

Čítač 1300 MHz

Miloš Zajíc

Na základě značného ohlasu na velmi jednoduchý univerzální čítač, publikovaný v PE 5/96, vznikla na četné žádosti rozšířená verze, splňující vyšší požadavky. Cílem bylo zapojení s maximální jednoduchostí, tím snadnou zhotovitelností a příznivým poměrem výkon/cena.

Stručný popis

Celková koncepce čítače byla zvolena tak, aby byly odstraněny nedostatky jednoduché verze při maximální jednoduchosti. Hlavní změnou je použití rychlého předděliče před procesor a tím výrazné zrychlení měření. Pro kmitočty do 30 MHz jsou měřicí doby shodné s klasickým čítačem a pro vstup B dokonce kratší než u běžných čítačů s předděličem 100 nebo 1000. Vstup do 30 MHz je opatřen vstupním zesilovačem s velkou vstupní impedancí. Všechny vstupy mají ochranu proti přepětí.

Čítač umožňuje všechna běžná měření a navíc některé funkce jako např. korekci o mezifrekvenční kmitočty nebo zobrazení čísla TV kanálu. Díky použití procesoru s možností jeho vícenásobného programování (až 1000x) je možno funkce upravovat podle potřeby.

Základní technické údaje

Vstup A:

Kmit. rozsah: 1 Hz až 25 MHz.
Citlivost: <100 mV (typ. 30 mV).
Vstupní odpor: 1 M Ω .
Rozlišení: 100; 10; 1; 0,1 Hz.

Vstup B:

Kmit. rozsah: 20 až 1300 MHz.
Citlivost: <100 mV (typ. 15 mV).
Vstupní odpor: 50 Ω .
Rozlišení: 10; 1; 0,1; 0,01 kHz.

Měření šířky impulsu:

Rozsah: 0 až 1 s.
Citlivost: TTL.
Vstupní odpor: >1 M Ω .
Rozlišení: 1 μ s.

Speciální funkce:

– korekce zobrazeného údaje o mezifrekvenční kmitočty (0,455; 9; 10,695; 10,700; 38,0; 38,9; 5,5; 6,5 MHz aj.).

Vstup A:

– otáčkoměr, rozlišení 50 ot/min, dělitel 1 až 6,
– počítadlo s nulováním (prostý čítač impulsů).

Vstup B:

– zobrazení čísla TV kanálu.

Zobrazovač:

6 dekád, červený.
Ovládání: přepínač vstupů - 3 polohy, 2 tlačítka s významem „Funkce“ a „Rozsah“.

Osazení:

5 IO, 8 tranz., 11 diod.
Napájení: 5 V, max. 120 mA.
Rozměry: 100 x 65 x 40 mm.

Popis zapojení

Obvodové řešení celého čítače je na obr. 1. Signály s kmitočtem do 30 MHz

přicházejí přes oddělovací kondenzátor na ochranný obvod, tvořený rezistorem R1 a diodami D3 a D4, na gate tranzistoru T1. Ten pracuje jako oddělovací zesilovač pro dosažení velké vstupní impedance. Dále je signál zesílen v zesilovači osazeném tranzistorem T2. Na jeho kolektoru je již signál s dostatečným rozkmitem pro zpracování logickými obvody. Pro zajištění potřebné strmosti hran pro předdělič, je signál vytvářen Schmittovým klopným obvodem IO2A. Vlastní čítač začíná rychlým předděličem IO4. Použitím tohoto předděliče je zvýšen nízký vstupní kmitočty čítače mikroprocesoru. Vlastnosti tohoto zapojení jsou z hlediska rychlosti identické s řadou dekadických čítačů v klasickém zapojení. Rozdíl v počtu pouzder IO a možnostech je ale velký. Výstupy předděliče jsou snímány přes osmibitovou sběrnici mikropočítače. Signál přenosu do dalších řádů je nejprve pomocí R8, C11, C12 a IO2B vytvářen na konstantní délku vhodnou pro zpracování procesorem. Pomocí vnitřního čítače procesoru a programu je tak vytvořen binární čítač o délce 32 bitů (10 dekád). Předdělič není nulován. Není to třeba, protože počáteční stav čítače je programově korigován.

Při měření vysokých kmitočtů přichází signál přes ochranné diody D1 a D2 na rychlý dělič ECL (IO1) s dělicím poměrem 64. Lze tedy použít i jiný typ děličky (např. oblíbený U664). Výstup této děličky je přiveden zpět do vstupu pro nízké kmitočty. Tím se ušetří tvarovač signálu a další IO upravující dělicí poměr na násobek deseti u klasických zapojení. Zapojení je potom velmi jednoduché. Mikropočítač musí však korigovat měřicí dobu tak, aby zobrazený údaj byl správný. Maximální měřitelný kmitočty je určen vlastnostmi IO1 a běžně dosahuje 1500 MHz.

