

Děroštitkový snímač dat pro kapesní kalkulátory

Ing. Miroslav Buřka

Kapesní kalkulátor začíná pronikat do nejširší veřejnosti a uživatel dostává do rukou zařízení, které svými schopnostmi i úrovní použité elektroniky je velmi progresivní. Zcela přirozeně vzniká problém jak využít kalkulátoru při zpracovávání dat měřicích zařízení, při řízení jednodušších regulačních pochodů apod. Jednou z otázek, které při řešení vzniknou, je otázka připojení vnějšího zařízení (interface) ke vstupním i výstupním obvodům kalkulátoru. V tomto článku si povšíme, jak zvětšit výpočetní možnosti samotného kalkulátoru vnějším ovládním adresovacích vstupů. Jde buď o přímé řízení výpočtů kalkulátoru vnějším programem, nebo o rychlé vkládání programů a dat do paměti kalkulátorů programovatelných, které nemají datový magnetofon s magnetickými štitky.

Abychom si uvědomili možnosti, je na obr. 1 blokové schéma běžného kalkulátoru. Řídící obvody RO ovládají většinu nearitmetických vnitřních operací. Spolupracují s klávesnicí K, synchronizují systém a modifikují instrukční adresy. Obsahují generátor hodinových impulsů (u složitějších kalkulátorů dvoufázový), zdroj multiplexovaných signálů, generují zvláštní řídicí signály (carry, Word select signal, sync, IDLE, IRG, EXT, I/O signály), obsahují čítač instrukcí a adresovacích obvodů AV, které vysíláním kódu adresy nastartují program uložený v paměti ROM. Současně se nastaví čítač instrukcí a z paměti ROM se počnou vysílat kódy jednotlivých mikroinstrukcí pro aritmeticko-logickou jednotku ALJ, která obsahuje dekodér instrukcí, sečítačku, pracovní registry a dekodér displeje D. Čítač instrukcí ukončí výpočet a uvolní data pro dekodér displeje. Samozřejmě, že může být zapojena celá řada paměti ROM, datových a programových paměti RAM, které rozšiřují výpočetní možnosti kalkulátoru [1].

Elektronika kalkulátoru je přístupná jen několika cestami. Nejjednodušší lze ovládat adresovací vstupy AV příslušně časově orientovaným signálem. Složitější cestou, předpokládající znalost kódů mikroinstrukcí, je přivést signály na adresovací a datové sběrnice, které jsou u některých kalkulátorů přístupné. Výstup je možný buď přímo z aritmeticko-logické jednotky nebo z multiplexovaného displeje. Některé kalkulátory mají vyveden výstup pro tiskárnu, která však zpravidla pracuje v jiném kódu, než je výstup aritmeticko-logické jednotky. Každý způsob přístupu má jiný stupeň náročnosti a složitosti a zpravidla není přímo kompatibilní s použitím běžně dostupných obvodů TTL. Někte-

ré způsoby byly v literatuře publikovány, netvoří však všestranně použitelný systém [2, 3, 4].

Předpokladem je, že máme zpracovaný program výpočtu (a potřebné konstanty) a chceme jim buď ovládat kalkulátor, nebo vkládat data do jeho programové nebo datové paměti. To lze realizovat buď vnějším magnetofonovým záznamem s příslušným dekodérem, nebo pomocí děrných štitků, nebo děrné pásky. Protože bylo úmyslem zhotovit jednoduché zařízení, nezávislé na napájecích zdrojích a vyžadující minimální úpravu kalkulátoru, bylo použito děroštitkové vkládání dat. Úprava kalkulátoru spočívá pouze ve vyvedení adresovacích vstupů a multiplexovaných výstupů na zvláštní konektor, na který pak připojíme spínače řízené děrným

štitkem. Jako spínače lze použít tranzistory, fototranzistory, fotodiody nebo jednoduché mechanické kontakty.

