بسم الله الرحمن الرحیم

شماره پایان نامه: ۹۲٤۰۲۰۲۳۰

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد برق

گرایش الکترونیک

عنوان :

کاربرد مدار چهارگانه تفاضلی در طراحی تقویت کننده فیدبک جریان

استاد راهنما:

دکتر هومان کعبی

استاد مشاور:

دکتر ابراهیم فرشیدی

نگارنده :

رعنا وحیدی

مهر ماه ۱۳۹۲

Electrical Engineering Faculty

Ahwaz Shahid Chamran University

Master of science

Designing of Current Feedback Amplifier by differential quartet circuit

Supervisior: Dr. Hooman Kaabi

Advisor: Dr. Ebrahim Farshidi

By: Rana Vahidi

2013

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه خانم رعنا وحیدی دانشجوی رشته: مهندسی برق گرایش: الکترونیک دانشکده مهندسی به شماره دانشجویی ۸۹٤۲۱۰٤

با عنوان : کاربرد مدار چهارگانه تفاضلی در طراحی تقویت کننده ی فیدبک جریان

جهت اخذ مدرک : کارشناسی ارشد در تاریخ : ۹۲/۷/۲۹ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه خوب تصویب گردید.

اعضا ی هیأت داوران :	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما : دکتر هومان کعبی	استادیار	.....
استاد مشاور : دکتر ابراهیم فرشیدی	دانشیار	.....
استاد داور : دکتر عبدالنبی کوثریان	دانشیار	.....
استاد داور : دکتر غلامرضا اکبری زاده	استادیار	.....
نماینده تحصیلات تکمیلی :دکتر علی حاج نایب	استادیار	.....
مدیرگروه : دکتر محمد سروش	استادیار	.....
معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :دکترعلی حقیقی	استادیار	.....
مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر عبدالرحمن راسخ	استادیار	.....

تشکر و قدردانی

با تشکر شایسته از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر هومان کعبی که همواره راهنما و راهگشای نگارنده در اتمام پایان نامه بوده است

و قدردانی از

استاد فرهیخته جناب آقای دکتر فرشیدی

و همچنین تشکر ویژه از

هیات داوران جناب آقای دکتر کوثریان به خاطر راهنمایی های بی دریغ ایشان در طول انجام این پروژه

و

استاد محترم جناب آقای دکتر اکبری زاده

نام خانوادگی :وحیدی	نام: رعنا	شماره دانشجویی ۸۹۴۲۱۰۴
عنوان پایان نامه : کاربرد مدار چهارگانه تفاضلی در طراحی تقویت کننده فیدبک جریان		
استاد/ اساتیدراهنما: دکتر هومان کعبی		
استاد/ اساتید مشاور: دکتر ابراهیم فرشیدی		
درجه تحصیلی:کارشناسی ارشد	رشته:برق	گرایش:الکترونیک
دانشگاه : شهید چمران	دانشکده: مهندسی	گروه :برق
تاریخ فارغ التحصیلی : مهر ماه ۱۳۹۲		تعداد صفحه:۸۴
کلید واژه ها :تقویت کننده فیدبک جریان ، نرخ چرخش ، مدار چهارگانه تفاضلی		

هدف از این پژوهش طراحی تقویت کننده‌ی فیدبک جریان با هسته‌ی اصلی چهارگانه تفاضلی در مرحله‌ی ورودی و خروجی و با استفاده از تکنولوژی *0.18 µm* و در برنامه *hspice* می باشد. در این طرح تقویت کننده‌ی فیدبک جریانی با پهنای باند بیش از *100MHz* و با نرخ چرخش بالا طراحی می‌شود. برای این منظور ابتدا یک تقویت کننده فیدبک جریان طراحی شده در تکنولوژی *0.25µm* با استفاده از تکنولوژی *0.18µm* مجددا طراحی و نتایج حاصل از شبیه‌سازی ثبت می‌شود و عملکرد آن در زمینه پهنای باند، میزان نویز ورودی و خروجی، نرخ چرخش و استقلال پهنای باند از بهره ارزیابی می شود. نتایج شبیه‌سازی تمامی مشخصات تقویت کننده فیدبک جریان شامل استقلال پهنای باند از بهره و نرخ چرخش خوب آن را تایید می کند. در مرحله بعدی هسته‌ی اصلی تقویت کننده در ورودی و خروجی با مدار چهارگانه تفاضلی جایگزین می شود. نتایج بدست آمده با تکنولوژیهای *0.18µm* و *0.35µm* عملکرد بهتر تقویت کننده‌ی فیدبک جریان را با در نظر گرفتن مدار چهارگانه تفاضلی در هسته‌ی اصلی آن تایید می کند و در ادامه تقویت کننده‌ی فیدبک جریان طراحی شده با طراحی‌های قبلی مقایسه و نشان داده می شود.

