

Vysokofrekvenční oscilátory

a) Jednobranové oscilátory

b) Dvojbranové zpětnovazební

Jednobranové oscilátory

- oscilátor s tunelovou diodou (moc se už nepoužívá)

pracuje jako nízkovýkonový oscilátor až do 50 GHz.

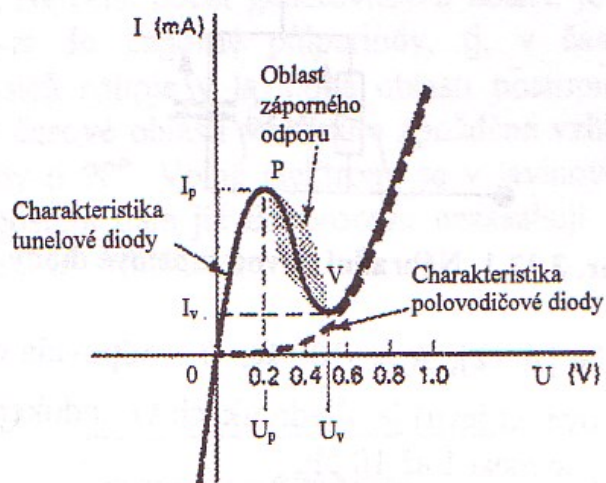
- oscilátor s Gunnovou diodou (je často nahrazován dvojbranovými oscilátory s unipolárními tranzistory)

Používají se především v pásmu mikrovln a mm vln

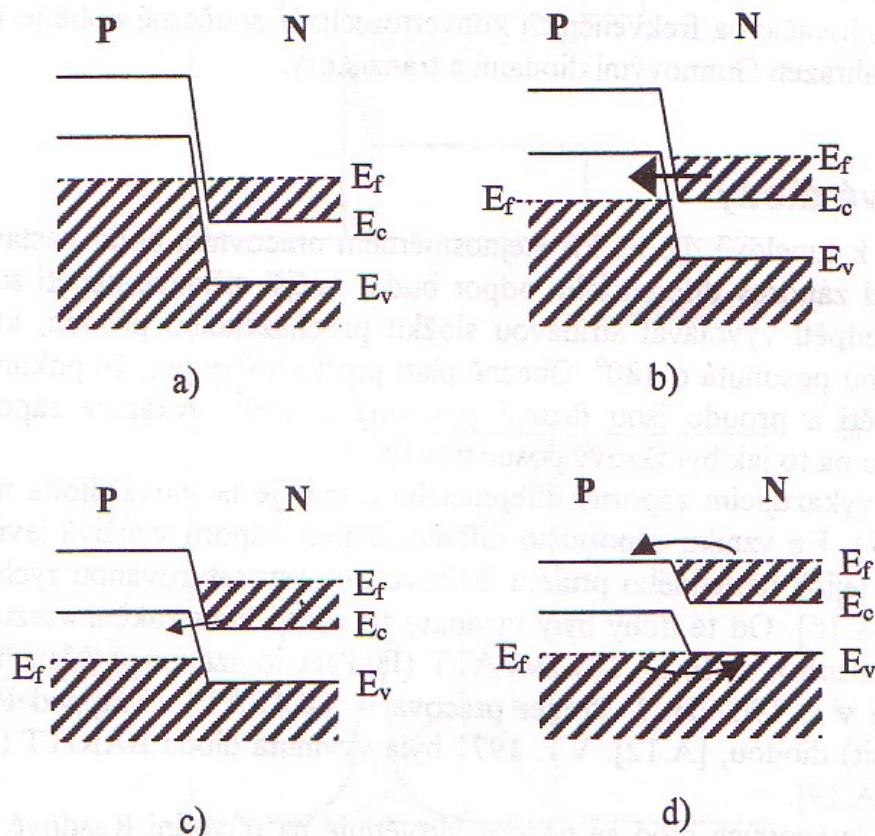
- magnetron (elektronka), používá se pro velké výkony do pásma GHz, dosud ho nelze nahradit polovodiči pro vysoké výkony.

Oscilátor s tunelovou diodou

Tunelová dioda je dioda s vysokou dopací P a N $\Rightarrow$ tloušťka PN přechodu je extrémně tenká $\Rightarrow$ tunelový kvantový jev

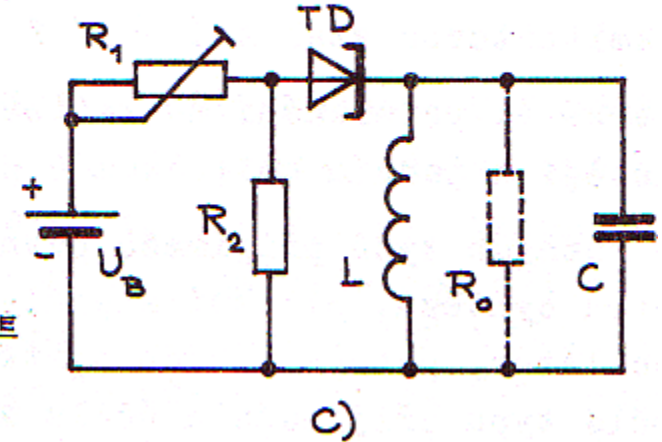
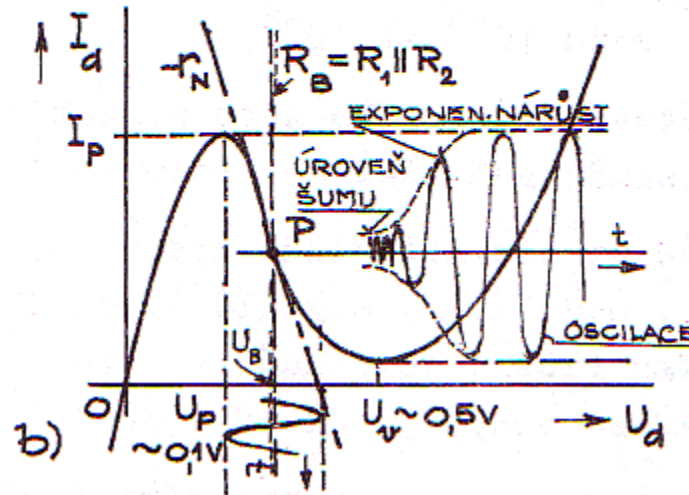
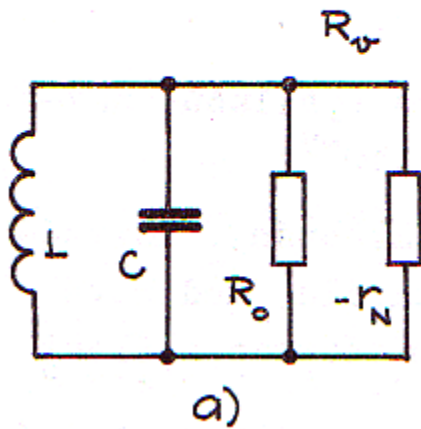


Obr. 3.12.1. Voltampérová charakteristika tunelové diody.



