

Doplňek pro měření indukčností a kapacit pro čítače z PE 5/97 a 3/99

Miloš Zajíc

Postupně byly k publikovaným čítačům doplněny další funkce. Měření LC bude pro uživatele asi nejzajímavější, a proto přinášíme jeho popis.

Základní technické údaje

Měření L: 10 nH až 100 mH.
 Měření C: 0,1 pF až 1,5 μF.
 Rychlost měření: 1/s.
 Přesnost: průměrně asi 1 %,
 u nejnižšího rozsahu asi 8 %,
 u nejvyššího rozsahu asi 2 %.

- Automatické přepínání rozsahů.
- Jednoduchá obsluha a manipulace - žádné přepínače.
- Automatická kalibrace. Verze pro LCD nevyžaduje žádné přesné vybírané součástky!

Upozornění – Popsané doplňky lze použít pouze s čítači popsányými

v *Praktické elektronice* č. 5/97 (šesti-místný LED displej) a v č. 3/99 (LCD alfanumerický displej) s příslušnou verzí programu. Pro žádné jiné typy je nelze použít!

Popis zapojení

Doplňek pracuje na rezonančním principu. Měřicí kmitočet je v rozsahu asi 20 až 800 kHz. Někdy je to výhodnější než běžné měřicí přístroje, které převážně měří na kmitočtu 1 kHz. Lze proto měřit i dosti malé kapacity a indukčnosti. Mezi nevýhody patří zejména u indukčností požadavek malého činného odporu a nemožnost měřit elektrolytické kondenzátory.

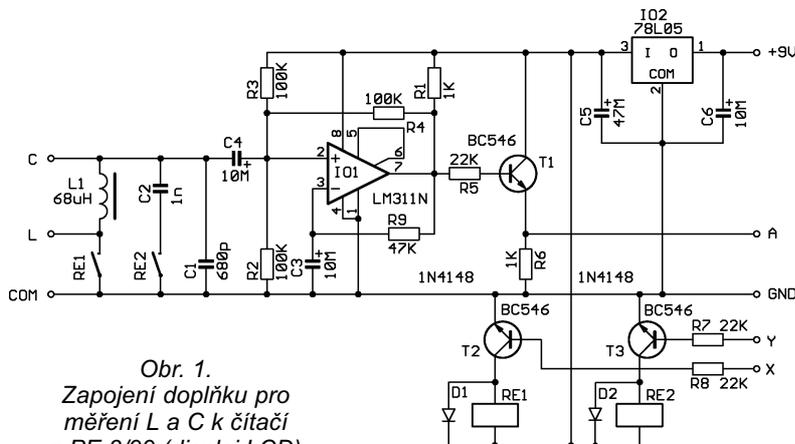
Nejdůležitější částí je měřicí oscilátor. Jeho velmi vtipné a jednoduché zapojení od neznámého autora bylo převzato z LC měřiče s procesorem PIC, jenž je již dlouho nabízen jako stavebnice na Internetu. Oproti původní konstrukci není třeba kalibrační kapacitu přesně vybírat na 1020 pF. Kapacita se nastaví v menu při nastavování přístroje a je možno ji časem znovu upravit na největší přesnost. V oblasti vstupů bylo zapojení upraveno tak, aby manipulace s přístrojem byla co nejjednodušší a nebyla nutná neustálá manipulace s přepínači. Proto přibýlo ještě jedno relé, které zajišťuje přepínání při měření indukčností nebo kapacit.

Zapojení je na obr. 1 (obr. 2). Aktivní prvek oscilátoru tvoří běžný komparátor IO1 (LM311). Jde o modifikované zapojení RC oscilátoru, jehož kmitočet ale určuje paralelní rezonanční obvod připojený na vstupu. Při měření kondenzátorů se měřený kondenzátor připojuje paralelně k C1. Při měření indukčností se měřená indukčnost připojuje do série s L1. Hodnoty těchto dvou prvků nemusí být nijak přesné, protože základní kalibraci určuje pouze kapacita C2. Výstupní signál oscilátoru s pravouhlým průběhem je vyveden přes oddělovač s T1, aby oscilátor nebyl ovlivňován zatížením výstupu. Z „bezpečnostních“ důvodů jsou pro spínání relé použity tranzistory, i když by to procesor přímo zvládl. Pro maximální odolnost proti zvládnutí (jak přípravku, tak i čítače) má doplňek svůj vlastní stabilizátor IO2. Zapojení je velmi jednoduché a nejsou v něm žádné zásludnosti.

