به نام ایزد یکتا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مخابرات- گرایش میدان

تجزیه و تحلیل خطوط انتقال فعال در رژیم غیرخطی تحریک شده با سیگنال مدوله شده

نگارش:

کامبیز افروز

اساتید راهنما

دکتر عبدالعلی عبدی پور

دکتر احد توکلی

زمستان ۱۳۸۶

بسمه تعالي

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا
کتابخانه مرکزی

شماره مدرک:

مشخصات دانشجو	نام خانوادگی : افروز	نام: کامبیز	شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۳۰۴۸
	دانشکده: برق	رشته: مخابرات- میدان	گروه: مخابرات

عنوان	تجزیه و تحلیل خطوط انتقال تزویج شده فعال در رژیم غیرخطی باتحریک سیگنال مدوله شده
Title	ANALYSIS OF ACTIVE COUPLED TRANSMISSION LINES UNDER NONLINEAR OPERATION AND EXCITED BY MODULATED SINGAL

استاد راهنما	نام خانوادگی: عبدی پور	درجه و رتبه	استاد راهنما	نام خانوادگی: توکلی	درجه و رتبه
	نام: عبدالعلی	Prof		نام: احد	Prof
استاد مشاور	نام خانوادگی:	درجه و رتبه	استاد مشاور	نام خانوادگی:	درجه و رتبه
	نام:			نام:	

دانشنامه	کارشناسی ○ ارشد ● دکترا ○	سال تحصیلی: ۸۷
نوع پروژه	کاربردی ○ نظری ● توسعه ای ○ بنیادی ●	

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۷۰	تصویر ○ جدول ○ نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○	تعداد مراجع ۶۵	ضمائم ○ تعداد صفحات:
زبان متن	فارسی ● انگلیسی ○	چکیده	فارسی ● انگلیسی ●	
یاداشت				
توصیفگر				
کلید واژه فارسی	ترانزیستور های اثرمیدان- روش مدل سازی تمام گسترده- مدلسازی غیرخطی -			
Key word of English	Fully distributed model- Nonlinear model – Field effect transistors			

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

و

مرحوم زنده یاد مهندس علیرضا افضلی پور

بیانگذار دانشگاه کرمان

با تشکر از اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر عبدی پور و دکتر توکلی که همواره یاری دهنده بنده در انجام این پروژه بوده اند.

همچنین بر خود لازم می دارم از جناب آقایان دکتر مرادی و دکتر موحدی که گره گشای من در بسیاری از مشکلات بودند، صمیمانه تشکر نمایم.

این پروژه طبق قرارداد به شماره ۱۲۲۰۷/۵۰۰/ت مورخ ۱۳۸۵/۱۰/۳ تحت حمایت های مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران قرار گرفته است. بدین وسیله از این مرکز تشکر و قدردانی می شود.

چکیده :

در این پروژه، مدل‌سازی تمام گسترده ترانزیستورهای گالیم آرسناید در فرکانس‌های بالا بررسی شده است. با استفاده از این روش و با فرض ترانزیستور به عنوان سه خط کوپل شده فعال، معادلات *AMTL* و *NAMTL* بترتیب در رژیم خطی و غیرخطی استخراج شده اند. این معادلات در حوزه زمان با استفاده از روش عددی تفاضلات محدود در حوزه زمان حل و نتایج آنها با نتایج حاصل از روش شبه گسترده که توسط نرم افزار *ADS* انجام شده، مقایسه شده است. در فرکانس‌های پایین نتایج حاصل از دو روش تطابق بسیار خوبی با یکدیگر دارند اما با افزایش فرکانس نتایج حاصل از دو روش متفاوت می‌باشد. در فرکانس‌های بالا مخصوصاً هنگامی که طول موج کاری قابل مقایسه با ابعاد ترانزیستور است روش شبه گسترده نمی‌تواند اثر انتشار موج در راستای الکترودهای ترانزیستور را بخوبی مدل‌سازی کند. در حالیکه روش تمام گسترده که در واقع تعمیم یافته روش شبه گسترده است در فرکانس‌های بالا این اثر را بخوبی مدل می‌کند. در ادامه معادلات *AMTL* تلفدار با استفاده از روش مدل‌سازی تمام گسترده استخراج شده است. این معادلات توانایی مدل‌سازی اثر پوستی در الکترودهای ترانزیستور را دارا می‌باشد. نتایج حاصل از حل حوزه زمان این معادلات با نتایج حاصل از روش سنتی *TDFD* مقایسه شده و نتایج دارای تطابق خوبی می‌باشند.

