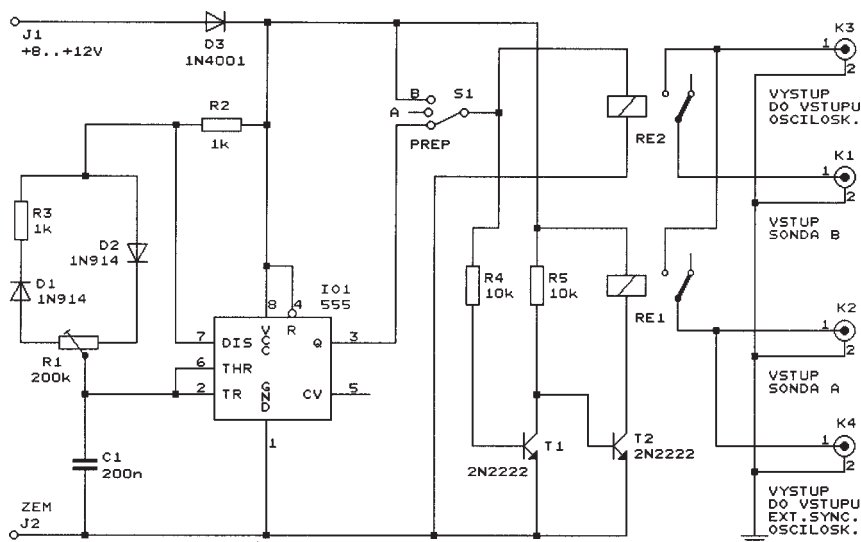




Obr. 42. Dvoukanálový přepínač pro osciloskop

být izolována od země napájecího zdroje z toho důvodu, aby se do vstupu osciloskopu nezanášely poruchy a brum z napájecího zdroje.

Součástky přepínače jsou připájeny na desce s univerzálními plošnými spoji, která je vestavěna do kovové stínicí skříňky. Na bok skříňky jsou přišroubovány konektory K1 až K4 a napájecí konektor (na schématu není nakreslen). Skříňka je spojena se zemí konektory K1 až K4, ale nesmí být spojena se zemí napájení vnitřních obvodů přepínače. Použitá jazýčková relé mají po jednom spínacím kontaktu (i když jsou na schématu nakresleny kontakty přepínací) a cívky vinuté pro napětí 12 V. Diody 1N914 lze nahradit běžnějšími 1N4148, tranzistory 2N2222 (velmi populární v USA) lze nahradit běžnými BC546B. Kondenzátor C1 je vhodné použít stabilní fóliový a může mít kapacitu i 220 nF.

V praktickém provozu se ukázalo, že při kmitočtech měřených signálů pod 500 Hz se vyskytují při jejich současném zobrazení určité nepravidelnosti, při kmitočtech nad 1 kHz je však zobrazení nerozeznatelné od zobrazení na skutečném dvoukanálovém osciloskopu. Relé dovolují bez poškození svých kontaktů přepínat měřené signály do amplitudy asi 60 V.

Electronics Now, červen 1995

## Funkční generátor do 2 MHz

Běžné monolitické funkční generátory poskytují přijatelný průběh sinusového, trojúhelníkového a pravoúhlého signálu v rozsahu nejvýše do 200 až 300 kHz. Díky použití velmi rychlého komparátoru LT1016 a velmi rychlých operačních zesilovačů LM6361 generuje popisovaný přístroj tytéž průběhy v kmitočtovém rozsahu 10 Hz až 2 MHz.

**Základní parametry generátoru funkcí jsou:**

- výstupní signál s průběhem sinusovým, trojúhelníkovitým a pravoúhlým,

- kmitočtový rozsah 10 Hz až 2 MHz v pěti dílčích rozsazích (údaj  $\times 0$ ,  $\times 1$  až  $\times 2$ ),
- výstupní napětí  $\pm 10$  V plynule proměnné, výstupní proud  $\pm 25$  mA a více,
- napájení ze sítě 230 V/50 Hz/3 VA.

