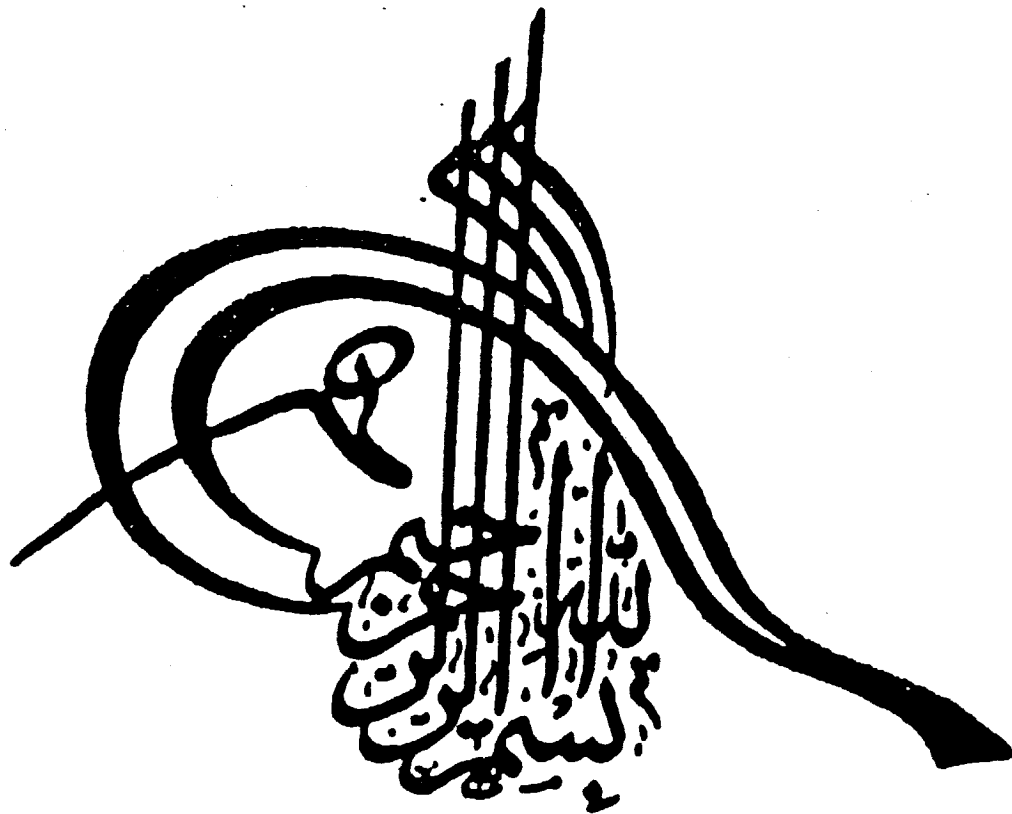
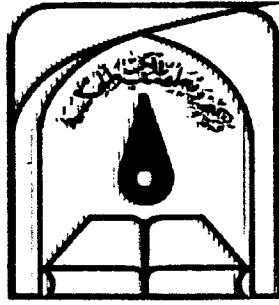


۲۴۷۴



۲۴۷۴



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

**پایان نامه کارشناسی ارشد**  
**رشته مهندسی برق - مخابرات**

**طراحی و پیاده سازی مدولاتور GSMK تحت استاندارد مخابرات سیار GSM**

**مهدی نوشیار**

**استاد راهنما:**

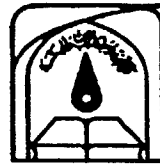
**دکتر مسعود کهریزی**

زمستان ۱۳۷۷

۲۴۷۴۰

۱۴۲۹/۲

۱۳۷۸ / ۳ / ۲۵



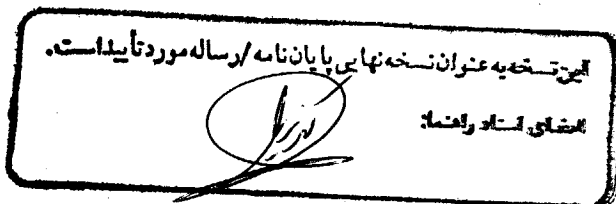
دانشگاه تربیت مدرس

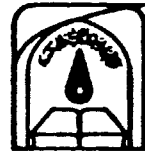


### تاییدیه هیات داوران

آقای مهدی نوشیار پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان طراحی و پیاده سازی مدولاتور GSMK در سیستم مخابرات سیار GSM در تاریخ ۷۷/۱۲/۱۸ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق باگرایش مخابرات پیشنهاد می کنند. ۱۳۰۱۰ ب ۱۲

امضاء	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	آقای دکتر کهریزی	۱- استاد راهنما:
—	—	۲- استاد مشاور:
	آقای دکتر شرافت	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر ناصر رضایی	
	آقای دکتر ولایی	۴- مدیر گروه: (یا نماینده گروه تخصصی)





شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس مبین بخشی از فعالیت های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مرکز نشر دانشگاه اطلاع دهد.

