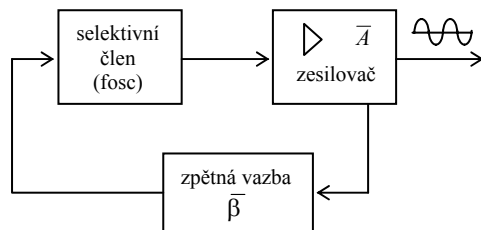


# LC OSCILÁTORY

## FUNKCE A NÁVRH LC OSCILÁTORŮ

Jsou obdobné jako oscilátory RC. Zásadním rozdílem je užití LC obvodu (paralelního, sériového) jako prvku určujícího oscilační kmitočet. Opět musí být splněny obě oscilační podmínky (amplitudová, fázová), podmínka bezpečného startu a stabilizace amplitudy výstupního signálu. Jako aktivní prvek se vzhledem k nejčastější kmitočtové poloze (MHz...GHz) nejčastěji užívá tranzistor (bipolární, FET) nebo jednoduchá tranzistorová struktura (IO). Základním problémem návrhu je optimalizace vzájemného přizpůsobení parametru tranzistoru a LC obvodu.

## PRINCIP OSCILÁTORU:



Oscilátor kmitá v ustáleném stavu netlumenými periodickými kmitů stálou amplitudou, jestliže se zesílení aktivní části rovná zeslabení pasivní části a ruší-li se fázové změny této soustavy. Vyjádřeno matematicky:

$$1 = \bar{A} \cdot \bar{\beta} = |\bar{A}| \cdot |\bar{\beta}| \cdot e^{j(\varphi_A + \varphi_\beta)}$$

Z toho vyplývají dvě podmínky:

a) amplitudová:  $|\bar{A}| \cdot |\bar{\beta}| = 1$       b) fázová:  $\varphi_A + \varphi_\beta = 0$

Pro bezpečný start oscilátoru je nutný vyšší počáteční poměr  $\beta \cdot A > 1$ . Každé zapojení oscilátoru proto musí zajišťovat automatickou regulaci zisku aktivního prvku nebo přenosu zpětnovazební smyčky, což bývá u LC oscilátorů zajištěno nelinearitou tranzistoru a usměrňovací funkcí B-E přechodu. S rostoucí amplitudou kmitů na LC obvodu se tranzistor v důsledku toho přivírá, a tím klesá jeho strmost, amplituda kmitů na LC obvodu se tak stabilizuje.

Kmitočet výstupního signálu je dán selektivním obvodem, v našem případě LC obvodem. Pro zajištění spektrální čistoty výstupního signálu je nutné vysoké Q<sub>ef</sub> LC obvodu.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 LC = 1$$

rezonanční kmitočet  
paralelního LC

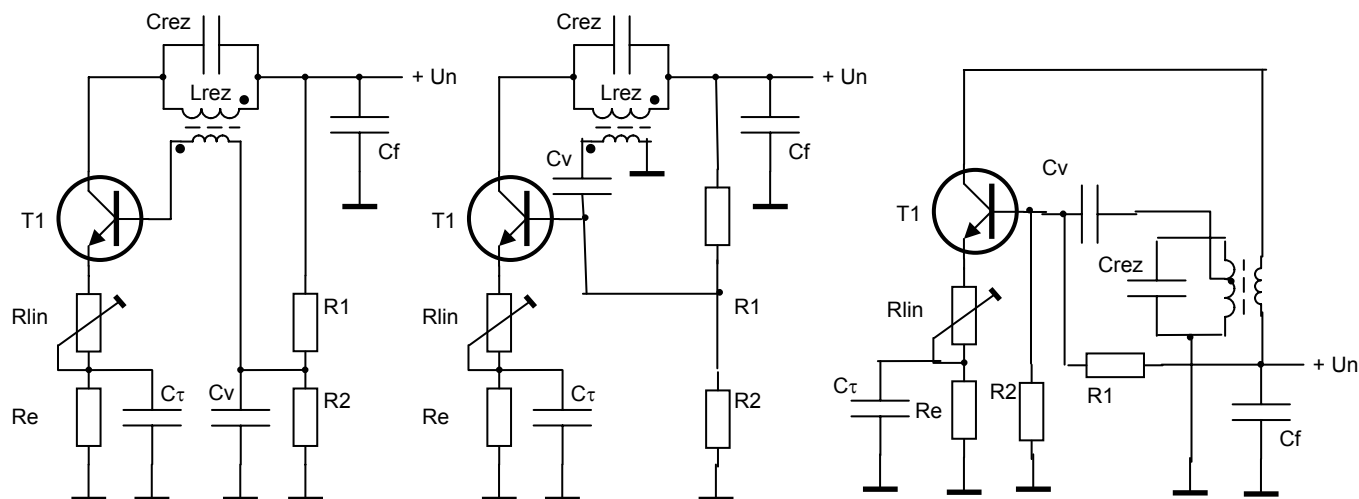
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