Schéma zapojení funkčního generátoru je na obr. 43. Základní generátor signálu trojúhelníkovitého a pravoúhlého průběhu je tvořen Millerovým integrátorem IO3 (operační zesilovač typu LM6361) a komparátorem IO1 typu LT1016. Protože komparátor má výstupy kompatibilní s TTL (výstupní úroveň asi +0,3 V a +3,5 V vůči zemi) a výstupní napětí komparátoru tak má ss složku +1,9 V (střed mezi +0,3 V a +3,5 V), je zavedeno referenční napětí o stejné velikosti (tj. +1,9 V) i na vstupy operačních zesilovačů IO3 až IO5. Jako zdroj referenčního napětí je použit operační zesilovač LF351 (IO2). Velikost referenčního napětí ovlivňuje napětovou symetrii generovaného signálu, proto je referenční napětí nastavitelné trimmem R6. Komparátor má děličem R3, R4 zavedenu kladnou zpětnou vazbu, která vytváří hysterezi, rozhodovací úrovně komparátoru jsou +0,9 V (nízká) a +2,9 V (vysoká). Pravoúhlým signálem z invertujícího výstupu -Q komparátoru jsou nabíjeny a vybíjeny přes potenciometr R8 (pro ovládání kmitočtu) kondenzátory C8 až C13 Millerova integrátoru. Kondenzátory určují dílčí kmitočtové rozsahy a přepínají se přepínačem S1A. Trojúhelníkovité napětí je z výstupu Millerova integrátoru vedeno na invertující vstup komparátoru. Když trojúhelníkovité napětí dosáhne horní nebo dolní rozhodovací úrovně komparátoru, komparátor překlápí, změní se polarita napětí na výstupu -Q komparátoru a tím se změní směr průběhu napětí na výstupu integrátoru. Rozkmit trojúhelníkovitého napětí je tedy určen rozhodovacími úrovněmi komparátoru, je +0,9 až +2,9 V (tj.  $\pm 1$  V okolo referenčního napětí +1,9 V).

Průběh výstupního napětí funkčního generátoru se volí přepínačem S2A,

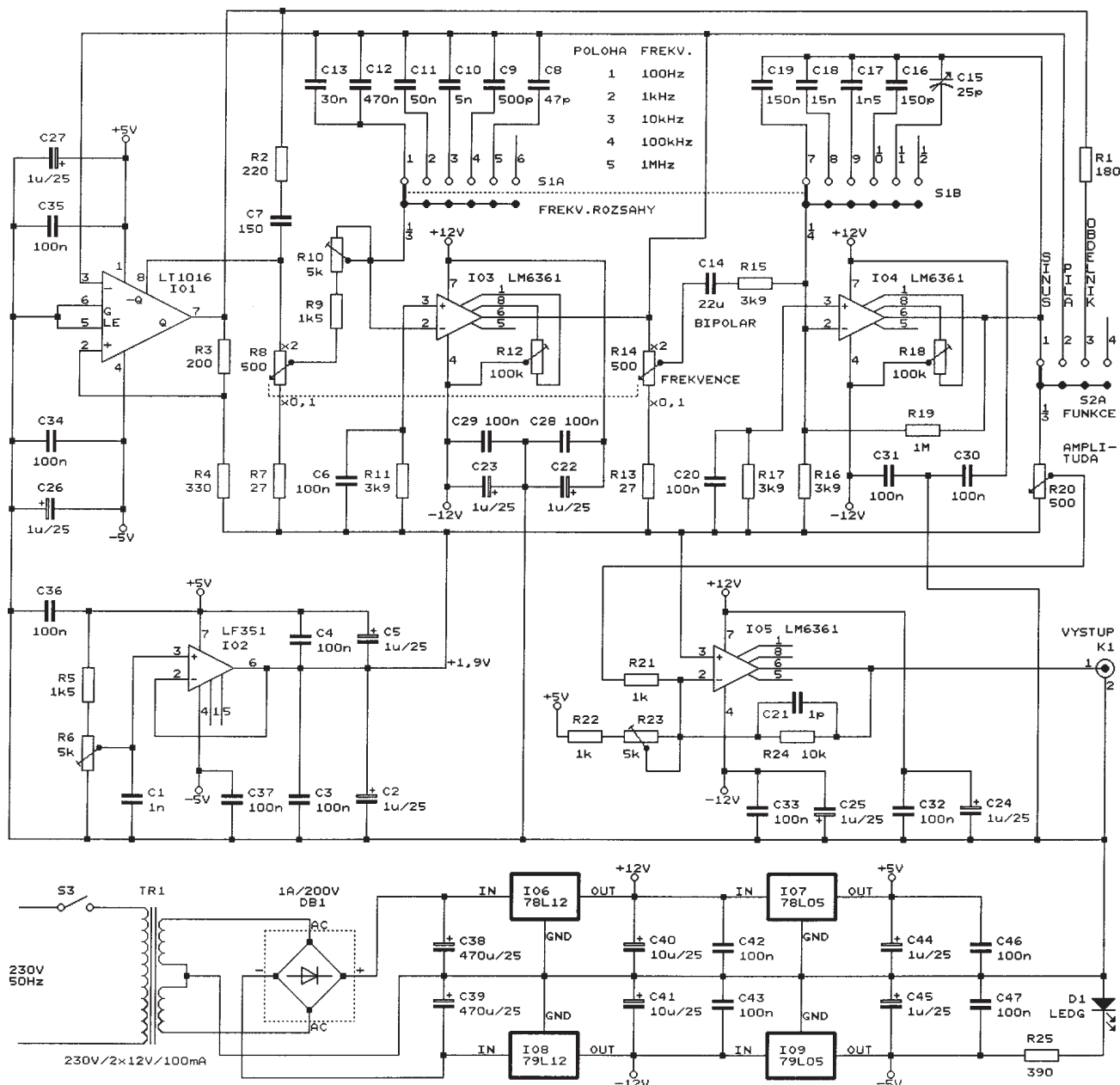
označeným na schématu jako FUNKCE. Napětí pravoúhlého průběhu se zavádí na S2A z výstupu komparátoru IO1. Z úrovně TTL se pravoúhlé napětí zmenšuje na rozkmit  $\pm 1$  V okolo referenčního napětí +1,9 V rezistorem R1. Článek R2, C7 odstraňuje zátky na výstupech IO1. Napětí trojúhelníkovitého průběhu se zavádí na S2A z výstupu Millerova integrátoru IO3.

