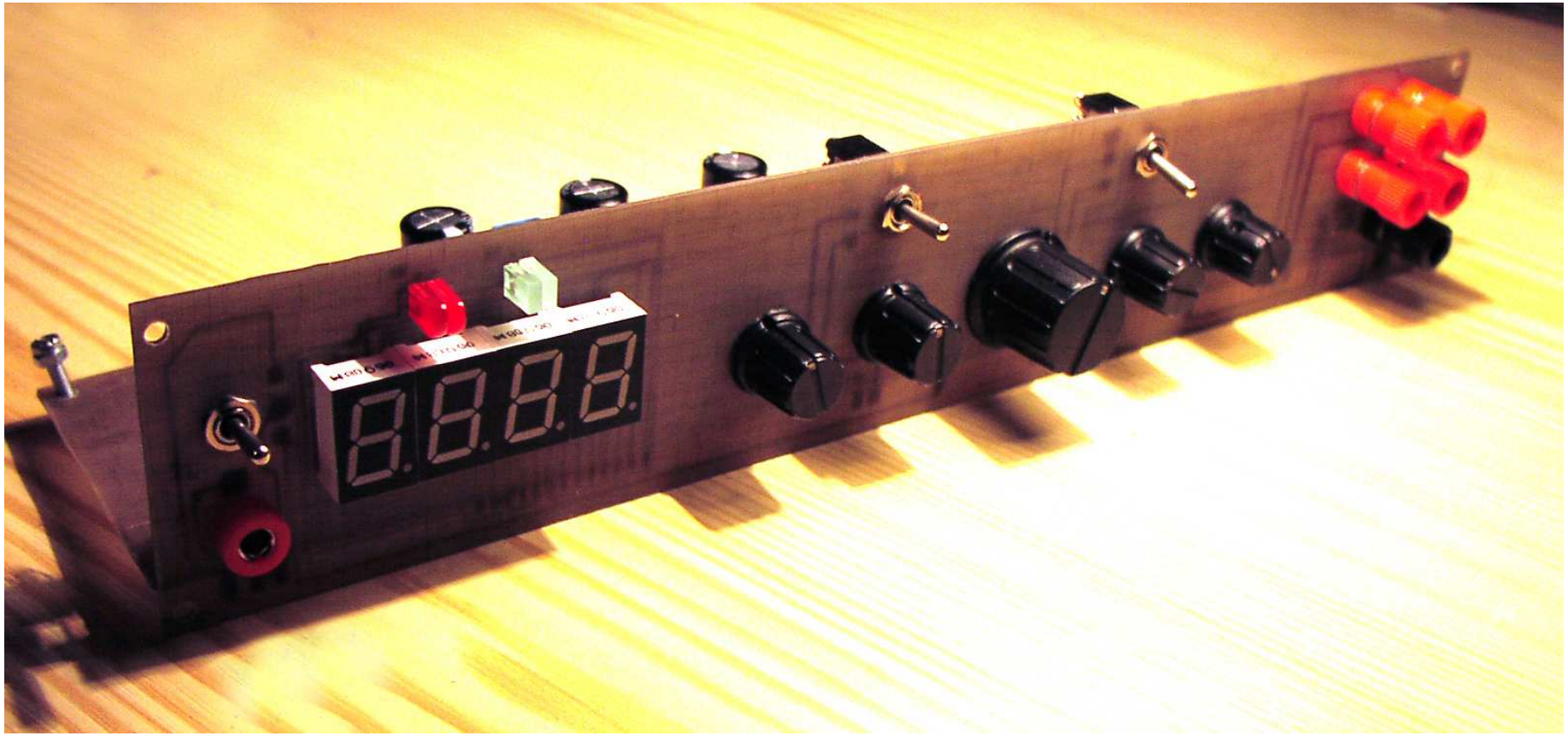
FUNKČNÍ GENERÁTOR 0,2Hz – 200kHz
S MIKROPROCESOROVÝM MĚŘIČEM FREKVENCE



Navrženo ve společnosti TIPA, spol. s r.o. pro
30. MISTROVSTVÍ ČR DĚTÍ A MLÁDEŽE V RADIOELEKTRONICE

KOREKTURA NÁVODU: MAGAZÍN POSTŘEH, WWW.POSTREH.COM

Soutěžící,
dostali jste do rukou stavebnici vyvinutou speciálně pro jubilejní ročník této soutěže. Nikde jinde už jej nekoupíte a ani nepostavíte. Jedná se tedy o prototypy, můžete narazit na neduhy, jste však ti nejlepší z nejlepších, vylepšením se meze nekladou. Uveřejnění software se nebráníme, vše potřebné naleznete na přibaleném CD.

Stavebnice v profesionálním provedení s potiskem apod. o 16 kusech by byla drahým a nereálným špásem, nebýt dalšího sponzora, Jiřího Riedla a jeho společnosti Semach – plošné spoje Valašské Meziříčí. Ta dodala zdarma veškeré DPS.

GME Ostrava přislíbila knoflíky a obvody XR8038. Při vyzvednutí zboží jsme se však dozvěděli, že rezervované součástky prodali bez ohledu na to, zda se koná nějaká soutěž. Proto nedostanete stejné knoflíky, jako jsou u vzorku, ale jiné, designově možná zastaralejší, ale po technické stránce podařenější z Tesly Jihlava. Pokud se v balíčku najde i XR8038, pak je třeba poděkovat společnosti Almara s.r.o. (www.ele.cz), v opačném případě se bude funkčnost testovat s dvěma obvody použitými při vývoji stavebnice a Vám je odešleme po soutěži poštou.

Ke konstrukci
Použijte patice. Základní spoj zbruste ze strany pájecích plošek pro spájení obou desek tak, aby se desky k sobě dobře pájely, ale zároveň nebyl problém s umístěním IC5. Delší šroubky použijte jako nožky, kratší pro upevnění stabilizátorů a odvodu tepla z nich do spoje. Ze strany stabilizátoru není třeba šroubek zapajovat. Ze strany spojů však nanesení cínu nutné je. Přední zdířky banánek šroubovací jsou trochu odlišné než ty, které jsou popsány v návodu, proto se jejich vsazení do panelu bude drobně lišit, vy si poradíte. Mikroprocesor je naprogramován, na něj dávejte zvláště pozor. Trafopájkou pájet můžete, ale pouze za předpokladu užití patic a zasunutí obvodů až po dokončení stavby.