Základem celého čítače je jednočipový mikroprocesor Atmel s reprogramovatelnou pamětí programu. Mikropočítač pracuje s hodinovým kmitočtem 24 MHz. Port 1 budí přímo šestimístný displej a též se využívá jako obousměrná sběrnice pro připojení ostatních obvodů. Tím se zmenší výrazně počet potřebných vývodů mikropočítače. Zbylé vývody se využívají pro „kritické signály“.

Displej pracuje v multiplexním provozu. Katody segmentovek spíná přímo mikroprocesor. Jas displeje je určen odpory rezistorů R17 až R24. Anody jsou spínány tranzistorem T3 až T8. Tranzistory jsou buzeny z dekodéru s pamětí IO3. Zbylé dva výstupy dekodéru slouží pro řízení předděliče IO4.

Tlačítka a vstupní přepínač jsou snímány též pomocí multiplexu. Oddělo-

vací diody D8 až D11 zamezují ovlivňování displeje stiskem tlačítek.

Měření šířky impulsu a periody signálu je prakticky programová záležitost. Vstupní signál v úrovni TTL je přiveden přes ochranný obvod R9, D6, D7 na vstup tvarovače IO2F. Další hradla zajišťují inverzi signálu pro využití přerušení mikroprocesoru, které reaguje pouze na sestupnou hranu signálu.

Režim počítadla rovněž využívá přerušení. Vstupní signál pro prostý čítač impulsů může mít velmi nízký kmitočty, proto se využívá vstupu se stejnosměrnou vazbou.

Obslužný program je celý napsán v assembleru a zabírá celou paměť. Vnitřní výpočty jsou prováděny s přesností na 10 desetinných míst. To je také maximální velikost zobrazovaného čísla. Program v mikroprocesoru je zablokovaný proti čtení.

Popis ovládání

Pro ovládání přístroje slouží přepínač vstupů a tlačítka s významem „Funkce“ a „Rozsah“. Přepínačem vstupů volíme, kterým vstupem budeme měřit. Jsou tyto možnosti (při zapojení pro dva vstupy):

A **F-Lo:** kmitočty 1 Hz až 30 MHz, mf kmitočty, otáčkoměr.

B **F-Hi:** kmitočty 20 až 1300 MHz, mf kmitočty, číslo TV kanálu.

A **Width:** šířka impulsu, perioda, prostý čítač impulsů.

Tlačítkem „Funkce“ se volí požadovaná funkce. Prvním stiskem se na chvíli zobrazí právě zvolená funkce. Pokud v této době nestiskneme tlačítko znovu, vrátí se zpět k této funkci. Jinak se změní funkce na následující. Tlačítkem „Rozsah“ se volí měřicí rozsah nebo parametr funkce.

Při většině měření signalizuje desetinná tečka blikáním funkcí hradla (GATE). Pokud se zobrazí ještě jedna tečka na nejnižší dekádě, signalizuje to přetečení údaje přes 6 dekád displeje.

Po zapnutí přístroje se asi na 1 sekundu objeví číslo verze programového vybavení.

Skupina I., vstup A

F-Lo – Nízké kmitočty

Měření kmitočtů do 30 MHz. Jsou k dispozici 4 rozsahy s rozlišením 100; 10; 1; 0,1 Hz.

F-LoMf – Nízké kmitočty s korekcí mf

Měří kmitočty mf shodně jako předchozí funkce, ale před zobrazením je výsledek korigován o velikost mf kmitočtu. Kmitočty se nastavuje následující funkcí.

SEt MF – Nastavení mf

Stiskem tlačítka „Rozsah“ vybereme potřebný mf kmitočty včetně značnicka. Znak „-“ značí, že se bude mf kmitočty odečítat od naměřeného údaje. V základní verzi jsou k dispozici tyto kmitočty: 10,700 MHz; 10,695 MHz; 9 MHz; 468 kHz; 455 kHz; 38,0 MHz; 38,9 MHz a také 0; 6,5 MHz; 5,5 MHz. Po zapnutí se nastaví -10,7 MHz. Na žádost mohou být doplněny i další mf kmitočty.

rEvol – Otáčkoměr

Slouží pro měření otáček motorů např. elektrických, spalovacích i jiných. Vzhledem ke vstupnímu zesilovači lze některé druhy snímačů připojit přímo. Rozsah měření je do 999950 ot/min s rozlišením 50 ot/min. Pro korekci použitého typu snímače slouží tlačítko „Rozsah“. Po jeho stisku se na chvíli zobrazí velikost korekce, např.: n - 1. Je to vlastně číslo, které udává počet impulsů ze snímače na jednu otáčku. Displej potom ukazuje správný údaj. Například pro klasický čtyřválcový čtyřtaktní motor a snímání z přerušovače je dělitel 2.