فهرست مطالب

فصل اول .....

مقـدمه و نگاه کلـی .....

۱ *فصل اول ۱*

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تاریخچه..... ۱

۱-۳ اهمیت و ضرورت تحقیق ۲

۱-۳-۱مروری بر کارهای انجام شده توسط دیگران ۳

۱-۳-۲مروری بر کارهای انجام شده در این تحقیق..... ۵

۱-٤ ساختار پایاننامه ۵

فصل دوم ۷

مدارهای مد جریان و المانهای مؤثر در آنها..... ۷

۲ *فصل دوم ۱۹*

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ انواع تقویت کنندهی جریانی ۲۰

۲-۲-۱مدار جریانی پایه ۲۰

۲-۲-۲آینه جریان ۲۰

۲-۲-۳بافر جریان ۲۱

۲-۲-٤تقویت کننده ی جریان حلقه باز ۱۱

۲-۲-٤-۱انتقال دهنده ی جریان نسل اول ۱۱

۲-۲-٤-۲نسل دوم از انتقال دهنده ی جریان ۱۳

۲-۲-۵تقویت کننده ی فیدبک جریان ۱۵

۱-۵-۲-۲پهنای باند حلقه بسته ۱۷

۲-۳ مقایسه ی تقویت کننده ی فیدبک جریان با تقویت کننده ی فیدبک ولتاژ ۱۹

۲-٤ مشخصات حلقه بسته ی فیدبک ولتاژ ۲۰

۱-٤-۲مشخصه حلقه باز فیدبک ولتاژ ۲۱

۲-٤-۲پهنای باند-بهره ی فیدبک ولتاژ ۲۲

۲-۵ مشخصات حلقه باز فیدبک جریان ۲۲

۲-۵-۱پهنای باند مستقل از بهرهی تقویت کننده ی فیدبک جریان ۲۳

۲-٦ نگاهی بر ساختار داخلی توپولوژی فیدبک ولتاژ ۲٤

۲-٦-۱بلوک دیاگرام فیدبک ولتاژ ۲۵

۲-۷ نگاهی بر ساختار داخلی توپولوژی تقویت کننده ی فیدبک جریان ۲٦

۲-۷-۱بلوک دیاگرام تقویت کننده ی فیدبک جریان ۲۷

۲-۸ فواید توپولوژی فیدبک جریان ۲۸

۲-۸-۱انحراف ۲۸

۲-۸-۲نرخ چرخش ۲۹

۲-۹ معرفی المانهای موثر در تقویت کننده ی فیدبک ۳۰

۲-۹-۱نرخ چرخش ۳۰

۲-۹-۱-۱نحوه ی اندازه گیری نرخ چرخش ۳۱

۲-۹-۲زمان نشست ۳۲

۲-۹-۲-۱نحوه ی اندازه گیری زمان نشست ۳۲

۲-۹-۳میزان نویز ۳٤

۲-۹-٤نسبت رد منبع تغذیه ونسبت رد حالت مشترک ۳٦

۲-۹-٤-۱نسبت رد منبع تغذیه ۳٦

۲-۹-٤-۲نسبت رد حالت مشترک ۳٦

۲-۹-٤-۳نحوه ی محاسبه ی نسبت رد حالت مشترک.....۳۷

۲-۹-۵بهره-پهنای باند ۳۸

فصل سوم..... ٤۱

انواع طبقات تفاضلی ورودی.....٤۱

۳ *فصل سوم.....٤۱*

۳-۱ زوج تفاضلی ٤۱

۳-۱-۱معرفی تقویت کننده ی فیدبک جریان با حلقه ی ورودی زوج تفاضلی ٤۲

۳-۱-۱-۱تقویت کننده ی فیدبک جریان CMOS.....٤۳

۳-۱-۱-۲کاربرد مدار تقویت کننده ی فیدبک جریان طراحی شده در ساختار بلوک آنالوگ پایه ٤۷