همچنین اثر گستردگی در الکترود سورس در رژیم خطی و غیرخطی و تاثیر آن بر رفتار الکتریکی قطعه در فرکانس‌های بالا تجزیه و تحلیل شده است. با استفاده از این نوع مدل‌سازی معادلات *AMTL* و*NAMTL* به یک ترانزیستور با حالت‌های مختلف محل تحریک و بارگذاری، اعمال شده و بهینه ترین ساختار با توجه به کاربرد مورد نظر استخراج شده است. در انتها یک سیگنال مدوله شده به ترانزیستور اعمال شده و خروجی آن با استفاده از روش عددی *FDTD* بدست آورده شده است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- تاریخچه و انگیزه کار ۲

۱-۲- فصل بندی پایان نامه ۷

فصل دوم: خطوط انتقال غیرفعال

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۱-۱- سیستم‌های چندخطه تزویج شده ۱۴

۲-۲- تحلیل خطوط انتقال غیرفعال توسط روش *FDTD* ۱۸

۲-۲-۱- توضیح روش *FDTD* ۱۸

۲-۲-۲- اعمال روش *FDTD* بر معادلات *MTL* ۲۳

۲-۲-۳- شبیه‌سازی خطوط انتقال تزویج شده بدون تلف در حوزه زمان ۲۹

۲-۳- شبیه سازی خطوط انتقال تزویج شده تلفدار درحوزه زمان ۳۲

۲-۳-۱- اعمال روش *FDTD* بر معادلات *MTL* تلف‌دار ۳۳

۲-۳-۲- نتایج حاصل از شبیه سازی خطوط انتقال تلف‌دار ۳۸

۲-۳-۳- شبیه سازی خطوط انتقال باریک شونده در حوزه زمان ۴۲

فصل سوم: مدل‌سازی تمام گسترده ترانزیستورهای *MESFET* و *HEMT* در رژیم خطی

۳-۱- مقدمه ۴۷

۳-۱-۱- مدل فیزیکی (*PBM*) ۴۷
۳-۱-۲- مدل جدولی (*TBM*) ۴۸
۳-۱-۳- مدل های تجربی (*EBM*) ۴۸
۳-۱-۴- مقایسه مدل‌های فیزیکی و تجربی ۴۹
۳-۲- دیدگاه دیگر در پروسه مدل‌سازی ۵۰
۳-۳= ساختمان ترانزیستورهای *MESFET* و *HEMT* ۵۱
۳-۴- مدار معادل فشرده ترانزیستورهای *FET* ۵۳
۳-۵- مدار معادل فشرده سیگنال بزرگ *MESFET* و *HEMT* ۵۵
۳-۵-۱- مدل *Curtice2* ۵۶
۳-۵-۲- مدل *Statz* ۵۸
۳-۵-۳- مدل *Curtice3* ۶۰
۳-۵-۴- مدل‌های *HEMT* ۶۱
۳-۵-۵- مدل *Curtice2* برای *HEMT* ۶۱
۳-۵-۶- مدل *Angelov* ۶۳
۳-۶- مدل شبه گسترده یا تکه‌ای ۶۳
۳-۶-۱- محاسبه پارامترهای الکتریکی و مغناطیسی (تزویج غیرفعال) ۶۵
۳-۶-۲- عناصر غیرخطی مدل (مقیاس بندی غیرخطی) ۶۷
۳-۷- مدل‌سازی تمام گسترده و تحلیل خطی ترانزیستور *FET* ۷۰
۳-۸- استخراج معادلات *AMTL* ۷۳

