بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-الکترونیک

طراحی و جبران‌سازی تقویت‌کننده سه‌طبقه مبتنی بر کمینه کردن زمان نشست خروجی

نگارش:

حسن رمضان‌نژاد دیزآبادی

استاد راهنما:

دکتر حسین شمسی

شهریور ۱۳۹۰

تـأیـیـدیّـه هیـات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ – استاد راهنما			
۲ – استاد مشاور			
۳ – استاد مشاور			
٤ – استاد ممتحن			
٥ – استاد ممتحن			
٦ – نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

و

همسر مهربانم

تشکر و قدردانی

با تشکر و سپاس بی پایان از استاد گرامی‌جناب آقای دکتر حسین شمسی که راهنمایی‌های مفیدشان همیشه انگیزه‌ای در انجام این پروژه بوده است.

چکیده

امروزه تقاضا برای تقویت‌کننده‌های با پهنای‌باند بالا و پاسخ زمانی سریع تحقیقات برای دست‌یابی به روش‌های مبتنی به پارامترهای زمانی را گسترش داده است. روش‌های سنتی جبران‌سازی پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده‌های سه‌طبقه برای کاربردهای با پاسخ زمانی سریع مناسب نمی‌باشند. از این رو روش کمینه کردن زمان نشست (MST) برای جبران‌سازی تقویت‌کننده‌ها ارائه شده است. در این پایان‌نامه از روش کمینه کردن زمان نشست برای جبران‌سازی پیکربندی‌هایی استفاده شده است که پیش از آن با روش سنتی جبران‌سازی می‌شدند. عناصر جبران‌سازی برای تمام تقویت‌کننده‌های مد نظر بر اساس پارامترهای زمانی ارائه می‌شوند. در اغلب مقالات، طراحی با خازن بار بزرگ انجام شده است ولی در این پروژه تقویت‌کننده‌ها برای دو بار خازنی ۲ و ۱۰۰ پیکوفاراد طراحی شده‌اند. برای پیاده‌سازی این تقویت‌کننده‌ها در سطح ترانزیستوری از تکنولوژی سی‌ماس ۹۰ نانومتر استفاده شده است. هدف طراحی تقویت‌کننده ای است با بار خازنی ۲ پیکوفاراد و منبع تغذیه ۱ ولت که پاسخ زمانی آن به ورودی پله واحد در حالت فیدبک واحد برای سطح خطای ۱٪ دارای زمان نشستی کم‌تر از ۴ نانوثانیه باشد. در نهایت، نشان داده خواهد شد که روش سنتی برای طراحی تقویت‌کننده‌ها با زمان نشست خیلی کم مناسب نیست.

واژه‌های کلیدی: تقویت‌کننده سه‌طبقه، جبران‌سازی فرکانسی، پاسخ گذرا به ورودی پله واحد، کمینه کردن زمان نشست(MST)

فـهرست مطـالـب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ه

فهرست شکل‌ها ..... ح

فصل اول..... ۱

۱-۱- پیش‌گفتار ۱

۱-۲- انگیزه تحقیق ۲

۱-۳- فصل‌بندی مطالب پایان‌نامه ۳

فصل ۲-بررسی جبران‌سازی به روش کمینه کردن زمان نشست برای ساختارهای مختلف سه‌طبقه..... ۵.

