



Design, Simulation and Fabrication of a Mobile Jammer in GSM Bands

Seyed Ali Hashemi Talkhoncheh

Assistant Professor, Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Mohajer, Isfahan Branch, Technical and Vocational University (TVU), Isfahan, Iran

Arash Shahbazi

Master's graduate, Department of Electrical Engineering, Islamic Azad University, Majlesi Branch, Isfahan, Iran

Received: 02.01.2020

Accepted: 05.31.2020

طراحی، شبیه‌سازی و ساخت دستگاه

مخدوش‌کننده امواج تلفن همراه در باندهای GSM

سید علی هاشمی طالخونچه*

استادیار، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده مهاجر، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان اصفهان، ایران

آرش شهبازی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق - مخابرات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر مجلسی، اصفهان، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۱

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

چکیده

گاهی در برخی مکان‌ها، استفاده از تلفن همراه موجب ایجاد اختلال در عملکرد سیستم‌های الکترونیکی می‌شود. همچنین مکان‌هایی هستند که نیاز به سکوت و امنیت اطلاعات دارند. مخدوش‌کننده امواج تلفن همراه یا جمر، دستگاهی است برای قطع ارتباطات تلفن همراه. سیگنال تولیدشده توسط دستگاه مخدوش‌کننده مشابه سیگنال تلفن همراه است. شرط لازم برای قطع ارتباطات موبایل آن است که دستگاه مخدوش‌کننده قدرت بیشتری نسبت به فرستنده BTS در محدوده مورد نظر داشته باشد. در این مقاله، یک مخدوش‌کننده تلفن همراه در باندهای فرکانسی GSM طراحی، شبیه‌سازی و ساخته می‌شود. دستگاه پیشنهادی، فرستنده‌ای قوی و قادر به تولید و انتشار یک سیگنال تداخلی در سه باند فرکانسی P-GSM-900، DCS، PCS و DCS-1800 است. این سیگنال شبیه پارازیت عمل کرده و موجب قطع ارتباط گوشی‌های تلفن همراه در شعاع دهمتری جمر می‌شود. قابلیت کار در باندهای مختلف GSM و کاهش هزینه‌های ساخت، از مزایای این طرح است.

واژگان کلیدی:

باندهای فرکانسی GSM، تداخل فرکانسی، تلفن همراه، مخدوش‌کننده امواج، نویز.

نوع مقاله: پژوهشی (کاربردی)

* نویسنده مسئول مکاتبات: ahashemi@tvu.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه مخابرات سیار نقش مهمی در زندگی بشر پیدا کرده است. تلفن همراه از رایج‌ترین کاربردهای مخابرات سیار است. در این فناوری، هر تلفن همراه از طریق ایستگاه‌های فرستنده - گیرنده مینا^۱ (BTS) قادر به برقراری ارتباط با سایر سیستم‌های مخابراتی مانند تلفن‌های ثابت و سیار و شبکه اینترنت است.

در شکل شماره ۱ تبادل اطلاعات بین تلفن همراه و BTS نشان داده شده است. ارسال اطلاعات از تلفن همراه به BTS در لینک بالابرد^۲ و ارسال اطلاعات از BTS به تلفن همراه در لینک پایین‌برد^۳ انجام می‌گیرد. اگرچه گسترش روزافزون سرویس‌های تلفن همراه موجب رفاه و آسایش بشر است، ولی سبب بروز مشکلات و معضلاتی نیز شده است. امکان ایجاد اختلال در عملکرد تجهیزات الکترونیکی حساس بیمارستانی و ناوبری، احتمال سرقت اطلاعات، شکستن سکوت اطلاعاتی اماکن حفاظت‌شده، و ورود به حریم خصوصی افراد، از آسیب‌های این فناوری است.

سیستم‌های مخابرات سیار معمولاً از باند فرکانسی L در محدوده ۹۰۰ الی ۲۰۰۰ مگاهرتز استفاده می‌کنند. سرویس‌های تلفن همراه در باندهای فرکانسی موسوم به GSM^۴ که توسط اتحادیه بین‌المللی مخابرات راه دور^۵ (ITU) تعریف شده‌اند، ارائه می‌شوند. سه باند فرکانسی متداول GSM برای کاربردهای مخابرات سیار عبارتند از P-GSM-900، DCS^۶ و PCS^۷. در جدول شماره ۱ ویژگی‌های باندهای رایج GSM ارائه شده است [۱].

مخدوش‌کننده تلفن همراه یا جمر^۸ دستگاهی است که با انتشار سیگنال تداخلی موجب اختلال در ارتباط بین گوشی تلفن همراه و BTS می‌شود. با روشن شدن دستگاه جمر، آنتن‌دهی تلفن‌های همراه در فاصله معینی از جمر به صفر رسیده و پیغام «شبکه در دسترس نیست»، روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. با خاموش شدن دستگاه، آنتن‌دهی تلفن همراه به حالت نخستین بازمی‌گردد و ارتباط موبایل و BTS دوباره برقرار می‌شود. نکته مهم در دستگاه جمر این است که هرچه فاصله آن از دکل مخابراتی بیشتر باشد، کارایی دستگاه بیشتر می‌شود.