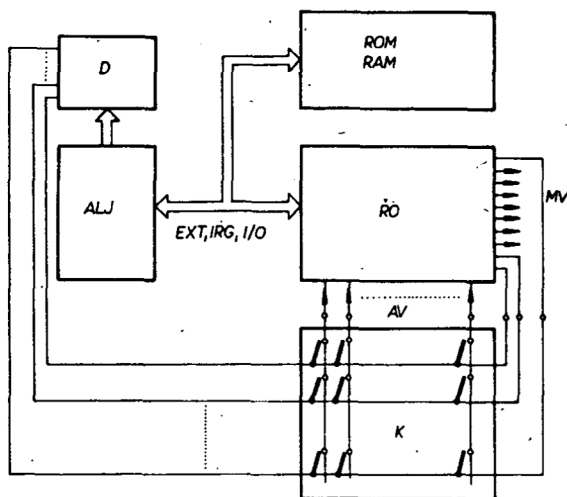
Spínání tranzistory vyhovělo v kombinaci s další elektronikou pro zvláštní účely; pro běžné použití je tento způsob zbytečně nákladný. Varianta s křemíkovými fotonkami KP101 nevyhověla z důvodu různé směrové citlivosti jednotlivých fotonek.

Na základě těchto poznatků byl sestrojen kontaktní snímač děrných štitků, do něhož lze vsunout kalkulátor, opatřený konektorem a ručním protažením děrného štitku vložit program. Čtení štitku protahovaného elektromotorkem se neosvědčilo. Velkým odběrem proudu motorku se napětí na akumulátorech zmenšilo natolik, že elektronika pak nepracovala spolehlivě (jev dosti známý uživateli SR-52 a TI-59). Snímač byl řešen pro kalkulátor TEXAS INSTRUMENTS SR-56. Kalkulátor má 7 adresovacích vstupů a 16 multiplexovaných výstupů, z čehož je pro adresování použito 6 adresovacích vstupů a 10 multiplexovaných výstupů. To znamená, že k adresování všech 83 funkčních možností kalkulátorů stačí 16 vývodů.

Možná spojení multiplexovaných výstupů s adresovacími vstupy si můžeme z hlediska funkčních možností zakreslit do tabulky (tab. 1). Osazená pole jsou spínána klávesami, ostatní možnosti jsou nevyužity a nejsou kryty v paměti ROM. Na obr. 2 a 3 je symbolové osazení klávesnice kalkulátoru a kódové označení kláves – tak jak předepíše výrobce kódy kláves pro stavbu programů. První číslo kódu zpravidla označuje číslo řady klávesnice, druhé číslo sloupce. Symboly čísel mívají buď vlastní kód, nebo bývají

Tab. 1. Funkční možnosti kalkulátoru TI SR-56, které nastávají při sepnutí příslušných multiplexovaných výstupů D s adresovacími vstupy K

	Multiplexované výstupy									
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
K _n	Mean 1	P → R 2	R → P 3	Σ+ 4	Σ- 5	6	7	8	9	S. Dev 0
K _o	2nd	f(x) LRN	bst SST	NOP R/S	CP CE					
K _p	INV	dsz GTO	x=t x≠t	x≥t RST	subr (prt •	
K _q	log ln x	x sin	CMs STO	√x x ²	rtn)				pap +/-	
K _s	10 ^x e ^x	Int cos	EXC RCL	fix EE	pause ÷	⊗ x	RAD -	+	list =	
K _t	CLR	1/x tan	PROD. SUM	*√y y ^x						



Obr. 1. Blokové schéma běžných kapesních kalkulátorů

řešeny předchozím způsobem. Prefixované symboly mívají kód posunutý o jisté číslo: v našem případě o ±5. Porovnáme-li vzájemně první tabulku a obr. 2 a 3, zjistíme souvislost mezi funkcemi, kódem a spojením příslušných multiplexovaných výstupů a adresovacích vstupů. Pak chází již jen krok k vnějšímu ovládní kalkulátoru.