۳-۱-۱-۲-۱ ساختار بلوک آنالوگ با استفاده از تقویت کننده ی فیدبک جریان طراحی شده ٤۷

۳-۱-۱-۲-۲ آرایه ی خازنی قابل برنامه نویسی.....٤۹

۳-۱-۱-۲-۳ سلول لغوکننده ی غیر خطی ترانزیستور MOS.....٤۹

۳-۱-۱-۲-٤ کاربرد ۵۰

۳-۲ مدار تفاضلی ضربدری.....۵۱

۳-۲-۱معرفی تقویت کننده ی فیدبک جریان طراحی شده با طبقه ی ورودی مدار تفاضلی ضربدری ۵۳

۳-۳ چهارگانه تفاضلی ۵۵

فصل چهارم ۵۸

طراحی و شبیه سازی تقویت کننده ی فیدبک جریان ۵۸

٤ *فصل چهارم* ٥٩

4-1 مقدمه ٥٩

٤-٢ معکوس مدار ٥٩

٤-٣ طراحی مدار پیشنهادی ٥٩

٤-٤ بررسی مدار تقویت کننده ی فیدبک جریان پیشنهادی ٦٣

٤-٥ تحلیل DC ی مدار ٦٤

٤-٦ تحلیل AC ٦٥

٤-٧ نتایج شبیه سازی مداربا تکنولوژی 0.18µm ٦٦

٤-٧-١سوئینگ ولتاژ خروجی ٦٦

٤-٧-٢ولتاژ آفست پایه x ٦٨

٤-٧-٣سوئینگ جریان خروجی ٦٩

٤-٧-٤پهنای باند ٧٠

٤-٧-٥میزان نویز ورودی و خروجی ٧١

٤-٧-٦توان مصرفی ٧١

٤-٧-٧نرخ چرخش ٧٢

٤-٨ نتایج شبیه سازی مداربا تکنولوژی 0.35µm ٧٣

٤-٨-١پهنای باند ٧٣

٤-٨-٢آفست محاسبه شده برای مدار پیشنهادی ٧٤

٤-٨-٣نرخ چرخش خروجی ٧٥

٤-٩ مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی مدار با تکنولوژی‌های 0.35µm و 0.18µm..... ٧٦

فصل پنجم ٧٧

نتیجه گیـری و پیشنهـادات ٧٧

۵-۱ نتیجه گیری ۷۸

۵-۲ پیشنهادات ۷۸

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱ تقویت کننده ی جریان وارونساز با آینه جریان ساده ی MOS [۱٤] ۱۰

شکل ۲-۲: تقویت کننده جریان ساده ی بهره واحد ناوارونساز الف)تقویت کننده گیت مشترک ساده ب)تقویت کننده جریان گیت مشترک با شیفت دهنده سطح ورودی [۱٤].....۱۱

شکل ۲-۳ سیمبل انتقال دهنده جریان نسل اول و تعاریف سیگنال آن [۱٤] ۱۲

شکل ۲-٤:انتقال دهنده جریان نسل اول کلاس A ساده[۱٤] ۱۲

شکل ۲-۵ساختار اولیه انتقال دهنده جریان نسل دوم الف) انتقال دهنده جریان نسل دوم مثبت ب) انتقال دهنده جریان نسب دوم منفی *[۱٤]* ۱٤

شکل ۲-٦:کاربرد ساده MOS کلاس A در انتقال دهنده جریان نسل دوم الف)ترانزیستور $NMOS$ در انتقال دهنده جریان نسل دوم منفی ب) انتقال دهنده جریان توسعه یافته $NMOS$ در انتقال دهنده جریان نسل دوم منفی ج) انتقال دهنده جریان نسل دوم مثبت [۱٤].....۱۵

شکل ۲-۷:الف)ساختار اولیه از تقویتکننده ی فیدبک جریان ب)شکل سادهای از تقویتکننده ی فیدبک جریان [۱٤].....۱٦

شکل ۲-۸:ساختار تقویتکننده ی ولتاژ و تقویتکننده ی فیدبک جریان الف)تقویتکننده ی ولتاژ ناوارونساز ب)تقویتکننده ی ولتاژ وارونساز ج)ماکرومدل تقویتکننده ی فیدبک جریان ساده [۱٤] ۱۹

