr.2. Blokové schéma mikropočítače TEMS 80-03A

### 3.2.1. Blok obvodů centrální jednotky (CPU)

Blok obvodů centrální jednotky obsahuje kromě vlastního mikroprocesoru typu 8080 obvody nutné pro činnost celého systému. Je to především generátor hodinového taktu (IO 8224), který je řízen krystalem o kmitočtu 18,432 MHz. Obvod generuje hodinové impulzy  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$ , synchronizuje signály RESET a READY, generuje hodinový kmitočet  $\Phi_2$  (TTL) a signál OSC. Dalším obvodem CPU je systémový řadič (IO 8228), který obsahuje obousměrný zesilovač datové sběrnice a logiku pro vytváření hlavních signálů řídicí sběrnice.



K obvodům CPU patří i obvody zabezpečující činnost systému v krokovém režimu a pro generování vnějšího přerušování tlačítkem INT. Jsou realizovány pomocí IO MH 7496, MH 74S112 a MH 7400.

### 3.2.2. Blok obvodů paměti

Blok obvodů paměti sestává ze dvou typů paměti:

- z operační paměti RAM o rozsahu 1 KB realizované IO MHB 2102 (resp. K 565 RU2).
- z pevné paměti EPROM o rozsahu minimálně 1 KB s možností rozšíření do 8 KB. Tato paměť je realizována IO 2708 ( resp. K 573 RF1) umožňujícími její rozšíření na max. 4 KB, nebo IO 2716 k rozšíření do 8 KB.

#### 3.2.2.1. Adresový prostor operační paměti RAM

2000H - 23C8H ... k dispozici uživateli (program, data, zásobník, 969 B),

23C9H - 23CBH ... k dispozici uživateli pro obsluhu RST 6 (celkem 3 B),

23CCH - 23CEH ... k dispozici uživateli pro obsluhu RST 7 (celkem 3 B),

23CFH - 23FFH ... rezervováno pro monitor (celkem 49 B).

#### 3.2.2.2. Adresový prostor pevné paměti EPROM

0000H - 03FFH ... monitor "TEMS 80-03 V-02" (1 KB)

0400H - 1FFFH ... volné, pro případné rozšíření o další rezidentní (tj.řídící, testovací nebo uživatelské) programy.

Celkový rozsah paměti EPROM může být 4 nebo 8 KB podle typu použitých IO.

Oba typy paměti jsou připojeny na obousměrnou datovou sběrnici mikropočítače přes budiče sběrnic. Tyto jsou realizovány výkonnými obousměrnými 4-bitovými zesilovači 3216 /10/. Adresový dekodér pro výběr jednotlivých paměťových obvodů je tvořen IO 3205 a UCY 7402.



Dekodér je zapojen tak, že umožňuje volit modul paměti o rozsahu 1 resp. 2 KB podle typu použitých IO paměti EPROM, pouhou záměnou drátových propojek na desce TEMS 80-03.

### 3.2.3. Blok obvodů pro připojení periferních zařízení

Obvody styku umožňují připojit k mikropočítači zařízení s paralelním i seriovým přenosem dat.

K obvodům umožňujícím paralelní přenos dat patří V/V obvody realizované pomocí programovatelných IO 8255. Počet V/V kanálů lze zvětšit z 24 na 48 osazením dalšího obvodu 8255.

Seriový přenos dat umožňuje IO 8251, který v základní verzi není osazen. 8251 umožňuje připojení periférií typu dálnopis (TTY), obrazovkový displej (CRT), nebo modem.

Do obvodů styku spadá i část umožňující připojení komerčního kazetového magnetofonu k mikropočítači. Je tvořena operačními zesilovači MAA 741C, které jsou připojeny na paralelní V/V obvod 8255, a obvodem MH 2009A ve funkci indikátoru vstupní úrovně signálu z kazetového magnetofonu.

### 3.2.4. Blok obvodů displeje a klávesnice

Obvody tohoto bloku umožňují autonomní činnost displeje, dekodifikaci kláves do binární formy a připojení těchto signálů na systémové sběrnice mikropočítače.

Vlastní hexadecimální klávesnici tvoří 24 tlačítek. Ze systémového hlediska pracuje klávesnice jako vstupní zařízení s paralelním přenosem dat.

Šestimístný displej tvoří základní výstupní operátorské zařízení. Segmenty displeje se dělí na datové a adresové pole. Displej pracuje v multiplexním režimu. Řízení je realizováno IO 3212, UCY 7402, UCY 74123, MH 74151, MH 7400, MH 7489, MH 7493, UCY 74157, MH 7442 a tranzistory KFY 18.

Toto na první pohled složité řešení bylo použito proto, že programové obslužení vychází téměř o 50% kratší nežli při jednodušším obvodovém řešení, což je z hlediska rozsahu řídicího programu (monitoru) 1 KB žádoucí.



### 3.3. Možnosti základního provedení TEMS 80-03A

Možnosti základního tj. nerozšířeného mikropočítače TEMS jsou poměrně malé. Je to dáno řadou technických a funkčních omezení:

- kapacita operační paměti RAM pouze 1 KB
- kapacita pevné paměti EPROM 1 až 8 KB (včetně monitoru 1 KB)
- vstup a výstup dat pouze v numerickém, nikoliv alfanumerickém tvaru, tedy nemožnost zpracování abecedních textů
- zobrazení výsledků bez trvalého záznamu tj. jen na displeji maximálně na 6 míst
- vnější paměť pouze na kazetovém magnetofonu s bezadresovým záznamem a čtením po stránkách 256 B
- malý počet V/V kanálů ( 1x IO 8255 )

Možnosti mikropočítače TEMS 80-03 zvyšuje deska demonstračních periférií TEMS 80-04, která slouží pro demonstraci aplikačních programů. Deska obsahuje čtyři aplikační periferie (viz obr.1.).

- elektromotorek
- otáčkoměr (tvořen Halloovou sondou)
- teploměr / luxmetr (termistor/fotoodpor)
- reproduktor

Tyto periferie umožňují např. programově řídit počet otáček elektromotorku, měřit otáčky, snímat teplotu nebo měřit osvětlení, uskutečnit akustický výstup a pod.

Podrobnější informace o možnostech mikropočítače včetně využití periférií lze nalézt ve /12/.

#### 3.3.1. Vlastnosti systému TEMS 80-03A

- úplný instrukční soubor mikroprocesoru 8080 tj. 244 instrukcí
- nejkratší instrukční cyklus cca 2  $\mu$ s
- kapacita paměti RAM: 1 KB (8xIO MHB 1902 resp.K 565 RU2)
- kapacita pevné paměti EPROM: 1 KB (1x IO 2708 resp. K 573 RF1)  
2 KB (1x IO 2716)  
možnost rozšíření na 4 resp.8 KB



- počet paralelních V/V kanálů: 24 (1x IO 8255)  
možnost rozšíření na 48 (2x 8255)
- seriový V/V obvod pro kazetový magnetofon:
  - vstupní napětí z mgf. cca 0,5V
  - výstupní napětí do mgf. cca 0,5V
  - záznamový kmitočet 2kHz
  - přenosová rychlost cca 100 Bd
- vnější přerušování na úrovni RST 7
- možnost přímého přístupu do paměti (DMA)
- možnost připojení na systémové sběrnice a V/V kanály v úrovni TTL
- možnost rozšíření o seriový V/V kanál (nutno doplnit IO 8251) s volitelnou rychlostí přenosu od 75 do 4800 Bd
- základní funkce při osazení EPROM MONITOR V-02 1 KB:
  - a) inicializace systému
  - b) prohlížení a změna obsahu registrů
  - c) prohlížení a změna obsahu paměti
  - d) spuštění programu
  - e) krokování programu
  - f) šestnáctkové sčítání a odčítání (adres)
  - g) čtení a zápis dat na kazetový magnetofon
- systém je realizován na desce z oboustranným plošným spojem o rozměrech 322,3 x 222 mm
- napájecí napětí a odběr
 

+5V ± 0,1V	max. 2,5 A
+12V ± 5%	0,1 A (max. 0,35A pro 4x EPROM 2708)
-12V ± 5%	0,1 A (max. 0,25A pro 4x EPROM 2708)
- rozsah pracovních teplot: 25 ± 10°C

#### 4. NÁVRH CELKOVÉHO ROZŠÍŘENÍ MOŽNOSTÍ TEMS 80-03A

Školní mikropočítač TEMS 80-03A je po konstrukční stránce dobře uzpůsoben pro dodatečné stavebnicové rozšíření. Část rozšíření lze realizovat přímo na hlavní desce mikropočítače zapájením příslušných IO do plošných spojů.



Případně lze pro rozšíření použít stavební pole univerzálního plošného spoje, který je umístěn na spodní desce aplikačních periférií TEMS 80-04 (viz obr.1.).

Nelze-li rozšíření systému realizovat v rámci těchto možností, je možno výhodně použít vyvedení všech systémových sběrnic a V/V kanálů mikropočítače na dobře přístupné konektory typu FRB.

Z těchto hledisek je možné rozšíření rozdělit na:

- rozšíření, která je možno přímo vestavět do základního provedení TEMS 80-03A a nevyžadují tedy konstrukci dodatečných modulů či desek s plošnými spoji
- rozšíření, která jsou mimo prostorové možnosti mikropočítače a vyžadují konstrukci zvláštních desek s plošnými spoji, popř. úpravy a zásahy do mikropočítače

Cílem navrhovaného rozšíření je přizpůsobení TEMS k praktickým aplikacím tzn. vytvořit lehce přenosné zařízení s velkými možnostmi (změnou programu lze realizovat zcela jiné funkce) v nejrůznějších oborech, jako je snímání a vysílání analogových a digitálních veličin, využití zpětné vazby pro řízení technologických nebo laboratorních procesů. Neméně důležité je použití pro výuku při simulaci řízení reálných dějů.

#### 4.1. Přímé rozšíření na desce TEMS 80-03A

Možnost vestavět další obvody přímo do kufříkového mikropočítače TEMS je značně omezená jeho prostorovými možnostmi. Úpravy, které nejsou připraveny výrobcem je možno realizovat jen v poli univerzálního plošného spoje na spodní desce mikropočítače. Výhodou této desky je, že do její blízkosti jsou přes konektory FRB přivedeny veškeré systémové signály (tj. sběrnice) včetně napájecích napětí. Obrázec univerzálního plošného spoje je navržen v rastru 2,5 x 2,5mm pro práci s integrovanými obvody.

##### 4.1.1. Úpravy realizovatelné na desce TEMS 80-04

Na desce univerzálního plošného spoje je možno realizovat:



- rozšíření operační paměti RAM
- umístění další V/V obvodů, v případě potřeby většího počtu V/V kanálů než 48, které jsou k dispozici na desce TEMS 80-03 (2x IO 8255). Mikropočítač TEMS může ovládat (z důvodů nevhodné dekodifikace) max. 5 obvodů 8255 pro paralelní přenos dat a 8 obvodů 8251 pro seriový přenos dat /8/.
- dekodéry 3205 pro dekodování adres paměti při jejím rozšiřování
- zesilovače 3216 tj. obousměrné výkonové 4-bitové zesilovače sběrnic nebo V/V kanálů na úrovni TTL vhodnou pro buzení dalších číslicových obvodů (v našem případě bylo na desku osazeno 6ks těchto obvodů pro zesílení V/V kanálů obvodu 8255)
- časovací čítače 8253, neboť mikropočítač TEMS 80-03 není časovacími obvody vybaven.

Tyto obvody mohou:

- a) generovat časové intervaly (nahradí se tak programové čekací smyčky)
  - b) čítat impulzy
  - c) dělit binární posloupnosti
  - d) generovat hodiny pro reálný čas
  - e) vytvořit číslicový monostabilní generátor
  - f) sloužit jako řídicí obvod krokových motorků apod.
- další možností je umístit na tuto desku např. řadiče DMA 8257 pro obsluhu periferních zařízení (jako řadiče diskových paměťových jednotek apod.)
  - velmi zajímavé je využití řadiče přerušení 8259, který může zpracovat 8 úrovní priority přerušení s možností rozšíření dalšími IO 8259 až na 64 úrovní přerušení. Jejich použití je nutné, má-li mikropočítačový systém pracovat s přerušením v reálném čase.

Popis těchto obvodů, popř. schéma zapojení se vymykají rozsahu této práce. Bližší informace lze nalézt v /4/, /10/, /13/, /14/.

Nevýhodou desky s univerzálním plošným spojem je poměrně malá její kapacita.



#### 4.2. Úpravy realizovatelné mimo TEMS 80-03A

Stejně jako předchozí, se i tato kapitola zaměřuje na úpravy podstatné pro zamýšlené aplikace mikropočítače TEMS. Jde o návrh, jakou cestou by se měla ubírat další práce při rozšiřování systému a jeho možností v nejbližší době.

Návrh se opírá o praktické potřeby a problémy, které vznikají při běžném používání mikropočítače TEMS.

Rozšiřování možností mikropočítače TEMS formou stavby doplňků přináší výhodu v tom, že není omezena rozsáhlost ani složitost přídatného zařízení, je však zapotřebí vycházet z možností systému mikropočítače.

Mezi nevýhody této cesty lze zařadit:

- nutnost návrhu a zhotovení potřebných desek plošných spojů
- navrhnout a zajistit vhodné propojení doplňku a mikropočítače
- navrhnout a zajistit napájení doplňku

Při konstrukci doplňkových zařízení pro mikropočítač TEMS byla dodržována řada požadavků:

- modularita
- snadná obsluha tj. jednoduché a nezaměnitelné propojení modulu a mikropočítače
- zajistit napájení doplňku z mikropočítače
- jednoduchá konstrukce a dobrá reprodukovatelnost doplňku
- použití dostupných součástek (tuzemské produkce nebo zemí RVHP)
- snadná realizovatelnost doplňku bez speciálního vybavení

Při návrhu dále popisovaných úprav se také vycházelo z požadavku vytvořit z mikropočítače TEMS systém vhodný pro sběr a předzpracování dat, tzn. vytvořit s malými náklady lehce přenosné a značně univerzální měřicí pracoviště.



#### 4.2.1. Návrh úprav pro TEMS 80-03A

- doplnit TEMS 80-03A o rychlé a přesné A/D a D/A převodníky
- zvětšit kapacitu operační paměti RAM
- nahradit stávající paměťové obvody za obvody CMOS
- doplnit mikropočítač o programátor pevných pamětí EPROM
- rozšířit systém o ruční čtečku děrné pásky
- navrhnout nový napájecí zdroj a umístit jej spolu s kazetovým magnetofonem (popř. i s moduly) do kufříkového pouzdra stejného typu jako má školní mikropočítač TEMS
- realizovat spojení mikropočítače TEMS se systémem SM 50/40
- napojit na mikropočítač desku TEMS 8006

##### 4.2.1.1. Analogově-digitální A/D a digitálně-analogové D/A převodníky

V současné době jsou A/D a D/A převodníky nejdůležitějším článkem číslicového měření. Např. u číslicového voltmetru (což je speciální případ A/D převodníku) byly budovány celé měřicí ústředny /15/. Modernější měřicí systémy jsou stále častěji budovány ve spojení s řídicím počítačem (mikropočítačem).

Využití mikropočítače v této funkci předpokládá jeho vybavení obvody, které umožňují styk s okolním, převážně analogovým světem. Protože školní mikropočítač TEMS není těmito obvody vybaven, je nutné pro sběr dat a jejich případné předzpracování tyto obvody doplnit.

Konstrukce rychlého 10-bitového A/D a D/A převodníku k mikropočítači TEMS je popsána v konstrukční části této práce.

