

EKSPERIMENTALNA ANALIZA PIRSOVOG OSCILATORA PRIMENOM VIRTUELNOG INSTRUMENTA

Vlastimir Pavlović, Dejan Mirković, *Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu,*
vlastimir.pavlovic@elfak.ni.ac.rs, dejan.mirkovic@elfak.ni.ac.rs

Sadržaj – U radu je prezentovana jedna realizacija Pirsovog oscilatora sa kistalom kvarca u CMOS tehnici. Za potrebe merenja i analize izlaznog signla oscilatora kreiran je odgovarajući virtuelni istrument. Dati su oblici izlaznog signala u vremenskom domenu. Prikazan je i spektar izlaznog signala dobijen primenom FFT analize. Za kreiranje virtuelne instrumentacije korišćeno je LabVIEW™ okruženje, a za akviziciju podataka upotrebljena je National Instruments™ 6251 kartica.

1. UVOD

Istorijaska pozadina primene profesionalne merne opreme za analognu elektroniku na Elektronskom fakultetu u Nišu biće opisana u ovom delu rada. Prvi profesionalni instrument za automatsku analizu kola kupljen je 1978. godine i na njemu su analizirani RC aktivni filtri [1] i pasivni LC filtri sa konačnim Q-faktorom reaktansi [2]. Za prikazivanja rezultata sa monitora koristio se fotoaparati i štampač. Projektovanje filtera je bilo na računarima IBM 1130 sve do 1983. godine. Takođe uspešno su snimane karakteristike šuma analognih pojačavača i amplitudske karakteristike zvučnika i mikrofona.



Sl.1. Izgled automatskog analizatora mreža HP3042A.

Na slici 1. prikazan je izgled automatskog analizatora mreža 3570A Network analyzer proizvođača Hewlett-Packard, koji je i danas u funkciji. Automatski analizator mreža HP3043A radi u opsegu od 50Hz od 12MHz i služi za karakterizaciju četvoropola. Praktično njime se može snimiti amplitudna i fazna karakteristika pasivnih i aktivnih kola u širokom frekventnom opsegu. Ovaj uređaj se blokovski sastoji od automatskog generatora signala HP8030B, automatskog sintetizatora signala HP8570A i oscilatora HP1201B za prikaz izmerenih karakteristika.

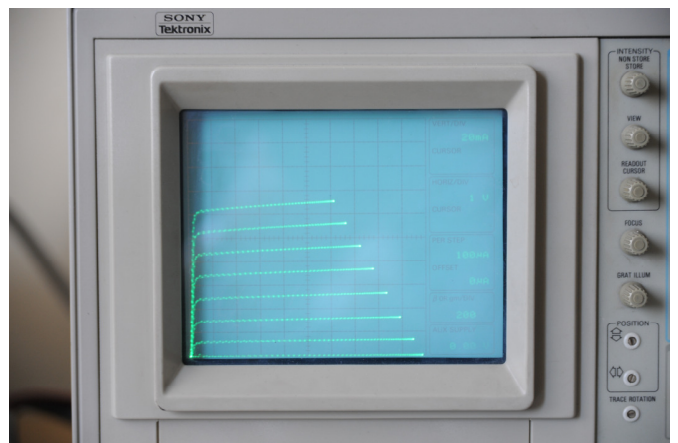
Za snimanje statičkih ulaznih i izlaznih karakteristika bipolarnih NPN ili PNP tranzistora i FET tranzistora P ili N tipa korišćen je traser 370 Programmable curve tracer. Njime se mogu snimati i prenosne karakteristike aktivnih komponenti. Ovaj uređaj uspešno se koristi za uparivanje tranzistora i istovremeno snimanje komplementarnih karakteristika zadatih komplementarnih tranzistora a to je bio značajan problem u

prethodnom periodu zbog nesavršenosti tehnološkog procesa. Takođe na ovom traseru mogu se snimiti probojni naponi aktivnih komponenti i kompletne karakteristike dioda. Izgled ovog automatskog, programabilnog uređaja prikazan je na slici 2.