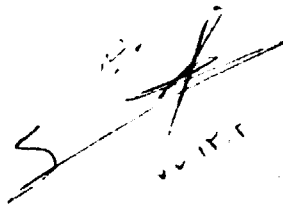
ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:  
و کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته ..... است  
که در سال ..... در دانشکده ..... دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر ..... و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب محمدی نرسید دانشجوی رشته ..... مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

  
۱۳۸۲

**تقدیم به پدر بزرگووارم، بزرگترین معلم زندگیم که به من درس ایستادن  
آموخته است.**

**تقدیم به مادر مهربانم، که وجود عزیزش گرمی بخش زندگی است.**

**تقدیم به خواهر گرامی ام عفت، که همواره مدیون کمکهای او هستم.**

**و تقدیم به برادر عزیزم رضا و خواهرخوبم معصومه.**

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از زحمات و راهنماییهای ارزشمند استاد محترم جناب آقای دکتر کهریزی که در مسیر انجام این پایان نامه هدایتگر من بوده و در طول تحصیل دوره کارشناسی ارشد افتخار استفاده از حضور ایشان را داشته‌ام کمال تشکر و قدردانی را بعمل آورم، همچنین از اساتید محترمی که زحمت مطالعه و بررسی این پایان نامه را کشیده‌اند تشکر می‌کنم.

## چکیده

مدولاسیون GMSK بعنوان یک مدولاسیون فاز پیوسته با پوش ثابت دارای خواص طیفی و عملکرد احتمال خطای مطلوب سیستم‌های مخابرات سیار است. از اینرو کاربردهای زیادی در این گونه سیستمها یافته است.

روشهای متعددی تا به حال برای پیاده‌سازی مدولاتور GMSK پیشنهاد گردیده که عبارتند از پیاده‌سازی بوسیله یک مدولاتور FM، پیاده‌سازی با مدولاتور PSK همراه با حلقه قفل فاز PLL و پیاده‌سازی دیجیتالی. با ظهور و توسعه تکنولوژی مدارات مجتمع VLSI، پیاده‌سازی دیجیتالی مدولاتور بهترین انتخاب است. در این پایان‌نامه پیاده‌سازی دیجیتالی برای ساختار تریبوسی مدولاتور GMSK مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است ابتدا تئوریهای حاکم بر این مدولاتور به منظور پیاده‌سازی مورد مطالعه قرار گرفته است. پس از آنکه کلیه اعمال لازم به صورت تحلیلی محاسبه شده است. بدین منظور منحنی‌های لازم برای ترکیبهای مختلف سه بیتی از داده‌های ورودی اطلاعات به دست آمده و در حافظه ذخیره شده است با توجه به منحنی‌های فوق‌الگوریتم آدرس‌دهی استخراج شده و به صورت دیجیتالی پیاده‌سازی شده است.

کلمات کلیدی: مدولاسیون GMSK، سیستم مخابرات سیار GSM، پیاده‌سازی دیجیتالی

مدولاتور، ساختار متعامد I/Q

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
	فصل دوم: مدولاسیونهای دیجیتال
۶	(۱-۲) مقدمه
۸	(۱-۱-۲) سیستمهای مخابراتی کاربردی
۹	(۲-۱-۲) مدولاسیونهای خطی و پوش ثابت
۱۰	(۲-۲) مدولاسیون BFSK
۱۰	(۱-۲-۲) معرفی و چگونگی تولید
۱۱	(۲-۲-۲) روشهای آشکارسازی و عملکرد احتمال خطا
۱۵	(۳-۲) مدولاسیون BPSK
۱۵	(۱-۳-۲) معرفی
۱۸	(۲-۳-۲) ساختارهای آشکارسازی و عملکرد احتمال خطا
۲۰	(۴-۲) مدولاسیونهای OQPSK, QPSK
۲۰	(۱-۴-۲) معرفی
۲۵	(۲-۴-۲) عملکرد احتمال خطا
۲۶	(۵-۲) مدولاسیون MSK
۲۶	(۱-۵-۲) معرفی و بررسی خواص MSK
۲۱	(۲-۵-۲) عملکرد طیفی
۲۳	(۳-۵-۲) پیاده‌سازی گیرنده و فرستنده به روش موازی
۲۵	(۴-۵-۲) عملکرد احتمال خطا
۲۶	(۶-۲) مدولاسیون $\frac{\pi}{4}$ -DQPSK



