

pro koncový stupeň. Proto je s ohledem na dostatečnou přebuditelnost integrovaných obvodů před regulátorem hlasitosti potřebné zvětšit zesílení koncového stupně zmenšením odporu rezistoru R19 na 470 Ω (viz obr. 80 v KE 6/2003 nebo obr. 95 v tomto čísle KE).

Přebuditelnosti by také prospělo, kdyby se zvětšilo napájecí napětí předzesilovače na 18 V.

Na předním panelu zesilovače je také indikátor vybuzení s řadou LED, popsany též již dříve v časopise Amatérské rádio. Indikátor je napájen napětím +15 V. Vstup indikátoru je připojen na vstup koncového zesilovače.

Koncový zesilovač je tvořen modulem LEACH AMP 200 W. Výkon modulu je zmenšen asi na 100 W (při impedanci reproduktoru 8 Ω) volbou stejnosměrného napájecího napětí modulu ± 50 V (naprázdno).

Vzhledem k předpokládanému využití pro klávesové nástroje se nemusí použít limitér podle obr. 106, ale rozhodně neuškodí.

Ve výkonovém zesilovači jsou koncové tranzistory MJ15003/ MJ15004 a diody pro snímání jejich teploty připevněny izolovaně na tlustostěnný hliníkový úhelník, který je přišroubován na zadní panel zesilovače, který slouží i jako chladič. Pro zvětšení účinnosti chlazení je panel v místě, ve kterém je přišroubován úhelník s tranzistory, doplněn kusem žebrovaného chladičového profilu s rovnou základnou. Připevnění tranzistorů k chladiči přes izolační podložky není na závadu, protože jsou relativně málo zatížené.

Napájecí zdroj koncového zesilovače obsahuje toroidní transformátor 150 W, diodový můstek 35 A/400 V a vyhlazovací elektrolytické kondenzátory o kapacitě 4700 μ F/63 V (vhodná by byla i větší kapacita).

Mechanická koncepce komba je velmi jednoduchá.

Skříň komba je typu bassreflex, má vnější rozměry 65x45x30 (výška x šířka x hloubka) cm a je vyrobena z laťovky. Výhybka má strmost 12 dB na oktávu a dělicí kmitočty podle použitého výškového reproduktoru.

V levé horní části skříně komba je oddělený prostor pro zesilovač. Kostra zesilovače je tvořena dvěma kovovými panely (předním a zadním), které jsou v rozích spojeny distančními sloupky. Zesilovač je do skříně připevněn dvěma šrouby, které procházejí plastovými rohy.

Deska předzesilovače je prostřednictvím potenciometrů upevněna přímo na přední panel zesilovače (bez subpanelu). Deska modulu koncového zesilovače je uchycena k zadnímu panelu zesilovače distančními příchýtkami. Součástí zdroje pro koncový zesilovač jsou přišroubovány na rovném plechu a ten je připevněn ke kostře zesilovače v prostoru mezi předzesilovačem a koncovým zesilovačem.

Kostru zesilovače lze také zhotovit jako vanu ve tvaru „U“ ohnutím z jedno-

ho kusu hliníkového plechu nebo sešroubováním rovných hliníkových plechů a úhelníků. Pro zvětšení tuhosti vany se její horní okraje sešroubují dvěma distančními sloupky. Tento tvar kostry zesilovače je pro chlazení koncových tranzistorů ještě výhodnější než dříve popsany.

Kombo 200 W pro basovou kytaru s reproduktorem 15"

Toto kombo o celkových rozměrech 80x60x40 cm je osazeno jedním reproduktorem 15". Koncový zesilovač je modul 200 W doplněný kompresorem, předzesilovač je elektronkový. Je osazen 2x ECC 83, schéma je prakticky shodné jako na obr. 65 v KE 6/2003.

Mechanická koncepce zesilovače i skříně je podobná předcházejícímu kombu, rozměry zesilovače jsou tentokrát 19".

Stejnoseměrné napájecí napětí (naprázdno) koncového zesilovače musí být vzhledem k impedanci reproduktoru 8 Ω a požadovanému výkonu 200 W asi 2x 65 V.