۳-۸-۱- اعمال روش *FDTD* بر مدل تمام گسترده خطی (حل معادلات *AMTL* در حوزه زمان) ۷۶
۳-۸-۲- شرایط مرزی در معادلات *AMTL* ۷۸
۳-۸-۳- نتایج شبیه‌سازی تمام گسترده ترانزیستور در حالت خطی ۸۲
۳-۹- بررسی اثر گستردگی در الکترود سورس ۹۱
۳-۱۰- بررسی اثر محل بارگذاری و تحریک در عملکرد ترانزیستور *NE710* در رژیم خطی ۹۸
۳-۱۱- مدل‌سازی خطوط انتقال فعال تلف‌دار در حوزه زمان ۱۰۲
۳-۱۱-۱- استخراج معادلات *AMTL* تلف‌دار ۱۰۲
۳-۱۱-۲- حل معادلات *AMTL* تلف‌دار در حوزه زمان ۱۰۵
۳-۱۱-۳- شرایط مرزی معادلات *AMTL* تلف‌دار در حوزه زمان ۱۰۷
۳-۱۱-۴- نتایج حاصل از شبییه سازی خطوط انتقال تلف‌دار در حوزه زمان ۱۱۰

فصل چهارم: مدل‌سازی تمام گسترده ترانزیستورهای *MESFET* و *HEMT* در رژیم غیرخطی و بهینه سازی ساختار

۴-۱- مقدمه ۱۲۱
۴-۲- استخراج معادلات *NAMTL* ۱۲۱
۴-۳- حل معادلات *NAMTL* در حوزه زمان با استفاده از روش *FDTD* ۱۲۶
۴-۳-۱- حل معادله غیرخطی $\boldsymbol{F}_{NL}=0$ ۱۳۰
۴-۳-۲- شرایط مرزی ۱۳۱
۴-۳-۳- نتایج شبیه‌سازی تمام گسترده ترانزیستور در رژیم غیرخطی ۱۳۷

۴-۴- بررسی اثر محل تحریک و بارگذاری در رفتار ترانزیستور با استفاده از مدل‌سازی تمام گسترده ۱۴۳
۴-۵- بررسی اثر عناصر پارازیتی در انتهای مدار باز و اتصال کوتاه الکترودها ۱۴۷
نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۵۲
مراجع ۱۵۵
پیوست الف ۱۵۹
پیوست ب ۱۶۲

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- تاریخچه و انگیزه کار

تمایل روز افزون به پردازش و انتقال اطلاعات زیاد با سرعت سریع‌تر باعث سوق دادن سیستم‌های الکترونیکی آنالوگ و دیجیتال برای کار در فرکانس‌های بالاتر و یا در سرعت کلاک بیشتر شده است. از طرف دیگر، برای کاهش هزینه ساخت و تولید مدارهای الکترونیکی، شرکت‌های سازنده تمایل زیادی به سمت مدارهای مجتمع به شدت چگال و فشرده از خود نشان می‌دهند. در اثرگرایش به سمت تجمع-سازی چند منظوره، چند سطح و پرتراکم مدارهایِ مایکروویو، تحول بی‌وقفه‌ای در تولید *MMIC*[1]ها ایجاد شده است. مدار مجتمع یکپارچه مایکروویو *MMIC*، به مدارات مایکروویوی گفته می‌شود که قطعات فعال و غیرفعال بر روی یک زیرلایه نیمه هادی واحد ساخته می‌شوند. محدوده فرکانس کاری این مدارات از حدود۱ گیگاهرتز تا بیش از ۱۰۰ گیگاهرتز است[۱]. از عبارت یکپارچه به این خاطر استفاده می‌شود که از مدارات مجتمع مایکروویو، *MIC*، مجزا شوند. مدارات *MIC* در واقع شامل یک ترکیب دوگانه از تعدادی قطعه مجزای فعال و غیرفعال می‌باشد که با عمل کاشت بر روی یک زیر لایه مشترک تلفیق می‌شوند. ماده مورد استفاده در بسیاری از *MMIC*ها *GaAs* است چرا که هم برای ترانزیستورهای فرکانس بالا و هم برای قطعات غیرفعال کم اتلاف و پر سرعت مناسب هستند.