Napětí přibližně sinusového průběhu se přivádí na S2A z tvarovače s operačním zesilovačem LM6361 (IO4). Tvarovač zpracovává trojúhelníkovité napětí a je zapojen jako další Millerův integrátor. Tvarování není založeno na nelineárním principu, jaký využívají např. tvarovače s tranzistorem FET nebo s diodovou sítí, ale je založeno na kmitočtové filtraci. Kmitočtovou filtraci trojúhelníkovitého průběhu napětí integrátorem se vytváří parabolický průběh napětí, který se velmi blíží sinusovému. Rozkmit napětí na výstupu IO4 je  $\pm 1$  V okolo referenčního napětí +1,9 V. Aby byly tvar a amplituda kvazisinusového napětí na výstupu IO4 nezávislé na kmitočtu, je nutno přivádět trojúhelníkovité napětí na integrátor přes potenciometr R14, sprážený s ladicím potenciometrem R8, a také je nutno přepínat při změně rozsahů integrační kondenzátory C15 až C19 (přepínačem S1B). Vazební kondenzátor C14 musí být bipolární, nejjednodušší je jej složit antisériovým spojením ze dvou elektrolytických kondenzátorů 47  $\mu$ F/16 V.

Z přepínače S2A se vede signál na výstupní zesilovač s operačním zesilovačem LM6361 (IO5). Zesilovač odstraňuje ze signálu ss složku o velikosti referenčního napětí +1,9 V a zvětšuje rozkmit signálu na více než  $\pm 10$  V. Ss složku eliminuje proud, který pteklá do invertujícího vstupu IO5 přes rezistory R22 a R23. R23 je proměnný a slouží k přesnému nastavení nulové velikosti ss složky signálu na výstupu IO5. Z výstupu IO5 se vede signál na výstupní konektor K1 (BNC) funkčního generátoru. Kapacita kabelu, připojeného ke konektoru K1, způsobuje nestabilitu IO5. Proto je kmitočtová charakteristika IO5 upravena kondenzátorem C21 a kabel by neměl být delší než 0,9 m (souosý kabel 50 nebo 75  $\Omega$  o průměru 6 mm).

