

METRONOM

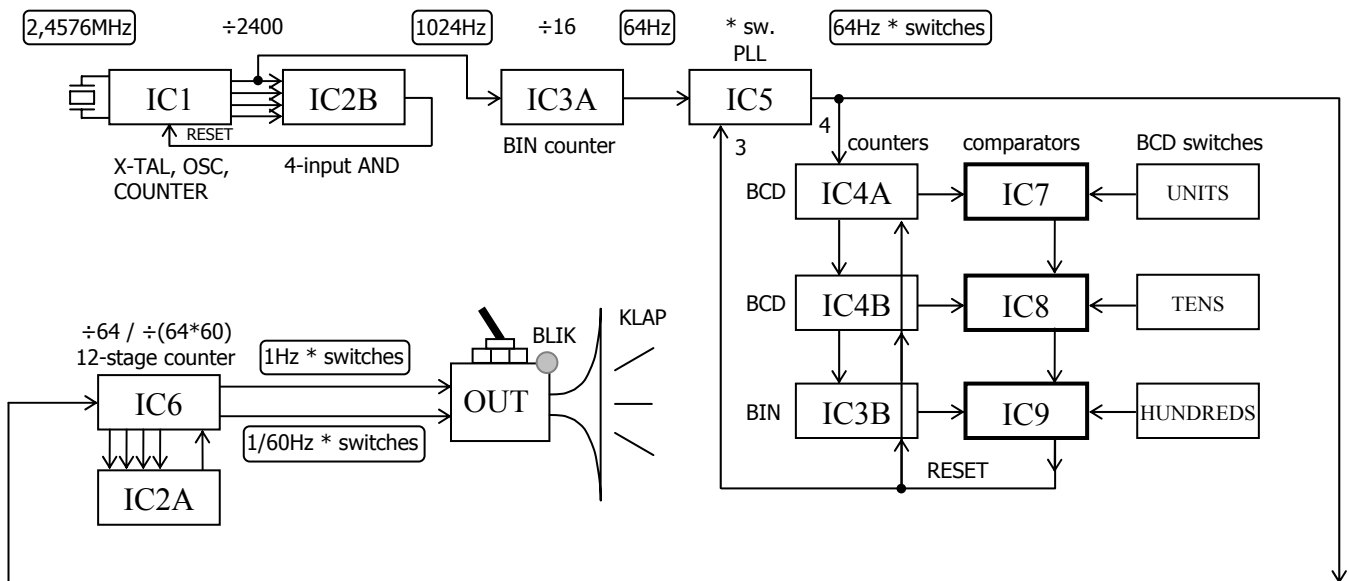
Projekt

Vedoucí práce: František Kyrš

**Vypracovali: Tomáš Bořil A4
Lukáš Franc A4**

**školní rok
2002/2003**

Blokové schéma:



Krystalový oscilátor pracuje na základním kmitočtu 2,4576MHz. IC1 má v sobě zabudován čtrnáctibitový čítač, který ve spojení se čtyřvstupovým AND obvodem (IC2B) zajišťuje dělení krystalového kmitočtu na 1024Hz. Tento kmitočet je dále dělen binárním čítačem IC3A na 64Hz. Obvod PLL (IC5) ho násobí hodnotou nastavenou na tříciferném BCD přepínači. Násobení kmitočtu zajišťuje ZV dělicí smyčka, zapojená mezi piny 4 a 3. Skládá se ze tří propojených čítačů, každý pro jednu cifru, tří komparátorů a tří BCD přepínačů. Obdržený kmitočet je poté dvanáctibitovým čítačem IC6 a obvodem AND (IC2A) vydělen 64 a zároveň $64 \cdot 60$. Tím dostaneme dva stabilní kmitočty – jeden slouží k standardní metronomové funkci, kdy nastavené číslo na přepínačích představuje počet klapnutí za minutu. Pro potřeby ladění pak je k dispozici druhý kmitočet, přímo představující počet Hz. Tedy například pro naladění na komorní A nastavíme na přepínačích 440Hz. Výstupní obvod zajišťuje hlasitý výstup se širokým frekvenčním spektrem tak, aby byl metronom dobře slyšet i v hlučném prostředí. Tomu dobře vyhovuje krátký sled obdélníkových pulsů o frekvenci přibližně 1kHz o celkové době trvání cca 10ms. Dále je možno zapnout výstup na LED a případně vypnout zvukový výstup. To ocení především muzikanti v nahrávacím studiu, kteří se potřebují řídit přesným tempem, ale zároveň nesmí být nahrávka nijak rušena.