از مزیتهای *MMIC* ها می‌توان قابلیت تولید مجدد، کوچک بودن، قابل اعتماد بودن، پهنای باند بیشتر، فرکانس کار بالاتر و پارازیت‌های کمتر نام برد. البته در *MMIC* ها انتخاب قطعه خیلی محدود است و همچنین مدار تا حد امکان باید کوچک ساخته شود. گرچه شروع ساختشان بسیار پرهزینه است، اما تولید انبوه آنها کم هزینه است زیرا به عنوان مثال بر روی یک *Wafer* می‌توان بیش از ۱۰۰۰ تقویت

[1] Microwave Monolithic Integrated Circuit

کننده عملی که همگی دارای عملکرد و مشخصه یکسانی هستند، ساخت و احتیاج به هیچگونه تنظیم دستی و کار اضافی ندارند.

به علت کم بودن فاصله اجزا تشکیل دهنده مدارات*MMIC* و همچنین فرکانس کار بالا، تزویج الکترومغناطیسی و حضور امواج سطحی و تشعشعی، اثرات مخرب زیادی بروی کارائی مدار ایجاد می‌کند. بطور حتم مهمترین بخش یک مدار *MMIC* یا *MIC* را قسمت فعال آن و یا به‌عبارتی عناصر ترانزیستوری تشکیل می‌دهد. به همین منظور دانستن عملکرد صحیحی از این عناصر در شرایط و بازه-های مختلف فرکانسی ایفاگر نقش اساسی در تحلیل چنین مداراتی است، مدل‌سازی و تحلیل المان های فعال به گونه‌ای که بتوان اثرات فرکانس بالا از قبیل تزویج الکترومغناطیسی، اثرات تشعشعی را کاملاً لحاظ نمود نقش فوق العاده مهمی در آنالیز دقیق کل مدار بازی می‌کند.

در حال حاضر قطعات و وسائل نیمه هادی با ابعاد چند میکرومتر معمولاً به عنوان ترانزیستورهای فوق سریع در تکنولوژی نیمه هادی در نظر گرفته می‌شوند. این قطعات قابلیت خاموش و روشن شدن در تنها کمی بیشتر از چند پیکوثانیه را دارا می‌باشند. با داشتن چنین امکانی، می‌توان این قطعات را در وسائلی از قبیل سوپرکامپیوترها و تقویت‌کننده‌ها و سایر مدارهای مایکروویو، سوئیچ‌های دیجیتال فوق سریع، وسایل اندازه‌گیری و صدها وسیله دیگر به کار گرفت. ترانزیستورهای اثر میدانی فلز- نیمه هادی (*MESFET*) و یا ترانزیستور با موبیلیتی الکترون زیاد (*HEMT*) را می‌توان در زمره‌ی این گروه از قطعات فوق سریع دسته‌بندی نمود. این ترانزیستورها دارای سرعت زیاد، مصرف توان کم و پروسه ساخت بالقوه ساده می‌باشند. در نتیجه این گونه ترانزیستورها در کاربردهای فوق سریع نسبت به قطعاتی که از تکنولوژی‌های دیگر از قبیل *CMOS* استفاده می‌کنند دارای رجحان و برتری بیشتری هستند. لذا تحلیل دقیق این المان‌های فعال در فرکانس‌های بسیار زیاد به شدت احساس می‌شود.

روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی ترانزیستورهای مایکروویو و موج میلیمتری ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های مداری فشرده، نیمه‌گسترده، تمام گسترده و روش آنالیز موج کامل اشاره کرد.

در فرکانس‌های کاری پایین، اثر انتشار موج الکترومغناطیسی بر روی الکترودهـای ترانزیـستور قابـل اغماض است و مدل‌های فشرده در هر دوگونه خطی و غیرخطی به خوبی عملکرد آن را بیان می‌کند. بـا افزایش فرکانس‌کاری و قابل قیاس شدن طول موج بـا پهنـای قطعـه، نمـی‌تـوان از اثـر گـستردگی در الکترودهای ترانزیستور صرف نظر کرد. در این رنج فرکانسی باید ترانزیستور را به عنوان سه خط انتقـال فعال تزویج شده در نظر گرفته شود.

هنگامی که طول‌موج قابل مقایسه با ابعاد قطعه است اثرات انتـشاری مـوج الکترومغناطیـسی بـروی رفتار الکتریکی قطعه تاثیر می‌گذارد بنابراین باید اثر انتشار موج بروی الکترودهای ترانزیستور مـد نظـر قرار گیرد. در این حالت مدل فشرده نمی‌تواند رفتار دقیق و صحیحی از رفتار قطعه فعال را بیـان کنـد. یکی از رفتارهای قطعات فعال در فرکانس‌های بالا خنثی شدن فاز[1]است.

به علت عدم تطابق اندوکتانس ورودی الکترود گیت (ورودی ترانزیستور) و الکترود دریـن (خروجـی ترانزیستور) سرعت انتشار موج در راستای الکترود درین و گیت متفاوت است بنابراین در فرکـانس‌هـای بالا این عدم برابری سرعت فاز باعث خنثی شدن فاز می‌شود. در شرایطی‌که فرکانس کاری باعث ایجـاد امواج متحرک[2] در راستای الکترودها می‌شود مدل‌های کاملتری برای بررسی این اثرات لازم است. مـدل موج کامل را می‌توان کامل‌ترین تکنیک در تحلیل ترانزیستور بـه عنـوان سـه خـط تـزویج شـده فعـال دانست[۴]. در آنالیز موج کامل اثرات تزویج الکترومغناطیسی، پدیده تشعشع و انتـشار و عکـس العمـل متقابل بین امواج الکترومغناطیس و حامل‌های بار در داخل نیمه هادی به خوبی لحـاظ شـده و در نظـر گرفته می‌شود. البته از طرفی این روش بیشترین زمان محاسبات را داراسـت و طبیعتـاً پیچیـده‌تـرین و مشکل‌ترین روش است. در این تکنیک انتشار امواج الکترومغناطیسی از طریـق قطعـهٔ نیمـه هـادی، بـا تزویج یک مدل فیزیکی انتقال الکترون (مثل معادلات بولتزمن) با معادلات موج منتشره در قطعه نیمـه هادی، مدل می‌شود. در این روش کمیت‌های فیزیکی و ساختمانی ترانزیستور با کمیت‌های میدان‌هـای الکترومغناطیسی مرتبط می‌شوند. این تکنیک بیشتر در دانشگاه *Arizona* و به سرپرستی پرفسور سمیر الغزالی انجام می‌گیرد[۲-۴]. در سال‌های اخیر چند روش پربازده در کاهش زمان محاسـبه آنـالیز مـوج

[1] Phase Cancellation
[2] Traveling Wave

کامل ارائه شده است که زمان آنالیز را تا ۹۵٪ کاهش داده است با این وجود این روش هنوز برای استفاده در نرم افزارهای تجاری کاربردی نیست [۵۰]، [۵۱]، [۶۱-۶۴].