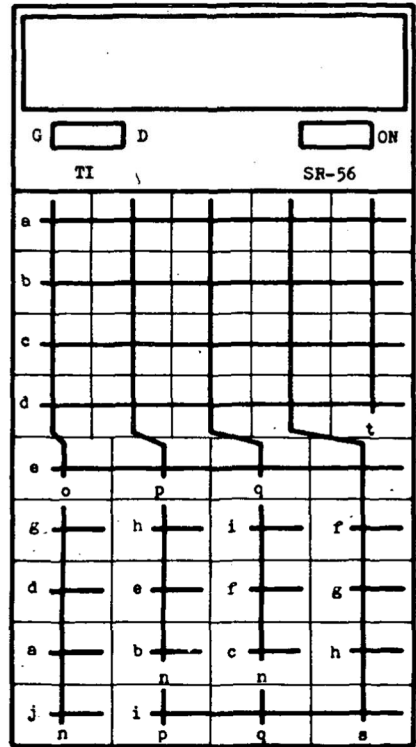
Multiplexované výstupy a adresovací vstupy jsou v kalkulátoru SR-56 zapojeny na klávesnici podle obr. 4. Písmeny a až j jsou označeny multiplexované výstupy a písmeny n až t adresovací vstupy. Adresovací vstup r je určen pro provoz tiskárny a není na klávesnici vyveden. Ve spodní části obrázku je naznačeno zapojení konektoru, kterým budeme kalkulátor ovládat.

G <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> ON				
TI		SR-56		
2nd	INV	log lnx	10 ^x e ^x	CLR
f(x)	dsz	lxl	Int	1/x
LRN	GTO	sin	cos	tan
bat	x=t	CMs	EXC	PROD
SST	x=t	STO	RCL	SUM
NOP	x ² t	√x	fix	^x √y
R/S	RST	x ²	EE	y ^x
CP	subr	rtn	pause	
CE	()	÷	
7	8	9	π	x
Σ+	Σ-	6	RAD	
4	5		-	
Mean	P→R	R→P	+	
1	2	3		
S.Dev.	pvt	pap	list	
0	.	+/-	=	

Obr. 2. Klávesnice kalkulátoru TI SR-56

G <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> ON				
TI		SR-56		
(11)	17	18	19	10
	12	13	14	15
26	27	28	29	20
(21)	22	23	24	25
(31)	37	38	39	30
	32	33	34	35
46	47	48	49	40
41	42	43	44	45
56	57	58	59	
51	52	53	54	
07	08	09	69	
			64	
04	05	06	79	
			74	
01	02	03	84	
00	97	98	99	
	92	93	94	

Obr. 3. Kódy kláves kalkulátoru TI SR-56



Obr. 4. Zapojení klávesnice kalkulátoru TI SR-56 a zapojení konektoru. Písmeny a až j jsou označeny multiplexované výstupy a písmeny n až t adresovací vstupy

Průslušné multiplexované výstupy a adresovací vstupy můžeme spojit buď křížovým polem spínačů (tak jsou uspořádány klávesnice kalkulátorů), nebo jednodušším způsobem podle obr. 5, kdy sepne vždy současně dva spínače podle určitého kódu. Tento způsob je pro snímání informací z děrného štítku výhodnější. Kontakty spojené s vývody kalkulátoru jsou odděleny izolačním děrným štítkem od hřebene pružných kontaktů. Pro každý kód, který chceme vložit do kalkulátoru, vyděrujeme v řadě vedle sebe dvě dírky, v nichž se vždy propojí potřebné dvojice kontaktů. Na obr. 5 jsou označeny kontakty jednak v symbolice, kterou používá výrobce pro multiplexované výstupy a adresovací vstupy, a jednak číslem vývodů použitých integrovaných obvodů kalkulátoru TI SR-56. Spínače jsme označili písmenovou a kódovou řadou.

Z tab. 1 a z obr. 5 lze již snadno sestavit děrný štítek požadovaného výpočetního programu. Jako příklad je v tab. 2 děrný štítek pro výpočet faktoriálu ($n!$). Pro větší přehlednost je vedle schématu rozmístění otvorů i přehled pořadových čísel, kódů a symbolů operací. Pověsimně si, že kód čísel je

v obráceném pořadí proti číselnému vyznačení kódu a u kódů následujících po prefixu 2nd musíme odečíst 5.

Uvedený postup nelze zevšeobecnit, neboť kalkulátory různých výrobců se od sebe dosti liší. V zásadě však lze uvedeným způsobem podstatně zvětšit možnosti libovolného kalkulátoru.