Ať se stavba vydaří a stihnete zařízení odevzdat funkční a precizně provedené v daném čase přeje
Tipa, spol. s r.o.
Stavebnice, moduly TIPA
http://stavebnice.tipa.eu
www.tipa.eu

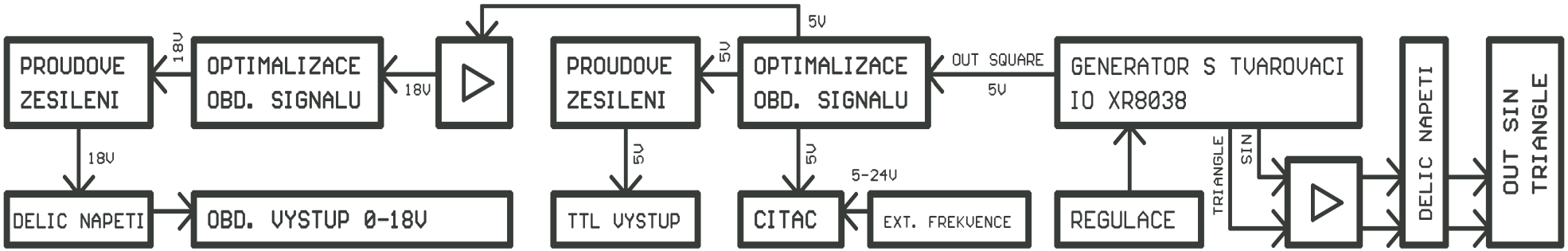
SEZNÁMENÍ SE S VÝROBKEM

Stručně
Generátor funkcí sinus, triangle, square 0 – 18V s integrovaným digitálním měřičem frekvence umožňujícím zastavení čítání, externí i lokální čítání od setin Hz až po 500kHz s automatickým přepínáním rozsahů. Možnost jemné a hrubé regulace frekvence, nastavení střídy, zkreslení, amplitudy. Přepínání tří rozsahů, možnost seřízení maximální generované frekvence trimrem. Konstrukce umožňuje soběstačné chlazení a rozlévání tepla obvodů do plošného spoje, bez nutnosti užití chladičů. Asymetrický výstup bez oddělovacích transformátorů nebo kondenzátorů. Při testování zesilovačů je nutno ujistit se, zda je jejich vstup oddělen kondenzátorem. Oddělené výstupy pro všechny funkce a možné využití všech současně. Impedanční oddělení od obvodu generujícího funkce emitorovým sledovačem.

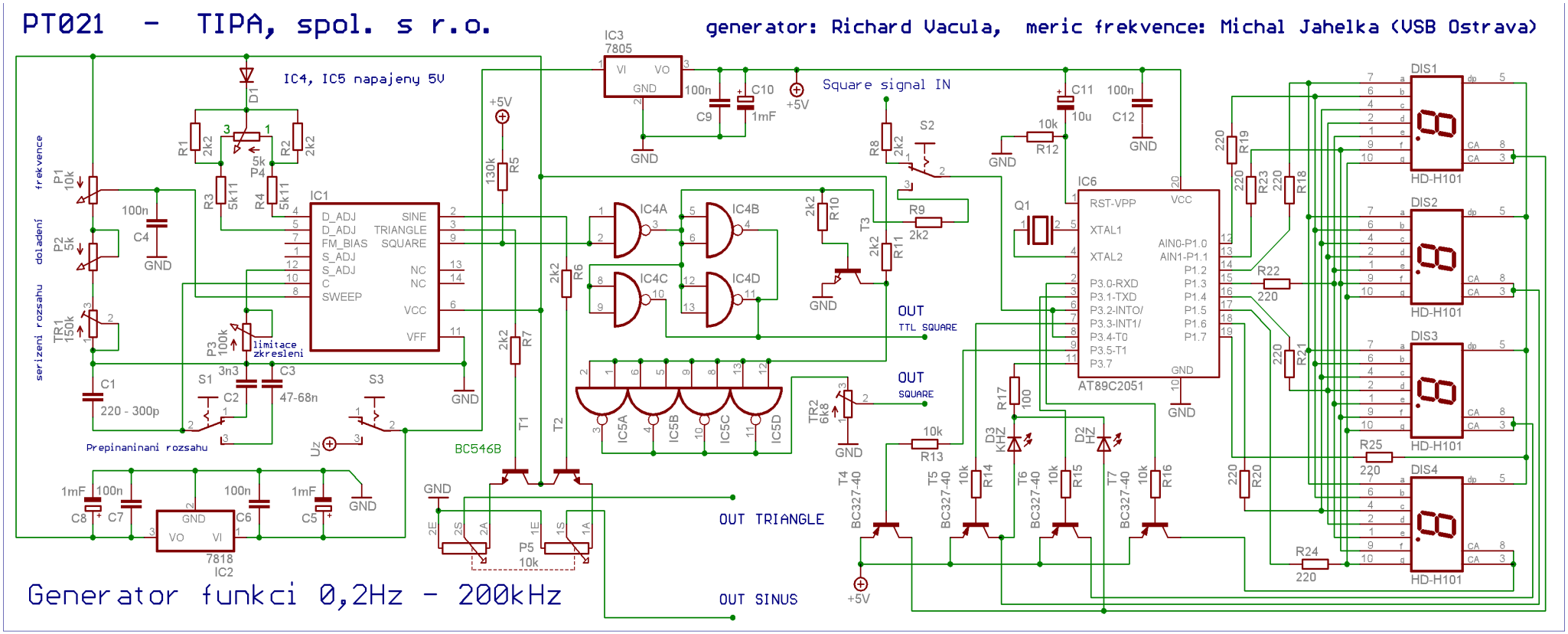
Napájecí napětí: 12-24V (20-24V doporučené) stabilizované

DPS jednostranný, navrtaný s potiskem součástek, nepájivou maskou, pocínováním --- rozměry rozlomitelného celku - 11550 x 4725 mils