Koncový zesilovač je opět vybaven popsáním jednoduchým limitérem. Indikátor vybuzení je dvojitý. Levý sloupec LED je zapojen před výstupní po-



Obr. 130. Kombo 200 W pro basovou kytaru

tenciometr hlasitosti, pravý sloupec na výstup koncového zesilovače. Nastavením potenciometrů zisku a hlasitosti lze podle potřeby vybudit zesilovač signálem basové kytary tak, že se začínají objevovat harmonické kmitočty a signál je konkrétnější.

Pohled na realizované basové kombo 200 W je na obr. 130.

(O další podrobnosti konstrukce reprosoustavy lze autora požádat mailem, jeho adresa je: v.voracek@quick.cz)

Neobvyklý hudební nástroj - Theremin

Tento analogový hudební nástroj pracuje na principu změny výstupního kmitočtu pohybem paže hudebníka. Pohybem druhé paže může hudebník u některých složitějších konstrukcí měnit i hlasitost signálu.

Nástroj samozřejmě nereaguje jen na pohyb paže hráče, ale i na veškeré změny v okolí antén.

Nástroj vynalezl ruský fyzik a hráč na violoncello Leon Theremin (obr. 131) již v roce 1919.

Hra na nástroj je velmi těžká, vyžaduje cvik a hudební sluch. Proto je, nebo bylo, na světě jen několik profesionálních hráčů.

Nejznámější z nich je asi Clara Rockmore (obr. 132), která žila v letech



Obr. 131. Vynálezce hudebního nástroje Theremin - Leon Theremin



Obr. 132. Clara Rockmore při hře na Theremin



Obr. 133. Dr. Robert Moog

1911 až 1998 a byla dobrá přítelkyně Leona Theremina.

Problematické Thereminu se také věnoval Dr. Robert Moog (obr. 133), známý průkopník analogových hudebních nástrojů.

Ve hře na Theremin se dodnes pořádají soutěže a festivaly, na mnoha internetových stránkách lze najít mnoho zajímavého o Thereminech i ukázky zvuků a filmové záběry.

Thereminu jsou věnovány např. tyto Internetové stránky:

<http://www.he.net/~enternet/teci/teci.html>

<http://www.fastlane.net/~sawman/>

<http://www.ccsi.com/~bobs/theremin.html>

<http://www.137.com/theremins/>

<http://home.att.net/~theremin1/>

Principy tvorby signálu v Thereminu

Změny kmitočtu oscilátoru, čili i kmitočtu, který je nástrojem generován, je dosaženo rozladováním oscilátoru změnou kapacity v rezonančním obvodu přibližováním ruky a těla hudebníka.

Změna kapacity je malá, proto nelze změnu kmitočtu oscilátoru využít přímo. Využívá se vždy principu směšování kmitočtu dvou vf oscilátorů, které kmitají na kmitočtech mnohem vyšších, než jsou kmitočty slyšitelné. Jeden oscilátor je pevně naladěný na stálý kmitočet, druhý je rozladován hudebníkem změnou kapacity vodiče (antény), který je součástí laděného rezonančního obvodu. Při přiblížení ruky se kapacita zvětšuje a kmitočet příslušného oscilátoru se snižuje. Vyhodnocuje se rozdíl kmitočtů obou oscilátorů, spadající do akustického pásma.

Signál s rozdílovým kmitočtem vzniklý směšováním signálů obou oscilátorů se filtruje, aby v něm nezůstaly zbytky vf signálů z oscilátorů a signál se součtovým kmitočtem, a dále se upravuje jeho tvar.

Pokud má nástroj i řízenou dynamiku (hlasitost signálu), využívá se ještě další dvojice podobných nebo zcela shodných oscilátorů. Kmitočet jednoho z nich se opět mění přiblížením ruky

k dalšímu vodiči nebo ploše, vyvedené na jiném konci nástroje. Proměnlivý rozdíl jejich kmitočtů se přes derivační obvod přivádí na usměrňovač. Usměrněné napětí, jehož velikost je určena rozdílovým kmitočtem, řídí amplitudu výstupního signálu nástroje.