1. Base Transceiver Station (BTS)
2. Uplink
3. Downlink
4. Global System for Mobile (Communications)
5. International Telecommunication Union
6. Digital Cellular Service
7. Personal Communication Services
8. Jammer

در دو دهه اخیر، کاربردهای جمر روزبه‌روز گسترش یافته است [۸-۲]. جمرهای تلفن همراه مدل‌های مختلفی دارد:

■ جمر قابل حمل ابعادی کوچک با توان اندک دارد و برق مورد نیاز خود را از باتری تأمین می‌کند. این دستگاه به محض روشن شدن می‌تواند در کمتر از ۳۰ ثانیه، آنتن‌دهی تمامی تلفن‌های همراه در شعاع ۱۰ متری دستگاه را قطع کند؛

■ جمر ثابت با قدرت اندک، نسبت به نوع اول بزرگ‌تر است و توان مخدوش‌کنندگی بیشتری (حدود ۲۰ متر) دارد و با برق شهری ۲۲۰ ولت تغذیه می‌شود؛

■ جمر ثابت با قدرت زیاد مشابه نوع دوم است؛ با این تفاوت که توان خروجی زیادی دارد و برای مکان‌هایی که در نزدیکی آن‌ها دکل فرستنده و گیرنده امواج موبایل قرار دارد، مناسب‌تر است؛

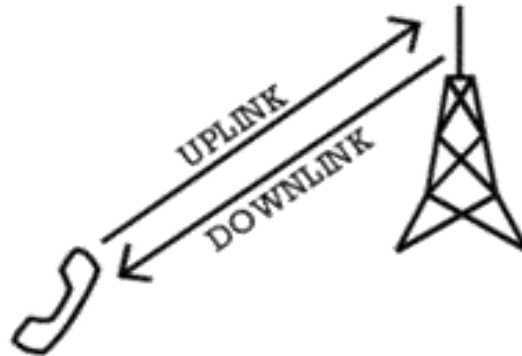
■ جمر ثابت با قدرت متغیر، مشابه نوع سوم است؛ با این تفاوت که بسته به محدوده مورد نظر، می‌توان توان خروجی جمر را تغییر داد.

در جمرهای نوع اول، دوم و سوم هنگامی که دستگاه روشن شود، قابلیت محدودسازی جمر وجود ندارد. همین مطلب می‌تواند سبب بروز مشکلات ارتباطی در مکان‌هایی شود که در اطراف آن قرار دارند. هدف اصلی این مقاله، ارائه طرح نوینی برای ساخت دستگاه جمر است. جمر پیشنهادی در سه باند فرکانسی موبایل عمل می‌کند. قابلیت کار در باندهای مختلف GSM و سادگی طرح پیشنهادی و توجه به قطعات موجود در بازار که منجر به آسان شدن اجرا و در نهایت کاهش هزینه ساخت می‌شود، از مزایای طرح پیشنهادی است. در ادامه، پس از معرفی ساختار دستگاه جمر، بلوک دیاگرام طرح پیشنهادی ارائه می‌شود. این بلوک در محیط سیمولینک^۱ نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی شده و کارایی آن تست می‌شود. در نهایت یک دستگاه جمر بر اساس طرح پیشنهادی ساخته می‌شود.

جدول شماره ۱. ویژگی‌های باندهای فرکانسی رایج [۱]

GSM band	f (MHz)	Uplink (MHz) (Mobile to Base)	Downlink (MHz) (Base to Mobile)
P-GSM-900	900	890.0-915.0	935.0-960.0
DCS-1800	1800	1710.2-1784.8	1805.2-1879.8
PCS-1900	1900	1850.2-1909.8	1930.2-1989.8

1. Simulink



شکل شماره ۱. لینک‌های ارتباطی تلفن همراه و BTS

۲. طراحی دستگاه جمر

جمر در واقع دستگاه فرستنده‌ای است که با انتشار سیگنالی در فرکانس موبایل، سبب ایجاد اختلال در ارتباط بین گوشی تلفن همراه و BTS می‌شود. دستگاه جمر روی فرکانس Downlink دستگاه تلفن همراه تأثیر گذاشته و ارتباط آن را با BTS مختل می‌کند. هرچه دستگاه تلفن همراه از آنتن BTS فاصله داشته و به دستگاه جمر نزدیک‌تر باشد، از آن تأثیر بیشتری می‌پذیرد، زیرا نویز محیطی به پارازیت ایجاد شده توسط دستگاه جمر اضافه شده است؛ همچنین با افزایش فاصله، توان سیگنال افت کرده و تضعیف می‌شود؛ در نتیجه سیگنال به نویز کمتر می‌شود. وظیفه اصلی دستگاه جمر، تولید و انتشار سیگنال تداخلی است تا موجب اختلال در ارتباط موبایل شود. مخدوش‌کنندگی^۱ زمانی موفقیت‌آمیز است که سیگنال جمر مانع برقراری ارتباط شود [۱۱و۷].

