

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Generátory signálů – laboratorní úloha
Signal Generators – Laboratory Stand
Realization

2010

Jiří Špička

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Špička

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika

Téma:

Generátory signálů - laboratorní úloha
Signal Generators - Laboratory Stand Realization

Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte principy a způsob využití generátorů periodického signálu.
2. Navrhněte a realizujte reálný laboratorní model generátoru dle specifikace vedoucího bakalářské práce. Zařízení bude využíváno při laboratorní výuce analogových elektronických obvodů.
3. Na realizovaném laboratorní modelu generátoru proveďte měření dle pokynu vedoucího bakalářské práce.
4. Zpracujte průvodní dokumentaci k vytypované laboratorní úloze.

Seznam doporučené odborné literatury:

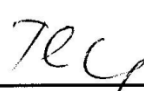
Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

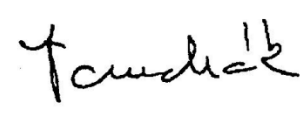
Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Jiří Špička

Datum odevzdání bakalářské práce: 7. 5. 2010

Poděkování

Touto cestou chci poděkovat Ing. Petru Šimoníkovi, Ph.D. za čas strávený konzultací mé bakalářské práce a pomoc při řešení její textové formy.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací laboratorního modelu generátoru signálů. Laboratorní model bude sloužit při výuce analogových elektronických obvodů. Práce je rozdělena do dvou částí. V první části je popsáno rozdělení a principy generátorů signálů. Druhá část se zabývá samotným návrhem a realizací laboratorní modelu. V závěru bakalářské práce jsou uvedeny výsledky praktického ověření realizovaného generátoru, přílohy pro zhotovení a oživení následných laboratorních modelů, průvodní dokumentace a zadání protokolu.

Klíčová slova

Generátor signálů, funkční generátor, XR-2206, AT mega 16-16

Abstract

The bachelor thesis deals with design and implementation of a laboratory model of generator signals. Laboratory model will be used for teaching analog electronic circuits. The work is divided into two parts. In the first part describes the principles of division and signal generators. The second part deals with the actual design, and implementation of a laboratory model. The end of the dissertation are the results for the practical verification realized generator, attachments for construction and subsequent recovery in laboratory models, accompanying documentation and assignment protocol.

Key words

Signal Generator, Function Generator, XR-2206, AT mega 16-16

Seznam použitých symbolů a zkratk

U_{IN} – vstupní napětí

U_{OUT} – výstupní napětí

U_{CC} – napájecí napětí

U_{pp} – výstupní špička-špička napětí laboratorního modelu

U_{max} – maximální hodnota výstupního napětí laboratorního modelu

U_{ef} – efektivní hodnota výstupního napětí laboratorního modelu

GND – nulový potenciál

A_U – zesílení, útlum

β – zpětnovazební člen

t – časový úsek

f – frekvence

T – v grafech: perioda, v schématech zapojení: tranzistor

R – rezistor

C – kondenzátor

CT – časovací kondenzátor

P – trimr

Q – krystal

S – Spínač

D – dioda

LED – led dioda

G6H2, G5V1, RL – relé

IC – integrovaný obvod

K2 – spínač pro resetování MCU

AKO – astabilní klopný obvod

MCU – mikrokontroléru

VCO – napětím řízený oscilátor

RT – blok řešící výběr řídicího proudu do vstupu generátoru periodických signálů

NT – blok řešící nastavení tvaru výstupního signálu laboratorního modelu

DPS – deska plošných spojů

TR1 – vstup odebírající vybraný proud pro nastavení frekvence

Obsah

Úvod.....	1
1. Teoretický rozbor	2
1.1. Rozdělení generátorů	2
1.2. Princip generátorů.....	2
1.3. Generátory harmonických signálů - oscilátory	4
1.3.1. LC oscilátory.....	4
1.3.1.1. Oscilátory s induktivní vazbou	4
1.3.1.2. Tříbodové oscilátory	5
1.3.2. Oscilátory řízené krystalem	6
1.3.3. Oscilátory RC	9
1.4. Generátory neharmonických signálů	13
1.4.1. Klopné obvody.....	13
1.4.2. Generátory pilových impulsů.....	19
2. Praktická realizace.....	21
2.1. Návrh obvodového řešení laboratorního modelu.....	21
2.1.1. Ochrana proti nesprávnému zapojení vstupních napájecích svorek	22
2.1.2. Stabilizace napájecích napětí	23
2.1.3. Generování periodických funkcí.....	24
2.1.3.1. Nastavení výstupní frekvence	25
2.1.3.2. Návrh obvodu řešící obdélníkový průběh.....	26
2.1.3.3. Návrh obvodu řešící sinusový a pilový průběh	27
2.1.3.4. Nastavení výstupní amplitudy	28
2.1.3.5. Výstupní blok laboratorního modelu	28
2.2. Návrh řídicí části laboratorního modelu	29
2.2.1. Zapojení mikrokontroléru a LCD displeje	29
2.2.2. Reálné řešení spínačů.....	30
2.2.3. Ovládání laboratorního modelu	32
2.3. Návrh desky plošných spojů.....	32
2.4. Programování MCU laboratorní úlohy	32
Závěr	33
Seznam použité literatury.....	34
Seznam příloh	35

Úvod

Generátory signálů patří mezi jedny ze základních elektronických obvodů elektrotechniky, především pro aplikace měřicí techniky pro ověřování různých funkcí elektrických zařízení, měření frekvenčních charakteristik apod. jinak řečeno se uplatňují jako zdroje testovacího nebo řídicího signálu. Generátory signálů se rozdělují dle různých kritérií jako například tvar výstupního signálu, frekvenční rozsah výstupního signálu, hodnoty výstupního výkonu apod., ale i dle způsobu generování signálů, možností stabilizace výstupní frekvence či výstupní amplitudy, dle kvality výstupních signálů apod. V dřívějších dobách se využívaly generátory nebo obvody generující pouze jeden druh signálů s různou specifikací například RC generátory dodávající sinusový signál s proměnnou frekvencí apod. Postupem času byly více využívány funkční generátory, tyto analogové obvody mohou generovat více průběhů nejčastěji sinusový, obdélníkový a pilový. Nyní je tendence generovat signály digitálně například generování harmonických průběhů pomocí přímé digitální syntézy apod., kde se výstupní frekvence pohybuje řádově v desítkách MHz až do hodnot, kde analogové principy generování signálů selhávají.

Měření na laboratorním modelu je především zaměřeno na zkoumání vybraného signálu, umět správně odečíst a spočítat jeho periodu, frekvenci, efektivní a střední hodnotu, uvědomit si pojmy maximální výstupní napětí, výstupní špička-špička napětí, stejnosměrná složka signálu neboli offset signálu a umět tyto parametry popsat na osciloskopem zobrazovaném výstupním signálu.

Při návrhu laboratorního modelu a dle potřeb měření byl použit pro generování signálů funkční generátor XR-2206. Jednoduché a srozumitelné ovládání laboratorního modelu je zajištěno šesti spínači, kterými je nastavována velikost výstupního napětí ve čtyřech krocích, výstupní frekvence v deseti krocích a tvar výstupního signálu. Výstupní signál má sinusový, obdélníkový a pilový tvar. Tyto signály jsou generovány se střídou 1:1 a nulovou stejnosměrnou složkou. K výstupní části laboratorního modelu patří čtyřřádkový LCD displej, na kterém je zobrazován tvar signálu, hodnota právě vybraného kondenzátoru CT, velikost řídicího proudu pro nastavení frekvence a hodnota výstupního napětí Upp. Řízení celého laboratorního modelu je prováděno mikrokontrolérem AT mega 16. Při návrhu laboratorního modelu byl kladen důraz na ochranu vůči nesprávnému zapojení vstupních napájecích svorek a případnému zkratu nebo velkého odběru proudu na výstupu.

1. Teoretický rozbor

Generátory signálů jsou elektronické obvody, které za určitých podmínek generují jednorázový nebo periodický signál. Nejsou buzeny z vnějších zdrojů signálu, patří tedy mezi autonomní. [1]

1.1. Rozdělení generátorů.

Podle druhu vyráběných signálů rozeznáváme generátory neperiodických průběhů (jednorázových) a generátory periodických průběhů. Podle tvaru generovaného signálu rozeznáváme generátory harmonických signálů (obvykle jsou nazývány oscilátory), generátory impulsních průběhů – klopné obvody a generátory funkcí (funkční generátory). Funkční generátory vytvářejí různé periodické průběhy jako trojúhelníkové, pilovité, můžeme sem zařadit také generátory speciálních průběhů, jako jsou generátory televizního signálu a podobně. [1]

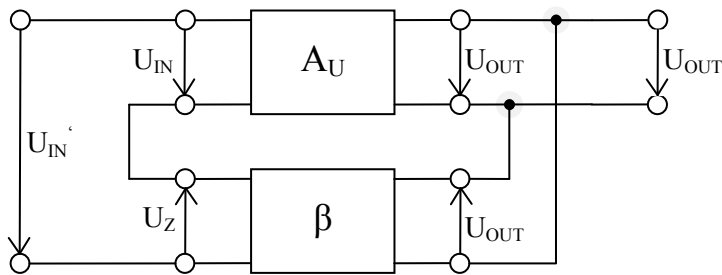
1.2. Princip generátorů.

Ke vzniku kmitů je zapotřebí akumulace energie, a proto musí být v obvodech generátorů reaktance. Po připojení zdroje se oscilační obvod sám rozkmitá tlumenými kmity. Pro udržení těchto kmitů je nutné hradit ztráty vzniklé na odporech reálného obvodu energií z napájecího zdroje. [2]

Funkci automatického regulátoru energie ze zdroje plní zesilovač s nelineární zpětnou vazbou. Je samozřejmé, že je nutné pokrýt i ztráty, které vzniknou při zatížení generátoru spotřebičem. [2]

Pro praktickou realizaci je důležité, aby se generátor po zapnutí sám rozkmital (tzv. měkké nasazení kmitů). To se děje pomocí takzvané kladné zpětné vazby. Nepatrný šum se zesilovačem zesílí a přivede vazbu opět na vstup, znovu se zesílí a amplituda tímto způsobem narůstá až do limitace zesilovače. Pro harmonický signál je nutné, aby automatická regulace zmenšila zesílení a nedošlo tak k přebuzení. [2]

Generátory s vlastním buzením jsou kladné obvody opatřené kladnou zpětnou vazbou. Skládají se z aktivního dvojbranu (zesilovače) a pasivního zpětnovazebního dvojbranu. [2]



Obr. 1. Aktivní člen s kladnou zpětnou vazbou.

Zesílení zesilovače se zpětnou vazbou je dáno vzorcem: $\overline{A_U'} = \frac{\overline{A_U}}{1 - \beta \cdot \overline{A_U}}$ [1].

Vznik oscilací je dán podmínkami:

$$1 - \beta \cdot A_U = 0 \quad [2]$$

$$\beta \cdot A_U = 1 \quad [3]$$

Protože zesílení zpětnovazební větve β i zesílení A_U jsou komplexní veličiny, plyne z toho:

amplitudová podmínka: $|\beta| \cdot |A_U| = 1$ [4] a fázová podmínka: $\alpha + \beta = 2k\pi$ kde $k=1, 2, 3$ [5]

Pokud budou splněny obě podmínky pro jedinou frekvenci, budou mít generované kmitů harmonický průběh. Jsou-li splněny pro spektrum frekvencí, bude neharmonické. Frekvence kmitů je určena parametry zpětnovazební dvojbranu. Podle typu se rozeznávají generátory a oscilátory typu LC,RC a oscilátory řízené krystalem. [2] Viz kapitola 1.3.

U sinusových oscilátorů může někdy nelinearita obvodu způsobit nežádoucí jevy (kmitů na více frekvencích, změny oscilační frekvence). Z tohoto důvodu a pro větší stabilitu se zapojují se dvěma zpětnými vazbami. Frekvenčně závislá zpětná vazba je podpořena frekvenčně nezávislou nelineární zpětnou vazbou, která závisí na amplitudě výstupního napětí. Toto zapojení se používá u oscilátorů, které mají pracovat jako frekvenční a v laboratorních generátorech. [2]

1.3. Generátory harmonických signálů - oscilátory.

Základními typy oscilátorů jsou jednobranové LC oscilátory, také nazývané oscilátory se záporným diferenciálním odporem (Negative Resistance Oscillators) a zpětnovazební oscilátory. Zpětnovazební oscilátory dělíme na oscilátory RC, LC oscilátory, jejichž kmitočet je určen rezonančním kmitočtem LC obvodu a krystalem řízené oscilátory. [1]

Pro pásmo nízkých kmitočtů do několika set kHz může být sinusový signál generován oscilátorem s RC selektivním zpětnovazebním obvodem, pro vyšší kmitočty jsou používány LC oscilátory. Pro velmi přesné a stabilní oscilátory jsou využívány oscilátory řízené krystaly. [1]

1.3.1. LC oscilátory.

Jako řídicí dvojbran se používá obvod LC, tyto oscilátory se používají jako laditelné vysokofrekvenční oscilátory v přijímačích, vysílačích a různých měřicích přístrojích. Z pravidla mají jednu zpětnovazební smyčku, ve které je zapojen zesilovač a pasivní dvojbran ve tvaru rezonančního LC obvodu doplněný příslušnými členy. Jednotlivé typy LC oscilátoru se vzájemně liší zapojením řídicího dvojbranu a jeho zapojením s aktivním dvojbranem. Dle způsobu zapojení se dělí na oscilátory s vazbou indukční a třibodové oscilátory. [2]

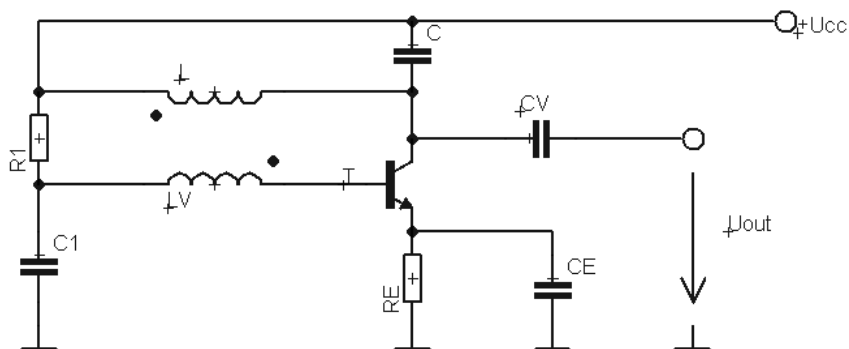
1.3.1.1. Oscilátory s indukční vazbou.