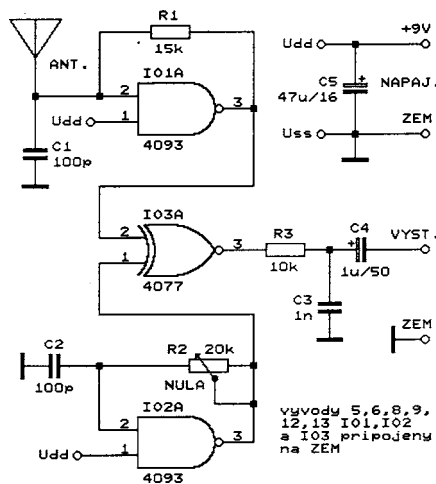
Jiný způsob řízení hlasitosti je takový, že se vf napětí generované rozladovaným oscilátorem přivádí přímo bez směšování na rezonanční obvod naladěný na kmitočet přeladovaného oscilátoru pro řízení hlasitosti, a vyhodnocuje se změna nakmitaného napětí na tomto obvodu při rozladění oscilátoru.

Součástí nástroje bývají další obvody pro úpravu tvaru signálu a popř. napěťové výstupy pro řízení dalších nástrojů - analogových syntezátorů.

Nejdůležitější součástí celého nástroje jsou oba oscilátory.

Pro konstrukci těchto oscilátorů platí několik zásad, občas protichůdných. Především musí mít stabilní kmitočet při změně teploty i napájecího napětí. Dále se přeladovaný oscilátor musí nechat účinně rozladovat změnou kapacity v rezonančním obvodu. Oscilátory se nesmí vzájemně strhávat (synchronizovat) a přitom musí dávat dostatečný výkon pro směšovač.

Oscilátory by také neměly příliš vyzařovat do okolí, obzvláště dnes, kdy se přísně sleduje elektromagnetická kompatibilita zařízení.