شکل ۳-۱: زوج تفاضلی [۲۱].....٤۱

شکل ۳-۲: رسانایی متقابل و جریان بایاس زوج تفاضلی [۲۱].....٤۲

شکل۳-۳: الف)سیمبل تقویت کننده عملیاتی فیدبک جریان ب)بلوک دیاگرام تقویت کننده ی فیدبک

جریان [۷] ٤٣

شکل ۳-٤:تقویت کننده ی فیدبک جریان پیشنهادی با $CMOS$ [۷] ٤٣

شکل ۳-١٤: مدار چهارگانه تفاضلی [۲۱] ٥٦

شکل ٤-١: معکوس مدار ٥٩

شکل ٤-۲: مدار تقویتکننده ی فیدبک جریان با هسته ی تفاضلی موازی [۲۰] ٦٠

شکل ٤-۳: مدار چهارگانه تفاضلی [۲۱] ٦٠

شکل ٤-٤: بافر ورودی و خروجی تقویتکننده ی فیدبک جریان ٦١

شکل ٤-٥: بلوکهای ورودی و خروجی در مدار تقویت کننده ی فیدبک جریان ٦١

شکل ٤-٦: بلوک دیاگرام کلی تقویتکننده ی فیدبک جریان پیشنهادی ٦٢

شکل ٤-۷: مدار تقویتکننده ی فیدبک جریان پیشنهادی ٦٢

شکل ٤-۸: منبع جریان کسکود ٦٥

شکل ٤-۹: چهارگانه تفاضلی هسته ی اصلی طراحی مدار ٦٥

شکل ٤-١٠: سوئینگ ولتاژ خروجی [۲۷] ٦٦

شکل ٤-١١: الف)پیکربندی مدار تقویت کننده، ب)منحنی سوئینگ ولتاژ خروجی به ازای بهره های مختلف ٦٧

شکل ٤-١۲: مشتق خروجی به ورودی با بهره های مختلف برای تقویت کننده ی فیدبک جریان پیشنهادی ٦٨

شکل ٤-١۳: الف) ولتاژ آفست پایه X برحسب جریان ورودی پایه X، ب)مقاومت دیده شده از پایهX ..٦٩

شکل٤-١٤: الف)پیکربندی مدار تقویتکننده ی فیدبک جریان پیشنهادی، ب)منحنی سوئینگ جریان پایه Z برحسب جریان پایهX.....٧٠

شکل ٤-١٥: پاسخ فرکانسی تقویت کننده ی فیدبک جریان به ازای بهره های مختلف.....٧١

شکل ٤-١٦: منحنی نویز ورودی و خروجی ٧١

شکل ٤-١٧: آرایش بهره واحد جهت محاسبه ی نرخ چرخش ٧٢

شکل ٤-١٨: منحنی ولتاژ خروجی با دادن ورودی پالس ٧٢

شکل ٤-١٩: نحوهی محاسبه ی نرخ چرخش.....٧٣

شکل ٤-٢٠: نمودار پاسخ فرکانسی مدار پیشنهادی با تکنولوژی $0.35\mu m$.....٧٤

شکل ٤-٢١: ولتاژ آفست پایهX ٧٤

شکل ٤-٢٢: مقاومت پایه X مدار پیشنهادی با تکنولوژی $0.35\mu m$.....٧٥

شکل ٤-٢٣: منحنی ولتاژ خروجی مدار پیشنهادی با تکنولوژی$0.35\mu m$.....٧٥

فهرست جدول ها

جدول٤-١: مقایسه ی نتایج شبیه سازی مدار پیشنهادی با تکنولوژی $0.18\mu m$ و $0.35\mu m$.....٧٦

جدول ٤-٢ نتایج شبیه سازی تقویت کننده ی مراجع [٧] و [٤٦] و [٦].....٧٦

فهرست علامت ها و اختصارها

CFOA	*Current Feedback Amplifier*
VFA	*Voltage Feedback Amlplifier*
AGC	*Automatic Gain Control System*
VLSI	*Very Large-Scale Integration*
FDCFOA	*Full Differential CFOA*
CMOS	*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*
MOS	*Metal Oxide Semiconductor*
CCI	*First Generation Current Conveyor*
NIC	*Negative Impedance Convertor*
CCII	*Second Generation Current Conveyor*
CFB	*Current Feedback*
VFB	*Voltage Feedback*
GBP	*Gain-Bandwidth Product*
SR	*Slewrate*
PSRR	*Power Supply Rejection Ratio*
CMRR	*Common Mode Rejection Ratio*
CAB	*Configurable Analog Block*
PCA	*Programmable Capacitor Array*
PGA	*Programmable Gain Amplifier*
μ	*Step Size*
E	امید ریاضی
∇	گرادیان
σ	مشتق جزئی

