

# ZAPOJENÍ PROGRAMOVATELNÝCH KALKULÁTORŮ TI 58, TI 58 C, TI 59 A TISKÁRNY PC 100

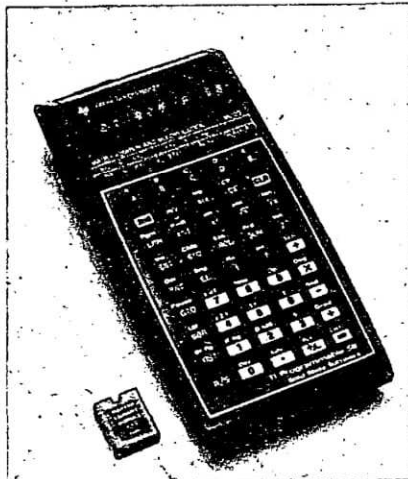
Ing. Vladimír Váňa, prom. mat., OK1FVV

Stručný popis možností kalkulačků TI 58/59 uveřejnil v AR dr. Jiří Mrázek, CSc. V té době šlo o novinku, ale nyní jsou tyto kalkulačky u nás značně rozšířeny. Svědčí o tom velké množství programů ke kalkulačkám TI zveřejněných v minulých letech ve všech našich odborných elektrotechnických časopisech, ale i např. v Mladém světě. V časopise Sdělovací technika [1] až [6] vyšlo několik článků zabývajících se interfejsy k výše uvedeným programovatelným kalkulačkám. Ohlas na tyto články byl nečekaně velký. Nikde však zatím nebyla uveřejněna schémata těchto kalkulačků. Proto jsem se rozhodl pomoci konstruktérům interfejsů ke kalkulačkám TI uveřejněním stručné dokumentace.

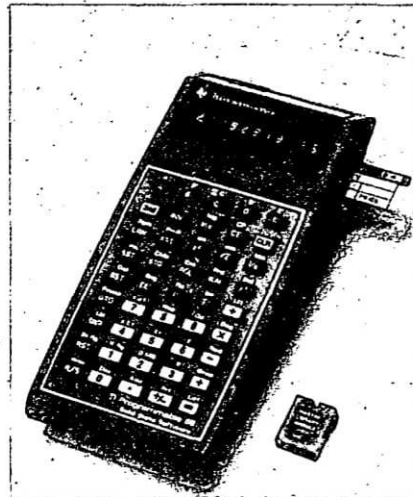
Základ TI 58 a 58C tvoří čtyřbitový mikroprocesorový systém ze zákaznických obvodů TMC odvozených od řady TMS 1000. Schéma kalkulačky TI 58 je na obr. 1, schéma TI 58C na obr. 2. Obvody kalkulačků jsou vyrobeny technologií MOS a vyžadují napájení -10 V a -15 V. Kalkulačka je napájena z akumulátorů BP1A o napětí 3,8 V, takže potřebná napájecí napětí pro IO jsou získána z měniče PSM. V systému jsou čtyři napěťové úrovně, nazvané  $V_{SS}$  (systémová zem),  $-V_{BAT}$  (záporný pól akumulátoru),  $V_{DD}$  a  $V_{GG}$ . Povolený rozsah hodnot jednotlivých napětí a proudů je následující:

	min	max
$V_{SS}$	0 V	0 V
$-V_{BAT}$	-3,3 V	-4,5 V
$V_{DD}$	-9,5 V	-10,5 V
$V_{GG}$	-15,3 V	-16,3 V
$I_{DD}$	10 mA	40 mA
$I_{GG}$	10 mA	18 mA

Synchronizace všech obvodů je zabezpečována pomocí dvoufázových hodin  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$ . Tyto impulsy s kmitočtem 227,5 kHz a s aktivní dobou 20 % jsou vytvářeny v generátoru, jehož schéma je na obr. 4a, b, c, d, e - jde o různé varianty, jak byly v průběhu výroby používány. Kmitočet hodin je odvozen od keramického rezonátoru 455 kHz. Pro úsporu energie v době, kdy kalkulačka nepočítá, je hodinový kmitočet dělen čtyřikrát, čímž se redukuje aktivní doba na 5 %. Hodiny mají vyšší kmitočet, pokud signál IDLE je některým obvodem MOS uveden na úroveň H. Změna rychlosti vždy dva takty po změně signálu IDLE.



Programovatelný kalkulačkový TI-58



Programovatelný kalkulačkový TI-59

Aritmeticko-logická jednotka (TMC 0501) provádí aritmetické operace podle instrukcí uložených v pamětech ROM. Ke komunikaci používá signály I/O, IRG, IDLE, EXT. Jednotka dále sleduje vodiče K z klávesnice a řídí sedmissegmentový multiplexovaný displej.

Paměť ROM (TMC 0582 a TMC 0583) obsahuje po 2500 slov, ve kterých jsou uloženy základní funkce aritmeticko-logické jednotky. Dále jsou zde dekodovány signály D pro buzení číslic displeje. Obsahují konstanty pro některé trigonometrické a logaritmické výpočty. S aritmeticko-logickou jednotkou komunikují pomocí signálů I/O, IRG, IDLE a EXT.

Paměť ROM TMC 0571 - jde o 1024 slovní rozšíření paměti. Jsou v ní uloženy operace Op, které slouží převážně pro tisk na tiskárnu.

Paměť RAM (TMC 0598 a TMX 0599) obsahuje 30 datových míst nebo 240 programových kroků. Kapacita je tedy 1920 bitů. Komunikace se provádí pomocí signálů IRG, IDLE, EXT a I/O.