Meissnerovo zapojení.

Zpětná vazba je tvořena cívkou LV. Převod (L a LV) se volí tak, aby $\beta \cdot A_u$ bylo větší než jedna pro spolehlivé zajištění rozběhu oscilátoru po připojení napájecího napětí +Ucc. Tečky označují začátky vinutí obou cívek, aby obvod mohl být správně zapojen. Na označených koncích je napětí ve stejných fázích. Fázový posuv mezi bází a kolektorem je 180° a dalších 180° se realizuje pomocí vazby cívek L a LV. Pracovní bod je nastaven rezistorem R1, stabilita pracovního bodu je zajišťována rezistorem R_E . Před nasazením oscilací probíhá tranzistorem klidový proud (třída A). [2]

Po připojení obvodu k napájecímu zdroji se nastaví pracovní bod a současně prochází kolektorový proud cívkou L. Ve vazební cívce LV se indukují střídavé napětí, které se usměrní přechodem báze – emitor tranzistoru T. Napětí na C1 se bude snižovat, bude se měnit pracovní bod a tranzistor se bude přivírat (třída B). Automaticky se tak zabezpečí, že kolektorový proud nepřekročí dovolenou hranici. [2]

Zkreslení signálu zůstává v přijatelných mezích, protože rezonanční obvod LC má selektivní charakter a vybírá první harmonickou (automatickou regulaci amplitudy zajišťuje nelinearita zesilovače). [2]

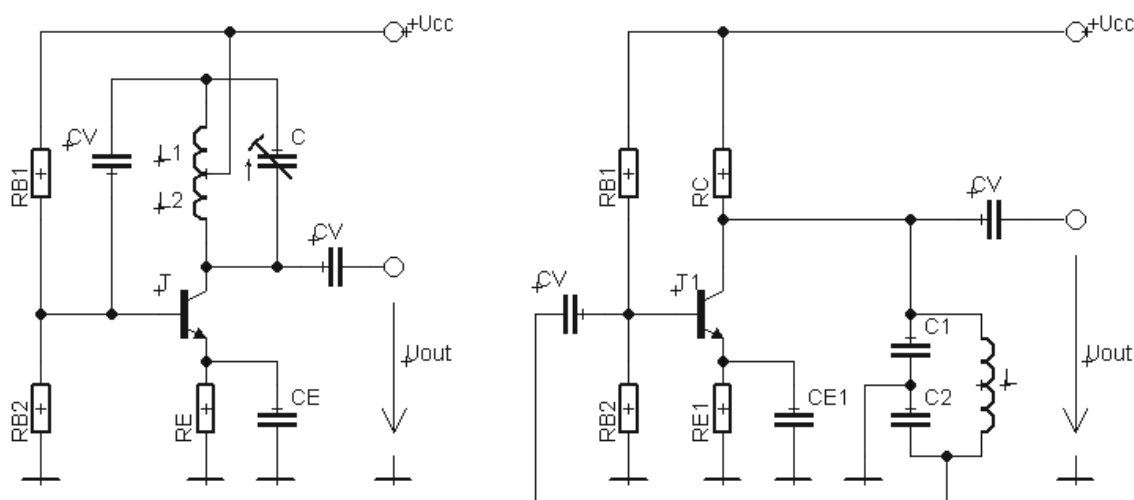


Obr. 2. Meissnerovo zapojení.

1.3.1.2. Třibodové oscilátory.

Aktivní součástka je na řídicí obvod připojena ve třech směrech.

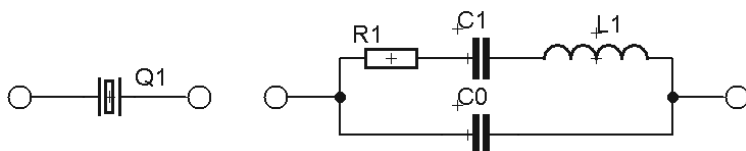
Pro dosažení lepší účinnosti a při požadovaných lepších výkonech se používá dvojitě zapojení oscilátoru. Toto zapojení se používá u napěťových měničů vyrábějících z malého stejnosměrného napětí střídavé napětí. V současné době je elektrická část oscilátoru realizována integrovaným obvodem, který se připojí k příslušnému impulsnímu transformátoru. [2]



Obr. 3. Nalevo Hartleyův oscilátor (indukční dělič napětí)
napravo Colpittsův oscilátor (kapacitní dělič napětí).

1.3.2. Oscilátory řízené krystalem.

Základem tohoto oscilátoru je destička z křemene opatřená vývody na protilehlých stranách (piezoelektrický jev). Rozměry se zvolí tak, aby se mechanická rezonanční frekvence skládala z frekvencí elektrických kmitů, které má oscilátor generovat. Správně provedený výbrus se projevuje jako úplný rezonanční obvod s nepatrným tlumením, tedy vysokým Q (řádově 10^4). [2]



Obr. 4. Krystal a jeho náhradní schéma.

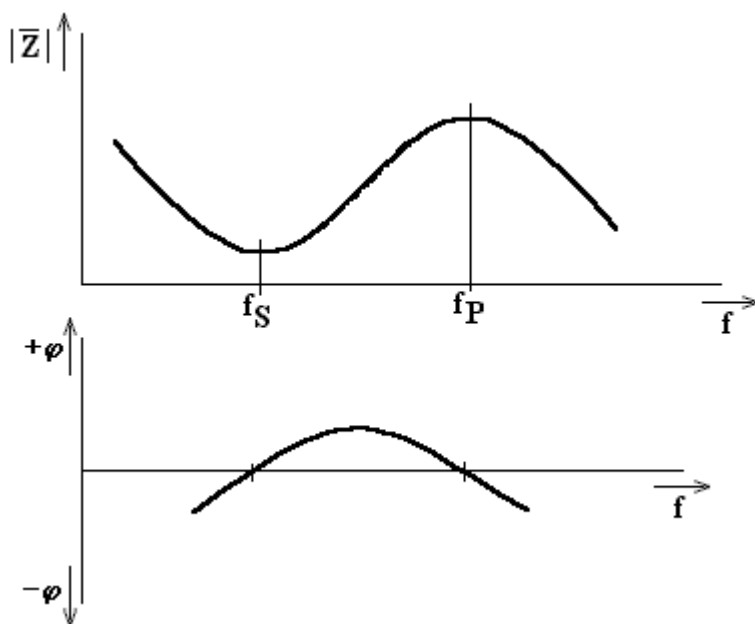
$R1$ = Tento rezistor vyjadřuje tlumení kmitů – mechanické ztráty v krystalu, přibližně Ω .

$L1$ = Odpovídá hmotnosti rezonátoru (setina H).

$C1$ = Odpovídá pružnosti rezonátoru (20 pF).

$C0$ = Odpovídá kapacitě dielektrika a přívodu (přibližně 5 pF).

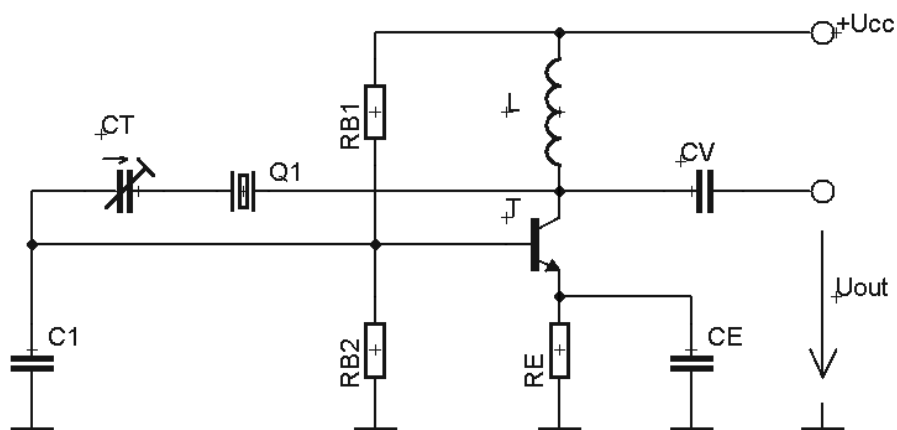
Z náhradního zapojení je patrné, že výbrus krystalu vykazuje 2 rezonanční kmitočty, paralelní a sériový, $f_p > f_s$. [2]



Obr. 5. Průběhy impedance a fáze krystalového výbrusu. [2]

Piercův oscilátor řízený krystalem, zapojení se společným emitorem.

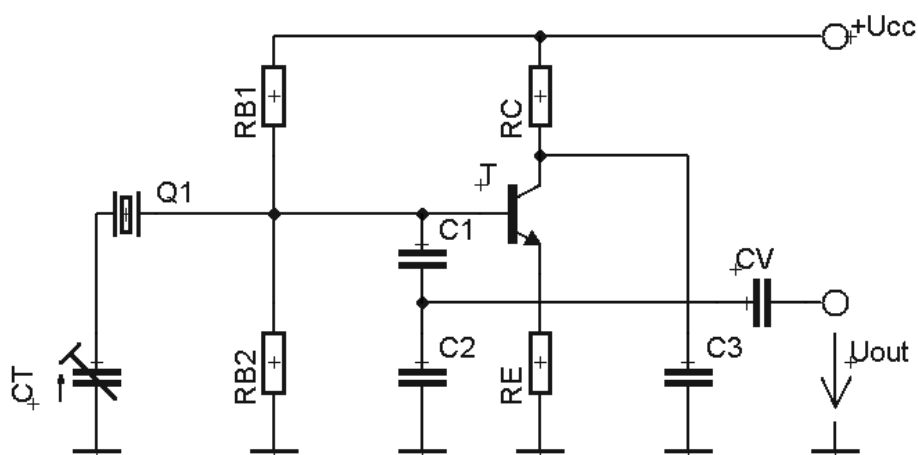
Odpory R_{B1} , R_{B2} , R_E slouží pro nastavení a stabilizaci pracovního bodu, je nutný tranzistor s velkým zesílením. Krystal kmitá na paralelní rezonanci. Jemně ho lze doladit kapacitním trimrem. Vysoká stabilita frekvence. Amplituda oscilací je silně závislá na stabilitě pracovního bodu. Nevýhodou je, že nelze uzemnit jeden vývod krystalu. [2]



Obr. 6. Piercův oscilátor řízený krystalem, zapojení se společným emitorem.

Colpittsův oscilátor, zapojení se společným kolektorem.

Zpětná vazba se realizuje kapacitním děličem C_1 , C_2 z emitoru do báze. Oscilátor kmitá mezi sériovou a paralelní rezonancí krystalu. Jeden vývod krystalu může být uzemněn. Teplotní součinitel frekvenční stability dosahuje hodnoty přibližně 1 až $3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, při frekvenci 1 MHz změní oscilátor svůj kmitočet o 1 až 3 Hz na $^{\circ}\text{C}$, frekvence oscilátoru přeladit nejde. [2]



Obr. 7. Colpittsův oscilátor, zapojení se společným kolektorem.

Harmonické oscilátory - Přes velkou frekvenční stabilitu krystalových výbrusů dochází při vyšších frekvencích k větší odchylce, než je únosná. Odchylka 1 až $3 \cdot 10^{-6}$ při základní frekvenci 100 MHz je stokrát větší než při frekvenci 1 MHz. Krystaly se základními vysokými frekvencemi vyžadují náročnější obvody a kladou vyšší požadavky na parametry VF tranzistoru. Tyto problémy se výrazně zmenší zapojením tzv. harmonických oscilátorů, které využívají vlastnosti krystalu kmitat i na vyšších harmonických, obvykle lichých. Oscilace na příslušném lichém násobku základní frekvence se zajistí LC obvodem kolektoru naladěným na příslušnou frekvenci. [2]

Dvoupólové oscilátory - Tyto oscilátory pracují s aktivními součástkami se záporným diferenciálním odporem (tunelová dioda, tetroda – elektronka). Harmonické kmitání sinusového průběhu vzniká pouze se zapojením s LC obvodem, obvodem ve tvaru rezonančního vedení nebo dutinového rezonátoru. Součástky se záporným diferenciálním odporem kompenzují ztrátový odpor obvodu LC. [2]

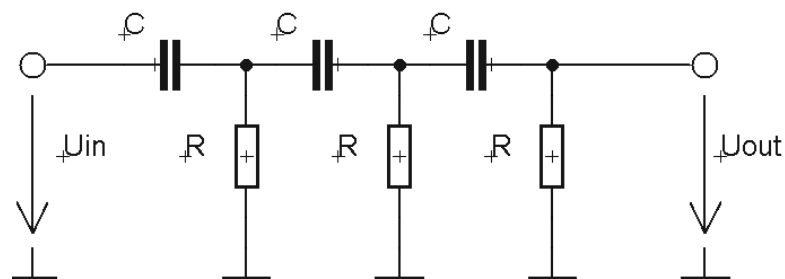
Použití krystalových oscilátorů:

- radiokomunikace (stabilita frekvence nosných vln),
- hodinové generátory - taktovací generátory v obvodech digitální techniky,
- časové etalony,
- zařízení s mikroprocesory,
- měřicí přístroje,
- kompletní oscilátory v uzavřených pouzdrech jako modulové jednotky pracující na různých frekvencích a vyznačující se pohotovým použitím.