Shrnutí:

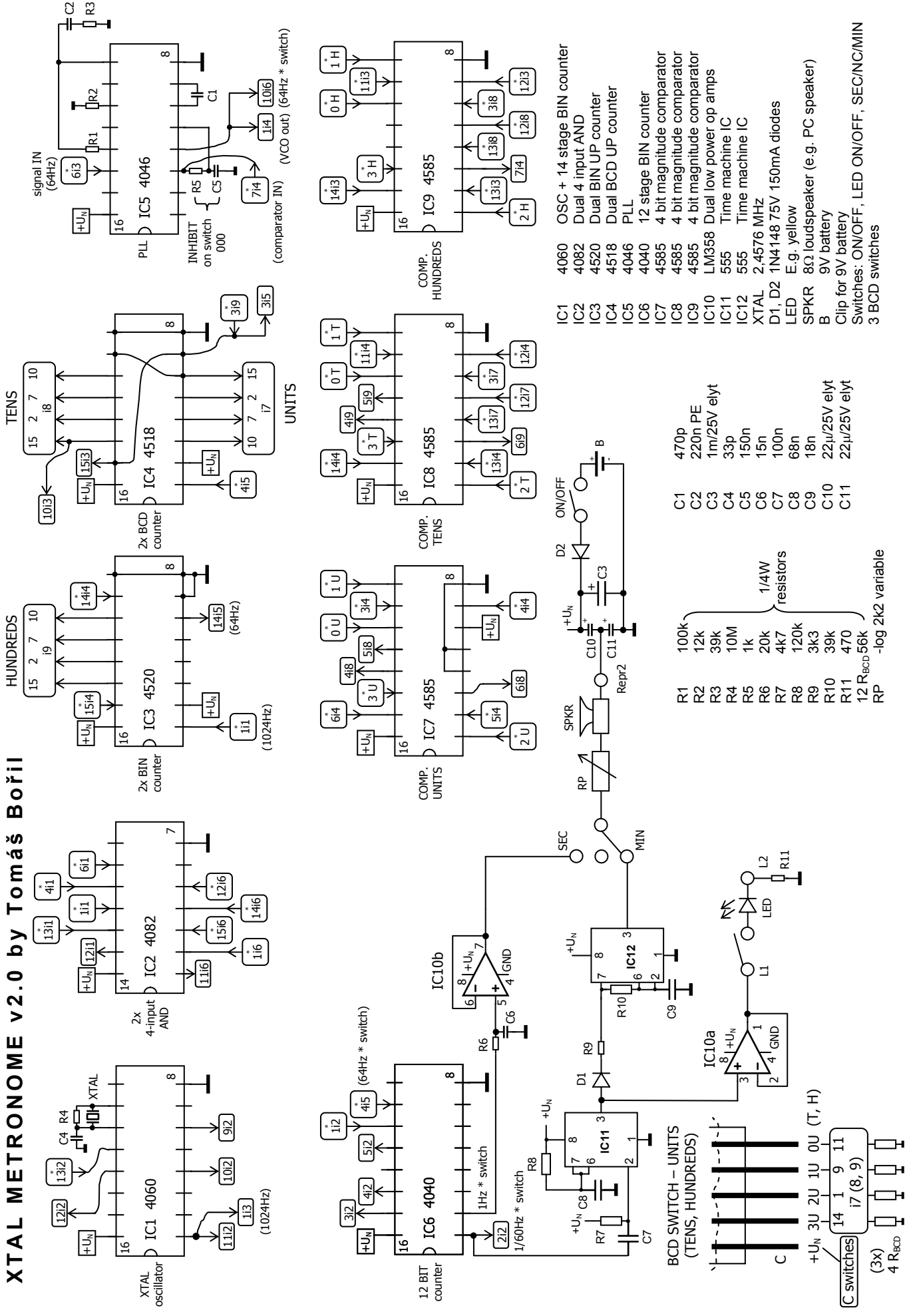
S radostí můžeme oznámit, že se nám projekt podařilo úspěšně dokončit a vytvořili jsme tak profesionální digitální metronom s nízkými výrobními náklady, který svými funkcemi předčí mnohem dražší metronomy, prodávané v kamenných i nekamenných obchodech.