Skupina II., vstup B

F-Hi – Vysoké frekvence

Slouží k měření kmitočtů asi od 20 MHz výše (nevadí-li menší citlivost vstupu již asi od 3 MHz). Měří se s rozlišením 10 a 1 kHz a 100 a 10 Hz. Většina vysokofrekvenčních děliček bez signálu kmitá, což se projevuje i na displeji problikáváním čísel. Pro dosažení co největší rychlosti měření a citlivosti není použito softwarové blokování tohoto jevu.

F-Hi MF – Vysoké frekvence s korekcí mf

Měří stejným způsobem jako při F-Hi, avšak s korekcí mf kmitočtu.

F-Hi cH – Zobrazení TV kanálu

Pokud měřený kmitočet spadá do oblasti TV vysílání (včetně všech kabelových), zobrazí se na displeji číslo kanálu a jeho odchylka od nosné obrazu v této formě:

např. **r 41 -1.2** znamená kanál 41, odchylka -1,2 MHz, a **S23 0.2** znamená kabelový kanál 23, odchylka +0,2 MHz.

Pokud je měřený kmitočet mimo jakékoliv pásmo, zobrazí se údaj o kmitočtu. Při tomto měření je vždy zapnuta korekce mf kmitočtu. Pokud chceme měřit přímý kmitočet (bez korekce) nastavíme mf kmitočet v **SET MF** na 0. Tabulka kmitočtů je podle normy CCIR - D/K, přičemž kabelové kanály jsou podle CCIR - B/G.

SET MF – Nastavení mf kmitočtu

Nastavení mf kmitočtu je shodné pro F-Hi, F-HicH a F-Lo.

Skupina III., vstup A

Width H – Šířka impulsu v „1“

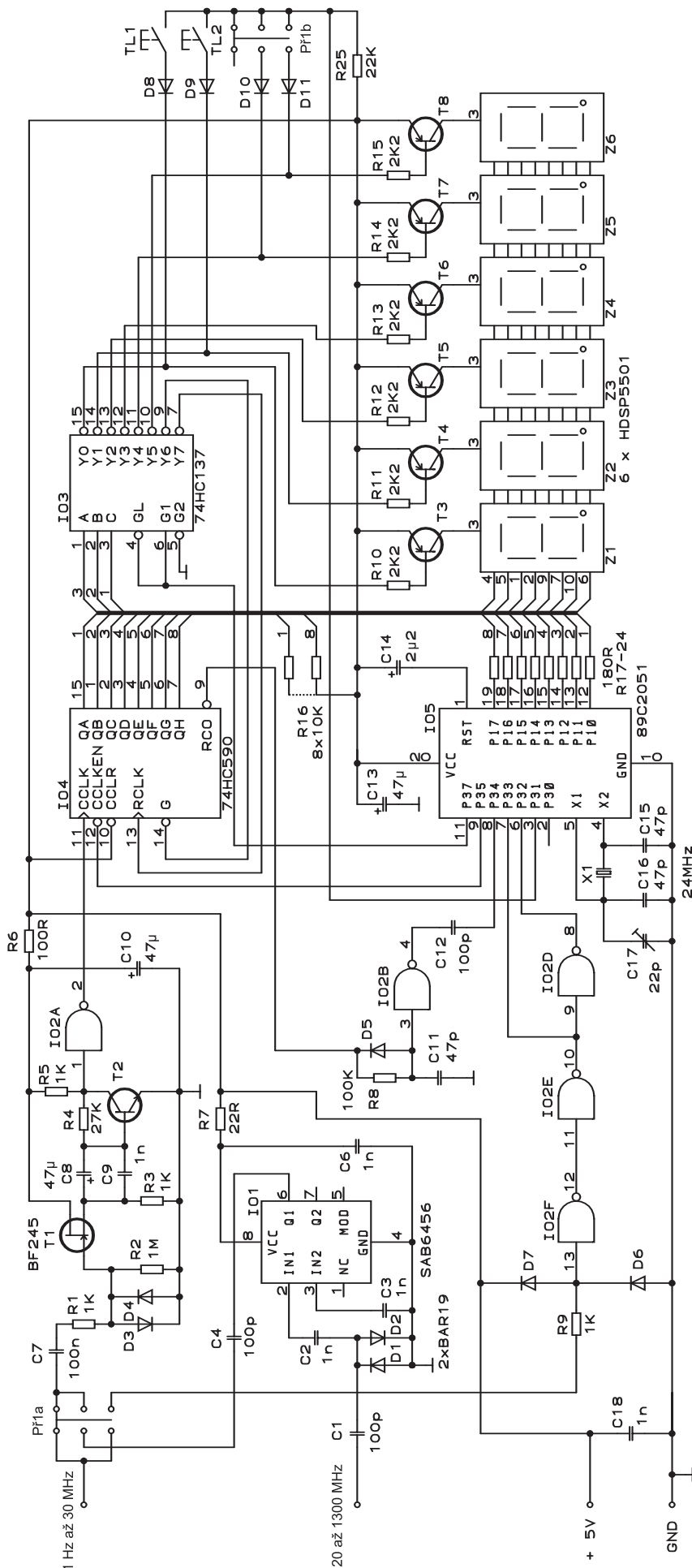
Měření šířky impulsu v logické úrovni H. Měří s rozlišením 1 μs a max. délkou 999,999 ms. Vstupní signál musí mít úroveň logiky TTL. Při přítomnosti měřeného kmitočtu na vstupu bliká desetinná tečka. Pokud signál nespĺňuje parametry popsané na konci kapitoly, může být údaj zobrazovaný na displeji nestabilní.