۲-۱- زمان نشست ۵

۲-۲- رفتار نشست یک سیستم مرتبه سه ۵

۲-۲-۱- محاسبه پارامترهای زمانی بهینه سیستم مرتبه سه ۷

۲-۳- رفتار نشست یک سیستم مرتبه دو ۷

۲-۳-۱- محاسبه پارامترهای زمانی بهینه سیستم مرتبه دو ۸

۲-۴- رفتار نشست یک سیستم مرتبه یک ۸

۲-۵- استفاده از روش MST برای جبران‌سازی تقویت‌کننده‌های سه‌طبقه ۹

۲-۵-۱- تکنیک NMC ۹

۲-۵-۲- تکنیک NGCC ۱۱

۲-۵-۳ تکنیک NMCF ۱۲

۲-۵-۴- تکنیک NMCNR ۱۴

۲-۵-۵- تکنیک NMCFNR ۱۵

۲-۵-۶- تکنیک AFFC ۱۷

۲-۵-۷- تکنیک DFCFC ۱۸

۲-۵-۸- تکنیک DLPC ۲۰

۲-۵-۹- تکنیک TCFC ۲۱

۲-۵-۱۰ تکنیک MNMC ۲۲

۲-۵-۱۱- تکنیک ACBC ۲۴

۲-۵-۱۲- تکنیک DPZC ۲۵
۲-۶- درجه شایستگی ۲۵
۲-۷- نتیجه‌گیری ۲۷

فصل ۳-بسط جبران‌سازی به روش کمینه کردن زمان نشست برای چهار تقویت‌کننده مبتنی بر ساختار RNMC .....

۳-۱- محاسبه تابع تبدیل حلقه بسته فیدبک واحد تقویت‌کننده‌ها ۲۸
۳-۱-۱- تکنیک CFRNMC ۲۹
۳-۱-۲- تکنیک NFRNMC ۳۰
۳-۱-۳- تکنیک SMC ۳۰
۳-۱-۴- تکنیک RAFFC ۳۱
۳-۲- محاسبه عناصر جبران‌سازی تقویت‌کننده‌ها به روش سنتی بر اساس تابع تبدیل اصلاح شده ۳۲
۳-۲-۱- تکنیک CFRNMC ۳۲
۳-۲-۲- تکنیک NFRNMC ۳۲
۳-۲-۳- تکنیک SMC ۳۳
۳-۲-۴- تکنیک RAFFC ۳۳
۳-۳- محاسبه عناصر جبران‌سازی تقویت‌کننده‌ها بر اساس پارامترهای حوزه زمان ۳۳
۳-۳-۱- تکنیک CFRNMC ۳۳
۳-۳-۲- تکنیک NFRNMC ۳۴
۳-۳-۳- تکنیک SMC ۳۵
۳-۳-۴- تکنیک RAFFC ۳۶
۳-۴- نحوه محاسبه پارامترهای بهینه حوزه زمان ۳۷
۳-۵ درجه شایستگی ۳۷

فصل ۴-نتایج شبیه‌سازی تقویت‌کننده های سه‌طبقه **۳۹**

۴-۱- نتایج شبیه‌سازی تقویت‌کننده‌ها ۳۹
۴-۱-۱- شبیه‌سازی تکنیک NFRNMC ۴۰
۴-۱-۱-۱- شبیه‌سازی تکنیک NFRNMC برای بار خازنی کوچک ۴۰
۴-۱-۱-۲- شبیه‌سازی تکنیک NFRNMC برای بار خازنی بزرگ ۴۵
۴-۱-۲- شبیه‌سازی تکنیک SMC ۵۰
۴-۱-۲-۱- شبیه‌سازی تکنیک SMC برای بار خازنی کوچک ۵۰
۴-۱-۲-۲- شبیه‌سازی تکنیک SMC برای بار خازنی بزرگ ۵۶

۴-۱-۳- شبیه‌سازی تکنیک CFRNMC ۶۰
۴-۱-۳-۱- شبیه‌سازی تکنیک CFRNMC برای بار خازنی کوچک ۶۰
۴-۱-۳-۲- شبیه‌سازی تکنیک CFRNMC برای بار خازنی بزرگ ۶۵
۴-۱-۴- شبیه‌سازی تکنیک RAFFC ۷۰
۴-۱-۴-۱- شبیه‌سازی تکنیک RAFFC برای بار خازنی کوچک ۷۰
۴-۱-۴-۲- شبیه‌سازی تکنیک RAFFC برای بار خازنی بزرگ ۷۵
۴-۲- ارزیابی روش‌های جبران‌سازی تقویت‌کننده‌های سه‌طبقه ۸۰