Mezi výhody můžeme jistě zařadit rozsah a jemnost nastavování kmitočtů – v tzv. minutovém výstupu lze nastavit kmitočet od jednoho klapnutí za minutu až po 999 klapnutí za minutu. V praxi má samozřejmě význam klasický metronomový rozsah $40 \div 208$. Nastavení, na rozdíl od některých metronomů, je možné po jednotkách. V tzv. sekundovém, nebo-li ladícím výstupu je možno nastavovat frekvence až do 999Hz s přesností na 1Hz. Většina běžných metronomů se zabudovaným generátorem komorního A přitom umožňuje ladit pouze na 440Hz. Pomocí našeho metronomu není problém naladit např. na 442Hz, což je velice výhodné například při hraní v některých orchestrech. Výhodou je též možnost signalizace kmitočtu na LED. Ovšem opravdu velikou předností je regulace hlasitosti výstupu, což ani běžně prodávané metronomy za přibližně dvojnásobnou cenu, než jsou naše pořizovací náklady, neumožňují.

Metronom je řízen krystalem, s chybou přibližně jedna sekunda za hodinu, což představuje odchylku asi 0,28%. A to je opravdu zanedbatelné, i pro potřeby ladění.

Zařízení je dále vybaveno explicitní ochranou proti přepólování napájecího napětí a díky použité CMOS technologii umožňuje široký rozsah napájecího napětí. Spotřeba se v závislosti na hlasitosti a frekvenci výstupu pohybuje v rozsahu cca $10 \div 30$ mA, což je slušné. A nyní již přestaneme být tajemnými a přistoupíme k popisu skutečného schématu.

XTAL METRONOME v2.0 by Tomáš Bořil



- IC1 4060 OSC + 14 stage BIN counter
- IC2 4082 Dual 4 input AND
- IC3 4520 Dual BIN UP counter
- IC4 4518 Dual BCD UP counter
- IC5 4046 PLL
- IC6 4040 12 stage BIN counter
- IC7 4585 4 bit magnitude comparator
- IC8 4585 4 bit magnitude comparator
- IC9 4585 4 bit magnitude comparator
- IC10 LM358 Dual low power op amps
- IC11 555 Time machine IC
- IC12 555 Time machine IC
- XTAL 2.4576 MHz
- D1, D2 1N4148 75V 150mA diodes
- LED E.g. yellow
- SPKR 8Ω loudspeaker (e.g. PC speaker)
- B 9V battery
- Clip for 9V battery
- Switches: ON/OFF, LED ON/OFF, SEC/NC/MIN
- 3 BCD switches

- C1 470p
- C2 220n PE
- C3 1m/25V elyt
- C4 33p
- C5 150n
- C6 15n
- C7 100n
- C8 68n
- C9 18n
- C10 22µ/25V elyt
- C11 22µ/25V elyt

- R1 100k
- R2 12k
- R3 39k
- R4 10M
- R5 1k
- R6 20k
- R7 4k7
- R8 120k
- R9 3k3
- R10 39k
- R11 470
- R12 R_{BCD} 56k
- RP -log 2K2 variable