Width L – Šířka impulsu v „0“

Měření šířky impulsu v logické úrovni L. Rozlišení je stejné jako při předešlé funkci.

Period – Perioda signálu

Pro měření periody signálu je změněna doba trvání v obou úrovních a



Obr. 1. Schéma zapojení čítače

zobrazen jejich součet. Rozsah měření je shodný jako u šířky impulsu.

Count – Počítadlo

Jedná se o prostý čítač impulsů. Přístroj se nuluje jedním stiskem tlačítka „Funkce“. Používá se vstup s úrovními TTL. Čítá na náběžnou hranu signálu.

Pro všechna měření šířky impulsu i počítadla je maximální vstupní kmitočet signálu omezen na 100 kHz. Minimální šířka impulsu je 0,5 μ s. Při výrazném překročení kmitočtu v režimu počítadla může dojít až ke zhasnutí displeje (přerušení processoru je tak časté, že nestačí displej obsluhovat).

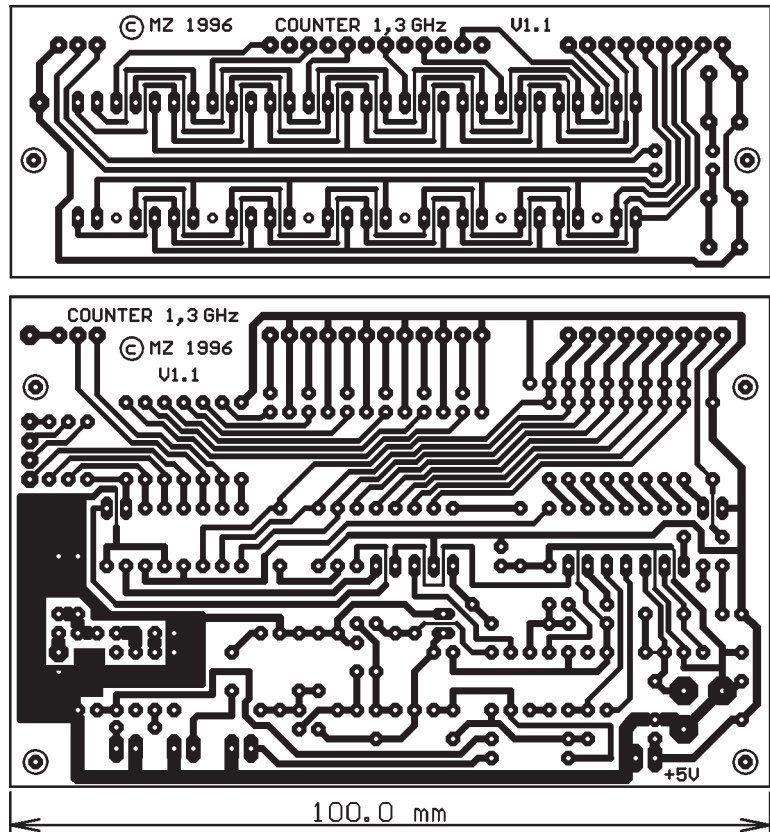
Pro dosažení velké vstupní impedance není na vstupu TTL žádný vstupní odpor. Proto se při nezapojeném vstupu mohou zobrazovat náhodné údaje. Pokud by tato skutečnost někomu vadila, připojíme rezistor s odporem asi 1 M Ω mezi vývod R9 vedoucí z desky na přepínač a zem.