فصل ۵-نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۵

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۵
۵-۲- پیشنهادات ۸۵
مراجع ۸۶
چکیده لاتین ۸۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مقایسه بین تقویت‌کننده‌های جبران‌سازی شده با روش MST و سنتی ۲۶
جدول ۲-۲: مقایسه بین زمان نشست پاسخ پله تقویت‌کننده‌های جبران‌سازی شده با روش MST و سنتی ۲۷
جدول ۴-۱: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده NFRNMCجبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک ۴۰
جدول ۴-۲: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک ۴۱
جدول ۴-۳: هدایت انتقالی تقویت‌کننده NFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۴۱
جدول ۴-۴: مشخصات زمانی محاسبه شده از تحلیل عددی تقویت‌کننده NFRNMC با بار خازنی کوچک ۴۳
جدول ۴-۵: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه NFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۴۳
جدول ۴-۶: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی خازنی بزرگ ۴۶
جدول ۴-۷: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ ۴۶
جدول ۴-۸: هدایت انتقالی تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۴۶
جدول ۴-۹: مشخصات زمانی محاسبه شده از تحلیل عددی تقویت‌کننده NFRNMC با بار خازنی بزرگ ۴۶
جدول ۴-۱۰: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه NFRNMC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۴۸
جدول ۴-۱۱: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۵۱

جدول ۴-۱۲: هدایت انتقالی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۵۲
جدول ۴-۱۳: مشخصات زمانی محاسبه شده برای تقویت‌کننده SMC با بار خازنی کوچک ۵۲
جدول ۴-۱۴: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه SMC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۵۳
جدول ۴-۱۵: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۵۶
جدول ۴-۱۶: هدایت انتقالی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۵۶
جدول ۴-۱۷: مشخصات زمانی محاسبه شده برای تقویت‌کننده SMC با بار خازنی بزرگ ۵۷
جدول ۴-۱۸: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه SMC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۵۸
جدول ۴-۱۹: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک ۶۱
جدول ۴-۲۰: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک ۶۱
جدول ۴-۲۱: هدایت انتقالی تقویت‌کننده CFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۶۱
جدول ۴-۲۲: مشخصات زمانی محاسبه شده از تحلیل عددی تقویت‌کننده CFRNMC با بار خازنی کوچک ۶۲
جدول ۴-۲۳: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه CFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۶۲
جدول ۴-۲۴: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ ۶۵
جدول ۴-۲۵: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ ۶۶
جدول ۴-۲۶: هدایت انتقالی تقویت‌کننده CFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۶۶

جدول ۴-۲۷: مشخصات زمانی محاسبه شده از تحلیل عددی تقویت‌کننده CFRNMC با بار خازنی بزرگ ۶۷
جدول ۴-۲۸: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه CFRNMC برای هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۶۷
جدول ۴-۲۹: نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۷۰
جدول ۴-۳۰: هدایت انتقالی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۷۱
جدول ۴-۳۱: مشخصات زمانی محاسبه از تحلیل عددی تقویت‌کننده RAFFC با بار خازنی کوچک... ۷۲
جدول ۴-۳۲: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه RAFFC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۷۲
جدول ۴-۳۳ نسبت W/L ترانزیستورهای تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۷۶
جدول ۴-۳۴: هدایت انتقالی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۷۶
جدول ۴-۳۵: مشخصات زمانی محاسبه شده برای تقویت‌کننده RAFFC با بار خازنی بزرگ ۷۷
جدول ۴-۳۶: مشخصات تقویت‌کننده سه‌طبقه RAFFC جبران‌شده با هر دو روش MST و سنتی با بار خازنی بزرگ ۷۷
جدول ۴-۳۷: مشخصات تقویت‌کننده‌های شبیه‌سازی شده با بار خازنی $\boldsymbol{pF}$ ۲ ..... ۸۱
جدول ۴-۳۸: مشخصات تقویت‌کننده‌های شبیه‌سازی شده با بار خازنی $\boldsymbol{pF}$ ۱۰۰ ..... ۸۱
جدول ۴-۳۹: نتایج تقویت‌کننده‌های گزارش شده ۸۳
جدول ۴-۴۰: مشخصات تقویت‌کننده‌های سه‌طبقه گزارش شده [۳۸] ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NMC ۱۰
شکل ۲-۲: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NGCC ۱۱
شکل ۲-۳: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NMCF ۱۳
شکل ۲-۴: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NMCNR ۱۴
شکل ۲-۵: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NMCFNR ۱۶
شکل ۲-۶: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده AFFC ۱۷
شکل ۲-۷: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده DFCFC ۱۹
شکل ۲-۸: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده DLPC ۲۰
شکل ۲-۹: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده TCFC ۲۱
شکل ۲-۱۰: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده MNMC ۲۳
شکل ۲-۱۱: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده ACBC ۲۴
شکل ۲-۱۲: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده DPZC ۲۵
شکل ۳-۱: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده CFRNMC ۲۹
شکل ۳-۲: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده NFRNMC ۳۰
شکل ۳-۳: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده SMC ۳۱
شکل ۳-۴: بلوک دیاگرام تقویت‌کننده RAFFC ۳۲
شکل ۴-۱: ساختار مداری تقویت‌کننده NFRNMC ۴۰
شکل ۴-۲: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده NFRNMC به روش MST با بار خازنی کوچک ۴۲
شکل ۴-۳: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده NFRNMC به روش سنتی با بار خازنی کوچک ۴۳
شکل ۴-۴: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک ۴۴
شکل ۴-۵: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک ۴۵
شکل ۴-۶: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی کوچک ۴۵
شکل ۴-۷: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ ۴۷
شکل ۴-۸: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ ۴۸