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۷	(۷-۲) مدولاسیون TFM
۳۷	(۱-۷-۲) معرفی و مقایسه
۴۰	(۲-۷-۲) عملکرد احتمال خطا
فصل سوم: مدولاسیونهای فاز پیوسته	
۴۳	(۱-۳) مقدمه
۴۳	(۲-۳) مدولاسیون CPM
۵۰	(۳-۳) مدولاسیون FSK فاز پیوسته (CPFSK)
۵۱	(۱-۳-۳) آشکارسازی بهینه بیت به بیت
۶۱	(۲-۳-۳) آشکارسازی بهینه بلوک به بلوک
۶۶	(۴-۳) MSK بعنوان حالت خاصی از CPFSK
۶۹	(۱-۴-۳) آشکارسازی همدموس
۷۰	(۲-۴-۳) آشکارسازی ناهمدموس
۷۱	(۵-۳) مدولاسیون CPFSK سینوسی
۷۲	(۶-۳) جمعبندی
فصل چهارم: مدولاسیون GSMK	
۷۵	(۱-۴) مقدمه
۷۵	(۲-۴) مدولاسیون MSK فیلتر شده
۷۷	(۳-۴) معرفی GSMK و خواص اساسی آن
۸۲	(۴-۴) بلوک دیاگرام استاندارد GSM برای مدولاتور GSMK
۸۴	(۵-۴) عملکرد احتمال خطا در حالت ایده آل

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۵	(۶-۴) اثر پدیده ISI و مطالعه آن
۹۵	(۷-۴) بررسی خواص کورلیشن در مدولاسیون GMSK
۹۵	(۱-۷-۴) ساختار مدولاتور تریبیعی
۹۸	Autocorrelation (۲-۷-۴)
۱۰۰	Crosscorrelation (۳-۷-۴)
فصل پنجم: آشکارسازی مدولاسیون GMSK	
۱۰۴	(۱-۵) مقدمه
۱۰۴	(۲-۵) مدل سیستم
۱۰۸	(۳-۵) بررسی احتمال خطا در کانال با نویز گوسی جمع شونده
۱۱۴	(۴-۵) بررسی احتمال خطا در کانال با وجود پدیده محوشدگی
فصل ششم: بررسی و روش پیاده‌سازی دیجیتالی مدولاتور GMSK	
۱۱۹	(۱-۶) مقدمه
۱۱۹	(۲-۶) مدل سازی سیستم
۱۲۲	(۳-۶) پارامترهای فیلتر گوسی
۱۲۳	(۴-۶) مفهوم مسیر فرکانسی و فاز
۱۳۱	(۵-۶) سنتز سیگنالهای Q.I
۱۳۲	(۱-۵-۶) روش سنتز معمول
۱۳۳	(۲-۵-۶) روش سنتز مینیمم
۱۳۶	(۶-۶) چند روش پیاده‌سازی
۱۳۶	(۱-۶-۶) ساختار سینتی سائزر جدید

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۳۹	(۲-۶-۶) ساختار سینتی سائزر متداول
	فصل هفتم: روش پیاده سازی در GSM
۱۴۲	(۱-۷) مقدمه
۱۴۲	(۲-۷) مشخصات مدولاسیون GMSK در سیستم GSM
۱۴۵	(۳-۷) سنتز منحنی های I, Q در GSM
۱۵۶	(۴-۷) یک روش آزمایشی در استاندارد GSM
۱۶۰	(۵-۷) روش پیشنهادی برای ذخیره سازی و آدرس دهی
۱۶۰	(۱-۵-۷) ذخیره ساز در حافظه های فقط خواندنی
۱۶۳	(۲-۵-۷) الگوریتم آدرس دهی
۱۷۱	(۶-۷) ایجاد سیگنال آنالوگ GMSK
۱۷۳	(۷-۷) پیشنهادات
۱۷۴	مراجع و مأخذ
۱۷۷	ضمیمه الف) ذخیره سازی منحنی ها در حافظه
۱۷۸	ضمیمه ب) نقشه مدولاتور

# فصل اول

مقدمه

در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ در حوزه مخابرات بی سیم تغییرات عمده‌ای در گذر از تکنیکهای آنالوگ به تکنیکهای دیجیتال اتفاق افتاد. در این بین یکی از اولین کاربردهایی که در آن از تکنیکهای دیجیتال استفاده شد کاربردهای رادیو سلولی بود. همانطوریکه در جدول (۱-۲) نمایش داده شده سیستمهای مختلف مخابرات سیار در جاهای مختلف، مدولاسیونهای خاصی را برای خود بکار می‌برند.

بعد از اینکه سیستم جهانی مخابرات موبایل (GSM)<sup>(۱)</sup> در اروپا، مدولاسیون GSMK<sup>(۲)</sup> را برای سیستمهای خود بکار برد این تکنیک مدولاسیون دیجیتالی در سیستمهای جدید مخابرات موبایل و سیستمهای انتقال سیم شبکه‌های دیتا بکار رفته است.