1/4W resistors

Nejdříve musíme vysvětlit způsob značení v schématu. Aby bylo přehledné, delší drátové propojky jsme nevykreslovali, pouze naznačili. Označuje je kód v obdélníku s kulatými rohy. Číslo před znakem 'i' znamená číslo pinu, číslo za znakem 'i' představuje číslo integrovaného obvodu. Každý drát je pro přehlednost zaznamenán dvakrát – po druhé s hvězdičkou. Usnadňuje to orientaci (vidíme odkud a kam drát vede). Při zapojování si pak stačí vždy po zapojení drátu barevně ve schématu danou dvojici odlišit.

Schéma je přehledně označeno, takže ve spojení s blokovým schématem je funkce zapojení jasná. Zde si proto popíšeme pouze některé zajímavosti.

Součástky R5 a C5 představují integrační člen, aktivující vstup INHIBIT PLL smyčky, pokud je vstup COMPARATOR IN dlouho ve stavu log. 1. To nastane, pokud na přepínačích nastavíme samé nuly, a tedy komparátory ve spojení s čítači neustále produkují signál RESET a VCO v PLL smyčce tak produkuje nepříjemný tón o vysokém kmitočtu (můžeme si to také představit tak, že vlastně ve ZV smyčce dělíme nulou, což je pro PLL nestandardní stav). Časová konstanta integračního členu je navržena tak, aby velice rychle zablokovala výstup PLL smyčky v případě kmitočtu „000“, a tím zablokovala zvukový výstup. A zároveň je dostatečně dlouhá, aby neovlivňovala činnost oscilátoru při běžném chodu.

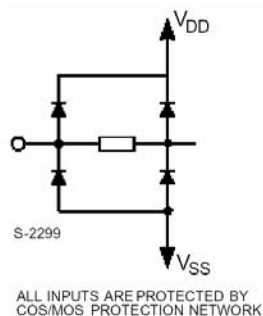
IC10 je zapojen jako dva napěťové sledovače pro impedanční oddělení jednotlivých částí obvodu. Sledovač IC10a byl zařazen, protože při aktivaci výstupu LED docházelo k výrazné změně kmitočtu zvukového obvodu, což nepůsobilo příliš profesionálním dojmem. Sledovač IC10b zajišťuje dostatečně hlasitý sekundový výstup, protože vlastní výstup IC6 se jevil jako velice měkký zdroj. Dolní propust R6, C6 s mezním kmitočtem cca 530 Hz zajišťuje potlačení nepříjemných vyšších harmonických při generování signálu pro ladění.

IC11 a IC12 fungují jako generátory pěkného klapnutí. IC11 je monostabilní klopný obvod s časovou konstantou přibližně 10ms. Ten zapíná astabilní klopný obvod IC12, generující obdélníkový průběh o kmitočtu cca 1kHz. R7 a C7 zajišťují derivaci vstupních řídicích impulsů, přicházejících z IC6, a tím jejich dostatečné zkrácení pro spolehlivou funkci MKO.

Regulaci hlasitosti zajišťuje potenciometr RP. Je použito logaritmické provedení, avšak je zapojen druhý (inverzní) vývod proti běžci, protože je RP v sérii s reproduktorem, nikoliv jako obvyklé zapojení s děličem, známé například z různých zapojení zesilovačů. V našem zapojení platí, že čím je větší odpor, tím je signál více zatlumený. Proto musí být zapojen logaritmický potenciometr inverzně. V seznamu součástek je to naznačeno minusem před vlastním označením potenciometru.

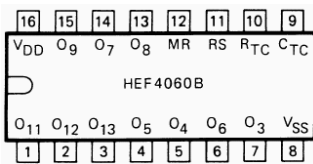
Kondenzátory C10, C11 představují velice vtipné zapojení koncového členu, které nám poradil pan Kyrš. Nejen že zapojení již nepotřebuje dodatečný tranzistor, ale umožňuje i velice jednoduchou regulaci hlasitosti, široký rozsah možných impedancí reproduktoru či sluchátek. Zapojení zároveň spotřebovává energii pouze v případě, že je produkován zvuk, kondenzátory totiž nepropouští stejnosměrnou složku.

