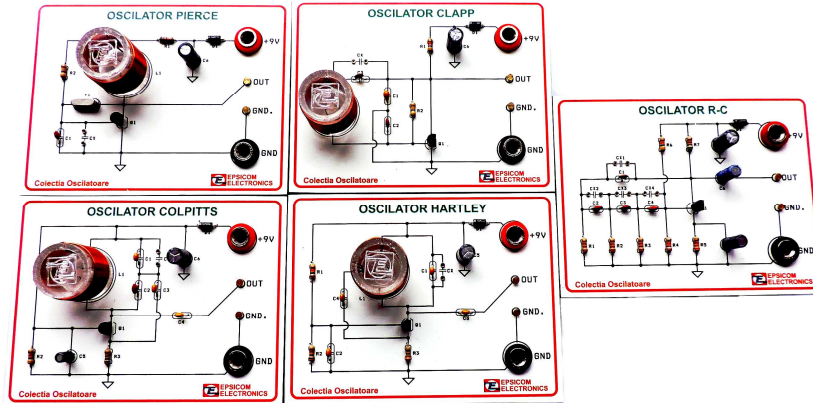


Oscilatoare

— Platformă educațională —



Modul analiză
Analiza circuitelor

Tensiune de alimentare 12V
Alimentare sursa tensiune

Puncte de test pe fiecare bloc
Puncte de măsură semnale

Testare în Lucrări de Laborator
Performanțe circuit

Conectivitate
Lab-Test

Clienților noștri pasionați

Încercăm prin această Colecție de produse să satisfacem cerințele d-voastră plecând de la dorința noastră de a materializa orice idee utilă, valoroasă și imediat aplicabilă.

Fiecare proiect din această colecție a fost selectat cu grijă din multimea de idei, pentru a îmbunătăți modalitatea de înțelegere rapidă a circuitelor electronice, a fost îndelung testat și am abordat o prezentare pe înțelesul tuturor.

Încă de la începuturi, noi cei de la EPSICOM ne-am propus cele mai înalte obiective posibile în căutarea excelenței și mai mult decât atât, am pus un accent important pe formarea profesional vocațională a noii generații ce va continua activitatea, adică voi.

S-a născut astfel ideea dezvoltării acestor platforme, am depus toată energia, creativitatea pentru a sprijini noua generație de specialiști. Permanent am considerat că drumul spre cunoaștere trebuie străbătut îmbinând teoria cu practica imediată pentru aprofundarea și înțelegerea deplină a noțiunilor.

Am testat sute de scheme, zeci de versiuni care să aducă bucuria cunoașterii.

Aceasta este generația de produse educaționale care aduce multe noutăți și completează zonele identificate de noi ca fiind esențiale în aprofundarea cunoștințelor teoretice.

Sperăm că vă vor plăcea la fel de mult precum nouă. Utilizați-le cu înțelepciune și bucurați-vă !

Jan Gîlcescu,
Manager EPSICOM

Introducere	2	Tipuri de oscilatoare	16
Prezentare.....	2	Oscilatoarele în 3 puncte	16
Important de știut.....	3	Oscilatorul Hartley	16
Noțiuni introductive	4	Oscilatorul Colpitts	19
Scopul platformelor Oscilatoare	4	Oscilatorul Clapp.....	22
Ce este oscilatorul electronic?.....	4	Oscilatorul cu cuarț - Pierce	23
Platformele Oscilatoare	5	Oscilatorul RC.....	25
Ce cuprinde acest set ?.....	5	Observații	29
Breviar de termeni	6	Lucrări de laborator	30
Recapitularea elementelor din circuit	7	Măsurarea unor parametri caracteristici oscilatoarelor.....	30
Componentele pasive.....	7	Oscilatoarele LC: Hartley, Colpitts și Clapp	32
Rezistorul	7	Ce urmează?	23
Bobina.....	7	Bibliografie	24
Condensatorul.....	9		
Diferența dintre inductanță și capacitate	11		
Componente active	12		
Tranzistorul.....	12		
Circuite oscilante	13		

Introducere

Prezentare

Suntem tentați să credem că noțiunea de oscilație a fost cunoscută iar aplicațiile practice ale acestora au existat dintotdeauna. Poveștile despre oscilații, de la cele mecanice, electrice până la cele din mecanica cuantică sunt de-a dreptul fascinante.

Iată cum s-a întâmplat: Galileo Galilei a observat pentru prima dată în anul 1583 că durata de balansare înainte și înapoi a oricărui obiect suspendat de o frânghie, un candelabru, a fost aceeași. Descoperise legea pendulului. Unitatea de măsură a fost pulsul mâinii. Vestea s-a răspândit, astfel că legea pendulului va fi folosită apoi de matematicianul Christiaan Huygens care a inventat un ceas controlat de mișcarea unui pendul în 1656.

După descoperirea curentului electric și ale aplicațiilor acestuia, prin contribuția unui mare număr de fizicieni și matematicieni, cercetătorii pasionați au produs oscilații electrice într-un circuit electric compus dintr-o bobină și un condensator.

De aici până la oscilatorul armonic cuantic, analogul oscilatorului armonic clasic la nivel cuantic ce descrie sistemele oscilante ale mecanicii cuantice, nu a mai fost decât un pas, pasul deciziv în înțelegerea lumii în care trăim.

Dacă în cazul oscilațiilor mecanice, mărimile care variază periodic sunt distanța sau unghiul, în cazul oscilațiilor electro-magnetice variază periodic sarcina electrică din circuit, deci a curentului electric. Analogia dintre mărimile mecanice și electrice conduce la tratarea unitară a acestor procese și înțelegerea fenomenelor care au loc în circuitele electrice de curent alternativ având ca model oscilațiile mecanice.

Cu toate acestea, în plină eră a comunicațiilor avem de prea puține ori posibilitatea de a testa, verifica și înțelege fenomenul de oscilație electrică, metode la îndemâna de înțelegere a fenomenelor, trecându-se direct la teorie, demonstrații matematice complexe și simulare pe calculator. De aceea, vă propunem o alfel de abordare.

EPSICOM Design

Echipa de proiectare-dezvoltare

Conectare pe fiecare port

Conectivitate

Asemenea versiunilor integrate, permite analiza circuitelor electronice specifice mai ușor decât oricând.

Totul este deja pregătit

Platformele Oscilatoare

Indiferent că sunteți profesionist sau începător, analiza semnalelor în diverse puncte de măsură pe modulele oscilatoare va crea o emoție deosebită și va incita la noi decoperiri.

12Vcc

Alimentare

Se numără printre platformele pe care studiul se poate face la diverse tensiuni de alimentare astfel încât se poate observa variația parametrilor de funcționare.

Documentație

Suport de laborator

Avem la dispoziție pentru studiu mai multe scheme de aplicație precum și pinii de măsură pe elementele de circuit.

Important de știut

De ce studiem aceste circuite ?

Metoda de descriere a funcționării este aleasă special pentru a înțelege rolul componentelor în circuit, pentru demonstrarea practică a modului în care putem produce oscilații electrice, câmpuri electromagnetice, să înțelegem comportarea acestora în situații reale precum: stabilitatea la variațiile de temperatură, sensibilitate la perturbații, stabilitatea în raport cu tensiunea de alimentare, ... Varianta realizată cu componente discrete, adică cu tranzistoare, rezistențe și condensatoare, ne oferă posibilitatea de a măsura semnalele electrice pe fiecare componentă, pe pinii de test. Cunoașterea și înțelegerea acestor oscilatoare ajută fundamental la inițierea în proiectarea circuitelor electronice, în special a celor de radiofrecvență, ne vor dezvălui utilitatea lor practică. Vom înțelege astfel mult mai bine cum funcționează circuitele electronice, cum se generează undele electromagnetice. Este cu adevărat o provocare, nu-i așa ? Hai să producem oscilații !!!

Specificații



Alimentare
12Vcc



Consum
~30 mA



Dimensiuni module
83 x 108 mm



Greutate
~60 g/modul

Completul de lucru conține:



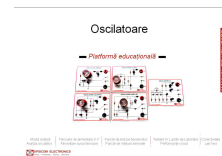
1

Cutie



2

5 Module



3

Documentație

Noțiuni introductive

Scopul lucrului cu platformele Oscilatoare

Scopul principal al acestor platforme este de a răspunde unor eterne întrebări:

- de ce sunt necesare aceste oscilatoare ?
- unde sunt utilizate ?
- ce tipuri principale de oscilatoare există ?
- ce diferențe există între ele ?

Răspunsuri

- Putem sa ne închipuim o lume modernă în care ar fi utilizat numai curentul continuu? Greu de imaginat ! Faceți totuși un efort de imaginație și completați o listă de aplicații fascinante.
- Utilizarea oscilatoarelor și oscilațiilor electrice:
 - Măsurarea timpului (ceasuri)
 - Computere,
 - Telecomunicații (telefoane, tablete, Radio, TV, ...)
 - Sisteme audio (amplificatoare, efecte muzicale, ..)
 - Medicină - (RMN, ultrasunete, ...)
 - Industrie (invertoare, cuptoare cu inducție, ...)
 - Localizare (GPS, senzori ultrasunete, ...)

... o listă nesfârșită.

- Pricipalele categorii de oscilatoare: *oscilatoarele armonice* care produc oscilații sinusoidale și *oscilatoarele de relaxare* care produc mai multe forme de undă (triunghiulare, pătrate...)
- oscilatoarele diferă în funcție de domeniul frecvență, aplicații, formă de undă, tipuri de componente active, parametrii de funcționare impuși. Și totuși ...

Ce este oscilatorul electronic?

Oscilatorul este un circuit electronic care generează un semnal sinusoidal, pe baza energiei furnizate de sursa de alimentare, convertește curentul continuu al tensiunii de alimentare în curent alternativ astfel că la ieșire produce semnale periodice, o formă de undă repetitivă, cu frecvență proprie, fără a primi un semnal de intrare.

Un oscilator este în esență un amplificator cu "reacție pozitivă" sau reacție regenerativă (în fază). Amuzant este faptul că una dintre multele probleme în proiectarea circuitelor electronice este protejarea amplificatoarelor la oscilații în timp ce oscilatoarele sunt amplificatoare proiectate astfel ca acestea să oscileze.

Oscilatorul sinusoidal este format dintr-un amplificator realizat cu tranzistoare sau AO care asigură introducerea unui câștig de tensiune și un circuit de reacție pozitivă (circuite RC , LC) care introduce un defazaj și o atenuare.

Platformele Oscilatoare

Din ce este compus acest set ?