Stavba a oživení

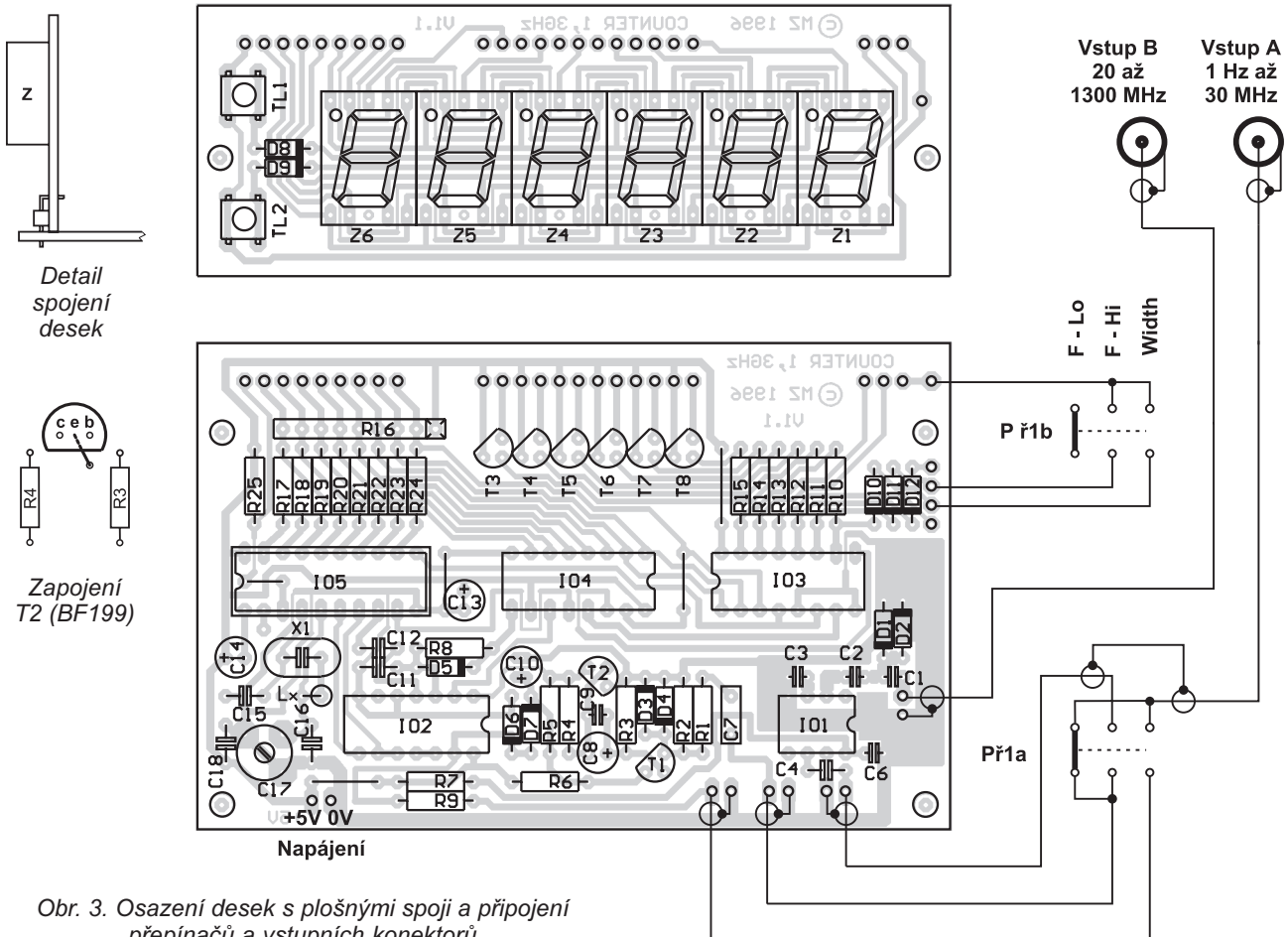
Desku s plošnými spoji nejdříve vyvrátíme. Většina děr má průměr 0,8 mm, díry pro úhlové spojky obou desek 1 mm a pro trimr C17 1,2 mm. Jako první osadíme 5 drátových propojek. Potom osazujeme postupně další součástky od nejmenších po největší. Součástky kolem IO1 pájíme s co nejkratšími přívody. Kondenzátory u IO1 je možno použít i v provedení SMD. Pro procesor IO5 použijeme objímku. Nakonec obě desky spojíme úhlovými propojkami.