جمینگ به عواملی مانند نسبت توان جمر به توان سیگنال (J/S)، نوع مدولاسیون، و کدگذاری کانال بستگی دارد [۱۰و۹]. با استفاده از معادله انتقال فریس^۲ و در نظر گرفتن تلفات محیط انتشار، نسبت سیگنال جمر به سیگنال اصلی با معادله (۱) محاسبه می‌شود [۱۱و۷]:

$$\frac{J}{S} = \frac{P_j G_{jr} G_{rj} R_{tr}^2 L_r B_r}{P_t G_{tr} G_{rt} R_{jr}^2 L_j B_j} \quad (1)$$

که در آن P_t و P_j به ترتیب توان سیگنال جمر و توان سیگنال موبایل برحسب (W)، G_{jr} و G_{rj} به ترتیب بهره آنتن جمر در جهت موبایل و بهره آنتن موبایل در جهت جمر، G_{tr} و G_{rt} به ترتیب بهره آنتن BTS

1. Jamming
2. Friis Transmission Equation

در جهت موبایل و بهره آنتن موبایل در جهت BTS، R_{tr} و R_{jr} به ترتیب فاصله بین BTS و موبایل و فاصله بین جمر و موبایل برحسب (m) ، L_r و L_j به ترتیب تلفات سیگنال اصلی و تلفات سیگنال جمر، B_r و B_j به ترتیب پهنای باند گیرنده موبایل و پهنای باند فرستنده جمر برحسب (Hz) هستند. در باند GSM حداقل سیگنال به نویز قابل پذیرش سیستم ۹dB بوده و حداکثر توان دستگاه موبایل -۱۵dBm است [۷]. شکل شماره ۲ کمیتهای استفاده شده در معادله (۱) را نشان می دهد.

تلفات فضای آزاد یا تلفات مسیر^۱ (F_{SPL} یا ساده تر F) برای امواج الکترومغناطیسی با معادله (۲) نشان داده می شود.

$$F = F_{SPL} = 20 \log (4\pi d/\lambda) \text{ (dB)} \quad (۲)$$

که در آن $\lambda = c/f$ طول موج سیگنال و d فاصله از فرستنده امواج بوده و هر دو برحسب متر اندازه گیری می شوند. f فرکانس موج برحسب هرتز و c سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط برحسب (m/s) است. همان گونه که از معادله (۲) مشخص است، بیشترین تلفات فضای آزاد (بدترین حالت F) هنگامی رخ می دهد که فرکانس کار ماکزیمم و یا طول موج مینیمم باشد.

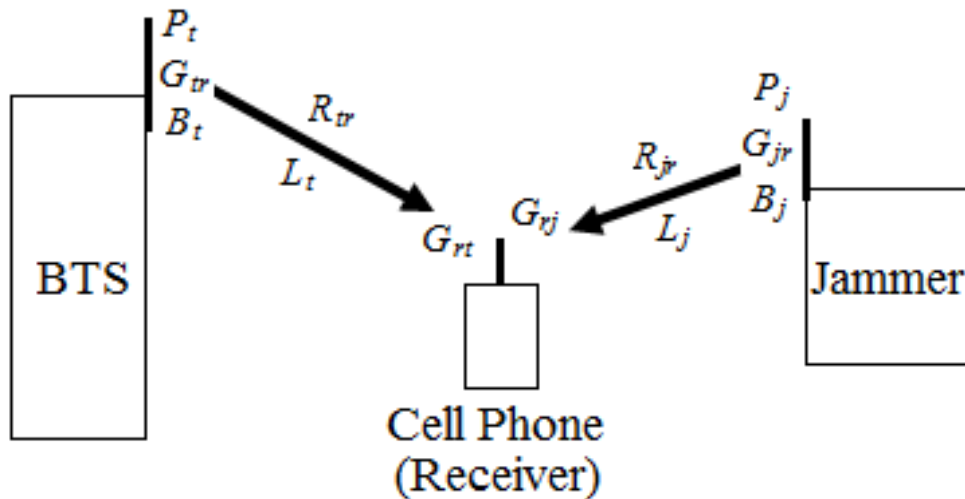
با کمک روابط بالا می توان نشان داد اگر دستگاه جمر در باند PCS و فرکانس ۱۹۸۰ MHz عمل کند و فاصله آن از گوشی موبایل ۱۰ m باشد، دارای تلفات مسیر ۵۸dB خواهد بود؛ از این رو قدرت سیگنال جمر برای ایجاد تداخل و قطع ارتباط گوشی های تلفن همراه که در شعاع ۱۰ متری آن قرار دارند، باید حداقل ۲۴ dBm باشد.

توان تشعشی دستگاه جمر در مقیاس dB از رابطه (۳) قابل محاسبه است:

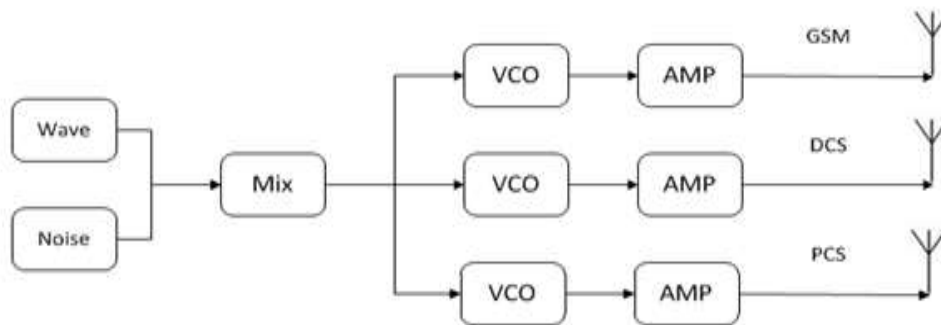
$$\text{Radiated Power} = J + F \text{ (dB)} \quad (۳)$$

با توجه به محاسبات انجام شده، توان تشعشی (توان خروجی) دستگاه جمر در شرایط گفته شده باید در حدود ۳۴ dBm باشد [۷].