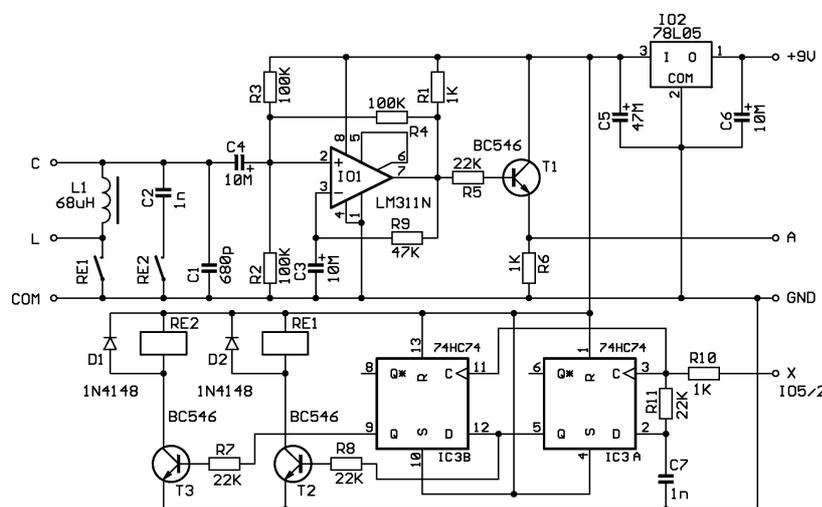
Nejdůležitější částí zařízení je programové vybavení v čítači, které zajišťuje zpracování signálu z oscilátoru a výpočet všech potřebných údajů.

Stavba

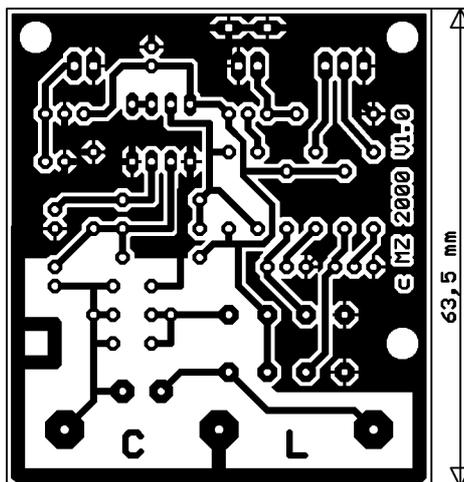
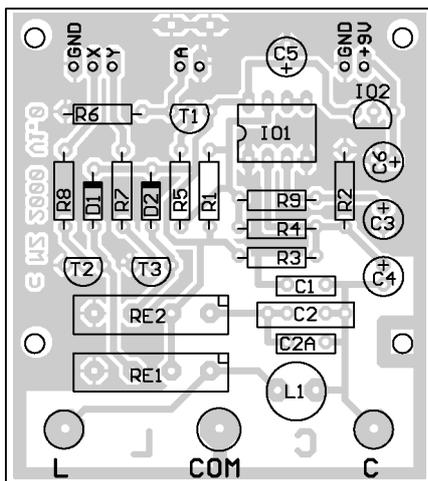
Při pečlivé práci by nemělo být sestavení problémem. Pozornost je však třeba věnovat některým součástkám. C2 by měl být stabilní fóliový kondenzátor. Tolerance může být běžných ± 5 %. Cívka L1 by měla mít malý sériový odpor. V žádném případě to nemůže být typ ve tvaru běžného rezistoru. Nejlepší je typ feritová „činka“. Pokud neseženeme cívku s potřebnou indukčností hotovou, je možno ji zhotovit navinutím drátem o průměru 0,3 až 0,4 mm na feritovou činku. Počet závitů je závislý na materiálu – asi 30 až 60. Nebo můžete použít jiný způsob: Z tlumivky 09P-331K (GM electronic) odstraníme vinutí a navineme 45 závitů drátem o průměru 0,3 mm. Indukčnost cívky stačí také s přesností asi ± 5 %. Pokud nemáme možnost indukčnost změřit, lze si ji ověřit provizorní metodou. Zapojíme ji do oscilátoru a měříme kmitočty podle návodu k oživení. Počet závitů upravíme tak, aby kmitočty odpovídaly popisu. Ve stavebnici je dodávána tlumivka prak-