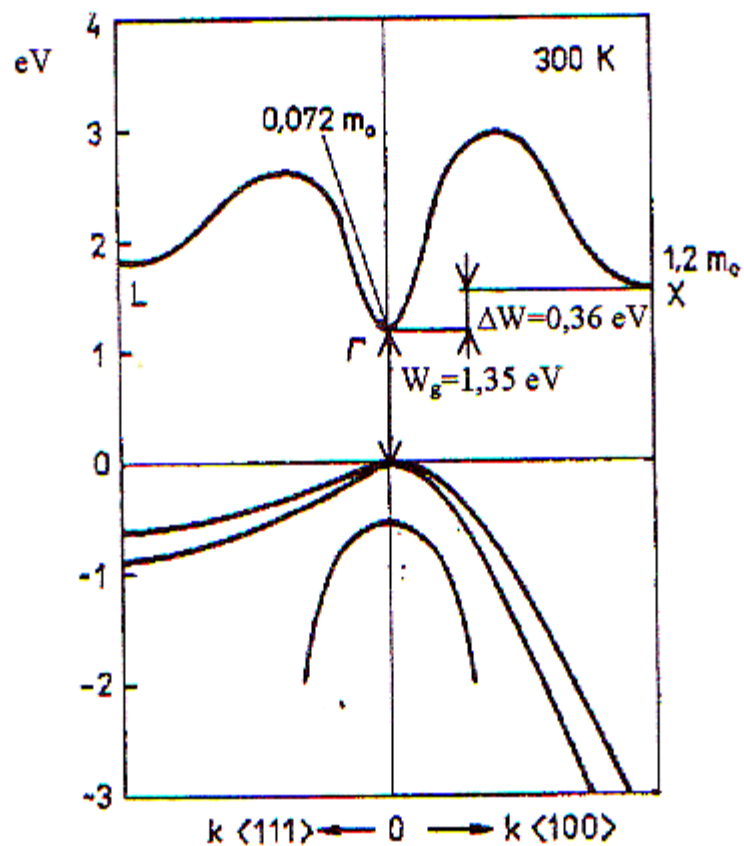
Obr. 3.12.2. Zjednodušený pásový model tunelové diody.

$$R_v = \frac{-r_N \cdot R_o}{R_o - r_N} = \frac{r_N R_o}{r_N - R_o} \quad (2.6)$$

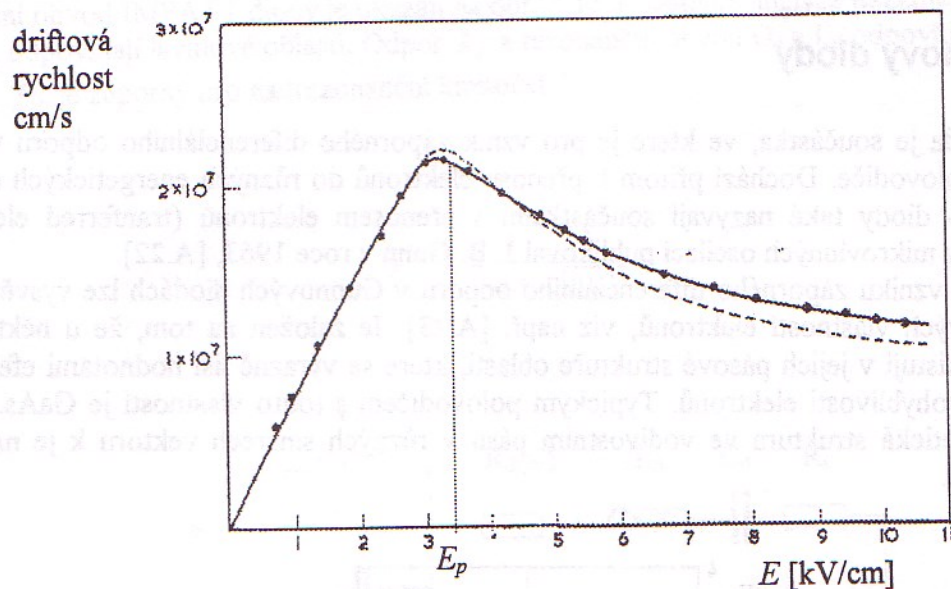


Pro $R_o = r_N$ je paralelní tlumicí odpor LC obvodu R_v je nekonečný. V praxi se dává $R_o > |r_N|$ tzn. R_v bude záporný. Amplituda bude narůstat až do plného rozsahu režimu negativního odporu.