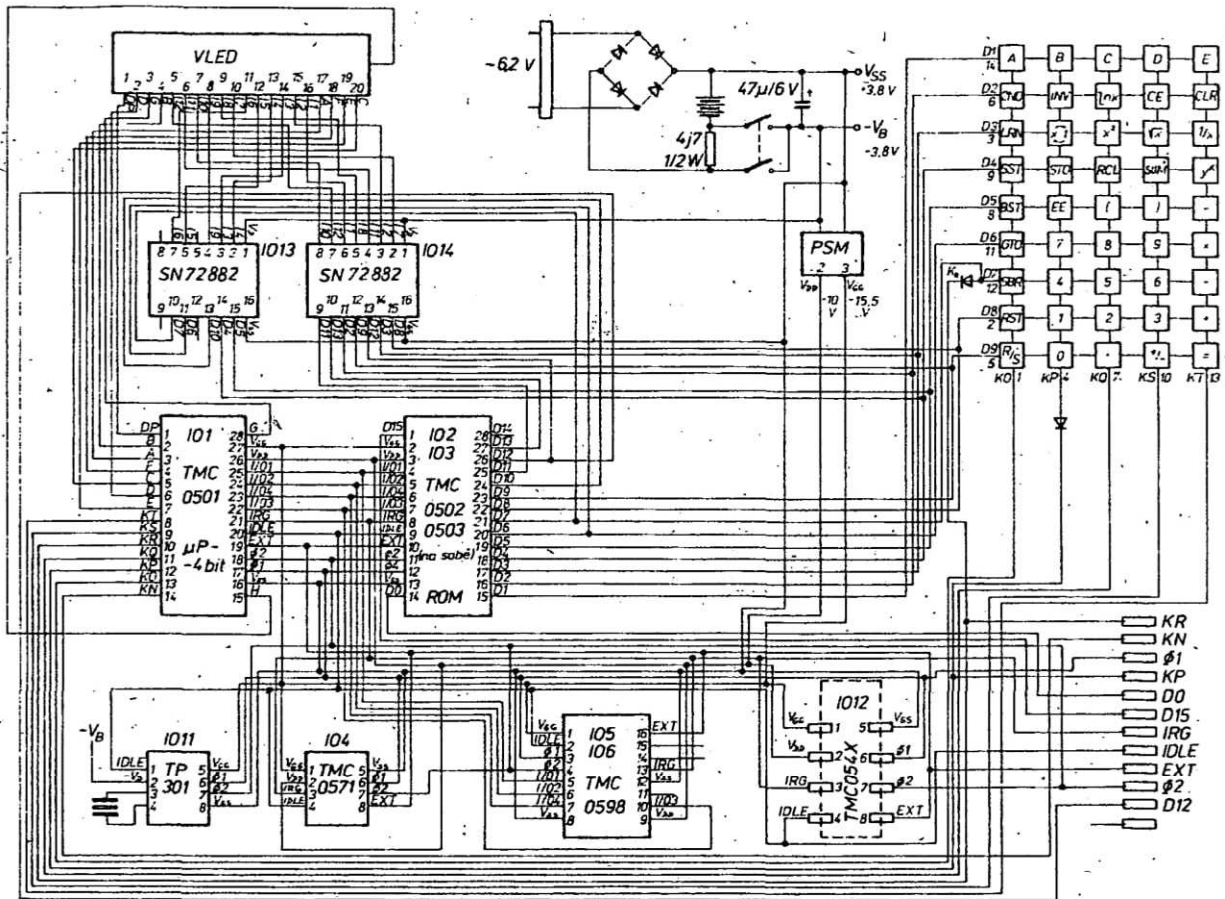
Paměť ROM - „modul“ (TMC 0541) obsahuje přibližně 5000 instrukcí programové knihovny. Je vyměnitelná uživatelem. Komunikace se provádí pomocí IRG, IDLE, EXT.

Dalšími obvody jsou SN72882, které slouží jako budiče displeje - zasilují signály D.

