



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

طراحی، شبیه سازی و ساخت نوسان ساز کنترل شونده با ولتاژ در فرکانس 1 GHz

دکتر مصطفی یارقلی

نگارش:

علی شکری ۹۲۴۴۶۱۱۸

بهار ۱۳۹۶

بابان نامه کارسناسی

تقدیم به پدرم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یآوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و

مطمئن برایم بود

تقدیم به مادرم

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه

مهر

لغتنامه

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| ADS (Advance device system) | نرم افزار شبیه سازی مدارات الکترونیکی |
| B_f | پهنای باند بر فرکانس مرکزی |
| Colpitts Oscillator | اسیلاتور کولپیتس |
| Base Band | باند پایه |
| Capacitor | خازن |
| Coupling | تزوید |
| C_{ox} | خازن اکسید |
| C_{par} | خازن پارازیتی |
| Cross Coupled Oscillator | اسیلاتور زوج ضربدری |
| DECT, GSM, CDMA, NADC | استانداردهای مکالمه سیار |
| Die | چیپ |
| Dimension | اندازه |
| d_{out} | طول |
| Energy loss per oscillation period | انرژی تلف شده در یک دوره نوسان |
| F_c | فرکانس قطع |
| Flicker Noise | نویز فلیکر |
| Frequency tuning range | محدوده تنظیم فرکانس |
| G_m | ترانسانایی |
| Hartley Oscillator | اسیلاتور هارتلی |
| Inductance | اندوکتانس |
| Intermediate Frequency(IF) | فرکانس میانی |
| Interpolation | درونیایی |
| Invert | معکوس |
| Latch | لچ |
| Modulate | مدوله |
| Multipath fading | محوشدگی چند مسیر |
| N | تعداد طبقات |
| N-well | ترانزیستور MOSFET با چاه نوع n |
| One Port Oscillator | اسیلاتور تک پورته |
| Oscillation Amplitude | دامنه نوسان |
| P | مقاومت زیر لایه |

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Peak electric energy | ماکزیمم انرژی الکتریکی |
| Peak magnetic energy | ماکزیمم انرژی مغناطیسی |
| Phase Locked Loop (PLL) | حلقه قفل فاز |
| Phase Noise | نویز فاز |
| Power | توان |
| Programmable switched capacitor | سوییچ‌های خازنی قابل برنامه‌پذیری |
| Quality Factor (Q) | ضریب شایستگی |
| Quadrature Oscillator | اسیلاتور متعامد |
| Resonator | تشدید کننده |
| Reference Signal | سیگنال مرجع |
| RFIC (Radio frequency IC) | فرکانس رادیویی |
| Ring Oscillator | اسیلاتور حلقه |
| Sensitivity | حساسیت |
| Single Ended Ring Oscillator | اسیلاتور حلقه خروجی تکی |
| Substrate | زیر لایه |
| T | دما |
| Tail Current | جریان دم |
| t_{eff} | ضخامت موثر |
| Tuning Voltage (V_{tune}) | ولتاژ تنظیم |
| Ultra Wide Band | فوق پهن باند |
| Varactor | خازن متغییر با ولتاژ |
| VCO (Voltage control oscillator) | اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ |
| V_n | ولتاژ نویز |
| Wien-bridge Oscillator | اسیلاتور پل-وین |
| Wireless | بی سیم |
| ω_0 | فرکانس نوسان |
| ω_m | فرکانس آفست |
| Σ | هدایت‌های فلزی |
| μ_n | ضریب نفوذ |