Circuitele sunt modele funcționale, cu rol exemplificativ compuse dintr-un număr redus de componente electronice, suficient însă pentru a măsura semnalele și înțelege funcționarea acestora:

Oscilatorul Hartley – este un circuit deosebit de utilizat pentru producerea de semnale de undă sinusoidală de calitate bună în domeniul 30kHz - 30MHz, fiind limitat peste această frecvență. Schema oscilatorului Hartley poate fi recunoscută datorită inductanței cu priză folosită în circuitul oscilant;

Oscilatorul Colpitts – circuitul este foarte asemănător în funcționarea oscilatorului Hartley cu deosebirea că circuitul oscilant LC este realizat cu un singur inductor și doi condensatori înseriați care formează un singur condensator „cu priză mediană” în locul inductanței utilizate în oscilatorul Hartley;

Oscilatorul Clapp – utilizează un singur inductor și trei condensatoare pentru stabilirea frecvenței de oscilație. Schema oscilatorului Clapp este asemănătoare cu oscilatorul Colpitts cu deosebirea că are un condensator suplimentar conectat în serie cu inductorul;

Oscilatorul Pierce – oscilator electronic ce utilizează elemente piezoelectrice, cristal de cuarț. Oscilatorul Pierce derivă din oscilatorul Colpitts, însă utilizează un circuit rezonant serie (spre deosebire de circuitul rezonant paralel al oscilatorului Colpitts), după cum vom vedea în cele ce urmează. Folosește un minim de componente și un cristal de cuarț care acționează ca filtru extrem de selectiv, permite realizarea unui oscilator la un cost scăzut și stabilitate mare de frecvență;

Oscilatorul RC – este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și condensatoare. Sunt utilizate pentru a produce oscilații la frecvențe mici, în domeniul audiofrecvență;

BREVIAR

Perioada – durata unui ciclu complet al unui semnal, reprezintă timpul necesar trecerii curentului de două ori prin zero (ciclu); unitatea de măsură este secunda [s].

Perioada unei funcții se notează cu T .

Frecvența – numărul de cicluri complete ale semnalelor periodice, efectuate într-o secundă; unitatea de măsură este numită Hertz [Hz].

Frecvența se notează cu f și este inversul perioadei:

$$f = \frac{1}{T}$$

Pulsația – frecvența unghiulară, este proporțională cu frecvența și se măsoară în radiani pe secundă (rad/s):

$$\omega = 2\pi f$$

Permeabilitate magnetică – proprietatea materialului de a permite să fie traversat de linii magnetice, este gradul de magnetizare a unui material care reacționează când este străbătut de un câmp magnetic. Unitatea de măsură în Henry pe metru.

μ - permeabilitatea magnetică absolută caracterizează proprietățile magnetice ale unui material, mediu;

μ_0 - permeabilitatea magnetică a vidului, (constantă magnetică), are valoarea: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$.

μ_r - permeabilitatea magnetică relativă a materialului, mediului, mărimea utilizată în practică, este egală cu raportul dintre permeabilitatea magnetică absolută și cea a vidului, $\mu_r = \mu/\mu_0$

Fluxul magnetic – reprezintă totalitatea liniilor de câmp magnetic ce străbat o suprafață.

Inducția magnetică – este o mărime vectorială, numeric egală cu forța cu care câmpul magnetic acționează asupra unui conductor lung de 1m, prin care trece un curent de un amper, când este așezat perpendicular pe liniile câmpului magnetic.

- unitatea de măsură în sistemul internațional se numește Tesla și se notează simbolul T .

Intensitatea câmpului magnetic – raportul dintre inducția magnetică într-un punct și permeabilitatea magnetică a mediului din acel punct și este o mărime vectorială. Intensitatea câmpului magnetic depinde de forma și dimensiunile circuitului, precum și de curentul din circuit, nu depinde de proprietățile magnetice ale mediului.

$$H = \frac{B}{\mu_0}$$

Reactanța inductivă – rezistența electrică a inductorilor într-un circuit de curent alternativ. Unitatea de măsură este ohmul [Ω], are simbolul X pentru a o distinge de valoarea pur rezistivă.

Se datorează faptului că inductanțele, componente reactive, se opun variației curentului electric prin ele. Valoarea reactanței depinde de valoarea inductanței și a frecvenței:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

Permitivitate electrică – numită permitivitatea relativă indică cât de mult poate fi polarizat un material (dielectric) în prezența unui câmp electric. Permitivitatea relativă este raportul dintre „permitivitatea unei substanțe și permitivitatea vidului”:

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$$

Permitivitatea relativă a vidului este egală cu 1.

Câmpul în dielectric este mai mic decât câmpul produs de sarcinile de pe armături.

Reactanța capacitivă – rezistența electrică a capacităților într-un circuit de curent alternativ. Unitatea de măsură este ohmul [Ω], are simbolul X pentru a o distinge de valoarea pur rezistivă. Condensatoarele electrice, componente reactive, se opun variației tensiunii electrice aplicate la borne. Valoarea reactanței depinde de valoarea capacității și a frecvenței.

Factorul de calitate al circuitului rezonant Q – raportul dintre tensiunea pe elementul reactiv și tensiunea de alimentare

Factorul de amortizare d – raportul dintre tensiunea aplicată circuitului și tensiunea de la bornele elementului reactiv.

Recapitulare asupra componentelor din circuit

Pentru o bună înțelegere a funcționării circuitelor oscilante, este recomandat să facem o scurtă descriere a componentelor electronice pe care le utilizăm pe platformele de lucru. Să începem cu:

Componente pasive de circuit

Componentele pasive, deși sunt preponderente în totalul componentelor unui circuit, consumă din energia semnalelor electrice însă asigură tensiunile și curenții necesari funcționării circuitelor.

Acestea se pot clasifica în:

- Componente disipative - care disipă energie electrică activă și o transformă în căldură, precum rezistoarele, fotorezistoarele, termistoarele, varistoarele...
- Componente reactive - înmagazinează energie fie sub forma unui câmp electric (condensator) fie a unui câmp magnetic (la bobină).

Rezistorul

Rezistorul electric este o componentă electrică iar ca element de circuit proprietatea principală este rezistența electrică.

Valoarea rezistenței electrice se calculează cu ajutorul legii lui Ohm, este raportul dintre tensiunea electrică U aplicată la bornele rezistorului și intensitatea curentului I care circulă prin rezistor; această valoare exprimă proprietatea unui conductor electric de a se opune trecerii curentului electric prin el:

$$R = \frac{U}{I}$$

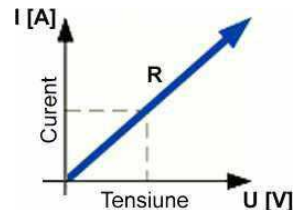


Figura 1 – Caracteristica tensiune-curent

Unitatea de măsură a rezistenței electrice în sistemul internațional este ohm-ul (Ω)

I - intensitatea curentului prin rezistor, măsurată în amperi (A);

U - tensiunea aplicată pe terminalele rezistorului, măsurată în volți (V);

R - rezistența electrică a rezistorului, măsurată în ohmi (Ω);

Caracteristica tensiune-curent este liniară, adică tensiunea la bornele rezistorului variază proporțional cu variația curentului prin rezistor.

Bobina

Bobina este o componentă electronică pasivă (reactivă) de circuit, parametrul specific al unei bobine este inductivitatea proprie sau inductanța L , adică capacitatea bobinei de a acumula energie sub formă de câmp magnetic.

Este o componentă de circuit cu două terminale și mai multe spire de conductor electric izolat, realizată în aer sau pe un miez feromagnetic pentru mărirea inductanței.

La construcția bobinelor sunt 4 factori care influențează valoarea inductanței:

- materialul miezului bobinei

- numărul de spire, adică pentru aceeași cantitate de curent care curge prin bobină, fluxul magnetic va crește proporțional cu numărul de spire ale bobinei

- lungimea înfășurării

Cum funcționează

La trecerea curentului electric printr-o bobină, se creează în jurul spirelor un câmp magnetic care, la rândul său, creează în spire un curent electric (curent indus) de sens contrar, care tinde să-l frâneze pe cel inițial. Menționăm, acest fenomen de frânare are loc doar la variații ale curentului (crește sau scade) și poartă numele de fenomen de autoinducție, adică se induce un curent invers în spire prin câmpul creat de curentul aplicat inițial.

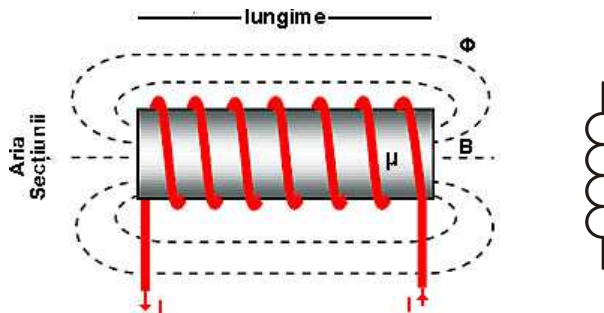


Figura 2 – Bobina

Câmpul magnetic este caracterizat de **fluxul magnetic** (Φ), totalitatea liniilor de câmp magnetic care străbat o suprafață.

Inductanța L este raportul dintre fluxul magnetic Φ și curentul I care parcurge bobina conform relației:

$$L = N \frac{\Phi}{I} [H]$$

unde:

L - inductanța măsurată în Henry

N - numărul de spire

Φ - este fluxul magnetic

I - curentul electric măsurat în Amperi

Proprietatea caracteristică a bobinei este inductanța care este o mărime fizică egală cu raportul dintre fluxul magnetic stabilit printr-un circuit de curentul care trece prin el și intensitatea curentului respectiv.

O variație a curentului prin bobină produce o variație a fluxului magnetic care la rândul său produce forță electromotoare ce încearcă să se opună variației curentului, întrucât câmpul magnetic indus din orice spirală de conductor electric acționează întotdeauna pentru a menține constant fluxul magnetic în spirală (principiul acțiunii și reacțiunii).

Fenomenul de **inducție electromagnetică** B constă în apariția unei tensiuni electromotoare într-o bobină, datorită variației în timp a fluxului magnetic care o străbate. Intensitatea de producere a fenomenului depinde de mărimea inductanței L , adică de proprietățile fizice ale miezului și de valoarea curenților care dau naștere câmpului magnetic.

Pentru o bobină, fluxul magnetic care este produs în miezul său interior este egal cu:

$$\Phi = B \times A$$

Unde: Φ este fluxul magnetic, B este densitatea fluxului și A este aria.

Pentru bobine fără miez, cu lungime l , cu număr de spire N pe metru lungime, inducția magnetică din miezul său va fi dată formula:

$$B = \mu_0 \times H = \mu_0 \frac{N \times I}{l}$$

Definim inductanța astfel: „o bobină va avea valoarea inductanței 1 Henry atunci când pentru un volt indus în bobină, curentul care trece prin bobina se schimbă cu o viteză de un 1 Amper / secundă” . Legea lui Lenz

Așadar, inductanța reprezintă capacitatea aceluia element de circuit de a se opune modificării intensității curentului inițial, prin crearea (inducerea) unui curent de sens contrar.

În curent alternativ o bobină prezintă o reactanță inductivă, dependentă de frecvența curentului alternativ.

Efect în circuit

Inductorul este componenta care în regim armonic (curent sau tensiune sinusoidale) realizează la borne un defazaj φ , al tensiunii de aproape 90° față de curent.