##### 4.2.1.2. Rozšíření kapacity operační paměti RAM

Využití mikropočítače TEMS pro sběr dat pomocí A/D převodníku naráží na problém nedostatečné kapacity paměti pro ukládání naměřených dat. Nerozšířená verze mikropočítače má kapacitu 1 KB, při čemž část paměti používá monitor. Část paměti také zabírá obslužný program pro převodník (pokud není uložen v EPROM).



Z uvedeného vyplývá, že při použití velmi rychlého A/D převodníku (v našem případě dosahuje převodník rychlosti 2000 měření/s) a 10-bitovém převodu je max. počet naměřených hodnot kolem 600 a paměť se daty zaplní za pouhých 0,2s.

Rozšíření operační paměti RAM z 1 KB na 6 KB je popsáno v konstrukční části.

#### 4.2.1.3. Náhrada stávajících paměťových obvodů obvodu CMOS

Závažným nedostatkem obvodů použitých v paměti RAM (K 565RU2 je ztráta jejich obsahu při výpadku sítě nebo při vypnutí napájení mikropočítače. Tento problém je možno vyřešit za cenu mírného zpomalení chodu mikropočítače paměťovými obvody typu CMOS. Tyto obvody mají delší dobu přístupu do paměti, ale k udržení svého obsahu jim postačuje poměrně malý příkon, takže během nepřítomnosti síťového napájení je lze zálohovat zvláštním zdrojem (např. tužkovými NiCd články typu Aku-NiCd 450, výrobce Bateria Slaný).

Z tuzemské výroby (Tesla Rožnov) mohou být k náhradě použity paměti CMOS typu MHB 1902, které jsou přímo záměnné za stávající typy K 565 RU2 (event. MHB 2102). Vzhledem k relativní pomalosti pamětí CMOS je třeba zpomalit chod mikropočítače. To lze realizovat např. zařazením jednoho stavu WAIT v hodinovém taktu mikropočítače. Tento stav je možno u mikropočítače TEMS provést pouhým propojením připravené drátové spojky /9/.

#### 4.2.1.4. Programátor paměti EPROM

Tento modul řeší nedostupnost továrně vyráběných programátorů pamětí, které jsou schopny programovat paměti různých typů, ale jsou velmi drahé a musí spolupracovat s mikropočítačovými vývojovými systémy např. MVS Tesla Kolín.

Pomocí navrhovaného modulu lze uživatelské programy nahrát do rezidentní (pevné) paměti EPROM. Tím se vyloučí vznik možných chyb při nahrávání programů z magnetofonu, nebo zdlouhavý ruční zápis programů do paměti pomocí klávesnice.

Konstrukce a obsluha programátoru paměti EPROM je popsána v konstrukční části.



#### 4.2.1.5. Ruční čtečka děrné pásky

Ruční zápis zejména delších programů do paměti miropočítače trvá poměrně dlouhou dobu a není vyloučena možnost vzniku chyb. Částečně je tento problém řešen (u TEMS 80-03A) uchováním uživatelských programů pomocí běžného kazetového magnetofonu. Vyhledávání programů na magnetofonu je však obtížné a bezchybný přenos závisí na kvalitě kazety a nastavení regulačních prvků magnetofonu. Zrychlení přenosu s vyloučením vzniku chyb by odstranila ruční čtečka děrné pásky.

Továrně vyráběné čtečky děrné pásky by omezovaly (rozměry, váha) mobilnost zařízení.

Jak je uvedeno /20/ lze poměrně snadno realizovat lehkou, přenosnou čtečku, vhodnou pro spojení s mikropočítačem. Tato čtečka by byla vhodná pro rozsah programů do 1 KB. Posuv děrné pásky je prováděn ručně jednoduchým vedením. Jako snímací fotoelektrické prvky lze použít blok osmi fototranzistorů KPX 88 (Tesla Rožnov). Tyto fototranzistory mají předepsané osvětlení o barevné teplotě  $2856^{\circ}$  K, což odpovídá žárovce s wolframovým vláknem. Ke zvýšení spolehlivosti je možno nahradit žárovku infračerveně vyzařujícími diodami typu WK 16402-3 (Tesla Rožnov).

#### 4.2.1.6. Napájecí zdroj

Nevýhodou školního počítače TEMS je, že nebyl výrobcem vybaven napájecím zdrojem umístěným v kufríkovém pouzdře. Externí napájecí zdroj ze ZPA Děčín je poměrně velký a těžký, což značně ztěžuje možnost přenášení systému.

Z těchto důvodů by bylo výhodné pro zvýšení komfortu obsluhy zkonstruovat impulsní stabilizovaný napájecí zdroj, který zajišťuje tato napájecí napětí:

$$\begin{aligned} &+5V \pm 0,1 / 3A \\ &+12V \pm 5\% / 0,5A \\ &-12V \pm 5\% / 0,5A \end{aligned}$$

Impulsní zdroj je složitější než běžný stabilizovaný zdroj /18/, /19/, ale tato nevýhoda je vyvážena jeho velmi malými rozměry, vahou, a hlavně vysokou energetickou účinností. Vzniká tak reálná možnost zdroj zabudovat spolu s kazet. magnetofonem (popř. dalšími moduly) do kufríkového pouzdra.



#### 4.2.1.7 Spojení TEMS 80-03A a SM 50/40

V ČSSR vyráběný stavebnicově řešený 8-bitový mikropočítačový systém SM 50/40 se řadí do systému malých elektronických počítačů SMEP II. Je vybaven běžnými periferiemi, jako je obrazovkový terminál, mozaiková tiskárna, čtečka a děrovačka děrné pásky atd. Základní verze obsahuje 16 KB EPROM a 16 KB RAM. Přesto, že je převážně určen pro řídicí aplikace, lze jej výhodně použít k nasazení ve výpočetní technice.

Proto by bylo vhodné jednoduchým způsobem přenášet naměřená data z mikropočítače TEMS do paměti RAM systému SM 50/40 a dále je numericky zpracovávat. Systém SM 50/40 je v současné době využíván pro odlaďování programů na KEL VŠST Liberec.

Spojení obou mikropočítačů přes jejich sběrnice je velmi problematické a v dostupné literatuře nebylo prakticky popsáno. Proto bylo vyzkoušeno propojení dvou mikropočítačů pomocí V/V kanálů (s obvody 8255) systémem žádost-odpověď. Spojení bylo odzkoušeno mezi mikropočítačem TEMS a jednodeskovým mikropočítačem TK-80, který je též k dispozici na KEL VŠST Liberec. Přenos se prováděl po bytech se záměrným zpožděním (pomocí podprogramu DELAY) pro vyloučení chyb v přenosu. Vlastní propojení mikropočítačů bylo provedeno pomocí 2,5m plochého kabelu a při přenosu nedošlo k žádným chybám. Přenos obsahů jednoho KB paměti trvá cca 1s.

Po rozšíření systému SM 50/40 o V/V konektory bude možno prakticky realizovat vzájemné spojení s mikropočítačem TEMS. Po propojení bude možno využívat pro mikropočítač TEMS nejen výpočetní schopnosti SM 50/40, ale i všechny jeho periferní zařízení.

#### 4.2.1.8. Deska TEMS 8006

Výrobce TESLA ELTOS dodává k mikropočítači TEMS 80-03A přídatný modul aplikačních úloh TEMS 8006. Deska TEMS 8006 je určena pro výuku mikropočítačových systémů/16/. Umožňuje:

- demonstrovat připojení vnějších obvodů k mikroprocesoru 8080
- seznámit se se standardním řešením problémů při připojení dalších elektronických prvků k 8080
- odladit základní řešení problémů z oblasti automatizace



V /17/ je pak popsána celá řada aplikací TEMS 8006, která sahá od simulace kombinačních a sekvenčních obvodů až k programovému řízení výrobního procesu, tvorbě číslicových filtrů apod. Deska TEMS 8006 je uzpůsobena pro výuku mikropočítačové techniky, proto jsou všechny IO osazeny do patič pro snadnou výměnu v případě poškození.

TEMS 8006 tvoří kompaktní celek vhodný k zabudování na vnitřní stranu víka kufríku mikropočítače TEMS 80-03A.

## 5. KONSTRUKČNÍ ČÁST

Tato část práce popisuje realizované úpravy školního mikropočítače TEMS 80-03A.

Možnosti rozšíření systému připravené výrobcem na desce plošného spoje TEMS 80-03 byly zcela vyčerpány. Po drobných úpravách (tj. propojení nebo přerušování některých spojek /9/) byly do desky plošných spojů osazeny obvody v příloze 4. označené hvězdičkou:

- 2 obvody 3212 k zesílení adresové sběrnice
- 1 obvod 8255 tj. paralelní V/V obvod
- 1 obvod 8251 tj. seriový V/V obvod
- 2 obvody K 573 RF1 tj. 2 KB paměti EPROM
- 1 konektor typu FRB se 30-ti kolíky pro vyvedení V/V kanálů druhého obvodu 8255
- blokovací kondenzátory

Paměť EPROM byla zvětšena z 1 KB (monitor) na 3 KB. Čtvrtý obvod pro paměť EPROM nelze použít, protože jeho signál CS byl (jak je dále uvedeno) použit pro řízení přídatné paměti RAM. Do druhého paměťového obvodu K 573 RF1 byly nahrány programátorem EPROM programy pro obsluhu 8-kanálového desetibitového A/D a D/A převodníku a pro obsluhu vlastního programátoru EPROM, jejichž výpis je uveden v programové příloze.

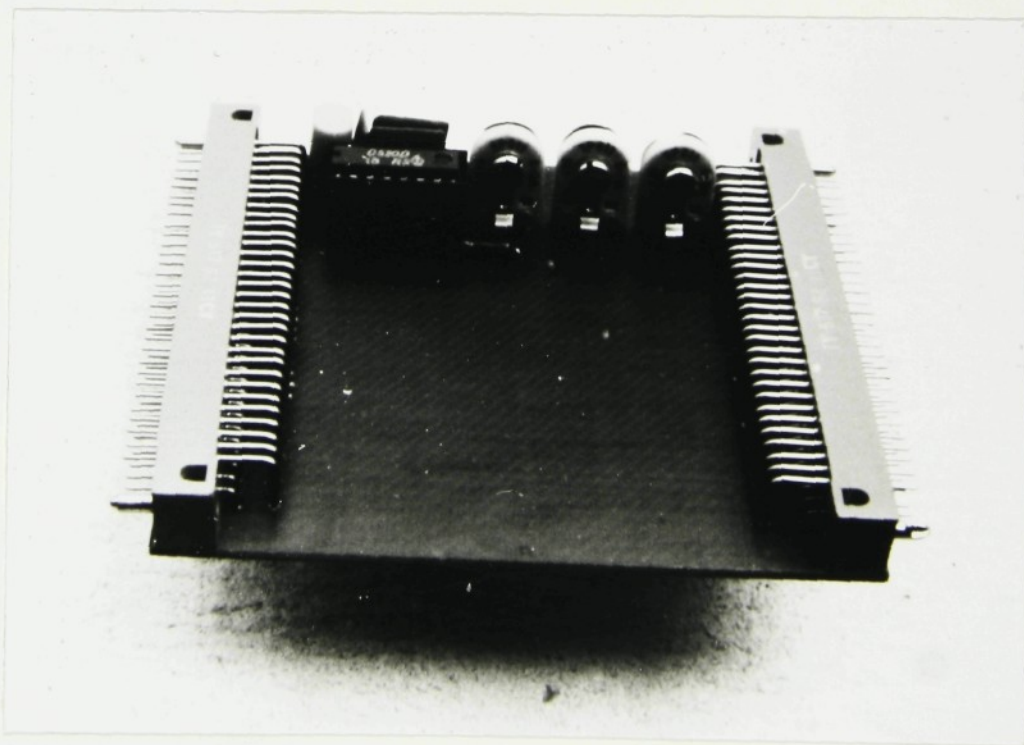


### 5.1. Rychlý 8-kanálový A/D a D/A převodník

Sběr dat mikropočítačem vyžaduje jeho vybavení A/D převodníkem. Případný výstup z mikropočítače v řídicích aplikacích vyžaduje D/A převodník.

Při práci na obousměrném převodníku byly uplatněny zkušenosti získané při konstrukci A/D převodníku s obvodem C 520D. Technické řešení převodníku je patrné z obr.3. Tento převodník však byl pro většinu aplikací příliš pomalý (cca 100 měření/s). Jeho použití je omezeno na pomalé děje např. měření teploty při zkoušení krystalových výbrusů. Tato aplikace byla použita na KEL VŠST Liberec.

Proto se další práce ubírala směrem ke zvýšení rychlosti převodu. Byl navržen nový převodník využívající dostupný, rychlý 10-bitový D/A převodník sovětské výroby K 572 PALA (ekvivalent AD 7520). Aby se plně využila rychlost tohoto převodníku, byl rozšířen obvod, který umožňuje měření až v osmi nezávislých analogových kanálech.



Obr.3. Pohled na A/D převodník s obvodem C 520D



### 5.1.1. Principy A/D převodníků

Analogově-digitální převodník je fyzikální zařízení, které provádí převod analogového signálu (napětí, posun, úhel natočení a pod.) na číslicový. Výstup bývá číslo obvykle v binárním tvaru /21/, /22/, /23/. Dále se budou uvažovat jen převodníky pracující pouze s el. napětím.

A/D převodníky pracují nejčastěji na:

- integračním principu
- kompenzačním principu
- komparačním principu

#### 5.1.1.1. Převodníky A/D pracující na integračním principu

Integrační převodníky A/D využívají řízené integrace měřeného a referenčního napětí, umožňují dosáhnout vysoké přesnosti převodu. Mají navíc filtrační účinek na superponované střídavé napětí, tzn. potlačují rušivé napětí při vlastním převodu.

Jejich nevýhodou je obtížné dosažení přijatelné - tj. krátké doby převodu.

#### 5.1.1.2. Převodníky A/D pracující na komparačním principu

Komparační převodníky A/D využívají principu přímé komparace (porovnání) měřeného a kvantovaného referenčního napětí. Mohou dosáhnout extrémně krátké doby převodu. Jejich nevýhodou je značná složitost, protože vyžadují velký počet komparátorů a komplikovaný dekodér. Složitost se nepříjemně projevuje u vícebitových převodníků.

#### 5.1.1.3 Převodníky A/D pracující na kompenzačním principu

Kompenzační převodníky A/D pracují na principu kompenzace měřeného napětí kompenzačním napětím řízeného převodníku D/A. Tyto nejčastěji používané převodníky se liší způsobem generování kompenzačního napětí. Z hlediska generování kompen-



začného napětí lze převodníky A/D rozlišovat:

- kompenzační D/A převodník je řízen čítačem s přírůstkou kompenzačního napětí, které odpovídají váze bitu s nejnižší vahou (LSB)
- další variantou je převodník, u kterého je pro řízení převodníku D/A použit vratný čítač, jehož směr čítání určuje stav komparátoru, vyhodnocující polaritu rozdílu měřeného a kompenzačního napětí.
- větší zkrácení doby převodu lze dosáhnout kompenzačním A/D převodníkem s přírůstkou kompenzačního napětí odstupňované velikosti, jejichž hodnoty jsou určeny vahami bitů číslicového signálu. Nevýhodou těchto převodníků je složitější realizace řídicích obvodů pro převodník D/A
- použijeme-li pro generování číslicového signálu přiváděného do kompenzačního D/A převodníku např. mikropočítač místo pevně zapojených řídicích obvodů, máme možnost použít metody, které správnou hodnotu vyhledávají. Tohoto dosáhneme vhodným programovým obslužením převodníku. Změnou programu lze dosáhnout, že A/D převodník pracuje s rovnoměrnými přírůstkou kompenzačního napětí nebo s vyhledávacím algoritmem

U dále popisovaného obousměrného převodníku byla pro zrychlení A/D převodu použita tato možnost. Vyhledávání měřené hodnoty je v podstatě provedeno metodou půlení intervalu.