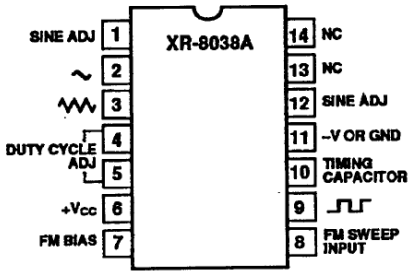
BLOKOVÉ SCHÉMA



POPIS ZAPOJENÍ

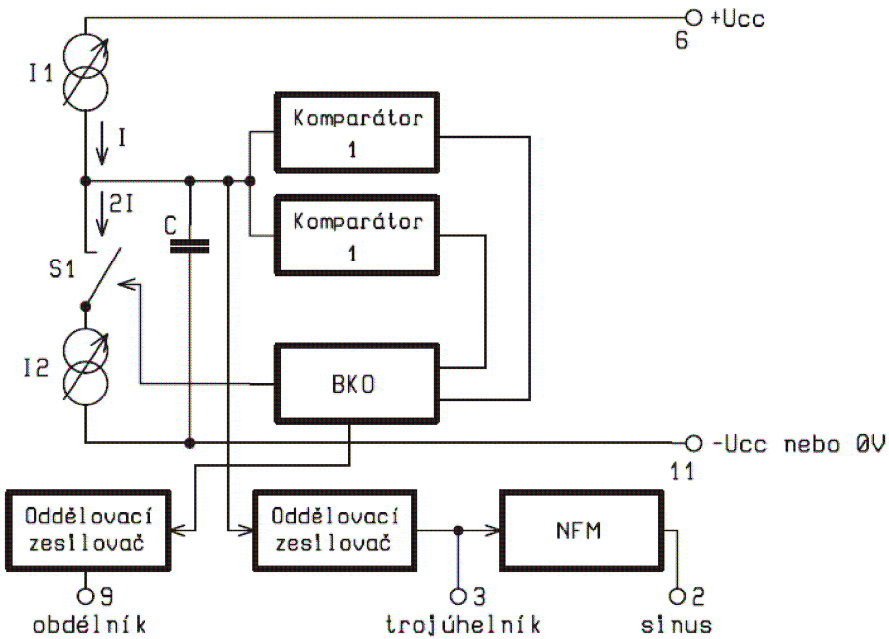


IC1



„Obvod 8038 je přesný funkční generátor poskytující signál s pravoúhlým, sinusovým a trojúhelníkovým průběhem. Pracovní kmitočet, nastavitelný volbou externích časovacích prvků R, C od 0,001 Hz alespoň do 200 kHz, je málo závislý na změnách teploty a napájecího napětí. Pomocí externího řídicího napětí lze rozmítat, případně modulovat (menší rozsah změny) kmitočet všech tří základních průběhů (sinus, trojúhelník, obdélník), přičemž jsou všechny tři průběhy k dispozici současně.“

Blokové schéma



Základní frekvence je dána kapacitami (C1, C2 a C3, aktivní je vždy pouze jedna, nastavená přepínačem rozsahu S1) a množinou součástek D1, R1, R2, R3, R4, P4. Zapojení diody D1 do série má za následek možnost rozmítání v daleko vyšším rozsahu. Pokud je na vstupu 4 i 5 stejný odpor směrem ke kladnému napájecímu napětí, je střída generovaných kmitů 1:1. Jakmile dojde pomocí natočení potenciometru P4 k desynchronizaci odporů obou vstupů, regulujeme střídu, ale také frekvenci, čehož si můžeme povšimnout zvláště u nejvyšších frekvencí. Jde o běžnou vlastnost chování obvodu XR8038 a díky okamžitému zobrazení změny frekvence na displeji můžeme frekvenci po změně střídy opět přivést do původního stavu pomocí přímé regulace frekvence. Střídu lze regulovat maximálně k poměru 7:3 / 3:7. Obvod sice umožňuje daleko efektivnější regulaci, ale za cenu rozkmitání v nejvyšších frekvencích. Bylo zvoleno kompromisní řešení, vypustit regulaci střídy (DUTY) zcela by mělo za následek nemožné doladění střídy u nízkých kmitočtů, u kterých je obvod charakteristický ztrátou stability funkcí - jejich na osciloskopu zřetelný náklon na stranu. Toto můžeme eliminovat právě doladěním střídy, díky čemuž rovněž limitujeme zkreslení. Vyrovnanou střídu při natočení hřídele P4 do poloviny úhlové dráhy má zapojení přibližně až od 15Hz.

Představíme-li si, že jsou piny 4 a 5 zapojeny standardně – přes stejné odpory k plusu (Ra a Rb), pak platí vzorec pro výpočet výsledné frekvence:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{\frac{5}{3} \cdot R_A C \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B}\right)}$$

Tuto vypočtenou frekvenci však ještě lze ovlivňovat pomocí vstupu 8, který slouží pro frekvenční modulaci výstupu. Pokud modulační vstup zatížíme stejnosměrným napětím o určité úrovni, trvale ovlivníme i frekvenci na výstupu, čehož jsem využil a regulace frekvence probíhá pomocí děliče napětí složeného z P1, P2, TR1. Čím více se napětí bude blížit +Ucc, tím nižší bude výsledná frekvence. Můžeme se bez obav pohybovat až k +Ucc, na druhou stranu už tomu tak není, proto je také sériově k zemi napojen TR1, kterým si nastavíme mez, kam už to dál nepůjde. Protože s přibližováním se k zemi roste frekvence, dá se říci, že tímto trimrem nastavujeme maximální frekvenci, ale s ohledem na omezení obvodu. Pokud se dostaneme za hranici [+Ucc – 2/3xUcc – 2], to je na ještě nižší napětí, zařízení se nám rozkmitá. Hraniční napětí se však v praxi pohybuje o desetiny volt nahoru a dolů v závislosti na použitém kondenzátoru (C1/C2/C3). Už od pohledu vidíte, že P1 je zapojen jako dělič napětí, kdežto P2 a TR1 jsou pouze proměnné odpory, které mají na napětí přiváděné na pin 8 vliv jen ve stavu, kdy potenciometr není plně natočen jezdcem k výstupu napojenému na kladné napájecí napětí. Při minimálních frekvencích totiž není třeba hlídat minimální napětí, jelikož je přiváděno do obvodu maximum a jemné doladění P2 se uplatňuje až od určitého natočení – frekvence stagnuje několik desetin volt pod +Ucc, tudíž v tomto stavu není třeba jemného doladění. V úhlu, kdy už frekvence reaguje na natočení hlavní regulace, je rovněž funkční jemné doladění. Má pochopitelně mnohem menší dopad na výsledné napětí na obvodu, než při maximální frekvenci – což je

ovšem záměrem kvůli vlastnostem obvodu a potřeby jiné účinnosti jemné regulace u různých frekvencí. TR1 nastavíme tak, ať se zařízení při max. frekvenci nerozkmitá ani na jednom rozsahu. Kondenzátor C4 zajišťuje stabilitu kmitočtové regulace při náhlém špičkovém zatížení, chvilkovém vytížení zdroje apod.

Výstupy SIN a TRIANGLE jsou impedančně odděleny tranzistory T1 a T2 zapojenými jako emitorové sledovače. Signál je z nich přiveden na tandemový potenciometr – zpražený dělič napětí, který umožní regulovat amplitudu obou kanálů zároveň a nemusíme uplatnit přepínač výstupů. Výhodou je zcela oddělená regulace obdélníkového signálu, kterou si popíšeme nyní.

Z obvodu nevychází už hotový obdélníkový signál, pouze výstup 9 se spínanou zemí. Pokud na tento pin přes odpor přivedeme kladné napájecí napětí, naměříme už mezi výstupem 9 a zemí signál pro logické obvody. Čím menší bude hodnota odporu R5, tím lepší budou vlastnosti SQUARE výstupu a o to se zhorší SINUS. Krajní hodnotou, aby bylo v provozu ještě čítání frekvence ve všech rozsazích, je 130K. Avšak od 150kHz nahoru už se vytratí signál na 18V SQUARE výstupu. Proto je třeba se rozhodnout, čemu dát přednost. Kvalitní sinusoida se zkreslením do 0,3%, nebo obdélník s vyrovnanou střídou ve všech pásmech (R5 = 10 - 43k). Pokud zase tolik nezáleží na zkreslení sinusového signálu ani na neměnné střídě 1:1 u obdélníku, můžeme zvolit kompromis R5 = 75k a dojdeme ke zkreslení 0,5% pro sinus a mírným výkyvům střídy u obdélníku.