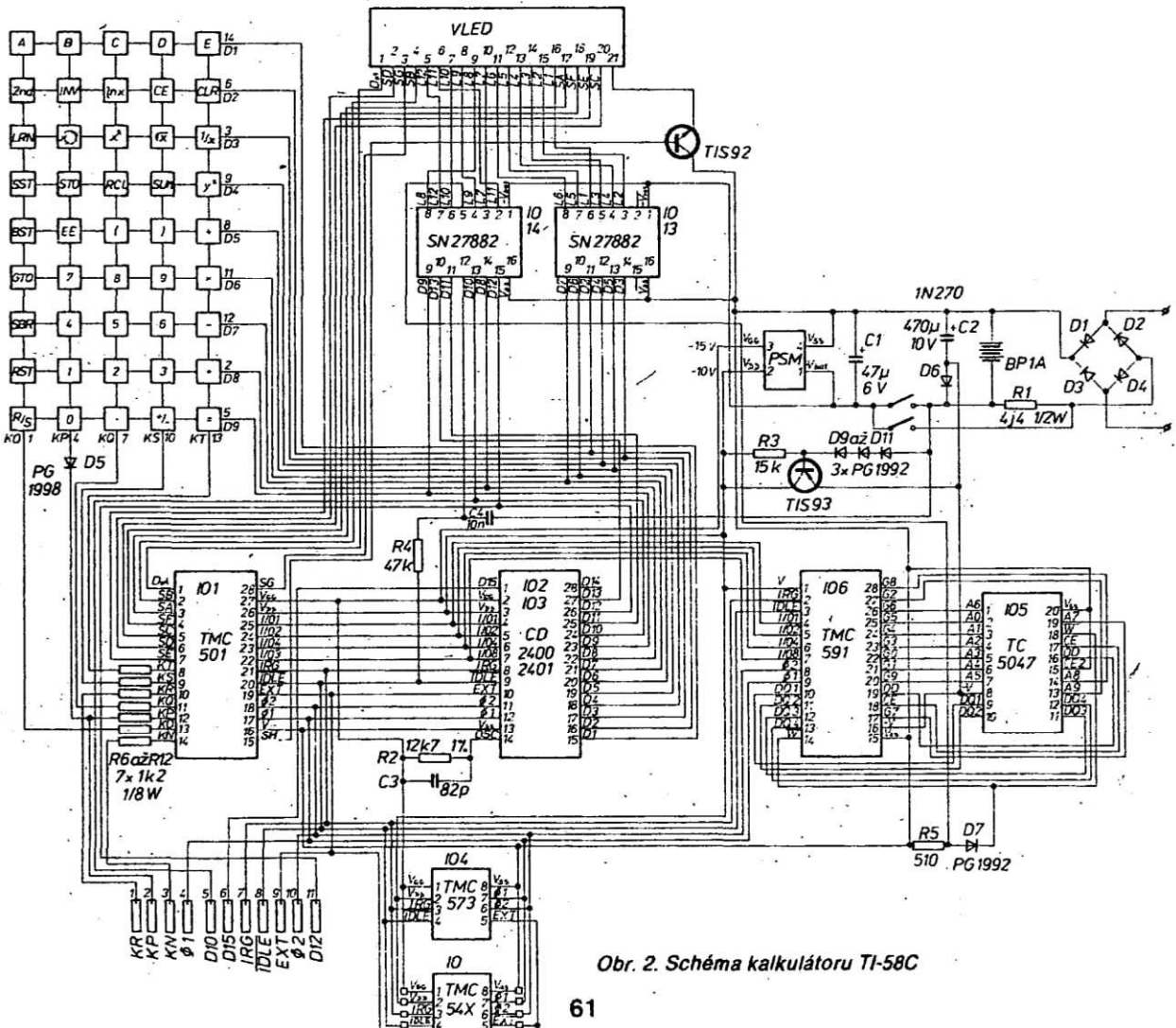
Kalkulačky obsahují 12-pólový konektor pro připojení tiskárny. Popis tohoto

```

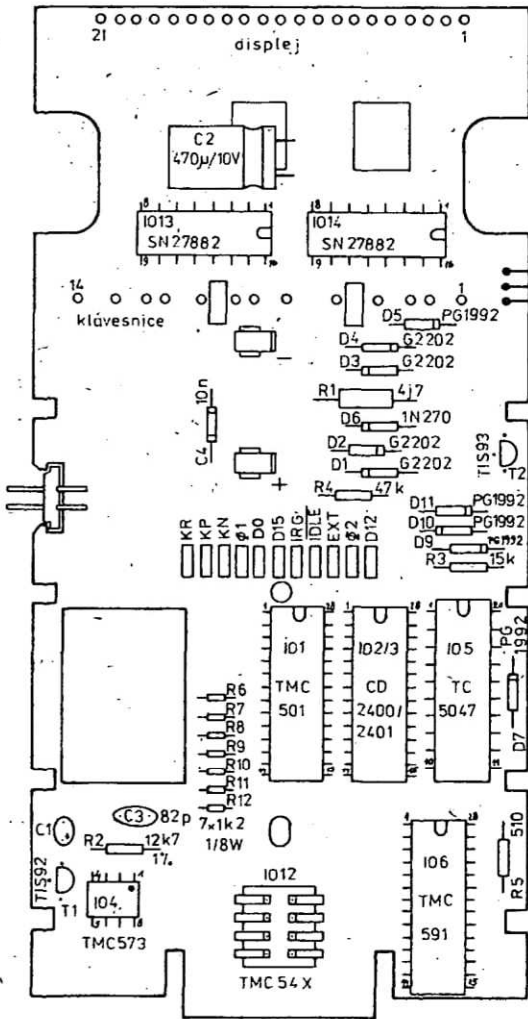
-D4000 4430F
4000 C5 D5 CD 72 40 3E 03 D3 0B 2E 05 D3 0B 06 02 CD ... RE...
4010 CB 40 D1 C1 C9 1E 08 0B 0E 04 02 C2 17 40 DB 08 ...
4020 E4 04 CA 1E 40 79 07 4F 0A 30 40 3E 04 C3 32 40 ...
4030 3E 05 D3 0B 1D C2 17 40 C9 3E 05 D3 0B 06 01 50 ...
4040 5B CD D1 40 3E 02 D3 0B 3E 06 D3 0B C9 3E 9B D3 ...
4050 0B CD E2 40 C9 CD 72 40 C9 76 43 CD 7C 40 C3 64 ...
4060 40 CD BD 40 CD 87 40 C9 06 01 CD CB 40 3E 06 D3 ...
4070 0B C9 3E 07 D3 0B 06 01 CD CB 40 C9 CD 9E 40 DB ...
4080 0B E6 01 C2 7C 40 C9 01 00 0B 01 05 C8 07 4F CD ...
4090 BD 40 C3 8A 40 C3 BD 0B E6 02 CA 94 0B DB 0E 6 ...
40A0 02 C2 9D 40 F1 C9 CD 9E 40 DB 0B E6 01 C2 8E 40 ...
40B0 0E 00 C3 86 40 0C 7F FE C8 C2 86 40 C9 CD 9E 40 ...
40C0 DB 0B E6 01 CA CA 40 CD 9E 40 C9 11 00 00 C3 D1 ...
40D0 40 CD D9 40 05 C8 C3 D1 40 1D C2 D9 40 17 C2 D9 ...
40E0 40 C9 E5 CD 72 40 21 1D 41 CD FE 40 CD 0D 0E 6 ...
40F0 7F FE 0D C2 EC 40 21 3A 41 CD FE 40 E1 C9 4E 7E ...
4100 FE FF C3 CD E3 0D 73 C3 FE 40 21 00 11 06 01 97 ...
4110 77 23 05 C2 10 41 21 1A 11 22 9D 11 09 00 0A 50 ...
4120 52 49 50 52 41 5A 20 4D 47 8A 20 41 20 53 54 49 ...
4130 53 4B 4E 49 20 43 52 22 FF 0D 0A 44 49 4B 59 ...
4140 0D 0A FF F3 21 0D 11 3A 9F 11 B7 C8 4D 40 CD 55 ...
4150 40 16 18 1E 00 F3 7A FE FE CA C1 41 15 F2 D2 41 ...
4160 C9 E3 41 77 23 CD 61 40 F5 1C 7B FE 9A DA 56 41 ...
4170 C2 7A 41 F1 CD 80 41 C3 64 41 CD 6D 40 F1 CD 8A ...
4180 41 3E 01 C2 9F 11 37 3F FB C9 9E C8 CD 50 40 21 ...
4190 98 42 CD FE 40 CD 0D 0E 6 7F FE 4B C2 A3 41 E1 ...
41A0 C3 B2 41 FE 43 C2 05 41 21 3A 41 CD FE 40 E1 C3 ...
41B0 81 41 21 C2 42 CD FE 40 97 3E 9F 11 32 12 11 37 ...
41C0 C9 F1 E5 D5 2A 9A 11 CD 68 42 22 9A 11 01 E1 C3 ...
41D0 63 41 F1 E5 D5 2A 18 11 CD 68 42 22 18 11 D1 E1 ...
41E0 C3 43 41 F1 BE CA 41 CD 40 40 21 87 42 CD FE ...
41F0 40 C3 82 41 F3 21 00 11 3A 7E 32 11 11 21 00 ...
4200 3A 9F 11 FE 0C 13 42 3E 01 32 11 11 32 00 11 ...
4210 CD 4D 40 CD 00 40 9C 4E CD 15 40 05 CA 38 42 ...
4220 E5 78 FE 83 CA 2D 42 BA 41 42 C3 34 42 E1 36 ...
4230 23 C3 18 42 EB 2A 18 11 CD 67 42 22 18 11 C3 ...
4240 42 FE 82 CA 2D 42 FE 02 DA 2D 42 EB 2A 9A 11 ...
4250 67 42 22 9A 11 C3 2D 42 36 00 CD 15 40 3E 01 ...
4260 9F 11 CD 39 40 FB C9 1A 5F 16 00 19 C9 8E 82 ...
4270 17 11 CD 39 41 3E 00 32 9F 11 32 00 11 21 D2
    
```