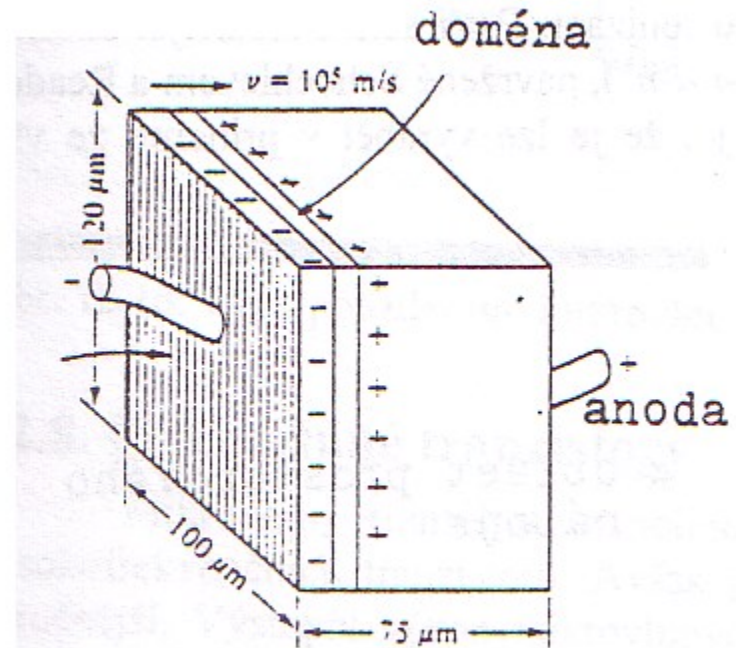
Oscilátor s Gunnovou diodou



Obr. 3.14.1. Pásová energetická struktura polovodiče GaAs

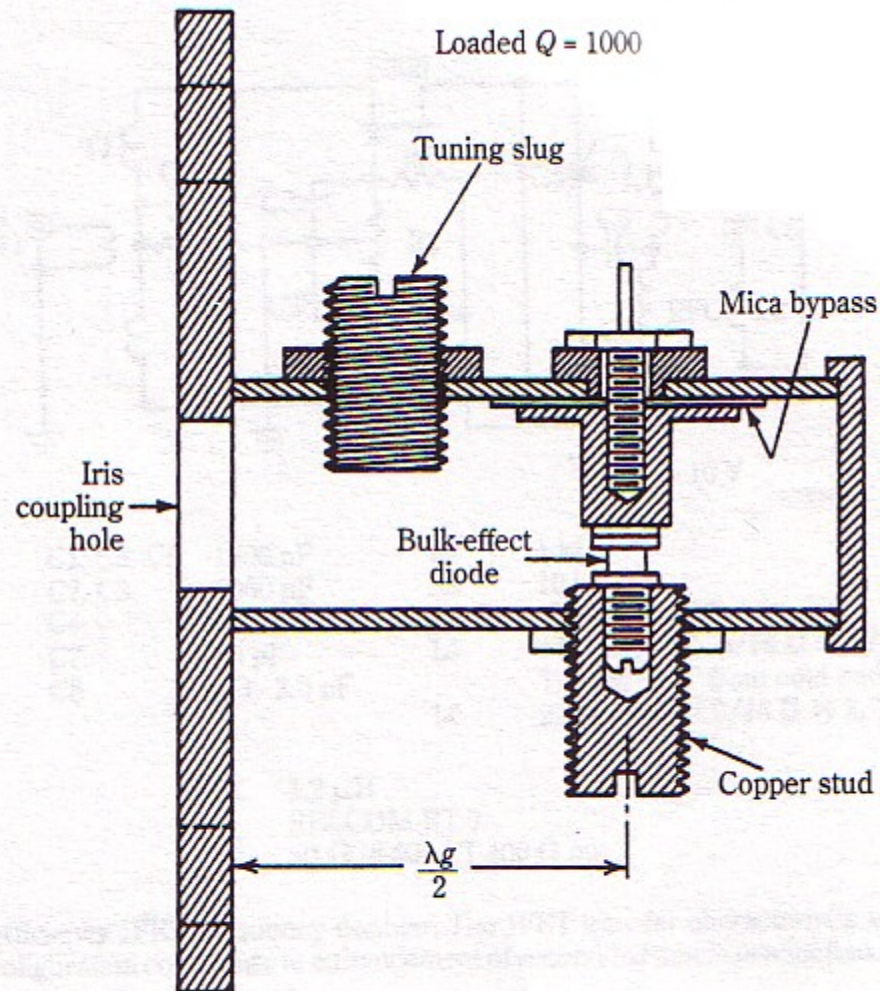


Obr. 3.14.2. Závislost driftové rychlosti na intenzitě elektrického pole v GaAs



U katody se vytvoří doména s oblastí velkého elektrického pole a malou pohyblivostí elektronů. Přední část (čelo) je ochuzené o elektrony, zadní část je obohacená o elektrony. Doména zmenšuje proud diodou a zároveň driftuje rychlostí v_D směrem k anodě. Po dosažení anody doména vymizí a vytvoří se proudový puls. Následně vznikne u katody nová doména a celý proces se periodicky opakuje. Dioda je zapojená do vhodného rezonančního obvodu.

Kmitočet proudových pulsů je dán vztahem: $f_D = v_D / L$, L - délka polovodiče
Pro $v_D = 10^5$ m/s, $L = 10^{-6}$ m je $f_D = 100$ GHz.



6-2 Detailed view of diode-cavity assembly. Operation is readily attained by attaching a horn and connecting bias source and audio amplifier. General Electric Microwave Devices Products Section

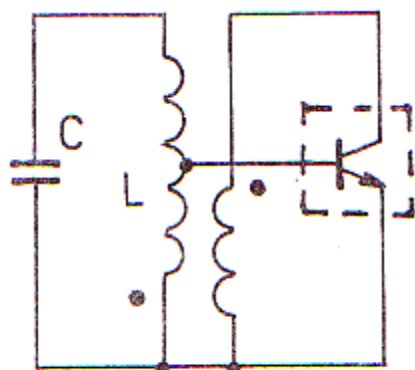
10 GHz oscilátor s Gunnovou diodou

Dvojbranové oscilátory

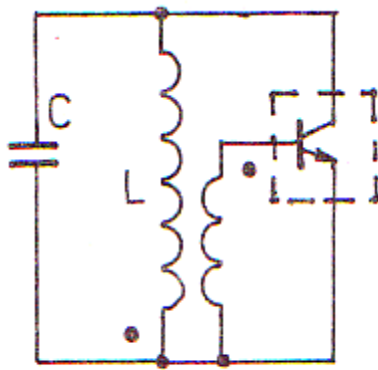
LC oscilátory, pracují od ~ 10 kHz až do ~ 100 MHz

Používá se rezonanční LC obvod, změna kmitočtu se nastavuje změnou kapacity ladícím kondenzátorem nebo stupňovité přepínání cívek. Pro ladění se také používají varikapy