Asi se ptáte, čím je způsobeno zkreslení sinusoidy v závislosti na výstupní impedanci obdélníkového signálu (velikosti R5). Při sepnutí dochází k rychlým změnám proudového zatížení obvodu a v době sepnutí se na sinusoidě vytvářejí nepatrné zuby. Já se při konstrukci zaměřil na maximální kvalitu sinusového signálu v doprovodu použitelného obdélníkového signálu – to je takový, který umožní čítání frekvence zabudovaného měřiče. Při tak vysoké výstupní impedanci, jako je 130k, se značně prodlužuje doba nástupné hrany, spíše se podobá vzrůstající tendenci, než okamžitému přepnutí stavu. Aby byl takový signál použitelný, je nutno jej opět tvarovat. Nejjednodušší možností je CMOS invertor, který má práh pro jedničku/nulu na výstupu jasně daný. Ale – jelikož hodnota pro sepnutí na log 1 je opožděná oproti ideálnímu času, na výstupu, byť s velmi rychlou nástupnou hranou, se signál už nikdy nepodaří vygenerovat se střídou 1:1. Pokud půjdeme do extrémních frekvencí a za invertorem bude následovat další zpožďovací prvek - v tomto případě zesilovač z 5V na 18V pro další hradla napájena napětím 18V, dostáváme se k dalšímu časovému posuvu. Pokud dojde ke srovnatelnému času nástupné a sestupné hrany, nebo ještě většímu opoždění, dostáváme na výstupu stále log 0. Při kompromisu R5=75k však k takovéto situaci nikdy nedojde.

IC4

Typická řada CMOS 4011 se 4 hradly NAND nám poslouží pro optimalizaci obdélníkového signálu a jeho posílení pomocí paralelního zapojení tří hradel současně. To umožní schopnost většího zatížení (nižší výstupní impedance), která je potřebná pro testování TTL obvodů. Invertovaný a optimalizovaný signál z prvního hradla vychází nejen do již zmíněné trojice hradel, ale také do zesilovače T3, R10, R11 pro transformaci 5V SQUARE signál na 18V signál. Přes ochranný oddělovací odpor R9 se signál dostává také přes přepínač lokálního/externího čítání S2 až do samotného měřiče frekvence s μc Atmel.

IC5

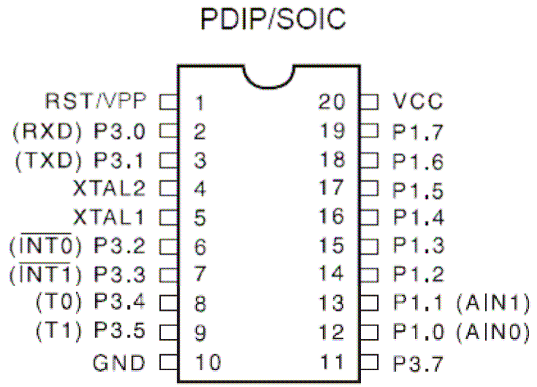
Opět hradla NAND, která jsou zapojena jako 4 invertory propojené paralelně se vstupy napojenými na výstup zesilovače 5V/18V. Čtveřice plní funkci zvýšení proudové zatížitelnosti bez vlivu na pokles výstupního napětí a zároveň opět optimalizaci obdélníkového průběhu. Jejich výstupy se sdružuji na napěťovém děliči realizovaném trimrem TR2, pomocí kterého nastavujeme požadovaný výstupní signál od 0V až do napájecího napětí na obvodu IC5.

Poznámka: Hovořím stále o 18V, zařízení však může být napájeno i 12V, pak pochopitelně dosaďte za 18 číslo 12.

Koncepce stabilizace napětí

Neosvědčil se model sériového zapojení 7818 → 7805, jelikož proměnné proudové odběry displeje a jeho multiplexní řízení ovlivňovaly stabilitu nastavené frekvence a odstup signál/šum. Proto je část čítače frekvence i generátoru zapojena pod samostatný stabilizátor a navzájem se tolik neovlivňují. C5, C8, C10 slouží jakožto filtrační kondenzátory pro maximalizaci stability nastavené frekvence. C6, C7, C9 brání rozkmitání stabilizátorů IC2, IC3. K rozkmitání bez kondenzátorů dochází zpravidla při 1,2 násobku výstupního napětí a výš na jeho vstupu.

IC6



Měřič frekvence jsem pouze testoval a napomáhal při vyhledávání chyb v SW. Srdcem i mozkem této části je naprogramovaný mikroprocesor Atmel AT89C2051-24PU.

Vlastnosti:
„2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, seriál port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.“

Michal Jahelka:
V amatérských rádiích, www stránkách a jiných časopisech byly zveřejněny generátory tvarových kmitů. Dokonce tam byly i návody na to, jak k výstupu připojit digitální voltmetr. Ale co mi chybělo, bylo měřidlo frekvence. To se přece u profesionálních generátorů vyskytuje mnohem častěji než měření napětí. A tak jsem byl nucený sednout a vymyslet měřák. Ale nechtěl jsem to na jednu frekvenci a nemohl jsem ani volit přepínačem, protože jsem ho měl již obsazený, nehledě na počet vývodů IO.

A tak z toho vznikl měřič frekvence s automatickým přepínáním s možnostmi měřit frekvenci od 0,1Hz do 500kHz, s čtyřmístným displejem v multiplexovaném provozu. Nejmenší frekvenční rozsah je 100 Hz (99.99Hz), takže rozlišení je 0,01Hz. Maximální měřitelná frekvence je 500kHz, ale pokud by se před čítač předřadila dělička, tak i mnohem větší. Nejvyšší možný kmitočet je daný typem mikropočítače. Byl použit Atmel AT89C2051 s krystalem 24MHz.

Měření se dělí na dvě části. Pro nízké frekvence se měří délka periody a pro vysoké frekvence počet pulsů za určitý čas.

KONSTRUKCE

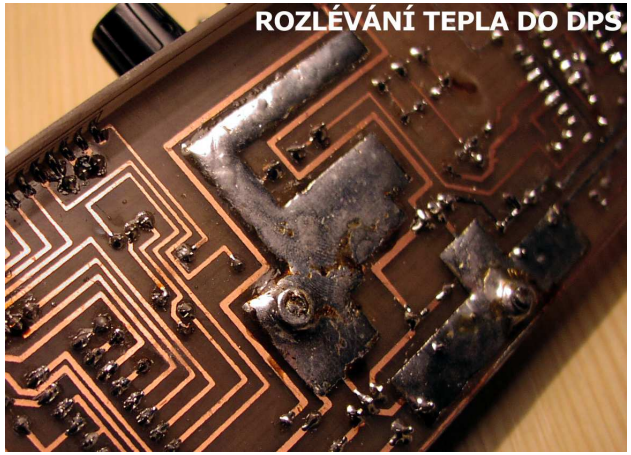
Je třeba si uvědomit, že pájíme s obvody CMOS. Tzn., pracujeme bez svetrů a jiných tkanin, které jsou schopny pojímat elektrostatickou elektřinu, vyvarujeme se trafopájky. Plošný spoj je dvoudílný, jednostranný s potiskem součástek / hlavního panelu, nepájivou maskou, vyvrtáním a pocínováním. Zapojení je konstrukčně dobře řešeno. Po osazení a spojení obou spojů je možno zařízení možno rovnou používat.