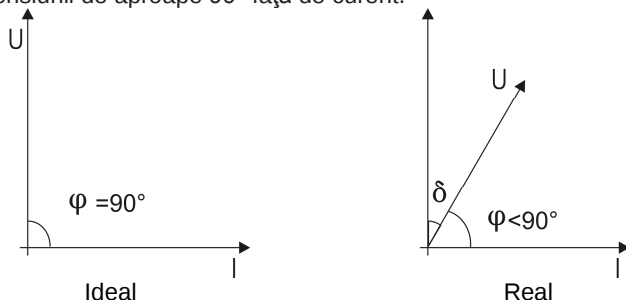


Figura 3 – Defazajul introdus de o inductanță în circuit
În diagramele fazoriale ale tensiunii și curentului pentru un inductor putem observa că în cazul ideal, defazajul este de $\varphi = 90^\circ$, dar practic este $\varphi < 90^\circ$

Factorul de calitate (Q) este un alt parametru important al bobinelor, este egal cu raportul dintre reactanța și rezistența proprie:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Factorul de calitate ridicat se caracterizează prin rezistența mică a bobinei. La creșterea frecvenței crește și rezistența conductorului de bobinaj datorită efectului pelicular (distribuția neuniformă a câmpului magnetic în interiorul conductorului și apariției curenților turbionari), curentul având tendința de a circula către suprafața conductorului, ceea ce echivalează cu reducerea secțiunii transversale.

Condensatorul

Prin construcție, un condensator este format din două plăci conductoare poziționate paralel, numite armături, care sunt separate electric printr-un material dielectric (aer, hârtie cerată, mică, ceramică, plastic). Materialele dielectrice își modifică starea electrică sub acțiunea câmpurilor electrice și apare efectul de polarizare sub acțiunea câmpului electric.

Putem acum să definim condensatorul: este o componentă care are „capacitatea” de a stoca energie sub formă de sarcini electrice care produc o diferență de potențial (tensiune statică) pe armăturile sale, asemenea unei mici baterii reîncărcabile. Cele două armături se încarcă cu o sarcină electrică egală, dar de semn opus.

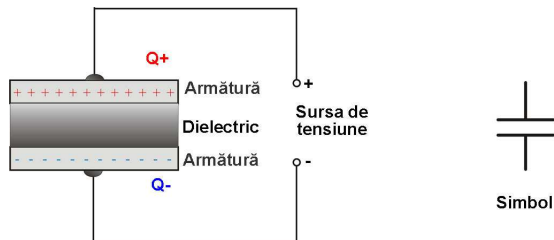


Figura 4 – Condensatorul electric

Cum se realizează aceasta ?

Astfel, dacă aplicăm o tensiune electrică la bornele condensatorului, acesta acumulează o cantitate de sarcini electrice (Q) proporțională cu tensiunea aplicată (U) și capacitatea condensatorului (C) conform relației:

$$Q = CU$$

Pe măsura formării câmpului electric datorită aplicării tensiunii, electronii liberi se vor aduna la terminalul negativ fiind luați de la terminalul pozitiv. Această diferență de sarcină se traduce prin apariția unui stoc de energie electrică în capacitor și reprezintă sarcina potențială a electronilor dintre cele două armături. Cu cât diferența numerică a electronilor dintre cele două armături este mai mare cu atât mai mare este fluxul câmpului electric și stocul de energie din capacitor (condensator).

Energia câmpului electric din capacitor (condensator) este :

$$E = \frac{CU^2}{2}$$

Energia stocată într-un capacitor depinde de tensiunea dintre armături.

Abilitatea capacitivelor de a stoca energie în funcție de tensiune se traduce printr-o tendință de menținere a tensiunii la un nivel constant. Cu alte cuvinte condensatoarele tind să se opună variației căderii de tensiune, folosind curent de la sau generând curent spre sursa de variație a tensiunii, în opoziție cu variația.

Pentru a stoca mai multă energie într-un capacitor, trebuie mărită valoarea tensiunii la bornele sale cu alte cuvinte se mărește numărul electronilor pe armătura negativă și se diminuează numărul acestora pe armătura pozitivă.

Prin eliberarea energiei dintr-un capacitor, valoarea tensiunii la bornele sale scade odată cu câmpul electric, numărul electronilor pe armătura negativă scade prin deplasarea lor spre armătura pozitivă dând naștere unui curent în aceeași direcție.

Unitatea de măsură, în sistemul internațional, pentru capacitatea electrică este faradul (notat F)

Capacitatea unui condensator plan se calculează cu formula:

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

S - suprafața dintre cele două plăci conductoare care alcătuiesc condensatorul. Cu cât suprafața este mai mare cu atât este mai mare capacitatea.

d - distanța, d între cele două plăci, cu cât distanța este mai mică, cu atât capacitatea este mai mare.

ϵ - constanta dielectrică - tipul de material care separă cele două plăci numite „dielectric”, cu cât este mai mare permitivitatea dielectricului cu atât capacitatea este mai mare.

Dielectricul oferă următoarele avantaje:

- Constanta dielectrică este proprietatea materialului dielectric și variază de la un material la altul crescând capacitatea cu un factor de k .

Permitivitatea dielectricului crește valoarea capacității.

Dielectricul crește tensiunea de funcționare maximă comparativ cu aerul.

Să facem acum o scurtă recapitulare a noțiunilor:

Diferența dintre condensator și inductor

	Conținut	Condensator	Inductanță
1	Definiție	Proprietatea dispozitivului care stochează energie electrică sub formă de sarcini electrice se numește capacitate.	Proprietatea dispozitivului care stochează energie magnetică sub formă de linii sau fluxuri magnetice se numește inductanță.
2	Semnificație	Capacitatea este notată cu majuscula C .	Inductanța este notată cu majuscula L .
3	Unitatea de masura	Unitatea de măsură pentru capacitate electrică este Farad (F)	Unitatea de măsură pentru inductanță electrică este Henry (H)
4	Rolul	Condensatorul este elementul de circuit în care energia este stocată într-o formă electrostatică .	Inductorul este elementul de circuit în care energia este stocată într-o formă electromagnetică .
5	Funcție	Principala funcție a capacității este de a se opune modificării tensiunii . Condensatorul este capabil să stocheze energie sub formă de energie electrică.	Principala funcție a inductanței este de a se opune modificării curentului . Un inductor este capabil să stocheze energie sub formă de energie magnetică.
6	Energia stocată de condensator și inductor	Condensatorul se opune trecerii curentului continuu, dar permite circulația curentului alternativ prin el. Energia totală stocată în condensator poate fi calculată ca fiind: $E = \frac{CU^2}{2}$	Inductorul se opune trecerii curentului alternativ, dar permite circulația curentului continuu prin el. Energia totală stocată în inductor poate fi calculată ca fiind: $E = \frac{LI^2}{2}$
7	Valoarea energiei depinde de:	Permitivitatea electrică a materialului dielectric	Permeabilitatea magnetică a miezului

Tranzistorul

Deși există mai multe tipuri de tranzistoare, vom face doar o descriere sumară numai a tranzistoarelor bipolare cu care sunt realizate circuitele noastre, punând un accent mai mare pe funcționarea lor decât asupra fizicii semiconductorului.

Tranzistorul bipolar este un dispozitiv electronic, ce funcționează ca un regulator de curent comandat de un curent mic, de control.

Este realizat dintr-un „sandwich” cu trei straturi de materiale semiconductoare dopate, adică impurificate, separate prin

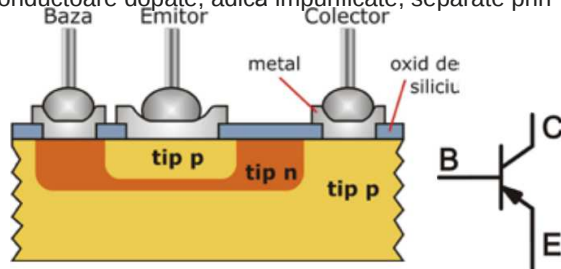


Figura 8a – Structura și simbolul tranzistorului bipolar tip pnp

două joncțiuni pn formate între cele două regiuni semiconductoare învecinate. Tranzistorul poate fi echivalat cu două diode: una polarizată direct (BE) și cealaltă polarizată invers în raport cu tensiunea de alimentare, după cum vom vedea mai departe.

Regiunea bazei este mai subțire și mai slab dopată în comparație cu regiunea emitorului (puternic dopată) și cu regiunea colectorului (dopată moderat).

În funcție de tipul de tranzistor (nnp sau pnp), curentul de bază trece de la bază către emitor sau de la emitor către bază astfel că săgeata simbolului indică întotdeauna direcția fluxului de electroni.

Avem așadar joncțiunea bază-emitor între bază și emitor și joncțiunea bază-colector între bază și colector. Fiecare strat care formează tranzistorul este conectat la câte un terminal al capsulei, adică vom avea 3 terminale denumite Emitor, Bază, Colector.

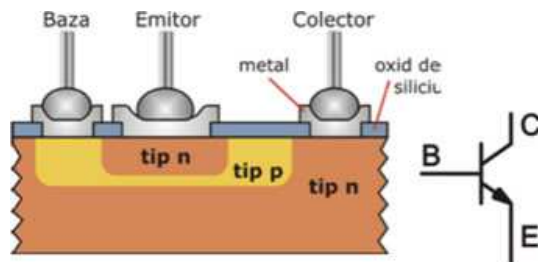


Figura 8b – Structura și simbolul tranzistorului bipolar tip npn

Cum funcționează tranzistorul?

Joncțiunea BE este polarizată direct ($V_{BE} > 0$ la npn și $V_{BE} < 0$ la pnp), având tensiune de deschidere de 0.6 V iar joncțiunea BC este polarizată invers ($V_{BC} < 0$ la npn și $V_{BC} > 0$ la pnp).

Analizând figura de mai sus, observăm ca pentru a permite deschiderea circuitului colector-emitor trebuie să aplicăm o tensiune de deschidere de aproximativ 0.6 V între bază și emitor.

Datorită polarizării directe a joncțiunii BE, în conducție și unilateral, curentul prin joncțiune este dominat de fluxul de purtători majoritari caracteristici emitorului injectați în bază.

Întrucât stratul bazei este foarte subțire, cea mai mare parte a fluxului de purtători ajunge prin difuzie la joncțiunea BC unde câmpul existent în regiunea de barieră permite trecerea electronilor în regiunea de colector, determinând un curent important prin joncțiunea BC, chiar dacă aceasta este polarizată invers. Tensiunea de 0.6 V aplicată pe joncțiunea BE, numită și tensiune de prag pentru bariera de potențial, permite trecerea unui curent de bază prin joncțiunea BE și în consecință trecerea curentului între colector și emitor.

De la acest nivel de tensiune aplicată pe bază putem controla curentul între colector și emitor, prin curentul injectat în bază.

Rezumând, cu un curent mic injectat în baza tranzistorului bipolar, peste o tensiune de 0.6 V, se pot controla curenți mari în circuitul emitor-colector care se comportă ca o rezistență variabilă **TRANSfer reZISTOR**.

Să începem să lucrăm acum cu aceste componente.

Circuite oscilante

Analizăm comportarea componentelor pasive reactive într-un circuit realizat dintr-o bobină L și un condensator C.

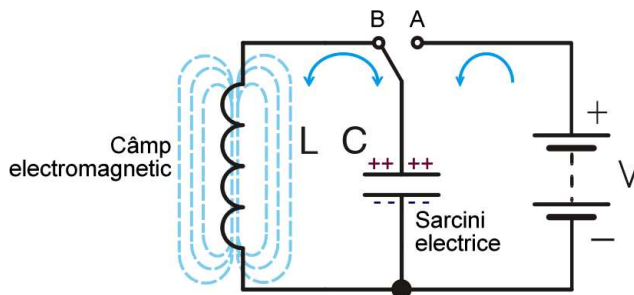


Figura 5 - Oscilațiile amortizate într-un circuit LC

Prin punerea comutatorului în poziția A, condensatorul C se va încărca până la tensiunea de alimentare V.

