

# Výběr kapesních kalkulátorů

*V této studii se chceme věnovat praktickým otázkám, jež se týkají kvality kapesních kalkulátorů. Je jich mezi námi hodně, a přitom se výrobky jednotlivých firem od sebe liší nejen technickým provedením, ale i výpočtovou logikou, množstvím funkcí i přesností výpočtů. Účelem dalších řádků je získat první zkušenosti, na jejichž základě si budete sami schopni ohodnotit kalkulator, který se vám případně dostane do ruky. Poznáte, že i v téže cenové skupině není každý druh kalkulatoru stejný; tím větší je odpovědnost pracovníka obchodu, který rozhoduje, který druh kapesních kalkulatorů se u nás bude prodávat. Cena sama o sobě není totiž ani zdaleka parametrem, určujícím kvalitu počítače.*

## Různé způsoby rozdělení

Kalkulátory můžeme rozdělovat podle nejrůznějších hledisek. Základním údajem, podle něhož můžeme určit kvalitu kalkulatoru, je ovšem počet a druh funkcí, které může kalkulator vykonávat. Rozeznáváme

- 1) kalkulátory malé (jsou zařízeny pro základní aritmetické operace, mívají často automatickou konstantu a někdy i převrácenou hodnotu, změnu znaménka a druhou odmocninu),
- 2) kalkulátory střední (počítají i logaritmické a exponenciální funkce, jakož i funkce goniometrické a cyklometrické, tj. sin, cos, tg, arcsin, arccos, arctg; mívají také obecnou mocninu a někdy i speciální funkce, např. pro převod desetinných úhlů na stupně, minuty a vteřiny, transformaci pravouhých a polárních souřadnic atp.),
- 3) kalkulátory programovatelné (buď s tiskárnou, nebo bez ní).

V každé z těchto základních skupin lze ovšem vymezit jednotlivé podskupiny; tím se však prozatím zabývat nebudeme.

Jedním z dalších technických parametrů je počet „paměti“, tj. počet registrů, do nichž lze vložit mezivýsledek. Nejjednodušší kalkulátory nemají vůbec žádný nebo pouze jeden takový registr; dva datové registry nalezneme u některých středních kalkulatorů, zatímco v případě kalkulatorů programovatelných se vždy počítá s větším počtem datových registrů (osmi, deseti, šestadvaceti, ale případně až sto registry). Neuvažujeme-li prozatím tento poslední druh kalkulatorů, souvisí počet registrů vždy se základní výpočetní logikou počítače. Co tím máme na mysli, vysvětlíme z následujícího příkladu:

Máme vypočítat hodnotu výrazu  $2 + 3 \times 4$ . K dispozici máme několik kalkulatorů první skupiny. Zjistíme, že k výsledku

se dostaneme pokaždé jiným sledem stisknutých tlačítek. Uvedeme tři nejčastější případy (rámeček vždy označuje určité tlačítko):

a)  $3 \times 4 + 2 =$

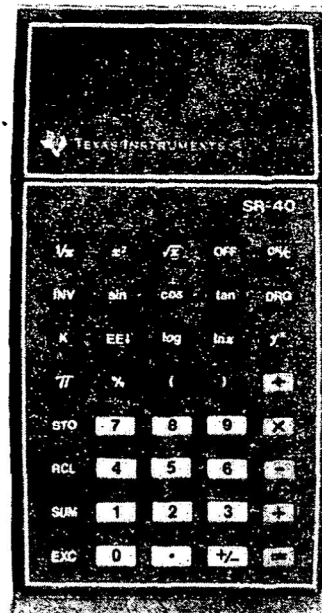
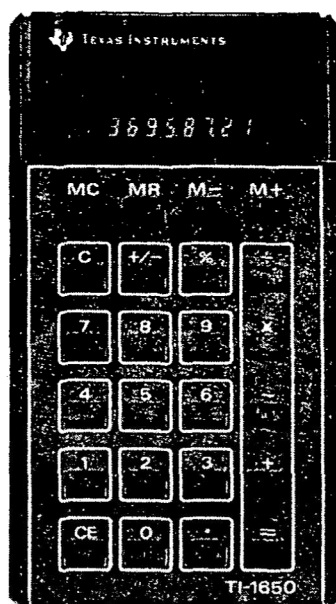
b)  $2 + 3 \times 4 =$

c)  $2 \text{ [ENTER]} 3 \text{ [ENTER]} 4 \times +$

V prvním případě jsou přehozeny vstupní hodnoty, protože obrácený postup (odpovídající zápisu původního příkladu) vedl ke špatnému výsledku. Druhé řešení přesně sleduje zápis a třebaže je vložen nejprve požadavek sčítání a teprve potom násobení, přístroj sám „pozná“ správné pořadí, v jakém mají obě operace proběhnout, a vypočítá správný výsledek. Oba uvedené způsoby je možno považovat za „algebraické“ a tímto slovem je v dalším budeme označovat.