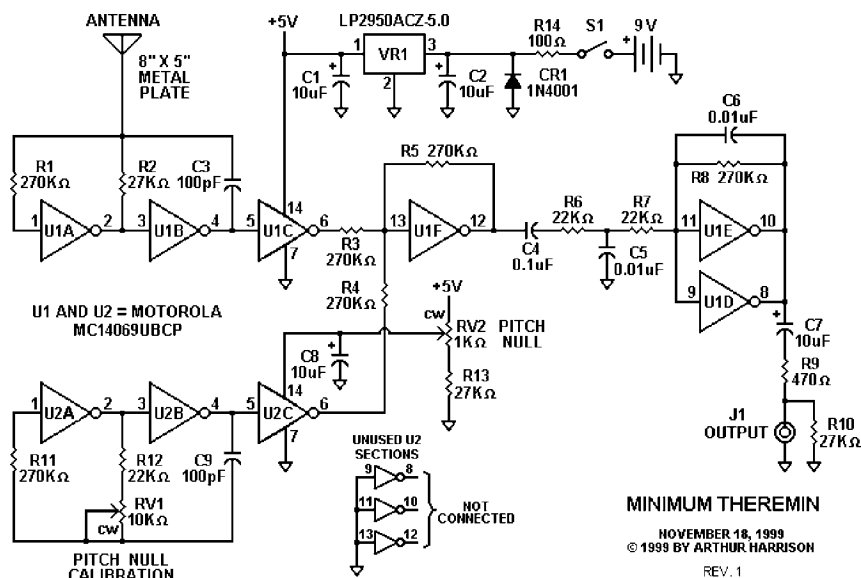


Obr. 134. Jednoduchý Theremin s IO CMOS 4093

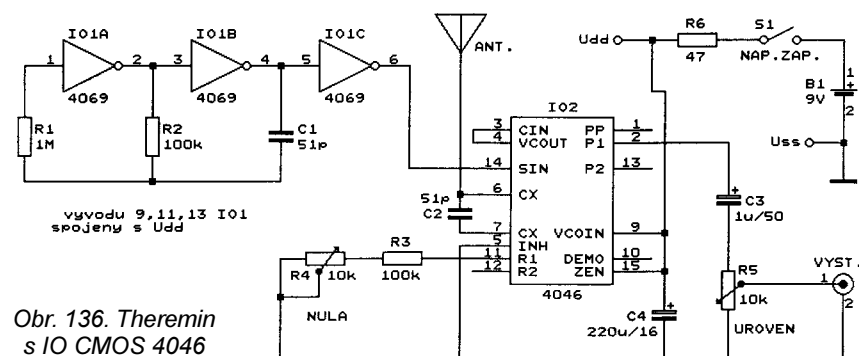
Kmitočty oscilátorů bývají u většiny zapojení nastaveny v rozsahu od 0,5 do 1 MHz a používají se nejen oscilátory LC, ale i oscilátory RC, s Wienovým článkem apod.

Podobné zapojení hudebního nástroje využívá i změny kmitočtu oscilátoru změnou osvětlení fotorezistoru, ale tento princip již není původním principem Thereminu.

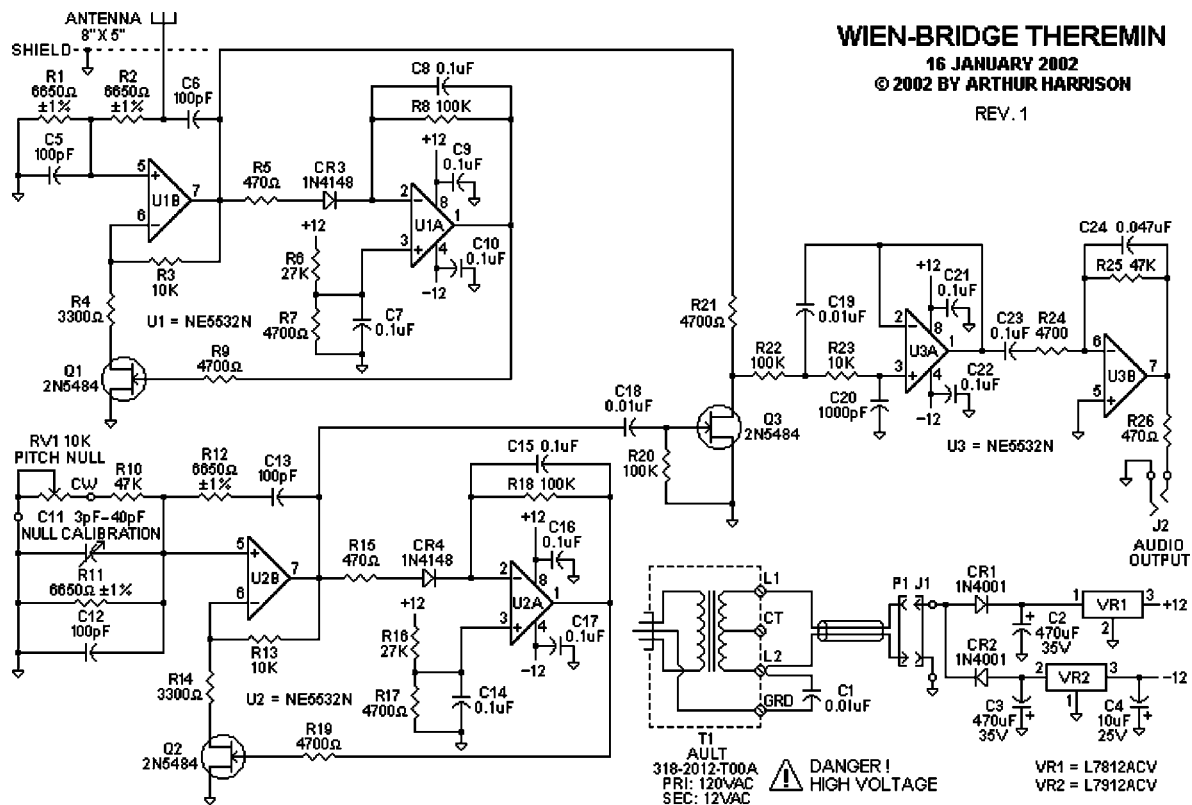
Pro směšování signálů obou oscilátorů se používají nejrůznější obvody - jednoduché směšování na přechodu báze-emitor tranzistoru, směšování na



Obr. 135. Theremin s IO CMOS 4069



Obr. 136. Theremin s IO CMOS 4046



Obr. 137. Theremin s Wienovým můstkem. U nás musí mít síťový transformátor T1 primární vinutí na 230 V/50 Hz!

jedné diodě, na dvojici nebo na čtveřici diod ve vyváženém demodulátoru, směšování v integrovaných obvodech atd.