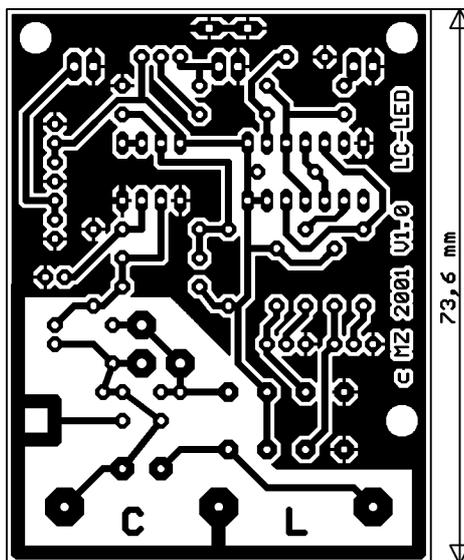
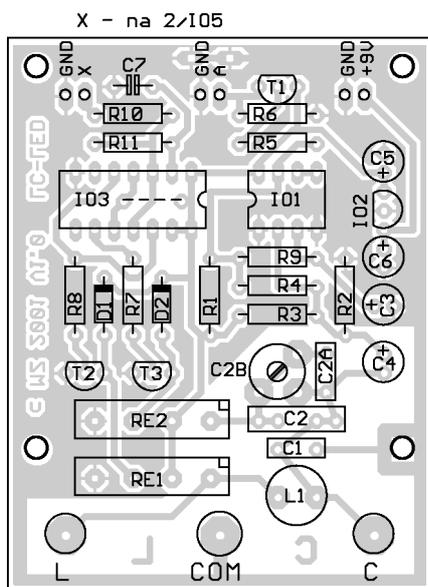
Obr. 1. Zapojení doplňku pro měření L a C k čítači z PE 3/99 (displej LCD)



Obr. 2. Zapojení doplňku pro měření L a C k čítači z PE 5/97 (displej LED)



Obr. 3.
Deska s plošnými
spoji a rozmístění
součástek
k doplňku z obr. 1



Obr. 4.
Deska s plošnými
spoji a rozmístění
součástek
k doplňku z obr. 2

ticky hotová. Z dodané cívky je třeba pouze odmotat asi 60 cm vodiče.

Doplňek se připojuje na vstup A čítače kouskem stíněného (může být i nf) kablíku s konektorem BNC a vstupy X, Y dalším konektorem, kterým jsou tyto signály vyvedeny z čítače. Samozřejmě zapojíme také napájení čítače. Přípravek umístíme do malé krabičky.

Oživení (zapojení z obr. 1)

Před prvním zapnutím vizuálně zkontrolujeme desku a připojíme ji na stabilizovaný zdroj s omezením proudu asi na 100 mA. Postupně zvětšujeme napětí na uvedenou velikost. Odběr bez sepnutých relé by neměl být větší jak asi 20 mA. Je-li vše v pořádku, připojíme na +5 V oba vstupy X a Y. Relé sepnou a odběr se zvětší asi o 25 mA. Výstup A připojíme do vstupu A čítače. Na výstupu A by měl být obdélníkový signál s kmitočtem 400 až 500 kHz. Při odpojení vstupu Y od 5 V se musí kmitočet zvýšit na asi 700 až 800 kHz. Při odpojení ještě vstupu X bude na výstupu signál s kmitočtem asi

1 Hz (není podstatné – oscilátor nekmítá). Pokud je vše v pořádku, propojíme přípravek kompletně s čítačem, tj. připojíme signály X a Y na příslušné výstupy na desce čítače. Přepneme na měření C a dlouhým stiskem tl. ROZSAH nastavíme běžným způsobem kalibrační konstantu na výchozí hodnotu 1000. Zkusíme cvičně změřit nějaké kondenzátory. Pokud je vše v pořádku, můžeme provést přesnou kalibraci. Použijeme kondenzátor s přesně známou kapacitou v rozsahu 1 až 10 nF. Nyní měníme kalibrační konstantu tak, aby se údaj na displeji co nejvíce blížil připojené kalibrační kapacitě. Kalibrační konstanta je vlastně přesná kapacita kondenzátoru C1 v pikofaradech včetně parazitních kapacit. Konstanta by měla být v rozsahu 950 až 1050 pF. Pokud se nám nepodaří dosáhnout souhlasu, je nějaká chyba v oblasti C1, C2, L1. Jinak je nastavení skončeno a přístroj můžeme používat.