Când condensatorul C este complet încărcat, schimbăm comutatorul în poziția B. Condensatorul încărcat este acum conectat în paralel pe bobina L, astfel încât condensatorul începe să se descarce prin bobină. Tensiunea pe condensatorul C începe să scadă, iar prin bobina L începe să crească curentul.

Acest curent în creștere creează un câmp electromagnetic în jurul bobinei care se opune trecerii curentului de descărcare a capacității. Când condensatorul C este complet descărcat, energia care a fost inițial stocată în condensatorul C într-un câmp electrostatic este acum stocată în bobina L ca un câmp electromagnetic, în jurul spirelor bobinei.

Condensatorul stochează energia sub forma unui câmp electrostatic care produce un potențial (tensiune statică) pe armăturile sale, în timp ce bobina își stochează energia sub formă de câmp electromagnetic.

Deoarece nu există acum nicio sursă de tensiune externă în circuit pentru a menține curentul prin bobină, energia stocată în bobină sub forma câmpului electromagnetic se transferă către condensatorul C în forma unui curent, încărcând condensatorul C cu polaritatea opusă încărcării inițiale. Condensatorul C continuă să se încarce până când curentul prin circuit se reduce la zero și câmpul electromagnetic al bobinei scade complet.

Observăm că energia inițial introdusă în circuit prin comutator a fost returnată condensatorului, acesta a acumulat din nou un potențial de tensiune electrostatică, însă acum este de polaritate opusă.

Fenomenul se repetă, condensatorul începe să se descarce din nou prin bobină. Polaritatea tensiunii pe condensator se schimbă pe măsură ce energia este transferată între condensator și inductor, producând o tensiune sinusoidală tip alternativ și o formă de undă de curent.

Acest proces formează baza unui circuit oscilant LC în care, la prima vedere, acești cicli vor continua pe termen nelimitat.

În realitate, datorită pierderilor de energie ce apar în circuit, amplitudinea oscilațiilor scade în timp spre zero, de fiecare dată când energia este transferată de la condensatorul C la inductorul L. Pierderile sunt datorate radiației câmpurilor electrice și magnetice la care se adaugă rezistența electrică a bobinei, cablurile circuitului, pierderi prin dielectric. Într-un circuit oscilant LC precum cel descris în continuare, amplitudinea tensiunii oscilante scade constant la fiecare jumătate de ciclu de oscilație până când acestea dispar complet și în cele din urmă se oprește.

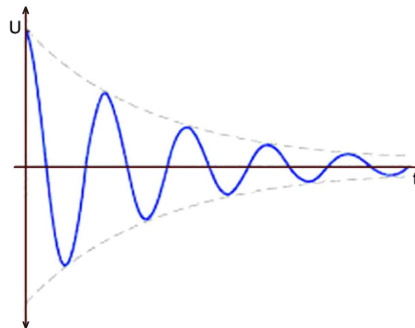


Figura 6 - Oscilațiile amortizate într-un circuit LC

Oscilațiile sunt numite "amortizate", valoarea amortizării fiind determinată de calitatea circuitului (factorul Q, pierderi minime).

Frecvența oscilațiilor se poate calcula cu formula:

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

Observăm că pentru valori mai mici ale inductanței L și capacității C, frecvența de oscilație este mai mare. Pentru a menține amplitudinea oscilațiilor într-un circuit oscilant LC la un nivel constant, trebuie să completăm periodic cantitatea de energie pierdută în timpul fiecărui ciclu. O modalitate simplă este de a prelua semnalul din circuitul oscilant LC, să îl amplificăm și apoi să îl reintroducem în circuitul LC. Exemplificăm cum putem realiza acest proces folosind un amplificator de tensiune cu tranzistor bipolar, ca dispozitiv activ. Pentru a produce o oscilație constantă, nivelul energiei trimis înapoi în rețeaua LC trebuie să fie controlat cu precizie, să existe un control al amplificării iar semnalul amplificat să fie introdus în circuit în fază cu semnalul captat, adică introducem în circuit o reacție pozitivă.

Pentru a menține o oscilație stabilă, câștigul global al circuitului trebuie să fie egal cu 1 sau unitatea.

$$\beta A = 1$$

adică produsul dintre factorul de amplificare și factorul de reacție să fie unitar, condiția generală de autooscilație (condiția de oscilație a lui Barkhausen).

- Atenuarea introdusă de rețeaua de reacție să fie compensată de amplificator (condiția de amplitudine)
- suma defazajelor introduse de amplificator și rețeaua de reacție trebuie să fie un multiplu întreg de 2π , adică semnalul de reacție trebuie să fie în fază cu semnalul de intrare (condiția de fază).

Întrebări:

- dacă amplificatorului cu reacție pozitivă nu i se furnizează un semnal din exterior atunci ce va amplifica el? Cum își generează el semnalul?
- dacă amplificarea devine teoretic infinită, de ce totuși semnalele generate au o amplitudine finită?

Răspunsuri:

- pentru ca rețeaua de reacție trebuie să introducă un anumit defazaj pentru a realiza condiția de fază, ea trebuie să conțină elemente de circuit reactive: condensatori sau bobine sau ambele.

Deoarece reactanțele acestora depind de frecvență ($X_C = 1/\omega C$, $X_L = \omega L$), și factorul de reacție β va depinde de frecvență. Aceasta înseamnă că, pentru un factor de amplificare A dat și pentru niște valori concrete ale elementelor de circuit din rețeaua de reacție, va exista o singură frecvență pentru care condiția $\beta A = 1$ va fi satisfăcută. Sau, altfel spus, rețeaua de reacție este selectivă.

Și totuși, ce amplifică amplificatorul?

La conectarea tensiunii de alimentare a amplificatorului-oscilator curenții și tensiunile pe elementele reactive vor avea un regim tranzitoriu. De la zero la niște valori finite. Se știe că

orice semnal poate fi considerat ca fiind compus dintr-o serie de semnale pur armonice (sinusoidale) cu frecvențe diferite. Dintre toate acestea va fi favorizat doar semnalul cu frecvența pentru care este îndeplinită condiția lui Barkhausen. Acesta va fi cel amplificat de amplificator, apoi prin rețeaua de reacție ajunge din nou la intrarea amplificatorului, este din nou amplificat și fenomenele se repetă. Amplitudinea semnalului favorizat va crește după fiecare ciclu.

Dar, până când?

Este clar că acest proces nu poate avea o durată infinită pentru că, în caz contrar, el ar duce la niște oscilații cu amplitudine infinită. Din punct de vedere fizic aceasta ar însemna un consum infinit de energie. Deci, undeva trebuie să ne oprim. Finalul acestui proces va fi dictat de elementul activ al amplificatorului. Să spunem că acesta este un tranzistor care, atunci când semnalul de intrare depășește o anumită amplitudine, va intra în fiecare semiperioadă a lui în stare de blocare sau de saturație limitând amplitudinea oscilațiilor la o valoare care depinde și de mărimea tensiunii de alimentare. Amplitudinea oscilațiilor generate este limitată de neliniaritatea caracteristicii de transfer a elementului activ.

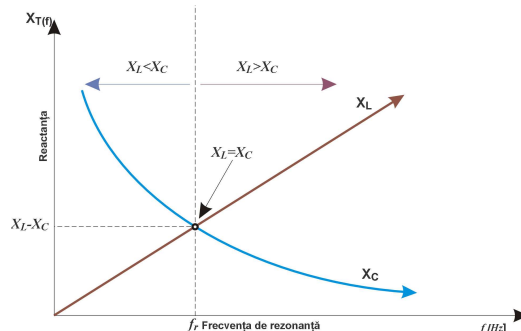


Figura 7 – Rezonanța într-un circuit LC

Tipuri de circuite oscilator

Oscilatoarele în 3 puncte

Schema generală de principiu a unui oscilator în trei puncte cu tranzistor bipolar este prezentată în figura 9

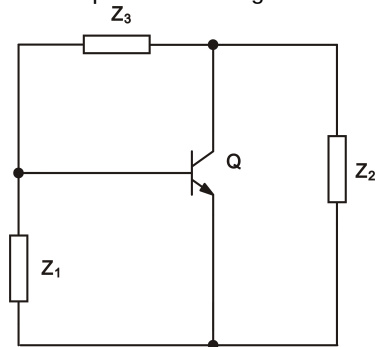


Figura 8 – Oscilatoarele în 3 puncte

Se observă dispunerea celor trei componente reactive de tip L sau C (impedanțe) între cele trei terminale ale tranzistorului bipolar, de unde și denumirea de “oscilator în trei puncte” care provine de la numărul legăturilor între circuitul oscilant acordat și dispozitivul amplificator.

Există două tipuri principale de oscilatoare în trei puncte:

- a) *oscilatoare Hartley* în care $X_3 < 0$ și $X_1 > 0$, $X_2 > 0$;
- b) *oscilatoare Colpitts* în care $X_3 > 0$ și $X_1 < 0$, $X_2 < 0$.

Oscilatorul HARTLEY

Oscilatoarele Hartley sunt folosite pentru a furniza semnale de frecvență variabilă până la frecvențe de 100 MHz. La frecvențe mai înalte se manifestă efectul de scurtcircuitare a bobinelor de către capacitățile parazite din schemă. Frecvența de oscilație este frecvența de rezonanță a circuitului derivație la care este cuplat tranzistorul.

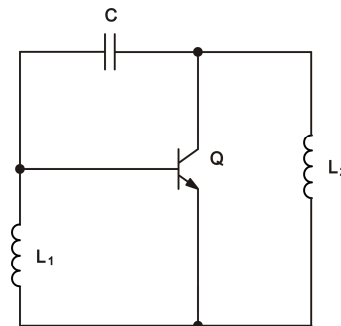


Figura 9 – Schema de principiu a oscilatorului Hartley

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$$

Reglarea frecvenței de oscilație se face prin modificarea valorii condensatorului C.

Sarcina cuplată inductiv sau capacitiv modifică parametrii circuitului acordat.

Alimentarea tranzistorului se poate face în varianta *serie*, adică curentul principal trece prin circuitul acordat sau *paralel*, caz în care se folosește un șoc de radiofrecvență pentru a evita scurtcircuitarea la masă prin sursa de alimentare, curentul principal netrecând prin circuitul acordat.

Atenuarea circuitului de reacție (A_r) este impusă de valorile

L_1 și L_2 :

$$A_r = \frac{L_1}{L_2}$$

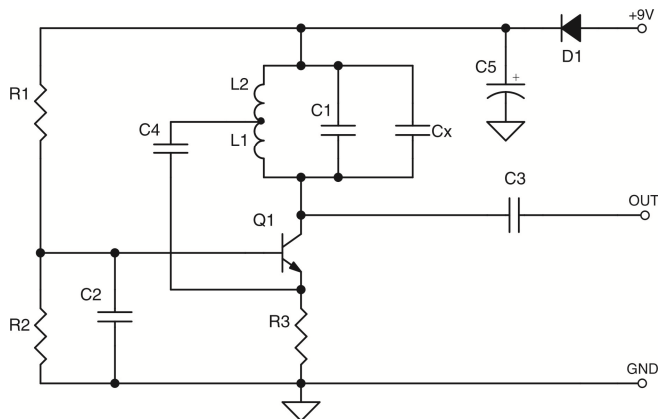


Figura 10 – Schema electrică a oscilatorului Hartley

Exemple de oscilatoare Hartley cu alimentare în serie sunt prezentate în figura 11a.