#### 5.1.1.3.1. Základní schéma a funkce kompenzačního A/D převodníku

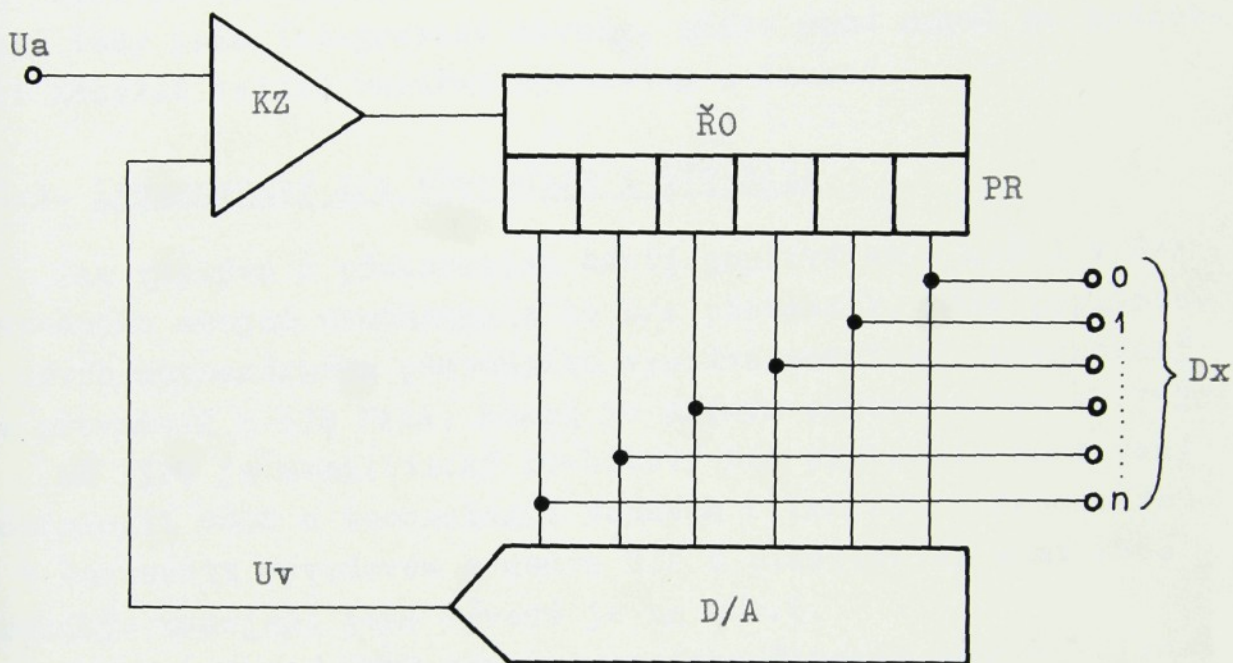
Kompenzační A/D převodník využívající v číslicové zpětné vazbě D/A převodník je na obr.4. Hlavními částmi převodníku jsou: komparátor KZ, řídicí obvody ŘO, porovnávací registr PR a D/A převodník /24/.

Do registru PR se vloží číslo o jednom či n bitech podle použitých ŘO nebo podle použité metody při programovém řízení mikropočítačem. Toto číslo se v převodníku D/A převede na jemu odpovídající analogové napětí U<sub>v</sub> a komparátorem KZ se porovná



s přiváděným napětím  $U_a$ . Podle stavu výstupu komparátoru mění řídicí obvody ŘO (mikropočítač) obsah registru PR tak dlouho, dokud není dosaženo vyváženého stavu  $U_v = U_a$ . V tomto okamžiku se předá dvojkové číslo  $D_x$  o  $n$  bitech - úměrné analogovému napětí  $U_a$  - z registru PR jako výsledek převodu k dalšímu zpracování.

Na vlastnosti převodníku má rozhodující vliv komparátor KZ a D/A převodník. Komparátor by měl mít velkou citlivost, malou hysterezi a co nejkratší dobu přepnutí.



Obr.4. Základní zapojení A/D převodníku

### 5.1.2. Princip D/A převodníku

Digitálně-analogový převodník je fyzikální zařízení, které provádí převod číslicového signálu na signál analogový. D/A převodníky pracují s napěťovým výstupním signálem, používají pro převod čísla v binárním tvaru na analogové napětí téměř bez výjimky metodu odstupňovaných přírůstků. Na obr. 5. je principiální schéma takového převodníku /25/.



Operační zesilovač OZ pracuje jako invertující sumátor. Na jeho vstup se připojují dílčí přírůstky ze zdroje referenčního napětí přes spínače S, které jsou ovládány jednotlivými bity číslicového signálu. N-tý bit je většinou vyhrazen pro znaménko polaroty výstupního analogového signálu a na obr. 5. není naznačen.

Odporů R a 2R musí být zhotoveny s extrémní přesností. Vlastnosti D/A převodníku závisí také na vlastnostech spínačů S a operačního zesilovače OZ.

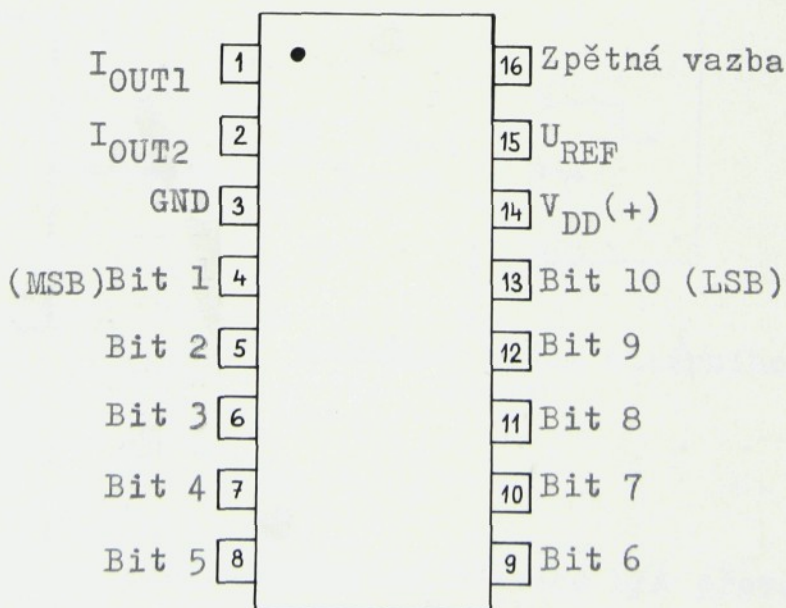
Tyto převodníky jsou dnes z ekonomických důvodů vyráběny téměř vždy jako integrované obvody, proto nemá smysl se podrobněji zabývat jejich vnitřní výstavbou a funkcí.

### 5.1.3. Integrovaný D/A převodník K 572 PALA

Jak vyplývá z předchozích částí používá se v A/D i v D/A převodníku stejná součástka a to D/A převodník. Dále popisovaný návrh obousměrného převodníku využívá sovětský integrovaný D/A převodník K 572 PALA, který je přímým ekvivalentem AD 7520.

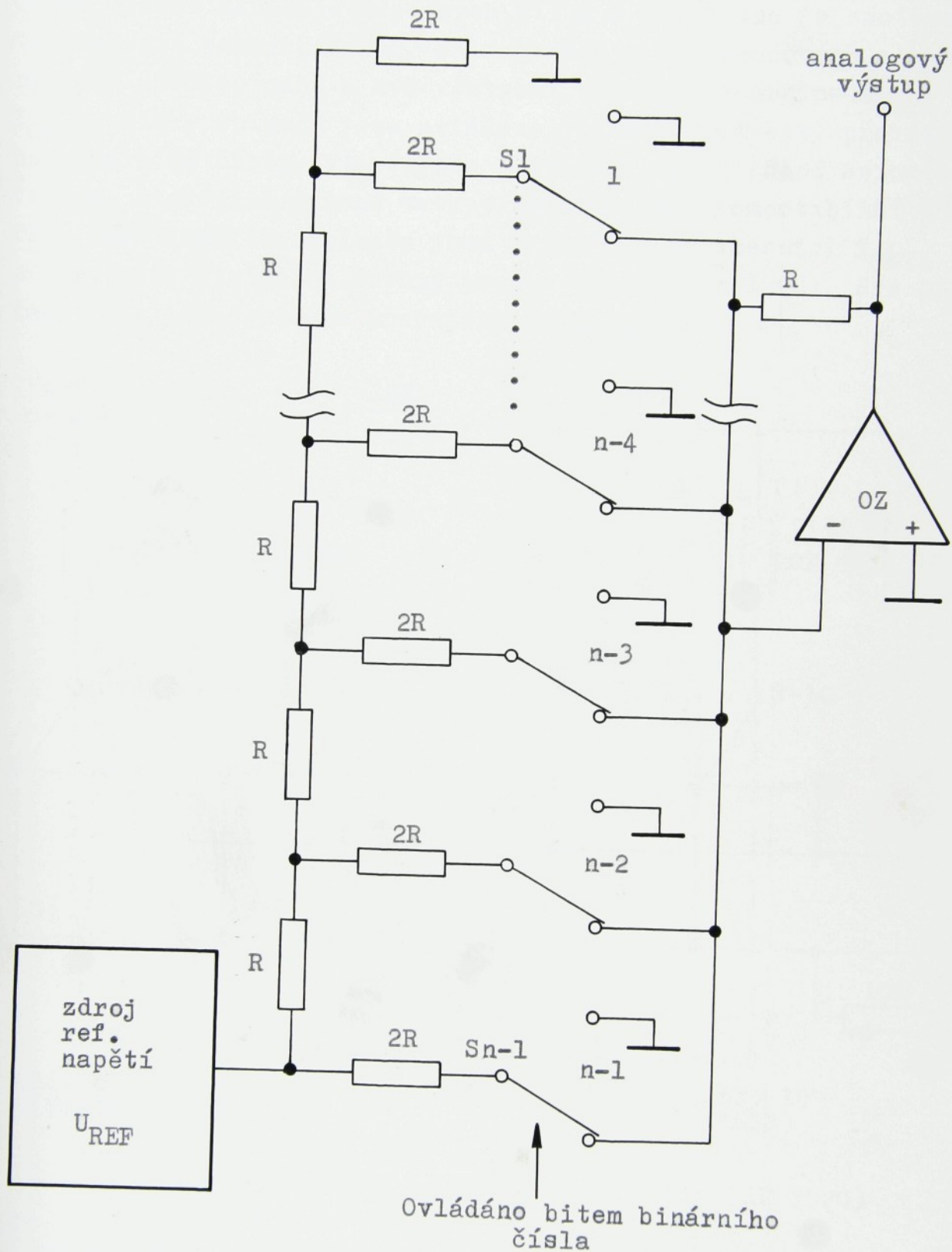
AD 7520 je monolitický 10-bitový D/A převodník zhotovený technologií CMOS a technologií tenkých filmů /26/. Zapouzdřen je v šestnácti vývodovém pouzdře DIP z plastických hmot nebo keramiky. Zapojení jeho vývodů je na obr.6.

Tento moderní CMOS obvod pracuje v širokém rozmezí napájecího napětí od +5V do +15V s výkonovou ztrátou pouhých 20 mW.



Obr.6. Zapojení vývodů IO K 572 PALA (AD 7520)

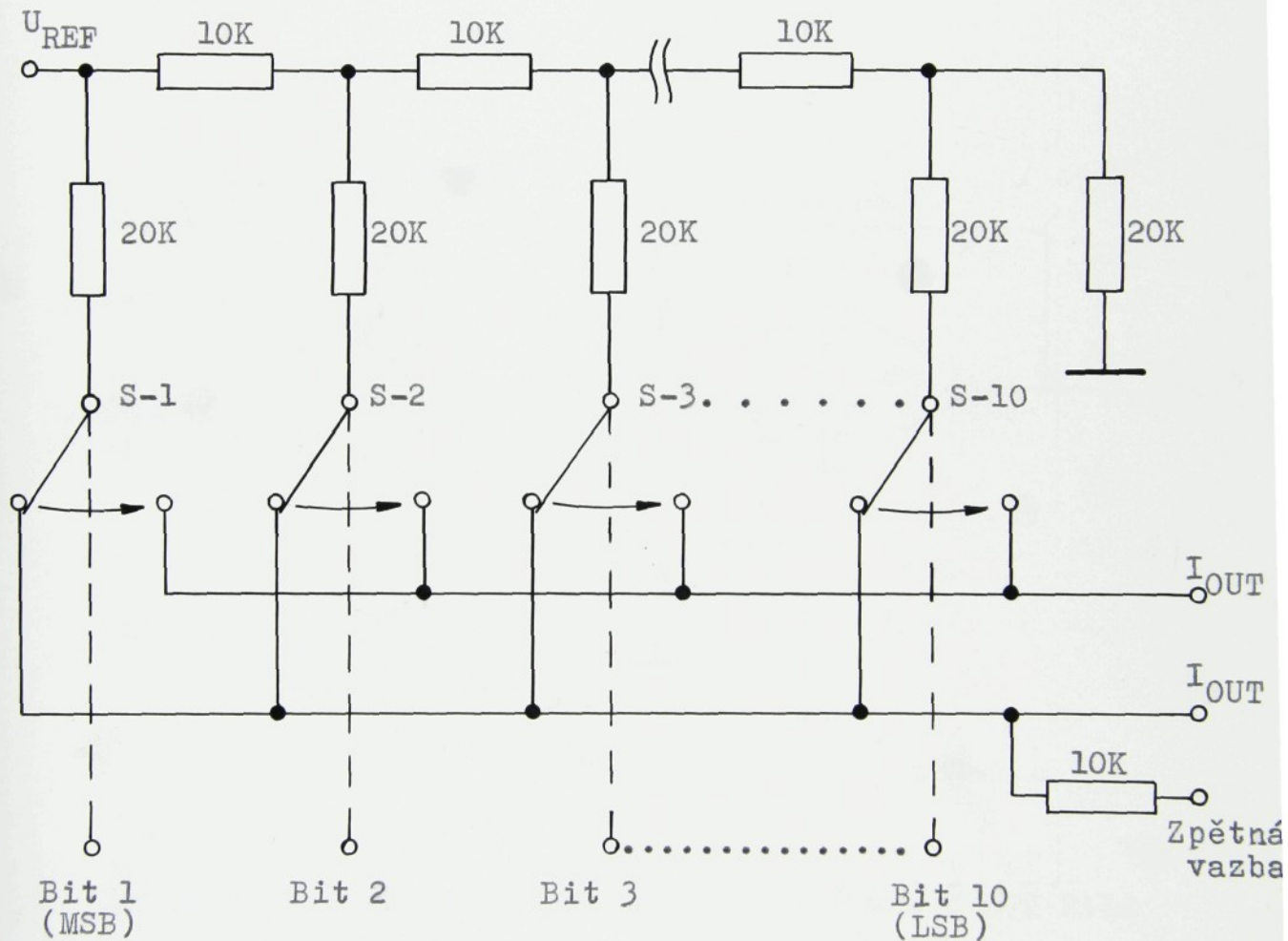




Obr.5. Principiální zapojení běžného D/A převodníku



Schéma vnitřního zapojení AD 7520 je nakresleno na obr.7. Obvod v sobě zahrnuje odporovou síť R a 2R, která je zhotovena technologií tenkých filmů, dále obsahuje 10 proudových elektronických CMOS spínačů a dvě výstupní proudové sběrnice  $I_{OUT1}$  a  $I_{OUT2}$ . Stavy spínačů jsou ovládány jednotlivými bity převáděného binárního čísla, které jsou přiváděny na ovládací spínačové vstupy. Digitálně řízené vstupy spínačů jsou kompatibilní s DTL, TTL, CMOS logikou. Spínače jsou propojeny na sběrnici  $I_{OUT1}$  v případě, že digitální vstupy jsou v úrovni log.1 (H). Pro stav log. 0(L) jsou spínače propojeny na  $I_{OUT2}$ .