Dioda D2 slouží jako explicitní ochrana proti přepólování napájení. Integrované obvody CMOS sice v sobě mají ochranu proti špatné polaritě napájení, ta ale způsobuje jeho zkrat, viz obrázek.

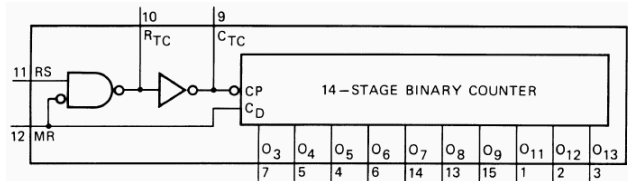


Na tomto místě vkládáme části z katalogových listů některých použitých integrovaných obvodů.

HEF4060B 14-stage ripple-carry binary counter/divider and oscillator



MR master reset
 RS clock input/oscillator pin
 RTC oscillator pin
 CTC external capacitor connection
 O₃ to O₉
 O₁₁ to O₁₃
 counter outputs

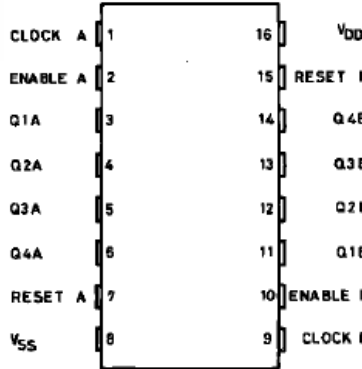


HCC/HCF4518B DUAL BCD UP-COUNTER

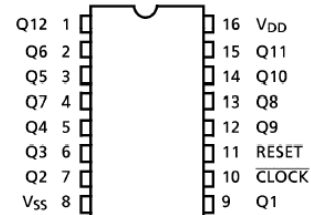
HCC/HCF4520B DUAL BINARY UP-COUNTER

Clock	Enable	Reset	Action
	1	0	Increment Counter
0		0	Increment Counter
	X	0	No Change
X		0	No Change
	0	0	No Change
1		0	No Change
X	X	1	Q1 Thru Q4 = 0

X = Don't Care Logic 1 = High State Logic 0 = Low



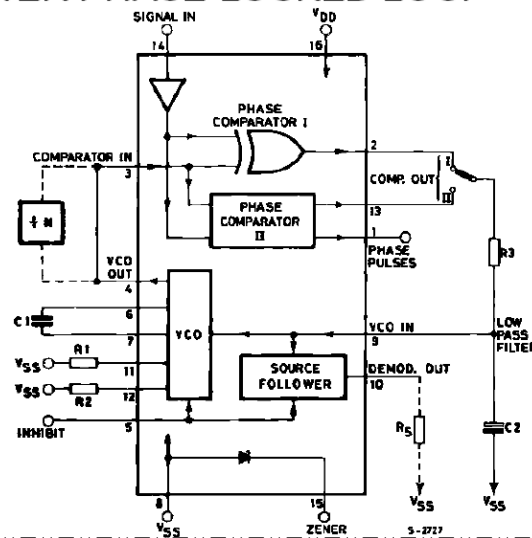
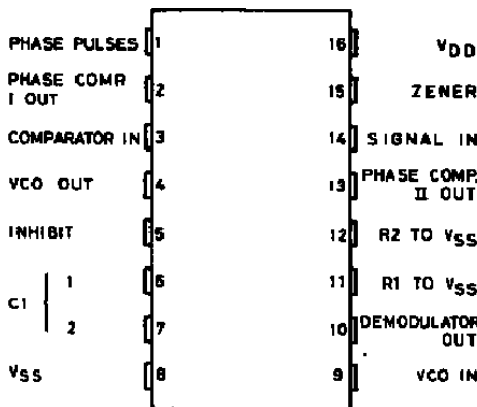
TC4040B 12 STAGE RIPPLE-CARRY BINARY COUNTER/DIVIDERS