1.3.3. Oscilátory RC.

Řídicí obvod je sestaven ze součástek RC tak, aby vytvořený dvojbran spolu s přenosovými vlastnostmi aktivního dvojbranu umožnil splnit amplitudovou a fázovou podmínku. [2]

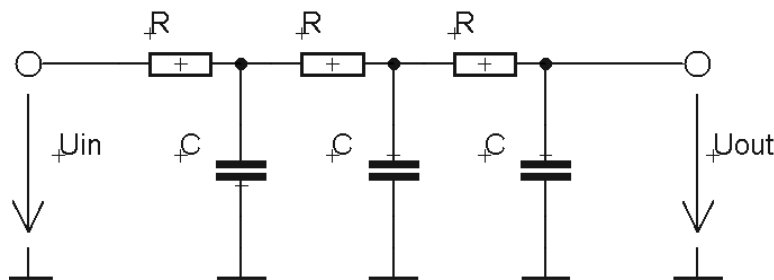
Oscilátor RC s posouvačem fáze.



Obr. 8. Derivační článek (horní propust).

Kvazirezonanční frekvence derivačního članku f_0 je dána vztahem $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$ [6]

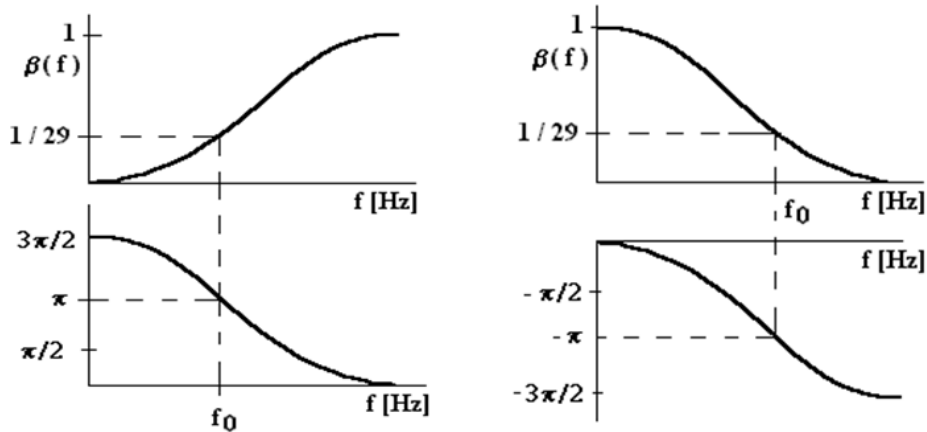
útlum članku $A_U = \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} = \frac{1}{29}$ [7]



Obr. 9. Integrační článek (dolní propust).

Kvazirezonanční frekvence derivačního članku f_0 je dána vztahem $f_0 = \frac{\sqrt{6}}{2\pi RC}$ [8]

útlum članku $A_U = \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} = \frac{1}{29}$ [9]

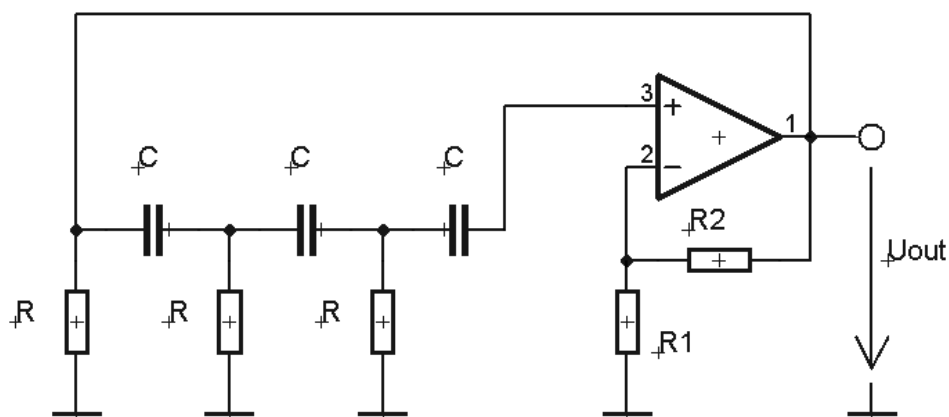


Obr. 10. Nalevo amplitudová a fázová frekvenční charakteristika derivačního članku
napravo amplitudová a fázová frekvenční charakteristika integračního članku. [2]

Oscilátor s derivačním příčkovým článkem.

Fázovací obvod pro mezní frekvenci f_0 zabezpečuje fázový posuv $\varphi = 90^\circ$ a je to proto zařazen do obvodu kladné zpětné vazby. Odporů R1 a R2 nastavují potřebné zesílení větší než 29. [2]

$$A_U = \frac{R2}{R1} + 1 > 29 \quad [10]$$



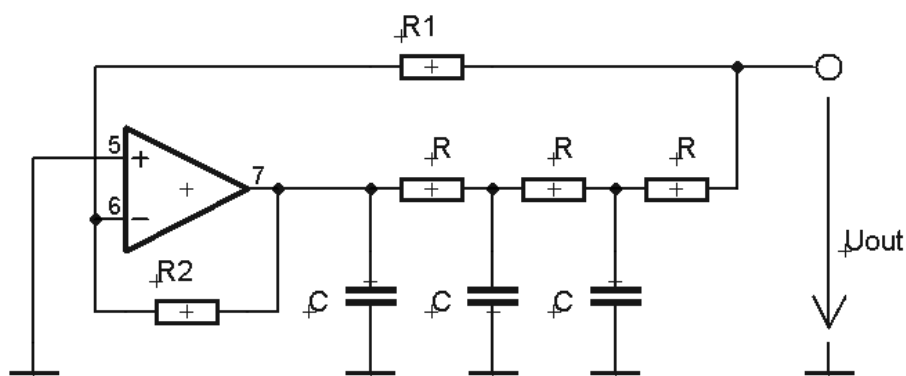
Obr. 11. Oscilátor s derivačním příčkovým článkem.

Oscilátor s integračním příčkovým článkem.

Vzhledem k fázovému posuvu $\varphi = -90^\circ$ musí být zařazen do zpětné vazby. Odporů R1 a R2 nastavují potřebné zesílení, příčkový článek určuje frekvenci. [2]

Zesílení zesilovače musí být přibližně 29 na kvazirezonanční frekvenci (protože útlum kaskády článků je $1/29$). Pokud budou jednotlivé stupně příslušných článků odděleny impedančními převodníky, stačí zesílení zesilovače 8 (může být i emitorový sledovač – klasický s tranzistorem). Tyto obvody se vyznačují spolehlivou funkcí, ale nesnadnou přeladitelností. [2]

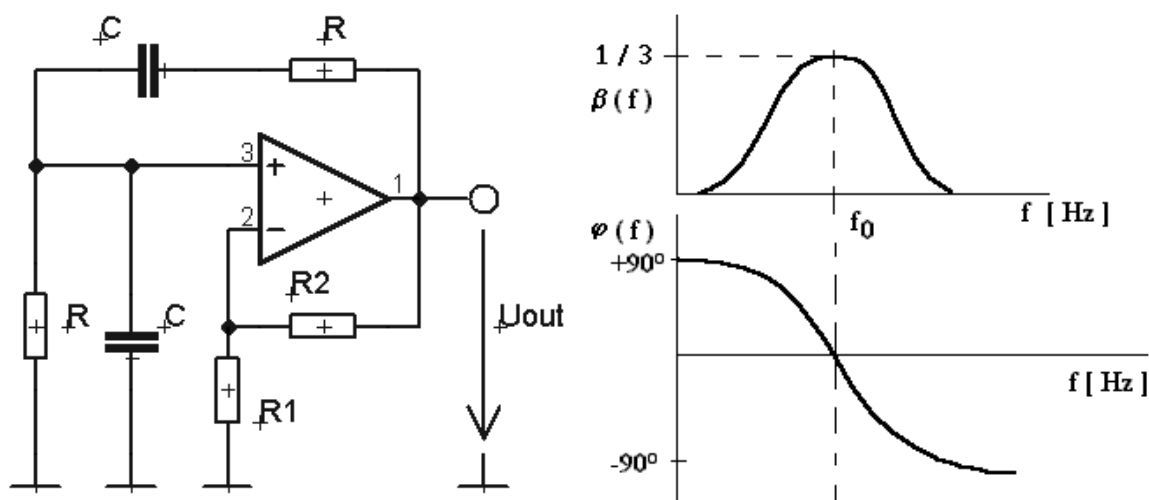
$$A_U = -\frac{R2}{R1}, \quad |A_U| > 29 \quad [11]$$



Obr. 12. Oscilátor s integračním příčkovým článkem.

Oscilátor s Wienovým článkem.

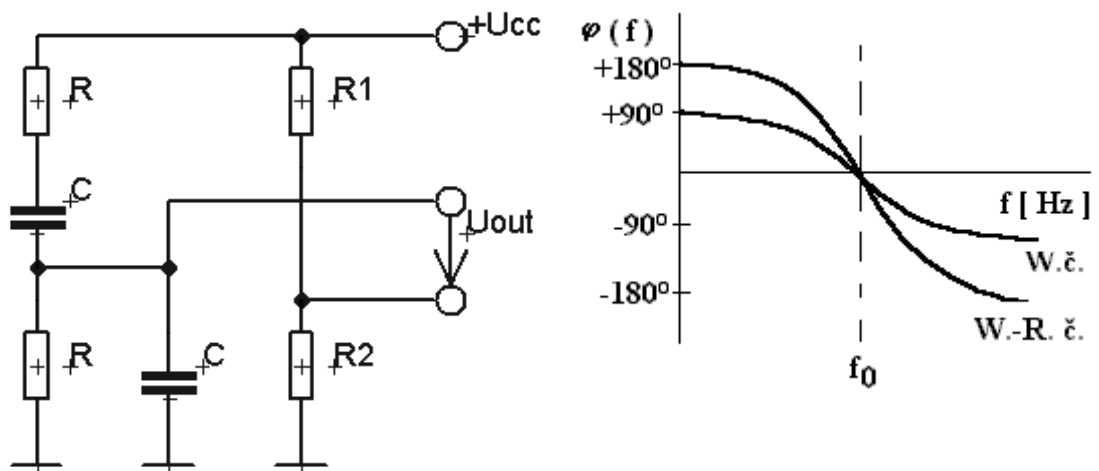
Odpor R1 můžeme nahradit termistorem NTC a odpor R2 nahradit žárovkou z wolframu (protože vzroste-li odpor, zesílení poklesne, nebo také termistorem PTC).



Obr. 13. Nalevo Oscilátor s Wienovým článkem
napravo amplitudová a fázová frekvenční charakteristika Wienova článku. [2]

Oscilátor s Wienovým-Robinsonovým můstkem.

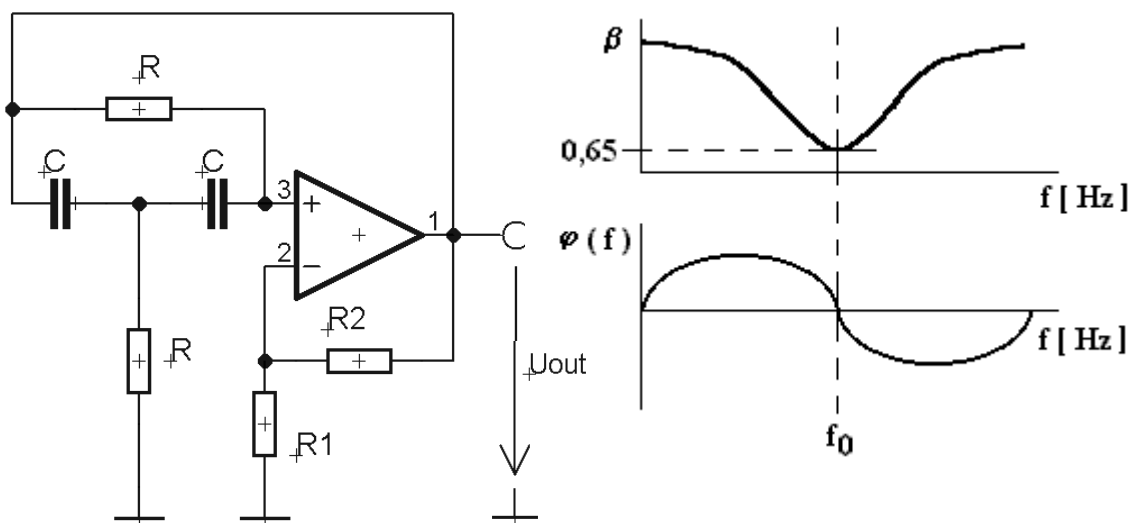
Vzhledem k průběhu fázové frekvenční charakteristiky Wienova článku vyznačují se oscilátory malou frekvenční stabilitou. Pomalý nárůst fázového posuvu způsobuje, že pokud se vyskytnou v zesilovači vlivem zkreslení vyšší harmonické, budou málo tlumeny. Pro dosažení dobré frekvenční stability a malého činitele zkreslení lze použít zpětnovazební obvod, který má strmý průběh fázové charakteristiky při průchodu nulou. Toto splňuje W. -R. můstek. [2]



Obr. 14. Nalevo oscilátor s Wienovým-Robinsonovým můstkem
napravo fázová frekvenční charakteristika Wienova-Robinsonova můstku.[2]

Oscilátor RC s přemostěným T – článkem.