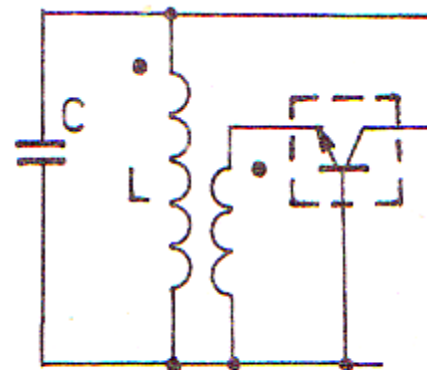
Oscilátory s transformátorovou vazbou



a)



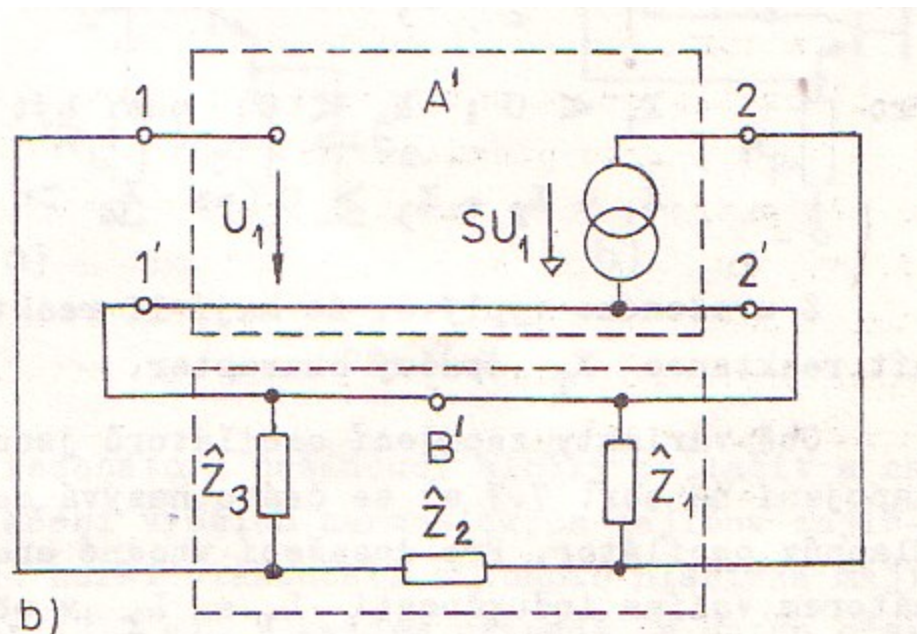
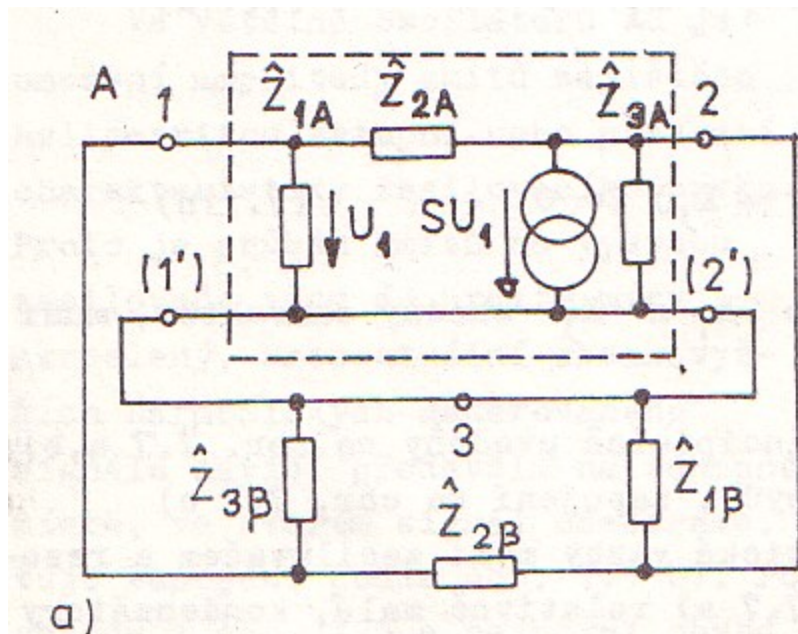
b)



c)

Tříbodové oscilátory

vyskytují se častěji



Náhradní schéma tříbodového oscilátoru.

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

$$Z_3 = R_3 + jX_3$$

$$\beta A = -S Z_1 Z_3 / (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

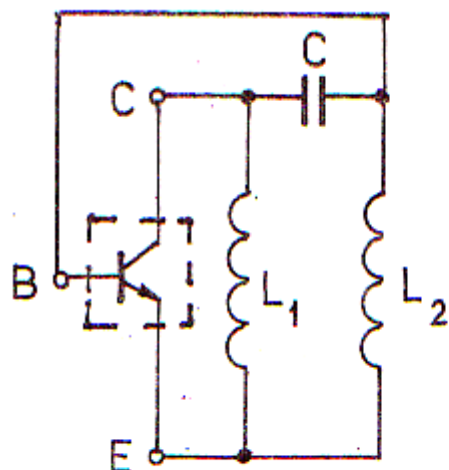
$$\operatorname{Re}(\beta A) = 1 \quad \text{pro stabilní kmitání}$$

$$\operatorname{Im}(\beta A) = 0$$

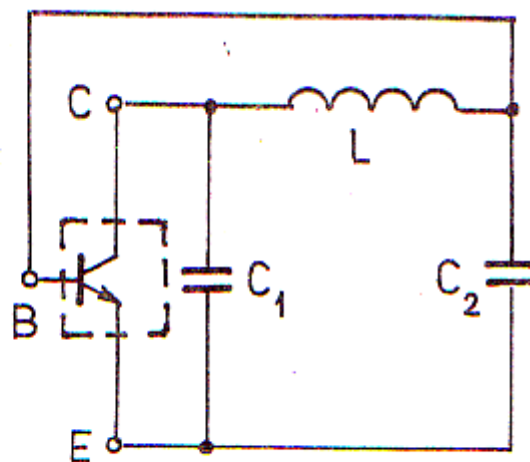
Předpokládáme, že platí $|X_i| \gg |R_i| \quad i = 1, 2, 3$