Referitor la schema din figura 11b, în curent alternativ priza bobinei este pusă la masă, iar prin emitorul tranzistorului

bipolar capacitorul C2 și C1 asigură cuplarea elementelor circuitului acordat la cele trei borne ale tranzistorului.

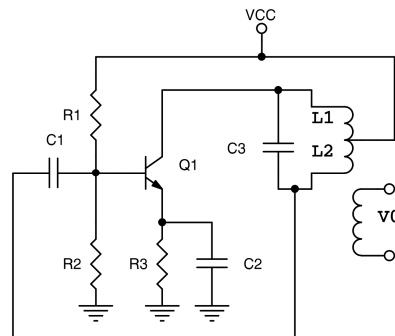


Figura 11a – Conexiune - oscilator Hartley

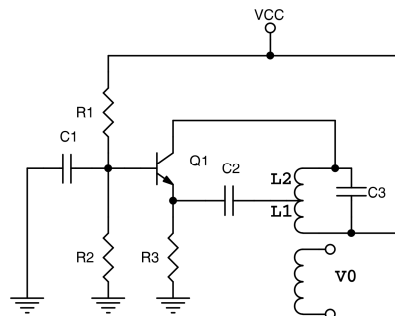


Figura 11b – Conexiune - oscilator Hartley
În figura 11.c este prezentat un exemplu de oscilator Hartley cu alimentare paralel. Se observă faptul ca prin circuitul acordat nu trece curentul de colector al tranzistorului bipolar.

Capacitorul C_1 asigură cuplajul inductanței L_1 între bază și emitor, capacitorul C_2 asigură cuplajul inductanței L_2 între colector și emitor, iar capacitoele C_1 și C_2 asigură cuplajul capacitorului C între colector și bază.

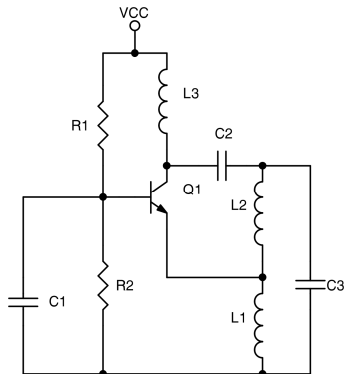


Figura 11c - Conexiune oscilator Hartley cu alimentare paralel

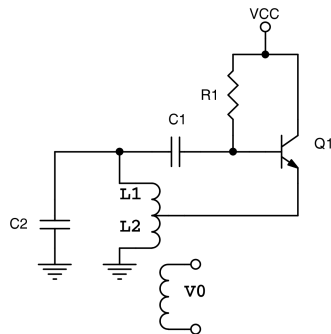


Figura 11d – Conexiune - oscilator Hartley cu sarcină cuplată inductiv.

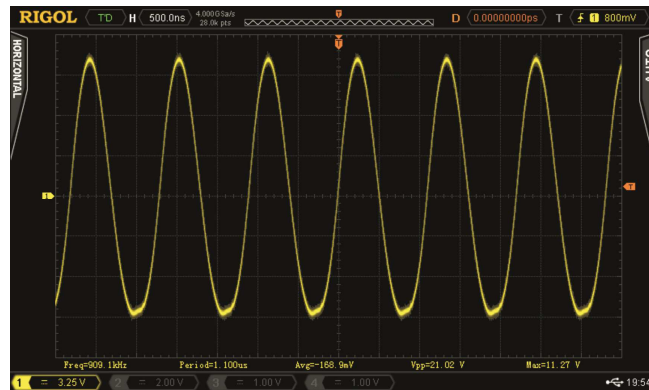


Figura 12 – Vizualizare pe osciloscop - Oscilatorul Hartley

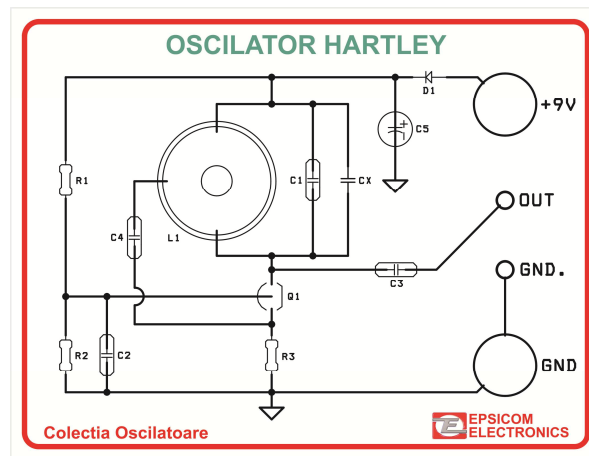


Figura 13 – Modulul oscilator Hartley

Oscilatorul COLPITTS

Acest oscilator este aproape similar cu oscilatorul Hartley în toate aspectele; prin urmare, este denumit electric dual al oscilatorului Hartley și este proiectat pentru generarea oscilațiilor sinusoidale de înaltă frecvență, cu frecvențele radio, de obicei cuprinse între 10 KHz și 300MHz. Diferența majoră dintre aceste două oscilatoare este că folosește 2 capacități și o inductanță, în timp ce oscilatorul Hartley folosește 2 inductanțe și o capacitate.

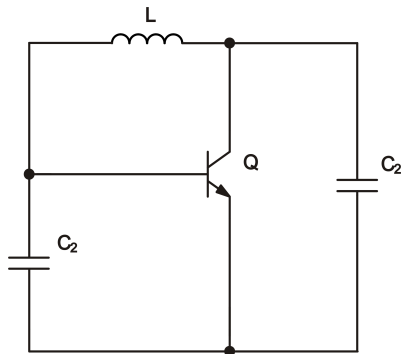


Figura 14 – Schema de principiu a oscilatorului Colpitts

Circuitul de reacție din bucla de reacție este format din două condensatoare C1, C2 conectate în paralel cu o bobină L. Frecvența oscilațiilor poate fi determinată de valorile acestor condensatoare și a inductorul cu care formează circuitul oscilant.

Condiția de oscilație pentru reactanțe:

$$X_{C1} + X_{C2} = X_L$$

C1 și C2, care sunt conectate în serie și acționează ca un simplu divizor de tensiune.

La aplicarea tensiunii de alimentare, capacitățile C1 și C2 se încarcă și apoi se descarcă prin inductanța L. Oscilațiile de-a lungul capacităților sunt aplicate pe emitorul tranzistorului modificând potențialul emitorului față de bază astfel că acestea vor fi amplificate și se vor regăsi pe ieșirea etajului amplificator, pe colectorul tranzistorului Q1..

Cateva tipuri de oscilatoare Colpitts:

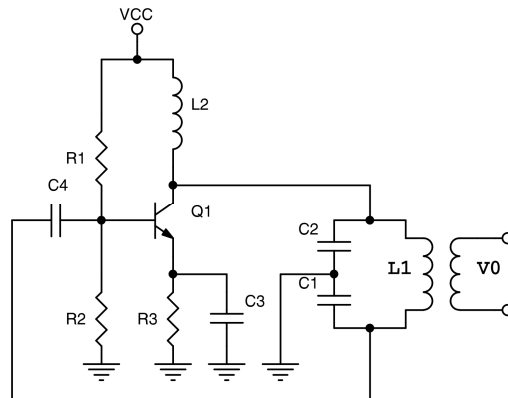


Figura 14a – Conexiune - oscilator Colpitts

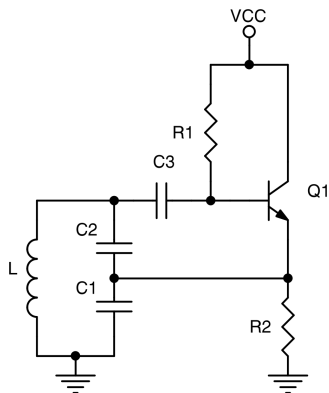


Figura 14b – Conexiune - oscilator Colpitts

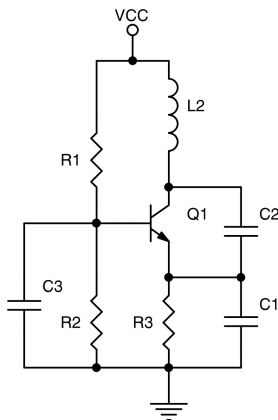


Figura 14c – Conexiune - oscilator Colpitts

Oscilatorul Colpitts analizat este urmatorul:

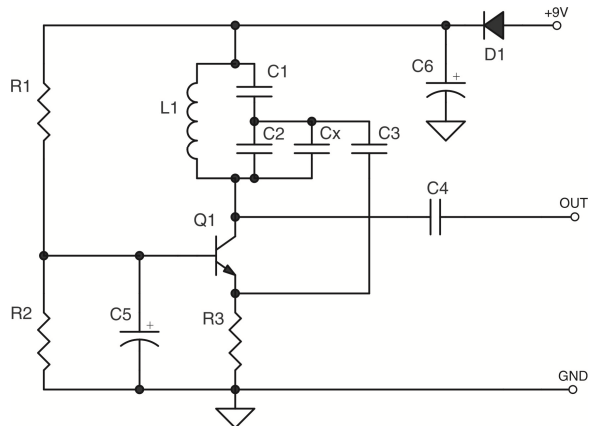


Figura 15 – Schema electrică a oscilatorului Colpitts

Rezistențele, R1 și R2 asigură polarizarea bazei tranzistorului în curent continuu, C5 menține un potențial stabil pe bază în timp ce condensatoarele suplimentare au rol de decuplare. Un ciclu de frecvență radio (RFC) este utilizat în circuitul colector pentru a furniza o reacție mare (ideal deschis circuit) la frecvența de oscilație, (f_r) și o rezistență scăzută la curent continuu pentru a ajuta la pornirea oscilațiilor. Schimbarea de fază externă necesară este obținută într-o manieră similară cu cea din circuitul oscilatorului Hartley, cu reacția pozitivă necesară pentru oscilații nedeformate. Valoarea reacției este determinată de raportul dintre C1 și C2.

Aceste două capacități sunt, în general, „grupate” împreună pentru a oferi o cantitate constantă de semnal de reacție, astfel încât, pe măsură ce una se decarcă, cealaltă completează, Asigură defazajul necesar producerii oscilațiilor și se comportă ca un filtru acordat, permițând trecerea frecvențelor de oscilație dorite. Frecvența de oscilație este:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{unde: } C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad \Rightarrow$$

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$$

Frecvența poate fi modificată fie prin utilizarea unei bobine cu inductanță variabilă, fie prin modificarea simultană a celor două condensatoare, C1 și C2, astfel încât raportul să rămână constant. Si in acest caz alimentarea tranzistorului se poate face in varianta serie sau paralel.