Kladná zpětná vazba je zavedena pro všechny frekvence, záporná zpětná vazba ruší kladnou zpětnou vazbu pro všechny frekvence kromě kvazirezonanční frekvenci. [2]



Obr. 15. Nalevo oscilátor RC s přemostěným T - článkem
napravo amplitudová a fázová frekvenční charakteristika.[2]

1.4. Generátory neharmonických signálů.

Napětí obdélníkového průběhu se vyrábí relaxačními generátory pracujícími buď s vlastním, nebo cizím buzením. Nejčastěji bývají zapojené jako klopné (regenerativní) obvody. Tyto obvody mají dva stavy definované nízkou a vysokou úrovní napětí na výstupu. [2]

Klopné obvody se dělí dle charakteru obou stavů na:

- 1) Astabilní – mají dva kvazirezonanční stavy.
- 2) Monostabilní – mají jeden kvazirezonanční a jeden stabilní stav.
- 3) Bistabilní – mají dva stabilní stavy.

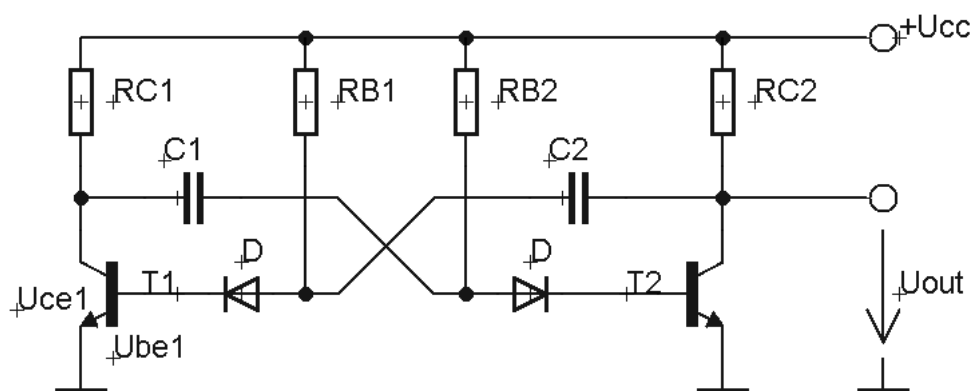
Astabilní klopný obvod.

Je to regenerační obvod realizovaný většinou obvodem s kladnou zpětnou vazbou (zesilovač s kapacitní kladnou zpětnou vazbou). [2]

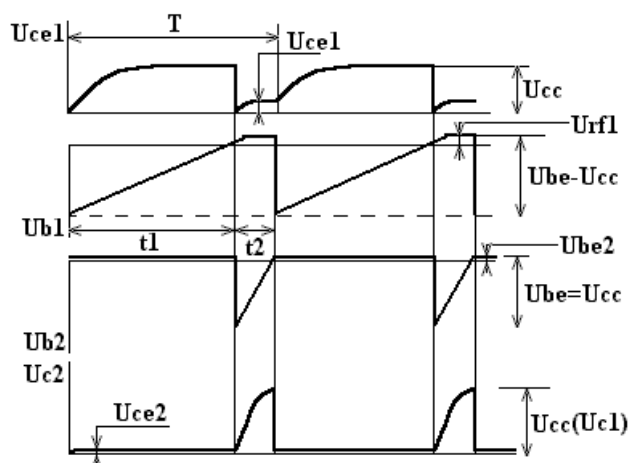
Princip činnosti obvodu:

a) výchozí stav: T1 uzavřen, T2 otevřen (stav nasycení – zajišťuje odpor R_{b2}). Tento stav se nastaví přechodovým jevem po připojení obvodu ke zdroji. [2]

b) Vlastní činnost: C2 se nabíjí přes rezistor R_{b1} . Závěrné napětí na bázi tranzistoru T1 se zmenšuje, až se T1 otevře a napětí na jeho kolektoru poklesne. Tento pokles (tato změna) se přeneseme přes C1 na bázi tranzistoru T2, který se uzavírá. Napětí na uzavírajícím se tranzistoru T2 roste a tento růst dále podporuje vazbou přes C2 otevírání T1. Přechod proběhne lavinovitým pochodem. T1 je otevřen, T2 uzavřen. C1 se nabíjí přes rezistor R_{b2} , aby v okamžiku otevírání T2 obvod přešel zpět do předchozího stavu. [2]



Obr. 16. Zapojení astabilního klopného obvodu



Obr. 17. Průběhy napětí na jednotlivých svorkách obvodu. [2]

Doba uzavření tranzistoru T1:

$$t1 = Rb1 \cdot C2 \cdot \ln \frac{2U_{cc} - U_{be}}{U_{cc} - U_{be}} = 0,69\tau1 \quad [12]$$

Doba uzavření tranzistoru T2:

$$t2 = 0,69\tau2 \quad [13]$$

Pro frekvenci platí vztah:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t1 + t2} \quad [14]$$

Z průběhu napětí je patrné, že na bázích se vyskytují záporné impulsy o amplitudě přibližně U_{cc} . U difúzních tranzistorů se průrazu přechodu B-E zabraňuje pomocnou diodou. Na kolektorových průbězích je vidět, že otvírání tranzistoru probíhá velmi strmě a to proto, že tranzistory jsou v prvním okamžiku značně přebuzeny nabíjecím proudem vazební kapacity. Průběhy, které odpovídají uzavírání tranzistoru mají exponenciální čelo. Tyto přechodové děje způsobují v obvodu kolektoru to, že nelze navrhnout astabilní obvod s libovolnou střídou impulsu (impulsní poměr). [2]

U napětí pravoúhlých průběhů se kromě amplitudy, opakovací frekvence doby kmitu (periody), strmosti hran (časové konstanty) a šířky impulsu (případně mezery) udává také tzv. střída (impulsní poměr). Tento poměr vyjadřuje vzájemný vztah mezi šířkou impulsu a dobou kmitu (periody) případně mezi šířkou impulsu a šířkou mezery. [2]

Pro symetrický průběh platí, že $t_1 = t_2$.

$$\beta = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{T} = t_1 \cdot f \quad [15]$$

Pro souměrné uspořádání nebo zapojení (jednotlivé prvky odvodu jsou stejné) je maximální dosažitelný poměr t_1/t_2 závislý na činiteli zesílení B_s podle vztahu:

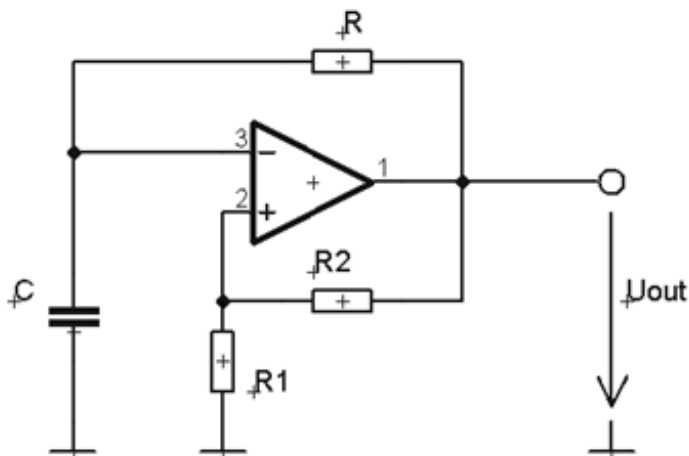
$$\frac{B_s}{5} = \frac{t_1}{t_2} \quad [16]$$

B_s je proudově zesilovací činitel ve stavu nasycení, $B_s = (0,4 \text{ až } 0,6) h_{21e}$. [2]

Astabilní klopný obvod s nasycenými tranzistory může při zapínání přejít do stavu, kdy jsou oba tranzistory otevřené. Smyčka kladné zpětné vazby je přebuzena a není splněna podmínka regenerativního obvodu. Astabilní obvody v symetrickém uspořádání s tranzistory jedné polaritě pracují při správné funkci tak, že vždy jeden tranzistor je uzavřen a druhý je otevřen. Astabilní obvody s komplementárními tranzistory jsou jednodušší, protože jedna z kapacitních vazeb může být nahrazena stejnosměrnou vazbou. Oba tranzistory jsou současně buď ve vodivém, nebo nevodivém stavu. U tohoto typu AKO je téměř vyloučeno nenastavení kmitů při zapnutí. Předpokladem ovšem je, že AKO je správně navržen (po rozpojení zpětné vazby se pracovní body tranzistorů musí ustálit v aktivní oblasti). [2]

Astabilní klopný obvod s operačním zesilovačem.

Kondenzátor C je vybitý, proběhne přechodový děj, na odporu R1 (U_+) se objeví nějaké napětí, větší než napětí na kondenzátoru, orientace napětí bude od neinvertujícího vstupu k invertujícímu vstupu – kladná saturace. Kondenzátor C se začne nabíjet přes odpor R, až napětí na něm dosáhne větší hodnoty než na odporu R1. přeje operační zesilovač do záporné saturace, napětí na odporu R1 bude záporné a kondenzátor se začne vybíjet. [2]



Obr. 18. Zapojení astabilního klopného obvodu s operačním zesilovačem.

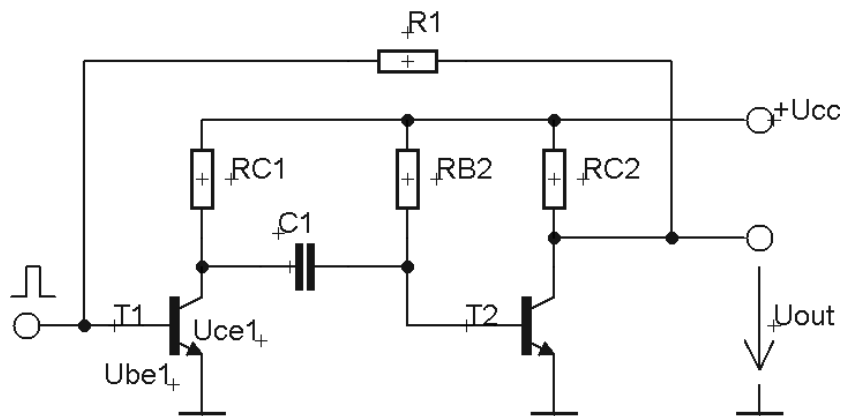
Monostabilní klopný obvod.

Je schopen setrvávat v jednom stabilním stavu neomezenou dobu a ve druhém stavu přechodně. Tato přechodná doba se označuje jako doba kmitu. [2]

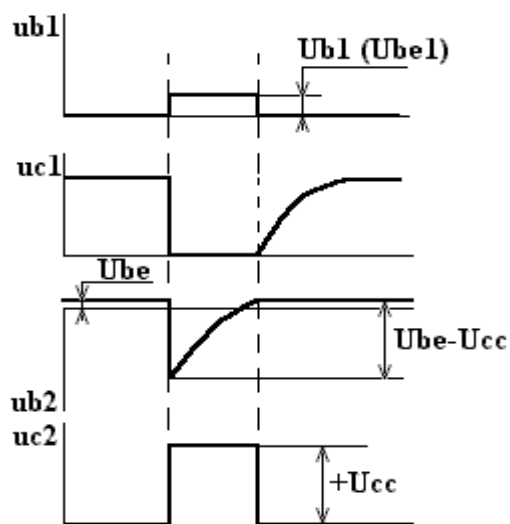
Princip činnosti obvodu:

a) výchozí stav: T1 otevřen pomocí rezistoru Rb2,

b) vlastní činnost: po příchodu kladného spouštěcího impulsu se T1 otevře, na jeho kolektoru poklesne napětí, tento pokles se přenesení přes C1 na bázi T2, který se začne uzavírat. Napětí na jeho kolektoru bude stoupat. Tento růst se pomocí R1 přenesení na bázi T1 a tak podpoří jeho otevření až do nasyceného stavu. V tomto okamžiku je na bázi T2 napětí $U_{be} - U_{cc}$. Vzápětí se bude C1 nabíjet přes rezistor Rb2 směrem k napětí $+U_{cc}$. Nabíjení trvá až do okamžiku, kdy narůstající napětí na bázi T2 překročí prahovou hodnotu a T2 se začne otevírat. Tehdy dojde ke zpětnému překlopení, T1 se uzavře a na C1 se ustálí přibližně napětí zdroje. Doba, za kterou byl obvod překlopen, je doba kmitu. Doba, po kterou dochází k ustálení napětí na C1 po zpětném překlopení je doba zotavení. [2]



Obr. 19. Zapojení monostabilního klopného obvodu.