Měření

Obsluha přístroje je velmi jednoduchá. V menu zvolíme příslušné měření a na displeji se objeví nápis „Kali-

brance 1020“. Nyní se asi 2 s přístroj kalibruje (výpočet hodnot C1 a L1). V průběhu kalibrace nesmí být na vstupních svorkách nic připojeno! Číslo 1020 (příklad) za nápisem je kalibrační konstanta (kapacita C2) a slouží pro kontrolu. Po zkalibrování můžeme měřit. V případě měření indukčnosti se při nepřipojené cívce objeví nápis „Připoj měř. objekt“. Tento nápis se může objevit také v případě, že je indukčnost neměřitelná (moc velká nebo má cívka velký sériový odpor). Přepínání rozsahů je automatické.

Vlastnímu připojení měřené součástky je nutno věnovat náležitou pozornost. Jakékoliv měřicí přívody musí být co nejkratší! Při měření malých hodnot zásadně součástku nesmíme držet v ruce! Při měření kapacit můžeme vykompenzovat kapacitu měřících přívodů tak, že vodiče necháme připojeny i v průběhu kalibrace (hodnoty do několika pF). Na displeji se mohou objevovat i velmi malé záporné údaje – není to závada. Znamená to pouze, že při kalibraci byla kapacita větší než při vlastním měření.

U indukčnosti je situace složitější. Základním problémem je zde již i vlastní připojení měřené cívky, protože se

již značně uplatňuje indukčnost přívodů. Proto měření cívek s indukčností desítek nH je velmi sporné. Následkem tohoto jevu se při zkratování svorek naměří malá záporná indukčnost. Pokud chceme tomuto jevu předejít, provedeme kalibraci při důkladném zkratování měřících svorek pro indukčnost. Další možností je použití malou kompenzační tlumivku zapojenou do přívodu ke svorce L (s indukčností shodnou jako zobrazovaná záporná indukčnost). Tou lze chybu vykompenzovat. Je třeba si uvědomit, že základní rozlišení přístroje 0,01 μH je již velmi malý údaj, jaký běžné i dosti drahé přístroje vůbec nejsou schopny změřit!

Verze pro čítač z PE5/97 – 6místný LED displej (obr. 2)

Vše je až na několik odchylek shodné s verzí LCD, viz obr. 2. Protože na čítači je k dispozici pouze jeden výstupní signál, je použito zapojení s registrem IO3. Programově lze potom ovládat nezávisle obě relé podle potřeby.

Stavba

V této verzi se musí přístroj seřadit výběrem kondenzátoru C2. Jeho přesná kapacita (i včetně parazitních kapacit spojů) je pevně nastavena v programu (asi 1050 pF) a změnou kapacity C2 se provede základní nastavení. Nemá význam C2 napřed vybírat. Kondenzátor vybereme až v zapojení. Vstupní bod X je připojen na vývod č. 2 procesoru IO5 v čítači, který je nepoužit. Indukčnost L1 a ostatní připomínky jsou popsány u předchozí verze.

Oživení

Před prvním zapnutím provedeme vizuální kontrolu. Připojíme na stabilizovaný zdroj s omezením proudu asi

na 100 mA. Postupně zvyšujeme napětí na asi 9 V. Odběr by neměl překročit asi 50 mA. Pokud je vše v pořádku, propojíme doplněk s čítačem. Nastavíme funkci „cAPA“ a necháme proběhnout kalibraci. Nyní je vhodné zkontrolovat výstupní kmitočty z doplňku. Ten změříme buď druhým čítačem, nebo si pomůžeme takto: po proběhnutí kalibrace na funkci „cAPA“ musíme za chodu spojit (pinzetou) mezi sebou vývody 3 a 4 na IO3 doplňku. Nyní čítač přepneme na měření „F-Lo“, pinzetu pustíme a na displeji by měl být kmitočť asi 700 až 800 kHz. To je známka, že je vše v pořádku. Pokud by byl kmitočť výrazně odlišný, je třeba kontrolovat hodnoty C1, L1 a také, zda spínají relé. Spínání relé je při kalibraci slabě slyšet.

Potom již zkusíme měřit kondenzátor o přesné a známé kapacitě (1 až 100 nF). Přídavnými kondenzátory k C2 (na desce označené C2A a C2B) se snažíme docílit stejného naměřeného údaje na displeji. Po každé změně kapacity C2 se musí přípravek znovu zkalibrovat! Kdo si to chce ulehčit, může použít kapacitní trimr, pro který je na desce připraveno místo. Pokud by se náhodou stalo, že bude potřeba kapacitu C2 zmenšit (kapacita C2 mimo toleranci), je nutno buď použít jiný kus, nebo zmenšit kapacitu sériovým kondenzátorem s C2. Pokud hodnoty souhlasí, je nastavení skončeno a přístroj můžeme používat.