Sl.2. Izgled programabilnog trasera SONY Tektronix 370

Na slici 3. data je zumirana prethodna slika (slika 2.), gde se vidi familija izlaznih karakteristika bipolarnog tranzistora za zadati opseg izlaznog napona i zadati set vrednosti bazne struje sa zadatim korakom promene za svaku narednu izlaznu karakteristiku tranzistora. Uređaj se efikasno koristio za testiranje tranzistora u proizvodnji i za identifikaciju nepoznatog tranzistora snimanjem statičkih karakteristika.



Sl. 3. Familija izlaznih karakteristika bipolarnog tranzistora snimljena traserom SONY Tektronix 370

Danas savremeno projektovanje koristi programske pakete i zasnovano je na simulaciji kola u vremenskom i frekventnom domenu. Rezultati dobijeni simulacijom i eksperimentalni rezultati su uglavnom u odličnoj saglasnosti. Mi smo projektovali oscilatore i realizovali ih. Pripremili smo jednostavnu analizu oscilatora u vremenskom i frekventnom domenu za savremenu edukaciju studenata Elektronskog fakulteta u Nišu. Primena predloženog rada ima širok spektar aplikacija u pilot proizvodnji i u fabrikaciji uređaja malih

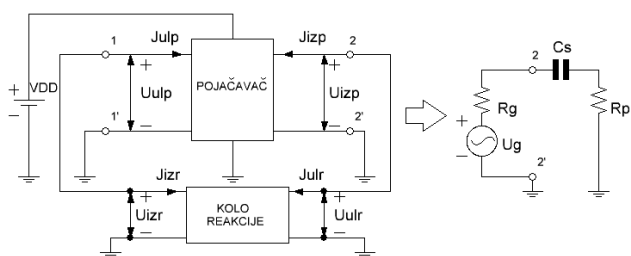
serija gde razvoj mora da bude maksimalno efikasan u vremenskom i komercijalnom domenu.

U ovom radu data je eksperimentalna analiza Pirsovog oscilatora primenom virtuelnog instrumenta. U radu je detaljno razmatran Pirsov oscilator u tri koraka:

1. Posmatranje i analiza talasnih oblika generisanih signala
2. Uticaj DC polarizacije pojačavača na uslov oscilovanja i talasni oblik generisanog signla
3. Posmatranje i analiza spektra signala oscilatora

Predložena ekperimentalna analiza oscilatora u realnom vremenu korisna je za savremeni, efikasni razvoj analognih kola i efikansu edukaciju studenata.

Ilustracije radi na slici 4. je prikazana blok šema kola oscilatora sa ekvivalentnim kolom. Sa slike 4. se jasno može uočiti da su osnovni gradivni blokovi oscilatora pojačavač i kolo reakcije. Ova jasna razdvojenost pojačavačkog kola i kola reakcije u praktičnim realizacijam nije uvek moguća. Takođe sa slike se vidi da je oscilator zapravo elektronsko kolo koje na svom izlazu daje prostoperiodični signal, a da se pri tome ne pobuđuje nikakvim spoljnjim, vremenski promenljivim signalaom. Ekvivalentna šema sugerise da se kolo oscilatora može koristiti kao izvor prostoperiodičnog signala.