1. Free Space Loss or Path Loss



شکل شماره ۲. نمایش کمیت‌های استفاده‌شده در معادله (۱)



شکل شماره ۳. بلوک‌های مدار دستگاه جمر پیشنهادی

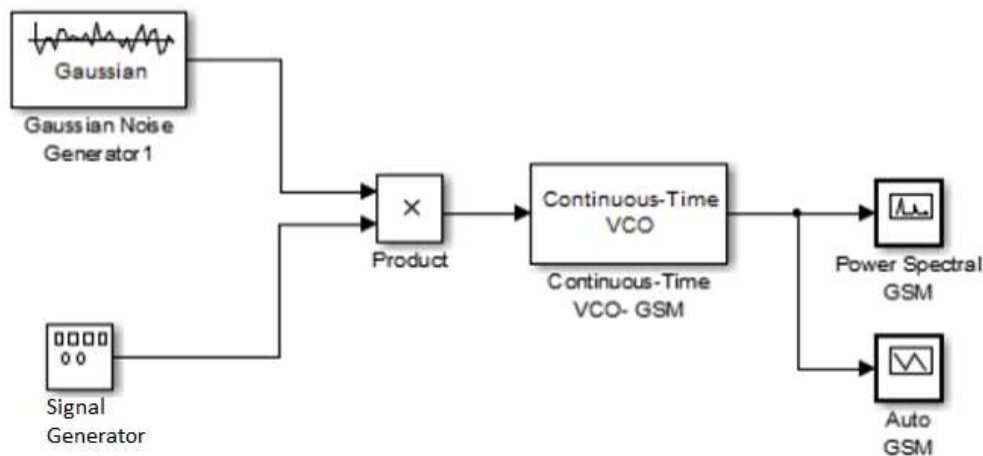
مدار دستگاه جمر پیشنهادشده در این مقاله از شش قسمت اصلی تشکیل می‌شود که عبارتند از: مولد سیگنال فرکانس بالا، مولد نویز، میکسر یا مخلوط‌کننده، نوسان‌ساز کنترل‌شده با ولتاژ^۱ (VCO)، تقویت‌کننده توان، و آنتن. از آنجاکه جمینگ باید در هر سه باند فرکانسی GSM، DCS و PCS رخ دهد، پس از میکسر و متناسب با جمینگ مورد نظر مدارهای مختلف VCO و تقویت‌کننده قرار می‌گیرند.

بلوک دیاگرام دستگاه جمر پیشنهادی در شکل شماره ۳ نمایش داده شده است. سیگنال ژنراتور این دستگاه یک سیگنال فرکانس بالا تولید می‌کند. یکی از دلایل استفاده از مولد سیگنال فرکانس بالا، کاهش نویز در قسمت میکسر است. نویز سفید تولیدشده توسط مولد نویز، با سیگنال RF مخلوط شده

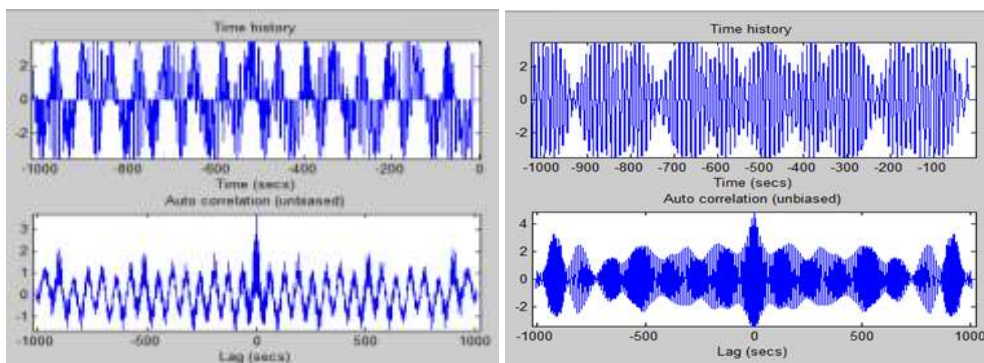
1. Voltage Controlled Oscillator (VCO)

و به مدار VCO تحویل داده می‌شود. بلوک VCO علاوه بر کنترل ولتاژ، وظیفه تولید فرکانس در باندهای GSM، DCS، و PCS را بر عهده دارد. تقویت‌کننده قدرت گذاشته شده در انتهای مدار، توان سیگنال خروجی VCO را بالا برده و آن را برای انتشار تحویل آنتن می‌دهد. آنتن‌های مختلفی را می‌توان در این مدار استفاده کرد ولی آنتن‌های تک‌قطبی^۱ و میکرواستریپ متداول‌ترینند [۱۳و۱۲].