$\Rightarrow X_1, X_3$ musí být stejného typu

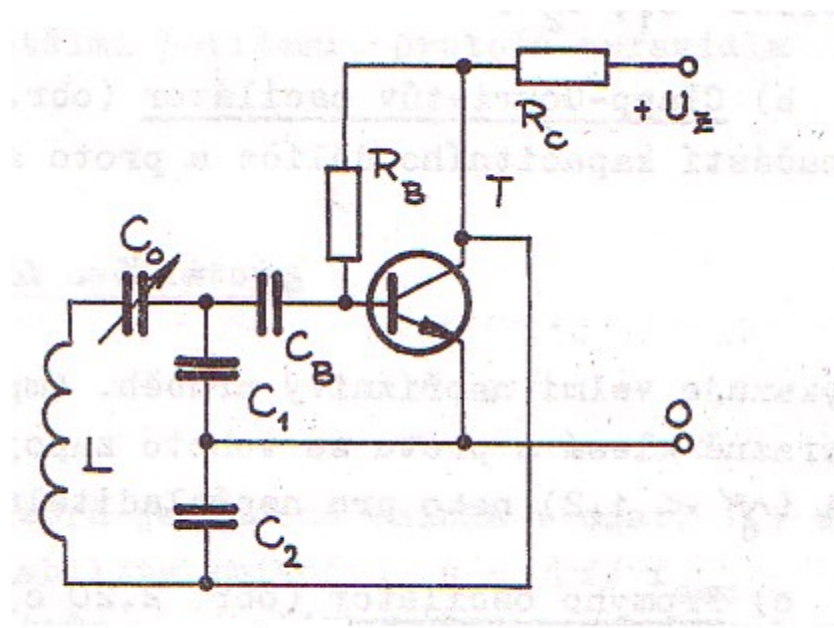
$$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \quad \text{podmínka rezonance}$$



a)

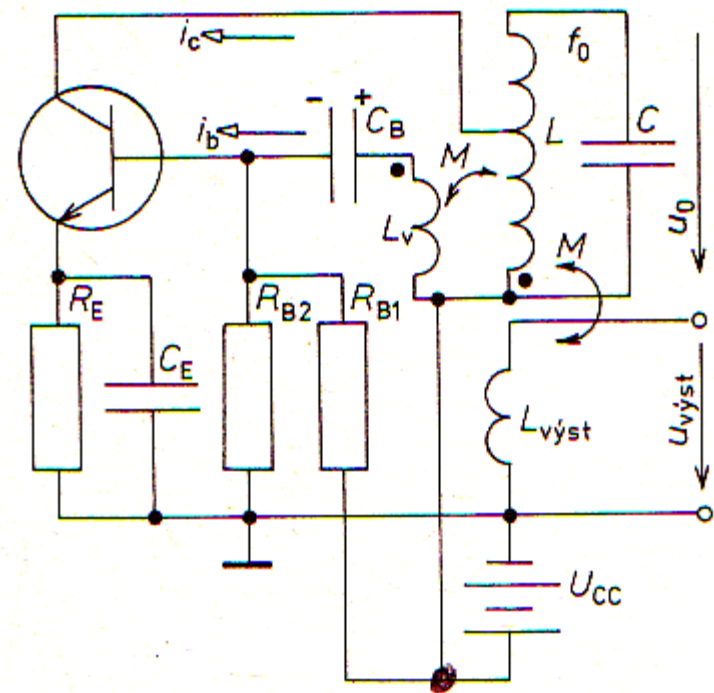
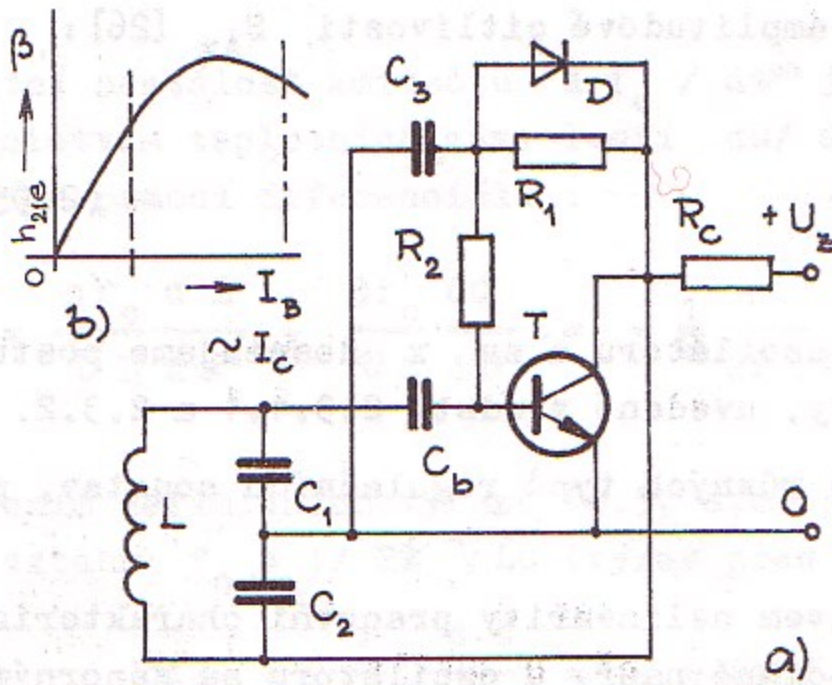


b)



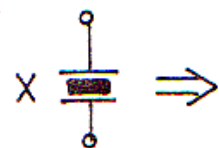
c)

- a) Hartleyův oscilátor
- b) Clappův oscilátor
- c) Clappův přeladitelný oscilátor i s napájecím obvodem.



Clappův a Meissnerův oscilátor s regulací amplitudy po rozkmitání. Snížení strmosti tranzistoru posunem pracovního bodu k nižšímu klidovému proudu báze.