علايم اختصاري

ADS

BPF

CDMA

C_{ox}

CMOS

EMI

FCC

FDM

FOM

GPS

GSM

IF

IS-95

IS-136

LO

NMOS

OFDM

PLL

PMOS

P.N

Q

QVCO

RF

RFIC

S

SOC

SNR

TDMA

TR

UMTS

UWB

VCO

V_{tune}

WLAN

Advance Device System

Band pass filter

Code Division Multi Access

Oxide Capacitor

Complementary Metal Oxide Semiconductor

Electromagnetic Interference

Federal Communications Commission

Frequency Division Multiplexing

Figure of merit

Global positioning system

Global System for Mobile

Intermediate Frequency

Information System 95

Information System 136

Local Oscillator

N-channel Metallic Oxide Semiconductor

Orthogonal Frequency Multiplexing

Phase Lock Loop

P-channel Metallic Oxide Semiconductor

Phase Noise

Quality

Quadrature VCO

Radio Frequency

Radio Frequency IC

Switch

System on Chip

Signal to Noise Ratio

Time Division Multiple Access

Tuning Range

Universal Mobile Telecommunications System

Ultra Wide Band

Voltage Control Oscillator

Tuning Voltage

Wireless Local-Area Networks

فهرست مطالب

فصل اول: مبانی مقدماتی نوسان سازها نوسان ساز کنترل شونده با ولتاژ

۱-۱. اصول نوسان سازی..... ۲

۱-۲. انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی..... ۳

۱-۳. اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان ساز..... ۳

۱-۴. نیازهای اولیه برای نوسان سازی..... ۴

۱-۵. اصل بارک هاوزن..... ۷

۱-۶. یک اسیلاتور چگونه به نوسان در می آید..... ۸

۱-۷. تولید نوسان مربعی..... ۹

۱-۸. انواع نوسان سازهای سینوسی..... ۱۰

۱-۸-۱. انواع نوسان سازها از نظر مدار تعیین کننده فرکانس..... ۱۰

۱-۸-۲. انواع نوسان سازهای LC از نظر شبکه فیدبک..... ۱۱

۱-۸-۳. نوسان ساز با شبکه فیدبک ترانسفورماتوری..... ۱۱

۱-۸-۴. نوسان ساز با شبکه فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ سلفی..... ۱۵

۱-۸-۵. نوسان ساز با فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ خازنی..... ۲۰

