Kontrola přesnosti kalkulátorů

Ing. Josef Kopřiva

Technické parametry a údaje o přesnosti kalkulátorů, které uvádějí jejich výrobci obvykle v návodech k použití, často nepostačují k objektivnímu vzájemnému srovnání různých nabízených typů počítačů. Některé základní parametry si však můžeme snadno změřit a přesnost kalkulátorů stanovit kontrolními výpočty.

Základním technickým parametrem je proud odebíraný ze zdroje. Změříme jej, když je na displeji jednička (minimální proud), popřípadě když jsou na displeji samé osmičky (maximální proud). Z maximálního proudu bychom pak vycházeli při návrhu síťového zdroje, ze středního proudu pak můžeme přibližně odhadovat dobu provozu s jednou soupravou článků nebo s jedním nabitím akumulátorů. Můžeme také změřit minimální napětí nutné pro bezvadnou funkci přístroje, případně zjistit, jak je tento mezní stav indikován.

V tomto příspěvku se však chceme především věnovat kontrole přesnosti a využijeme schopnosti kalkulátoru vypočítat vlastní chyby. Sestavíme proto nejrůznější zkušební příklady, jejichž výsledkem má být vždy nula, přičemž každou odchylku od nuly sečítáme v absolutní hodnotě. Dostaneme tak chyby skupinové (např. trigonometrických funkcí) a součtem jednotlivých skupinových chyb pak celkovou chybu kalkulátoru. Algebraické operace zpravidla nekontrolujeme, protože chyba vzniká zaokrouhlováním a zasahuje poslední místa. Do algebraických identit

$$\Delta_1 = a^2 - b^2 - (a + b)(a - b)$$
$$\Delta_2 = \sqrt{x^2} - x$$

dosazujeme π nebo e nebo jiná vhodná čísla, která zcela zaplní displej.

Trigonometrické funkce kontrolujeme ve stupních, radiánech nebo gradech podle toho, které úhlové míry budeme používat. Nejdříve si ověříme, zda můžeme počítat trigonometrické funkce pro úhly větší než pravý nebo celý úhel a v kladném případě kontrolujeme přesnost převodu velkých úhlů do základního kvadrantu.

$$\Delta_3 = \sin\ (\text{nebo tg})\ 2n\mathrm{R}$$
$$\Delta_4 = \cos\ (2n + 1)\,\mathrm{R}$$

kde R je pravý úhel (90°, π/2 rad nebo 100 grad) a n je celé číslo, u osmimístných kalkulaček bez exponentu od 0 do 10^6, u kalkulátorů s exponentem do 10^{97}.

Přesnost trigonometrických funkcí kontrolujeme jednoduše dosazováním vhodných úhlů (20, 40 a 80°, π/10, π/6 a π/3 rad a 25,50 a 75 grad) do pythagorských vztahů

$$\Delta_5 = \sin^2 x + \cos^2 x - 1$$
$$\Delta_6 = \sin^2 x + \sin^2 (\mathrm{R} - x) - 1$$

nebo do trigonometrické identity

$$\Delta_7 = \sin x/\cos x - \mathrm{tg}\, x$$

Ještě dokonalejším způsobem kontroly trigonometrických funkcí jsou algebraické výrazy

$\Delta_8 = (\sqrt{3} - 1)/2\sqrt{2} - \sin$ (15°, π/12 rad nebo 50/3 grad)

$\Delta_9 = (\sqrt{5} - 1)/4 - \sin$ (18°, π/10 rad nebo 20 grad)

$\Delta_{10} = (\sqrt{5 - \sqrt{5}})/2\sqrt{2} - \sin$ (36°, π/5 rad nebo 40 grad)

$\Delta_{11} = 1/\sqrt{2} - \sin$ (45°, π/4 rad nebo 50 grad)

$\Delta_{12} = (\sqrt{5} + 1)/4 - \sin$ (54°, 3π/10 rad nebo 60 grad)

$\Delta_{13} = \sqrt{3}/2 - \sin$ (60°, π/3 rad nebo 200/3 grad)