Plošné spoje je nutné osadit samostatně. Začínáme propojkami, pak od nejnižších pasivních součástek až po nejvyšší, teprve pak osazujeme tranzistory, IO, krystal úplně nakonec. Přepínače mají našroubovány dvě matičky se dvěma podložkami. Zbavte se podložek. Jedna matička bude dorážející plochou ze strany spoje a druhá přepínač přichytí ze strany součástek (zepředu). Volte odsazení spodní matičky od těla přepínače tak, aby ze přední strany nevyčníval hyzdící závit. Drátovými propojkami spojíme piny přepínačů s ploškami na plošném spoji. V přesném pořadí, jak nám splývá s rozmístěním pinů na DPS.

Konektory vstupů je nutno nejprve rozebrat – sejmout dvě plastové podložky, jednu kovovou a matičku. Poté plastovou podložku, která má tvar květináče nebo mističky, obrátit a znovu nasunout na šroub konektoru. Konektor zasuňte ze přední strany do DPS (desky plošného spoje) i s otočenou plastovou podložkou a ze strany spoje nasuňte na vyčnívající šroub kovovou matičku a utáhněte matičkou. Plošný spoj je konstruován tak, že přitáhnutím dojde přímo k propojení konektoru se zařízením. Černý konektor připevněte do zdířky GND. Trochu komplikovanější to je se zabudováním jiného typu konektoru vstupu pro měření frekvence externího zdroje. Zde nevyužijeme žádných matiček a podložek, nýbrž pouze pájky. Konektor bez matičky zasuneme do spoje a jeho pájecí plošku ohneme k DPS na místo, kde je pájecí ploška pro konektor. Použijeme velké množství cínu, nebo kousek drátové propojky. Z bočních stran konektoru a ze strany spoje přiložíme rozehřátou pájku tak, aby se plast natavil a přečníval přes otvor. Necháme zatvrdnout, čímž dojde k upevnění konektoru bez nutnosti užití matičky, která by zkratovala okolní spoje. Tento postup uchycení se již osvědčil i u jiných mých konstrukcí, není se čeho obávat.

Trimr TR2 se připájí na pájecí plošky ze strany spoje. Před tímto úkonem zkraťte kleštičkami jeho vývodu až k rozšíření drátového vývodu – při této délce bude regulační šroub milimetr nad spojem a snadno přístupný šroubovákem z přední strany ovládajících prvků. Pochopitelně připevněte, případně přizpůsobte vývody tak, aby byl šroub ve středu zdířky pro možnost otáčení ze strany ovládacích prvků.

Displeje v libovolném pořadí zasuňte tečkou směrem dolů. LED diody mohou mít drátové vývody se špatnými doseky z výroby – místa se skokovou šíří vodiče budete muset nejspíš zbrousit, aby bylo možno diody zasunout na doraz DPS. Počítáme s nedokonalou výrobou či záměrnými zarážkami, avšak, pokud-li jsou dodávány diody typu LQ.. TESLA, připravte se na nutnost upravení šíře vodiče.



Chlazení stabilizátorů IC2 a IC3 je řešeno rozléváním tepla do plošného spoje přes upevňovací šroub. Drátové vývody obvodů zahneme tak, aby stabilizátor ležel na plošném spoji a otvor na integrovaném obvodu byl v zákrytu s otvorem na plošném spoji. Zasuneme šroub a pořádně dotáhneme. Pro zlepšení odvodu tepla připájíme šroub k obvodu a totéž provedeme s matičkou z druhé strany. Aby vzrostl objem chladicího tělesa, pocínujeme již předcínovanou plochu z výroby na plošném spoji.

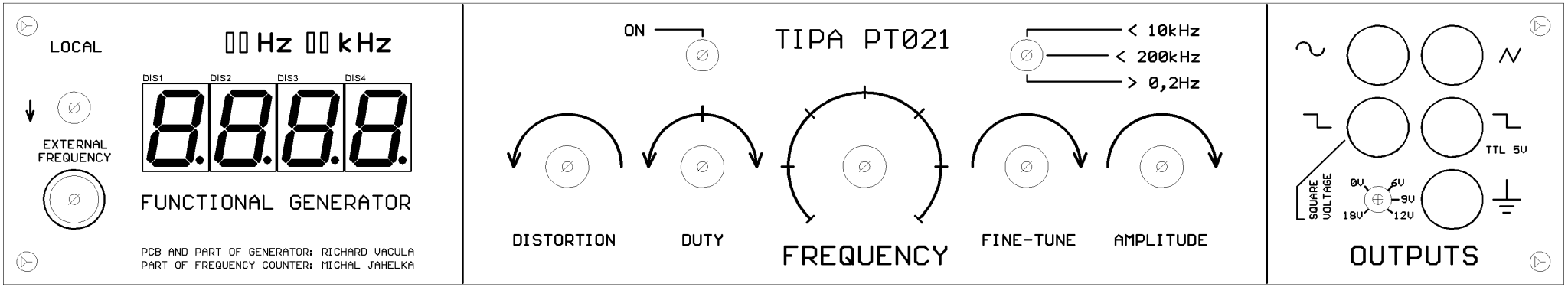
Jsou-li oba plošné spoje osazeny a vizuálně zkontrolovány – případně i zapojením základní desky s většinou součástek, která by sama o sobě neměla mít odběr vyšší než 20mA, můžeme se pustit do sletování profilu L. Není to tak složitá operace, jak by se na první pohled mohlo zdát, mysleli jsme i na méně nadané „oko měřiče“ a odpadá riziko křivého sletování. Na spoji ovládacích prvků jsou na stranách kalibrační proužky – mezi ně přiložte základní desku a zapájejte první dvě plošky. Jednu úplně napravo a druhou úplně nalevo. Cín je měkký a pokud plošné spoje nesvírají pravý úhel, stačí podle vlastního citu nebo úhelníku spoje srovnat. Plošný spoj je vyráběn v České republice ve vysoce vyspělé výrobně ve Valašském Meziříčí. Nebojte se odlepování spoje – to byste jej museli skutečně dlouho přehřívat. Pokud je vše v pořádku, pokračujeme v procínování všech ostatních propojovacích kontaktů. Na závěr do zadních zdířek základní desky zašroubujeme kratší šroubky a do přední delší, aby zařízení stálo a přední panel byl povýšen, čímž i natočen nahoru na pozorovatele. Takto vyhotovené zařízení již čeká pouze na propuknutí nového života.