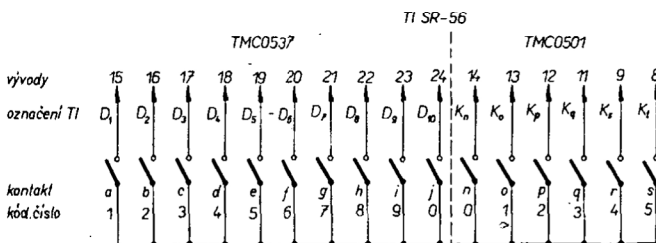
Praktické provedení

Nejprve musíme důrazně upozornit, že při zásazích do zapojení kalkulátorů je nutné si uvědomit, že integrované obvody MOS, které se v nich běžně používají, jsou velice choulostivé. Proto doporučujeme úpravu pouze těm, kteří již mají zkušenosti s obvody MOS, a znají základní zásady práce s nimi. Jde především o důslednou ochranu proti jakémukoli přepětí, které může obvod zničit. Při měření je nutné používat přístroje dobře zemněné přímo na pracoviště, kde měříme, je nutné používat malá měřicí napětí (např. při měření zapojení kalkulátoru ohmmetrem aj.), je třeba se vyvarovat elektrostatických potenciálů, nepoužívat transformátorové pá-

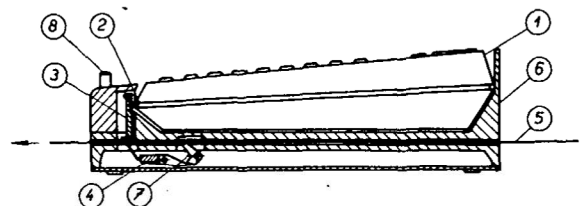
ječky a páječky na malá napětí samozřejmě opět dobře zemnit.

Na obr. 6 je podélný řez děrnostřítkovým snímačem dat. Kalkulátor 1 má na přední straně vyveden 16nožový konektor 2, dobře patrný na obr. 7. Zasuňme-li kalkulátor do tělesa snímače 6, připojíme tím konektor na kontaktní lištu 3. Pružiny kontaktní lišty přecházejí v plošky, po nichž klouže děrný štítek 5. Tlačítkem 8 přiklopíme ke spodní straně děrného štítku kontaktní hřeben 4, který je v pracovní poloze zajištěn západkou 7 jen při vloženém děrném štítku. Detailní záběr kontaktních plošek a hřebenu je na obr. 8. Pohled na celý snímač je na obr. 9. Snímač je otočen tak, aby byly vidět pružiny kontaktní lišty.

Se snímačem pracujeme takto: kalkulátor vložíme do snímače a zapneme. Zasuňme štítek (obr. 10) a stlačením tlačítka přiklopíme kontaktní hřeben. Štítek pomalu protáhneme (asi 10 až 20 kódových řad za sekundu – rychlost by neměla překročit maximální snímací rychlost kalkulátoru) a kontrolujeme na displeji vkládání programu – postačí znát poslední programové číslo. Kontaktní hřeben spojuje v místě dírek štítku příslušné



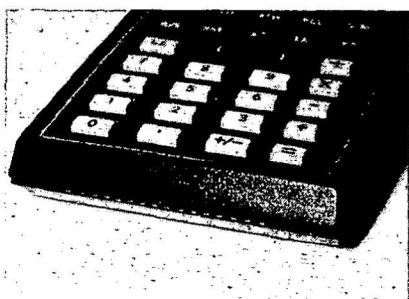
Obr. 5. Zapojení snímače děrného štítku. Pro snadnou orientaci jsou uvedeny vývody integrovaných obvodů kalkulátoru TI SR-56, firemní označení vstupů a výstupů, písmenové označení kontaktů a čísla kódu, který vznikne sepnutím kontaktů, přičemž čísla 1 až 0 pod písmeny a až j patří desítkové části kódu a čísla 0 až 5 (případně zvětšená nebo zmenšená o hodnotu 5 při stlačení tlačítka prefixu 2nd) pod písmeny n až t odpovídají jednotkám kódu



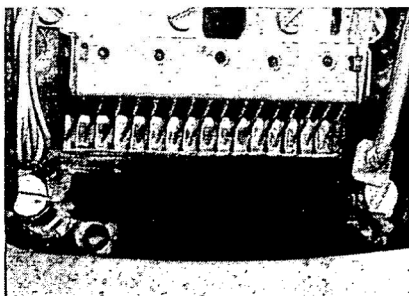
Obr. 6. Přčný řez snímačem děrných štítků: 1 – kalkulátor, 2 – konektor, na který jsou vyvedeny vstupy a výstupy kalkulátoru, 4 – kontaktní hřeben, 5 – děrný štítek, 6 – těleso snímače, 7 – páčka, zajišťující spojení kontaktů jen v případě vloženého štítku; 8 – tlačítko, kterým přiklopíme kontaktní hřeben