## OSCILÁTORY S INDUKTIVNÍ VAZBOU

Charakteristickým rysem je transformátorová vazba ve smyčce zpětné vazby, tj. využití vzájemné vazby  $M$

### MEISSNER, REINARTS, ARMSTRONG

Příklad+hodnoty součástek možného zapojení



Ve všech případech pracuje tranzistor v zapojení SE, tj. invertuje. Pro zajištění kladné ZV musí polaritu indukovaného napětí obracet i vazební člen (orientace konců nebo smyslu vinutí  $L$  a  $L_v$ ). Pracovní bod tranzistoru je stabilizován můstkovým zapojením.

Pro zajištění spektrální čistoty výstupního signálu je nutné vysoké  $Q_{ef}$  LC obvodu. Pro vysokou kmitočtovou stabilitu je nutná stabilita prvků  $L, C$  zejména vliv teploty, času a stability napájecího napětí. V zapojeních A, B je LC obvod zapojen v kolektorovém obvodu. To znamená, že LC obvod je výstupní vodivostí tranzistoru  $g_{22}$  tlumen mnohem méně než na obrázku C, kde je vazba na vstupní vodivost  $g_{11}$  bezpodmínečně nutná prostřednictvím odbočky. Zapojení C je v principu nevhodné pro řešení oscilátoru konstantního kmitočtu. Užívá se naopak často u oscilátorů přeladovaných v širším rozsahu. (např. u radiových přijímačů AM)

$$\frac{f_{max}}{f_{min}} \approx 3$$

Tedy se u LC obvodu výrazně mění poměr  $L/C$  a tím i rezonanční odpor  $R_{p0}$ . Pro stabilizaci amplitudy kmitů za těchto podmínek se LC obvod často záměrně tlumí vstupním odporem tranzistoru tak, aby  $R_{p0}$  a tím i podmínky pro generaci stabilní amplitudy kmitů byli co nejmenší. To je vždy kompromisem se spektrální čistotou signálu.

U LC oscilátoru je určitou výhodou vůči oscilátoru RC vliv vysoké selektivity LC obvodu na výrazné potlačení harmonických složek signálu a tím i jeho nelineární zkreslení.

Přesto i zde musí být obvod stabilizující amplitudu ustálených kmitů. U tranzistorových oscilátorů však obvykle není diskrétně vyjádřen, využívá se nelinearity tranzistoru spolu s „usměrňovací“ funkcí přechodu BE. S rostoucí amplitudou kmitů na LC obvodu se v důsledku těchto funkcí tranzistor přivírá a tím klesá jeho strmost  $g_m \approx g_{21} \approx I_c / U_T$

Amplituda kmitů na LC obvodu se tak stabilizuje.

Z hlediska spektrální čistoty výstupního signálu nesmí docházet k přebuzení tranzistoru do nelineárního režimu. V opačném případě dochází k tvarovému zkreslení, extrémním stavem je vznik parazitních, relaxačních kmitů-tranzistor se v určitých periodických intervalech zablokovává na LC obvodu vznikají tlumené kmitky.

Časové konstanty  $R_2 C_v$  a  $R_e C_\tau$  musí být mnohem vyšší než  $t_p = 1/f_{osc}$

$$\text{Pracovní kmitočet } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + \sum C^*)}}$$

Suma  $C^*$ =všechny přímé+transformované externí a parazitní kapacity obvodu, kapacity spojů, montáže a ostatních součástí.

Je žádoucí, aby z hlediska kmitočtové stability platila  $C \gg \sum C^*$

Praktické poznámky:

- 1) výstupní signál na kolektoru tranzistoru

napětí na kolektoru tranzistoru  $U_{ce} = U_n + \Delta U_{vf}$

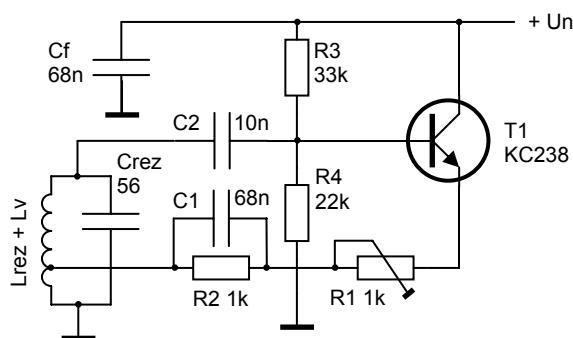
- 2) připojení zátěže je zásadně možné pouze na LC obvod