Atenuarea circuitului de reacție (Ar) este determinată de valorile

C1 și C2, conectate ca divizor:

$$A_r = \frac{C_2}{C_1}$$

Iar condiția de oscilație pentru amplificarea:

$$A_v = \frac{C_1}{C_2}$$

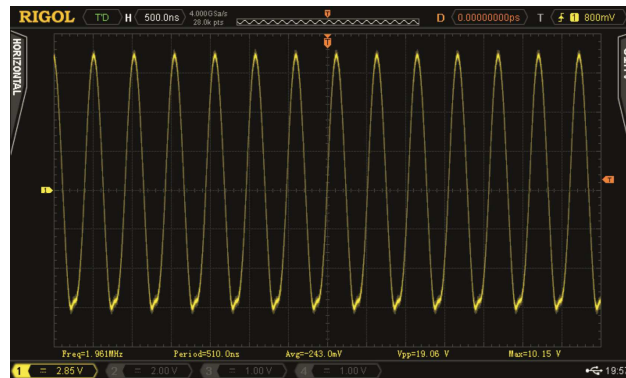


Figura 16 – Vizualizare pe osciloscop - oscilator Colpitts

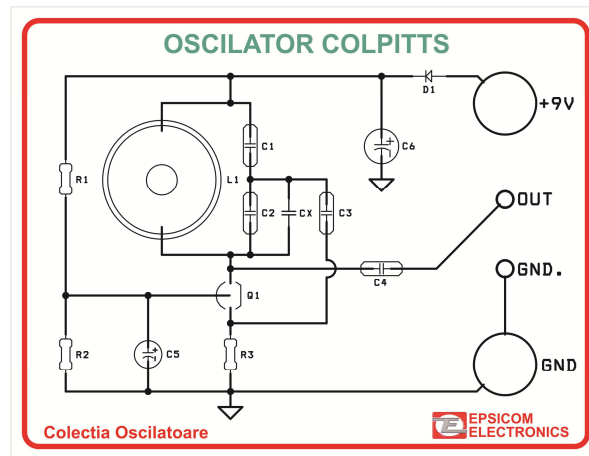


Figura 17 – Modul oscilator Colpitts

Oscilatorul CLAPP

La frecvențe foarte înalte, de sute de MHz, ar trebui utilizate capacități foarte mici, ale căror valori devin comparabile cu cele ale capacităților parazite din montaj. Acest dezavantaj este evitat în oscilatoarele de tip Clapp care au la bază schema Colpitts, în care inductanța L a fost înlocuită cu un circuit rezonant serie.

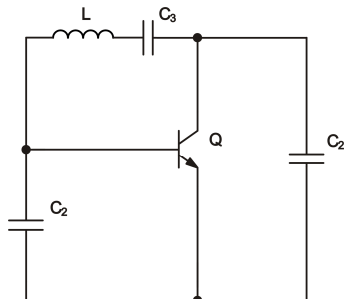


Figura 18 – Schema de principiu a Oscilatorului Clapp

Frecvența de oscilație depinde practic numai de elementele circuitului rezonant serie și se poate regla prin intermediul capacității C_3 . Astfel, valorile capacităților C_1 și C_2 se pot alege suficient de mari astfel încât efectele capacitive ale tranzistorului devin neglijabile. Acest circuit asigură defazajul necesar și se comportă ca un filtru acordat, permițând trecerea frecvențelor de oscilație dorite. Condensatorul C_3 are valoarea mult mai mică decât condensatoarele C_1 și C_2 , astfel că la stabilirea frecvenței de oscilație condensatoarele C_1 și C_2 se neglijează.

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

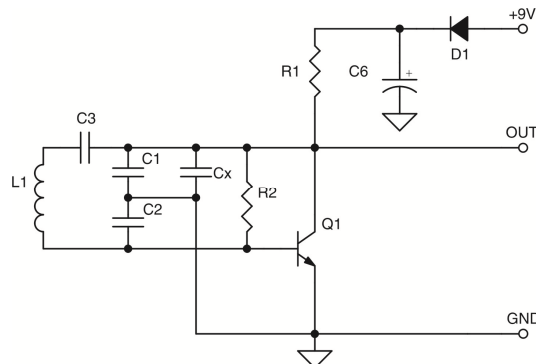


Figura 19 – Schema electrică a oscilatorului Clapp

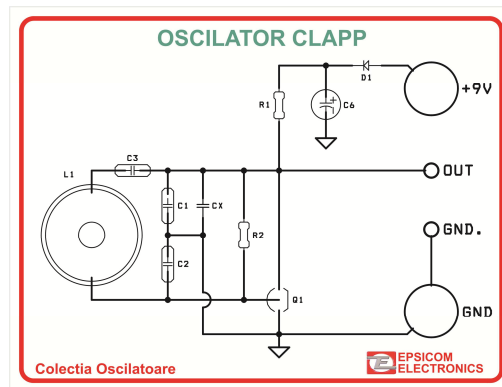


Figura 20 – Modulul Oscilator Clapp

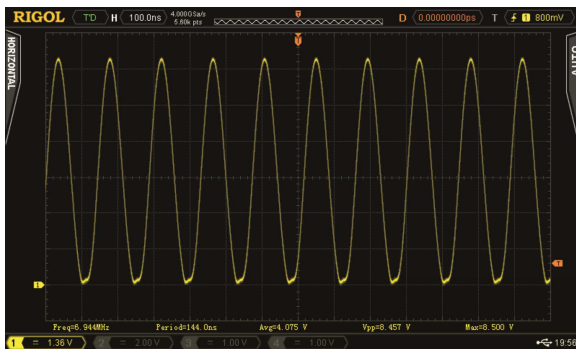


Figura 21 – Vizualizare semnalului pe osciloscop oscilatorului Clapp

Oscilatorul cu cuarț - PIERCE

Oscilatoarele Pierce sunt utilizate pentru generarea oscilațiilor în domeniul 40 kHz - 100 MHz folosind minimum de componente și ofera o mare stabilitate a frecvenței, de ordinul 10^{-6} - 10^{-7} .

Cristalul de cuarț prezintă o caracteristică cunoscută sub numele de efect piezo-electric, proprietatea unui cristal prin care o sarcină electrică produce o forță mecanică prin schimbarea formei cristalului și invers, o forță mecanică aplicată cristalului produce o sarcină electrică. Cristalul de cuarț utilizat în oscilatoare este o componentă realizată dintr-o placă subțire de cuarț, cu cele două suprafețe paralele metalizate pentru a realiza conexiunile electrice în circuit. Frecvența fundamentală a oscilațiilor este determinată de dimensiunile cristalului.

Un cristal de cuarț poate fi reprezentat de un circuit electric echivalent ca un circuit RLC în serie format dintr-o rezistență

R_s cu valoare mică, echivalentul electric al pierderilor prin frecare, o inductanță L_s cu o valoare mare, echivalentul electric al masei cristalului și o capacitate C_s de valoare mică, în paralel cu o capacitate C_p , care reprezintă valoarea capacității conexiunilor electrice cu cristalul. Oscilatoarele cu cristale de cuarț tind să acționeze spre „rezonanța lor în serie”. așa cum se observă mai jos.

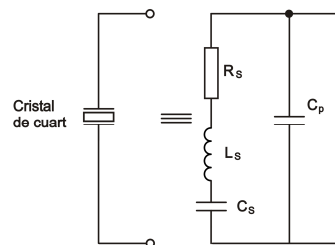


Figura 22 – Schema echivalentă a cristalului de cuarț

Cristalul determină frecvența oscilațiilor și operează la frecvența sa rezonanță serie, f_s . La rezonanță apare o schimbare de fază de 180° a semnalului aplicat la intrarea amplificatorului (pe bază) față de semnalul de pe colector, adică se aplică o reacție pozitivă.

Iată componenta „reactivă” pe care o putem utiliza în oscilatoare.

Un oscilator la care cristalul de cuarț este montat între colector și bază este oscilatorul Pierce prezentat în figura 23. Rezistor, R_1 controlează valoarea semnalului de reacție pozitivă de pe cristalul de cuarț ce se aplică pe baza tranzistorului, tensiunea de alimentare este aplicată printr-o bobină de suprimare a componentei de radiofrecvență. Avantajul acestui tip de oscilator este că poate folosi element de amplificare atât tranzistoare bipolare, JFET cât și porți logice CMOS, amplificatoare operaționale, folosind minimum

de componente.

Circuitul are două frecvențe de rezonanță, din care una serie și alta derivație. Aceste caracteristici explică marea stabilitate a oscilatoarelor cu cuarț. Între frecvența de rezonanță serie "mai mică" și frecvența de rezonanță derivație, cristalul se comportă inductiv. De aceea, se poate înlocui inductanța dintr-un oscilator Colpitts, obținându-se astfel un oscilator de foarte mare stabilitate.

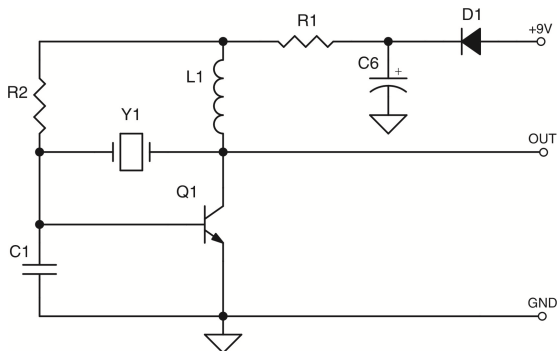


Figura 23 – Oscilatorul Pierce cu tranzistor bipolar

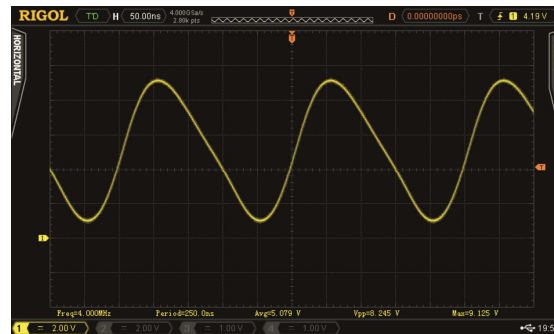


Figura 24 – Vizualizare pe osciloscop - oscilatorul Pierce

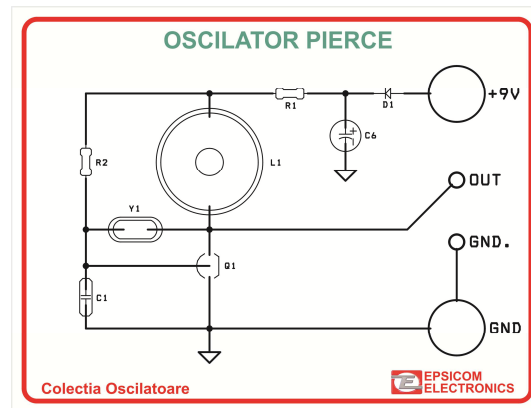


Figura 25 – Modulul oscilator Pierce

Oscilatorul RC

Oscilatoarele RC utilizează o combinație de amplificator și o rețea RC (rezistențe și capacități) pentru a produce oscilații prin schimbarea fazelor între etaje.