از طرف دیگر روش مداری، شبه‌گسترده که به سادگی قابل استفاده درشبیه سازهای تجاری است، نمی‌تواند اثر انتشار امواج الکترومغناطیس در راستای الکترود ترانزیستور رابه خوبی مدل کند. در این روش، خطوط انتقال فعال بوسیله چندین مدار فشرده زنجیره شده مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در این راستا شاید بتوان آقای دکتر عبدی پور را که مدل‌سازی شبه گسترده خطی برای ترانزیستورFET را مورد توجه قرار دادند، پیشرو در این حوزه دانست[۳۸]. در ادامه، تحقیقات دیگری نیز بر روی نویز و اثرات سایر پارامترها به کمک روش شبه‌گسترده خطی انجام پذیرفت. در گام بعدی بجای استفاده از مدل خطی برای مدل‌های بکار رفته در هر تکه از مدلی غیرخطی استفاده گشت. با افزایش فرکانس، خصوصاً وقتی‌که ابعاد ترانزیستور قابل مقایسه با طول موج‌کاری مدار می‌شود، مدل‌سازی شبه‌گسترده نمی‌تواند بخوبی اثر گستردگی و انتشار امواج الکترومغناطیسی را مدل کند.

سومین و آخرین نوع مدل‌سازی مداری، مدل‌سازی تمام گسترده است. این مدل‌سازی در واقع مدل تعمیم یافته‌ای از مدل شبه‌گسترده است، در حالتی که تعداد تکه‌ها به سمت بی‌نهایت میل می‌کند. این نوع مدل‌سازی در فرکانس‌های بالاتر اثرگستردگی را بهتر نمایش می‌دهد. پیاده سازی این مدل‌سازی در رژیم خطی و در حوزه فرکانس در مقالات متعددی انجام شده است [۳۹]، [۴۰]، [۵۱]، [۳۴] و [۴۸]، اما پیاده سازی این مدل‌سازی در رژیم غیرخطی و در حوزه فرکانس اولین بار توسط مقاله [۸] ارائه شده است. در مقاله مذکور پاسخی تحلیلی برای مدل گسترده ترانزیستور و البته با در نظرگرفتن بسیاری از فرض‌های ساده کننده، ارائه گشته است.

با توجه به مزایای تحلیل در حوزه زمان و همچنین تعریف پروژه (تجزیه و تحلیل خطوط انتقال فعال در رژیم غیرخطی، تحریک با سیگنال مدوله شده) هدف اصلی در این پروژه تجزیه و تحلیل خطوط انتقال فعال در حوزه زمان است. ابتدا معادلات حاکم بر خطوط انتقال فعال $AMTL$[1] در رژیم خطی و $NAMTL$[2] در رژیم غیرخطی در حوزه زمان بر پایه مدل‌سازی تمام گسترده استخراج شده‌اند. این

[1] Active Multiconductor Transmission Line
[2] Nonlinear Active Multiconductor Transmission Line

معادلات بیانگر انتشار امواج *Q-TEM*[1] در الکترودهای ترانزیستور است و با دقت خوبی می‌تواند رفتار هر نوع ترانزیستوری ازنوع *FET* ، *MESFET* و *HEMT* را در فرکانس‌های بالا مدل کند.

به علت پیچیده بودن معادلات نمی‌توان جواب تحلیلی مشخصی برای این معادلات یافت. در نتیجه باید با استفاده از روش‌های عددی معادلات مورد نظر را حل کرد. روش تفاضل-محدود در حوزه-زمان *FDTD*[2]به علت سادگی در پیاده‌سازی و جواب نسبتاً دقیق در این پروژه مورد استفاده قرارگرفته است. معادلات غیرخطی *NAMTL*، بوسیله تلفیق روش *FDTD* و تکنیک *Newton-Rapson* حل شده‌اند. در تمام مدل‌سازی‌های انجام شده اثر گستردگی در الکترود سورس در نظر گرفته شده است و نتایج با حالتی که این اثر در نظر گرفته نمی‌شود مقایسه شده است. اثر پوستی[3] در الکترودهای یک ترانزیستور در مدل‌سازی تمام گسترده در حوزه زمان در رژیم خطی وارد شده است و معادلات *AMTL* تلف‌دار با فرض اثر پوستی در الکترودهای ترانزیستور استخراج شده‌اند. حل معادلات *AMTL* تلف‌دار در حوزه فرکانس بسیار ساده است اما حل حوزه زمان این معادلات مستلزم به‌کارگیری انتگرال کانولوشن می‌باشد. این معادلات در حوزه زمان با استفاد از روش *FDTD* حل شده‌اند و نتایج حاصل از روش *FDTD* ،با روش رایج *TDFD*[4] مقایسه شده است.