Příklady zapojení nástrojů Theremin

První Thereminy byly samozřejmě osazeny elektronkami.

Některé tyto nástroje jsou dodávány jako stavebnice různými firmami (např. PAiA.com) a nelze je dále vyrábět za účelem dosažení zisku bez souhlasu autora.

U nás se asi komerční výroba takových nástrojů nepředpokládá, ale přesto se raději informujte o možnostech výroby na patřičných internetových stránkách autorů zapojení. Najdete je rychle po zadání výrazu „theremin“ do nějakého vyhledávače, např. GOOGLE.

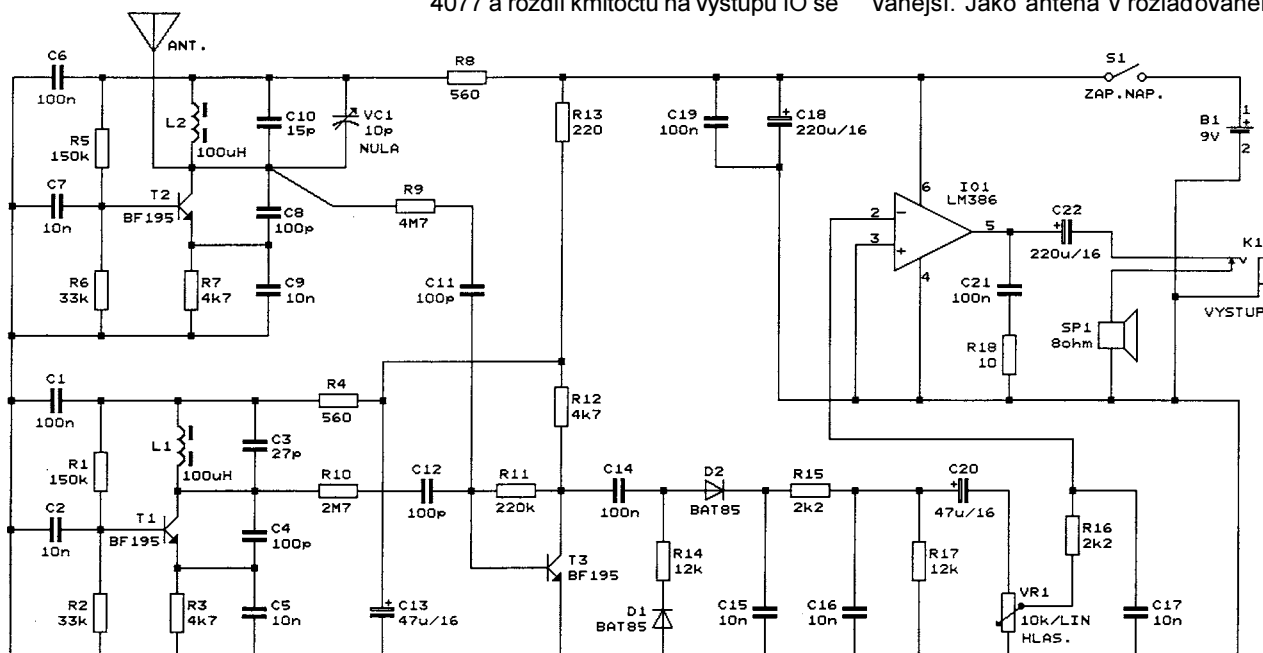
Na obr. 134 je asi nejjednodušší zapojení nástroje. Oba oscilátory jsou tvořeny integrovaným obvodem CMOS 4093. Oscilátory jsou RC, součástí nástroje tedy není obvyklý laděný obvod LC. Zázněj se nastavuje trimrem v dolním oscilátoru. Oba kmitočty se směšují v integrovaném obvodu CMOS 4077 a rozdíl kmitočtů na výstupu IO se

filtruje jednoduchým článkem RC, který potlačuje součtový signál.