مدولاسیون GSMK در حال حاضر پرکاربردترین تکنیک مدولاسیون است که در سیستمهای مخابرات موبایل و خدمات بی سیم دیجیتالی در جهان بکار می‌رود.

در حوزه کاربردهای رادیو سلولی، GSMK از زمان نصب اولیه‌اش در سال ۱۹۹۲ رشد بسیار سریعی یافته است. بعد از حدود یک سال در سال ۱۹۹۴ فقط در اروپا، دو میلیون کاربر از این سیستم استفاده می‌کردند. در همین حال سیستمهای رادیو سلولی استفاده کننده از GSMK در بیش از ۵۰ کشور در نقاط مختلف جهان نصب و به کار رفته‌اند.

پیش بینی می‌شود همچنان کاربرد سیستمهای مدولاسیون GSMK بر مبنای استانداردهای GSM بر رشد و توسعه خود در نقاط مختلف جهان ادامه دهد.

بغیر از این کاربرد مهم GSMK در سیستم GSM که در حدود فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز کار می‌کند، GSMK در بعضی از سیستمهای مخابراتی دیگر هم بکار رفته است.

یکی از سیستمهای سلولی که از GSMK استفاده می‌کند سیستم دیجیتال سلولی DCS1800 است. سیستم DCS1800 برخلاف GSM در فرکانس 1.8 GHz کار می‌کند.

بغیر از استفاده در سیستمهای رادیو سلولی، GSMK در کاربردهای دیگری از

1- Global system for mobile Communication 2- Gaussian - filtered Minimum Shift keying

سیستمهای دیجیتالی بی سیم هم مورد استفاده دارد. یکی از مهمترین کاربردها استفاده در شبکه های انتقال دیتاست.

دو نمونه از این کاربرد عبارتند از استفاده در سیستم RAM Mobitex یا RMD<sup>(۱)</sup> و سیستم CDPD<sup>(۲)</sup> که از جمله سیستمهای انتقال دیتا هستند.

سیستم RAM Mobitex سرویس ارسال دیتا را به شکل بی سیم ارائه می دهد. این سیستم در نزدیکی فرکانس ۹۰۰ MHz کار می کند و در حدود ۱۰ کشور مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم CDPD که در ایالات متحده بکار می رود بعنوان مکمل سیستم مخابرات سیار موجود AMPS<sup>(۳)</sup> بکار می رود.

همچنین مدولاسیون GFSK<sup>(۴)</sup>، که یک تکنیک مدولاسیون دیجیتال مشابه GMSK با مقدار اندیس مدولاسیون (h) متفاوت با آنست، بوسیله چند سیستم بی سیم دیجیتالی دیگر بکار گرفته شده است.

مدولاسیون GFSK در سیستم تلفن بی سیم دیجیتال اروپا، DECT<sup>(۵)</sup>، و در سیستم CT2<sup>(۶)</sup> بکار رفته است.

سیستم CT2 ابتدا در کشور انگلستان توسعه یافت و الآن در آسیای جنوب شرقی بکار می رود.

چنین کاربرد وسیعی از مدولاسیون فرکانس با فیلتر گوسی نشان از محبوبیت این تکنولوژی است.

در فصل دوم، مروری اجمالی بر کلاسهای مهم مدولاسیونهای دیجیتال که کاربردی در سیستمهای عملی دارند انجام خواهد شد.

فصل سوم، شامل بررسی مدولاسیونهای فاز پیوسته است. مدولاسیونهای فاز پیوسته

1- RAM Mobile Data  
3- Advanced Mobile Phone service  
5- Digital European Cordless Telephone

2- Cellular Digital Packet Data  
4- Gaussian Frequency Shift keying  
6- Cordless Telephone 2

بعلت خواصی که دارند دارای اهمیت زیادی در سیستمهای مخابرات سیارند، چون مدولاسیون GMSK اشتقاقی از مدولاسیون MSK که آنهم جزء کلاس مدولاسیونهای فاز پیوسته (CPFSK) است در این فصل خواص، عملکرد و روشهای آشکارسازی عمومی این کلاس مدولاسیون بحث شده است.

در فصل چهارم، خواص و شاخصهای اصلی خود مدولاسیون GMSK بررسی خواهد شد.

فصل پنجم، مروری گذرا به روش آشکارسازی که در مورد مدولاسیون GMSK بکار می رود، یعنی روش آشکارسازی دیفرانسیلی دارد.

فصل ششم، اساس روشهای پیاده سازی دیجیتال مدولاتور GMSK را که پرکاربردترین روشهای پیاده سازی هستند مورد بررسی قرار داده است.

فصل هفتم، پیاده سازی مدولاتور GMSK در سیستم GSM و روش طراحی و ساخت که ما بکار برده ایم را توضیح می دهد.