Poslední řešení je podstatně odlišné – vše jakoby se tam dělalo „pozpátku“: nejprve se po prvním číslu tlačítkem „ENTER“ vloží druhé číslo a po něm třetí, potom se teprve vkládají operační instrukce. Jde o tzv. „obrácenou“ polskou logiku, o které jsme zde již psali [1].

Podívejme se nyní, jak to všechno souvisí s nutnými registry. Neбудeme teď mít na mysli dříve zmíněné registry datové (tj. „paměti“), nýbrž tzv. registry operační. Jeden z nich je spojen s displejem, na němž se objeví číslo v tomto registru přechovávané. V případě a) šlo o kalkulator se dvěma operačními registry, takže je zásadně nemožné vložit tři čísla, aniž by se předtím nebo mezitím neprovedla nějaká matematická operace. Číslo 3 je vloženo do prvního registru, instrukce „krát“ pak má za následek, že další číslo bude vloženo do druhého registru; jakmile stiskneme tlačítko  $\times$ , proběhne automaticky předchozí operace,



mezivýsledek se objeví v prvním registru a tedy i na displeji a je tedy možno vložit třetí číslo; po stisknutí tlačítka s rovnítkem se čísla sečtou a na displeji se objeví výsledek. Dvouregistrové kalkulátory se poznají nejlépe podle toho, že automaticky „zavorkují“, tj. stiskneme-li některé operační tlačítko, ihned proběhne předchozí výpočet. Kdybychom náš experimentální příklad počítali způsobem uvedeným ad b), počítali bychom vlastně výraz  $(2 + 4) \cdot 3$ . Je tedy zcela technicky nemožné přímo počítat i tak jednoduché výrazy, jako jsou výrazy typu  $a \cdot b + c \cdot d$ . Vzhledem k „zavorkování“ si musíme mezivýsledek  $a \cdot b$  poznamenat stranou a pak postupovat podle bodu a).

Abychom si mezivýsledek nemuseli poznamenávat na papír, může být příslušný dvouregistrový počítač opatřen datovým registrem, „pamětí“. Tak tomu obvykle u kalkulátorů první skupiny bývá, ač se ještě setkáme v případě levných kalkulátorů i s přístrojem bez registru. Není nutno zdůrazňovat, že dvouregistrový kalkulátor je to nejjednodušší, s čím se na tomto poli můžeme setkat.

Kalkulátor, který vypočítá výsledek způsobem uvedeným ad b), je nejméně tříregistrový. „Pamatuje si“ tedy nejméně tři čísla, aniž s nimi ještě provádí výpočet. Rovněž tak si „pamatuje“ vložené operace. Tlačítkem  $\square$  je pak realizován výpočet při správném pořadí operací. Výkonné kalkulátory této třídy pracují i se čtyřmi a více operačními registry. Za zvláštní zmínku stojí kapesní kalkulátory Texas Instruments, které mají deset i více operačních registrů. Jde o tzv. „algebraický operační systém“, operující až s devíti závorkami (TI-30, TI-40 a TI-41 mají dokonce 15 závorek) a obvykle až s osmi „neuzavřenými“, tj. dosud neprovedenými operacemi. Tento systém dovoluje téměř vždy vkládat matematický výraz člen po členu přesně tak, jak je napsán, aniž se musíme starat, jakým způsobem a v jakém pořadí mají jednotlivé operace probíhat. To má značný význam na pracovištích, protože výpočet lze svěřit i síle s minimální znalostí matematiky.

Podívejme se nyní na případ c), tj. na obrácenou polskou logiku. Tato logika používá v případě kapesních kalkulátorů téměř výhradně firma Hewlett-Packard. Operační registry jsou čtyři a vložené veličiny a mezivýsledky se mezi nimi neustále přesouvají [1]. Při přeplnění se obsah „nejvyššího“ registru nenávratně ztratí, což vyžaduje určitou dávku pozornosti. Jinak lze dokázat,

že obrácena polská logika někdy zmenšuje nutný počet tlačítek, která musíme během výpočtu stisknout. Nevýhodou tu je okolnost, že složitější výrazy musíme počítat „ze středu ven“, v čemž se vyzná pouze pracovník s určitou dávkou matematických vědomostí.