برای شبیه‌سازی مدار پیشنهادی، از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. بلوک دیاگرام دستگاه جمر پیشنهادی در محیط سیمولینک و با استفاده از بلوک‌های موجود در نرم‌افزار ترسیم شد. از آنجاکه چیدمان بلوک‌ها در باندهای فرکانسی مختلف مشابه یکدیگر است، در شکل شماره ۴، شیوه چیدمان و اتصال بلوک‌های مدار در مد GSM در محیط شبیه‌ساز نشان داده است. در باندهای دیگر فرکانسی کافی است فرکانس VCO را تغییر دهیم، منبع تولید موج را از نوع مثلثی انتخاب کرده و بلوک مولد نویز را در حالت گوسی قرار دهیم. فرکانس مدار VCO برای باندهای GSM، DCS و PCS به ترتیب روی ۹۳۵، ۱۸۰۵ و ۱۹۳۰ مگاهرتز تنظیم شده است. شکل شماره ۵ خروجی مدار VCO را در هر سه باند فرکانسی نشان می‌دهد.

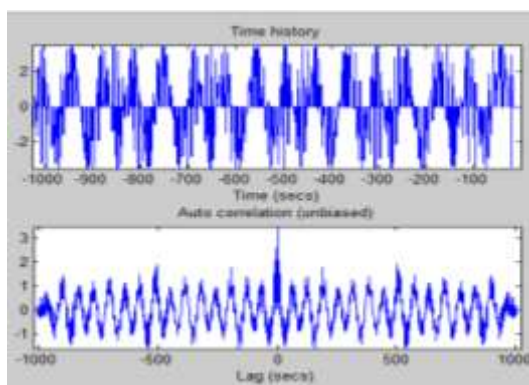


شکل شماره ۴. بلوک‌های استفاده شده در سیمولینک نرم‌افزار متلب



ب) سیگنال DCS در فرکانس 1805 MHz

الف) سیگنال GSM در فرکانس 935 MHz

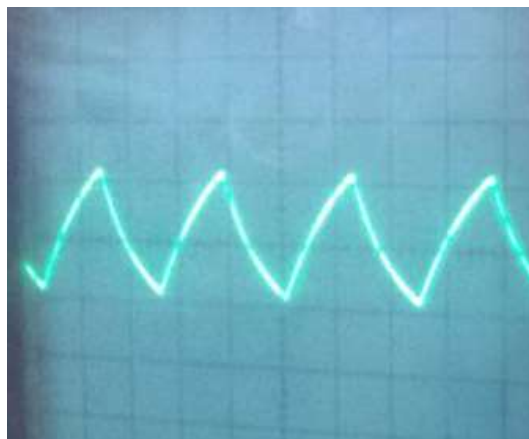


ج) سیگنال PCS در فرکانس 1930 MHz

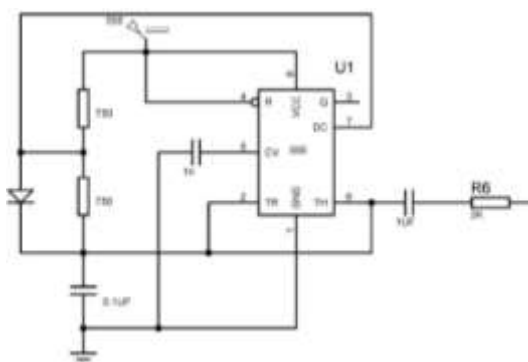
شکل شماره 5. شکل موج خروجی مدار VCO در مدهای مختلف

3. ساخت و تست مدار جمر

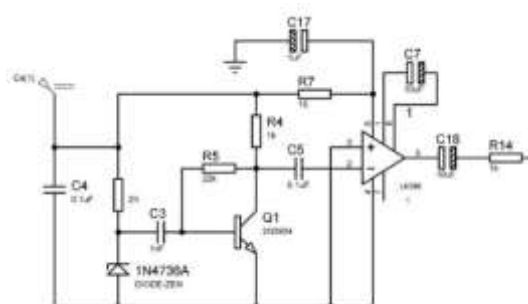
در این بخش، مدار استفاده شده در هر بلوک از دستگاه جمر پیشنهادی معرفی می شود. در پایان نامه مرجع [۱۴] روش کار به طور کامل تشریح شده است. شکل شماره ۶ مدار مولد سیگنال را نمایش می دهد. تراشه معروف ۵۵۵ وظیفه تولید موج مثلثی با فرکانس ۲۲۰ KHz را بر عهده دارد. یکی از دلایل استفاده از سیگنال فرکانس بالا، کاهش نویز در طبقات بعدی مدار از جمله طبقه میکسر است. در این مدار، از تراشه LM386 برای تولید نویز سفید گوسی استفاده شده است. از ویژگی های نویز سفید، دارا بودن طیف یکنواخت در گستره وسیعی از فرکانس است. طبقه میکسر است. در شکل شماره ۷ خروجی مدار مولد موج روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می شود.