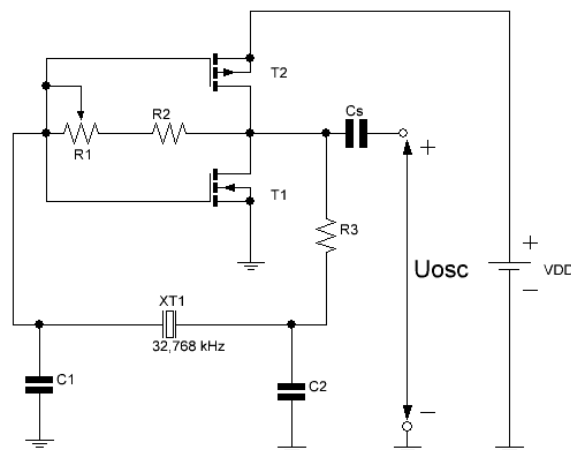


Slika 4. Blok šema oscilatora zajedno sa ekvivalentnim kolom

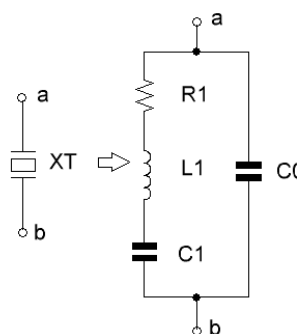
2. PIRSOV OSCILATOR

Pirsov (Pierce) oscilator je praktično još jedana realizacija Kolplicovog oscilatora s tim što se u kolu reakcije ne koristi klasična idnuktivnost već kristal kvarca. Kristal kvarca ima osobinu da prilikom izlaganja mehaničkom naprezanju (pritisku) dolazi do generisanja DC napona na njegovim krajevima. Slično ukoliko se izloži mehaničkim vibracijama AC napon se generiše na njegovim krajevima. Takođe važi i obrnuto. Naime ukoliko se na karajeve kristala kvarca primeni AC napon sam kristal kvarca proizvodi mehaničke vibriracije. Ovaj fenomen razmene mehaničke i električne energije se naziva piezoelektrični efekat. Na slici 5. prikazna je električna šema Pirsovog oscilatora.

Svaki kristal kvarca ima svoju prirodnu frekvenciju oscilovanja. U zavisnosti od orjentacije kristalografskih osa i sečenja kristala kvarca mogu se dobiti različite frekvencije. Debljina kristala kvarca je obrnuto srazmerna njegovoj prirodnoj frekvecniji oscilovanja. Dakle tanji kristal daje više frekvecnije. U zavisnosti od toga da li se frekvencija AC signala u kolu kristala kvarca poklapa sa prirodnom frekvencijom oscilovanja kristala kvarca amplituda signala će imati odgovarajuću vrednost. Naime ukoliko se ove dve frekvencije poklope amplituda oscilacija će biti značajna u suprotnm oscilacije se neće održati u kolu. Sve ovo upućuje da se kristal kvarca ponaša kao izuzetno selektivno kolo. Na slici 7. je prikazan simbol kristala kvarca zajedno sa ekvivalentnim kolom.



Slika 5. Električna šema realizovano oscilatora



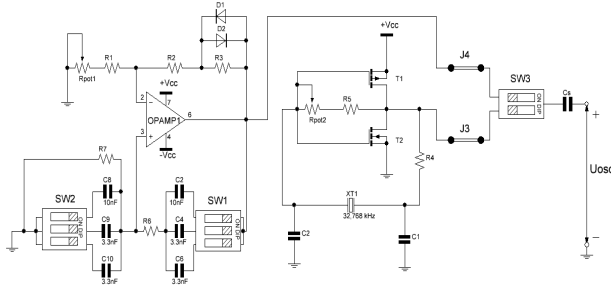
Slika 6. Simbol kristala kvarca sa ekvivalentnim kolom

Kolo pojačavača je u ovom slučaju CMOS invertor, a selektivno LC kolo je formirano od kristala kvarca i redne kapacitivnosti C_1 i C_2 . Ukoliko su pomenuti uslovi u kolu ispunjeni frekvencija oscilovanja je jednaka prirodnoj frekvenciji oscilaovanja kristala kvarca, f_0 (U ovom slučaju $f_0=32.768\text{kHz}$). Bitno je napomenuti da je prirodna frekvencija kirstala kvarca izuzetno stabilna (do 10^{-6} za oseg temperatura u okolini sobne temperaturi) što ovaj oscilator čini pogodnim za generisanje takta u digitalnim kolima [3].

3. PRAKTIČNA REALIZACIJA

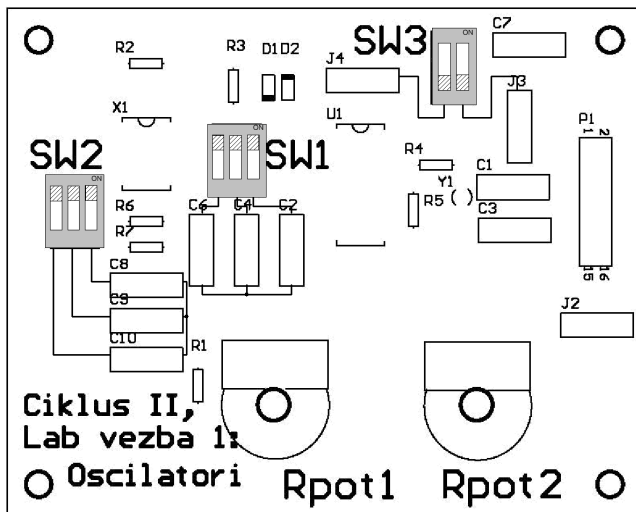
U svrhe merenja na štampanoj ploči (PCB) je praktično realizovan odgovarajući testbenč. Za realizaciju Pirsovog oscilatora je uotrebljen kristal kvarca prirodne frekvencije oscilovanja 32.768kHz. Pojačavač je realizovan CMOS invertorskim IC kolom CD4007. Električna i montažna šema su date na slikam 7. i 8., respektivno. Pojačanje CMOS pojačavača se može regulisati promenom vrednosti otpora potencijomera R_{pot2} u povratnoj sprezi. Tačnije regulacijom pojačanja moguće je oscilator uvesti tj. izvesti iz stanja oscilovanja.