Myslím, že právě počet operačních registrů (spolu s příslušnou výpočtovou logikou) je jedním z nejdůležitějších činitelů při výběru kalkulátoru. Srovnajme si např. postup při výpočtu výrazu typu  $a + b \cdot c + d \cdot e$ . Tento výraz nám různé druhy kalkulátorů zpracují např. takto:

a)  $b \times c =$  (mezivýsledek se poznamená stranou),

$d \times e +$  Změněný  
mezivýsledek  $+ a =$ .

(Takto se bude počítat, má-li kalkulátor pouze dva operační registry).

b)  $CM \ b \times c = M+ \ d \times e = M+$

$a \ M+ \ RM$  (tlačítkem  $CM$  mažeme obsah „paměti“ a každý výsledek přičítáme k obsahu „paměti“ tlačítkem

$M+$ ; tlačítko  $RM$  vyvolá konečný

výsledek. Takto lze počítat na přístroji s jedním datovým registrem).

c)  $a + b \times c + d \times e =$

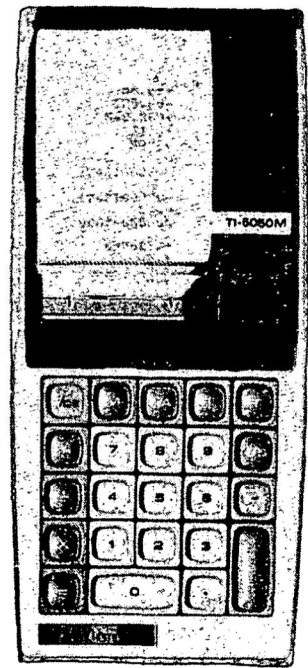
(Podle věrně dodrženeho zápisu jste poznali víceregistrový přístroj se základními vlastnostmi „algebraického operačního systému“).

d)  $a \ ENTER \ b \ ENTER \ c \ \times$

$+ \ d \ ENTER \ e \ ENTER \ \times \ +$

(Obrácená polská logika).

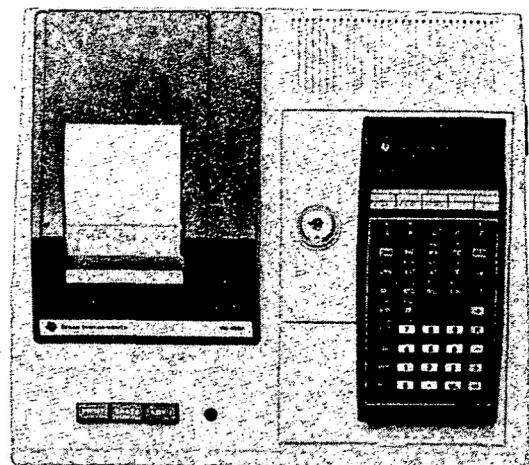
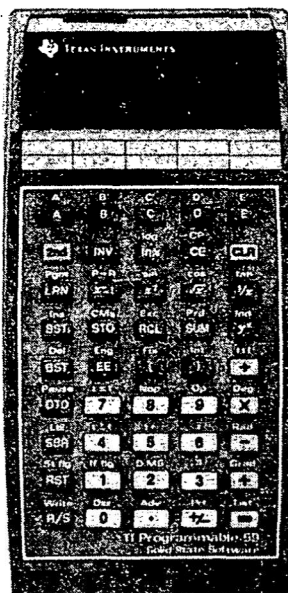
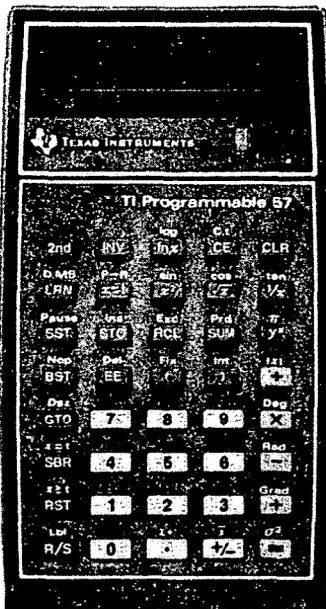
Na konci této části úvahy se zamyslíme nad dalším důležitým parametrem, jímž je přesnost výpočtu. V případě základních algebraických operací může dojít k určité nepřesnosti při dělení, jež nevychází beze zbytku. Vypočteme např. výraz  $1 : 3$  a výsledek vynásobíme třemi. Je docela dobře možné, že nám nevychází jednička, nýbrž  $0,99999999$ . Je to tím, že přístroj počítá pouze s určitým