Etajul amplificare în configurație clasă A, cu un tranzistor, produce un defazaj de 180° între semnalul de ieșire față de cel de intrare, acționează ca un etaj inversor.

Pentru ca un oscilator să susțină oscilațiile, trebuie furnizată o reacție în fază (reacție pozitivă) suficientă, adică să realizăm încă un defazaj de 180° printr-un al doilea etaj pentru a rezulta $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$ defazaj, care este efectiv 0° .

Cum realizăm acest defazaj ?

Ne folosim de proprietățile capacităților electrice, descrise anterior, de a defaza curentul înaintea tensiunii în circuitul electric.

Realizând un circuit RC precum cel din figura de mai jos, observăm că apare o schimbare de fază între semnalul aplicat pe intrarea în rețeaua RC și cel obținut pe ieșirea acestuia.

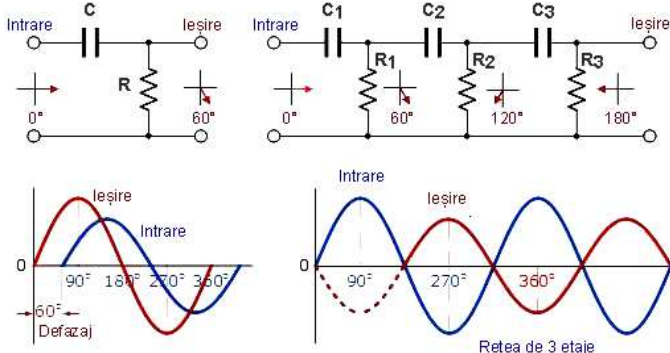


Figura 26 - Rețeaua RC de schimbare a fazei

La apariția unei tensiuni pe intrare, curentul de încărcare al condensatorului face ca pe rezistorul R să apară o tensiune decalată față de tensiunea de intrare, semnal ce poate fi utilizat ca semnal reacție pozitivă.

În primul circuit este reprezentată o singură rețea rezistor-condensator a cărei tensiune de ieșire defazează tensiunea de intrare cu un unghi mai mic de 90° (este defazată înainte cu cca. 60°). În circuitele RC ideale, un singur pol, produce teoretic o defazare de exact 90° , astfel că un defazaj de 180° este necesar și suficient pentru a genera oscilații, ar trebui să fie utilizați cel puțin doi poli într-o schemă de oscilator RC.

În realitate, este dificil să se obțină un defazaj de 90° , astfel încât sunt utilizate mai multe etaje. Valoarea efectivă a fazei în circuit depinde de valorile rezistorului, a condensatorului precum și de frecvența aleasă de oscilații cu unghiul de fază (Φ).

Aceasta se calculează cu formulele:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Unghiul de fază RC

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$$

unde:

X_C este reactanța capacitivă,

R este rezistența

f este frecvența.

În schema de mai sus, valorile lui R și C au fost alese astfel încât, pentru frecvența stabilită, tensiunea de ieșire să fie decalată pentru fiecare etaj cu un unghi de aproximativ 60° față de tensiunea de intrare.

Va rezulta că o diferență de fază între semnalul de intrare și cel de ieșire de 180° ($3 \times 60^\circ$), după cum arată diagrama vectorială următoare.

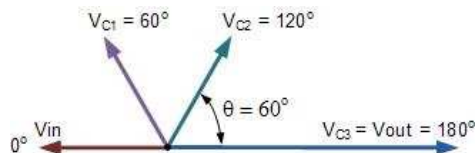


Figura 23 - Diagrama vectorială

Prin conectarea a trei astfel de rețele RC în serie, putem produce o schimbare de fază totală în circuit de 180° la frecvența aleasă și aceasta formează bazele unui "oscilator de schimbare a fazei", altfel cunoscut sub numele de circuit oscilator RC.

Într-un circuit de amplificare se va produce un defazaj de 180° între intrarea și ieșirea acestuia. Dacă între această intrare și ieșire a amplificatorului este conectată o rețea de defazare RC în trei etaje, defazajul total necesar va deveni $3 \times 60^\circ + 180^\circ = 360^\circ$, așa cum se poate observa în figura 24.

Cele trei etaje RC sunt conectate împreună pentru a obține panta necesară pentru o frecvență de oscilație stabilă. Defazajul buclei de reacție este -180° pentru un defazaj de -60° al fiecăruia din cele 3 etaje. Acesta se întâmplă când

$$\omega = 2\pi f = \frac{1.732}{RC}$$

deoarece ($\tan 60^\circ = 1.732$).

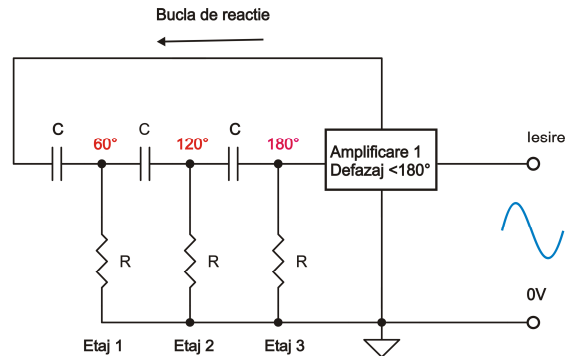


Figura 24 – Etajele defazoare în oscilatorul RC

Pentru a realiza defazarea necesară într-un circuit oscilator RC se utilizează rețele multiple de defazare RC, ca în circuitul de mai jos.

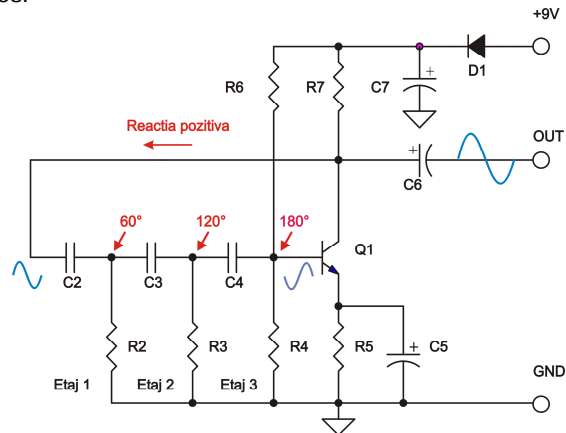


Figura 25 – Circuitul oscilatorului RC de bază

Oscilatorul RC de bază, cunoscut și sub denumirea de oscilator defazor, produce un semnal de ieșire sinusoidală utilizând feedback-ul regenerativ obținut din combinația rezistor-condensator. Acest semnal regenerativ din rețeaua RC se datorează proprietății condensatorului de a stoca o sarcină electrică (similar cu circuitul rezervor LC).

Această rețea de reacție rezistor-condensator poate fi conectată așa cum este arătat mai sus pentru a produce o defazare d (rețea de avans a fazei) sau schimbată pentru a produce o defazare întârziată (rețeaua de întârziere a fazei), rezultatul este același deoarece oscilațiile de undă sinusoidală apar doar la frecvența la care defazarea totală este de 360° .

Prin modificarea unuia sau mai multor rezistoare sau condensatoare în rețeaua de defazare, frecvența poate fi variată și, în general, aceasta se face prin păstrarea rezistoarelor la fel și folosind un condensator variabil cu 3 ganguri.

Dacă toate rezistoarele R și condensatoarele C în rețeaua de defazare sunt egale în valoare, atunci frecvența oscilațiilor produse de oscilatorul RC este dată de:

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{2N}}$$

unde:

f_r este Frecvența de ieșire în Hertz

R este rezistența în ohmi

C este Capacitatea în Farad

N este numărul de etaje RC. ($N = 3$)

Deoarece combinația rezistor-condensator în circuitul oscilator RC acționează ca un atenuator pe cele trei etaje, câștigul de tensiune al amplificatorului trebuie să fie suficient de ridicat pentru a depăși aceste pierderi RC.

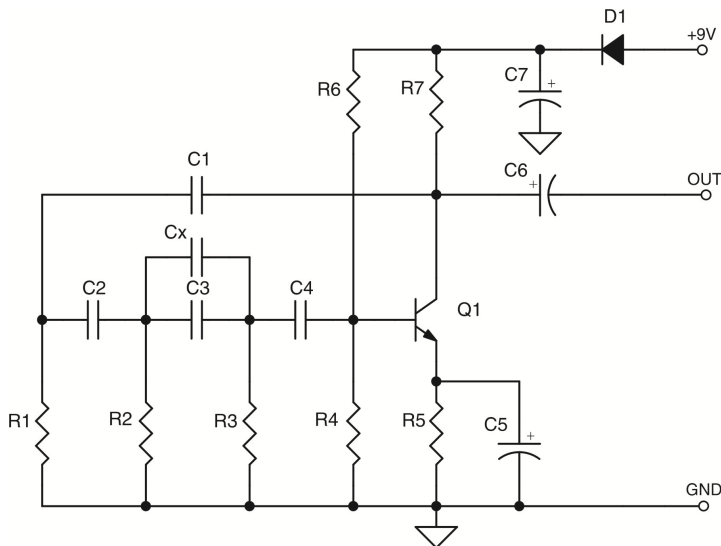


Figura 26 – Schema electrică a oscilatorului RC

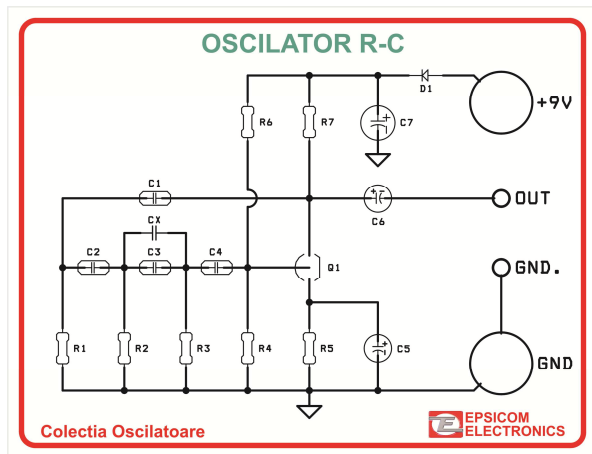


Figura 27 – Modulul oscilator RC

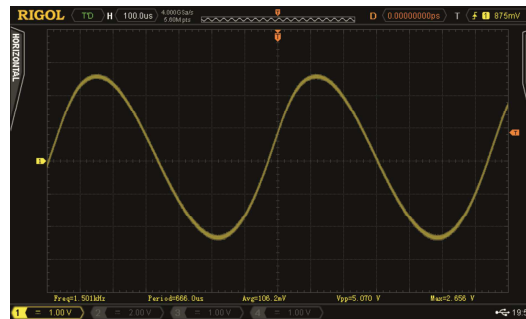


Figura 28 – Vizualizare pe osciloscop – Oscilatorul RC

Observații

Parametri caracteristici ai oscilatoarelor

Principalii parametri ai oscilațiilor sunt următorii:

- Frecvența oscilației: f_0
- Amplitudinea oscilației: U
- Puterea oscilației: P
- Stabilitatea frecvenței
- Stabilitatea amplitudinii
- Purițatea oscilațiilor (dacă se generează și oscilații nedorite, având alte frecvențe).