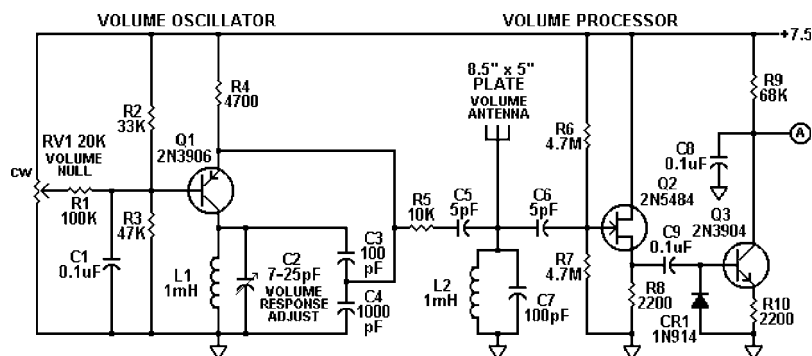
Rozladování horního oscilátoru u tohoto nástroje bude při rozumných rozměrech antény zřejmě nedostatečné a teplotní a napěťová stabilita, která způsobuje nekontrolovatelný posuv kmitočtu a ujiždění klidového nastavení, bude vzhledem k použitému principu a jednoduchosti malá.

Nástroj též nemá řízenou hlasitost generovaného signálu a zapojení se hodí spíše k prvním pokusům.

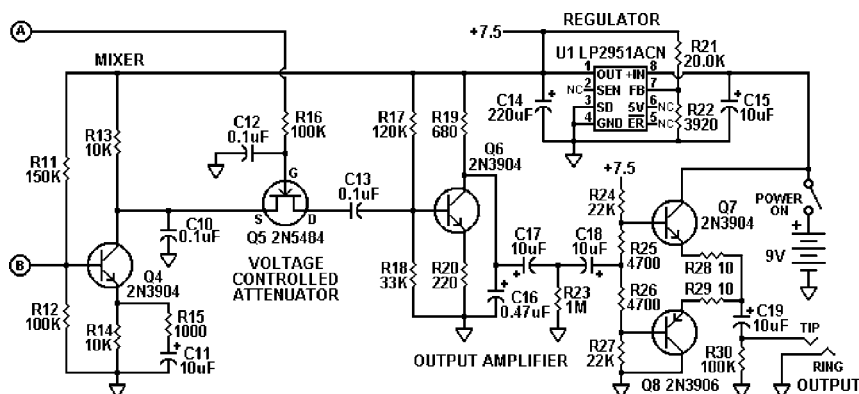
Zapojení z obr. 135 pracuje na stejném principu, jen je o něco propracovanější. Jako anténa v rozladovaném



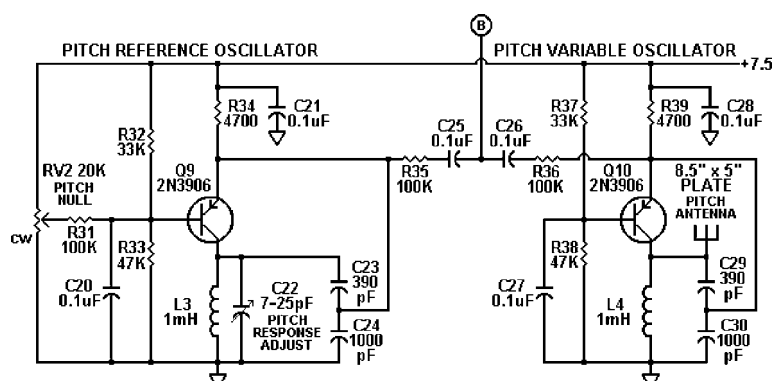
Obr. 138. Theremin s obvodem LC a cívkami bez odboček