فصل اول

مقــدمه و نگاه کلــی

۱ فصل اول

مقدمه و نگاه کلی

۱-۱ مقدمه

در دهه‌های گذشته طراحی آنالوگ بر پایه مد ولتاژی استوار بوده است. با این وجود روش‌های جریانی پردازش سیگنال بدلیل امتیازات ذاتی خود طراحان را بیشتر به خود جلب می کنند[۳۳]. این امتیازات ذاتی یعنی پهنای باند عریض، نرخ چرخش بالا[1]، توان مصرفی پایین، سادگی مدار و گین جریانی واحد مشخصاتی هستند که امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند[٤و٥]. عدم نیاز این نوع از مدارها به بهره ولتاژ بالا و المان‌های پسیو با دقت بالا این امکان را فراهم آورده است که بتوان آنها را با استفاده از ترانزیستور طراحی نمود که این امر خود موجب استفاده بیشتر مدارهای مد جریان در پردازش دیجیتال می‌گردد[١٤]. دسته‌ای از مدارهای مد جریان، تقویت کننده‌ی فیدبک جریان می باشد.

می‌توان گفت، نیاز به سرعت بالا و پهنای باند عریض، عامل پیشرفت تقویت کننده‌ی فیدبک جریان[2] بوده است. مزیت اصلی این تقویت کننده نسبت به نوع ولتاژی نرخ چرخش مناسب، پهنای باند وسیع و تقریبا مستقل از بهره حلقه بسته آن می‌باشد[٤و٥]. ساختار متفاوت تقویت کننده‌ی فیدبک جریان سبب می‌شود در بسیاری از کاربردها مخصوصا کاربردهایی با بهره حلقه بسته کم و شرایط سیگنال بزرگ بر تقویت کننده‌های متداول ولتاژی برتری داشته باشد.

۱-۲ تاریخچه

تقویت کننده فیدبک جریان که به صورت *CFOA* یا *CFA* شناخته می‌شود نوعی تقویت کننده الکترونیکی است که ورودی وارونگر آن به جریان حساس است. تقویت کننده‌ی فیدبک جریان توسط آقای دیوید نلسون[3] از شرکت *Comlinear* اختراع و اولین بار در سال ۱۹۸۲ بعنوان تقویت کننده مختلط[4] با نام تجاری *CLC103* به بازار عرضه شد.

مدار مجتمع در سال ۱۹۸۷ توسط شرکت‌های *Comlinear* و *Elantec* و با طراحی آقای بیل گروس[5] معرفی گردید. پین‌های تقویت کننده‌ی فیدبک جریان اولیه مشابه تقویت کننده‌ی فیدبک ولتاژ بود بنابراین در هر دو نوع نیازی به وایرینگ[6] مجدد نبود[۲].

---

[1] slew rate
[2] Current feedback amplifier
[1] David Nelson
[2] Hybrid
[3] Bill Gross
[4] wiring

سئوالی که اکثر مهندسان در زمان طراحی، با آن مواجه می‌شوند اینست که : کدامیک از تقویت کننده‌های فیدبک جریان یا فیدبک ولتاژ در طراحی بهتر است؟ در گذشته اختلاف بین ایندو تقویت کننده مشخص نبود ولی امروزه تقویت کننده‌ی فیدبک جریان و تقویت کننده‌ی فیدبک ولتاژ دارای تفاوتهای قابل ملاحظه‌ای هستند. البته هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند که می‌بایست در طراحی، با در نظرگرفتن مشخصات آنها تقویت کننده‌ی مناسب انتخاب شود[٤].