CLOCK Δ	RESET	OUTPUT STATE
*	H	ALL OUTPUTS = "L"
	L	NO CHANGE
	L	ADVANCE TO NEXT STATE

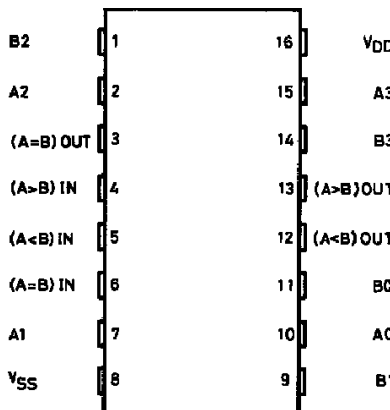
Δ : Level Change, * : Don't Care

HCC/HCF4046B MICROPOWER PHASE-LOCKED LOOP



HCC/HCF4585B

4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR

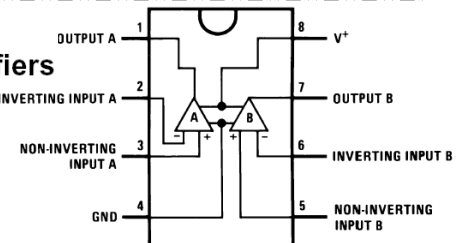


LM158/LM258/LM358/LM2904

Low Power Dual Operational Amplifiers

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package. (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: ±1.5V to ±16V
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: 0V to V⁺ - 1.5V



Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM1558/LM1458 dual op amp

Nyní vkládáme ještě kopii plošného spoje. Všechny vývody jsou přehledně popsány, takže by neměl vzniknout problém. U integrovaných obvodů je pozice klíče dána směrem textu popisky – je vlevo. Rozhodující pro orientaci je ale pohled ze strany součástek, na pohledu ze strany spojů je to přesně obráceně!

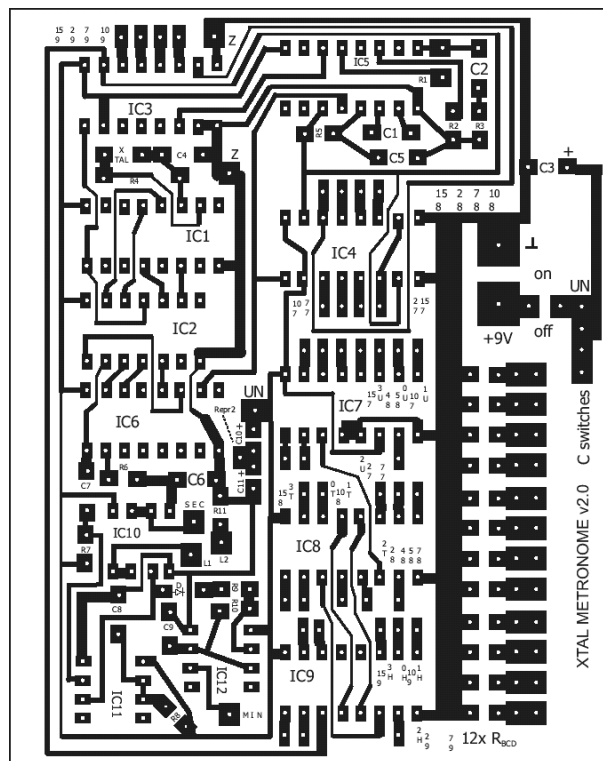
Z důvodu nevhodného rozmístění vývodů binárních komparátorů bylo nutno zavést mnoho drátových propojek, na plošném spoji jsou označeny pájecími ploškami, dvojicí čísel nad sebou, případně jinými značkami (Z, UN a vývody k BCD přepínačům, např 2T) . Každá drátová spojka je označena vždy dvojicí stejných značek.