POHLED NA SLETOVÁNÍ DESEK

OŽIVENÍ

Připojte na svorkovnici napájecí napětí 20 – 25V. Odběr by neměl přesáhnout 70mA bez zatížených vstupů, pouze s čítáním interní frekvence. Zjistěte pomocí sluchátek, zda je signál na všech výstupech. Použijte raději oddělovací odpor cca 1k. Pokud vše v pořádku a slyšeli jste signál (při nastavené frekvenci vaším uchem slyšitelné! Tedy pod 10kHz), nastavte trimrem TR1 rozsahy tak, aby se frekvence rovnoměrně čítala až k maximu a nezastavil se čítací cyklus, nebo se náhle nezměnila hodnota frekvence směrem dolů a nedošlo k opětovnému stoupání. Frekvenční rozsahy jsou přibližné, jelikož jsou použity součástky s 20% tolerancí. Takto velikou toleranci a tím i levné součástky si ale můžeme dovolit, neboť se zjištění frekvence neřídí žádnou stupnicí, ale pomocí okamžitého exportu do grafické podoby jednoho čtyřčíslí – v překladu hodnota uvedená na displeji. Díky tomu si taky můžete rozsahy dle libosti upravovat pro své potřeby – například podle katalogového listu XR8038 se lze dostat až na frekvenci 0,001 Hz, kterou je rovněž schopen změřit zabudovaný čítač – pochopitelně výpočet trvá déle. Pomocí změny hodnot C1/C2/C3 se můžete odpoutat od standardních rozsahů. 200kHz je však maximum, 0,001 Hz minimum – to je důležité respektovat. K těmto extrémním hodnotám se lze dostat jen s určitým poměrem hodnot kondenzátor:imaginární rezistory Ra, Rb. O tom však nebudeme rozvádět – dokumentace obvodu je volně ke stažení na www.datasheetarchive.com. Nezapomínejte při připojování signálu na nějaké zařízení propojit i jejich země, to samé při měření externího zdroje frekvence.

ROZMÍSTĚNÍ OVLÁDACÍCH PRVKŮ

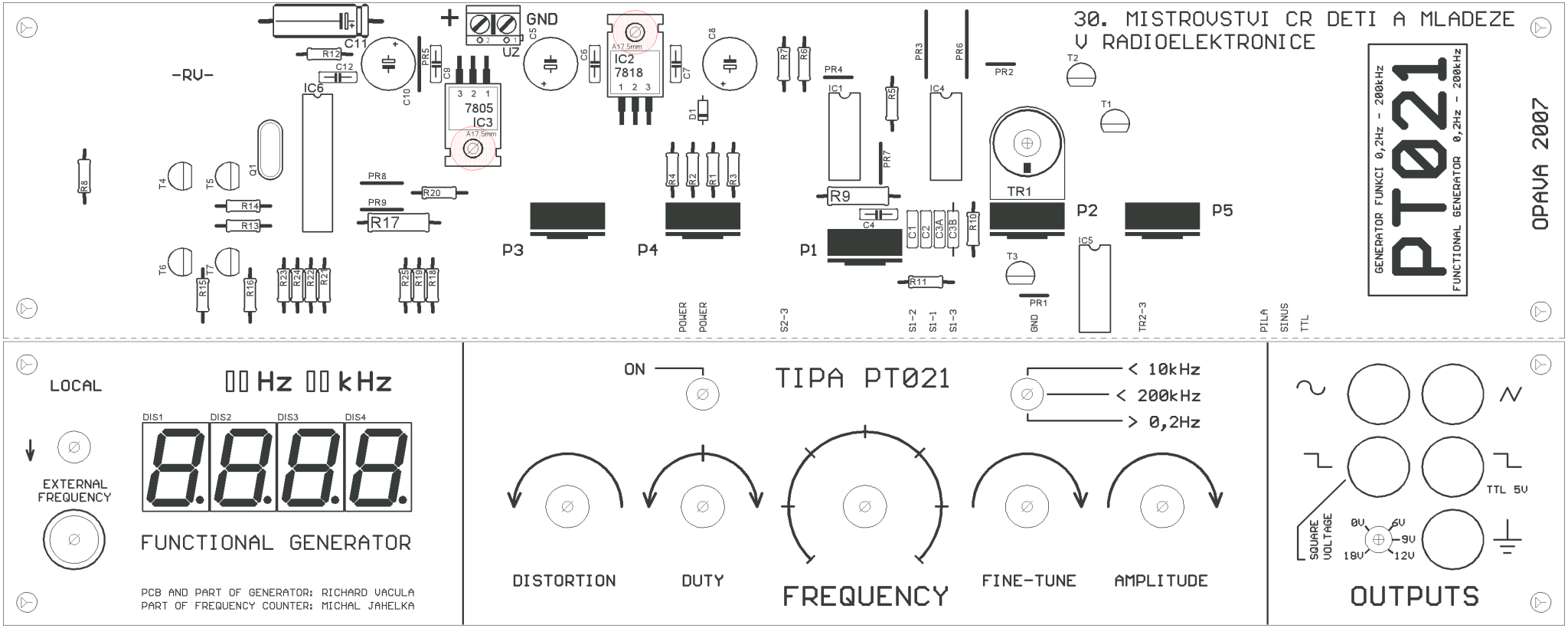


Veškeré ovládání přístroje je soustředěno na čelním plošném spoji – řídí se jím další spoj „základní deska“. Jsou zde přepínače pro nastavení měření frekvence tohoto, případně externího generátoru, zapnutí přístroje a přepínání rozsahů. Aby bylo sáčkování při sériové výrobě co nejjednodušší, je použit stejný typ přepínače ve všech případech. Tedy i když potřebujeme pouze dvě polohy pro zapnutí přístroje, je použit třípolohový přepínač. Najdete zde výstupy, nastavení napětí na regulovatelném obdélníkovém výstupu. Z panelu vystupují hřídele potenciometrů: Distortion pro minimalizaci zkreslení (standardně nejmenší při plném natočení doprava), Duty pro nastavení střídy, Frequency pochopitelně regulace frekvence, Fine-tune je jemným doladěním frekvence a Amplitude pro regulaci amplitudy výstupu SINUS a TRIANGLE. Snažil jsem se dosáhnout pěkného designu rozmístění prvků, intuitivního ovládání za udržení přehlednosti a praktické použitelnosti. Jelikož je výroba DPS velmi drahá, mohl jsem snížit pořizovací náklady například větším zahuštěním ovládacích prvků a zmenšením celého panelu (základní deska může být o jednu třetinu kratší do šířky). Volil jsem však vyšší cenu a větší prostor pro bezproblémové natáčení potenciometrů.