Obr. 20. Průběhy napětí monostabilního klopného obvodu.[2]

Doba kmitu:

$$t_i = R_{b2} \cdot C_1 \cdot \ln \frac{2U_{cc} - U_{be}}{U_{cc}} = 0,69\tau \quad [17]$$

Doba zotavení:

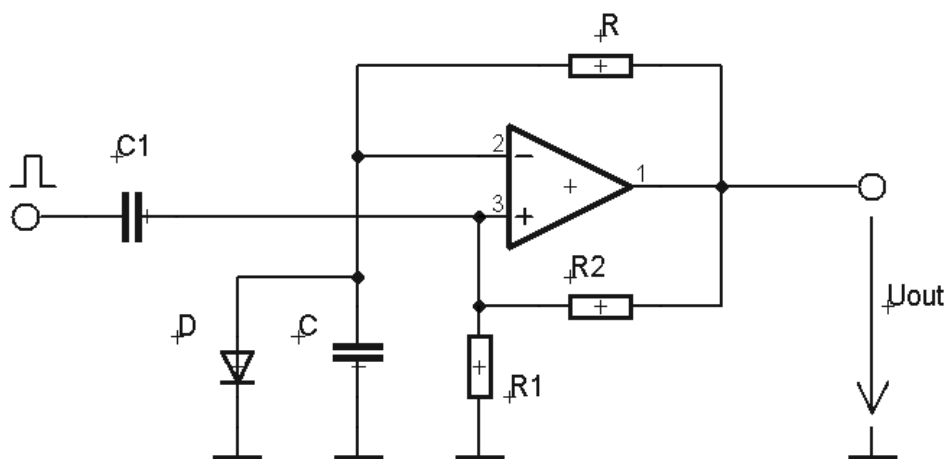
$$t_z = 3R_{c1} \cdot C_1 [18]$$

V případě, že spouštěcí impuls přijde dříve, než uplyne doba t_z , bude kmit kratší, než vypočítaná hodnota. Monostabilní klopný obvod se realizuje také pomocí operačního zesilovače nebo logických členů NAND. [2]

Monostabilní klopný obvod s operačním zesilovačem.

Rezistory R1 a R2 spolu s kondenzátorem C1 tvoří derivační článek.

$$t_i = R \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R1}{R2}\right) = 0,69t_i \quad [19]$$



Obr. 21. Zapojení monostabilního klopného obvodu s operačním zesilovačem.

Bistabilní klopný obvod.

Tento klopný obvod setrvává ve stavech libovolně dlouho a překlápí se do druhého stavu po přivedení spouštěcího impulsu. [2]

Princip činnosti obvodu:

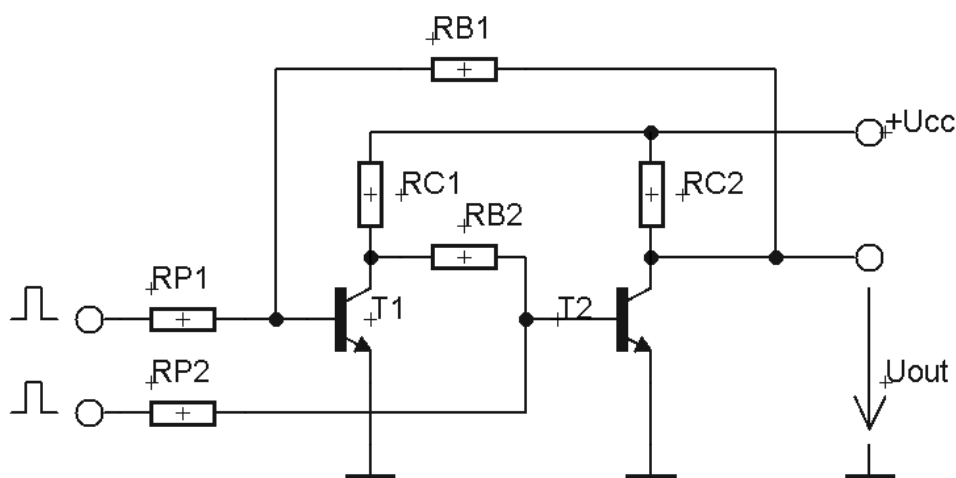
po připojení obvodu na zdroj napětí se napěťové poměry ustálí tak, že T1 je otevřen a T2 uzavřen nebo naopak. Přechod mezi stavy se děje regenerativním pochodem. Pokud je T1 uzavřen (na jeho kolektoru bude napájecí napětí), tranzistor T2 je v nasyceném stavu. Když se na rezistor Rb1 přivede kladný impuls, T1 se otevře, napětí na jeho kolektoru poklesne, tento proces se přenesení přes Rb1 na T2, který se začne uzavírat. Napětí na jeho kolektoru bude narůstat a tento růst se bude přenášet přes Rb2 na bázi tranzistoru T1 a dále tak podporovat otvírání T1. Celý pochod je takto sám sebou urychlován, je to tedy regenerativní proces. Pro uvedení obvodu zpět do původního stavu je nutné přivést kladný impuls na bázi tranzistoru T2 přes rezistor Rb2. Vzhledem k tomu, že k překlápění lze použít vhodné spouštěcí impulsy, nazývají se tyto obvody také jako spouštěcí obvody. Pro urychlení přechodového děje jsou ve zpětnovazebních větvích zařazeny urychlovací kondenzátory (paralelně k odporům Rb1 a Rb2). [2]

Překlápění lze realizovat různými způsoby:

a) přivedením impulsu do báze: kladný impuls na bázi uzavřeného tranzistoru nebo záporný impuls na bázi otevřeného tranzistoru. Střídajícími impulsy lze obvod překlápět jejich přívodem na jednu bázi.

b) přívodem impulsu na kolektor uzavřeného tranzistoru.

Tento obvod lze realizovat pomocí členů NAND.



Obr. 22. Zapojení bistabilního klopného obvodu.

1.4.2. Generátory pilových impulsů.

V mnoha aplikacích se lze setkat s požadavkem na napětí pilového nebo trojúhelníkového průběhu (např. pro obvody časových základů osciloskopů, v obvodech pro automatický zápis nebo zobrazení V-A charakteristik). Základním požadavkem je, aby časový průběh napětí v obvodu co nejlépe splňoval následující vztah. [2]

$$u = k \cdot t \quad (y = k \cdot x) \quad \text{kde } 0 < t < t_i \quad [20]$$

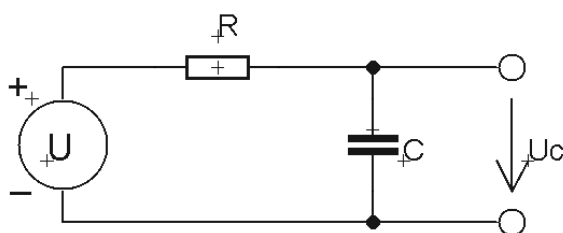
Dalším požadavkem se týká zpětného běhu. Pilový průběh je průběh s velmi rychlým zpětným během, u trojúhelníkových průběhů je i zpětný běh lineární funkcí času. Úplné zadání v sobě také zahrnuje, zda se má pilový průběh rozběhnout hned po skončení zpětného běhu nebo až po příchodu spouštěcího impulsu (synchronizace). [2]

Elektrický obvod vytvářející lineární rostoucí napětí je možné realizovat ze zdroje konstantního proudu, kterým se bude nabíjet kondenzátor C. [2]

Vychází se z derivačního vztahu: $uc = \frac{1}{C} \int_0^t idt$ [21]

Pokud bude proud konstantní (počáteční podmínka) pak platí: $uc = \frac{1}{C} \cdot i \cdot t$ [22]

Realizace ideálního zdroje konstantního proudu je technicky neproveditelná. Lze se jeho vlastnostem přiblížit. [2]



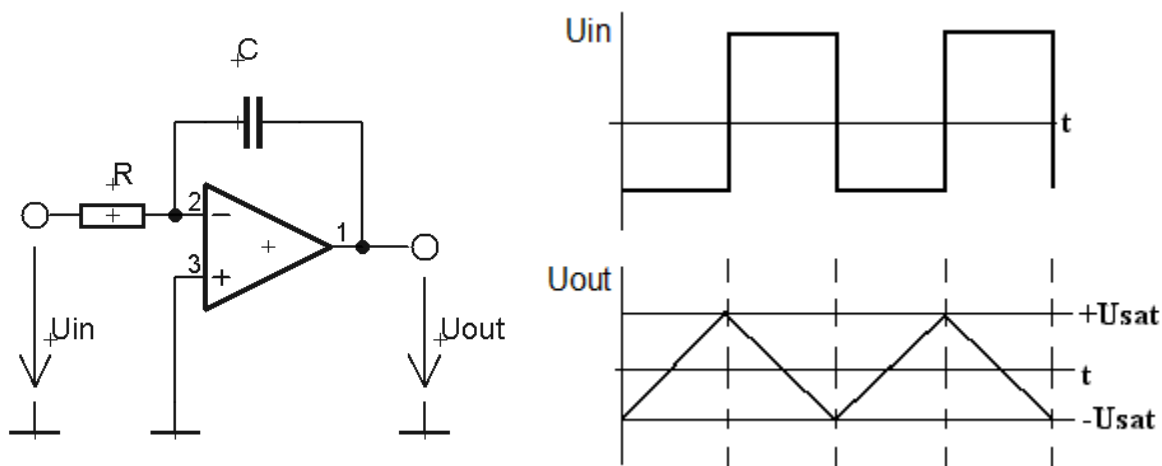
Obr. 23. Zdroj konstantního proudu.

U = zdroj vysokého napětí a R = velká hodnota odporu. Při konečné hodnotě nabíjecího odporu bude při rostoucím uc klesat nabíjecí proud i a uc nebude mít průběh lineární, ale exponenciální. Pouze pro poměr t/τ mnohem menší jak 1 je exponenciální průběh blízký lineárnímu. [2]

$$uc = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad [23]$$

Millerův integrátor.

Kondenzátor je zařazen ve zpětné vazbě, předpokladem správné činnosti je platnost všech podmínek vztahujících se k operačnímu zesilovači. [2]

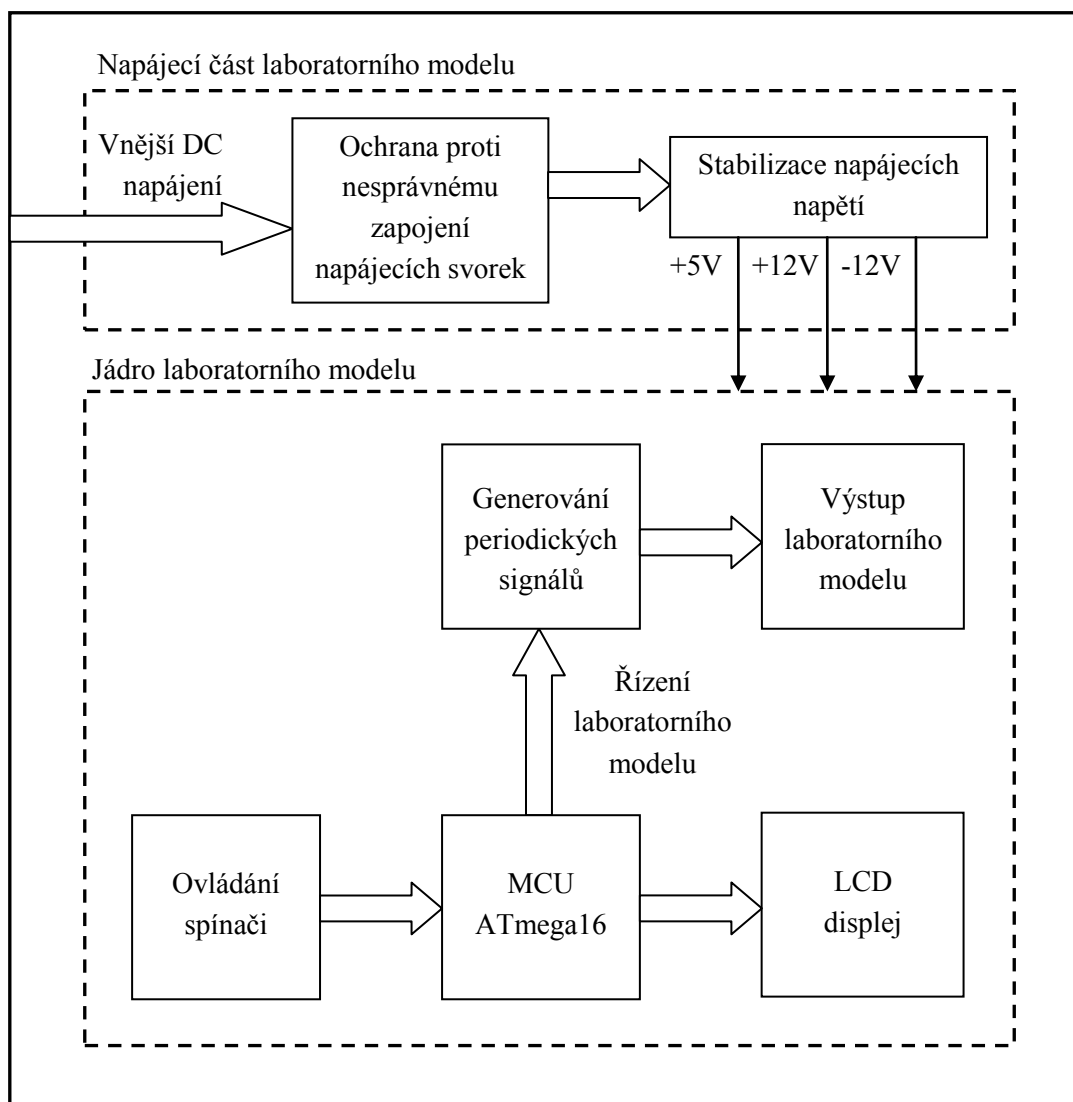


Obr. 24. Nalevo zapojení Millerova integrátoru napravo průběhy vstupního a výstupního napětí Millerova integrátoru. [2]

2. Praktická realizace

2.1. Návrh obvodového řešení laboratorního modelu.

Řešení laboratorního modelu je rozděleno do několika bloků. Jednotlivé bloky jsou popsány v následujících podkapitolách dle obsahu.