۱-۸-۶. نوسان ساز کلاپ..... ۲۲

۱-۹. نوسان ساز RC..... ۲۴

۱-۹-۱. نوسان ساز پل وین..... ۲۵

۱-۱۰. نوسان ساز کریستالی..... ۲۷

۱-۱۱. اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ..... ۲۸

۱-۱۱-۱. انواع اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ..... ۲۹

۱-۱۱-۲. کنترل فرکانس در VCO..... ۳۱

۱-۱۱-۳. اسیلاتورهای کریستالی کنترل شونده با ولتاژ..... ۳۱

۱-۱۲. معادلات حوزه فاز..... ۳۲

فصل دوم: مبانی جامع نوسان سازها و نوسان سازهای کنترل شونده با ولتاژ

۱-۲. پیشگفتار..... ۳۵

۱-۲-۱. نوسان گرهای کنترل شونده با ولتاژ (VCO)..... ۳۵

۲-۲-۲. محدودیت‌های محدوده‌ی تنظیم..... ۳۸

۲-۲-۳. تأثیر Q خازن متغیر..... ۳۹

۲-۳. VCO های سلفی خازنی با محدوده تنظیم وسیع..... ۴۰

۱-۲-۳-۱. VCO های با تنظیم پیوسته..... ۴۰

۲-۳-۲. تغییرات دامنه با تنظیم فرکانس..... ۴۶

۲-۳-۳. تنظیم گسسته..... ۴۶

۲-۴. نویز فاز..... ۵۰

۱-۲-۴-۱. مفاهیم پایه‌ای..... ۵۰

۲-۴-۲. اثر نویز فاز..... ۵۳

۲-۴-۳. تحلیل نویز فاز..... ۵۵

۲-۵. روند طراحی..... ۶۶

۲-۵-۲. انتخاب ساختار VCO..... ۶۷

۲-۵-۳. طراحی VCO..... ۶۷

۲-۵-۴. نتایج شبیه‌سازی..... ۶۸

فصل سوم: شبیه سازی یک نمونه نوسان ساز کنترل شونده با ولتاژ در فرکانس 1GHz

۱-۳. مقدمه..... ۷۲

۲-۳. طراحی اسیلاتور در فرکانس ۱ گیگاهرتز..... ۷۲

۳-۳. نتایج حاصل از شبیه سازی اسیلاتور ۱ گیگاهرتز..... ۷۳

۳-۴. طراحی و شبیه سازی VCO در فرکانس ۱ گیگاهرتز..... ۷۴

فصل چهارم: ساخت چند نمونه نوسان ساز کنترل شونده با ولتاژ در فرکانس های مختلف

۴-۱. مقدمه..... ۸۰

۴-۲. چند نمونه از مدارات عملی اسیلاتورها در فرکانس های مختلف..... ۸۰

۴-۲-۱. اسیلاتور کولپیتس..... ۸۰

۴-۲-۲. اسیلاتور دیجیتالی موج سینوسی..... ۸۳

۴-۲-۳. اسیلاتور FM..... ۸۴

۴-۲-۳. اسیلاتور کولپیتس با کریستال..... ۸۴

۴-۳. مدار پیشنهادی برای ساخت Charge Pump Voltage Controlled Oscillator..... ۸۷

۴-۴. VCO برای فرکانس های باند FM و بالاتر..... ۸۸

۴-۵. شبیه سازی یک نمونه VCO با آپامپ..... ۸۹

۴-۶. ساخت VCO با آی سی LM555 مدار پیشنهادی اول..... ۹۰

۴-۷. ساخت VCO با آی سی LM555 مدار پیشنهادی دوم..... ۹۲

۴-۸. ساخت VCO با آی سی LM566..... ۹۴

۴-۹. ساخت VCO با آی سی 4046..... ۹۷

لغت نامه..... ۱۰۱

علایم اختصاری..... ۱۰۳

منابع..... ۱۰۴

مبانی نامه کارسناسی

فصل اول

مبانی مقدماتی نوسان سازها نوسان

ساز کنترل شونده با ولتاژ

پیشگفتار :

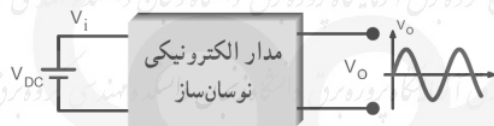
نوسان سازها مدارهای ویژه‌ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان سازها ارسال و دریافت پیام‌های رادیویی امکان پذیر نیست. نوسان سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه‌هایی نظیر مولتی مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده و فرستنده‌های رادیویی، رایانه‌ها و وسایل دیجیتالی نظیر شمارنده‌ها، تایمرها، ماشین‌های حساب و دستگاه‌های فراوان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا می‌توان گفت نوسان ساز یکی از اجزاء اساسی دستگاه‌های الکترونیکی است.

۱-۱. اصول نوسان سازی :

۱-۱-۱. نوسان ساز چیست؟

نوسان ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند.

شکل ۱-۱ نقشه‌ی بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان ساز سینوسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱ نقشه‌ی بلوکی یک نوسان ساز سینوسی

همان‌طور که مشاهده می‌شود به مدار الکترونیکی نوسان ساز، ولتاژ DC داده شده است و مدار ولتاژ DC نوسان ساز را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل نموده است، به نوسان ساز اسیلاتور^۱ نیز می‌گویند.

1. Oscillator

۱-۲. انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی

نوسان سازها می توانند انواع شکل موجها را به وجود آورند. در شکل ۱-۲ چهار نمونه نوسان ساز به صورت بلوک دیاگرام با توجه به شکل موج آن ترسیم شده است. این نوسان سازها شامل نوسان ساز موج سینوسی (الف)،

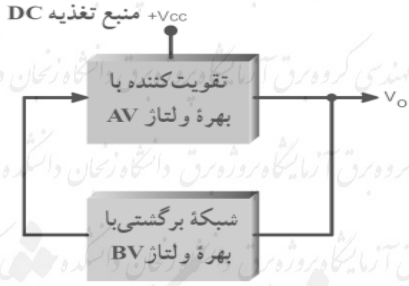


شکل ۱-۲ انواع نوسان سازها با توجه به شکل موج تولیدی

۱-۳. اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان ساز :

اغلب نوسان سازها از یک طبقه تقویت کننده و طبقه ای به نام شبکه ی برگشتی یا فیدبک^۲ تشکیل شده اند. شبکه ی برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت کننده را به ورودی تقویت کننده برگشت می دهد. شکل ۱-۳ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز را نشان می دهد.