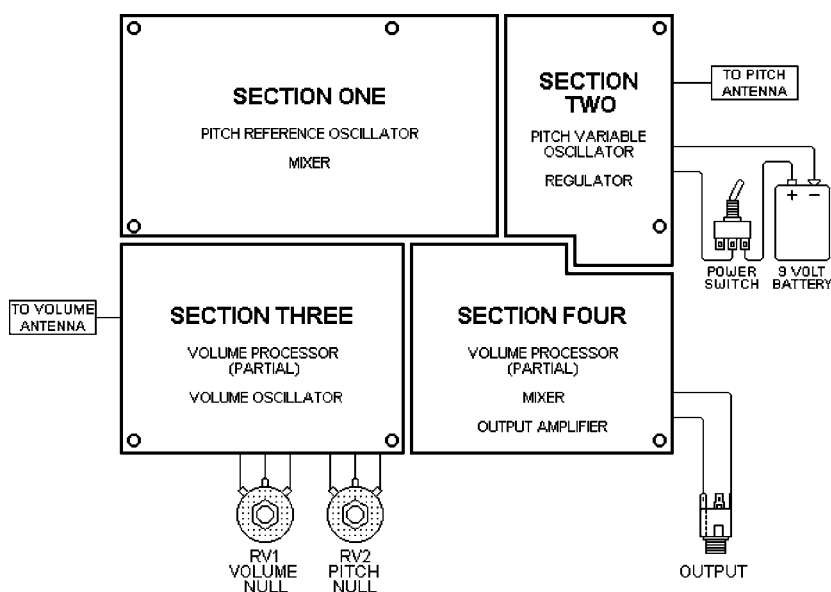
Obr. 139a. Theremin - oscilátor pro řízení hlasitosti



Obr. 139b. Theremin - obvod pro řízení hlasitosti a výstupní obvod



Obr. 139c. Theremin - oscilátory generující tón



Obr. 139d. Theremin - mechanické uspořádání jednotlivých bloků (sekcí) nástroje

oscilátoru je použita kovová deska o rozměrech asi 20x12 cm.

V zapojení na obr. 136 se jako rozladovaný oscilátor využívá oscilátor RC z integrovaného fázového závěsu CMOS 4046. Oscilátor s pevným kmitočtem je též RC a je zapojen s invertory CMOS 4069. Signály z obou oscilátorů se směšují dvojité vyváženým směšovačem, který je součástí fázového závěsu.

Theremin s Wienovým můstkem z obr. 137 využívá zapojení Wienova článku RC ve zpětné vazbě operačního zesilovače. Druhá polovina operačního zesilovače je využita pro stabilizaci amplitudy oscilací.

Na obr. 138 je již dokonalejší zapojení nástroje. Oba oscilátory jsou LC a jsou totožné. Horní je rozladován anténou zapojenou v kolektoru oscilačního tranzistoru a je doladován kapacitním trimrem na potřebný záněj. Cívka o indukčnosti 100 μ H v laděném obvodu nepotřebuje v tomto zapojení odbočku, oscilátor pracuje s kapacitním děličem. Signál obou oscilátorů se zesiluje ve stupni s tranzistorem a směšuje v obvodu s diodami D1 a D2. Jako koncový zesilovač pro reproduktor nebo sluchátka slouží obvod LM386. Výhodou tohoto zapojení oproti zapojením s oscilátory RC je větší stabilita oscilátorů LC a jejich větší rozladitelnost.

Na obr. 139a až obr. 139d je zapojení dokonalého Thereminu od Arthura Harrisona. Oscilátory jsou LC s cívkami bez odboček. V obvodu pro řízení hlasitosti je signál generovaný v pevném oscilátoru přiváděn přes malý kondenzátor na rezonanční obvod L2, C7, který je rozladován anténou pro řízení hlasitosti. Změna v napětí na tomto rezonančním obvodu je po zesílení a usměrnění použita jako řídicí napětí pro napěťově řízený sériový útlumový článek s tranzistorem J-FET (Q5).

Skutečné provedení Thereminu (jiného než z obr. 139) je na obr. 140.

Z obrázku je též zřejmý i způsob hry na tento hudební nástroj.



Obr. 140. Skutečné provedení hudebního nástroje Theremin. Vlevo je svislá anténa pro ovládání výšky tónu (PITCH), vpravo je vodorovná anténa pro ovládání hlasitosti (VOLUME)