Obr.7. Vnitřní zapojení K 572 PALA (AD 7520)

Převodník AD 7520 může pracovat v unipolárním nebo bipolárním zapojení. V unipolárním zapojení může  $U_{REF}$  nabývat kladných nebo záporných hodnot.

Digitální vstup převodníku akceptuje čísla jen jedné polaroty

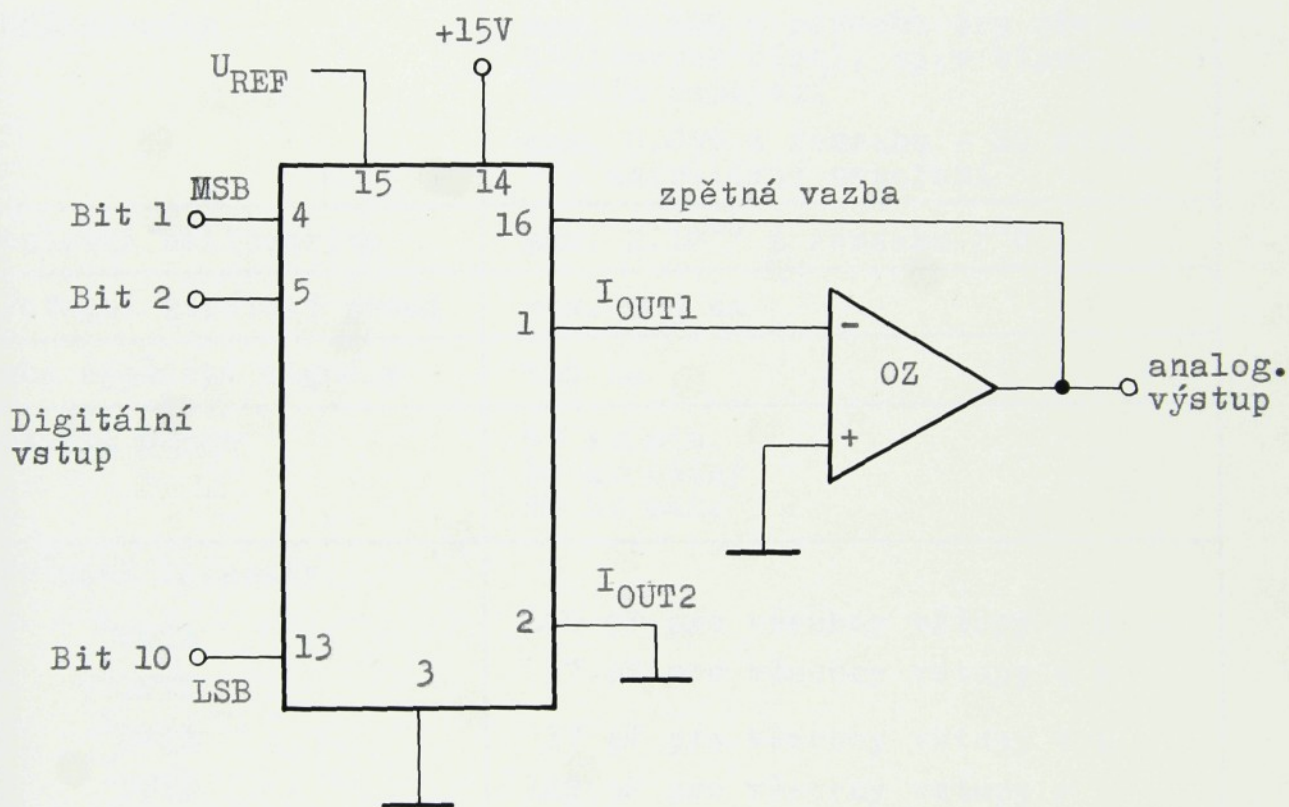


a výstupní analogový signál může podle  $U_{REF}$  nabývat hodnot  $-10V$  až  $0V$ ,  $0V$  až  $+10V$ .

Hodnota bitu s nejmenší vahou LSB je dána v unipolárním zapojení vztahem:

$$LSB = 2^{-10} \cdot (U_{REF})$$

Základní zapojení AD 7520 doporučené výrobcem /26/ pro jednopolaritní převod je znázorněno na obr.8.



Obr.8. Unipolární zapojení D/A převodníku s K 572 PA1A (AD 7520)

AD 7520 v bipolárním zapojení akceptuje na digitálním vstupu čísla obou polarit a obou polarit může nabývat i analogový výstup tzn.  $-10V$  až  $+10V$ . Znaménko binárního čísla pak určuje 1.bit (MSB) a tudíž hodnota bitu LSB je dána vztahem:

$$LSB = 2^{-9} \cdot (U_{REF})$$



Bipolární zapojení je však poměrně komplikované a z hlediska požadavků kladených na A/D a D/A převodník nebylo použito.

### 5.1.3.1. Technická data K 572 PALA

Údaje uvedené v tab.5. platí pro napětí  $V_{DD} = 15V$ ,  $U_{REF} = 10V$  a teplotu okolí  $25^{\circ}C / 26/$ . Pokud je u údaje uvedeno "z rozsahu" znamená to z  $0V - 10V$  pro unipolární zapojení a  $\pm 10V$  pro bipolární zapojení.

Tab.5. Technická data K 572 PALA (AD 7520)

Nelinearita	max. 0,10% z rozsahu pro převod 9-bitových čísel, tj. v bipolárním zapojení max. 0,05% z rozsahu - 10 bitů, tj. unipolární zapojení
Teplovní nelinearita	max. $2 \cdot 10^{-6}$ z rozsahu / $^{\circ}C$
Výstupní ztrátový proud	max. 200 nA
Doba zpoždění signálu	500 ns
Vstupní odpor	5 k $\Omega$ min. 10 k $\Omega$ běžný 20 k $\Omega$ max.
Výstupní kapacity	
$I_{OUT1}$	120 pF pro všechny vstupy v H
$I_{OUT2}$	37 pF pro všechny vstupy v H
$I_{OUT1}$	37 pF pro všechny vstupy v L
$I_{OUT2}$	120 pF pro všechny vstupy v L
Prahová úroveň L Prahová úroveň H	max. 0,8V min. 2,4V
Vstupní proud	1 $\mu$ A
Vstupní kód	binární
Napájecí napětí	+ 5V až + 15V
Odběr ze zdroje	5nA pro všechny vstupy uzemněné 2mA pro všechny vstupy v H nebo L
Výkonová ztráta	20 mW

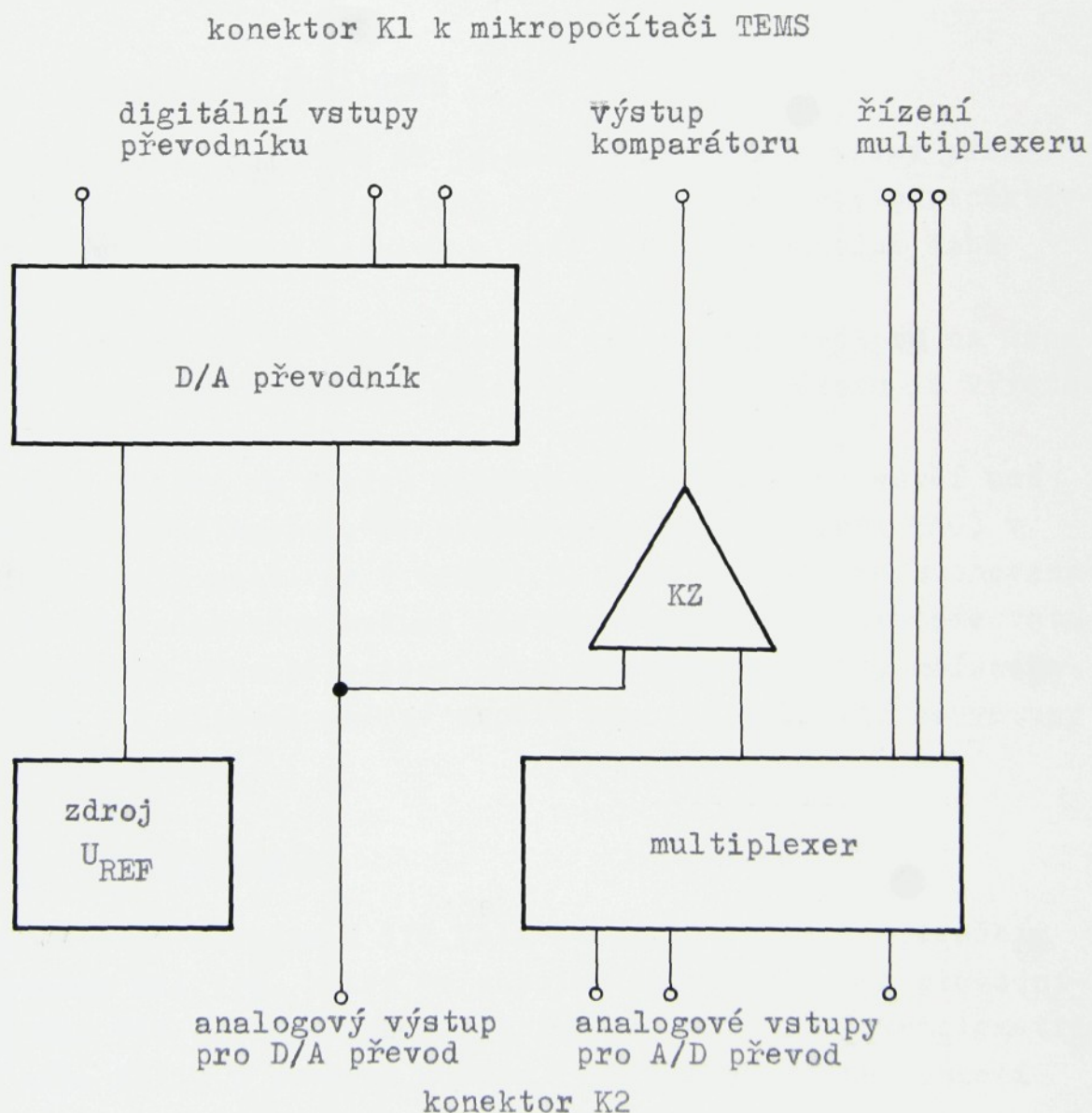


#### 5.1.4. Obvodové řešení A/D a D/A převodníku

Desetibitový obousměrný převodník je určen pro spolupráci se školním mikropočítačem TEMS 80-03A, ale může spolupracovat i s jiným typem mikropočítače, pokud tento používá mikroprocesor typu 8080 a obsahuje V/V porty s programovatelnými obvody styku 8255.

Použití převodníku ve spojení s mikropočítačem vede k podstatnému zjednodušení jeho obvodového řešení. Přebodník je tvořen multiplexerem, komparačním zesilovačem KZ, D/A převodníkem a zdrojem referenčního napětí  $U_{REF}$ .

Blokové schéma převodníku je znázorněno na obr. 9.



Obr.9. Blokové schéma obousměrného převodníku



#### 5.1.4.1. Multiplexer

Multiplexer (analogový přepínač) umožňuje připojit na vstup převodníku více analogových signálů a tím lépe využít jeho rychlosti. Počet analogových signálů, které lze multiplexerem přepínat je určen jeho typem /27/, /28/.

V popisovaném převodníku byl použit 8-kanálový multiplexer, který je tvořen jedním IO MAC 08 viz příloha 1. Tento multiplexer má osm datových vstupů S1 až S8, tři adresové vstupy AO, A1, A2 a jednoduchý datový výstup na vývodu č.8 obvodu. Vstup EN slouží k blokování činnosti multiplexeru. Má-li multiplexer přenášet data ze vstupů na výstup, musí být EN v úrovni H.

Řízení adresových vstupů je provedeno pomocí mikropočítače, který na ně z portů PC4 až PC7 neprogramovaného na výstup, vysílá postupně všech osm kombinací.

#### 5.1.4.2. Komparační zesilovač

Komparační zesilovač KZ je osazen rychlým a velmi přesným komparátorem MAC 111, který byl zařazen do řady perspektivních součástek (Tesla Rožnov) a bude u nás v dohledné době dostupný /28/.

Tranzistor KC 508 přizpůsobuje výstup komparátoru na úroveň TTL. Zapojení obvodu je běžné. Výstup komparátoru je vyveden na port PA0 mikropočítače.

Je-li napětí na vstupu komparátoru rovno nebo větší než měřené analogové napětí, je výstup komparátoru (port PA0) v úrovni L, je-li menší je v úrovni H. Tato činnost je zachována i při měření záporných hodnot analogového napětí, protože vstupy komparátoru jsou připojeny přes přepínač polarity měřeného napětí PŘ a v případě měření napětí záporné polarity se vstupy komparátoru zamění.

#### 5.1.4.3. D/A převodník

Je tvořen obvodem K 572 PALA (popř. AD 7520) a operačním zesilovačem MAA 748, který je zapojen na výstupu D/A převodníku. OZ MAA 748 pracuje jako invertující sumátor. Potenciometrický trimr nebo dělič z pevných odporů R3,4 slouží ke kompenzaci



napěťové nesymetrie operačního zesilovače. Odpor R1 zapojený do serie ke zpětnovazebnímu odporu D/A převodníku (vývod č.16 obvodu K 572 PALA) slouží k donastavení zisku operačního zesilovače MAA 748. Jeho hodnota se musí určit tak, aby na výstupu operačního zesilovače bylo nulové napětí pro vstupy D/A převodníku v úrovni L a napětí 10 230 mV pro všechny vstupy v úrovni H.

Výstupní analogové napětí převodníku podle /26/ je pro vstupy v úrovni H dáno vztahem:

$$U_{\text{výst.}} = -U_{\text{REF}} \cdot (1 - 2^{-10})$$

Zvolíme-li tedy  $U_{\text{REF}} = 10\,240\text{ mV}$  dostáváme pro vstupy v úrovni H výstupní napětí  $U_{\text{výst.}} = 10\,230\text{ mV}$ , což nám umožňuje obsáhnout  $2^{10}$  tj. 1024 možných kombinací na vstupu převodníku s přírůstkem po 10 mV, protože hodnota bitu LSB je dána vztahem:

$$\text{LSB} = 2^{-10} \cdot U_{\text{REF}} = 2^{-10} \cdot (10\,240) = 9,999\text{ /mV/}$$

Změna jednoho jediného bitu v binárním čísle přivedeném na vstup D/A převodníku tedy představuje změnu výstupního analogového napětí o 10 mV.

Odporů R2 a R6 musí být přesné, aby nezhoršovaly přesnost komparátoru při A/D převodu.