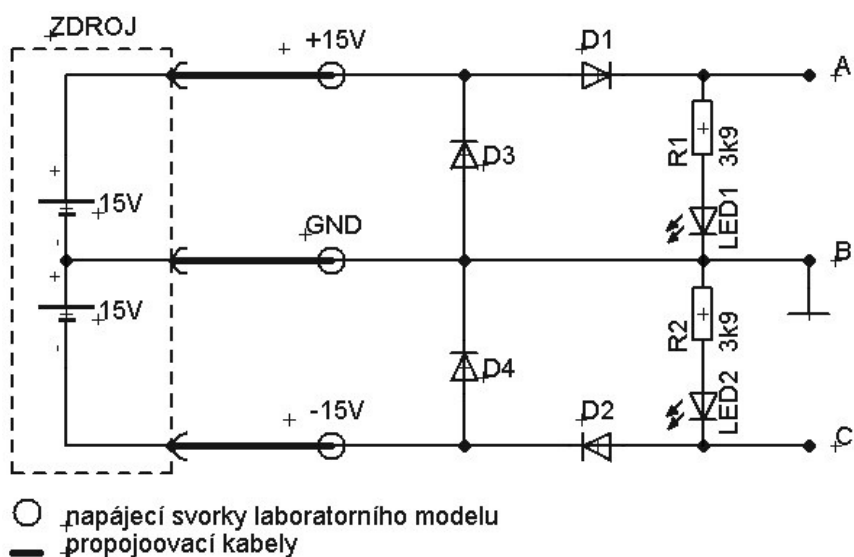
Obr. 25. Blokové schéma laboratorního modelu.

2.1.1. Ochrana proti nesprávnému zapojení vstupních napájecích svorek.

Jelikož laboratorní model generátoru signálů nemá vlastní napěťový zdroj, musí být napájen vnějším zdrojem stejnosměrného symetrického napětí. Z tohoto důvodu je kladen důraz na ochranu laboratorního modelu proti zničení nesprávným zapojením vstupních napájecích svorek.

Ochrana laboratorního modelu proti nesprávnému zapojení vstupních svorek je zajištěna čtyřmi diodami 1N4007. Diody D1 a D2 zůstávají v případě prohození svorek +15V a -15V uzavřeny a nepropouští proud. Tím je zajištěna ochrana vůči přepólování. Diody D3 a D4 slouží jako ochranné prvky pro případ, kdy dojde k záměně svorky GND se svorkou +15V nebo svorkou -15V. V případě záměny těchto svorek dojde ke zkratu na svorkách napájecího zdroje a proud protéká právě těmito diodami. Napájecí zdroj je ve většině případů pro tento případ chráněn.

Diody LED1 a LED2 se rozsvítí při správném zapojení vstupních napájecích svorek. Předřadné rezistory R1 a R2 slouží k nastavení proudu protékajícím LED diodami a tím je chrání před proudovým zničením.



Obr. 26. Schematické zapojení bloku ochrany proti nesprávnému zapojení vstupních napájecích svorek

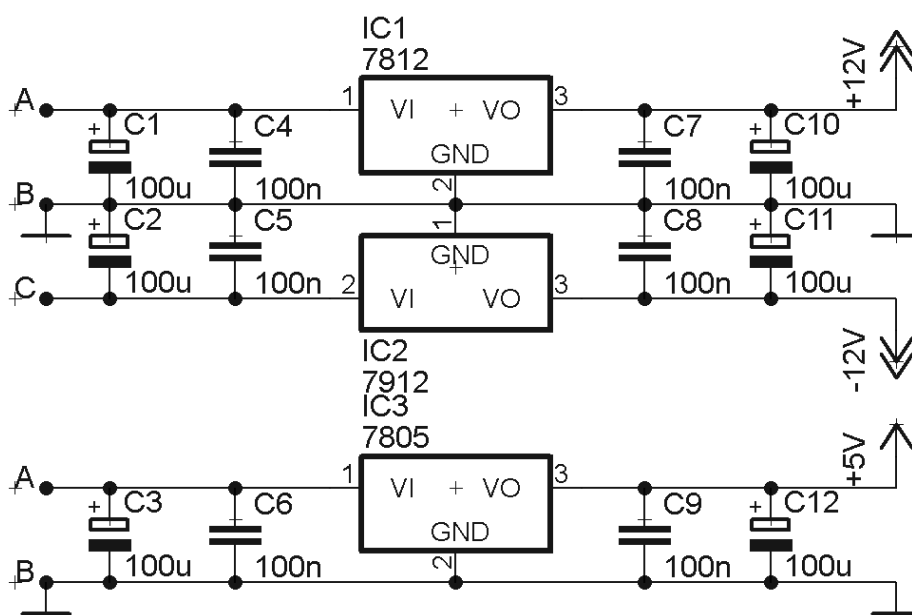
2.1.2. Stabilizace napájecích napětí.

Laboratorní model generátoru signálu potřebuje ke své správné funkci už zmíněný symetrický zdroj stejnosměrného napětí. Hodnota napětí je uváděna $\pm 15\text{V}$, protože v učebnách laboratoří katedry elektroniky se nečastěji tyto zdroje nachází.

Při návrhu laboratorního modelu byla potřeba stabilizovat a vyhladit vstupní napájecí napětí na $\pm 12\text{V}$, vyvést úroveň napětí $+5\text{V}$ pro napájení řídicí části laboratorního modelu a tím jsou dosaženy dva napájecí okruhy nezávislé na sobě s použitím jen jednoho napájecího zdroje. Jsou použity integrované obvody 7812, 7912 pro stabilizaci vstupního napětí na $\pm 12\text{V}$ a integrovaný obvod 7805 pro stabilizaci napětí na $+5\text{V}$.

Jelikož vzniká na diodách D1 a D2 úbytek napětí, na každé přibližně $0,6\text{V}$, a maximální hodnota napájecího napětí integrovaného obvodu, řešícího generování periodických signálů, je $\pm 13\text{V}$, nemohly být zvoleny stabilizátory 7815 a 7915, ale nejbližší v řadě, už zmiňované, 7812 a 7912. Napětí $\pm 12\text{V}$ slouží pro napájení operačních zesilovačů a dále pro napájení obvodu generování periodických signálů.

Stabilizátor 7805 je chlazen pasivním chladičem z důvodu zvýšeného ztrátového výkonu (dochází přibližně k třetinovému úbytku napětí při odebrané hodnotě proudu necelých 150mA při nezatíženém laboratorním modelu). Díky použití stabilizátorů řady 78xx a 79xx je možno laboratorní model napájet napětím až $\pm 35\text{V}$, aniž by došlo k jeho zničení. Při používání vyššího napájení, než je doporučených $\pm 15\text{V}$, je třeba dbát na dostatečné chlazení použitých stabilizátorů. Kondenzátory C1 – C12 slouží k vyhlazení vstupních a výstupních napětí stabilizátorů.

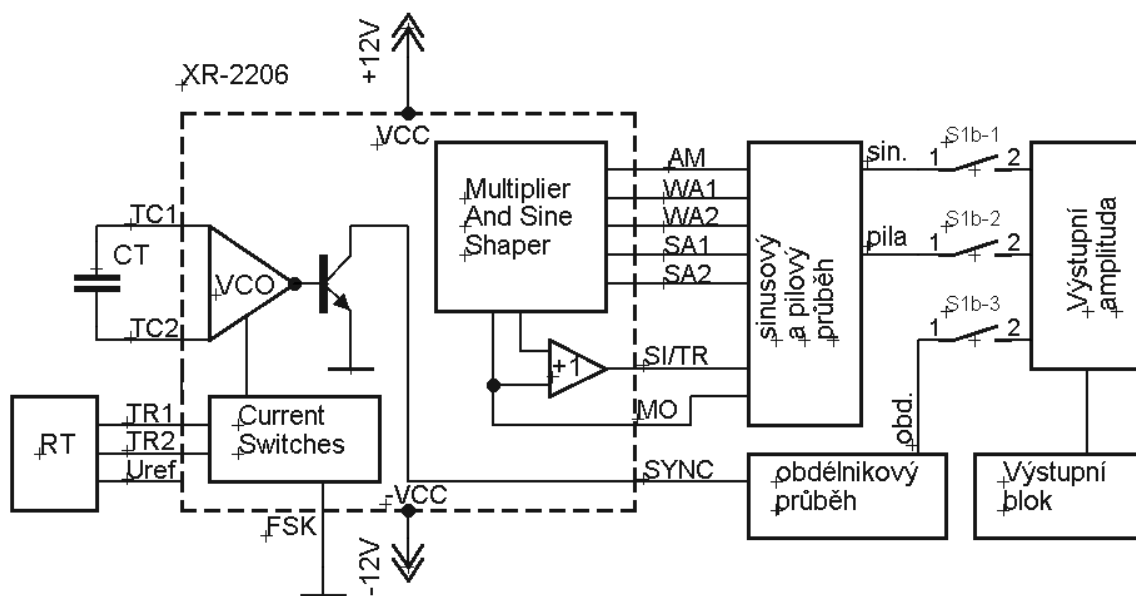


Obr. 27. Schematické zapojení bloku stabilizace napájecích napětí.

2.1.3. Generování periodických signálů.

Pro generování periodických signálů je použit obvod XR-2206, který generuje pilový, sinusový a obdélníkový periodický signál. Laboratorní model je navrhnutý tak, aby střída těchto průběhů byla 1:1, maximální hodnoty napětí byly u všech tří průběhů shodné a offset všech signálů byl roven nule.

Výstupní frekvence je dána kondenzátorem CT, který je připojen mezi vstupy TC1 a TC2, a řídicím proudem odebíraného vstupem TR1 nebo TR2. Frekvenční pásmo laboratorního modelu je od 10Hz do 200kHz nastavitelné v pěti rozsazích. Za účelem měření lze nastavit pouze 10 různých frekvencí. Popis nastavení těchto frekvencí, spínání a popis jednotlivých bloků je popsán v následujících podkapitolách.



Obr. 28. Blokové zapojení generátoru periodických signálů.

Z blokového schématu obvodu XR-2206 vyplývá, že jako první se generuje obdélníkový signál vystupující výstupem SYNC, poté pomocí integrátoru se generuje pilový signál a pomocí funkčního měniče sinusový signál. Pilový a sinusový signál vystupuje výstupem SI/TR.

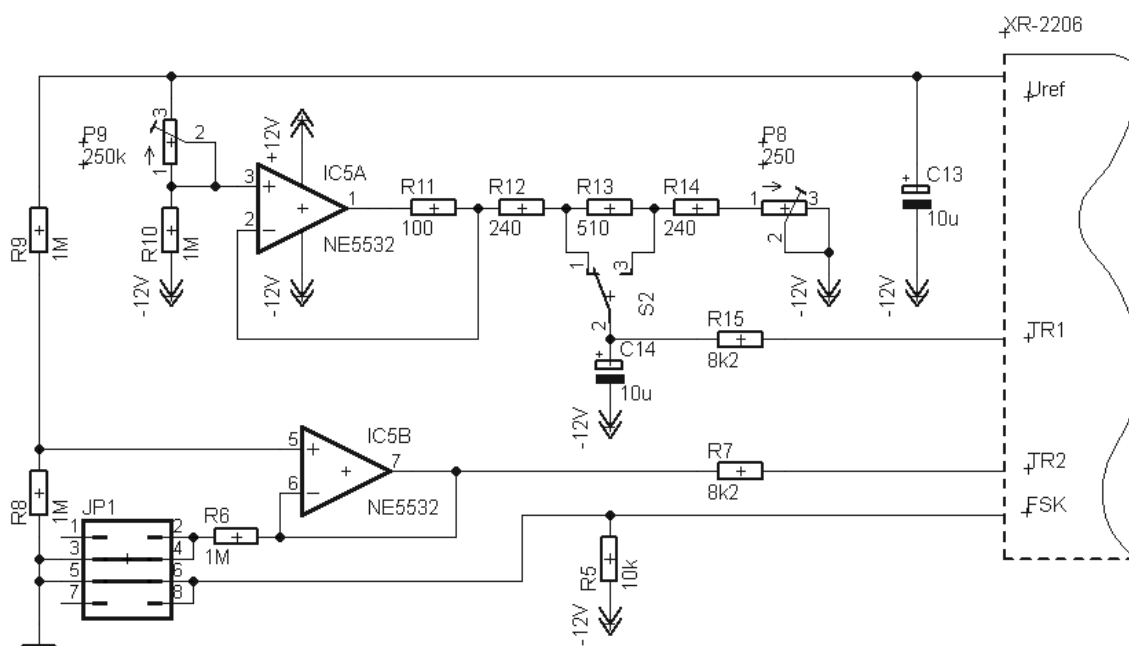
2.1.3.1. Nastavení výstupní frekvence.

Jak už bylo v předchozí kapitole zmíněno, tak nastavení frekvence je dáno kondenzátorem CT a odběrem řídicího proudu vstupem TR1 nebo TR2 obvodu XR-2206.