Sa šeme se može uočiti da je pored Pirsovog oscilatora (desni deo slike 8.) realizovan i oscilator sa Vinovim mostom (levi deo slike 8.). Izlazni signali ova dva oscilatora se preko prekidača SW3 vode na mernu tačku (U_{osc}). Prekidačem SW3 se praktično meran tačka multipleksira na izlaz željenog oscilatora.



S1.7. Električna šema realizovane štampane ploče

Merna tačka je povezana na odgovarajući pin IDC konektora („muški“ deo konektora p1 sa slike 9.). Sa druge strane („ženski“ deo konektora p1) konektor je montiran na flat kabl preko koga je povezan sa National Instruments™ NI USB-6251 karticom. Na taj način je ostvaren električna veza između štampane ploče i merne, akvizicione opreme. Akviziciona kartica je dalje putem USB porta povezan sa PC računaram.



S1.8. Montažna šema (pogled odozgo)

Za prikaz i obradu rezultat dobijenih akvizicijom napravljen je odgovarajući softver. Softver je pisan u LabVIEW™ simboličkm, programskim jeziku. Pored funkcionalnog dela softver nudi i odgovarajući korisnički interfejs. Treba napomenuti da je softver prekompajliran u odgovarajući .exe format čime je obezbeđena prenosivost na druge mašine koje ne moraju imati kompletno instaliranu LabVIEW™ platformu za razvoj softvera. Ovakav jedan sistem koji obuhvata merno akvizicionu opremu i softver za obradu i prikaz rezultata merenja čini virtuelni instrument. U narednom poglavlju biće više reči o korisničkom interfejsu softvera virtuelnog instrumenta.

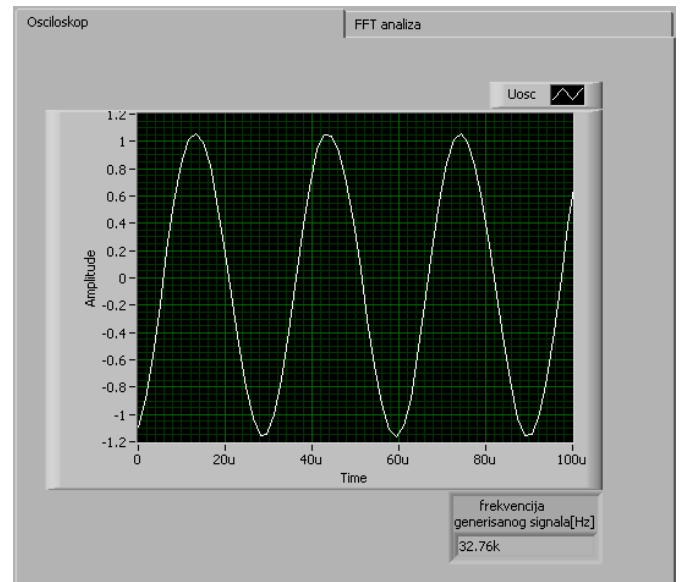
4. KORISNIČKI INTERFEJS VIRTUELNOG INSTRUMENTA

U programskom okruženju LabVIEW™ kreiran je odgovarajući softver virtuelnog instrumenta (VI). Na dalje će biti objašnjene neke od osnovnih funkcionalnosti korisničkog interfejsa virtuelnog instrumenta koje treba usvojiti kako bi se obavila odgovarajuća meranja.