Tab. 2. Příklad řešení děrného štítku pro funkci faktoriál n!. V tabulce jsou uvedeny: odpovídající pořadové číslo operace, tak jak se objeví na displeji SR-56, kód klávesy a operace. Vpravo je rozmístění otvorů podle písmenového značení kontaktů

Číslo	Kód	Operace	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	n	o	p	q	s	t
	21	LRN		o										o				
00	33	STO			o											o		
01	00	0										o						
02	11	2nd	o											o				
	56	CP						o						o				
03	11	2nd	o											o				
	37	x=t			o										o			
04	01	1	o											o				
05	02	2		o										o				
06	34	RCL			o												o	
07	00	0											o					
08	64	x								o								o
09	11	2nd	o											o				
	27	dsz		o											o			
10	00	0											o			o		
11	06	6											o					
12	01	1	o										o					
13	94	=										o						o
14	41	R/S					o							o				
15	42	RST					o							o		o		
	21	LRN		o										o				
	42	RST			o										o			



Obr. 7. Pohled na konektor kalkulatoru



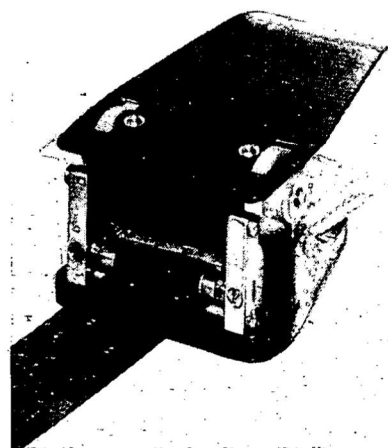
Obr. 8. Pohled na kontaktní plošky a na kontaktní hřeben

kontakty. Konec štítku, ještě dříve než opustí kontaktní pole, uvolní západku a kontaktní hřeben odskočí. Tím se zabrání chybnému spojení nepatřičných kontaktů.

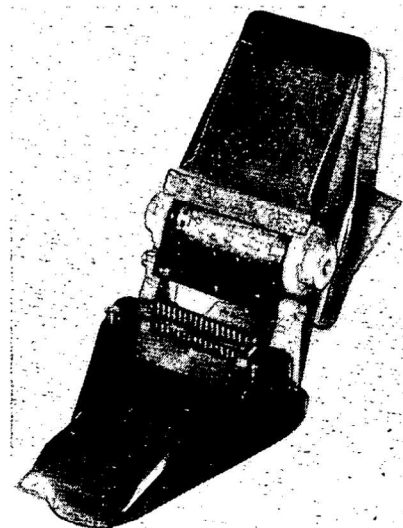
Osvědčil se štítek 50,8 mm (2") široký, dlouhý 300 mm, průměry dírek 2,35 mm a rozteč mezi řadami dírek asi 3 mm. Reálný počet kódových řad je asi 70 – pro delší programy používáme více štítků.

Jisté obtíže se projevily při volbě materiálu štítků. Podmínkou byla pružnost a pevnost nosné fólie, izolační vlastnosti, netřepivost okrajů a snadná realizovatelnost dírek. Po řadě pokusů se nejlépe osvědčil oboustranně vrstvený film pro rentgenové účely. Problémem byla také spolehlivost sepnutí kontaktů. Jednoduché kontakty se neosvědčily, neboť nečistoty na štítku, otřepy okrajů dírek a jiná izolační tělíska utpávala na plochách kontaktů a způsobovala jejich dočasné vyřazení. Beze zbytku byl problém vyřešen použitím wolframových kartáčkových kontaktů (viz obr. 8), které zaručily jednak dokonalé a reprodukovatelné spojení a jednak velmi nepatrné opotřebování štítků.