Obr. 1. Schéma kalkulátoru TI-58



Obr. 2. Schéma kalkulátoru TI-58C



Obr. 3. Rozložení součástek na desce kalkulátoru TI-58C

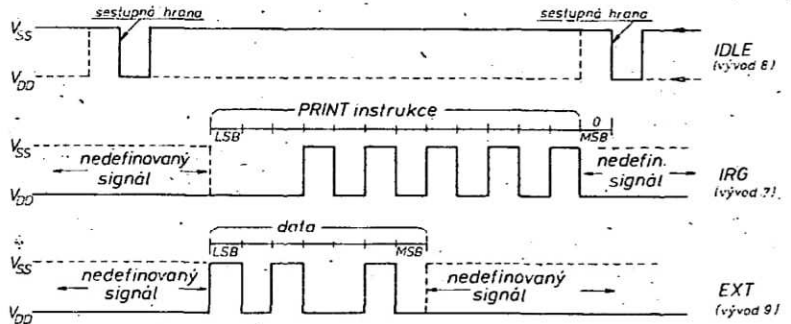
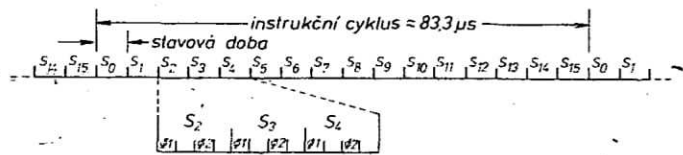
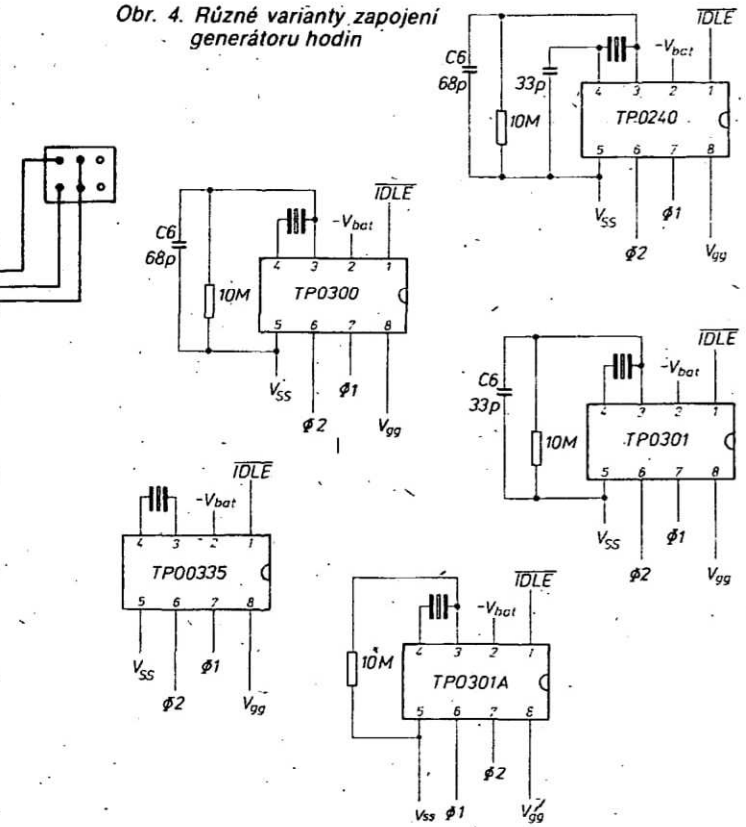
připojení umožní lépe pochopit práci kalkulátoru. Konektor má celkem 11 signálů, jsou to:

č. vývodu	název	funkce
1	K <sub>r</sub>	ready
2	K <sub>p</sub>	hodiny 1
3	K <sub>N</sub>	
4	Φ <sub>1</sub>	intercord gap, instrukční sběrnice
5	D0	
6	D15	identificator leading, synchronizace
7	IRG	
8	IDLE	external, datová sběrnice
9	EXT	
10	Φ <sub>2</sub>	hodiny 2
11	D12	

Oba hodinové signály Φ<sub>1</sub> a Φ<sub>2</sub> jsou použity i pro tiskárnu, určují 16 neustále se opakujících stavových dob S<sub>0</sub> až S<sub>15</sub>.