Oživení je velmi jednoduché. Při pečlivé práci (hlavně pájení) by měl přístroj pracovat na první zapojení. Trimr C17 nastavíme na nejmenší kapacitu.

Pro první zapnutí doporučuji použít zdroj s proudovým omezením na asi 150 mA a postupně zvětšovat napětí od nuly. Dají se tak bez poškození iden-



Obr. 2. Desky s plošnými spoji pro čítač



Obr. 3. Osazení desek s plošnými spoji a připojení přepínačů a vstupních konektorů

tifikovat obráceně zapájené obvody a jiné chyby vedoucí k destrukci součástek. Jedinou činností je nastavení přesného kmitočtu oscilátoru. Na vstup přivedeme signál z kvalitního generátoru nebo normálu o kmitočtu 10 až 20 MHz, zvolíme rozlišení 1 Hz a trimrem C17 nastavíme shodný údaj na generátoru a čítači. Nastavovat při větším rozlišení nemá význam, protože celková přesnost tak velká není. Pokud rozsah trimru nestačí, změníme kapacitu C16. Při nastavování se může stát, že kmitočť krystalu bude stále vyšší než požadovaný (nižší údaj na displeji) a oscilátor bude již vysazovat. Potom je vhodné zapojit do série s krystalem cívku Lx s indukčností asi 0,5 μ H (plošný spoj je připraven, stačí osadit a přerušit spoj). Rozptyl parametrů krystalů je dosti velký i od jednoho výrobce.

Pokud chceme dosáhnout maximální citlivosti, zkontrolujeme napětí na kolektoru T2. Mělo by být asi 2 až 3 V bez signálu. Případně změníme odpor R4 tak, aby citlivost byla co největší (vhodné měřit při kmitočtech nad 15 MHz).

Napájení

Přesto, že celkový odběr přístroje je malý, nelze otázku zdroje podcenit. Nevhodný zdroj může způsobit rušení analogové části. Vzhledem k multiplexnímu provozu displeje vznikají na napětí +5 V proudové špičky, které při nevhodném zdroji mohou zhoršit stabilitu údaje. Zcela vyhoví běžný plastový stabilizátor 7805 (ne 78L05) s příslušnými blokovacími kondenzátory a nejméně 10 cm dlouhými přívody k desce. Při napájení z baterií nebo jiného zdroje s nejistými vlastnostmi doporučuji

v blízkosti desky čítače připojit kondenzátor asi 470 μ F/10 V na napájení. Ten omezí rušení způsobené proudovými špičkami.

Při bateriovém napájení je možno pomocí dalšího segmentu přepínače vstupů zapínat napájení IO1 jen při poloze **F-HI**. Tím se ušetří dalších asi 25 mA.

Vstupní přepínač

Zapojení vstupních obvodů není na desce s plošnými spoji. Lze proto volit konfiguraci s jedním až třemi vstupními konektory (nejlépe BNC). Zapojení s jedním vstupním konektorem je pochopitelně nejsložitější. V tomto případě je nutno též počítat se zhoršením parametrů na vysokých kmitočtech díky průchodu signálu přes přepínač. Příklad možného zapojení vstupních obvodů je na obr. 4:

4a – tři vstupy, jednoduchý přepínač,
4b – dva vstupy, standardní zapojení (též obr. 1),
4c – jeden vstup.

Vstupní signály je nutno propojovat vř stíněnými kablíky tak, jak je znázorněno na zapojovacím výkrese.

Mechanická koncepce

Je ponechána na schopnostech a možnostech uživatele. Z hlediska vř techniky, tj. vyzařování i odolnosti proti vnějším polím, by měla být krabička kovová nebo alespoň stíněná. Krabiček je sice na trhu relativní dostatek, horší je to však s jejich dlouhodobou dostupností. Vzhledem k malým rozměrům i celkové spotřebě lze přístroj napájet i z baterií. Obě desky lze umístit také rov-

noběžně nad sebou, čímž se rozměry ještě zmenší. Při provozu na silném denním světle je vhodný červený filtr před displejem. Hmatníky pro tlačítka lze použít z vadných tranzistorů řady KC50x.