شکل ۴-۹: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۴۹
شکل ۴-۱۰: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۴۹
شکل ۴-۱۱: پاسخ پله تقویت‌کننده NFRNMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۵۰
شکل ۴-۱۲: ساختار مداری تقویت‌کننده SMC..... ۵۱
شکل ۴-۱۳: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۵۳
شکل ۴-۱۴: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک..... ۵۳
شکل ۴-۱۵: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۵۵
شکل ۴-۱۶: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۵۵
شکل ۴-۱۷: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی کوچک..... ۵۵
شکل ۴-۱۸: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۵۷
شکل ۴-۱۹: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۵۷
شکل ۴-۲۰: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ ۵۹
شکل ۴-۲۱: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۵۹
شکل ۴-۲۲: پاسخ پله تقویت‌کننده SMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۶۰
شکل ۴-۲۳: ساختار مداری تقویت‌کننده CFRNMC..... ۶۰
شکل ۴-۲۴: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده CFRNMC به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۶۳
شکل ۴-۲۵: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده CFRNMC به روش سنتی با بار خازنی کوچک..... ۶۴
شکل ۴-۲۶: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۶۴
شکل ۴-۲۷: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک..... ۶۴
شکل ۴-۲۸: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی کوچک..... ۶۵
شکل ۴-۲۹: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده CFRNMC به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۶۸
شکل ۴-۳۰: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده CFRNMC به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۶۹
شکل ۴-۳۱: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۶۹
شکل ۴-۳۲: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۶۹

شکل ۴-۳۳: پاسخ پله تقویت‌کننده CFRNMC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۷۰
شکل ۴-۳۴: ساختار مداری تقویت‌کننده RAFFC..... ۷۲
شکل ۴-۳۵: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۷۴
شکل ۴-۳۶: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک..... ۷۴
شکل ۴-۳۷: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی کوچک..... ۷۴
شکل ۴-۳۸: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی کوچک..... ۷۵
شکل ۴-۳۹: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی کوچک..... ۷۵
شکل ۴-۴۰: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۷۸
شکل ۴-۴۱: پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۷۹
شکل ۴-۴۲: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش MST با بار خازنی بزرگ..... ۷۹
شکل ۴-۴۳: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC جبران‌شده به روش سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۷۹
شکل ۴-۴۴: پاسخ پله تقویت‌کننده RAFFC برای هر سه روش عددی، MST و سنتی با بار خازنی بزرگ..... ۸۰

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان علامت اختصاری	
ضریب میرایی	ξ
فرکانس طبیعی	ω_n