Stavová doba se počítá od vzestupné hrany hodin Φ<sub>1</sub> a trvá do další této hrany. Celý cyklus šestnácti stavových dob je instrukčním cyklem. Synchronizace se provádí signálem IDLE, jehož sestupná hrana definuje začátek stavové doby S<sub>0</sub>. Pokud se signál vrátí zpět již na počátku doby S<sub>1</sub>, je kalkulátor ve výpočetním režimu, pokud se mění až v době S<sub>15</sub>, je kalkulátor v režimu zobrazování a současně cyklicky zkoumá klávesnici, zda není stisknuto některé tlačítko.

Obr. 4. Různé varianty zapojení generátoru hodin



Obr. 5. Časový diagram signálů O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, IRG, IDLE, EXT

Všechny kalkulátorové instrukce jsou posílány po sběrnici IRG. Každá instrukce může mít délku 16 bitů, každý se přenáší v jedné stavové době. Každý bit je na IRG připojen v době Φ<sub>1</sub> a čten v době Φ<sub>2</sub>. S<sub>0</sub> až S<sub>2</sub> nemají význam, LSB se přenáší při S<sub>3</sub> a MSB při S<sub>15</sub>. Kódy některých instrukcí jsou v tabulce I.

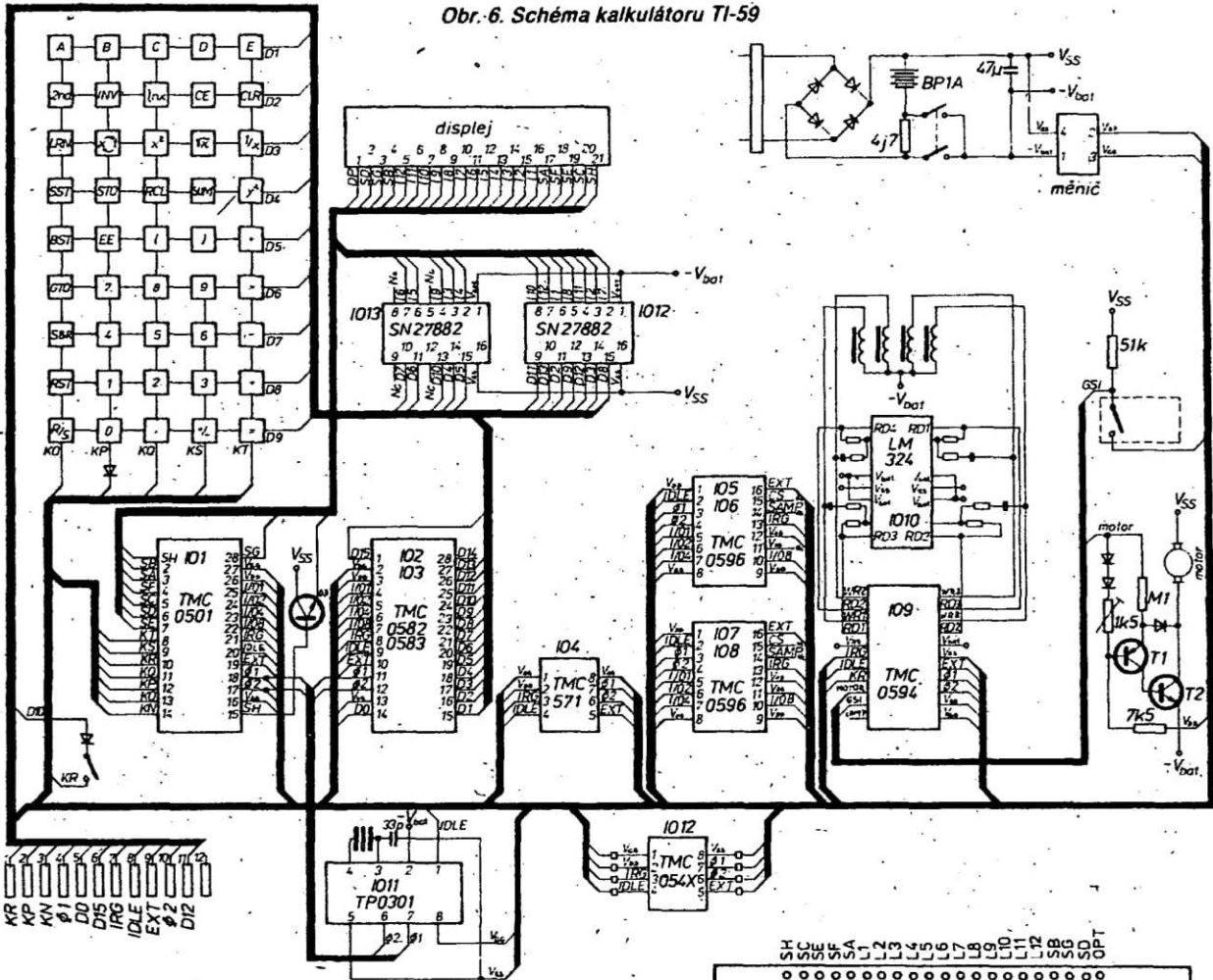
Data jsou přenášena v sériovém tvaru po sběrnici EXT. Přenášejí se od LSB po MSB v dobách S<sub>3</sub> až S<sub>9</sub> (7 bitů). Jejich význam je zřejmý z tabulek II.a a II.b. Vzájemnou časovou polohou signálů Φ<sub>1</sub>, Φ<sub>2</sub>, IRG, IDLE a EXT znázorňuje obr. 5.