Měření

Obsluha přístroje je velmi jednoduchá. V poloze přepínače vstupů na „F-Lo“ vybereme funkci „cAPA“ pro měření kapacit nebo „indu“ pro měření indukčností. Po zvolení se objeví nápis „cAL ...“ a probíhá kalibrace (asi 2 s). V průběhu kalibrace nesmí být na vstupních svorkách nic připojeno! Po skončení kalibrace můžeme měřit.

V případě měření indukčností se při nepřipojené cívce objeví nápis „connect“? Tento nápis se může objevit též v případě, že indukčnost je neměřitelná (moc velká, velký sériový odpor). Přepínání rozsahů je automatické.

Význam symbolů jednotek na displeji je následující:

Znak	Kapacita	Znak	Indukčnost
P	pikofarady	u	mikrohenry
n	nanofarady	M	milihenry

Software

Uvedené doplňky mohou být jednoduché jenom proto, že hlavní část funkce je tvořena programem v čítači. Ten musí z naměřených kmitočtů vypočítat měřící konstanty a výsledek měření. Obslužný program v čítači musí být proto značně rozšířen. To si vynutilo v obou případech změnu procesoru na typ s větší pamětí. Zároveň tím získáme ale ještě další funkce a rozšíření:

Čítač LCD - PE 3/99, doplněny funkce: měření LC, komunikace RS232, časový spínač, termostat, hodiny a datum.

Čítač LED – PE 5/97, doplněny funkce: měření LC, měření teploty a budou další.

Závěr

Za velmi nízkou cenu získáme přístroj, který měří v daném rozsahu dosti přesně a najde uplatnění v dílně každého radioamatéra. Ceny pro čítač LCD z PE 3/99 (v závorce pro čítač z PE 5/97): stavebnice doplňku LC: 170,- Kč (220,-) a výměna procesoru 300,- (250,-). Je třeba vrátit původní funkční procesor. Stavebnice doplňku i celého čítače lze získat na adrese autora: Miloš Zajíc, Hálkova 739, 289 11 Pečky. Další informace na www.zajic.cz a milos@zajic.cz.

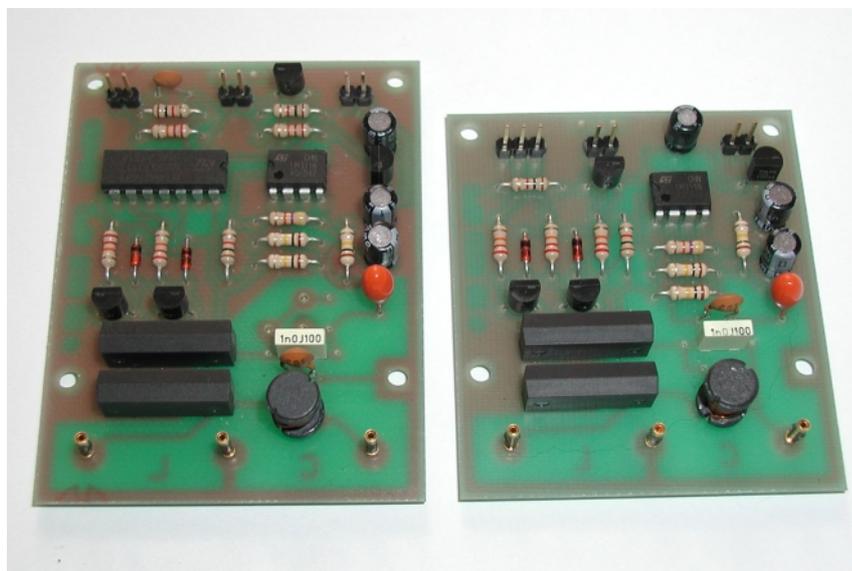
Seznam součástek

verze LCD

R1, R6	1 k Ω
R7, R8	22 k Ω
R9	47 k Ω
R2, R3, R4	100 k Ω
R5	22 k Ω
C1	680 pF
C2	1 nF (stabilní)
C3	10 $\mu\text{F}/10\text{ V}$ tantal
C4, C6	10 $\mu\text{F}/25\text{ V}$
C5	47 $\mu\text{F}/10\text{ V}$
L1	68 μH (viz text)
D1, D2	1N4148
T1 - 3	BC546
IO1	LM311
IO2	78L05
RE1, RE2	RELSIA05-500

Pro verzi LED přibývá:

R10	1 k Ω
R11	22 k Ω
C7	1 nF (keramický)
IO3	74HC74



Obr. 5. Fotografie obou verzí doplňku k čítači pro měření indukčností a kapacit