Pro snadné zhotovování štítků jsme vyrobili kódovanou ruční děrovačku (obr. 11 a 12). V tlačce děrovačky jsou kódovací vačky ovládané vrubovanými knoflíky. Čísla nastavených kódů jsou vidět v průzorech vedle knoflíků. Přes vačky se stlačují razníky (patrné na obr. 12, na němž je tlačka

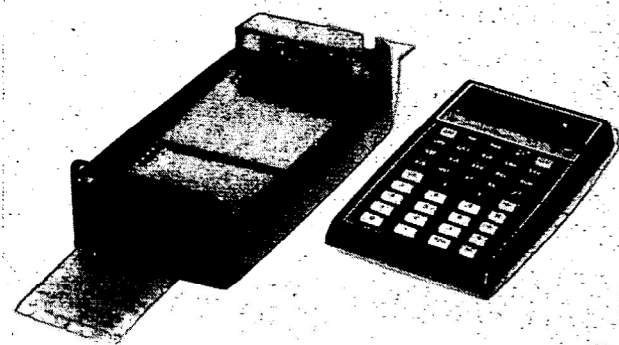


Obr. 11. Pohled na kódovou děrovačku. Vpředu je vidět pryžový váleček samočinného posuvu děrného štítku

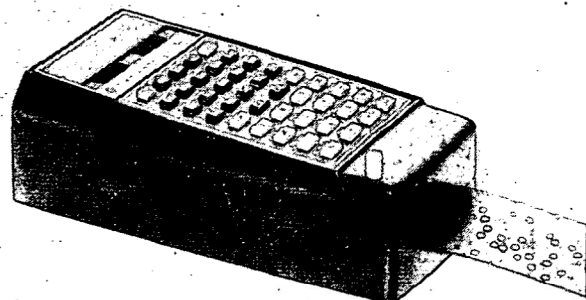


Obr. 12. Děrovačka s druhé strany. Tlačka je nadzvednuta a jsou patrné kódovací vačky. Ve spodní části je soustava razníků, které jsou stlačovány vačkami

zvednuta). Štítek je samočinně posouván o mezirádkovou rozteč při každém nadzvednutí tlačky.



Obr. 9. Pohled na snímač se strany kontaktní lišty a na kalkulator se strany konektoru



Obr. 10. Snímač s kalkulem a děrným štítkem

Závěr

Popsaný snímač byl navržen pro programovatelný kalkulátor TI SR-56. Postupným protahováním děrného štítku lze vkládat program, naplnit datové registry nebo přímo provádět výpočty. Zjednodušení práce s kalkulátorem je velmi podstatné. Zatímco ruční vložení programu vyžaduje značnou pozornost a většinou po pěti minutách vkládání zjistíme, že jsme omylem vložili někde nesprávnou operaci a pak ji obtížně 10 minut hledáme, je vložení programu snímačem zcela rutinní záležitostí, trvajícím 10 až 20 sekund. Pak není problémem přecházet z jednoho výpočtu na druhý a znovu se vracet na předchozí program.

Tento způsob ovládní adresovacích vstupů kalkulátorů nám dovoluje i jiné možnosti. Je zvláště dobře použitelný pro práci s jednoduššími kalkulátory, které nejsou programovatelné a třeba ani nemají vyšší funkce. Můžeme si zhotovit řadu štítků s různými rozvoji funkcí, které kalkulátor nemá ve svých výpočetních programech a tyto funkce pak pomalým protažením štítku pro libovolné číslo přímo vypočítat i na nejobyčejnějším čtyřúhelníkovém kalkulátoru. Totéž platí i pro výpočty, které často používáme a které při jejich opakování často zatěžujeme svými omyly.

V článku jsme záměrně neuváděli podrobnější návod, neboť dosud nelze dosti dobře odhadnout současný stav vybavení nejbližšího okruhu uživatelů kalkulátorů.

Literatura

- [1] Švestka, M.: Programovatelné kalkulátory. Amatérské radio č. 8/1976, str. 288, č. 9/1976, str. 327.
- [2] Hummer; Burns: Interface for a hand calculator and a digital power supply. Rev. of Scientific Instruments 47, č. 8/1976, str. 921.
- [3] Janota: Powerful calculators for the blind are now possible with a low-cost interface circuit, Electronic Design, březen 1977, str. 54.
- [4] Ernst, P.: Remotely control a pocket calculator with a simple CMOS interface circuits. Electronic Design, listopad 1976, str. 74.