Signál K<sub>r</sub> (ready, busy) je asynchronním řídicím vstupem a umožňuje zastavit činnost procesoru na libovolnou dobu po strojovém PRINT a PAPER ADVANCE. Připojením K<sub>r</sub> k V<sub>SS</sub> je indikována aktivita tiskárny.

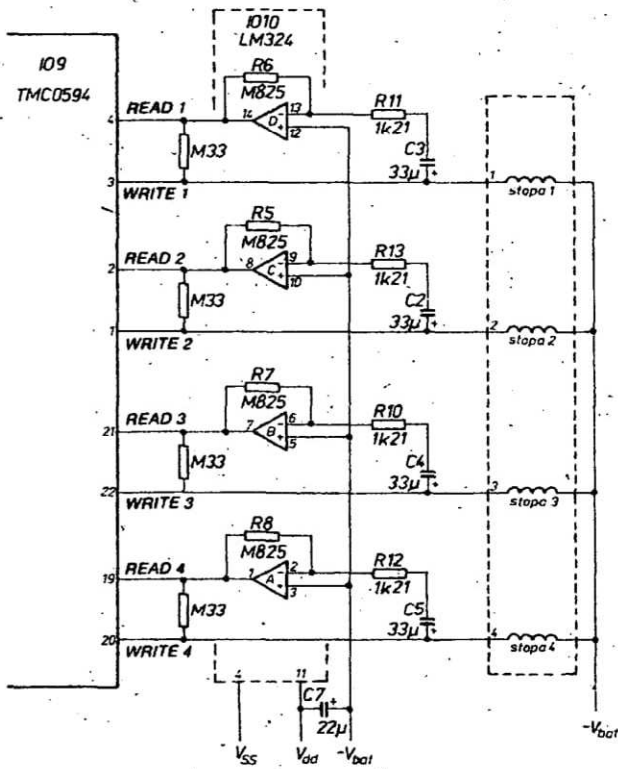
	IRG clear load load print step	EXT x kód znaku poslední znak
if KR=H		x
		práce periferie
if KR=L	clear	X
		nový řádek

Funkce jednotlivých kódů:  
**clear** – vymaže obsah vyrovnávací paměti v tiskárně a čítač znaků (pointer) se nastaví na 20. pozici  
**load** – dá povel pro zápis do vyrovnávací paměti a pak dekrementuje pointer  
**step** – pouze dekrementace pointeru

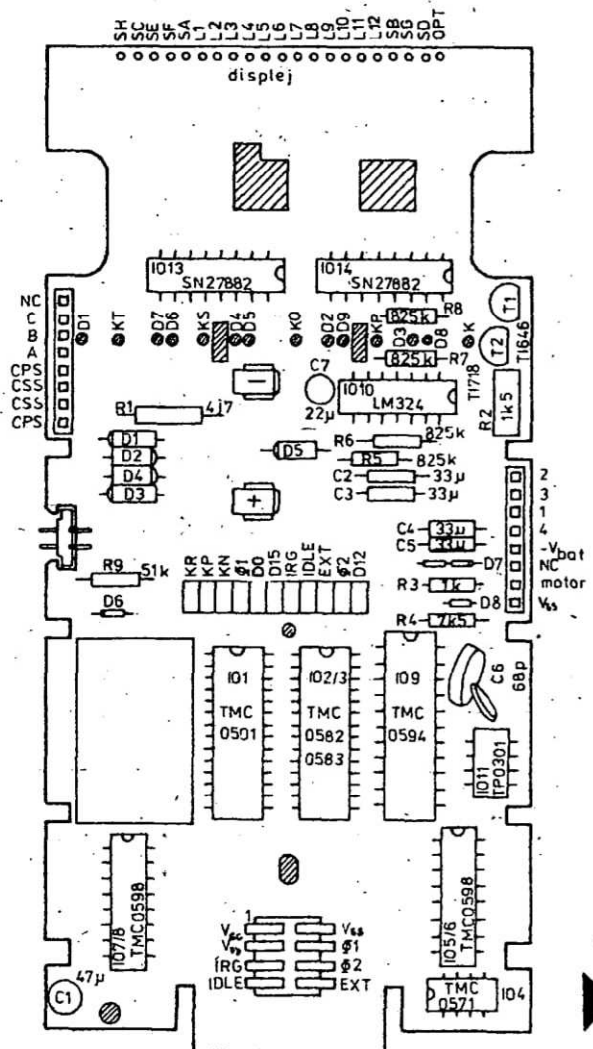
Obr. 6. Schéma kalkulátoru TI-59



Obr. 7. Rozložení součástek na desce kalkulátoru TI-59



Obr. 8. I/O obvod pro magnetický záznam



print – vynuluje pointer (má význam, když netiskne plný počet znaků na řádek) a informuje periférii o naplnění vyrovnávací paměti. Pak se na KR přivede úroveň H; na to vyšle procesor kód step, který ovšem pro tisk nemá žádný význam a práci kalkulatoru s vyrovnávací pamětí přeruší. Příklad prá-

ce-tisku textu THE SIN OF 30 DEGIS je uveden v tabulce III.

Modifikaci kalkulatoru TI58 pro trvalou paměť je TI58C. Rozložení součástí je na obr. 3. U tohoto kalkulatoru zůstává obsah paměti zachován i po vypnutí kalkulatoru (napájení). Jde o základní přestavbu kalkulatoru, kdy z původních obvodů MOS zůstávají pouze ALU, paměť operací a moduly. Z hlediska vnějšího chování však zůstává vše tak, jak je tomu u TI58.