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیش‌گفتار

تقویت‌کننده‌های عملیاتی (Op amps[1]) در سطح گسترده‌ای در طراحی مدارهای آنالوگ استفاد می‌شود. تقویت‌کننده‌های عملیاتی به عنوان بافر ولتاژ، جمع کننده‌ها، انتگرال‌گیرها، مبدل امپدانس منفی، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال و دیجتال به آنالوگ، رگولاتورهای ولتاژ و استفاده شوند. در تمام کاربردهای بیان شده نیاز به تقویت‌کننده‌های با بهره بالا و پهنای‌باند وسیع می‌باشد. امروزه تقویت‌کننده‌های سه‌طبقه به طور وسیع برای طراحی تقویت‌کننده‌های عملیاتی ولتاژ پایین با بهره DC و سوییینگ خروجی بالا استفاده می‌شود[۶-۱]. طراحی تقویت‌کننده‌های با بهره بالا و پهنای‌باند وسیع که از تقویت‌کننده‌های تک طبقه استفاده می‌کنند، با کاهش ابعاد ترانزیستورها بسیار مشکل شده است. زیرا کاهش ابعاد ترانزیستور باعث کاهش ولتاژ سوئینگ خروجی و کاهش امپدانس خروجی در تکنولوژی زیر میکرون[2] می‌شود. از این رو طراحان مجبور به استفاده از پیکربندی‌های چند طبقه شده‌اند. در تقویت‌کننده‌های چند طبقه از سری کردن طبقات باعث بهبود بهره در ولتاژ پایین می‌شود اما به علت طبیعت چند قطبی این تقویت‌کننده‌ها، مشکلات پایداری حلقه بسته را دارند. ساده‌ترین روش جبران‌سازی تقویت‌کننده های سه‌طبقه روش NMC[3] می‌باشد [۷]. این روش جداسازی خوبی بین قطب‌های غالب و غیر غالب ایجاد می‌کند ولی این روش به علت خازن‌های بزرگی که در جبران‌سازی استفاده می‌شود از مشکل پهنای‌باند رنج می‌برد. هم‌چنین بزرگ بودن خازن‌های جبران‌سازی مساحت زیادی از تراشه را مصرف می‌کند. برای حل مشکل پهنای‌باند و اندازه خازن‌ها روش‌های زیادی از قبیل افزودن مقاومت[۱۱-۷] و افزودن طبقات پیشرو [۱۶-۱۲] و طبقه کنترل ضریب میرایی[4] [۱۷] و افزودن طبقه فیدبک فعال[۲۳-۱۸] و استفاده از روش‌های معکوس [۳۰-۲۴] ارائه شده است.

تکنیک‌های ذکر شده عناصر و شبکه‌های جبران‌سازی خود را بر اساس همانندسازی تابع تبدیل حلقه باز این تقویت‌کننده‌ها با فیلتر باترورث[5] مرتبه سوم (روش سنتی[6]) محاسبه می‌کنند. این روش برای

1. Oprational Amplifiers
2. Submicron
3. Nested Miller Compensation
4. Damping factor
5. Butterworth filter
6. Conventional method

رسیدن تقویت‌کننده‌ها به حاشیه فاز[1] بالاتر از ۶۰ درجه استفاده شده است. تقویت‌کننده‌هایی که به این روش طراحی می‌شوند اغلب برای کاربردهایی که نیاز به پاسخ زمانی سریع باشد کارآیی ندارند [۳۱].

۱-۲- انگیزه تحقیق

با توجه به مشکل بیان شده برای جبران‌سازی به روش همانندسازی با فیلتر باتروورث برای کاربردهای پر سرعت، نیاز به یک روش جبران‌سازی بر اساس معیارهای پاسخ زمانی از قبیل سرعت چرخش و زمان نشست بیش‌تر به چشم می‌خورد. تاکنون چندین روش بر اساس معیارهای زمانی ارائه شده است اما این روش‌ها منظم و دقیق نیستند[۳۲-۳۵]. از این رو ارائه یک روش سیستماتیک براساس معیار زمانی بسیار مورد نیاز است. اخیرا روشی براساس کمینه کردن زمان نشست برای پاسخ تقویت‌کننده NMC به ورودی پله در ساختار فیدبک منفی در[۳۷] ارائه شده است. این روش در [۳۸] برای تقویت‌کننده‌های بیش‌تری نیز بسط داده شده است.