۱-۳ اهمیت و ضرورت تحقیق

مزایا و مشخصات بهینه‌ی تقویت کننده‌ی فیدبک ولتاژ دقت *DC* ی بهتر، حداقل نویز ورودی، جبرانسازی داخلی، ساختار تفاضلی و امپدانس ورودی بالا می‌باشد[۵]. البته نیاز به سرعت بالا و پهنای باند عریض طراحان را به سمت طراحی تقویت کننده‌ی مد جریانی سوق داده است.

طراحی تقویت کننده‌های عملیاتی توسط تولیدکنندگان خاصی توسعه یافته‌اند. تقویت کننده های عملیاتی معمولی، نوع ولتاژی می‌باشند. دلیل نامگذاری آنها مشخصه‌ی امپدانس بالای ورودیهای وارونساز و ناوارونساز و استفاده از فیدبک ولتاژ جهت کاربرد پردازش سیگنال خطی می‌باشد[۳].

اگرچه عملکرد تقویت کننده‌ی فیدبک ولتاژ توسط طراحان بهبود داده شده اما تقویت کننده‌ی فیدبک ولتاژ دارای محدودیت‌های ذاتی در نرخ چرخش و مصالحه‌ی بین[1] پهنای باند – بهره می‌باشد[۳]. در این نوع تقویت کننده با ثابت بودن پهنای باند-بهره، نرخ چرخش باید حداکثر مقدار باشد که این مطلب بوسیله‌ی جریان بایاس مرحله ورودی تعیین می‌شود[۳]. محدودیت‌های نرخ چرخش در تقویت کننده‌ی فیدبک جریان مرتفع شده‌اند که مزیتی برای این نوع تقویت‌کننده محسوب می‌شود.

تقویت کننده‌ی فیدبک جریان بدلیل سیگنال فیدیک جریان در پایه ورودی وارونساز دارای نرخ چرخش بالا نسبت به نوع ولتاژی می‌باشد. مشخصه‌ی مهم دیگر تقویت کننده‌ی فیدبک جریان، استقلال پهنای باند از بهره‌ی تقویت کننده است. این مزیت تقویت کننده‌ی فیدبک جریان در کنترل بهره در سیستم‌های کنترل بهره اتوماتیک[2] که بهره‌های حلقه بسته‌ی متغیر با پهنای باند ثابت مورد نیاز است، استفاده می‌شود[۳].

[1] trade-off
[2] automatic gain control systems(AGC)

۱-۳-۱ مروری بر کارهای انجام شده توسط دیگران

درسالهای اخیر تلاشهای زیادی جهت دستیابی به مدار تقویت کننده‌ی فیدبک جریان بهینه دارای مشخصات نرخ چرخش بالاتر و پهنای باند وسیع‌تر انجام گرفته است.

در مرجع [٦] تقویت کننده‌ی فیدبک جریان عملکرد بالایی پیشنهاد شده که دارای مقاومت ورودی پایین، مدار تفاضلی کلاس *AB* و قابلیت نرخ چرخش بالایی می‌باشد. دراین طراحی از تکنولوژی $0.18\mu m$ استفاده شده و در نرم افزار *SPICE* شبیه‌سازی شده است.

مرجع [٧] تقویت کننده‌ی فیدبک جریان *CMOS* ولتاژ-پایین را معرفی می‌کند که دارای عملکرد ورودی/خروجی *rail to rail* می باشد. تقویت کننده‌ی فیدبک جریان پیشنهادی دارای ولتاژ تغذیه $\pm 0.75V$ و جریان $304\mu A$ با پهنای باند *120MHz* و قابلیت درایو جریان$\pm 1mA$ می‌باشد. مدار پیشنهادی با تکنولوژی $0.25\mu m$ طراحی شده ودر نرم افزار*PSPICE* شبیه سازی شده است.

تقویت کننده‌ی فیدبک جریان کاملا تفاضلی با پهنای باند*10MHz* تا *100MHz*در مرجع[٨] معرفی شده است. طراحی با استفاده از تکنولوژی *0.18um* و با ولتاژ تغذیه *3.3V* و خازن بار *1.5PF* انجام گرفته است.

مدار طراحی شده در مرجع[٩] پیشرفتی در تقویت کننده‌های فیدبک جریان است که در مدار ورودی امپدانس ورودی کاهش داده شده است. شبیه‌سازی با استفاده از *PSPICE* انجام گرفته است.