Schéma kalkulatoru TI59 ukazuje obr. 6, rozložení součástí obr. 7. Tento kalkulator je rozšířením kalkulatoru TI58 o dva obvody TMC 0598, takže TI59 má oproti TI58 dvojnásobnou kapacitu paměti RAM. Kalkulator TI59 obsahuje dále obvod interfejsu pro magnetický zápis TMC 0594, který zajišťuje veškeré potřebné funkce pro čtyřstopý záznam. Jeho připojení k magnetofonu je na obr. 8, zapojení napájení motoru magnetofonu a spínačů indikujících polohu magnetických štítků ukazuje obr. 9.

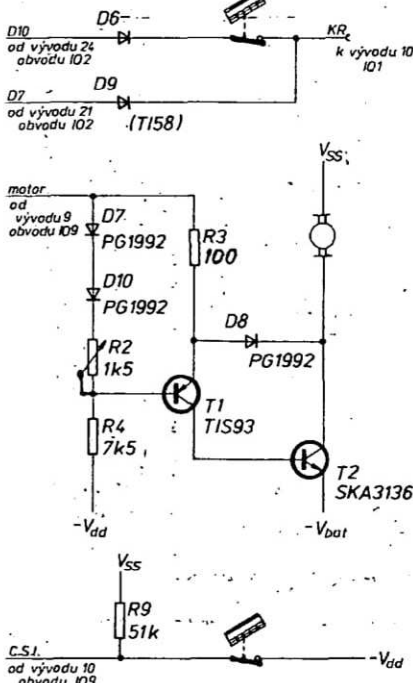
Při čtení z magnetického štítku je získán signál – série pulsů s amplitudou asi 3,5 mV. Ty jsou zesíleny zesilovači LM324 se zesílením asi 500 a poté jsou přivedeny na obvod interfejsu TMC 0594 (obr. 8). Při záznamu generuje tento obvod obdélníkový signál  $\pm 1,5$  V (oproti  $-V_{bat}$ ). Jinak je činnost tohoto kalkulatoru stejná jako TI58.

Schéma tiskárny PC100 je na obr. 10. Jejím srdcem je integrovaný obvod TMC 0251, který zabezpečuje komunikaci s kalkulatorem a řízení tepelné hlavičky. Obvody ULN2001 jsou jen zesilovače. Tiskárna obsahuje dále zdroj pro napájení kalkulatoru ( $V_{CALK}$ ), dobíjení jeho baterií ( $V_{BAT}$ ) a zdroj napětí  $V_{SS}$ ,  $V_{DD}$ ,  $V_{GG}$  a  $V_{TP}$ .

Tato napětí jsou stejná jako stejně značená napětí v kalkulatoru, napětí  $V_{TP}$  slouží k napájení tepelné hlavičky, má 20 až 24 V. Protože obvod TMC 0251 dělá v tiskárně téměř vše, dá se použít pro konstrukci interfejsu k TI kalkulatorům.

Literatura:

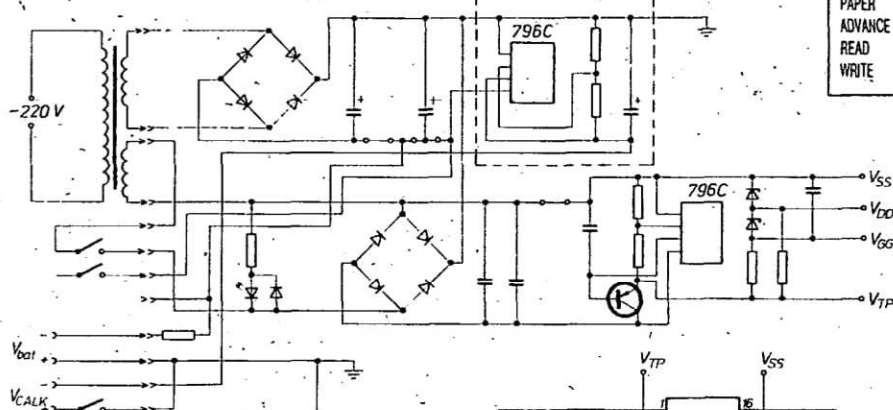
- [1] Váňa, V.: Úprava kalkulatoru TI58/59 pro připojení vnějších zařízení. Sdělovací technika č. 7/1980, str. 256.
- [2] Váňa, V., Fukátko, J.: Zadávání dat v paralelním BCD kódu do kalkulatoru TI58/59. Sdělovací technika č. 9/1980, str. 348.
- [3] Váňa, V.: Připojení vnějších výstupních zařízení ke kalkulatoru TI58. Sdělovací technika č. 10/1980, str. 381.
- [4] Váňa, V.: Ještě ke kalkulatorům TI58/59. Sdělovací technika č. 1/1981, str. 31.
- [5] Váňa, V.: Napájení kalkulatorů TI58/59. Sdělovací technika č. 4/1981, str. 153.
- [6] Váňa, V.: Signály a mikroinstrukce kalkulatorů TI58/59. Sdělovací technika č. 9/1981, str. 349.