شکل شماره ۶. مدار مولد موج



شکل شماره ۷. خروجی مدار مولد موج روی اسیلوسکوپ



شکل شماره ۸. مدار مولد نوبز

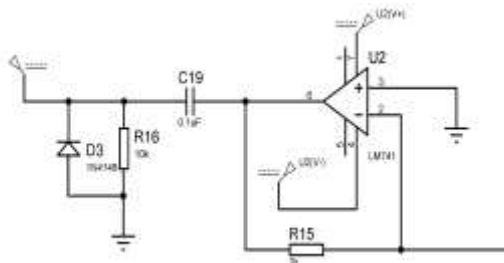
در شکل شماره ۸ مدار مولد نوبز ترسیم شده است. در این مدار از تراشه LM386 برای تولید نوبز سفید گوسی استفاده شد. از ویژگی‌های نوبز سفید، دارا بودن طیفی یکنواخت در گستره وسیعی از فرکانس

است. شکل موج‌های تولیدشده توسط سیگنال ژنراتور و مدار مولد نویز، توسط مدار میکسر معرفی شده در شکل شماره ۹ با یکدیگر مخلوط و وارد مدار VCO می‌شوند. شکل موج خروجی طبقه میکسر در شکل شماره ۱۰ روی صفحه اسیلوسکوپ نمایش داده شده است.

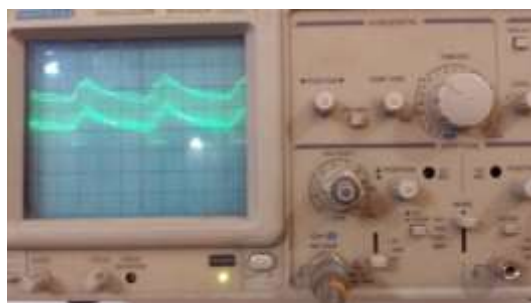
تراشه LMX2604 در قسمت VCO وظیفه تولید مدهای GSM، DCS و PCS را با حداقل ولتاژ و کمترین نویز بر عهده دارد. در شکل شماره ۱۱، نویز این تراشه در مدهای مخابراتی تلفن همراه ترسیم شده است [۱۵]. مقدار نویز در فرکانس‌های ۹۱۷، ۱۷۸۸ و ۲۰۶۲ مگاهرتز به ترتیب تقریباً ۶۳٫۸-، ۵۸٫۴- و ۵۷٫۶- دسی‌بل نسبت به کاریر (dBc) است. این مقادیر حاکی از کم‌بودن نویز و در نتیجه مناسب بودن تراشه برای بخش VCO است. مدار کلمپر در ابتدای بخش VCO دامنه سیگنال ورودی را بین ۰ تا ۷۳٫۷ تنظیم می‌کند. مدار VCO برای مد GSM در شکل شماره ۱۲ و شکل موج خروجی آن روی اسیلوسکوپ در شکل شماره ۱۳ مشاهده می‌شود. همچنین مدار VCO برای مدهای DCS و PCS در شکل شماره ۱۴ ترسیم شده است. توان خروجی مدار VCO در حدود ۶ dBm است. برای اینکه این مدار بتواند عملکرد و پوشش بهتری داشته باشد باید از ICهای تقویت‌کننده استفاده کرد. برای این منظور از آی‌سی PF08109B ساخت شرکت هییتاچی استفاده شده است.

این تراشه توان سیگنال خروجی VCO را تا حدود ۱W (۱۵ dBm تا ۳۰ dBm) تقویت کرده و برای انتشار تحویل آنتن می‌دهد. اگر از حداکثر توان مدار استفاده می‌شود، باید از هیت سینک و فن برای خنک کردن آی‌سی استفاده کرد. شکل شماره ۱۵ آنتن‌های استفاده شده در مدار را نشان می‌دهد. آنتن‌ها از نوع تک‌قطبی میله‌ای به طول $\lambda/4$ و امپدانس 50Ω هستند که بهره آن‌ها 3dB و 5dB است. آنتن 3dB برای مد GSM و آنتن 5dB برای مدهای DCS و PCS به کار می‌رود. بُرد مدار چاپی طراحی و ساخته شده برای دستگاه جمر پیشنهادی در شکل شماره ۱۶ نمایش داده می‌شود.

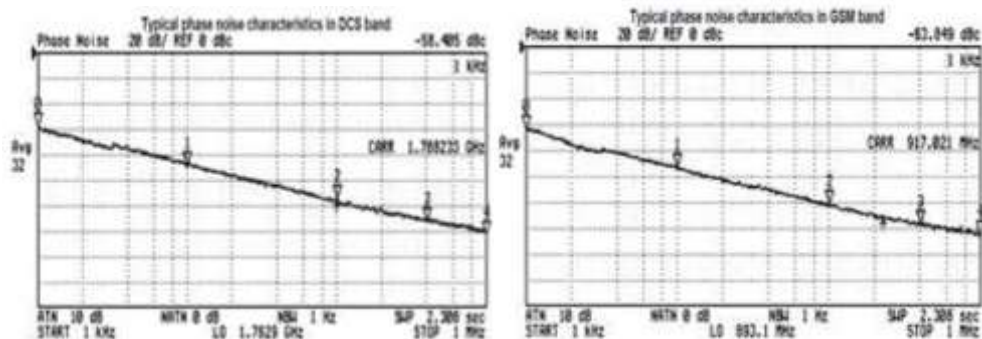
برای طراحی PCB از نرم‌افزار پروتئوس و اورکد استفاده شده است. جنس برد فایبرگلاس بوده و ابعاد آن $12 \times 20 \text{ cm}^2$ است. این بُرد به صورت دو لایه طراحی شده است و لایه رویی به رنگ مشکی و لایه زیرین به رنگ طوسی است. در محل استقرار آی‌سی‌های اسیلاتور و تقویت‌کننده، یک لایه سرتاسری شیلد قرار گرفته است که به منظور کاهش نویز آی‌سی اسیلاتور، زمین شده است. مدار جمر ساخته شده در شکل شماره ۱۷ مشاهده می‌شود.