Obvody funkčního generátoru jsou napájeny symetrickými napětími  $\pm 5$  V a  $\pm 12$  V, získávanými ze síťového napáječe. Sekundární napětí ze síťového transformátoru TR1 (230 V/2 $\times$  12 V/100 mA) je v kladné i záporné větvi dvoucestně usměrněno můstkovým usměrňovačem DB1 a vyhlazeno kondenzátory C38 a C39. Čtyřmi trisvorkovými stabilizátory IO6 až IO9 jsou pak napětí z C38 a C39 zmenšena a stabilizována na potřebné velikosti.

Pro zamezení zátků rychlých operačních zesilovačů a komparátoru jsou jejich napájecí přívody širokopásmově blokovány kombinacemi keramických kondenzátorů (100 nF) a tantalových



Obr. 43. Generátor funkcí do 2 MHz

elektrolytických kondenzátorů (1  $\mu\text{F}$ /25 V, 10  $\mu\text{F}$ /25 V). Keramické kondenzátory musí být zapojeny co nejbližší k vývodům IO.

Generátor funkcí byl zkonstruován na dvou deskách s univerzálními plošnými spoji, na jedné desce jsou obvody napájení a na druhé (o rozměrech 110 × 90 mm) zbývající obvody generátoru. Všechny IO (s výjimkou stabilizátorů) jsou zasunuty v objímkách. Pro ovládání kmitočtu jsou použity dva mechanicky spřažené tahové potenciometry (R8 a R14). Potenciometry jsou opatřeny stupnicí s dvaceti dílky, odpovídající rysky jsou označeny popisek  $\times 0,1$ ,  $\times 1$ ,  $\times 2$ . Kondenzátory C8 až C13 a C15 až C19 jsou umístěny na malé destičce, do které je zapájen i přepínač rozsahů S1A, S1B. Jednotlivé polohy přepínače jsou označeny jako 0,1 kHz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz a 1 MHz.

Desky jsou vestavěny do ploché skříňky z plastické hmoty. Na předním

panelu skříňky jsou umístěny všechny ovládací prvky a výstupní konektor.

Po zapojení přístroje zkontrolujeme správné velikosti všech čtyř napájecích napětí. K dalšímu nastavování použijeme osciloskop s dělicí sondou 1:10, jejíž zemní přívod připojíme k referenčnímu napětí +1,9 V. Generátor naladíme na kmitočet 2 kHz a trimrem R6 nastavíme shodnou velikost (až na znaménko) vrcholových napětí kladné a záporné periody trojúhelníkovitého signálu na výstupu IO3. Trimrem R12 nastavíme střidu 1:1 pravoúhlého signálu na výstupu IO1. Trimrem R18 nastavíme symetrii (a tím nejmenší zkreslení) kvazisinusového signálu na výstupu IO4. Na kmitočtu 1 MHz nastavíme trimrem C15 rozkmit kvazisinusového signálu  $\pm 1$  V. Prvky pro ovládání kmitočtu nastavíme do polohy 10 kHz a trimrem R10 seřídíme souhlas kmitočtu generovaného signálu s nastaveným údajem. Zemní přívod osciloskopu odpojíme od referenčního

napětí a připojíme ho na zem výstupního konektoru K1. Potenciometr R20 pro ovládání velikosti výstupního napětí nastavíme na maximum. Zvolíme trojúhelníkovitý signál o kmitočtu 10 kHz a trimrem R23 nastavíme napětíovou symetrii (shodnou velikost kladného a záporného vrcholového napětí) výstupního signálu.

Popular Electronics, červen 1998

## Aktivní sonda s velkou impedancí

Sonda je určena pro zvětšení vstupní impedance číslicových i analogových voltmetrů (multimetrů) na rozsahu malých stejnosměrných i střídavých napětí. Vstupní odpor sondy je 100 M $\Omega$ , zesílení sondy je přepínatelné (+0,1 nebo +1), kmitočtový rozsah je 0 Hz (ss) až 100 nebo 200 Hz, pracovní rozsah vstupního napětí (špičková hodnota) je