Odporů k BCD přepínačům (R_{BCD}) jsou připojeny jedním koncem na zem (široký spoj). Druhým koncem jsou pak připojeny k drátové spojce ke komparátorům (označené číslem a písmenem, viz schéma) a zároveň k vlastnímu vývodu přepínače. Vývody C přepínačů (napájecí napětí) jsou připájeny ke třem díram C switches.

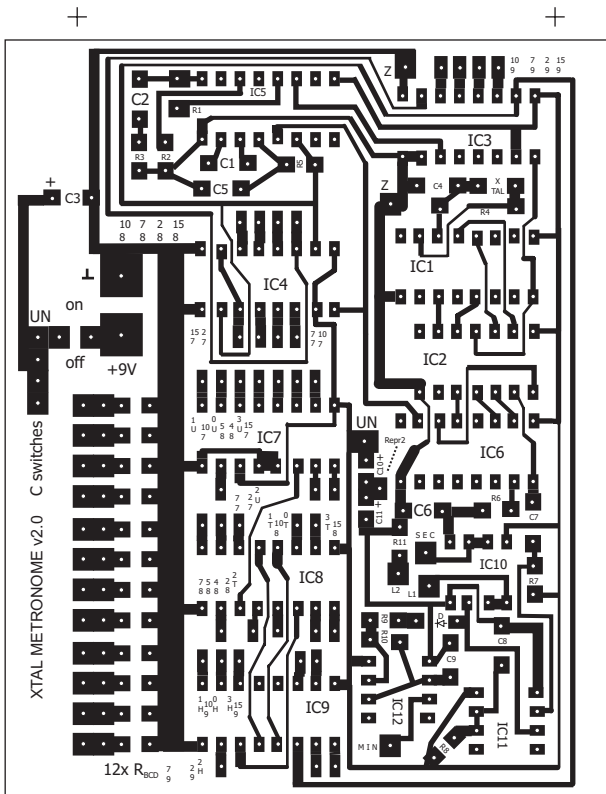
Mnohé vodivé cesty jsou vedeny mezi nožičkami integrovaných obvodů, proto je nutno dávat při pájení obzvlášť velký pozor, aby se nepropojily. Ale je vyzkoušeno, že zručný technik zvládne celý plošný spoj zapájet s pistolovou páječkou.

Na stránku Pohled ze strany spojů jsme umístili čtyři kopie předlohy. Je výhodné, pokud se předloha nevytiskne na fólii dostatečně kontrastně, přilepit na sebe několik vrstev. Je třeba ovšem dbát na přesné krytí, k tomu slouží centrovací křížky.

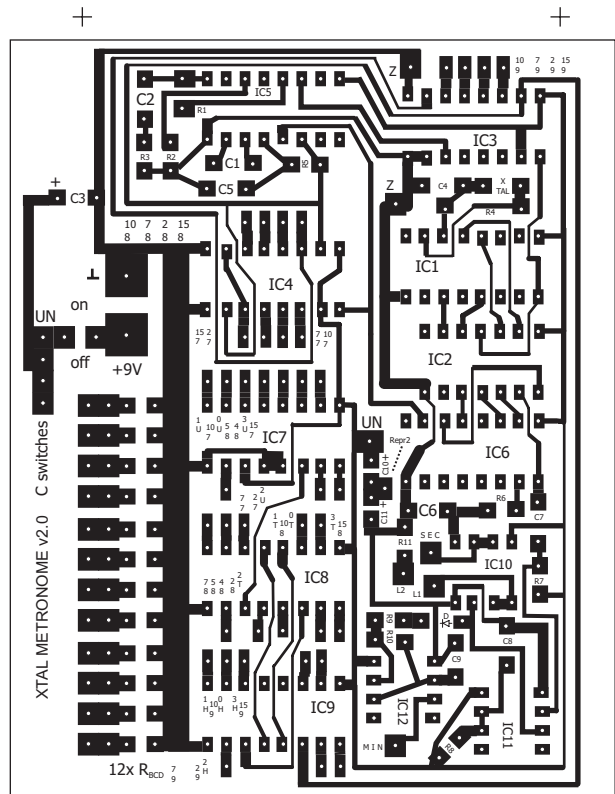
Na závěr bychom čtenáře rádi upozornili na to, že tento dokument je ke stažení na internetové adrese http://www.volny.cz/borilt/metronom2_0.pdf a zveřejněná předloha plošného spoje je v reálné velikosti, tudíž připravena rovnou k vytisknutí.