Závěr

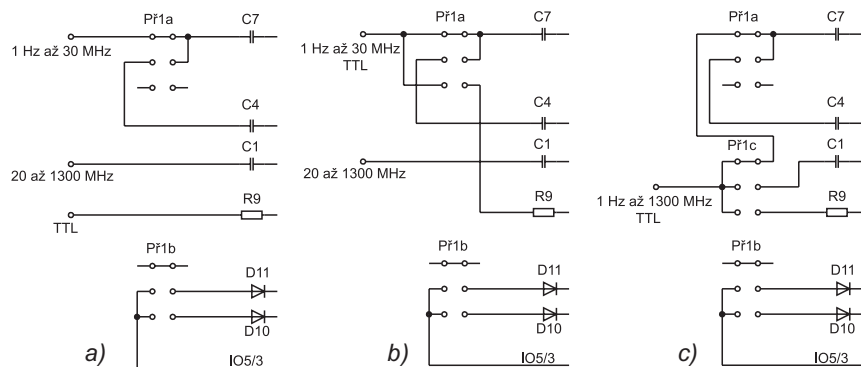
Vzhledem k možnosti přeprogramovat procesor se časem určitě objeví další speciální funkce či vylepšení. Složitější funkce je možno zatím doplňovat pouze na úkor jiných, protože kapacita paměti procesoru je již prakticky vyčerpána. Doufám, že firma ATMEL brzy bude vyrábět také typ s větší pamětí.

Pro zájemce o použití čítače jako stupnice k přijímači pro příjem SSB signálů bych chtěl upozornit, že této problematice bude věnován pravděpodobně samostatný článek.

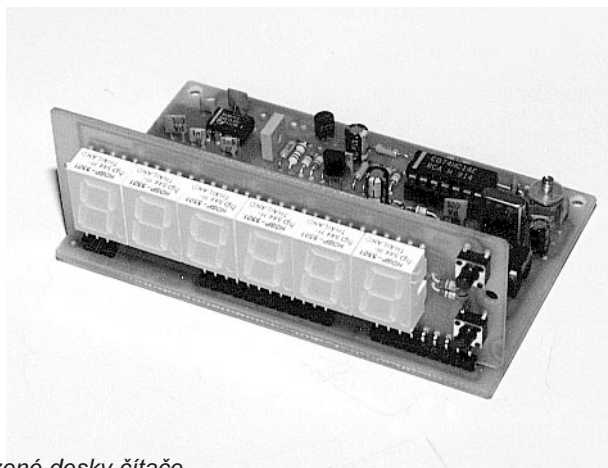
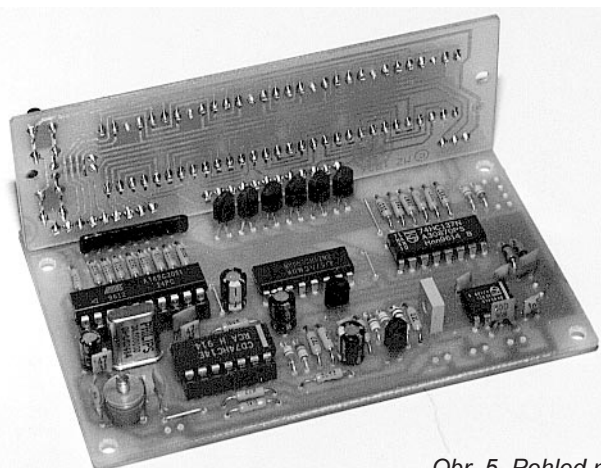
Stavebnici čítače obsahující všechny součástky mimo vstupních konektorů a přepínače vstupů si lze objednat za 999 Kč na adrese autora: Miloš Zajíč, Hálkova 739, 289 11 Pečky.

Seznam součástek

R1, R3, R5, R9	1 k Ω
R2	1 M Ω
R4	27 k Ω
R6	100 Ω
R7	22 Ω
R8	100 k Ω
R10 až R15	2,7 k Ω
R16	8x 10 k Ω
R17 až R24	150 Ω
R25	22 k Ω
C1, C4, C12	100 pF
C2, C3, C6, C9, C18	1 nF
C7	100 nF/MKT
C8, C10, C13	47 μ F/10 V mini
C11, C15, C16	47 pF
C14	2,2 μ F/63 V mini
C17	trimr 22 pF
D1, D2	BAR19
D3 až D11	1N4148
T1	BF245
T2	BF199
T3 až T8	BC556
IO1	SAB6456, (U664)
IO2	74HC14
IO3	74HC137
IO4	74HC590
IO5	89C2051 naprogramovaný
Z1 až Z6	HDSP5501
X1	24.000 MHz