#### 5.1.4.4. Zdroj referenčního napětí

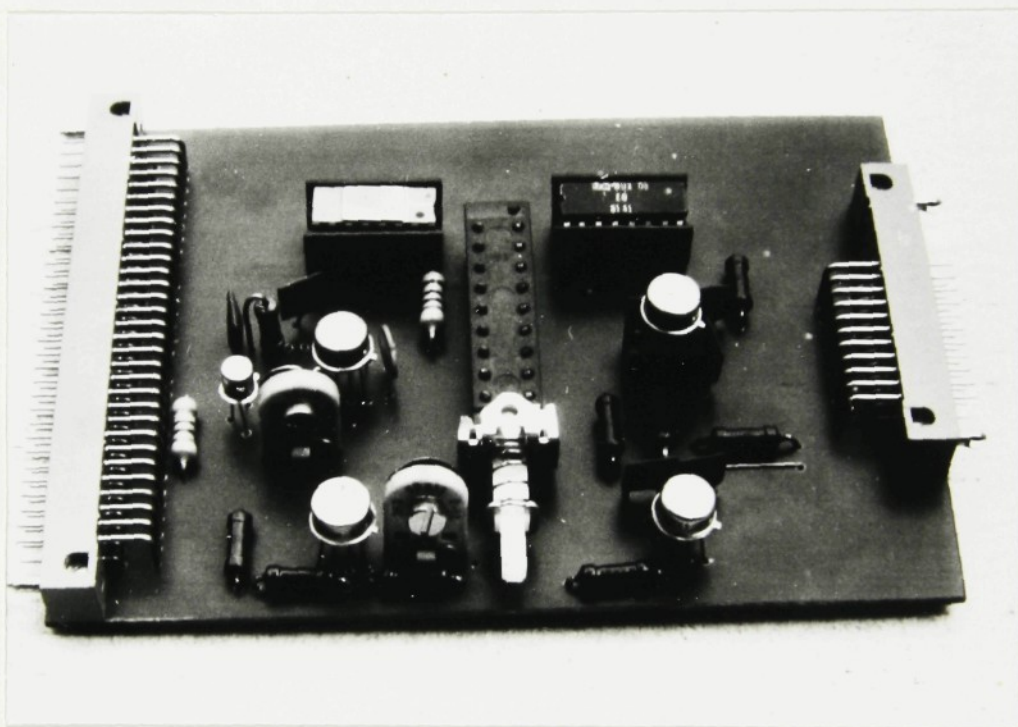
Jakost zdroje referenčního napětí má rozhodující vliv na přesnost měření. Pro dosažení vysoké stability referenčního napětí  $U_{\text{REF}}$  byl použit speciální integrovaný stabilizátor REF - 01. Další součástí zdroje je operační zesilovač MAA 741, který je zapojen jako invertor a slouží k získání záporného referenčního napětí. Záporné referenční napětí se připojuje na D/A převodník v případě měření kladných analogových napětí, v případě měření záporných napětí je  $U_{\text{REF}}$  kladné (zajistí přepínač polarit měř. napětí PŘ). Tento požadavek je zapříčiněn použitím invertujícího sumátoru MAA 748 na výstupu D/A převodníku. Do zdroje referenčního napětí lze tedy zahrnout i přepínač polarit měřeného napětí PŘ.



Potenciometrický trimrem R12 se nastavuje velikost referenčního napětí (na vývodu č.6 IO REF-01) na + 10 240 mV. Odpojem R9,10 se upraví zisk invertoru MAA 741 tak, aby na jeho výstupu bylo napětí -10 240 mV.

#### 5.1.5. Konstrukční řešení převodníku

Převodník je konstrukčně řešen jako násuvný modul o rozměrech 130x95x20mm, který je na obr.10.



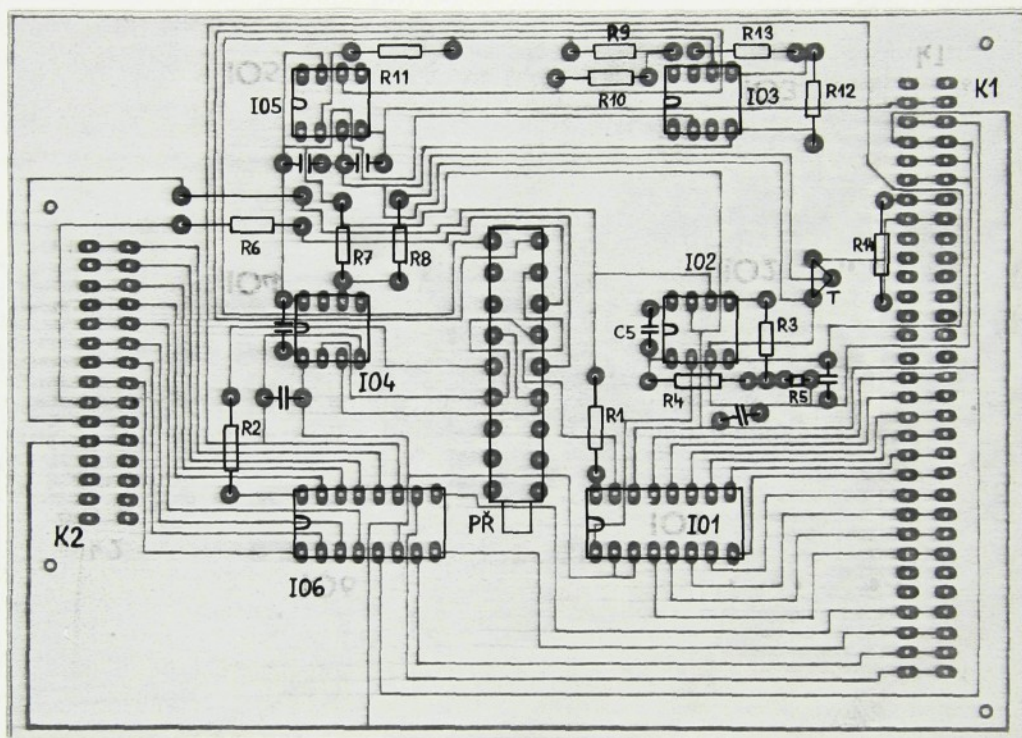
Obr.10. Pohled na 8-kanálový A/D a D/A převodník s obvodem K 572 PALA

Všechny obvody obousměrného převodníku jsou umístěny na jednostranné desce plošných spojů, která je na straně mikropočítače opatřena konektorem K1 typu FRB se 60-ti vývody. Na straně osmi analogových vstupů a analogového výstupu je opatřena konektorem K2 rovněž typu FRB, ale se 30-ti vývody. Pohled na desku plošného spoje a na rozmístění součástek převodníku je na obr.11.

Potenciometrické trimry R12 popř. R3,4 jsou z důvodu stability cermentové typu TP 011.



Rovněž tak odpory R1, R2, R5, R6, R9, 10 a R11 jsou přesné stabilní odpory s kovovou vrstvou např. typu TR 151. Přepínač polarizace měřeného analogového napětí je typu ISOSTAT a je rovněž umístěn na desce plošných spojů. Blokovací kondenzátory M1 v přívodech napájecího napětí operačních zesilovačů a komparátorů jsou běžné polystyrénové TK 744. Napájení převodníku je odvozeno z napájecího napětí mikropočítače TEMS a potřebná napětí -12V, +12V, +5V jsou připojena na převodník přes konektor K1.



Obr.11. Pohled na plošný spoj A/D a D/A převodníku (pohled ze strany součástek)

#### 5.1.6. Připojení převodníku k TEMS 80-03A

Mikropočítač TEMS byl pro spolupráci s převodníkem, popř. s jinými zařízeními, rozšířen o druhý V/V programovatelný obvod 8255 s paralelním přenosem dat. Dále bylo nutné připojit k mikropočítači 30-ti kolíkový konektor FRB /9/ a obvod 8255 tak propojit na spodní rozšiřovací desku TEMS 80-04, kde bylo umístěno 6 ks 4-bitových obousměrných budičů sběrnice typu 3216. Tyto obvody byly použity jako zesilovače V/V portů IO 8255 na úroveň TTL /10/. Posílené V/V porty PA, PB, PC jsou vyvedeny na 60-ti kolíkový konektor K1 typu FRB, který je připevněn na desce de-



monstračních periférií TEMS 80-04. Na konektor K1 jsou připojena i potřebná napájecí napětí.

Propojení obousměrného převodníku a mikropočítače se tedy provede pouhým zasunutím modulu do konektoru K1.

Na druhém konektoru převodníku označeném K2 je k dispozici osm analogových vstupů používaných při A/D převodu nebo jeden analogový výstup používaný při D/A převodu.

#### 5.1.7. A/D převod a jeho programové zajištění

Je-li převodník použit pro A/D převod musí mikropočítač zajišťovat změnu digitálního 10-bitového čísla přiváděného na vstup D/A převodníku, kde se převede na analogové napětí, které je porovnáváno komparátorem s měřenou analogovou veličinou. A/D kompenzační převodník může pracovat jak již bylo uvedeno s rovnoměrnými přírůstky kompenzačního napětí určenými vahou bitu LSB a po každém kroku zkoušet, zda se již dosáhlo hodnoty měřeného napětí. To znamená, že v prvním kroku by mikropočítač vyslal na D/A převodník kombinaci 00000 00000.

Pokud by se převodníkem měřilo maximálně možné analog. napětí tj. 10 230 mV, musel by mikropočítat dojít až ke kombinaci 11111 11111. To znamená, že komparační napětí by muselo stoupat v 1 024 krocích, než by bylo dosaženo vyváženého stavu s měřenou hodnotou.

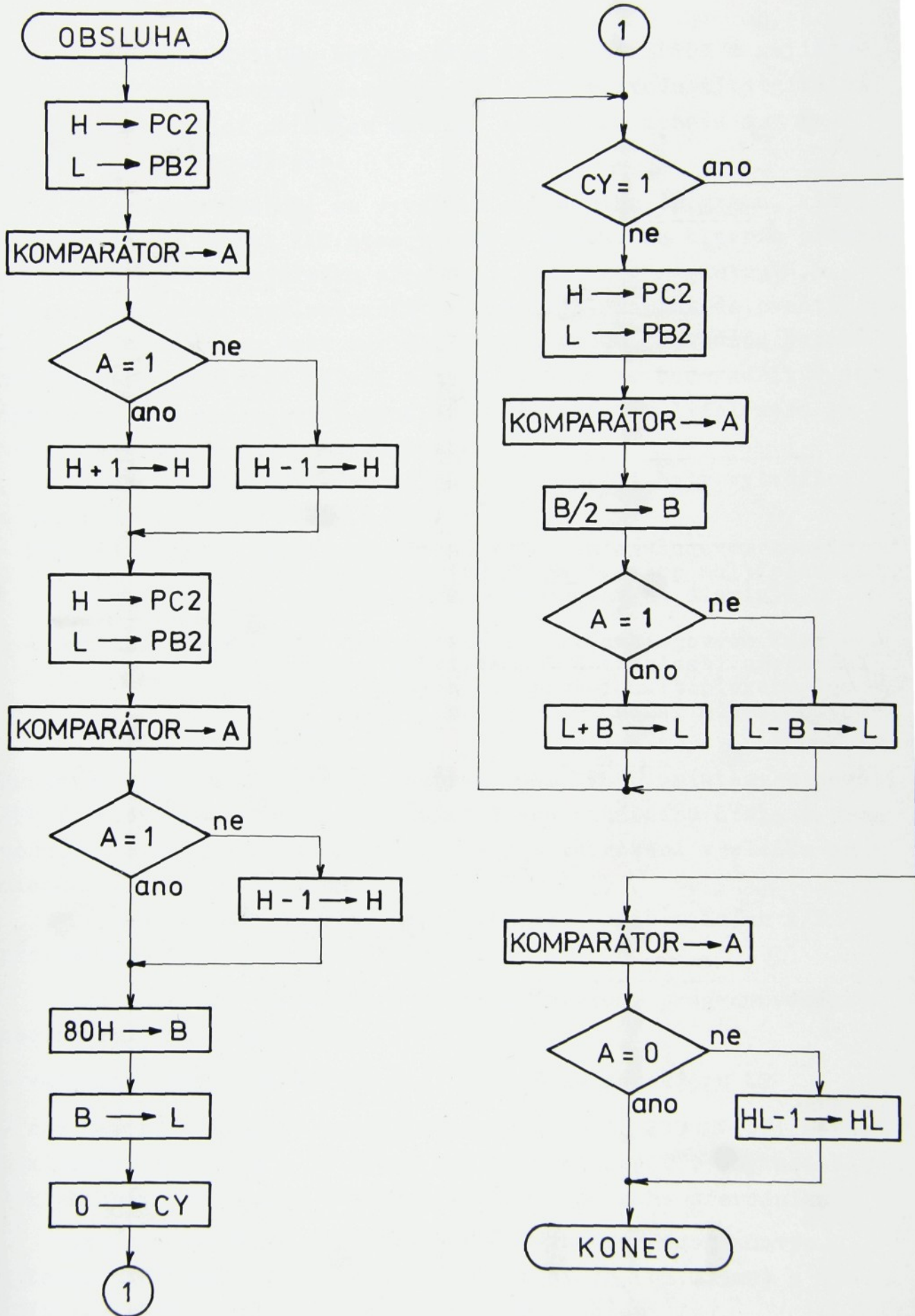
Proto byla pro uvedený převodník použita metoda, jejíž princip byl popsán v /29/. Mikropočítač ve spojení s převodníkem v podstatě vyhledává měřenou hodnotu analogového napětí metodou půlení intervalu.

V tomto algoritmu se převod začíná nejprve hodnotou, která odpovídá polovině maximálního měřitelného napětí (tj. MSB=H, zbytek=L). V závislosti na tom, zda následný komparátor zjistí, že tato hodnota je menší či větší než měřená hodnota, se polovina této hodnoty přičte nebo odečte a znovu prověří. Algoritmus se opakuje desetkrát, až je hledaná hodnota napětí v číslicovém tvaru s dostatečnou přesností.

Jak je vidět, lze vyhledávání správné hodnoty pro převod max. hodnoty zkrátit z 1 024 kroků na pouhých 10 kroků.

Pro A/D převod s tímto algoritmem byl vytvořen a odladěn podprogram OBSLUHA, který zajišťuje základní funkci převodníku. Jeho vývojový diagram je na obr.12.





Obr.12. Vývojový diagram podprogramu OBSLUHA



Podprogram OBSLUHA byl umístěn do paměti EPROM a zajišťuje sejmутí jedné měřené hodnoty. Výsledek převodu tj. digitální číslo odpovídající měřenému analog. napětí se uchovává v registru H,L mikropočítače.

Podprogram OBSLUHA se vyvolává z hlavního programu, který má uživatel v paměti RAM nebo v paměti EPROM. Na hlavním programu závisí využití výsledku převodu, který je v registru H,L. Výsledek se může např. zobrazit na displeji, zapsat do paměti apod. Na hlavním programu také závisí, jestli budou prováděna jednorázová nebo opakovaná měření a dále, jestli se bude měřit v jednom nebo více analogových kanálech. Přepínání multiplexeru je tedy zajištěno v hlavním programu.

Pro zobrazení výsledku měření na displeji byly vytvořeny a odladěny programy DMM a 8 DMM:

- DMM zajišťuje : opakovaná měření v jednom analogovém kanálu (měř. napětí připojit na l.vstup multiplexeru) a zobrazení výsledku měření na displeji
- 8 DMM zajišťuje: opakovaná měření v osmi analogových kanálech (přepíná multiplexer) s rychlostí přepínání po 2s (rychlost přepínání multiplexeru lze měnit pomocí podprogramu DELAY mikropočítače TEMS)

Programy DMM a 8 DMM jsou s podprogramem BNBCD umístěny v paměti EPROM. Podprogram BNBCD zajišťuje převod binárního čísla z převodníku do kódu BCD, který je nutný pro zobrazení výsledku na displeji.

Výpisy těchto programů a podprogramů zajišťujících A/D převod jsou v programové příloze 3.

Pro správnou činnost A/D převodu je kromě programového obslužení nutno zajistit:

- vzájemné propojení vývodů č.17 a č.19 na konektoru K2
- aby měřené analogové napětí nepřesáhlo + 10 230 mV při měření kladných napětí a - 10 230mV pro záporná napětí, aby nedošlo k chybnému převodu z důvodu překročení rozsahu převodníku

Uvedená aplikace ukazuje, jak lze vhodným programovým vybavením zkrátit velmi výrazně dobu převodu (na 0,5ms) a využít tak plně rychlosti převodníku (2000 měření /s).