omezeným počtem desetinných míst a co je nad to, prostě nevnímá. Zaznamená-li tedy výsledek původního dělení osmimístně jako  $0,33333333$ , pak po vynásobení třemi vyjde  $0,99999999$ , což je nepřesné (chyba  $0,000001\%$ ).

Uvažujme však podobný případ, avšak počítejme nikoli na osm platných číslic, nýbrž na devět a přitom mezivýsledek zaokrouhluje na osm míst. Pak dostaneme nejprve mezivýsledek  $0,333333333$  (uvidíme však o trojku méně), avšak nakonec  $0,999999999$ , z čehož uvidíme po automatickém zaokrouhlení  $1,00000000$ . Z této malé ukázky vidíme, že přesnost výsledku souvisí jednak s tím, na kolik míst kalkulátor interně počítá, jednak také s tím, kolik desetinných míst skutečně na displeji vykazuje. Např. kalkulátory Hewlett-Packard počítají o jedno místo „za displej“, kalkulátory Texas Instruments dokonce o dvě až tři místa „za displej“, což se ovšem projeví na přesnosti výsledků (viz např. test a tabulku v [1]).

Další chyby ve výsledcích ovšem vznikají tím, že při výpočtu nejrůznějších matematických funkcí se obvykle interně postupuje sčítáním určitého konečného počtu členů



nekonečné řady. Třetí příčina chyb souvisí s kumulací jednotlivých dílčích chyb při zvláště dlouhých a složitých výpočtech.

Zde je nutno poznamenat, že relativně největší chyby vytvářejí funkce logaritmické, exponenciální a obecně mocniny. Jednodušší kalkulátory druhé skupiny našeho základního rozdělení mají proto výsledky automaticky zaokrouhleny na menší počet desetinných míst, než stačí vykázat displej (jako by „ochranná místa“ byla nikoli „za displejem“, nýbrž na jeho konci). Je to ovšem pouze optický trik, na který si musíme dát při výběru přístroje pozor.

Pro zajímavost uvedeme jednoduchou metodu, jak zjistit počet desetinných míst, s nimiž kalkulátor počítá. Vypočítejme si hodnotu nějakého výrazu, který zvolíme tak, abychom si byli jisti nekonečným počtem desetinných míst výsledku (např.  $1:7$ ,  $\sin 2^\circ$ ,  $\log 3$ ). Poznamenejme si poslední vykázanou číslici a pak výsledek vynásobme deseti a odečteme celočíselnou část výsledku. Potom se podívejme na poslední číslici – bude to možná další číslice, jež následuje za tou, kterou jste si předtím poznamenali. Tento postup opakujeme a přitom sledujeme, přibude-li vzađu další číslice. Nakonec zjistíme, že nic nového nepřibývá, a z průběhu experimentu snadno odvodíme počet číslic, s nimiž kalkulátor počítá.

K tomuto testu však je třeba poznamenat, že je zde jedna výjimka: nastavme si např. číslo 1,2345678... (abychom zaplnili celý displej) a toto číslo dělme např. milionem. Přitom obvykle na displeji některé původně vložené číslice zmizí, protože se tam prostě nevejdou. Pak výsledek dělení opět milionem vynásobme. Měli bychom dostat původní číslo, ale nebude tomu tak u všech kalkulátorů. Avšak i tehdy, jestliže původní číslo dostaneme, nesmíme z toho vyvozovat, že náš kalkulátor počítá s řadou číslic „skrytých za displejem“. V tomto případě totiž stačí pouze posouvat o určitý počet míst desetinnou tečku a původně nastavené číslo ponechat v pracovním registru beze změny.