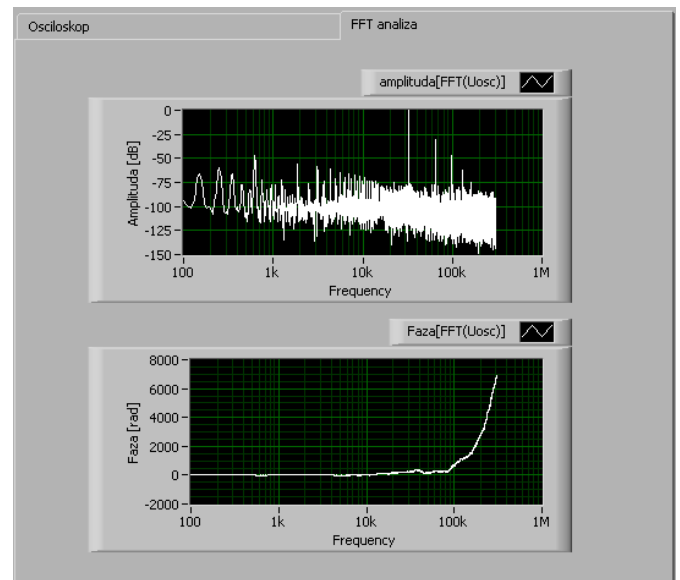
U glavnom prozoru se nalazi tab sistem koji se sastoji od dva taba. Prvi tab predstavlja klasičan osciloskop u kome se mogu posmatrati talasni oblici signala dobijenih na izlazu oscilatora u vremenskom domenu. Prikaz ovog taba dat je na

slici 9. U donjem desnom uglu ovog taba nalazi si i numerički indikator „frekvencija generisanog signala [Hz]“ gde si ispisuje vrednost frekvencije posmatranog signala. Sa slike 9. se može uočiti da je frekvencija oscilovanja Piercovog oscilatora izuzetno stabilna i iznosi 32.76kHz.

U drugom tabu se može pogledati rezultat Brze Furijeove transformacije (FFT- Fast Fourier Transform). Ovaj tab je ilustrovan na slici 10.

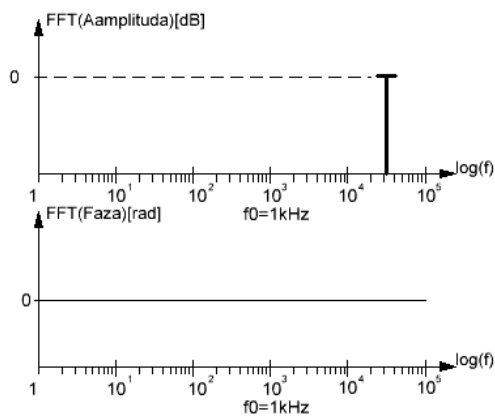


S1.9. Talasni oblik izlaznog napona oscilatora



S1.10. Spektar izlaznog signala oscilatora dobijen FFT analizom

Sa slike 10. se može uočiti neoslabljen osnovni harmonik na 32.76kHz sa nultom vrednošću faze. Poređenja radi na slici 11. je prikazan idealan spektar signala na izlazu oscilatora. To praktično znači ukoliko bi se na izlazu oscilatora generisao idealan sinusni oblik signala frekvencije 32kHz i amplitude 1V tada bi spektar izgledao kao na slici 11.



Sl.10. Spektar idealnog oscilatora

5. REZULTATI

Na slici 11. prikazano je kompletno merno mesto oscilatora. Merno mesto čine: realizovana maketa (PCB), NI USB-6251 akviziciona kartica, Eksterni izvor napajanja (DC \pm 12V), PC računar sa softverom za akviziciju, obradu i prikaz izmerenih podataka.