### 5.1.8. D/A převod a jeho programové zajištění

Zpětný digitálně-analogový převod převodníkem je podstatně jednodušší než A/D převod a jeho princip byl popsán v kap.5.1.2. Programové zajištění je také podstatně jednodušší a musí pouze zabezpečit vysílání dat z mikropočítače na porty PB a PC tj. na digitální vstup převodníku D/A.

Převodník lze použít i pro převod 8-bitových čísel, je třeba ale programově zajistit, aby PC0 a PC1 tj. zbývající dva bity na vstupu 10-bitového D/A převodníku, byly v úrovni L po celou dobu převodu. V 8-bitovém režimu se pouze zhorší přesnost převodu z 0,05% na 0,2%, neboť není plně využit rozsah převodníku.

Programy pro D/A převod nelze umístit do paměti EPROM, protože se musí nutně měnit podle potřeb uživatele. Jejich znění totiž závisí na umístění dat v mikropočítači, na místě jejich vzniku nebo na rozsahu převáděných souborů dat.

Polarita výstupního analogového napětí je určena polohou přepínače PŘ. Výstupní analog. napětí může nabývat hodnot -10,23V až 0V nebo 0V až +10,23V.

Pro správnou činnost převodníku při D/A převodu je třeba zajistit:

- rozpojení kontaktů č.17 a č.19 na konektoru K2

### 5.1.9. Parametry převodníku

Popisovaným A/D a D/A převodníkem s obvodem K 572 PA1A byly dosaženy tyto parametry:

Vstupní napětí (A/D převod)	-10,23V až 0V 0V až + 10,23V
Výstupní napětí (D/A převod)	-10,23V až 0V 0V až + 10,23V
Doba převodu	0,5ms
Rychlost měření	2000/s
Přesnost měření	0,1% (tj. ± 10mV)
Vnitřní odpor	1 MΩ
Napájecí napětí a odběr ze zdroje	+12V / 24mA -12V / 7mA + 5V / 1mA



## 5.2. Realizace přídatné paměti RAM

Jak již bylo uvedeno, je kapacita operační paměti RAM 1 KB pro ukládání dat při měření převodníkem nedostatečná.

Rozšiřování kapacity operační paměti RAM je vždy spojeno s problémem návrhu poměrně složitého (většinou oboustranného) plošného spoje. Z těchto důvodů bylo zvětšení kapacity paměti RAM realizováno ve dvou etapách.

### 5.2.1. Rychlé rozšíření RAM o 1 KB

V této etapě bylo pro zvětšení kapacity paměti RAM využito skutečnosti, že všechny vývody IO paměti K 565 RU2 (resp. MHB 2102) jsou propojeny paralelně s adresovou sběrnicí, řídicími signály a napájecím napětím. Pouze při organizaci paměti 1 KB je třeba u příslušných osmi obvodů K 565 RU2 propojit vývody CS (vývod č.13) a přivést je na adresový dekodér 3205.

Proto byly pokusně posazeny vždy dva IO K 565 RU2 na sebe tak, aby se všechny vývody daly vzájemně propojit pájením. Vývod CS byl mírně odkloněn a vyveden pomocí vodiče s polyuretanovou izolací (samopájitelnou) na adresový dekodér. Dvojice propojených IO byly zasunuty zpět do příslušných objímek na desce TEMS 80-03, takže dolní 1 KB pracuje v původním zapojení a horní KB má propojené vývody CS přivedeny na adresový dekodér paměti EPROM. Tím byla omezena možnost rozšíření paměti EPROM na 3 KB (3x 573 RF1), neboť signál CS čtvrtého IO paměti EPROM je využit pro řízení přidaného 1 KB paměti RAM. Pro většinu aplikací je kapacita EPROM 3 KB nebo 6 KB (při použití IO 2716) dostačující.

Popsaným řešením bylo dosaženo adresace přidaného 1 KB RAM od adresy 1000H do 1FFFH, což umožňuje plynulou návaznost na původní paměť RAM od adresy 2000H do 23FFH. Zapojením se obešla nutnost použít další adresový dekodér, zvláštní plošný spoj a vyvedení sběrnic.

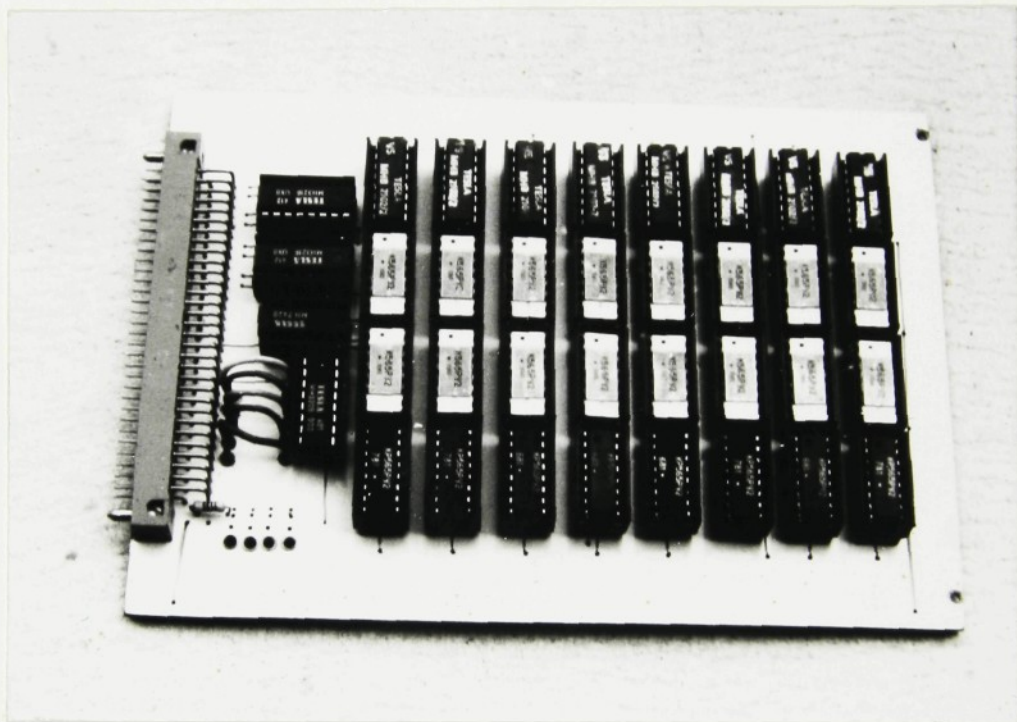
Pájení IO K 565 RU2 bylo prováděno na speciálním CMOS pracovišti, aby se zamezilo možnému poškození obvodů elektrostatickým nábojem. Obava, že průřez napájecích vodičů (kontaktů objímek) bude nedostatečný, se ukázala jako neopodstatněná.



### 5.2.2. Přídavný modul RAM 4 KB

Rozsah paměti RAM 2 KB sice umožňuje tvorbu a ladění velmi rozsáhlých programů, ale pro sběr dat je tato kapacita stále nedostačující.

Proto bylo ve druhé etapě rozšiřování paměti RAM přistoupeno k použití paměťového modulu RAM 4 KB /30/. Tato paměťová deska používá též obvody K 565 RU2 a je opatřena 60-ti vývodovým konektorem typu FRB viz obr.13.



Obr.13..Pohled na paměťovou desku 4 KB RAM

Pro možnost jejího použití bylo třeba do základní desky TEMS 80-03 osadit dva IO MH 3212, které slouží k zesílení adresové sběrnice. Dále bylo zapotřebí připevnit na desku demonstračních periférií TEMS 80-04 druhý konektor FRB se 60-ti vývody, na který je připojena:

- adresová sběrnice
- datová sběrnice
- napájecí napětí (+ 5V)
- řídicí signály (MEMW, MEMR)



Zvláštní zapojení adresového dekodéru MH 3205 na paměťové desce RAM 4 KB umožňuje volbu adresování v rozmezí 64 KB. Umístění bloku 4 KB uvnitř adresovatelného rozsahu 64 KB umožňují adresová vedení A12 až A15 přivedená na adresový dekodér 3205 /30/.

Umístění přidaného bloku 4 KB paměti RAM bylo zvoleno od adresy 4000H do 4FFFH.

### 5.3. Programátor paměti EPROM

V praxi je velmi výhodné uložení často používaných programů do rezidentní paměti. Pro uložení se osvědčila mazatelná permanentní paměť EPROM (Electrically Programmable ROM). Pokud postačí programovat paměť pouze jednoho typu, lze programátor poměrně snadno realizovat s malými náklady /31/.

Paměť EPROM 2708 (ekvivalent K 573 RFl) je pevná paměť 1 KB s organizací 1024x8bitů, jejíž obsah lze vymazat ultrafialovým světlem s plošnou hustotou energie 0,10 až 0,15 J/mm<sup>2</sup> působícím po dobu cca 30 minut. Mazání je umožněno transparentním okénkem pouzdra, které propouští ultrafialové paprsky.

Uvolňovacím vstupem CS/WE (vývod č.20 obvodu) se paměť EPROM nastavuje do tří stavů:

CS/WE = 0V	.....	čtení z paměti
= 5V	.....	stav s velkou impedancí
= 12V	.....	zápis do paměti

Přiložením napětí + 12V na vývod CS/WE se tedy paměť připraví na zápis. Vloží se adresa a jí příslušná data. V tomto okamžiku je přiveden na vývod PR (vývod č.18 pouzdra paměti DIL 24) programovací impuls definované délky, jehož účinkem jsou data dané adresy uložena do odpovídajících buněk permanentní paměti.

Programovací napětí pro obvod 2708 je podle údajů výrobce určeno na  $26 \pm 0,5V$ . Aby pro programátor nebylo nutno používat externí zdroj tohoto napětí, byl doplněn o výkonový střídač.

Vlastní výkonový střídač je tvořen dvojitým tranzistorem T4 zapojeným jako multivibrátor. Výstup z multivibrátoru (viz příloha 2.) ovládá dvojici komplementárních tranzistorů T5, T6 tvořících výkonový stupeň. Za výkonovým stupněm následuje diodový ztrojovač napětí tvořený diodami D4, D5, D6 a kondenzátory

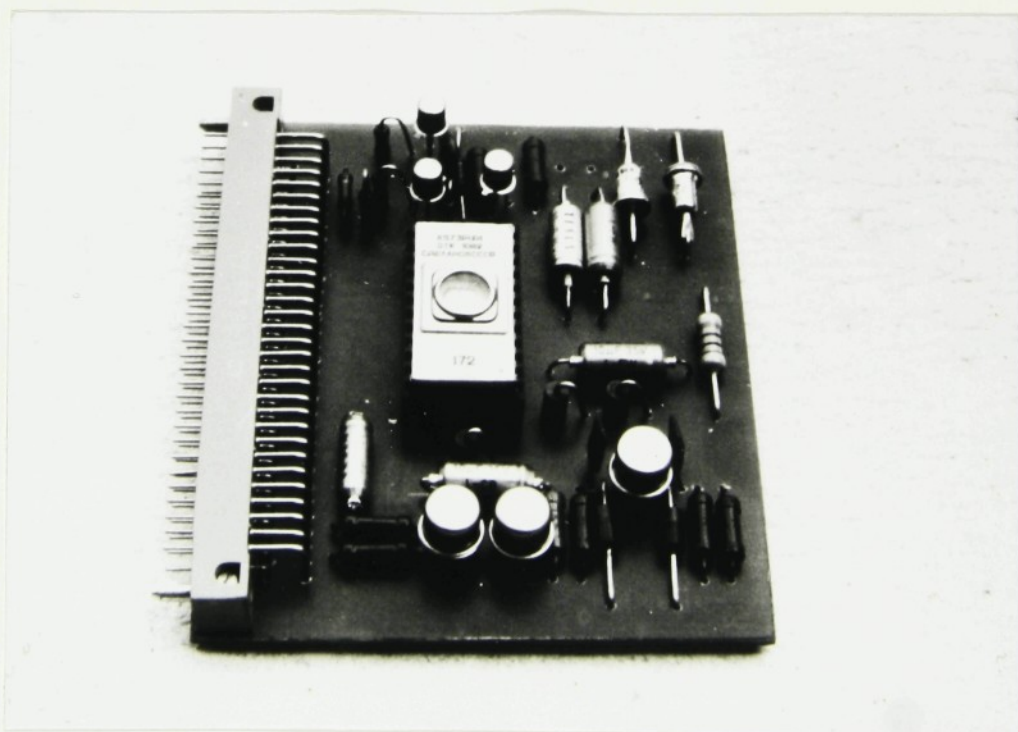


C5, C6, C7. Stabilizace programovacího napětí je zajištěna dvojicí zenerových diod D7, D8. Tyto diody je třeba vybrat tak, aby součet jejich zenerových napětí byl roven +26V.

Vlastní programátor je tvořen trojicí tranzistorů T1, T2, T3. Kanálem PC4 mikropočítače je ovládán člen se třemi tranzistory, který přivádí programovací napětí +26V na vývod PR paměti. Z kanálu PC5 se signálem přes dvojici tranzistorů přivádí aktivní napětí +12V na uvolňovací vstup CS/WE. Programovaná buňka paměti je určena adresovými vstupy A0 až A9. Obsah buňky (data k zápisu) se do EPROM přivádí pomocí datových vstupů D0 až D7.

### 5.3.1. Konstrukční řešení programátoru

Programátor EPROM je obdobně jako A/D a D/A převodník řešen jako násuvný modul o rozměrech 95x80x20mm. Všechny obvody programátoru jsou umístěny na jednostranné desce s plošnými spoji viz obr.14.

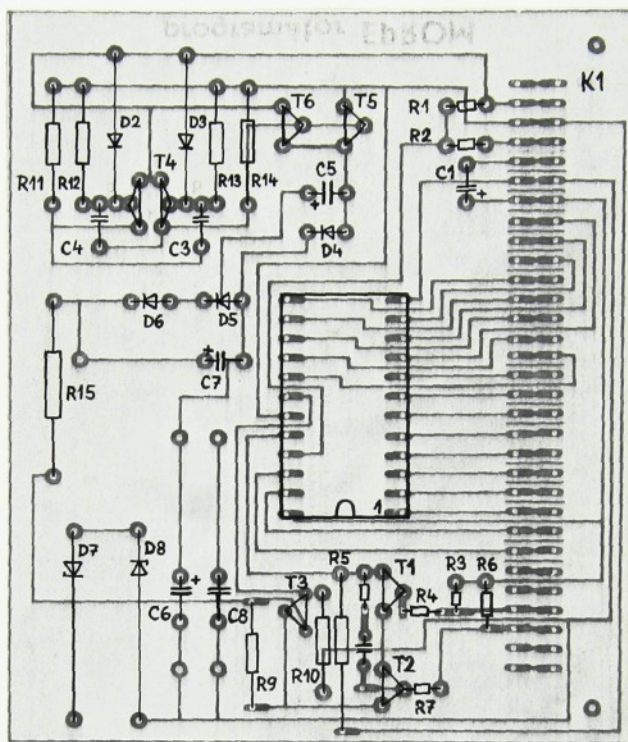


Obr.14. Pohled na programátor paměti EPROM 2708

Deska plošného spoje je opatřena konektorem K1 typu FRB se 60-ti vývody, který umožňuje jednoduché propojení modulu s mikropočí-



tačem. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je patrné z obr. 15.