2. FeedBack



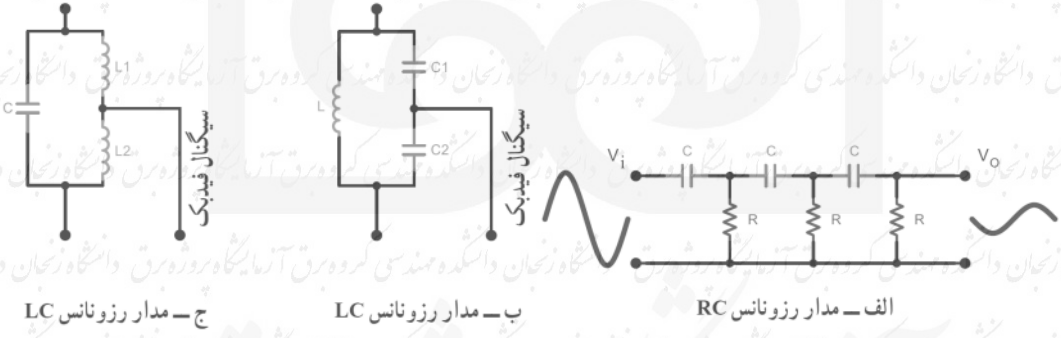
شکل ۱-۳ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز

۴-۱. نیازهای اولیه برای نوسان سازی

در کلیه ی نوسان سازها باید شرایط و عوامل زیر وجود داشته باشد تا مدار به نوسان درآید. نوسان سازهای اولیه برای نوسان سازی در فرکانسهای پایین و ولتاژهای کم، از باتری شیمیایی یا باتری نوری استفاده می کنند. منبع انرژی می تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد. در نوسان سازهای اولیه برای نوسان سازی در فرکانسهای بالا و ولتاژهای زیاد، از لامپهای نوسان ساز استفاده می کنند.

ب) مدار تعیین کننده فرکانس:

این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC یا مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسانهای اولیه، در این مدارها تولید می شود. شکل ۱-۴ الف، ب و ج مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می دهد.



ج - مدار رزونانس LC

ب - مدار رزونانس LC

الف - مدار رزونانس RC

شکل ۱-۴ مدارهای رزونانس RC و LC

منابع

[۱] رضوی ، میکروالکترونیک RF ، چاپ اول ، تهران ، انتشارات نیاز دانش ، ۱۳۹۳

[۲] نشاطی ، الکترونیک ۳ ، چاپ پنجم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۹۱

[۳] رضوی ، مبانی میکروالکترونیک ، چاپ سوم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۹۱

[۴] پاول ار.گری اربرت جی.میر ، تحلیل و طراحی مدارهای مجتمع آنالوگ ، چاپ هفتم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۹۳

[۵] آلن اینهایم/آلن ویلسکی/حمید نواب ، سیگنال ها و سیستم ها ، چاپ بیستم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۹۱

[۶] بروس کارلسون/پل کریلی/جانن راتلج ، سیستم های مخابراتی ، چاپ نهم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۸۷

[۷] ویکتور پی. نیلسون/اچ. تروی ناگل/بیل دی. کارول/جی. دیوید ایروین ، تحلیل و طراحی مدارهای منطقی دیجیتال ، چاپ ششم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۸۸

[۸] رضوی ، طراحی مدارهای مجتمع CMOS آنالوگ ، چاپ پنجم ، تهران ، موسسه علمی و فرهنگی «نص» ، ۱۳۹۲

[9] Rhea, Randall W. , Oscillator Design & Computer Simulation , 2nd edition , New York , McGraw-Hill , 1997

[10] Banerjee Dean , [PLL Performance, Simulation and Design Handbook](#) , 4th edition , Texas , National Semiconductor , 2006

[11] Best R. E. ,Phase-locked Loops: Design, Simulation and Applications, 2nd edition, New York , McGraw-Hill , 2003

[12] Dorf Richard C. ,The Electrical Engineering Handbook, 3rd edition , Boca Raton, CRC Press,1993

[13] Gardner Floyd M. , Phaselock Techniques , 3rd edition , New York , Wiley-Interscience, 2005

[14] Egan William F. , Frequency Synthesis by Phase Lock , 2nd edition , New York , John Wiley and Sons, 2000

[15] Klapper J.; Frankle, J. T. , Phase-Locked and Frequency-Feedback Systems, 5th edition , Waltham(USA) , Academic Press , 1972

[16] <http://www.electroschematics.com/tag/oscillator-circuits>

[17] <https://www.allaboutcircuits.com/projects/diy-synth-series-vco>

[18] <http://www.circuitstoday.com/voltage-controlled-oscillator>

[19] <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Voltage-controlled-oscillator-VCO-circuit-with-a-555-timer.php>