Předběžný závěr této části úvahy lze formulovat tak, že – budeme-li postaveni před koupi určitého kalkulátoru – si nejprve musíme uvědomit operace, které je schopen realizovat. Pak se zamyslíme nad počtem operačních registrů a nad logikou výpočtu, protože jste se možná na našich případech přesvědčili, že ne vždy bývá výpočet téhož výrazu stejně jednoduchý, a že tedy vždy musíme v případě složitějšího postupu počítat s chybami operátora. Konečně se snažte zjistit, jaká je přesnost výpočtu. Jste-li např. geodety, určitě nesáhnete po kalkulátorech, které pracují s bídou pětimístně; pamatujte si, že nezáleží jen na počtu desetinných míst na displeji, nýbrž i (a zejména) na počtu interních míst „za displejem“. Např. kalkulátor Texas Instruments TI-30 má sice na displeji osm míst, počítá však jedenáctimístně.

### Kalkulátory programovatelné

Je jich mezi námi stále více a jsou mezi námi – dokonce i mezi technickou mládeží – i takoví, kteří jiný kalkulátor prostě „neuznávají“. Tento druh kalkulátorů disponuje obvykle všemi běžnými matematickými funkcemi a větším počtem datových registrů. Navíc obsahuje programovací registr, do něhož se „vejde“ určitý maximální počet instrukcí. Počítání „na kroky“ není zcela průkazné, protože do jednoho programového kroku lze často umístit složitější instrukci, vyžadující stisknutí dvou či několika tlačítek.

Kalkulátor může mít „jen“ 50 programovacích kroků, avšak může přesto pojmut program, který na jiném typu kalkulátoru zabere 100 i více kroků. Někjaké obecné měřítko však zatím neexistuje a proto si řekneme pouze to, že programovatelné kalkulátory dělíme tímto způsobem prozatím do tří tříd:

- 3a) 50 až 150 programovacích kroků (HP-26, SR-56, TI-57),
- 3b) 200 až 300 programovacích kroků (SR-52, HP-67),
- 3c) více než 300 programovacích kroků (obvykle 480 nebo dokonce 960 kroků – tuto kapacitu mají přístroje TI-58 a TI-59 [2]).

Máme-li možnost volit mezi dvěma či několika programovatelnými kalkulátory, bude vždy záležet mnoho na tom, co s nimi míníme podnikat. Malé kalkulátory tohoto typu mívají obvykle nevelkou kapacitu programového registru a proto mohou po vypnutí klidně všechno zase „zapomenout“ (další vložení téhož programu není časově náročné). Je však zřejmé, že při několika stech programovacích krocích se asi budeme zdráhat přístroj vypnout a druhý den všechno vkládat znovu. Proto vznikla snaha opatřovat přístroje tzv. „trvalou pamětí“ (některé typy Hewlett-Packard) anebo vestavět do nich malý „magnetofon“, který může vložený program uchovat na magnetickém štítku, který si druhý den přístroj zase „přečte“. Tato zdokonalení jsou ovšem znát na ceně přístroje. Zcela novou cestu razí Texas Instruments: přístroje poslední generace mají výměnnou vnější pamět, obsahující 25 programů z určitého oboru (matematika, statistika, elektrotechnika, navigace). Tyto programy lze vyvolat buď celé, anebo lze vyvolat určitou část jako podprogram vlastního programu. Takto lze programovat výpočty, vyžadující i tisíce kroků, a v případě TI-59 lze navíc vlastní program zapsat na magnetický štítek (viz [2]).

Ve zmíněném výměnném modulu je tedy pohotově uskladněna celá „knihovna“ programů. Podobné knihovny existují i v podobě sbírek magnetických štítků. Proto budeme vždy vycházet z toho, k čemu má konkrétní kalkulátor sloužit. Nemá cenu shánět kalkulátor s tisíci programovacích kroků, potřebujeme-li počítat pouze krátké výrazy; naopak jsou tyto nejsložitější kalkulátory nepostradatelné pro toho, kdo potřebuje řešit složité problémy a provádět rozborů komplikovaných situací.