Obr.15. Pohled na plošný spoj programátoru EPROM 2708 (pohled ze strany součástek)

### 5.3.2. Programové zajištění a obsluha programátoru

Do programového vybavení programátoru EPROM byly vytvořeny a odladěny programy, které zajišťují:

- nastavení pracovní oblasti RAM do OFFH (tj. do všech buněk uloží jedničky)
- test vymazání paměti EPROM
- přesun obsahu paměti EPROM do prac. oblasti RAM
- vlastní programování (tj. změnu adres, přenos dat, vysílání aktivačních a programovacích impulsů)

Podrobné znění obslužných programů programátoru je uvedeno v programové příloze.



Pro usnadnění obsluhy byly programy nahrány popisovaným programátorem do pevné paměti EPROM školního mikropočítače TEMS.

Postup obsluhy při práci s programátorem EPROM:

1. Modul programátoru zasunout do konektoru K1 mikropočítače. Přepínače IO 8255 (2) přepnout na PB = PC = OUT, PA = IN. Paměť EPROM vložit do objímky programátoru !
2. Zapnout zdroj TEMSu. Tím je přípravek schopen činnosti.
3. Test vymazání paměti EPROM start od adresy 0760H.  
Program indikuje pouze chybu tj. zobrazí adresu a obsah nevymazané buňky EPROM (má být správně OFFH). Kontrola pokračuje stisknutím libovolné klávesy.
4. Vymazání pracovní oblasti RAM start od adresy 0700H.  
Program do prac. oblasti RAM od adr. 1C00H do 1FFFH uloží obsah OFFH.
5. Přesun obsahu EPROM do pracovní oblasti RAM start od adresy 0740H.  
EPROM nutno vložit do 2.patice mikropočítače TEMS.  
V pracovní oblasti RAM lze opravit obsah původní (kopírované) paměti EPROM.  
Pracovní oblast RAM je ovšem možno přímo zaplnit daty, která je třeba uložit do EPROM.
6. Vlastní programování start od adresy 0780H.  
Přepínač PA přepnout na OUT !  
Po skončení programování (trvá cca 5minut) přepnout přepínač PA na IN !
7. Vypnout zdroj TEMSu. Vyjmout naprogramovanou paměť EPROM z patice přípravku.



## 6. Z Á V Ě R

V první části diplomové práce je, po krátkém uvedení do mikropočítačové techniky, řešen ideový návrh úprav školního mikropočítače TEMS 80-03A. Navrhované úpravy si kladou za cíl rozšířit možnosti uplatnění tohoto jednoduchého a dostupného mikropočítače v praktických aplikacích, jakož i ve výuce. Další úspěšný rozvoj mikropočítačové techniky a její pronikání do všech odvětví národního hospodářství do značné míry souvisí s tím, jak s ní budou obeznámeni budoucí technici a vedoucí pracovníci.

Druhá část práce popisuje realizaci části navrhovaných úprav mikropočítače TEMS. Je zde ukázáno, jak lze poměrně jednoduchými prostředky vytvořit z mikropočítače TEMS lehce přenosné zařízení použitelné pro nasazení v provozu nebo v laboratořích.

Uplatnění této moderní techniky v praxi ještě stále naráží na celou řadu problémů. Vlastní mikropočítač sám o sobě tuto situaci neřeší, neboť jeho aplikace v řídicích nebo měřicích funkcích je podmíněna dostupností dalších pomocných obvodů, které umožňují jeho styk s okolím.

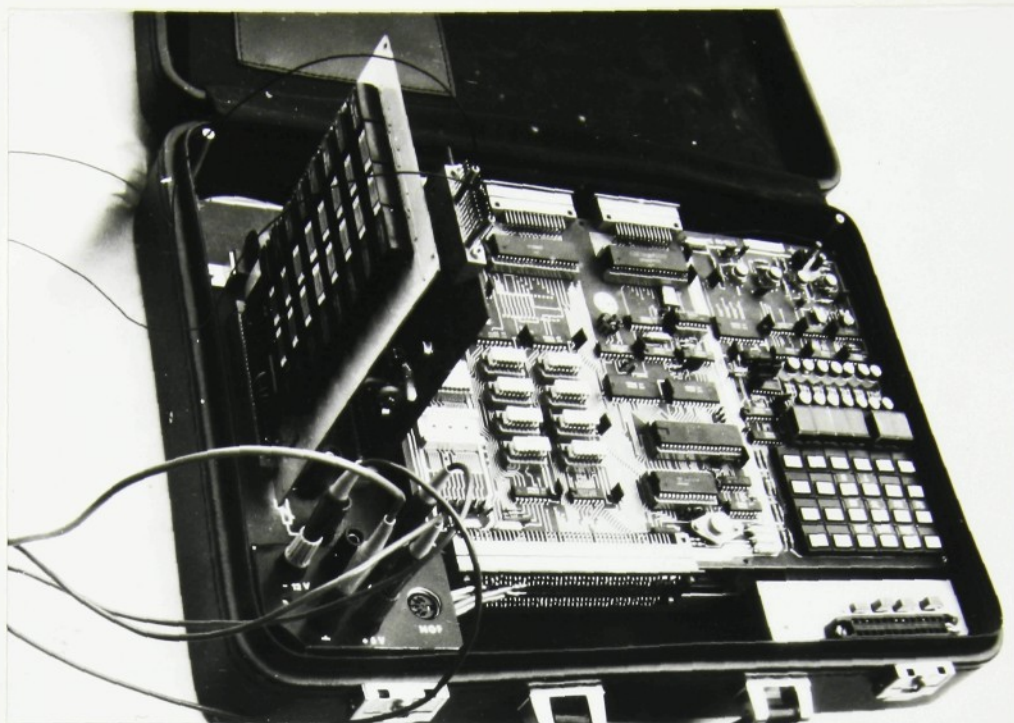
Z těchto důvodů byl školní mikropočítač TEMS doplněn o rychlý 8-kanálový velmi přesný A/D a D/A převodník využívající sovětský obvod K 572 PALA.

Realizovaný převodník nalézá ve spojení s mikropočítačem velmi široké možnosti uplatnění při číslicovém měření a byl již např. použit pro snímání chvění z listovky tkacího stroje na katedře textilních strojů a mechanismů VŠST v Liberci, kde je tento úkol součástí diplomové práce.

Bylo provedeno sejmutí dat mikropočítačem z tenzometrického snímače chvění, jejich převod a zápis do paměti. Vyhodnocení takto získaných dat, které byly z paměti mikropočítače vyděrovány na děrnou pásku, pak bylo provedeno na počítači EC 10-33.

Použitelnost rychlého obousměrného převodníku narážela na nedostatečnou kapacitu paměti RAM mikropočítače TEMS. Proto bylo provedeno její rozšíření z 1 KB na 6 KB. Pohled na upravený mikropočítač s přídatnou pamětí a převodníkem je na obr.16.





Obr.16. Pohled na upravený mikropočítač TEMS

Mikropočítač byl dále doplněn o programátor pevných pamětí EPROM, který značně zvýšil komfort jeho obsluhy, neboť často používané programy si může uživatel sám uložit do pevné paměti.

Při realizaci úprav se podařilo splnit veškeré požadavky, které na ně byly kladeny včetně použití pouze dostupných součástek, které se vyrábí v ČSSR nebo v rámci kooperace v zemích RVHP.



## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ Personal Computer News. Vol.1 No. 39, December 1-7, 1983.
- /2/ HAVLÍČEK, M. a kol.: Mikroprocesor Z-80. Ročenka sdělovací techniky 1984. Praha, SNTL 1983.
- /3/ MACHAČKA, I., PARTYK, P.: Základní instrukce mikroprocesorů 8080. Bratislava, OBZOR 1982.
- /4/ Mikropočítače a mikroprocesory. Příloha časopisu Amatérské radio řada A, 1 až 10 / 1982.
- /5/ HAVLÍČEK, M. a kol.: Úvod do techniky mikroprocesorů a mikropočítačů. Ročenka sdělovací techniky 1982. Praha, SNTL 1981.
- /6/ REKTORYS, P.: Z mikropočítačů. Sdělovací technika 11/1983, str.409 až 410.
- /7/ Personal Computer World. Vol.6 No. 12, December 1983.
- /8/ ZEMAN, V.: Školní mikropočítač TEMS 80-03A. Mechanizace a automatizace administrativy 8/1981, str. 304 až 307.
- /9/ ZEMAN, V.: Technický popis školního mikropočítače TEMS 80-03. Pardubice, DT ČSVTS 1981.
- /10/ VALÁŠEK, P.: Mikroprocesor 8080 a základní obvody. Bratislava, OBZOR 1982.
- /11/ TRPIŠOVSKÝ, T.: Základní programové vybavení školního mikropočítače TEMS 80-03. Pardubice, DT ČSVTS 1981.
- /12/ MIKULÁŠ, J.: Sbírnka cvičných a aplikačních programů v jazyku ASSEMBLER 8080 školního mikropočítače TEMS 80-03A svazek 1, díl 3,4. ČÚV ČSVTS 1982.
- /13/ MACHAČKA, I., PARTYK, P.: Mikroprocesor 8080 paměti a řadiče svazek 2, díl 2,3. Bratislava, OBZOR 1982.
- /14/ Mikroprocesor 8080. Příloha časopisu Amatérské radio řada A 1/1983 až 2/1984.
- /15/ FIALA, M., KOVÁŘ, A., NIKEL, R.: Číslicové měření v automatizaci Praha, SNTL 1981.



- /16/ ŠMÍD, J.: Technický popis TEMS 8006. Praha, Tesla ELTOS 1984
- /17/ DVOŘÁK, V., JANKOVYCH, L., KLIMEŠ, C.: Sbírnka řešených úloh z automatizační techniky. Praha, IMA Tesla ELTOS 1983.
- /18/ Impulsně regulované měniče a stabilizátory napětí. Amatérské radio řada B 4/1982.
- /19/ Základní elektronické obvody v praxi. Amatérské radio řada B 3/1981.
- /20/ Čtečka osmistopé děrné pásky. Amatérské radio řada A 1/1983, str.17.
- /21/ VEDRAL, J.: Kompenzační analogově číslicový převodník. Sdělovací technika 1/1981, str.2 až 4.
- /22/ Obvody moderních měřicích přístrojů. Amatérské radio řada B 4/1981.
- /23/ Převodníky D/A a A/D pro školní mikropočítače. Amatérské radio řada A 9 až 12/ 1983.
- /24/ NĚMEČEK, S. a kol.: Technické prostředky automatického řízení. 2.část. Liberec, VŠST 1982.
- /25/ HAVLÍČEK, M. a kol.: Číslicové zpracování analogového signálu. Ročenka sdělovací techniky 1982. Praha, SNTL 1981.
- /26/ CMOS 10 a 12-bit.Monolithic Multiplying D/A Converters AD 7520. Analog Devices, str.299 až 306.
- /27/ Praxe číslicové techniky. Amatérské radio řada B 3/1980.
- /28/ Perspektivní řada součástek. Amatérské radio řada A 5 až 9/1980.
- /29/ HAVLÍČEK, M.a kol.: Z praxe pro praxi - analogově číslicový převodník. Ročenka sdělovací techniky 1983. Praha, SNTL 1982.
- /30/ VLK, P., SEDLICKÝ, V.: Paměťová deska 4 KB RAM pro školní mikropočítače. Amatérské radio řada A 8/1983, str.297 až 300.
- /31/ HAVLÍČEK, M.a kol.: Z praxe pro praxi - programátor paměti EPROM typu 2708. Ročenka sdělovací techniky 1983. Praha, SNTL 1982.



8. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1. A/D a D/A převodník
- Příloha 2. Programátor EPROM
- Příloha 3. Programová příloha
- Příloha 4. Deska TEMS 80-03



Prohlašuji, že jsem byl seznámen s autorskými nároky  
vztahujícími se na diplomovou práci na tiskopisu vyda-  
ném Ústřední knihovnou VŠST Liberec.

V Liberci dne 25.5.1984.

*Mašek Petr*  
.....

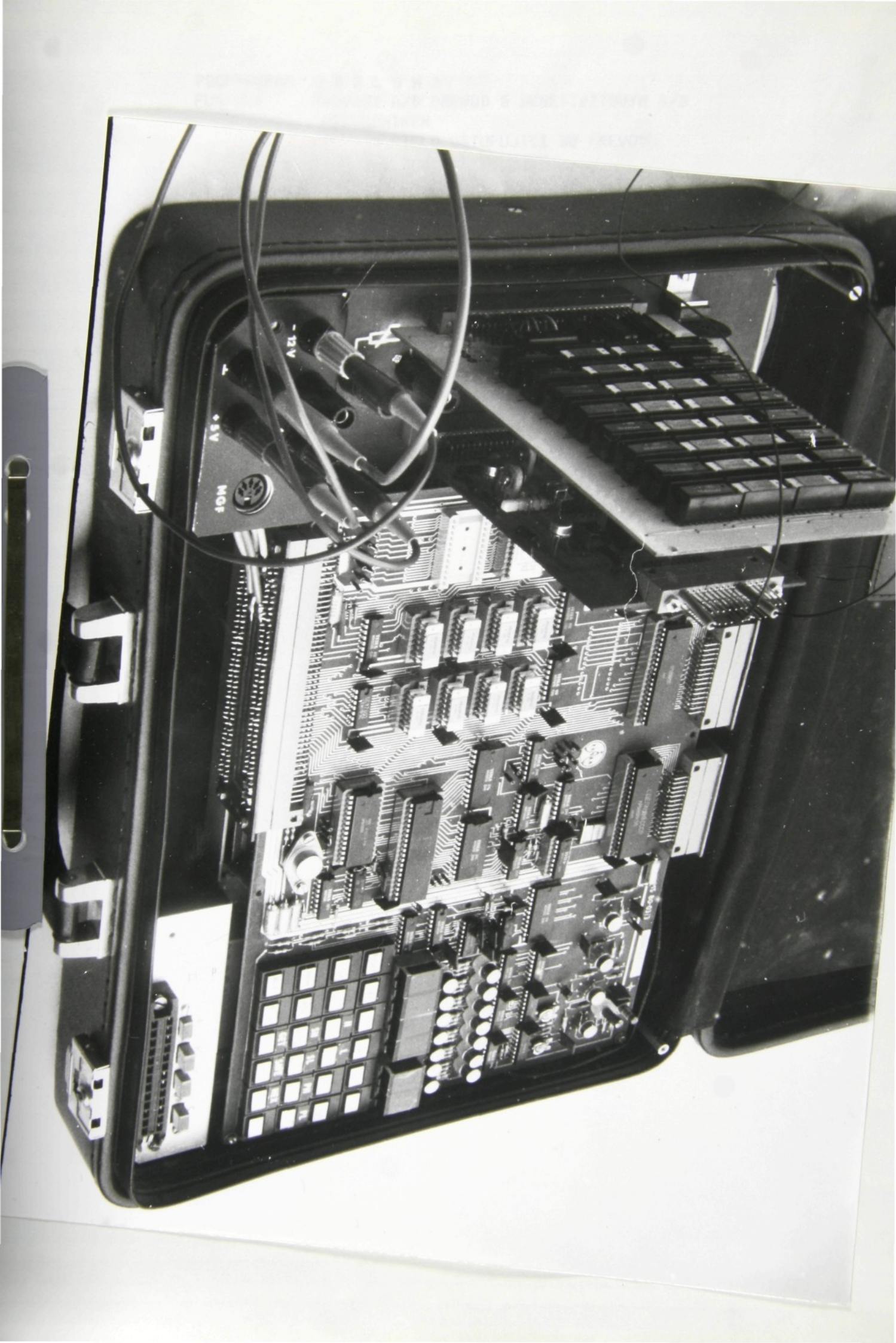














PROGRAMOVA PRILOHA

K DIPLOMOVE PRACI : ROZSIRENI MOZNOSTI SKOLNIHO  
----- MIKROPOCITACE TEMS 80-03A

AUTOR : M A C E K PAVEL

OBSAHUJE : PROGRAMY PRO 8-KANALOVY 10-BITOVY A/D  
----- A D/A PREVODNIK

PROGRAMY PRO PROGRAMATOR PAMETI EPROM







PROGRAM T R A N S F  
 FUNKCE: PROVADI PRESUN OBSAHU PAMETI EPROM OD ADR.0400H  
 DO PRACOVNI OBLASTI RAM OD ADR.1C00H

0740:	11 00 04	TRANSF:	LXI	D,0400H	;POCATECNI ADRESA EPROM
0743:	21 00 1C		LXI	H,1C00H	;POCATECNI ADRESA RAM
0746:	1A	ZNOVU:	LDAX	D	; DE --> A
0747:	77		MOV	M,A	
0748:	23		INX	H	;ZVYSENI ADRES
0749:	13		INX	D	
074A:	7A		MOV	A,D	
074B:	FE 08		CPI	8	;JE KONEC PRENOSU ?
074D:	C2 46 07		JNZ	ZNOVU	;NE
0750:	CF		RST	1	;AND,SKOK DO MONITORU