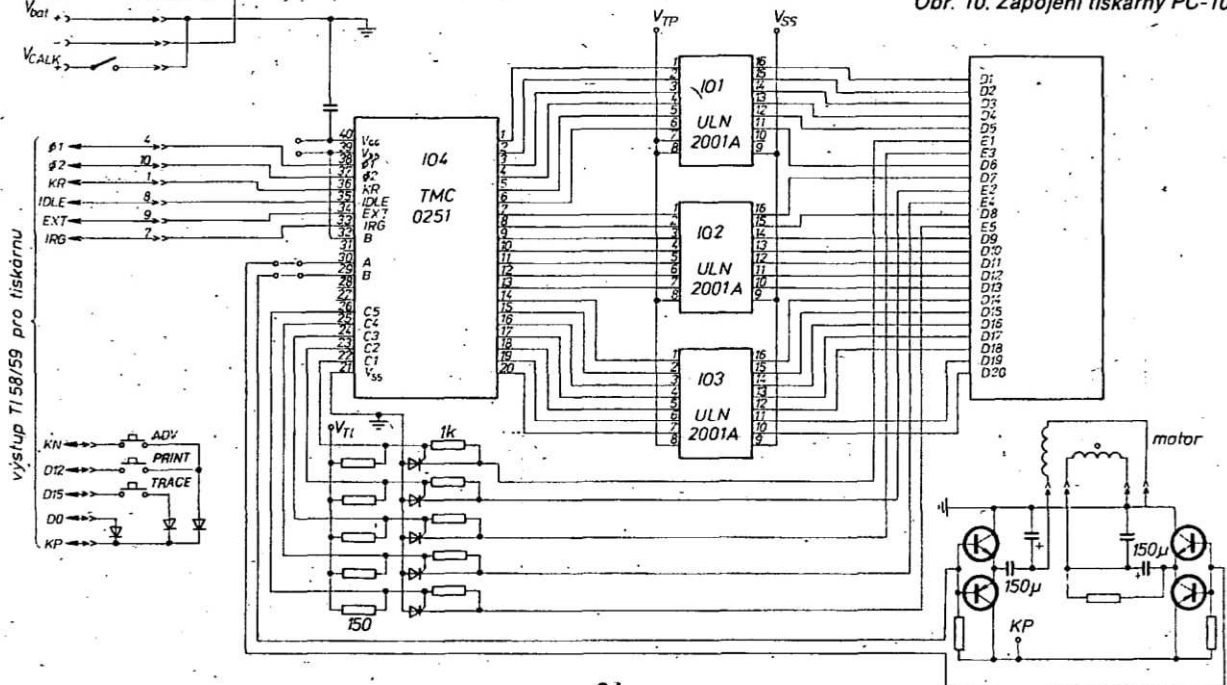
Obr. 9. Obvody indikující polohu magnetického štítku

Tab. I

STATE TIME	IRG CODE															
	S <sub>15</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
LOAD	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	X	X	X
FUNCTION	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	X	X	X
CLEAR	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	X	X	X
STEP	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	X	X	X
PRINT	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	X	X	X
PAPER	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	X	X	X
ADVANCE	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	X	X	X
READ	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	X	X	X
WRITE	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	X	X	X



Obr. 10. Zapojení tiskárny PC-100



Tab. IIa

S9	S3	znak
0000000		(blank)
0000001		0
0000010		1
0000011		2
0000100		3
0000101		4
0000110		5
0000111		6
0001000		7
0001001		8
0001010		9
0001011		A
0001100		B
0001101		C
0001110		D
0001111		E
0010000		-
0010001		F
0010010		G
0010011		H
0010100		I
0010101		J
0010110		K
0010111		L
0011000		M
0011001		N
0011010		O
0011011		P
0011100		Q
0011101		R
0011110		S
0011111		T
0100000		U
0100001		.
0100010		V
0100011		W
0100100		X
0100101		Y
0100110		Z
0100111		+
0101000		x
0101001		*
0101010		√
0101011		π
0101100		e
0101101		(
0101110		)
0101111		.
0110000		↑
0110001		%
0110010		>
0110011		<
0110100		/
0110101		=
0110110		x
0110111		-
0111000		2
0111001		?
0111010		!
0111011		∏
0111100		∑
0111101		Δ
0111110		Π
0111111		Σ

Tab. III.

Požadovaný výstup	THE	SIN	OF	30	DEG 0.5
IRG	EXT		PRINT	X	
CLEAR	X	IF.BUSY = 1	STEP	X	
X	S CODE		X	X	
LOAD	S CODE	BUSY = 0	CLEAR	X	
X	I CODE		PAPER		
			ADVANCE	X	
LOAD	I CODE	IF BUSY = 1	STEP	X	
STEP	X		X	X	
X	G CODE	BUSY = 0	CLEAR	X	
LOAD	G CODE		PAPER		
			ADVANCE	X	
X	E CODE	BUSY = 1	STEP	X	
LOAD	E CODE		X	X	
X	D CODE	BUSY = 0	CLEAR	X	
LOAD	D CODE		STEP	X	
STEP	X		STEP	X	
X	O CODE		STEP	X	
LOAD	O CODE		STEP	X	
X	3 CODE		X	5 CODE	
LOAD	3 CODE		LOAD	5 CODE	
STEP	X		X	CODE	
X	F CODE		LOAD	CODE	
LOAD	F CODE		X	0 CODE	
X	O CODE		LOAD	0 CODE	
LOAD	O CODE		PRINT	X	
STEP	X	BUSY = 1	STEP	X	
X	N CODE		X	X	
LOAD	N CODE	BUSY = 0	CLEAR	X	
X	I CODE				
LOAD	I CODE				
X	S CODE				
LOAD	S CODE				
STEP	X				
X	E CODE				
LOAD	E CODE				
X	H CODE				
LOAD	H CODE				
X	T CODE				
LOAD	T CODE				

poznámka: každá řádka znázorňuje jeden instrukční cyklus

Tab. IIb

1111100	IF	0011011	Yx
0010001	=	0100001	CLR
1010111 /	SIN	0100010	INV
1010110	COS	0100011	DPT
1011101	TAN	0100111	+/-
1100001	SUM	0100110	CE
1101001	+	0101101	EE
1100110	STO	0110001	ex
1101000	RCL	0110011	x2
1010011	PRM	0110110	1/x
1010001	LNX	1010100	o/o
0111100	X	1100111	
0111101	X↔Y	1110000	ERR
0010010	-	1110001	(
0010011	+	1110010	)
0010110	-	1110011	LRN
0010111	x	1110100	RUN
0011010	x Y	1110110	HLT
		1111000	STP
		1111010	GTO