- a) induktivní vazbou
- b) kapacitní vazbou
- c) oddělovacím aktivním obvodem

ve všech případech by vazební obvod měl zatěžovat LC obvod pouze minimálně. Jakékoliv měření na VF oscilátorech ovlivňuje jejich funkci především fosc (např osciloskop(Rvst,Cvst+sonda,kabel))

### HARTLEY

Je to tzv. tříbodový oscilátor s induktivní vazbou odbočkou. Principem se neliší od předchozího zapojení, neužívá však samostatné vazební vinutí. Stejně jako všechna předchozí zapojení může užívat tranzistor v libovolném zapojení (SB,SE,SC) volba vhodné konfigurace závisí na konkrétní aplikaci (kmitočtová poloha, požadavek přeladitelnosti)



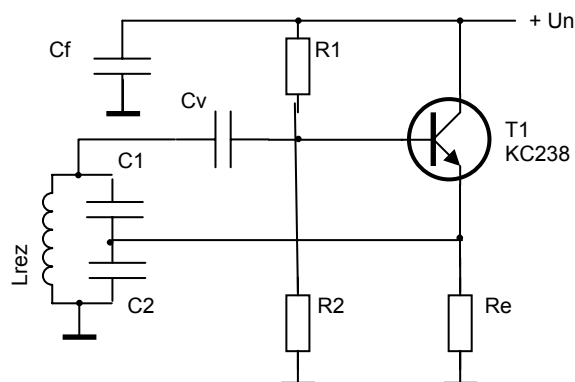
Oscilátor Hartley

Zapojení A) tranzistor neobrací polaritu, kladná ZV tedy může být zaváděna přes odbočku z emitoru vůči společné svorce LC obvodu, uzemněné na kostru. Výsledný fázový posuv na kmitočtu  $f_{osc}=0$ , napěťový zisk pro splnění amplitudové podmínky nemůže zajistit zapojení SC, ale využívá se napěťové transformace  $L > L_v$ . Pokud by  $L_v$  bylo provedeno samostatným vinutím, byl by to oscilátor s induktivní vazbou v zapojení SC

B) tranzistor jako SE tj. posouvá fázi o 180, proto i ZV smyčka musí zavádět další posuv o stejný úhel. V uvedeném zapojení je společným bodem LC obvodu uzemněná odbočka. Na jeho protilehlých koncích jsou proto vždy právě opačné polarity signálu.

Hartley je stejně jako induktivně vázané oscilátory vhodný pro kmitočty do desítek MHz

## COLPITTS



Oscilátor Colpitts

Colpittsovy oscilátory jsou tříbodové, zpětnou vazbu včetně impedančních transformací zajišťuje kapacitní odbočka na LC obvodu. Princip je velmi vhodný pro vysoké kmitočty, protože se zde neuplatňuje rozptylová a vzájemná indukčnost předchozích zapojení. To posouvá možnosti praktické realizace až do oblast řádově stovek MHz.

Zapojení SC je vlastně obdobou hartleyova oscilátoru. Celková ladící kapacita

Tranzistor v zapojení SC neinvertuje a nemá napěťové zesílení. To se získává pomocí vzestupné napěťové transformace kapacitním děličem  $C1/C2$  na rezonančním kmitočtu. Pro dostatečný zisk ZV smyčky a potlačení vlivu parametru tranzistoru na stabilitu kmitočtu musí platit  $C2 \gg C1$ . Zapojení se užívá až do kmitočtu řádu 10MHz.

Zapojení SB se užívá pro kmitočty vyšší. Tranzistor opět neinvertuje, ale díky relativně vysokému rezonančnímu odporu LC obvodu v kolektoru může mít vysoký napěťový zisk. Potřebný zisk celé ZV smyčky zajišťuje kapacitní dělič  $C1, C2$

Protože v zapojení SB nemá z hlediska VF signálu tranzistor uzemněn emitor ani kolektor, musí být jeho báze spojena VF zkratem kondenzátor  $C_b$  se zemí stejně jako opačný konec LC obvodu.

Oscilační kmitočet všech zapojení vyplývá z Thomsonova vzorce. Určení skutečných hodnot  $L$  a  $C$  je obtížné na vysokých kmitočtech, kde se silně uplatňuje vliv parazitních a rozptylových parametrů.