PROGRAM N U L T E S T  
 FUNKCE: PROVADI TEST VYMAZANI PAMETI EPROM ZOBRAZI OBSAH  
 A ADRESU NEVYMAZANE BUNKY  
 VOLA: ADRSET, ERROR

0760:	3E 90	NULTEST:	MVI	A,90H	;NASTAVENI 8255(2)
0762:	D3 EF		OUT	CNT2	;PB = PC = OUT, PA = IN
0764:	3E F0		MVI	A,0F0H	;INICIALIZACE PROGRAMATORU
0766:	D3 EE		OUT	PORT2C	
0768:	11 00 00		LXI	D,0	
076B:	CD 10 07	OPAKUJ:	CALL	ADRSET	;NACTENI 1BYTE Z EPROM
076E:	FE FF		CPI	0FFH	;OBSAH SPRAVNY ?
0770:	C4 20 07		CNZ	ERROR	;NE
0773:	13		INX	D	;ZVYSENI ADRESY
0774:	7A		MOV	A,D	
0775:	FE 04		CPI	4	;KONEC TESTU ?
0777:	C2 6B 07		JNZ	OPAKUJ	;NE
077A:	CF		RST	1	;AND,SKOK DO MONITORU



PROGRAM P R O G  
 FUNKCE: PROVADI ZMENU ADRES, PRENOS DAT, VYSILA AKTIVACNI A PROGRAMOVACI IMPULSY V SPRAVNEM CASOVEM SLEDU NA EPROM  
 VOLA: DELAY

0780: 3E 80	PROG:	ORG 0780H	
0782: D3 EF		MVI A,80H	; INICIALIZACE 8255(2)
0784: 3E 20		OUT CNT2	; PA = PB = PC = OUT
0786: D3 EE		MVI A,20H	; NASTAVENI EPROM NA PROGRAMOVANI
0788: 21 00 1C		OUT PORT2C	; MOVANI
078B: 1E FF		LXI H,1C00H	; POCATECNI ADRESA RAM
078D: 01 00 00	LOOP2:	MVI E,0FFH	; NASTAVENI POCTU CYKLU
0790: D5		LXI B,0	
0791: E5		PUSH D	
0792: 79	LOOP1:	PUSH H	
0793: D3 ED		MOV A,C	; NASTAVENI ADRESY V EPROM
0795: 78		OUT PORT2B	
0796: F6 20		MOV A,B	
0798: D3 EE		ORI 20H	
079A: 7E		OUT PORT2C	
079B: D3 EC		MOV A,M	; DATA Z RAM DO EPROM
079D: 11 06 00		OUT PORT2A	
07A0: CD 18 02		LXI D,06H	; ZPOZDENI ASI 0.1 MILISEK.
07A3: 3E 0A		CALL DELAY	
07A5: D3 EF		MVI A,0AH	; ZVYSENE NAPETI (0-->PC5)
07A7: 11 25 00		OUT CNT2	
07AA: CD 18 02		LXI D,25H	; ZPOZDENI 0.6 MILISEK.
07AD: 3E 0B		CALL DELAY	
07AF: D3 EF		MVI A,0BH	; ZRUSENI ZVYSENEHO NAPETI (1-->PC5)
07B1: 11 06 00		OUT CNT2	
07B4: CD 18 02		LXI D,06H	; ZPOZDENI 0.1 MILISEK.
07B7: 23		CALL DELAY	
07B8: 03		INX H	; ZVYSENI ADRES
07B9: 78		INX B	
07BA: FE 04		MOV A,B	
07BC: C2 92 07		CPI 4	; TEST KONCE EPROM
07BF: E1		JNZ LOOP1	; DALSI BYTE
07C0: D1		POP H	
07C1: 1D		POP D	
07C2: C2 8D 07		DCR E	; TEST UKONCENI CYKLU
07C5: 3E 9B		JNZ LOOP2	; DALSI CYKLUS
07C7: D3 EF		MVI A,9BH	; KONEC PROGRAMOVANI
07C9: CF		OUT CNT2	; PA = PB = PC = IN
	DELAY	RST 1	; SKOK DO MONITORU
		EQU 218H	
		END	



PROGRAM N U L S E T  
 FUNKCE: PROGRAM NASTAVUJE PRACOVNI OBLAST PAMETI RAM  
 OD 1C00H DO 1FFFH NA OBSAH OFFH  
 VOLA: -----

0700: 21 00 1C	NULSET:	ORG	0700H	
0703: 3E FF		LXI	H,1C00H	;POCATECNI ADRESA RAM
0705: 77		MVI	A,OFFH	;NASTAVENI OFFH V PRACOVNI
0706: 23		MOV	M,A	; OBLASTI RAM
0707: 7C		INX	H	
0708: FE 20		MOV	A,H	
070A: C2 03 07		CPI	20H	;KONEC OBLASTI ?
070D: CF		JNZ	NULSET+3	;NE
		RST	1	;AND,SKOK DO MONITORU

PODPROGRAM A D R S E T  
 FUNKCE: NASTAVUJE ADRESU PRO EPROM A CTE 1BYTE DAT  
 VSTUP: DE = ADRESA  
 VYSTUP: A = BYTE DAT  
 VOLA: -----  
 OVLIVNUJE: A,F

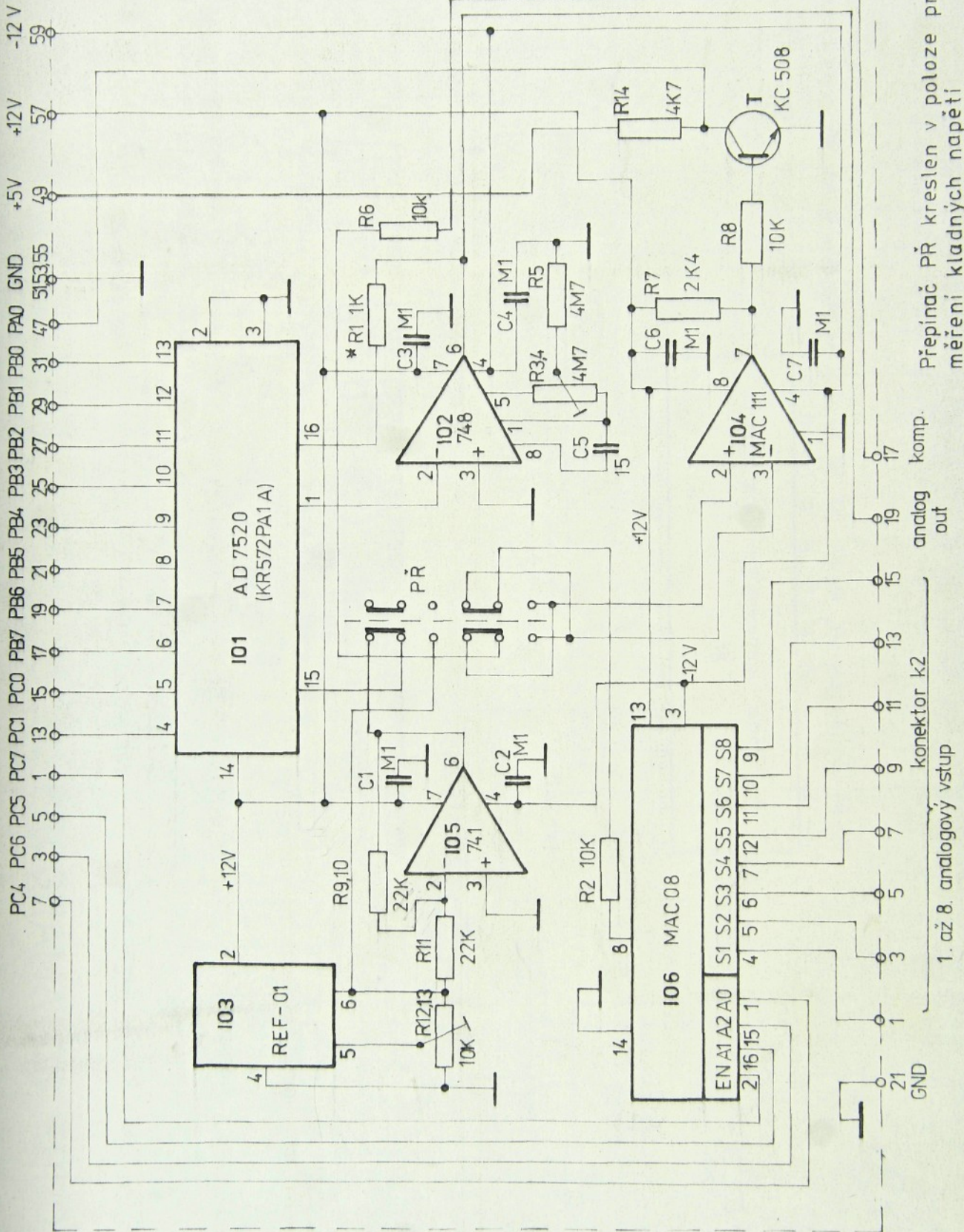
0710: E5	ADRSET:	ORG	0710H	
0711: 7A		PUSH	H	
0712: F6 F0		MOV	A,D	;ADRESA DO A
0714: D3 EE		ORI	0F0H	
0716: 7B		OUT	PORT2C	
0717: D3 ED		MOV	A,E	
0719: 00		OUT	PORT2B	
071A: DB EC		NOP		
071C: E1		IN	PORT2A	;DATA DO A
071D: C9		POP	H	
		RET		

PODPROGRAM E R R O R  
 FUNKCE: PROVADI ZOBRAZENI OBSAHU BUNKY PAMETI A JEJI ADRESY  
 VSTUP: A = DATA , D = ADRESA  
 VYSTUP: -----  
 VOLA: AKTDS  
 OVLIVNUJE: A,F,B,C

0720: E5	ERROR:	ORG	0720H	
0721: D5		PUSH	H	
0722: D5		PUSH	D	
0723: 57		PUSH	D	
0724: 0E 02		MOV	D,A	
0726: CD 13 02		MVI	C,2	;DATOVE POLE BEZ TECKY
0729: D1		CALL	AKTDS	;VYPIS OBSAHU BUNKY
072A: 0E 04		POP	D	
072C: CD 13 02		MVI	C,4	;ADRESOVE POLE BEZ TECKY
072F: D7		CALL	AKTDS	;VYPIS ADRESY BUNKY
0730: D1		RST	2	;CTENI ZNAKU Z KLAVESNICE
0731: E1		POP	D	; PORACOVANI KONTROLY
0732: C9		POP	H	
		RET		
	AKTDS	EQU	218H	



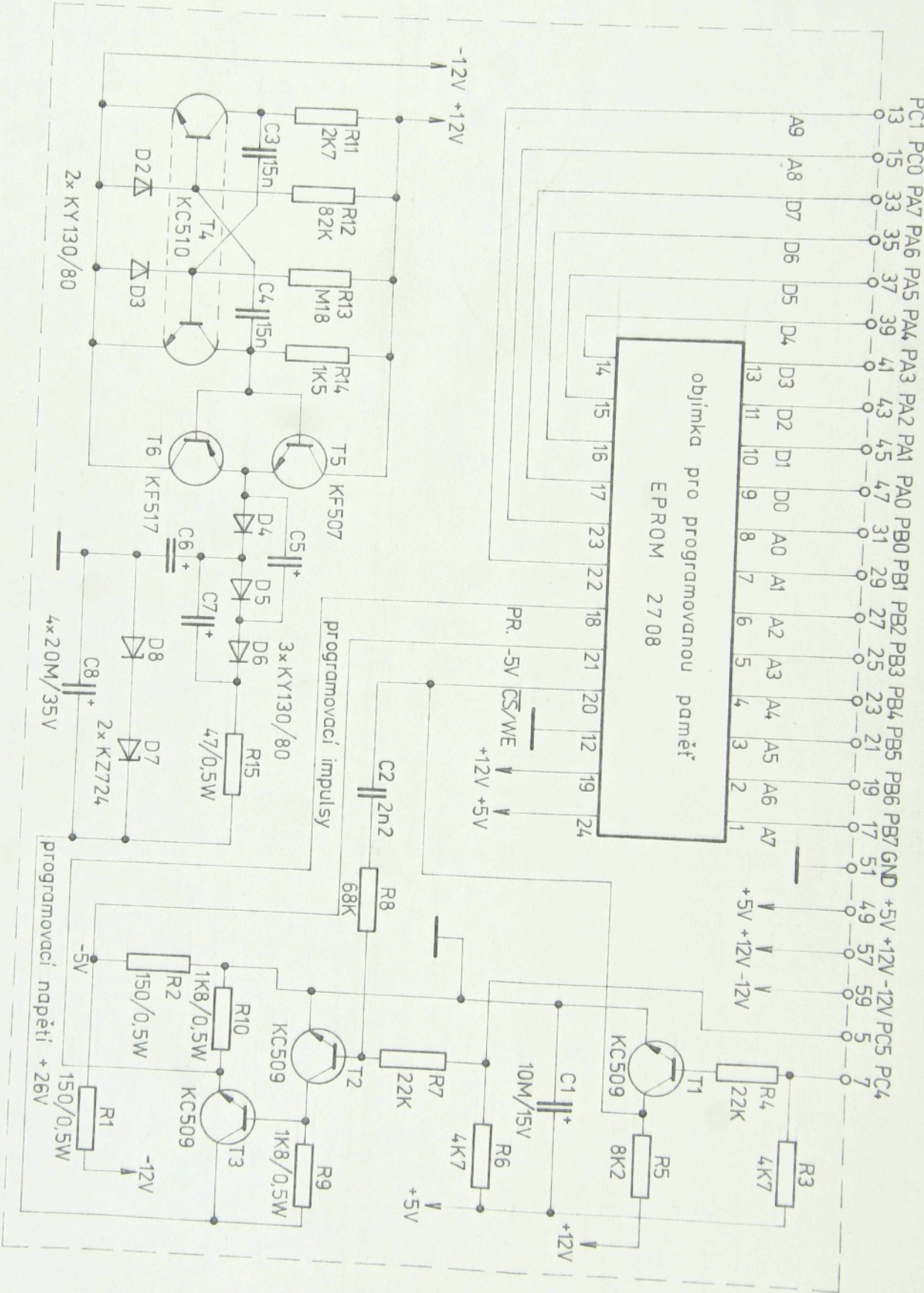
konektor k1



Přepínač PŘ kreslen v poloze pro měření kladných napětí

# A/D A/DIA PŘEVODNÍK





PROGRAMÁTOR EPROM



V79/T  
1984