Oscilátory řízené krystalem



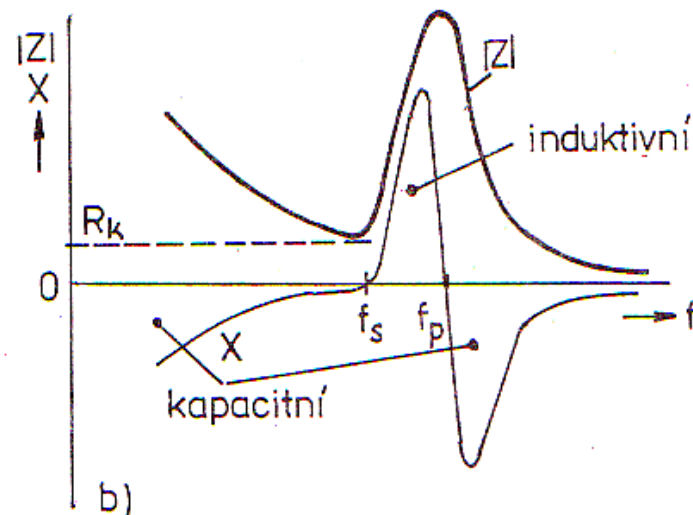
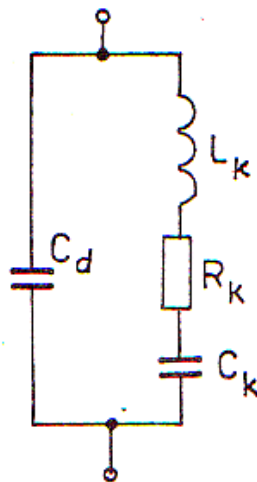
$$C_d \sim 10 \text{ pF}$$

$$C_k \sim 10^{-5} \div 10^{-3} \text{ pF}$$

$$R_k \sim 20 \Omega \div 10 \text{ k}\Omega$$

$$L_k \sim 10^{-3} \div 10^4 \text{ H}$$

a)



Reaktanční složka

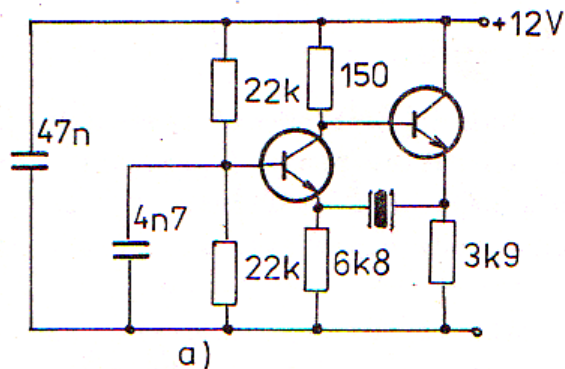
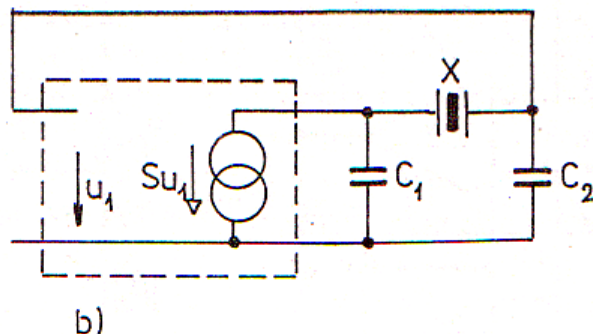
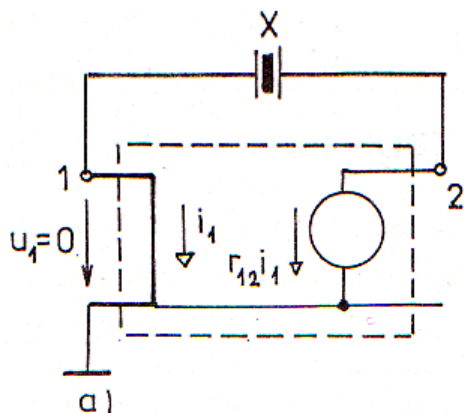
dvakrát prochází nulou, přičemž na vysokých kmitočtech mohou vzniknout další průchody nulou buď při dalších rezonancích krystalu nebo způsobené parazitními indukčnostmi přívodů. Vlastní seriová rezonance f_s a paralelní rezonance f_p jsou dány vztahy

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_k C_k}} ; \quad f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_k \frac{C_k C_d}{C_k + C_d}}}$$

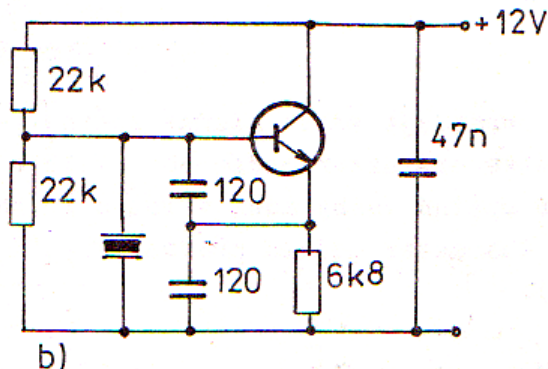
Relativní odchylka obou uvedených kmitočtů je malá (řádově 10^{-4} až 10^{-6}), takže rozmezí kmitočtů, na kterém má impedance krystalu induktivní charakter, je velmi úzké.

Zapojení oscilátoru s krystalem je nutno zvolit tak, aby zaručovalo oscilace na kmitočtu f_s nebo v pásmu mezi f_s a f_p .

Vhodnou úpravou elektrod se dosáhne toho, že navenek se krystal chová jako elektrický rezonátor s extrémně velkou jakostí (Q je v rozmezí od 10^4 do 10^6) a velmi stálým rezonančním kmitočtem (relativní odchylky se pohybují v mezích 10^{-5} až 10^{-9}).