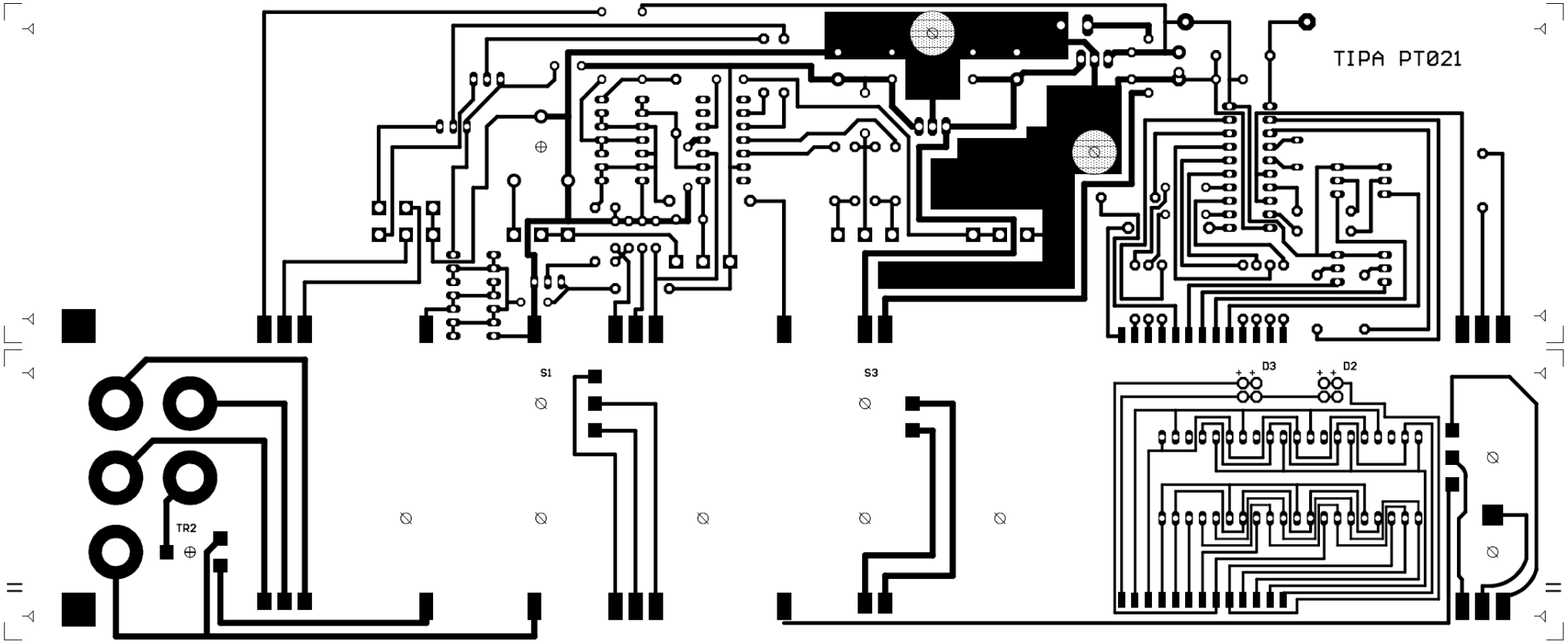
PLOŠNÝ SPOJ

Rozměry celku: 11550 x 4725 mils / 293,37 x 120,02 mm

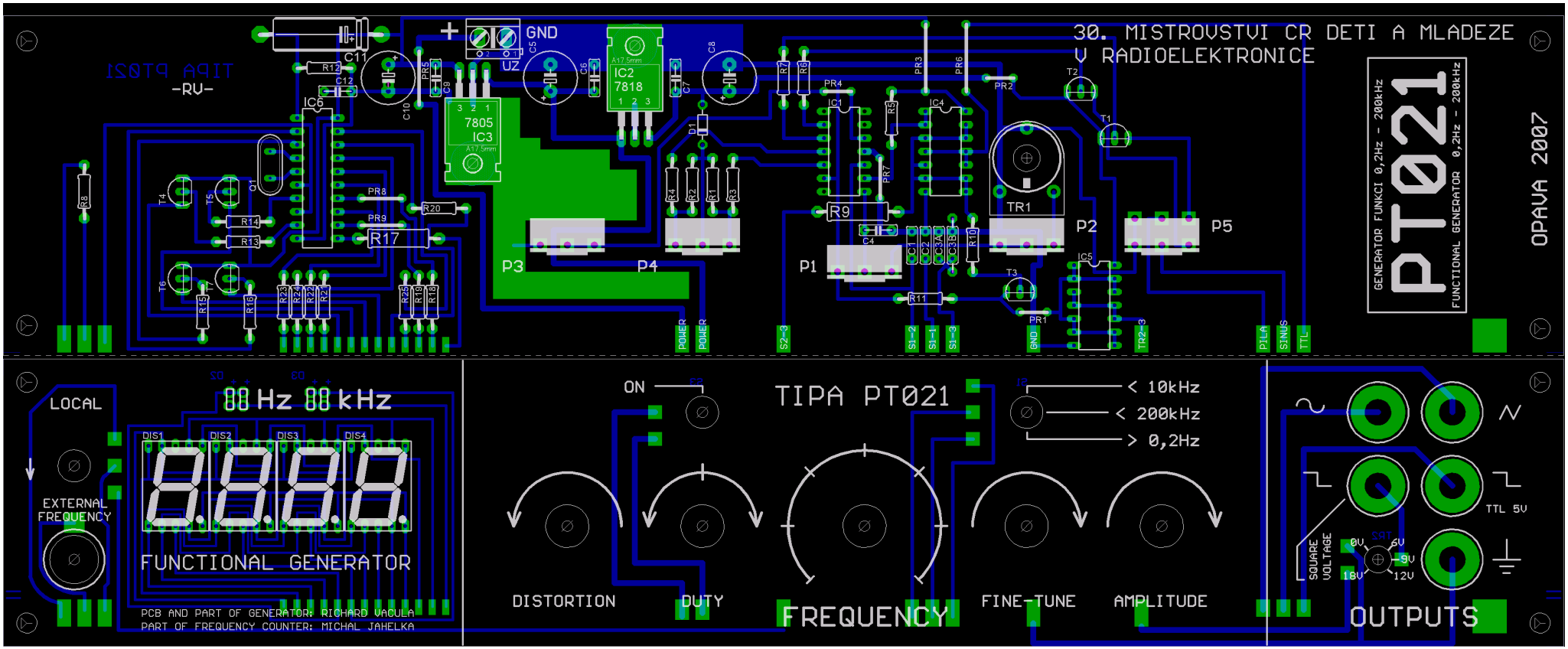
Pohled ze strany součástek



Pohled ze strany spojů



Pohled do všech vrstev



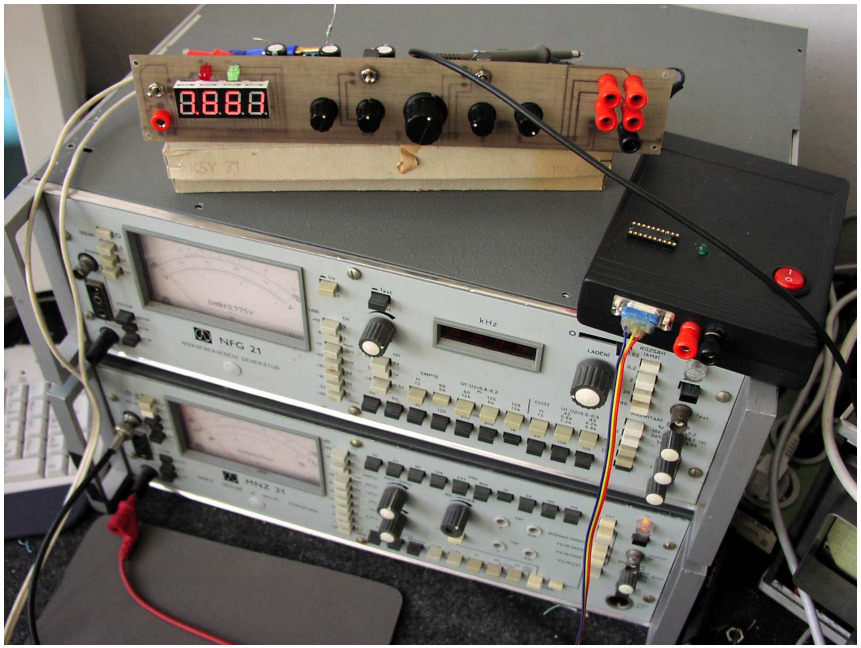
MĚŘICÍ PROTOKOL

Měřicí přístroje potřebné pro vývoj tohoto zařízení zajistil pan Valfrid Slanina. S jeho pomocí došlo k měření zkreslení a odstupu signál/šum.

Zkreslení:
Kmitočet - zkreslení v %
30Hz → 0,25%
60Hz → 0,26%
120Hz → 0,3%
533Hz → 0,23%
1kHz → 0,3%
4kHz → 0,28%
10kHz → 0,24%
15kHz → 0,3%

Odstup signál/šum
do 200kHz → 85dB
Do 20kHz → 90dB, psofometrický filtr: 86dB

Amplituda měřená na výstupu TRIANGLE
Zatížení 600Ω: 4,5V max; při 100Ω 4,3V



Amplituda spočítána pomocí mřížky osciloskopu, zkreslení a odstup signál/šum byl měřen na přístroji TESLA MNZ 21

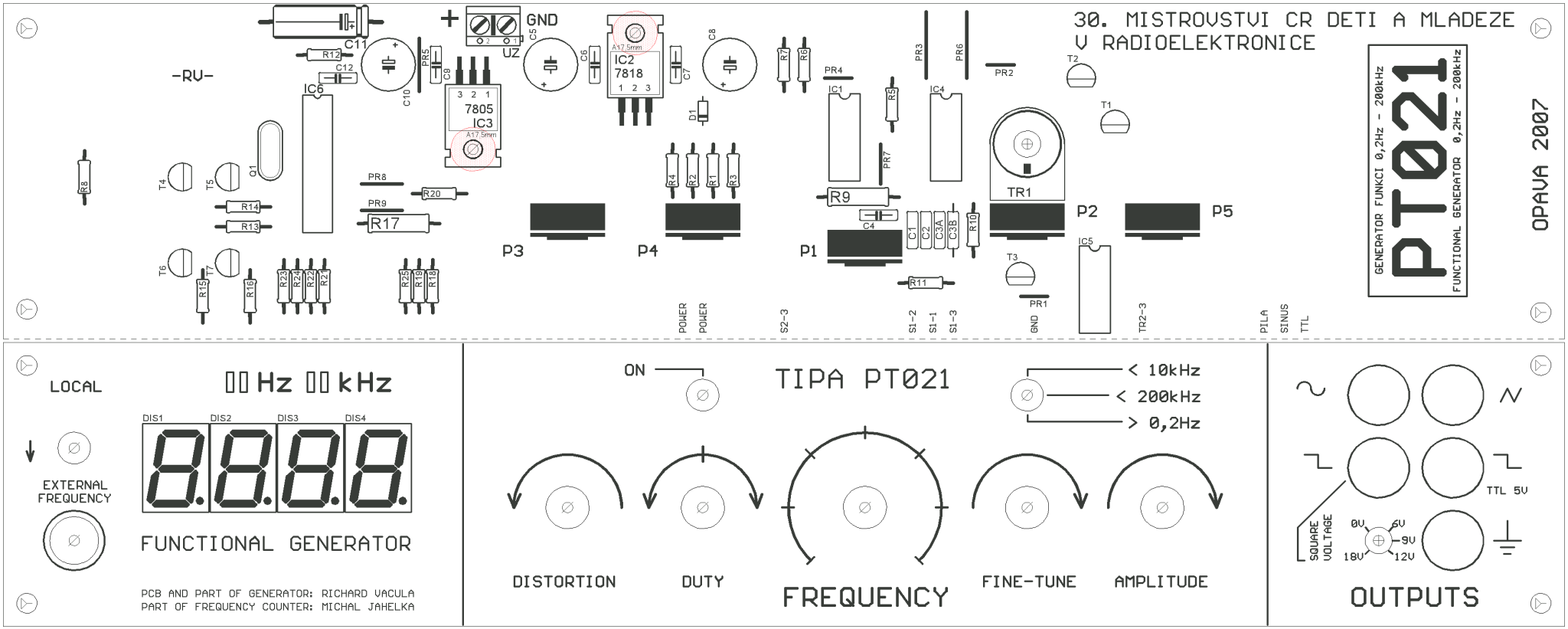
POUŽITÁ LITERATURA

Wirsum, Siegfried. Abeceda NF techniky. Ben, technická literatura, 14.3.2002. 192 stran B5. ISBN 80-86056-26-0