$\Delta_{14} = (\sqrt{5 + \sqrt{5}})/2\sqrt{2} - \sin$ (72°, 2π/5 rad nebo 80 grad)

$\Delta_{15} = (\sqrt{3} + 1)/2\sqrt{2} - \sin$ (75°, 5π/12 rad nebo 250/3 grad)

$\Delta_{16} = (\sqrt{3} - 1)/(\sqrt{3} + 1) - \mathrm{tg}$ (15°, π/12 rad nebo 50/3 grad)

$\Delta_{17} = (\sqrt{5} - 1)/\sqrt{5 + \sqrt{5}}\sqrt{2} - \mathrm{tg}$ (18°, π/10 rad nebo 20 grad)

$\Delta_{18} = 1/\sqrt{3} - \mathrm{tg}$ (30°, π/6 rad nebo 100/3 grad)

$\Delta_{19} = \sqrt{2}\sqrt{5 - \sqrt{5}}/(\sqrt{5} + 1) - \mathrm{tg}$ (36°, π/5 rad nebo 40 grad)

$\Delta_{20} = (\sqrt{5} + 1)\sqrt{5 - \sqrt{5}}\sqrt{2} - \mathrm{tg}$ (54°, 3π/10 rad nebo 60 grad)

$\Delta_{21} = \sqrt{3} - \mathrm{tg}$ (60°, π/3 rad nebo 200/3 grad)

$\Delta_{22} = \sqrt{2}\sqrt{5 + \sqrt{5}}/(\sqrt{5} - 1) - \mathrm{tg}$ (72°, 2π/5 rad nebo 80 grad)

$\Delta_{23} = (\sqrt{3} + 1)/(\sqrt{3} - 1) - \mathrm{tg}$ (75°, 5π/12 rad nebo 250/3 grad).

Inverzní trigonometrické (cyklometrické) funkce kontrolujeme jednoduše

$\Delta_{24} = \sin^{-1} \cdot \sin x - x$ (x do 90°, π/2 nebo 100 grad)

$$\Delta_{25} = \sin \cdot \sin^{-1} x - x\ (0 < x < 1).$$

Analogicky kontrolujeme i cos a tg. U tangenty může být v Δ_{25} x od nuly do libovolně velkého čísla. Tyto kontroly obsahují chybu trigonometrických i goniometrických funkcí, a proto jsou vhodnější inverze k Δ_8 až Δ_{23}, které lze přepsat podle příkladu

$\Delta_{26} = \sin^{-1} (\sqrt{3} - 1)/2\sqrt{2} - (15°$, π/12 rad nebo 50/3 grad).

Největší chyby zjistíme kontrolou tangent úhlů blízkých pravému. Ve stupních platí

$$\Delta_{27} = \mathrm{tg}\ 89{,}n9° - 180 \cdot 10^n/\pi,$$

kde n je počet devítek (tři až osm). Chyby bývají tak veliké, že mnohonásobně převyšují počet všech ostatních chyb, a proto Δ_{27} do celkového součtu chyb nezapočítáváme.

Exponenciální funkce y^x kontrolujeme současně s funkcemi logaritmickými, protože obecná mocnina se počítá pomocí 1n a e^x. Nejjednodušší kontroly jsou

$$\Delta_{28} = 2^2 - 4$$
$$\Delta_{29} = 2^3 - 8$$
$$\Delta_{30} = 2^4 - 16$$

a podobně pro libovolný celý základ a exponent. Přesný odečítaný člen dostaneme násobením.

Kalkulátory bez exponentu kontrolujeme pomocí

$$\Delta_{31} = 2^{26} - 4^{13}$$
$$\Delta_{32} = 3^{16} - 9^8$$
$$\Delta_{33} = 5^{10} - 25^5$$
$$\Delta_{34} = 6^{10} - 36^5$$

kalkulátory s exponentem pomocí

$$\Delta_{35} = 2^{332}/8^{110} - 4$$
$$\Delta_{36} = 2^{332}/16^{83} - 1$$
$$\Delta_{37} = 3^{209}/9^{104} - 3$$
$$\Delta_{38} = 5^{143}/25^{71} - 5$$

Přesnost převodů H → H.MS (D → D.MS) a zpět nekontrolujeme, proto chyby zde vznikají zákonitě při dělení 60 a 3600, které je jen u některých čísel beze zbytku.