در مرجع[١٠] از تقویت کننده فیدبک جریان در کاربردهای خودعیب یابی[1] آلتراسونیک[2] استفاده شده است. در ساختار پیشنهادی نیازی به مدارهای فیدبک مد مشترک[3] نبوده و از فیدبک، جهت دستیابی به پهنای باند ثابت استفاده شده است. جبرانسازی میلر جهت دستیابی به پاسخ فرکانسی بهتر به کار برده شده است. مدار پیشنهادی با تکنولوژی $0.35\mu m$ طراحی شده است.

توپولوژی جدیدی جهت طراحی تقویت کننده فیدبک جریانی در مرجع[١١] معرفی شده که از انتقال دهنده جریان نسل دوم مثبت[4] بهمراه تقویت کننده عملیاتی استفاده شده است. در این طراحی پهنای باند ثابت با استفاده از مقاومت فیدبک بدست آمده است. طراحی با استفاده از تکنولوژی $0.18\mu m$ و با ولتاژ تغذیه *1.8V* انجام گرفته است.

در مرجع[١٢] تقویت کننده‌ی فیدبک جریان جدیدی که مناسب کاربردهای *VLSI*[5] باشد،

[1] Diagnostic
[2] Ultrasound
[3] common-mode
[4] Second-generation positive current conveyor
[5] very large scale integration

طراحی شده است. در این طراحی توان کم و پهنای باند بالا بدست آمده است. در مدار جدید از انتقال دهنده جریان بهمراه بافر، جهت دستیابی به ترانس – امپدانس[1] بالا استفاده شده است.

در مرجع [۱۳] ساختارهای مختلف تقویت کننده‌ی عملکردی جهت طراحی تقویت کننده‌ی فیدبک جریان که از نوع کاملا دیفرانسیلی ***(FDCFOA)*** است، ارائه شده است.

مرجع [۱٤] مقاله‌ای با موضوع تقویت کننده‌های جریان ***CMOS*** می‌باشد که بصورت کلی مدارهای حالت جریانی و انواع تقویت کننده‌های جریانی شرح داده شده است. ضمنا در مرجع [۱۵] نیز تکنیک های طراحی مدارهای مد جریان شرح داده شده است.

مقایسه‌ای بین تقویت کننده‌ی فیدبک جریان با انواع ولتاژی در مراجع [۱٦] و [۱۹] بیان شده است.

مراجع [۱۷]، [۲۳]، [۲٤]، [۲۵]، [۲٦]، [۲۷] و [۲۹] در خصوص پارامترهای تقویت کننده‌ی عملیاتی که می‌بایست در طراحی مدنظر قرار گیرد شامل نرخ چرخش، نویز، زمان نشست، نسبت رد حالت مشترک، نسبت رد منبع تغذیه، بهره پهنای باند و آفست ورودی بیان شده و نحوه‌ی محاسبه‌ی آنها نیز شرح داده شده است.

در مرجع [۲۰] کاربرد مدار تقویت کننده‌ی فیدبک جریان در طراحی بلوک آنالوگ شکل پذیر[2] ***(CAB)*** ارائه شده که با استفاده از ساختار بلوک آنالوگ، فیلترهای میان‌گذر، بالاگذر و پایین گذر طراحی شده است.

در مرجع [۲۱] مدار چهارگانه تفاضلی معرفی شده که این مدار دارای مشخصات جفت تفاضلی معمولی و جفت تفاضلی ضربدری کلاس ***AB*** می‌باشد. کاربرد چهارگانه تفاضلی در مدارهای سرعت بالا می باشد. در مرجع [۲۲] نیز در خصوص چهارگانه تفاضلی شرح داده شده است.

در مرجع [۳۲] کاربرد تقویت کننده‌ی فیدبک جریان در طراحی رگولاتور نویز پایین با دقت بالا جهت دستیابی به پاسخ سریع معرفی شده است.

کاربرد تقویت کننده‌ی فیدبک جریان در پردازش سیگنال تصویر در مرجع [۳۳] و در کاربرد خودعیب یاب آلتراسونیک در مرجع [۳۹] و در کاربرد ***VLSI*** در مرجع [٤۵] معرفی شده است.

تقویت کننده‌ی فیدبک جریان ***CMOS*** جدیدی در مرجع [۳٤] طراحی شده که دارای نرخ چرخش بالا، زمان نشست خوب و پهنای باند مستقل از بهره می‌باشد.

---

[1] Trans-impedance
[2] configurable analog block