Výběr vstupu TR1 nebo TR2 je dán napětím přivedeným na vstup FSK. Vstup TR2 slouží k řízení frekvence pomocí vnějšího napětí. Při řešení laboratorního modelu byla navržena možnost řízení frekvence vnějším napětím, ale při vlastním měření tato možnost nebude využívána. Pro měření na laboratorním modelu je využíván vstup TR1, který je vybrán přivedením nulového potenciálu na vstup FSK.

Vstup TR1 je řízen napětím ze zdroje konstantního proudu. Tento zdroj je vytvořený z operačního zesilovače IC5A a rezistoru R11 a slouží pro linearizaci řídicího napětí. Rezistor R15 určuje hodnotu řídicího proudu pro vstup TR1 v závislosti na napětí děliče tvořeného rezistory R12-R14. Trimr P9 slouží k nastavení velikosti proudu do děliče (nastavuje maximální hodnotu frekvence). Trimr P8 slouží k nastavení minimální hodnoty frekvence.

Pět frekvenčních rozsahů, které jsou dány pěti kondenzátory CT, a možností nastavit pouze dvě hodnoty odporu děliče tvořeného rezistory R12-R14 je možno nastavit pouze 10 výstupních frekvencí, které pro účel měření na laboratorním modelu stačí.

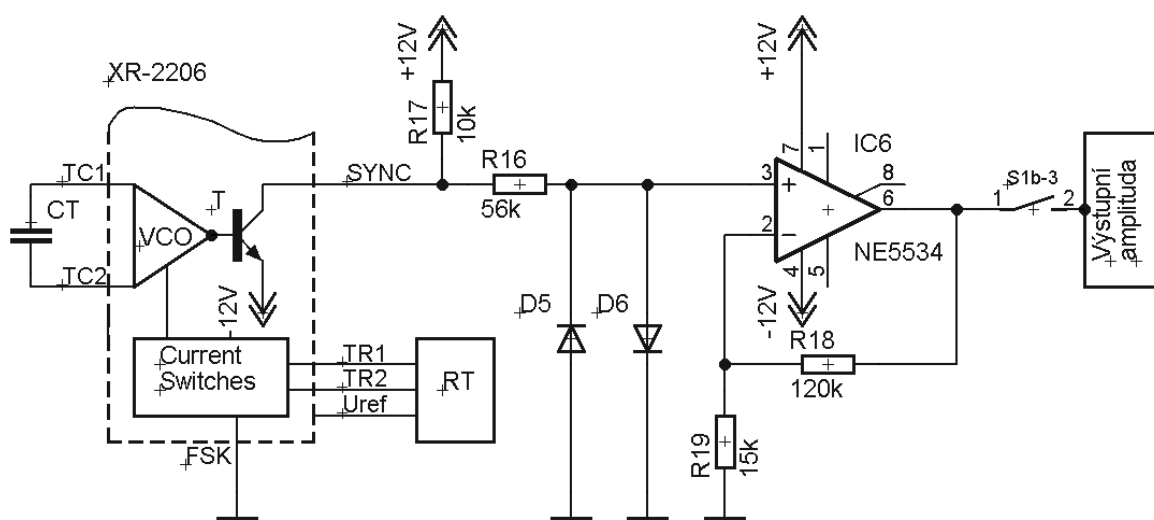


Obr. 29. Schematické zapojení bloku RT.

2.1.3.2. Návrh obvodu řešící obdélníkový průběh.

Obdélníkový signál je tvořen napětím řízeným oscilátorem (VCO) v závislosti na hodnotě řídicího proudu vstupu TR1. Uvnitř struktury obvodu XR-2206 je před výstupem SYNC zapojen tranzistor T s otevřeným kolektorem vůči záporné hodnotě napájecího napětí -12V, a proto je rezistor R17 připojen ke kladné hodnotě napájecího napětí +12V. Takto generovaný obdélníkový průběh není symetrický kolem nulového potenciálu. Tento problém řeší dvě diody D5 a D6 (1N4148), které upraví velikost napětí obdélníkového signálu přibližně na $\pm 0,3V$. Obdélníkový signál je dále zesílen operačním zesilovačem IC6 na hodnotu výstupního napětí shodnou s maximální hodnotou výstupního napětí pilového a sinusového průběhu.

Obdélníkový signál pro výstup je vybírán sepnutím spínače S1b-3.



Obr. 30. Schematické zapojení obvodu řešícího obdélníkový průběh.

2.1.3.3. Návrh obvodu řešící sinusový a pilový průběh.

Hodnota generovaného sinusového napětí na výstupu SI/TR je malá. Z tohoto důvodu je sinusový signál zesílen operačním zesilovačem IC7 s dvojnásobným zesílením daným rezistory R20 a R21. Zvýšená stabilita výstupního signálu je docílena odlehčením výstupu SI/TR díky vysoké vstupní impedanci operačního zesilovače IC7.

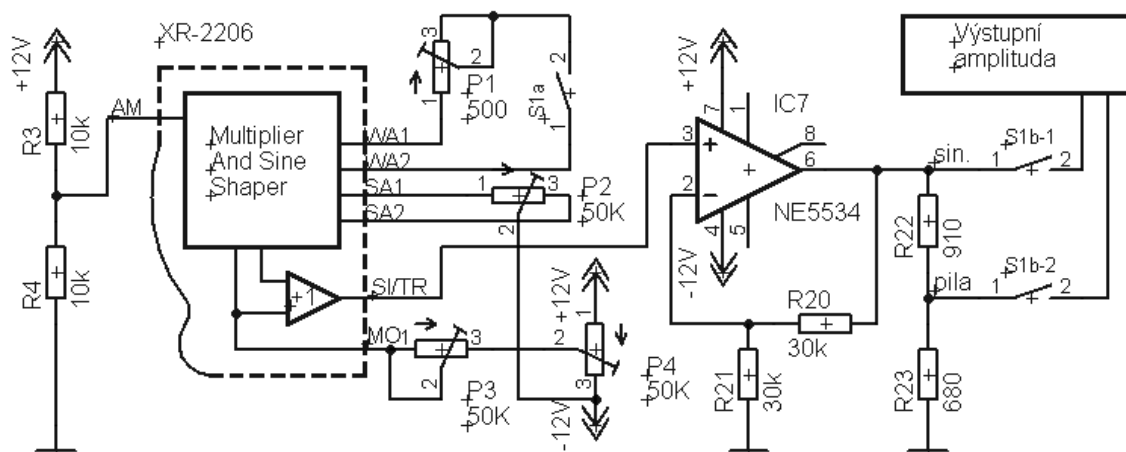
Sinusový signál je vybírán sepnutím spínačů S1b-1 a S1a. Pilový signál je vybírán sepnutím spínače S1b-2 a rozepnutím spínače S1a. Aby maximální hodnota pilového signálu byla shodná s maximální hodnotou sinusového průběhu je pilový signál odebírán přes dělič tvořený rezistory R22 a R23.

Trimr P1 slouží k nastavení tvaru (zkreslení) sinusového signálu.

Trimr P2 slouží k nastavení stejnosměrné složky (offsetu) sinusového signálu.

Trimr P3 slouží k nastavení amplitudy pilového signálu.

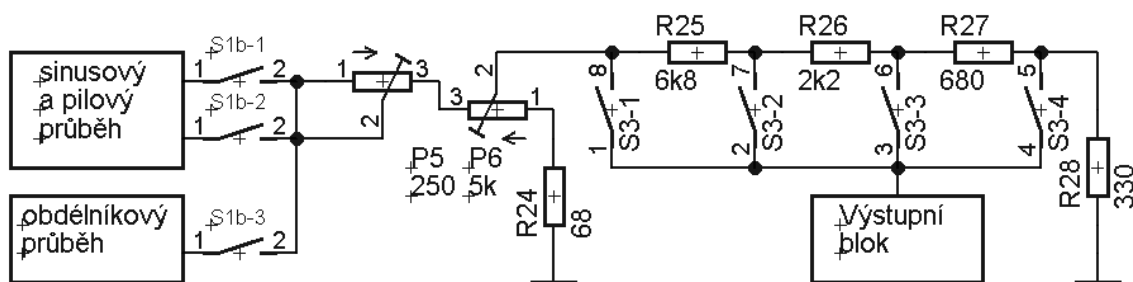
Trimr P4 slouží k nastavení stejnosměrné složky pilového signálu



Obr. 31. Schematické zapojení obvodu řešícího sinusový a pilový průběh.

2.1.3.4. Nastavení výstupní amplitudy.

Trimr P6 slouží k nastavení výstupní amplitudy, trimr P5 pak pro doladění její maximální hodnoty. Pro měření na laboratorním modelu je možno pomocí spínačů S3 nastavit čtyři úrovně výstupního maximálního napětí, S3-1 pro 100%, S3-2 pro 33%, S3-3 pro 10% a S3-4 pro 3% velikosti maximálního výstupního napětí.



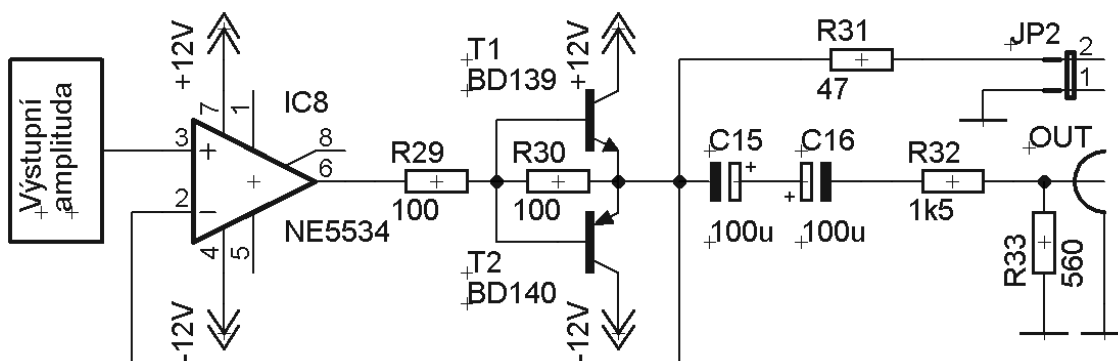
Obr. 32. Schematické zapojení nastavení výstupní amplitudy.

2.1.3.5. Výstupní blok laboratorního modelu.

Ve výstupním bloku je za zapojený operační zesilovač IC8 jako napěťový sledovač sloužící ke snížení výstupní impedance laboratorního modelu. Operační zesilovač je chráněn dvojicí tranzistorů T1 a T2 proti výstupnímu zkratu nebo při velkém odběru proudu z laboratorního modelu. V těchto případech protéká proud právě zmiňovanými tranzistory.

Stejnoseměrný výstup JP2 slouží pouze k doladění stejnosměrné složky (offsetu) periodických signálů. Ochranu vůči zkratu zajišťuje rezistor R31. Impedance stejnosměrného výstupu je 50Ω .

Kondenzátory C15 a C16 filtrují stejnosměrnou složku výstupního signálu, tím zajišťují nulový offset na střídavém výstupu realizovaným koaxiální zdíčkou. Výstupní impedance střídavého výstupu je 600Ω .



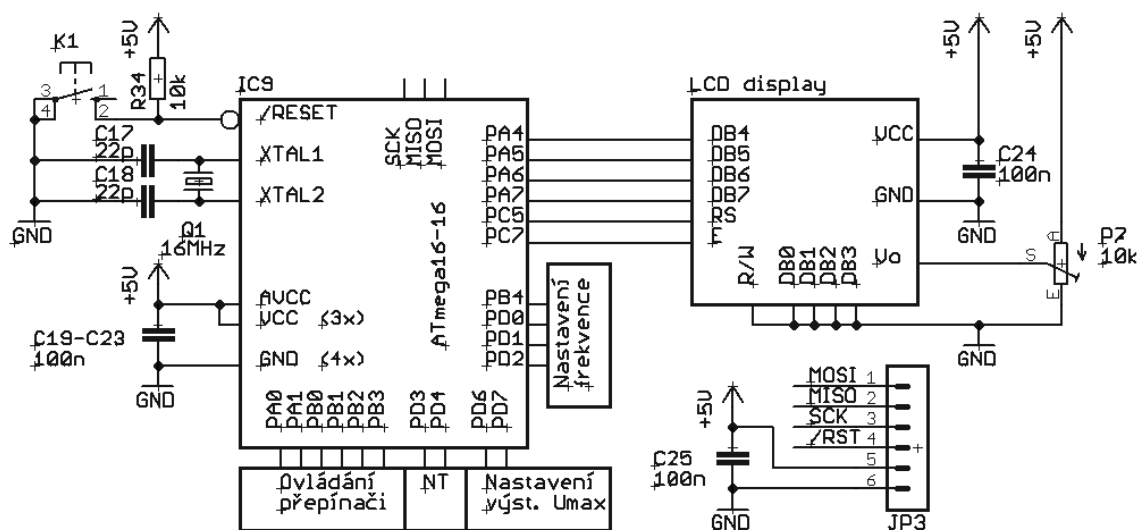
Obr. 33. Schematické zapojení výstupního bloku laboratorního modelu.