در این پروژه، ابتدا جبران‌سازی به روش میینمم کردن زمان نشست[2] تشریح و کارآیی آن نسبت به روش سنتی بررسی می‌شود. در نهایت چهار تکنیک NFRNMC[3]، SMC[4]، CFRNMC[5]، RAFFC[6] که فقط به روش سنتی جبران‌سازی شده بودند به هر دو روش کمینه کردن زمان نشست و روش سنتی طراحی و نتایج آن با یک‌دیگر مقایسه می‌شوند. هم‌چنین برای بررسی بیش‌تر کارآیی این روش تقویت‌کننده‌ها یک بار برای بار خازنی کوچک و بار خازنی بزرگ طراحی شده‌اند. در اکثر مقالات طراحی-ها برای بارهای خازنی بزرگ (بزرگ‌تر از ۱۰۰pF) طراحی شده اند. این طراحی‌ها برای کاربردهای سرعت بالا کارآیی کمی‌دارند. برای کاربردهای که نیاز به پهنای‌باند بالا و پاسخ زمانی سریع باشد از قبیل Sample And Hold و ADC نیاز به طراحی تقویت‌کننده‌ها برای بار خازنی کوچک (۲ pF) می‌باشد. از این رو سعی شد در این پایان‌نامه طراحی برای بارهای کوچک نیز مدنظر قرار گیرد.

همان‌طور که اشاره شد خازن‌های جبران‌سازی بیش‌ترین نقش را در مقدار تراشه مصرفی و هم‌چنین پهنای‌باند تقویت‌کننده دارند. حذف یک خازن باعث افزایش پهنای‌باند و هم‌چنین کاهش تراشه مصرفی می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که جبران‌سازی تقویت‌کننده به روش کمینه کردن زمان نشست منجر به حذف یکی از خازن‌های جبران‌ساز در تکنیک‌های NFRNMC،CFRNMC، RAFFC شده است. با حذف یک خازن تابع تبدیل چهار تقویت‌کننده بیان شده نیاز به اصلاح دارند. هم‌چنین نتایج

7. Phase margin
1. Minimum Settling Time (MST)
2. Nested Feedforward Reversed Nested Miller Compensation
3. Single Miller Capacitor Compensation
4. Crossed Feedforward Reversed Nested Miller Compensation
5. Reversed Active Feedforward Frequency Compensation

شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که روش کمینه کردن زمان نشست هم از نظر پاسخ فرکانسی و هم از نظر پاسخ پله از شرایط بهتری نسبت به روش سنتی برخوردار است.

۱-۳- فصل‌بندی مطالب پایان‌نامه

در ادامه پایان‌نامه، در فصل دوم تئوری روش MST و نحوه به کارگیری آن تشریح شده است. در این بخش سعی شده تکنیک‌هایی که به این روش جبران‌سازی شده‌اند به همراه روابط مربوط به آن‌ها ارائه شوند. همانطور که گفته، در این پروژه روش MST برای چهار تکنیک که در بالا اشاره شده است به کار گرفته شده است. این چهار تکنیک پیش از آن به روش سنتی جبران‌سازی شده است. برای اینکه به توان درک بهتری از عملکرد روش MST نسبت به روش سنتی به دست آورد، در فصل چهارم هر چهار تقویت‌کننده با هر دو روش طراحی شده‌اند تا در شرایط برابر به توان کارآیی دو روش را با هم مقایسه کرد. لازم به ذکر است که برای مقایسه بهتر دو روش جبران‌سازی، تقویت‌کننده‌ها یک بار برای بار خازنی کوچک و بار دیگر با بار خازنی بزرگ طراحی شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی تقویت‌کننده‌ها با استفاده از نرم‌افزار HSPICE و تکنولوژی ۹۰ نانومتر به دست آمده است. در نهایت، در فصل پنجم نتیجه‌گیری و هم‌چنین پیشنهادهایی که بتواند در ادامه برای کسانی که علاقمند به تحقیق در این زمینه هستند نیز آورده شده است.