شکل شماره ۹. مدار میکسر

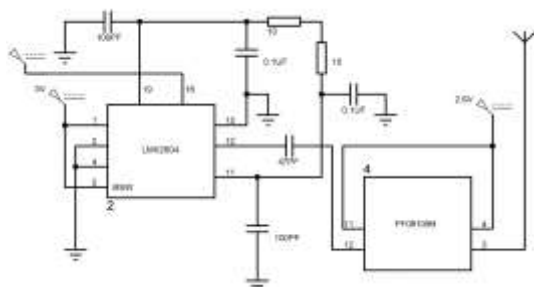


شکل شماره ۱۰. شکل موج خروجی میکسر



ب) باند DCS

الف) باند P-GSM-900



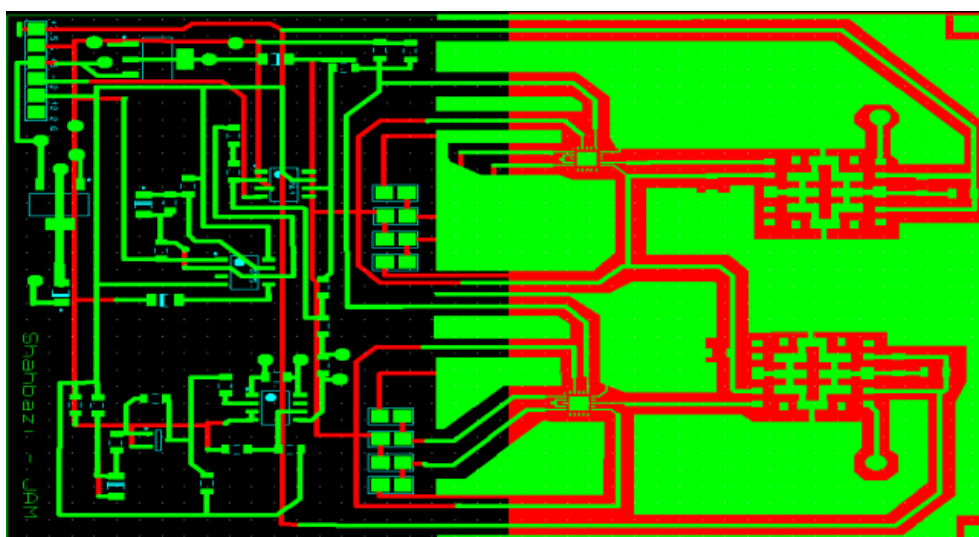
شکل شماره ۱۴. مدار VCO و تقویت کننده قدرت مدهای DCS و PCS