Principalii factori destabilizatori

- Variația temperaturii, care provoacă variația parametrilor electrice ai componentelor, rezultând deriva termică a frecvenței;
- Variația tensiunii de alimentare, care provoacă deriva electronică a frecvenței datorită modificării parametrilor componentelor schemei în special ai elementului activ;
- Modificarea sarcinii oscilatorului, a impedanței de intrare a etajului următor, produce fenomenul cunoscut sub numele de "târâre" în frecvență;
- Vibrațiile mecanice produc modificarea frecvenței în ritmul șocurilor;
- Cuplajele electrice sau magnetice cu circuite învecinate, produc "paraziți" induși;
- Modificări ale condițiilor de mediu precum presiunea, umiditatea, etc. destabilizează parametrul circuitului oscilant.

Recomandări

După prezentarea schemelor și funcționării oscilatoarelor, este necesar să prezentăm avantajele precum și dezavantajele utilizării acestor tipuri de oscilatoare precum și modul de soluționare ale acestora.

- În domeniul frecvențelor de peste 100KHz se utilizează oscilatoarele LC care se pot realiza cu bobine și condensatoare de valori ușor de construit, cu rezistențe de pierderi mult mai mici decât reactanțele respective, deci cu factori de calitate ridicați, asigurând o bună stabilitate a frecvenței.

- Pentru frecvențe de ordinul zecilor de KHz apar dificultăți în realizarea oscilatoarelor, impunându-se valori mari atât inductanțelor bobinelor cât și capacității condensatoarelor. În aceste condiții, pentru valorile condensatoarelor folosite, bobinele au un număr mare de spire, cu rezistența de pierderi mare și deci un factor de calitate slab.

- Pentru frecvențe de ordinul KHz sau mai mici, în domeniul frecvențelor joase, practic nu se mai pot folosi oscilatoare LC ci se utilizează oscilatoare cu reacție pozitivă selectivă având cuadripolul de reacție constituit din rezistențe și condensatoare, oscilatoare RC.

Lucrări de laborator

Tema Nr. 1

Măsurarea unor parametri caracteristici oscilatoarelor

Măsurarea frecvenței

Pentru măsurarea frecvenței de rezonanță a unui circuit oscilator Se utilizează un generator de semnal RF o bobină de cuplare realizată din 50 spire, un osciloscop și o sondă 1:100 care are de obicei o rezistență de intrare de $100\text{M}\Omega$ și o capacitate de intrare de 4 pF .

1. Se conectează ieșirea generatorului de semnal la bobina de cuplare;
2. Pentru frecvențele din gama MHz, amplasăm bobina de cuplare la aproximativ 20 cm de circuitul oscilatorului. Distanța de 20 cm este menită să ofere o cuplare liberă între bobină și oscilator;
3. Se pregătește osciloscopul și sonda de măsură cu masa sondei conectată la masa circuitului;
4. Conectăm sonda la circuitul oscilatorului. Sonda constituie o mică încărcare a circuitului, deci Q -ul nu scade în general prea mult;
5. Datorită atenuării 100x în sondă, reglăm nivelul semnalului generatorului la o valoare mai mare;
6. Modificăm frecvența generatorului puțin peste și sub frecvența de rezonanță;
7. Reglăm frecvența generatorului până vizualizăm amplitudinea maximă a semnalului pe ecranul osciloscopului. Citim și notăm această frecvență. Aceasta este **frecvența de rezonanță**.

Măsurarea factorului de calitate a circuitului

Pentru măsurarea factorului de calitate al circuitului oscilant se aplică din nou metoda cuplajului mutual (inducție).

Se utilizează un generator de semnal RF o bobină de cuplare realizată din 50 spire, un osciloscop și o sondă 1:100 care are de obicei o rezistență de intrare de $100\text{M}\Omega$ și o capacitate de intrare de 4 pF .

1. Se conectează ieșirea generatorului de semnal la bobina de cuplare;
2. Pentru frecvențele din gama MHz, amplasăm bobina de cuplare la aproximativ 20 cm de circuitul oscilatorului. Distanța de 20 cm este menită să ofere o cuplare liberă între bobină și oscilator;
3. Se pregătește osciloscopul și sonda de măsură cu masa sondei conectată la masa circuitului;
4. Conectăm sonda la circuitul oscilatorului. Sonda 1:100 constituie o mică încărcare a circuitului, Q -ul nu scade mult.
5. Modificăm frecvența generatorului puțin peste și sub frecvența de rezonanță;
6. Reglăm frecvența generatorului până vizualizăm amplitudinea maximă a semnalului pe ecranul osciloscopului. Citim și notăm această frecvență;
7. Notăm cele două frecvențe pentru care tensiunea pe circuit a fost de 0,707 față de valoarea la rezonanță, punctul -3 dB.
8. Lățimea de bandă a oscilatorului este diferența dintre frecvențele corespunzătoare acestor două puncte de 0,707.
9. Factorul de calitate Q al circuitului LC paralel are valoarea frecvenței de rezonanță împărțită la lățimea de bandă.

Tema Nr. 2

Oscilatoarele LC: Hartley, Colpitts și Clapp

Obiectivele lucrării sunt:

- Modificarea frecvenței oscilatorului;
- Valori limită ale componentelor pentru producerea oscilațiilor;
- Stabilitatea frecvenței la variațiile tensiunii de alimentare;
- Factori externi perturbatori;

Calculul frecvenței oscilatorului Hartley

Alegem valorile inductanțelor L_1 și L_2 de 0,6mH

Valorile condensatorului C cuprinse între 100-240pF

Să determinăm frecvența superioară și inferioară de oscilație, lățimea de bandă a oscilatoarelor Hartley.

Rezolvare

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$$

$$L_s = L_1 + L_2 = 0.6 + 0.6 = 1.2\text{mH}$$

Frecvența superioară a oscilatorului Hartley

$$f_{sup} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.2 \times 100}} = \frac{1}{6.283\sqrt{1.2 \times 10^{-13}}} = 459454\text{ Hz}$$

Frecvența inferioară a oscilatorului Hartley

$$f_{inf} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.2 \times 240}} = \frac{1}{6.283\sqrt{2.88 \times 10^{-13}}} = 296576\text{ Hz}$$

Lățimea de bandă a oscilatorului Hartley

$$B_{frecv} = f_{sup} - f_{inf} = 459454 - 296576 = 162,878\text{ KHz}$$

Modificare frecvenței oscilatorului Hartley

1. Adăugați diverse capacități de diverse valori în soclul Cx.
 - Citiți frecvența pe ecranul osciloscopului;
 - Verificați prin calcul corectitudinea citirii;
2. Apropiați un miez feromagnetic de inductanța L_s .
 - Citiți frecvența pe ecranul osciloscopului;
 - Calculați valoarea L_s ;
3. Variați lent tensiunea de alimentare în domeniul 6V-15V.
 - Citiți frecvența pe ecranul osciloscopului;
 - Explicați variația formei semnalului;
3. Apropiați o bobină cuplată la un generator de semnal la distanțe 2cm – 15cm față de inductanța L_s
 - Observați modificările formei de undă la diverse distanțe;
 - Explicați variația formei semnalului;

Repetăți aceeași procedură pentru oscilatoarele Colpitts și Clapp.

Ce urmează?

Ați finalizat călătoria prin lecturarea documentației platformei Epsicom.

Acum sunteți familiarizați cu termenii, cunoașteți câteva tipuri de oscilatoare utilizate curent în electronică, componentele electronice, rolul și funcționarea lor. Ați aflat cum se generează oscilațiile electrice ce pot fi utilizate în domeniul comunicațiilor prin procesarea și propagarea acestora în forma undelor electromagnetice, în medicină prin utilizarea acestora în echipamente medicale de imagistică (imagini de diagnosticare), telemetrie sisteme wireless pentru monitorizarea pacientului, tratamente cu ultrasunete, echipament RMN, scanare CT și PET (tomografie cu emisii de pozitron), industrii prelucrătoare,

Veti înțelege acum mult mai ușor principiul conform căruia frecvențele multiple aplicate pe un dispozitiv neliniar produc noi frecvențe care sunt sume sau diferențe ale frecvențelor aplicate și ale armonicilor acestora, cu aplicații actuale din cele mai diverse: Vă invităm să vă alăturați miilor de utilizatori ai produselor firmei Epsicom.

Veți găsi idei noi și tutoriale foarte utile ce pot completa propriile voastre proiecte.

Bine ați venit!

Bibliografie

Laboratorul de Sisteme de Radiocomunicații, Universitatea Politehnică București,
Facultatea de Electronica, Telecomunicații si Tehnologia Informației Iasi,
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale din Timișoara
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia informației Cluj Napoca
All About Circuits

Proiecte noi

Clase de amplificatoare

Surse de tensiune în comutație

Surse de tensiune liniare

ATENȚIONARE

Toate produsele Epsicom sunt protejate de legea dreptului de autor și tratatul internațional privind drepturile de autor. Prin urmare, acest manual trebuie tratat ca orice alt material copyright. Nici o parte a acestui manual, inclusiv produsul descris în prezentul document, nu trebuie să fie reprodusă, stocată într-un sistem de preluare, tradusă sau transmisă sub orice formă sau prin orice mijloace, fără permisiunea prealabilă scrisă a Epsicom. Ediția manuală PDF poate fi tipărită pentru uz local sau privat, dar nu pentru distribuție. Orice modificare a acestui manual este interzisă.

Epsicom furnizează acest manual tutorial „așa cum este” fără garanție, exprimată sau implicită, incluzând însă garanțiile sau condițiile implicite de comercializare în scop educațional.

Epsicom nu își asumă nicio responsabilitate sau răspundere pentru erorile, omisiunile și inexactitățile care pot apărea în acest manual. În niciun caz, Epsicom, directorii, angajații sau distribuitorii săi nu vor fi răspunzători pentru daune indirecte, specifice, incidentale sau consecințe (inclusiv daune pentru pierderea profitului și informațiilor comerciale, întreruperea afacerii sau orice altă pierdere pecuniară) care rezultă din utilizarea acestui manual sau produs, chiar dacă Epsicom a fost înștiințat cu privire la posibilitatea unor astfel de daune. Epsicom își rezervă dreptul de a schimba informațiile conținute în acest manual în orice moment, fără notificare prealabilă, dacă este necesar.

Produsele Epsicom nu sunt proiectate, fabricate sau destinate utilizării sau revânzării ca echipamente de control, în medii care necesită performanțe în condiții de siguranță, cum ar fi în exploatarea instalațiilor care ar putea duce la daune fizice sau de mediu grave.

Epsicom și furnizorii săi renunță în mod specific la orice garanție expresă sau implicită pentru activitățile cu risc ridicat.

Numele, sigla Epsicom și logo-ul Epsicom sunt mărci înregistrate ale Epsicom.

Toate celelalte mărci comerciale menționate aici sunt proprietatea companiilor respective.

Toate celelalte nume de produse și corporații care apar în acest manual pot sau nu să fie mărci înregistrate sau cu drepturi de autor ale companiilor respective și sunt utilizate numai pentru identificare sau explicație și în beneficiul proprietarilor, fără intenția de a încălca.

Copyright © EPSICOM 2020, All Rights Reserved.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre,
vizitați site-ul nostru www.epsicom.com

Dacă aveți întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri,
nu ezitați să ne contactați la office@epsicom.com