Vždy se přitom zamyslíme i nad některými jinými parametry, prozrazujícími kvalitu kalkulátoru. Mezi ně náleží počet datových registrů a vůbec vše to, co jsme tu uváděli v souvislosti s „obyčejnými“ kalkulátory. Navíc si budeme všimnout možnosti pro opravu špatného programu, tj. funkcí, korigujících vadné instrukce. Nezapomeneme ani na operativnost paměťových výpočtů a na počet tzv. „labelů“ (labelem nazýváme značku, označující určitě místo v programu; jednodušší přístroje labely vůbec nemají, jiné mají 9 až 16 labelů, špičkové přístroje Texas Instruments mají 72 labelů). Dále se podíváme na to, může-li přístroj provádět instrukce tzv. nepřímým adresováním (tlačítko IND). Důležitá jsou i funkce INT a FRA (popř. INV INT), kterými lze z čísla oddělit buďto celočíselnou část nebo naopak část za desetinnou tečkou. Ke kvalitnímu přístroji náleží i rozhodovací funkce, tj. funkce spojené s určitým testováním mezivýsledku; je-li test kladný, pokračuje program v jiném místě, než je-li záporný. Mezi rozhodovací funkce nepatří pouze funkce „větší než“, „menší než“ nebo rovný, „roven nule“ apod., ale také tzv. dekrement, příp. inkrement. Pomocí této poslední funkce lze např. naprogramovat určitý počet cyklických operací, a teprve po splnění tohoto požadavku program pokračuje dále. Sem náleží i tzv. „vlajky“

(flags), kterých mají moderní kalkulátory více (obvykle dvě až pět, nová generace Texas Instruments dokonce deset). Budeme rádi i tehdy, bude-li mít kalkulátor zabudovanu tzv. „pauzu“, protože v takovém případě může automaticky během výpočtu ukázat mezivýsledky. Někdy je tato funkce spojena s automatikou, umožňující samočinně sledovat mezivýsledky programu krok za krokem.

A pak je tu ovšem i případná stolní nebo vestavěná tiskárna. Jednoduché tiskárny tisknou pouze požadované výsledky a mohou vypsat i vložený program; složitější tiskárny mohou navíc ukazovat postup výpočtu krok za krokem a případně pořídit seznam použitých podprogramů (TI-58, TI-59). Právě uvedené přístroje dovedou tisknout i grafy funkcí (jde o „nespojité“ grafy, poskytující však o průběhu zobrazené funkce všechny základní informace), takže jde vlastně již o druh jakéhosi „plottingu“. Lepší tiskárny pracují obvykle s tepelným papírem, takže jsou neobčejně tiché. Jedinou nevýhodou je větší cena tohoto speciálního papíru a určité obtíže s jeho sháněním, avšak tomuto způsobu tisku zřejmě patří budoucnost.

Závěrem této části úvahy tedy zrekapitulujeme: u programovatelného počítače si nejprve položíme otázku, co od něho budeme požadovat. Podle toho volme počet programovacích kroků a zkontrolujeme speciální funkce, které nám pomohou vydatně při práci s přístrojem (korekce programu, INT, nepřímé adresování, labely atd.). Konečně je nutno promyslet případnou nutnost magnetických nahrávek dat i programů (pozor! ne každý kalkulátor s magnetickým záznamem dovede nahrát i data!) a ovšem i nutnost výsledky a data tisknout a dokumentovat. Nakonec dojdeme k velmi omezenému počtu kalkulátorů, odpovídajících našim požadavkům.

A ještě něco: nezapomeňte, že každý programovatelný kalkulátor je přístroj, který vám poskytne pouze tolik možnosti, na kolik stačí vaše schopnosti a vědomosti. Programovat se musí člověk dlouho učit a ještě po řadě měsíců budete přicházet na nové „triky“ a možnosti, kterých budete později prakticky využívat. To platí dokonce i tehdy, jste-li zkušeným programátorem velkého počítače. Kapesní kalkulátory mají vlastní „řeč“, odlišnou od programovacích jazyků počítačů. Jedinou výjimku tvoří zatím přístroj „TI-PROGRAMMER“ firmy Texas Instruments, který pracuje hexadecimálním způsobem a tedy způsobem, jenž je blízký práci s velkými počítači. Jde však o přístroj natolik odlišný od „normálních“ kapesních kalkulátorů, že se jim zde zabývat nebudeme.

### Závěr

Viděli jsme, že není kalkulátor jako kalkulátor a že jsou důležité parametry, rozhodující o jeho kvalitách. Nemáme obvykle nadbytek finančních prostředků, abychom jimi mohli plynout. Tím více bychom se měli při výběru vhodného kapesního kalkulátoru řídit zkušenostmi, jimž byla věnována tato úvaha.

### Literatura

- [1] Mrázek, J.: Kalkulátor HP-67. Amatérské radio č. 7/1977.
- [2] Mrázek, J.: TI-58 a TI-59 – nová koncepce kapesních kalkulátorů. Amatérské radio č. 12/1977.
- [3] Švestka, M.: Programovatelné kalkulátory. Amatérské radio č. 8 a 9/1976.

RNDr. Jiří Mrázek, CSc.