در رژیم خطی و غیرخطی محل پروب ورودی و خروجی را در حالت‌های مختلف بررسی شده و رفتار ترانزیستور در حالت خطی و غیرخطی برای هرکدام از حالت تجزیه و تحلیل شده است. در انتها با در نظر گرفتن یک سیگنال مدوله شده با فرکانس مرکزی ۳۰ گیگا هرتز خروجی ترانزیستور در رژیم خطی و غیرخطی بدست آورده شده است.

[1] Quasi Transverse Electromagnetic Wave
[2] Finite-Difference Time-Domain
[3] Skin effect
[4] Time-Domain to Frequency-Domain

۱-۲- فصل بندی پایان نامه

این پایان نامه در چهار فصل تنظیم شده است. سعی بر آن شده است ترتیب فصول و مطالب آورده شده به نحوی باشد تا قبل از ارائه هر نتیجه، تئوری و مطالب آن توضیح داده شده باشد. بررسی عملکرد خطوط انتقال غیرفعال نقطه آغازین پروژه محسوب می‌گردد. در ادامه با تعمیم قدم به قدم مسأله زمینه برای تحلیل خطوط انتقال فعال تزویج شده فعال در رژیم خطی آماده می‌گردد. در واقع برای رسیدن به هدف نهایی بهترین ایده آن بود که مسأله را از ابتدایی‌ترین حالت مورد بررسی قرار دهیم. بدین ترتیب می‌توان گفت در این تحقیق روش تحلیل خطوط انتقال، چه غیرفعال و چه فعال، در رژیم غیرخطی بطور جامعی با استفاده از تکنیک *FDTD* مورد بررسی قرار گرفته است.

پس از مقدماتی که در مورد کلیت کار گفته شد در فصل دوم به توضیح مختصری در مورد تحلیل خطوط انتقال غیرفعال در حوزه فرکانس و زمان پرداخته شده است. در ادامه تکنیک *FDTD* بطور اجمالی و تا آن اندازه که ماهیت مسائل ما اقتضا می‌کند معرفی گشته و سپس نحوه اعمال آن بر مسائل خطوط غیرفعال مورد بررسی قرار می‌گیرد. و در انتها اثر پوستی به عنوان یک اثر وابسته به فرکانس در تحلیل حوزه زمان خطوط انتقال غیرفعال وارد شده‌است.

فصل سوم، به معرفی روش‌های مدل‌سازی ترانزیستورهای *MESFET* و*HEMT* در رژیم خطی و غیرخطی می‌پردازد. پس از معرفی تکنیک‌های گوناگون مدل‌سازی، مدل‌های فشرده سیگنال بزرگ این عناصر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. مدل‌سازی تمام گسترده ترانزیستور در رژیم خطی و استخراج معادلات حاکم بر ترانزیستور (*AMTL*) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از این نوع مدل‌سازی که توسط روش عددی *FDTD* استخراج شده است با نتایج حاصل از مدل‌سازی شبه‌گسترده که توسط نرم افزار *ADS*[1] انجام شده مقایسه و تجزیه وتحلیل می‌گردد. در گام بعد محل تحریک و بارگذاری ترانزیستور و اثر آن بر عملکرد قطعه مورد بررسی قرار گرفته شده است. اثر گستردگی در الکترود سورس و تاثیر آن بر رفتار الکتریکی قطعه در فرکانس‌های مایکروویو نیز بررسی شده است. در انتهای

[1] Advance Design System

فصل به بررسی اثر پوستی در الکترودهای یک ترانزیستور در حوزه زمان پرداخته و نتایج حاصل از روش *FDTD* ،با روش سنتی *TDFD* مقایسه شده است.