Obr. 4. Možné způsoby zapojení vstupních konektorů



Obr. 5. Pohled na osazené desky čítače

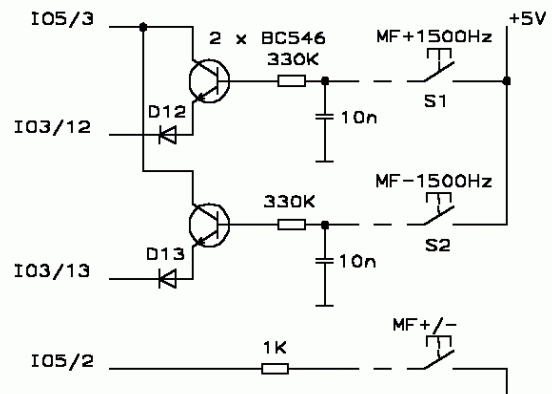
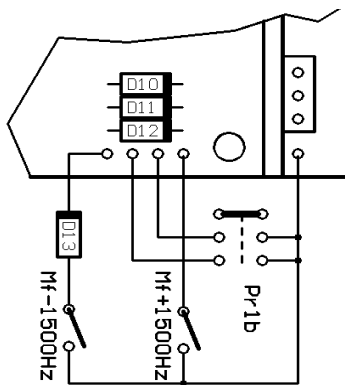
Změny v programovém vybavení: "Čítač do 1300 MHz v1.1" - oproti popisu v ARPE 5/97

U funkcí třetí skupiny Width H,L,Period jsou k dispozici nyní 2 rozsahy. Ve druhém rozsahu je možno měřit do 999 sekund s rozlišením 1 ms. Přepnutí rozsahu bez signálu na vstupu se na displeji projeví až po přivedení signálu. Pro změření šířky kladného impulsu ve funkci WidthH stačí nyní pouze jeden impuls. Změřená hodnota zůstává na displeji až do příchodu dalšího impulsu, takže lze měřit i jednotlivé impulsy. Pro všechny ostatní funkce měření impulsů je pro jedno měření třeba minimálně dvou celých period signálu.

Doplněna funkce **F peri**, která je určena pro měření nízkých kmitočtů s velkým rozlišením (u klasických čítačů nerealizovatelná). Frekvence se vypočítává z periody signálu. Využitelný rozsah měření je od 0,001 Hz asi do 100,000 Hz. Rozlišovací schopnost je nejvyšší (6 míst) na kmitočtech od 1 do 10 Hz zmenšuje se směrem k vyšším i nižším kmitočtům. Např. u kmitočtu 100 Hz (a 0.01Hz) to jsou 4 místa. Kmitočty větší jak 1000 Hz je už výhodnější použít klasické měření F - Lo.

Aplikace jako stupnice v přijímačích s příjmem SSB.

Doplněna korekce o +/- 1500 Hz pro korekci šířky pásma filtru. Korekci je možno přepínat spínači nebo elektricky pomocí přepínače LSB/USB. Dále je možno přepínat přičtení/odečtení mf. kmitočtu. Přivedením log. "0" na vývod 2 procesoru se změní smysl zpracování kmitočtu na opačný (podle zvoleného v SEt Mf).



Připojení přepínače pro korekci (doplněny D12,13)

Zapojení s oddělovacími tranzistory

Zapojení s tranzistory je vhodné při delších přívodech, k přepínači (menší vyzařování).

Upozornění:

Některé součástky ve stavebnici nemají přesně hodnoty uvedené v návodu. Tyto změny nemají žádný vliv na funkčnost a parametry přístroje. Např. : D1,2 = BAT41; R25=27k ; C2,3,6,9,18=1n5; ...

Pozor na osazení tranzistoru T2. Dodávaný typ BF199 je nutno osadit dle obrázku vedle osazovacího výkresu (pohled shora) !!!.

Pokud chcete zvýšit citlivost na kmitočtech 20 - 30 MHz, použijte místo T2 tranzistor BFR90 (91) a znovu nastavte pracovní bod pomocí R25.

Vzhledem k tomu, že displeje HDSP5501 není možné sehnat (a když, tak za dvojnásobnou cenu), jsou dodávány nyní typy Kingbright.

V dodávce stavebnice je někdy místo obvodu SAB6456 dodán obvod U664. Obvod SAB se již nevyrábí a velmi špatně se shání za rozumnou cenu. Co se týká parametrů , tak U664 špatně pracuje na kmitočtech menších jak asi 20 Mhz , ale na vyšších kmitočtech má zase lepší citlivost než původní obvod SAB.

Pro správnou funkci je nutno u obvodu U664 uzemnit vývod č. 5 (cínovou propojkou na pl. spoji), který je normálně nezapojen.

Nefunkčnost se projeví tak , že bez signálu na funkci " Frekvence vysoké" ukazuje stále 0 Mhz. I přesto , že je dnes cena obvodů U664 nebo SAB více jak třináásobná než dříve, je konečná cena nezvýšena.

Přeji Vám úspěšnou stavbu a spokojenost s funkcí přístroje.

Děkuji za pochopení. M. Zajíc 1.7.2002