2.2. Návrh řídicí části laboratorního modelu.

2.2.1. Zapojení mikrokontroléru a LCD displeje.

Pro zobrazování parametrů laboratorního modelu za účelem měření je zvolen čtyřřádkový LCD displej (MC1604B-SYR). Při návrhu bylo zvoleno čtyřbitové řízení LCD displeje. Horní čtyři datové bity LCD displeje jsou přivedeny na čtyři horní bity portu A mikrokontroléru. Dolní čtyři datové bity jsou přivedeny na nulový potenciál. LCD displej je řízený signálem Registr Select (RS), který je přiveden na pátý bit portu C, a signálem Enable (E) přivedeným na sedmý bit portu C. Signál Read/Write se nevyužívá, proto je také připojen k nulovému potenciálu. Potenciometr P7 slouží k nastavení svitu textu LCD displeje.

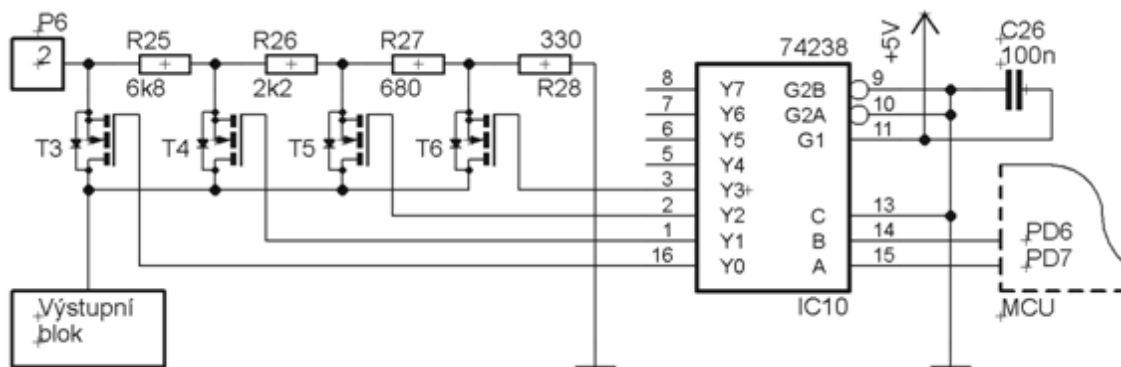
Při řešení návrhu rozložení elektronických součástí na desce plošných spojů byly ostatní bity jednotlivých portů mikrokontroléru rozděleny dle potřeby. Pro řízení spínačů nastavující výstupní frekvenci laboratorního modelu jsou použity první tři bity portu D (pro výběr hodnoty kondenzátoru CT) a čtvrtý bit portu B (pro nastavení hodnoty odporu spínačem S3 viz Obr. 26.). Šestá a sedmá bitem portu D je řízena velikost výstupní amplitudy. Tvar výstupního signálu laboratorního modelu je řízen třetím a čtvrtým bitem portu D. Na první dva bity portu A a první čtyři bity portu B jsou přivedeny spínače pro ovládání laboratorního modelu. Konektor JP3 slouží k naprogramování mikrokontroléru.



Obr. 34. Schematické zapojení MCU a LCD displej.

Řešení spínače S3.

Spínače S3-1 až S3-4 jsou řešeny mosfet tranzistory typu N (BSS138) T3-T6. Tranzistor je sepnut přivedením log. 1 na jeho GATE, rozepnut pak přivedením log. 0. Pro nedostatek volných bitů portů mikrokontroléru je použit demultiplexer IC10. Šestým a sedmým bitem portu D jsou řízeny výstupy obvodu IC10 Y0-Y3, které spínají a rozepínají tranzistory T3-T6.

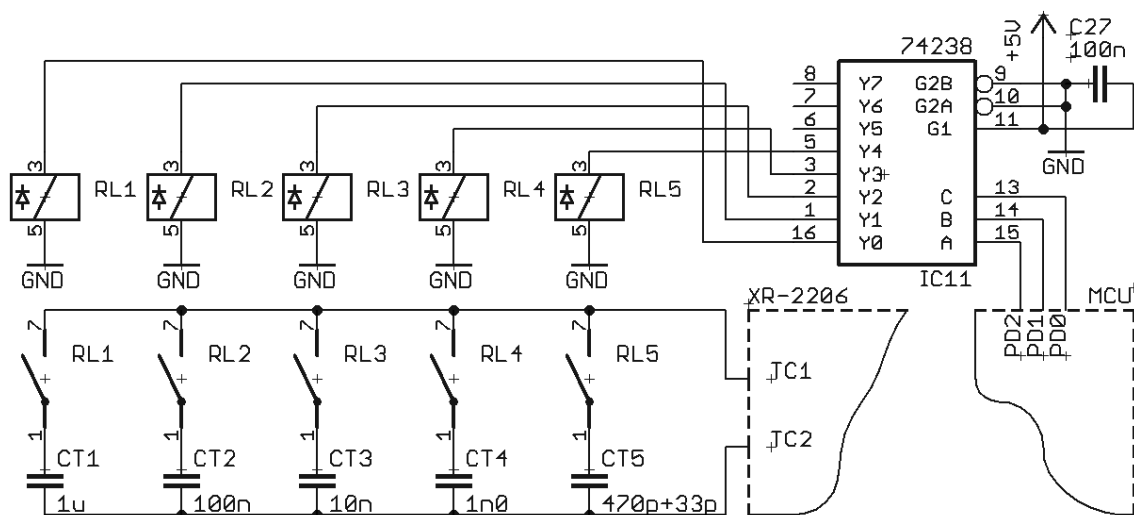


Obr. 37. Řešení spínače S3.

Řešení výběru kondenzátorů CT.

Kvůli možnosti parazitních kapacit jsou relé RL1 – RL5 jsou pro spínání kondenzátorů CT nezbytné.

Prvními třemi bity portu D se řídí pět výstupů demultiplexeru IC11 Y0-Y4 pro spínání pěti kondenzátorů CT1 – CT5.

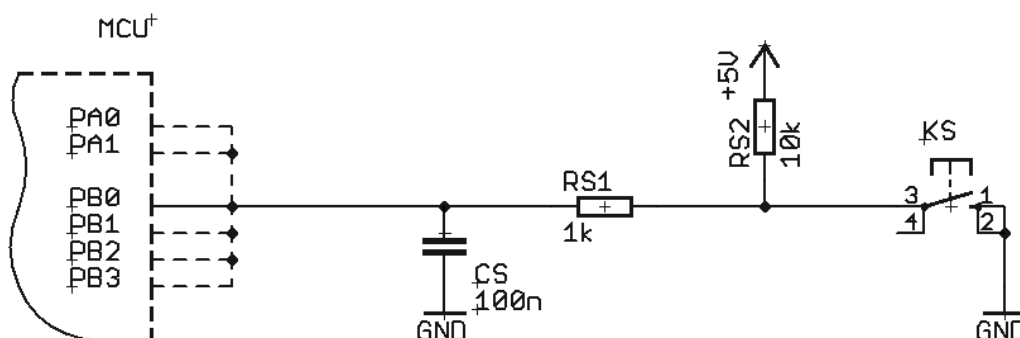


Obr. 38. Řešení výběru kondenzátorů CT.

2.2.3. Ovládání laboratorního modelu.

Pro ovládání laboratorního modelu je použito 6 spínačů, dva spínače SP4I a SP4D pro zvyšování a snižování výstupní amplitudy, dva spínače SP3I a SP3D pro výběr vyšší a nižší hodnoty kondenzátoru CT, jeden spínač SP2 pro nastavení řídicího proudu do vstupu TR1 obvodu XR-2206 a poslední spínač SP1 pro nastavení tvaru výstupního signálu.

Pull-up rezistory vstupních portů mikrokontroléru jsou programově nastaveny. Spínačem je přivedena logická nula na daný vstup příslušného portu.



Obr. 39. Schematické zapojení spínače pro ovládání laboratorního modelu.

2.3. Návrh desky plošných spojů.

DPS byla navrhovaná v programu EAGLE, na mřížce s měřítkem 50 mil (alt 12.5 mil), a její velikost je 5900 x 5900 mil, což odpovídá velikosti necelých 150 x 150 mm. Při návrhu DPS byl kladen důraz na rozložení součástek. Rozložení součástek na DPS, top a bottom vrstva jsou přiloženy k bakalářské práci.

2.4. Programování MCU laboratorního modelu.

Pro programování mikrokontroléru ATmega16 bylo použito AVR studio4 s příslušným hardwarovým programátorem. Testovací programy pro obsluhu laboratorního modelu byly pomocí AVR studia kompilovány, dále, přes USB výstup PC, programátorem nahrávány na konektor PROG laboratorního modelu. Tyto programy byly psány v jazyce C++. Součástí bakalářské práce je finální funkční program.

Závěr

Cílem bakalářské práce byl návrh a následná praktická realizace laboratorního modelu generátoru periodických průběhů. Výsledkem této práce je tedy testovací deska, na které bude probíhat měření dle zadání uvedeného v příloze.

Při řešení bakalářské práce jsem se podrobněji seznámil s mnoha obory analogové techniky jako například ochrana elektronických zařízení, zpracování elektronických signálů, návrhy operačních zesilovačů apod., především pak s různými možnostmi řešení generování periodických a harmonických signálů. Obecně jsem se seznámil s možností využití digitální techniky především využitím mikrokontroléru AT mega 16 a práci s LCD displejem. Seznámil jsem se zásadami pro návrh DPS.

Měřením jsem ověřil funkčnost laboratorního modelu a výběr výstupních průběhů jednotlivých signálů je přiložen v přílohách. Výstupní signály laboratorního modelu jsou pro účely měření dostatečně přesné a stabilní. Jsem přesvědčen o tom, že měření na této bakalářské práci bude pro studenty přínosem.

Jednou z možností rozšíření bakalářské práce je rozšířit laboratorní model jako generátor periodických signálů s možností ovládní výstupní frekvence v celém frekvenčním rozsahu, které se dá rozšířit až na 1 MHz, a možností ovládní výstupní amplitudy popřípadě stejnosměrné složky či střídý vybraných průběhů. Toto ovládní se dá také jednoduše řešit digitální technikou. Jelikož jedním z výstupních průběhů je obdélníkový signál, lze rozšířit tuto práci o výstupy pro napájení TTL případně CMOS techniky. Elegantnějším rozšířením této bakalářské práce je generování harmonických signálů digitální technikou, kde se může výstupní frekvence pohybovat v desítkách MHz. Tvar těchto signálů by bylo možné také měnit v závislosti na požadavcích, ať už digitálně nebo analogově s vysokou přesností. Je možné zajištění generování signálů na více kanálech a například zajistit fázové posuvy jednotlivých signálů apod. Ovládní takového generátoru se dá zajistit pomocí USB nebo bezdrátovým přenosem z PC či mobilního telefonu. Rozšíření bakalářské z hlediska napájení přípravku lze realizovat napájením přímo ze sítě, pomocí baterií či akumulátorů nebo vzájemně tyto možnosti kombinovat.

Seznam použité literatury:

- [1] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky : kmitočtové filtry, generátory signálů a převodníky dat*. Praha : BEN - technická literatura, 2009. 273 s. ISBN 987-80-7300-240-4.
- [2] *www.isstech.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-28]. Generatory-a-oscilatory. Dostupné z WWW: <www.isstechn.cz/objekty/generatory-a-oscilatory.doc>.
- [3] Funkční generátor s XR2206. *KTE* [online]. 2000, 1, [cit. 2010-05-04]. Dostupný z WWW: <http://www.upramene.cz/forum/files/gener_439.pdf>.
- [4] *XR-2206 : Monolithic Function Generator*. [s.l.] : EXAR Corporation, June 1997-3. 16 s. Dostupné z WWW: <www.datasheetcatalog.com>.
- [5] *ATMEL : ATmega16*. [s.l.] : ATMEL corporation, 2004. 351 s. Dostupné z WWW: <www.atmel.com/literature>.
- [6] *74HC/HCT238 : 3-to-8 line decoder/demultiplexer*. [s.l.] : PHILIPS, December 1990. 8 s. Dostupné z WWW: <www.datasheetcatalog.com>.
- [7] *LCD display : MC1604B-SYR*. [s.l.] : EVERBOUQUET, 7.5.2009. 6 s. Dostupné z WWW: <<http://www.everbouquet.com.tw/MC1604.htm>>.
- [8] *L7800 SERIES : POSITIVE VOLTAGE REGULATORS*. [s.l.] : STMicroelectronics, 2004. 34 s. Dostupné z WWW: <www.datasheetcatalog.com>.
- [9] *L7900 SERIES : 2% NEGATIVE VOLTAGE REGULATORS*. [s.l.] : STMicroelectronics, 2004. 13 s. Dostupné z WWW: <www.datasheetcatalog.com>.
- [10] *SIGNAL RELAY SELECTOR GUIDE*. [s.l.] : OMRON, 2009. 2 s. Dostupné z WWW: <www.omroncomponents.com>.

Seznam příloh:

- I. Schematické zapojení laboratorního modelu generátoru signálů.
- II. DPS top vrstva laboratorního modelu generátoru signálů.
- III. DPS bottom vrstva laboratorního modelu generátoru signálů.
- IV. DPS rozložení součástek a popisů laboratorního modelu generátoru signálů.
- V. Seznam součástek.
- VI. Software. (3)
- VII. Průvodní dokumentace laboratorního modelu generátoru signálů. (3)
- VIII. Zadání laboratorní úlohy.
- IX. Výběr průběhů výstupních signálů. (2)
- X. Fotodokumentace. (2)

*Pozn.: číslo uvedené v kulatých závorkách za názvem přílohy udává počet stran dané přílohy.
Pokud není uvedeno, počet stran přílohy je 1.*