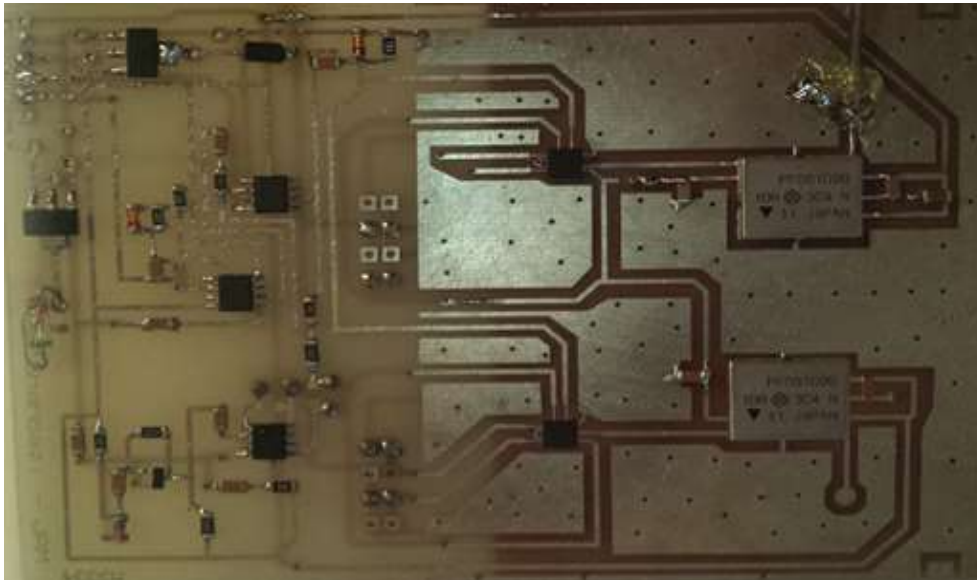
ب) آنتن PCS و DCS

الف) آنتن GSM

شکل شماره ۱۵. آنتن های تک قطبی استفاده شده در مدار جمر



شکل شماره ۱۶. برد مدار چاپی طراحی شده



شکل شماره ۱۷. مدار جمر ساخته شده

۵. نتیجه گیری

در این مقاله، دستگاه مخدوش کننده امواج تلفن همراه طراحی و ساخته شد. دستگاه ساخته شده در سه باند فرکانسی P-GSM-900، DCS و PCS از عملکرد خوبی برخوردار بوده و در شعاع ۱۰ متری مانع برقراری ارتباطات تلفن همراه می شود. پس از شبیه سازی طرح پیشنهادی در نرم افزار متلب و اطمینان از درستی کارکرد آن، پیاده سازی مدار انجام گرفت. در ساخت مدار، با توجه کامل به قطعات موجود در بازار داخل، تلاش شد تا هزینه ساخت با حفظ کیفیت و کارایی دستگاه کمینه شود. بدین منظور از یک برد مدار چاپی با کیفیت بالا استفاده شد. اگرچه این بُرد نسبتاً گران بوده اما به دلیل استفاده از تراشه های مناسب و ارزان قیمت، ساخت آن در مقایسه با دستگاه های مشابه موجود هزینه کمتری دارد و این از مزایای دستگاه پیشنهادی است. به نظر می رسد برای افزایش بُرد مفید دستگاه، استفاده از آنتن های لگاریتمی سودمند باشد؛ از این رو یکی از سوژه های تحقیقاتی آتی در راستای بهینه سازی دستگاه، تحقیق در بخش آنتن و یافتن مناسب ترین نوع آنتن، متناسب با محل استقرار دستگاه است. در پایان باید به این نکته توجه داشت که تشعشعات دستگاه جمر خطرناک است و باید در استفاده از آن احتیاط کرد.

1. WIKIPEDIA, GSM Frequency Bands, Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands.
2. Sai, T. C.; et al (2016), "Design of Automated Dual Band 4G Jammer Using MATLAB Simulink", *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 9, issue 37, pp. 1-6.
3. Zorn, S.; et al (2011), *A power saving jamming system for E-GSM900 and DCS1800 cellular phone networks for search and rescue applications*, Proceeding of IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet), pp. 33-36, Phoenix, USA, Jan. 16-20.
4. Mahato, S.; Vimala, C. (2014), "Cellular Signals Jamming System in 2G and 3G", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 3, Special Issue 3, pp. 242-247.
5. Gopal, A. (2013), *Mobile Signal Jammer Using Arduino*, Project-report for the degree of Bachelor of technology, department of electronics and communication engineering, Gokaraju Rangaraju institute of engineering and technology (Affiliated to Jawahar Lal Nehru Technological University).
6. Miao, G. et al. (2016), *Fundamentals of Mobile Data Networks*, Cambridge University Press.
7. Madara, D. S.; Ataro, E.; Sitati, S. (2016), "Design and Testing of a Mobile-Phone-Jammer", *Innovative Systems Design and Engineering*, Vol. 7, No. 7, pp. 7-18.
8. Oke, A. O.; Falohun, A. S.; Adigun, A. A. (2016), "The Design and Implementation of a Mobile Phone Detector Device with a Frequency Jamming Feature", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 143, No. 1, pp. 15-19.
9. Olumide, O. O. et al. (2016), "Design and Development of Mobile Phone Jammer", *American Journal of Engineering Research (AJER)*, Vol. 5, issue 2, pp. 71-76.
10. Mobile & Personal Communications Committee of the Radio Advisory Board of Canada (MPCC) (2016), Use of Jammer and Disabler Devices for blocking PCS, Cellular and Related Services. [Online] available: <http://www.rabc.ottawa.on.ca/e/Files/01pub3.pdf>
11. Tata M. (2015), *Programming and customizing the PIC microcontroller*, 3rd ed., New Delhi, McGraw-Hill.
12. Prasad K. (1996), *Antenna and Wave Propagation*, 3rd ed., New Delhi, Satya Prakashan.
13. Wasule, A.; et al. (2008), *Antenna for mobile phone jammer*, *Proceeding of 1st International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET)*, pp. 856-859, KES Center, Australia, July 16-18.
14. Shahbazi, A. (2017), *Design and Manufacturing of L-band Jammer for Mobile Communications*, MSc. dissertation, Dept. Elec. Eng., Islamic Azad University, Majlesi Branch. (in Persian).
15. National Semiconductor (2004), "LMX2604 Triple-band VCO for GSM900/DCS1800/PCS1900," Texas Instruments, USA, Data sheet. [online] available: <http://www.farnell.com/datasheets/51623.pdf>
16. Yahya, S. I.; Whittow, W. G.; Khaleel, Y. A.; (2016), *Numerical Dosimetry of CDMA/GSM, DCS/PCS and 3G Signal Jammers*, IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 10, No. 8, pp. 827-835.
17. BaharAra, J.; Zahedifar, Z. (2011), "Effects of Cell Phones Radiation on Biological Factors", (Review Article), *Journal of Cell & Tissue (JCT)*, Vol. 2, No. 2, pp. 85-98. (in Persian).