Podobným způsobem lze pokračovat dále a každý si může sestavit kontrolní postup především těch funkcí, které užívá nejčastěji anebo od nichž vyžaduje největší přesnost. Můžeme také zvolit pouze ty nejdůležitější kontroly, abychom mohli přístroj přezkoušet přímo v obchodě anebo při jiné příležitosti, kdy jsme vázáni omezeným časem.

K vyhodnocení přesnosti kalkulátoru jednoduše sečteme absolutní chyby ve skupinách a nakonec sečteme chyby skupin. Pro informaci uvádíme výsledky kontrolních výpočtů u tří typů kalkulátorů.

Qualitron 1445 součet	$1{,}23 \cdot 10^{-3}$,
HP – 25	$1{,}28 \cdot 10^{-6}$,
SR – 56	$1{,}06 \cdot 10^{-8}$.

K ČLÁNKU „POLOAUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ GRAMOFONU"

Ivan Doležal

K následujícímu příspěvku mě inspiroval článek Z. Řeháčka Poloautomatické ovládání gramofonu z AR A8/77. Zaujala mě elegance řešení i použití moderních součástek. Pro běžné nároky se mi však toto řešení jeví jako příliš složité a také i velmi nákladné. Popisuji proto jednoduché ovládání bez aktivních prvků.

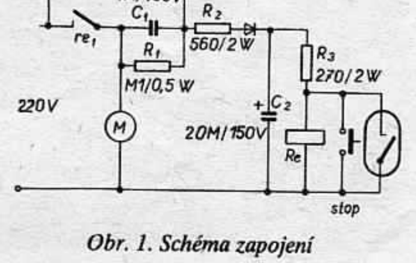
U běžných gramofonů dosáhne talíř jmenovité rychlosti otáčení již v okamžiku, kdy hrot přenosky v raménku ovládaném zvedáčkem dosedá na desku, tedy asi za 2 sekundy. Použitím vhodného relé nebo úpravou jeho kontaktů můžeme také dosáhnout toho, že se motorek gramofonu vypne, až když je hrot přenosky mimo drážku. K tomu účelu vyhoví jednoduché zapojení s přímým síťovým napájením, takže k ovládání používáme pouze dvě tlačítka START a STOP a nemusíme předem spínat žádný síťový spínač, což zjednoduší i obsluhu.

K vypínání na konci desky je použit jazýčkový kontakt ovládaný malým trvalým magnetem, upevněným na tyčince, která se pohybuje s hřídelem raménka přenosky. Vliv setrvačnosti tyčinky s magnetem, případně vzájemné působení magnetu a jazýčkového kontaktu (které přichází tak jako tak v úvahu, až když je hrot přenosky již ve výběhové drážce) můžeme u obvyklého provedení ramének zanedbat.

Protože při nastavování hrotu přenosky nad určité místo desky musíme sejmout kryt, nemá význam ovládat za chodu raménko elektromagnetem, ale postačí úplně páčka zvedáčku. Při zapínání a vypínání motorku je ovšem raménko voládáno elektromagneticky.

Schéma celého zapojení je na obr. 1. Při konstrukci mechanického ovladače jsem zjistil, že relé, která jsem měl k dispozici, vyvinula potřebnou sílu až při příkonu, při němž byla již jejich vinutí tepelně přetížena. Použil jsem proto zapojení, ve kterém je relé přetíženo jen krátkodobě a to v okamžiku stisknutí tlačítka START. Pro udržení přitažené kotvy pak již postačuje asi desetkrát menší příkon.

Síťové napětí je zmenšováno kondenzátorem C_1, takže se nevyvíjí zbytečné teplo. Odpor R_2 je ve funkci ochranného odporu a zmenšuje proudový náraz při stisknutí



Obr. 1. Schéma zapojení