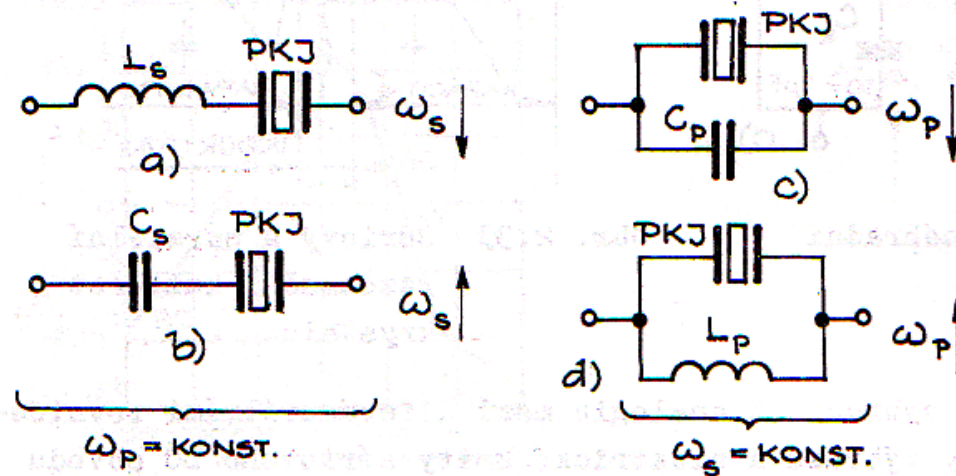


SB-SK



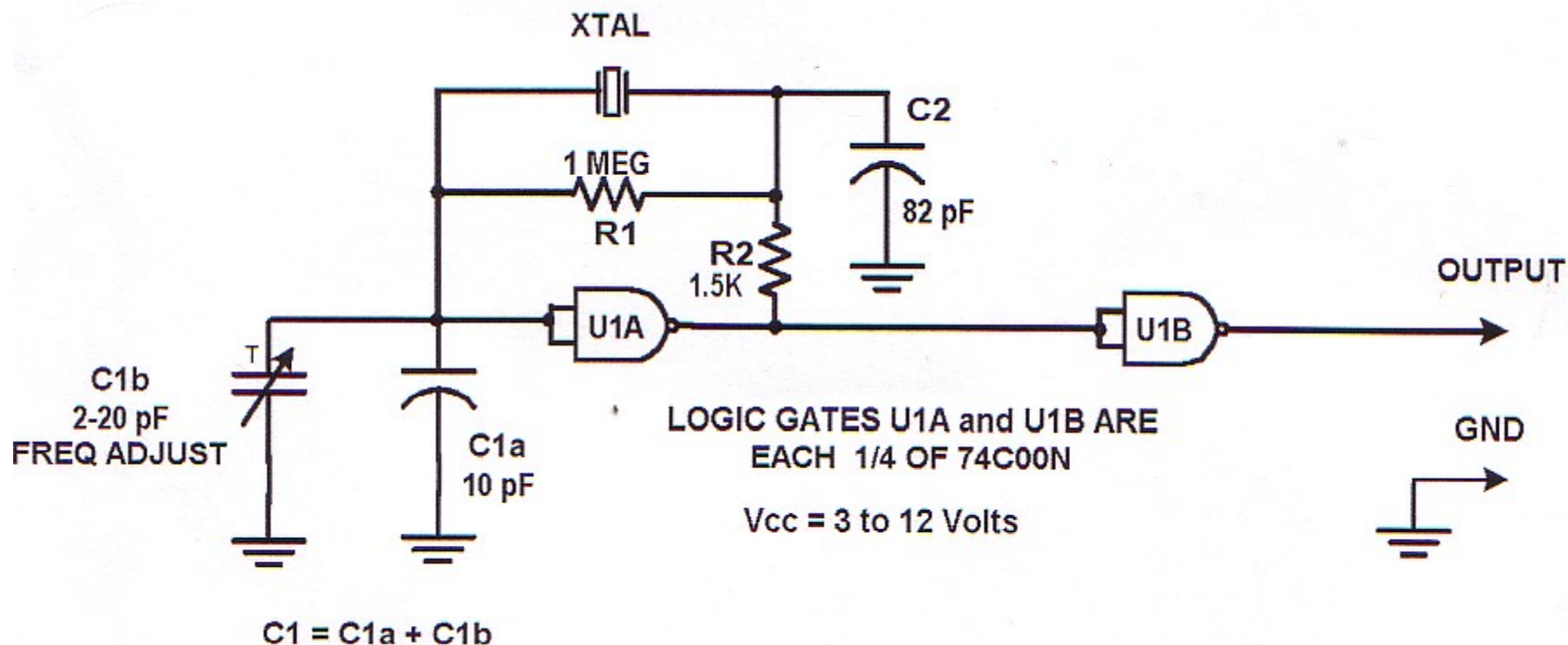
SK

Zapojení oscilátoru s krystalem je nutno zvolit tak, aby zaručovalo oscilace na kmitočtu f_s nebo v pásmu mezi f_s a f_p . Principiální zapojení pro první alternativu je na obr. a), pro druhou alternativu na obr. b). Jak je



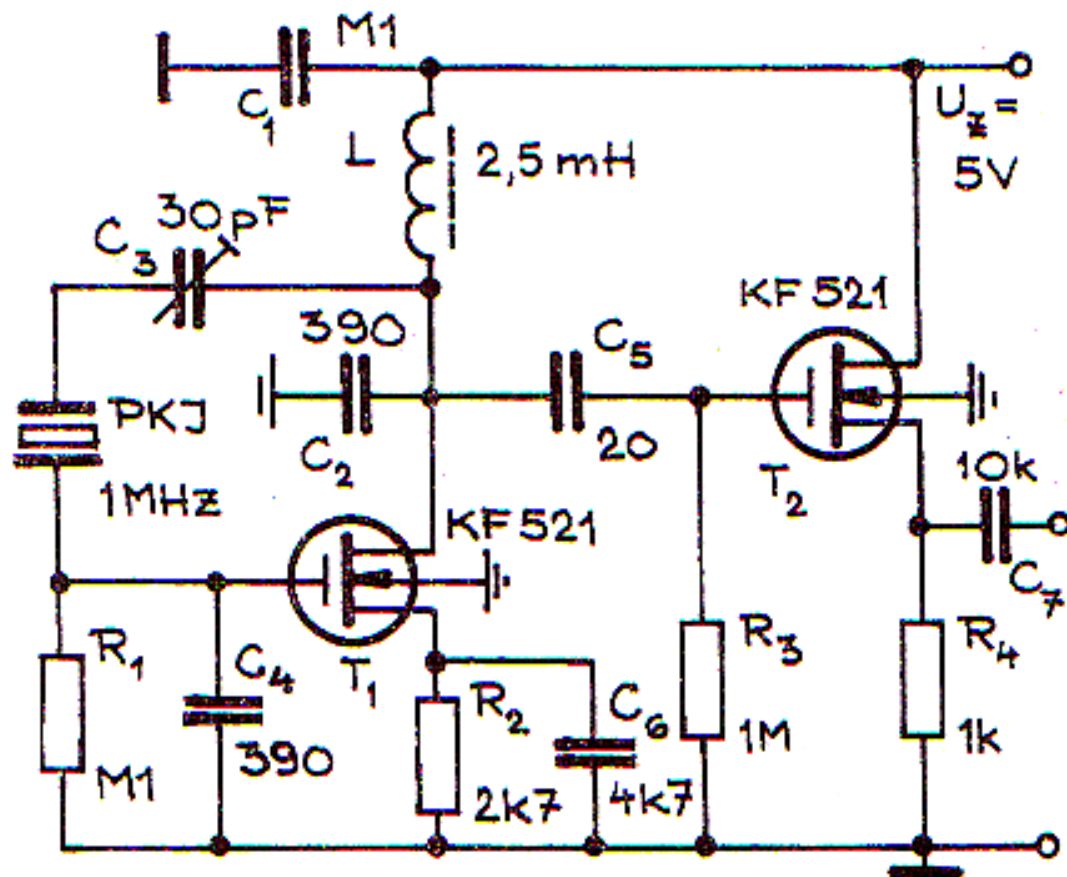
Možnosti posunutí sériového ω_s a paralelního ω_p rezon. kmitočtu u PKJ