Sl.11. Izgled kompletnog mernog mesta oscilatora

Upotrebljena akviziciona kartica ima osam analognih kanala (šesnaest analognih ulaza) koji mogu biti konfigurisani kao jednostrani ili diferecijalni, dva analogna izlaza, dvadeset četiri digitalna ulazno-izlazna porta (osam klockovanih). Kartica takođe obezbeđuje šesnaestobitnu rezoluciju sa 1.25MS/s frekvencijom smplovanja po kanalu. Primena ove kartice je izuzetno široka kako u laboratorijskim tako i u industrijskim uslovima. Pošto poseduje USB interfejs prenosivost ovog akvizicionog modula je evidentna. Analogni izlazi kartice često se korise za generisanje pobudnih signala u drugim aplikacijama pa je neophodno obezbediti i eksterno napanje (kućište krajnje desno na slici 11.). Kako se u našem slučaju radi o oscilatoru potreba za eksternim napajanjem je eliminisana. Za napajanja oscilatora koristi se DC napon od \pm 10V koji se dovodi sa akvizicione kartice, i softverski definiše.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad prezentuje jednu realizaciju Pirsovog oscilatora. Dat je istorijski pregled načina merenja i snimanja osnovnih karatersitika za karakterizaciju aktivnih i pasivnih elektronskih kola. Takođe se pomenuti i uređaji koji su korišćeni u te svrhe. Funkcionalnost ovih uređaja je ukratko komentarisana. Prezentovane su osnovne osobine Pisovog

oscilatora sa stanovišta uslova i frekvenicije oscilovanja. Dat je opis i prikaz praktične realizacije kola oscilatora sa odgovarajućim okruženjem za merenja i snimanja relevantnih parametara razmatranog oscilatora. Komentarisan je korisnički interfejs kreiranog softvera virtuelnog instrumenta. Prikazani su i komentarisani talasni oblik signala na izlazu oscilatora i spektar dobijen FFT analizom implementiranom u softver virtuelnog instrumenta. Končano dat je prikaz formiranog mernog mesta sa komentarom osnovnih performansi.

LITERATURA

- [1] Pavlović, D.: „RC-aktivni filter za PCM sistem“, V Stručni seminar studenata elektrotehnike Jugoslavije XIX SUSEJ, str. 1-6, Umag, 6-11 maj 1979
- [2] Raković B.D., and Pavlović, V.D.: „Method of designing doubly terminated lossy ladder filters with increased element tolerances“, IEE Proceedings, Vol. 134, Pt. G. No. 6, pp. 285-291, UK, Dec. 1987
- [3] Litovski, V.: *Osnovi elektronike - teorija, rešeni zadaci i ispitna pitanja*, Akademska Misao, Beograd, April, 2006, 730
- [4] Glozić, D., Litovski, V., Maksimović, D., Milenković, S., Milovanović, D., Mrčarica, Ž., Petković, P., Randjelović, Z.: *Praktikum laboratorijskih vežbanja iz Elektronike I*, treće izdanje, Nauka, Beograd, 1994
- [5] Litovski, V.: *Modelovanje komponenata elektronskih kola i sistema*, Elektronski fakultet, Niš, 2009, ISBN 978-86-85195-75-4
- [6] LabVIEW® Tutorial Manual, January 1996 Edition, Part Number 320998A-01, © Copyright 1993, 1996 National Instruments Corporation. All Rights Reserved
- [7] LabVIEW™ Measurements Manual, April 2003 Edition, Part Number 322661B-01, © Copyright 2000–2003 National Instruments Corporation. All rights reserved.
- [8] LabVIEW™ Control Design Toolkit User Manual, February 2006, Part Number 371057D-01, © Copyright 2004–2006 National Instruments Corporation. All rights reserved.
- [9] Damnjanovic, Đ., Krneta, R.: „LabViEW bazirano laboratorijsko okruženje za učenja koncepta filtriranja“, TELFOR 2010, OC 3 - 5.21, pp. 32, Novembar 2010
- [10] Dimitrijević, M., Litovski, V.: „Specific Linear Electronic Circuits Analysis Using PC-based Acquisition Card“, *Proceedings of IEEE Region 8 EUROCON 2005 Conference*, Beograd, DOI 10.1109/EURCON.2005.1630093, 21.11.-24.11., 2005, pp. 910-913, ISBN 1-4244-0050-3

Abstract – In this paper is presented one realization of CMOS Pierce crystal oscillator. For measurement and analysis of oscillator output signal; appropriate virtual instrument is created. Time domain waveform of oscillator output signal is given as well. For spectral analysis, FFT option is implemented in virtual instrument. Virtual instrument is developed in LabVIEW™ software environment and for data acquisition; National Instruments™ 6251 card is used.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PIERCE OSCILLATOR USING VIRTUAL INSTRUMENT

Vlastimir Pavlović, Dejan Mirković