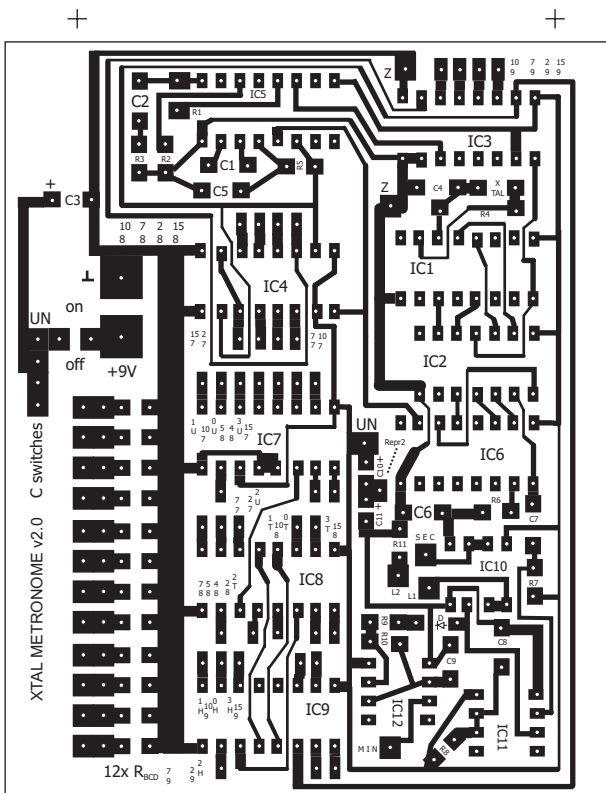
POHLED ZE STRANY SOUČÁSTEK



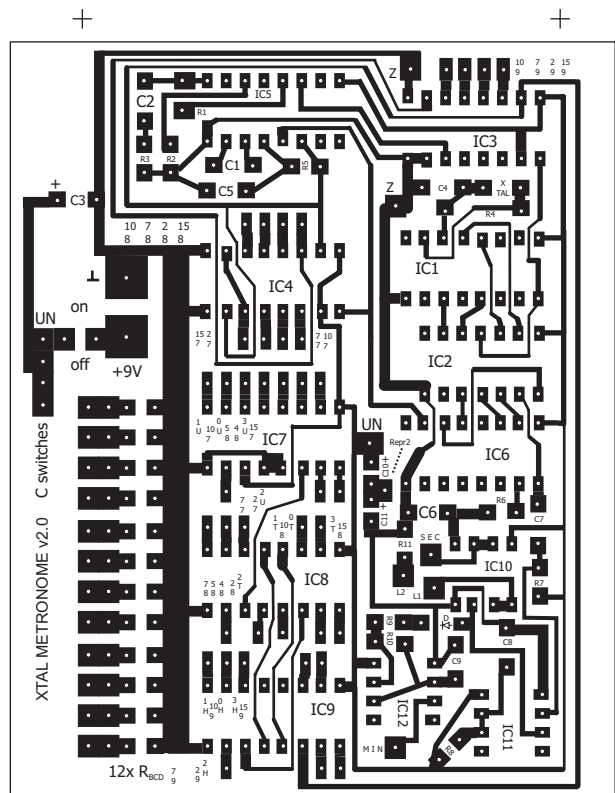
POHLED ZE STRANY SPOJŮ



POHLED ZE STRANY SPOJŮ



POHLED ZE STRANY SPOJŮ



POHLED ZE STRANY SPOJŮ