1) Oscilátory pracující mezi f_s a f_p krystalu, krystal nahrazuje jednu ze tří reaktancí X_1 , X_2 , X_3 u třibodového zapojení oscilátoru. Nahrazuje indukčnost.



Piercův krystalový oscilátor s logickými členy.

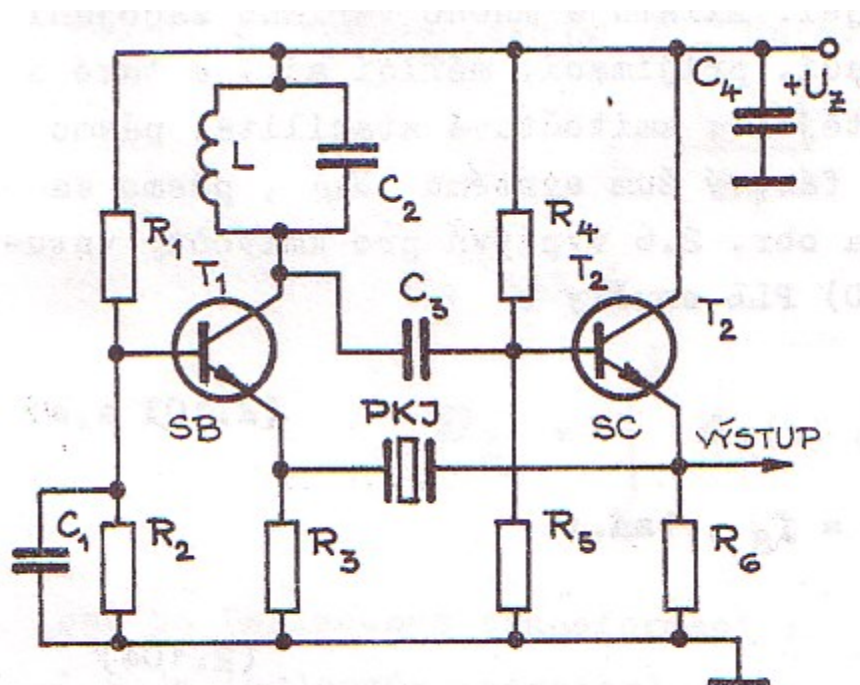
Používá se jako zdroj hodinového referenčního signálu v digitální technice počítačích atd. Je jednoduchý a levný. Není ideální pro aplikace citlivé na fázový šum. Na výstupu je obdélníkový signál.



Piercûv oscilátor s MOSFETy

Krystalové oscilátory se sériovou rezonancí

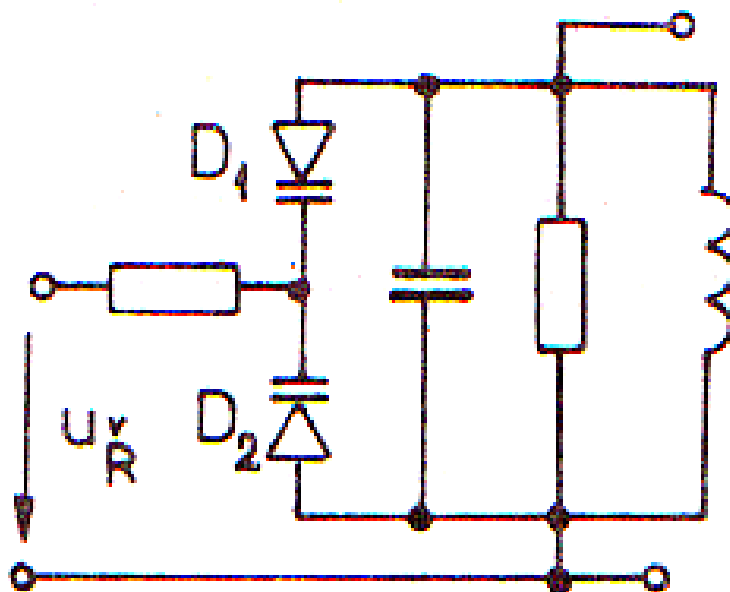
Krystal je zapojen v sérii ve smyčce zpětné vazby a bude kmitat tam, kde má krystal nejmenší impedanci.



Obr. 2.40 Butlerův oscilátor

VCO- napětím řízený oscilátor

Může to být harmonický LC oscilátor s laděným rezonančním obvodem pomocí varikapů



Literatura

J. Vrba, Úvod do mikrovlnné techniky, skripta ČVUT 2003

P. Neumann, J. Uhlíř, Elektronické obvody a funkční bloky 1, skriptum ČVUT (2005)

P. Horowitz, W. Hill, The art of Electronics, Third edition, Cambridge University Press, 1980, 1989, 2015.

Donald A. Neamen, Microelectronics Circuit Analysis and Design, Published by McGraw-Hill (2010).

Richard C. Jaeger, Travis N. Blalock, Microelectronic circuit design, 2011 by The McGraw-Hill Companies, Inc.