Dietmeier, Ulrich. Vzorce pro elektroniku. Ben, technická literatura, 1.1. 2006. 256 stran A5. ISBN 80-86056-53-8
Internetové zdroje: www.postreh.com/vmichal/, www.radioplus.cz/clanky/pdf/monolit.pdf

Součástka	hodnota	Součástka	hodnota	Součástka	hodnota	Součástka	hodnota
R1, R2, R6 - R11	2k2	**C1**	220p – 300p	**P1**	10k/N	**S1 – S3**	Přep. 3 pol. / 3 pin
R3, R4	5k11	**C2**	2n7 – 3n3	**P2, P4**	5k/N	**D1**	1N5819
R5	10k / 75k / 130k	**C3**	47n – 68n	**P3**	100k/N	**D2**	2x RED LED
R12 - R16	10k	**C4, C6, C7, C12**	100n	**P5**	10k/N tandem	**D3**	2x GREEN LED
R17	100Ω	**C5, C8, C10**	1mF	**TR1**	150k TP017	**DIS1 – DIS4**	BS-A554RD
R18 – R25	200Ω	**C11**	10µ/15V ax. Tesla	**TR2**	6k8 TP012	**Q1**	24MHz 5mm

IC1	8038	**IC3**	7805	**IC6**	89C2051	**UZ**	AK500/2
IC2	7818	**IC4, IC5**	4011	**T1 – T3**	BC547C / BC546B	+ knoflíky, zdířky, šroubky, matičky	

T4-T7 BC327-25, C10 na menší provozní napětí než C5 a C8



Připravili: Tipa, spol. s r.o., Semach plošné spoje, Almara s.r.o., Elektrotechnický kroužek Opava