در فصل پایانی، معادلات *NAMTL* بر پایه مدل‌سازی تمام گسترده که نشان دهنده انتشار موج شبه *TEM* در ساختار ترانزیستور است استخراج شده، سپس نتایج اصل از حل این معادلات با نتایج حاصل از مدل‌سازی شبه‌گسترده که توسط نرم افزار *ADS* انجام شده مقایسه و تجزیه وتحلیل می‌گردد. در گام بعد محل تحریک و بارگذاری ترانزیستور و اثر آن بر عملکرد قطعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در انتها خروجی ترانزیستور هنگامی که با یک سیگنال مدوله شده تحریک می‌شود بدست آورده شده است.

فصل دوم

خطوط انتقال غیرفعال

خطوط انتقال غیرفعال

۲-۱ مقدمه

"سیستمی متشکل از چندین هادی از قبیل سیم‌ها، موجبرها ،خطوط ریزنوار[1] و یا کابل‌های کواکسیال گزینه‌های مناسبی برای هدایت سیگنال یا توان الکتریکی بین دو یا چند ترمینال می‌باشند." آنچه گفته شد تعریفی ازمیان چندین توصیف مختلف برای خطوط انتقال می‌باشد.

هر یک از انواع خطوط انتقال بر اساس ساختار ذاتی خود برای کاربرد خاصی قابل استفاده می-باشد. بطور حتم رنج فرکانسی که هریک از این خطوط در آن بازه می‌توانند عملکرد مورد انتظار را نشان دهند، از دید علم مایکروویو به عنوان رکن اساسی در انتخاب هر یک از خطوط می‌باشد. علاوه براین، پارامترهای دیگری همچون ابعاد سیستم‌های مرتبط با این خطوط، توان قابل انتقال از طریق هر یک از آنها، هزینه اقتصادی و ... ازدیگر عوامل موثر در گزینش می‌باشند. باتوجه به آگاهی ازآنچه در ادامه بحث گفته خواهد شد تمرکز خود را بر روی خطوط انتقال ریزنوار یا میکرواستریپ معطوف می‌کنیم. البته همچنان که خواهیم دید بدلیل تمرکز بر روی تحلیل مداری چنین خطوطی و علم بر اینکه برای آنالیز سیستمهای خط انتقال تنها آگاهی از پارامترهای مداری آنها کافی است، مباحث مورد بحث برای سیستمهای خط انتقالِ ریزنوار، قابلیت تعمیم به سایر خطوط انتقال را نیز خواهند داشت.

خطوط انتقال ریزنوار که در ادامه نوشتار تنها به آن خطوط انتقال اطلاق خواهد شد، امروزه کابردهای زیادی درمدارات مایکروویوی و حتی آنتنی داشته و بهترین گزینه برای طراحی مدارات تا فرکانس‌های کاری بالا می‌باشند.

روشهای تحلیل خطوط انتقال ریزنوار را میتوان در دو دسته بندی کلی تعریف نمود:

۱-روش آنالیز موج کامل

۲-روشهای تحلیل بر اساس فرض *Q-TEM* (روش ولتاژ- جریان)

در روش آنالیز موج کامل که کامل‌ترین و دقیق‌ترین روش در تحلیل و توصیف عملکرد سیستمهایی شامل خطوط ریزنوار می‌باشد، با استفاده از روابط میدانیِ ماکسول- حاکم بر ساختار

[1] Microstrip Lines