Archive of SID

هفتمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
7th Conference on Recent Research in Science and Technology
پاییز ۱۳۹۵
Autumn 2016

# عنوان مقاله: طراحی یک مدار کلی در ابعاد MEMS برای کاربرد در ربات های صنعتی

**مجید دوستی**

**۱- گروه مهندسی برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد واحد کرمانشاه ، کرمانشاه، ایران**

**چکیده**

سیستم میکرو الکترومکانیکی(MEMS) یک فنّاوری است،که قادر به ساخت دسته‌ای از ساختارها ،دیویس‌ها و سیستم‌های مکانیکی کوچک‌شده است. همچنین این سیستم‌ها را می‌توان تلاشی برای بهره‌برداری و گسترش تکنیک‌های توسعه‌یافته ساخت در صنعت مدار مجتمع برای اضافه کردن عناصر مکانیکی مانند تیرها، چرخ‌دنده‌ها، دیافراگم‌ها و فنرها، به مدارات الکتریکی و تولید میکرو سیستم یکپارچه برای ادراک و کنترل جهان فیزیکی در ربات‌های صنعتی دانست. این دستگاه‌ها یکی از فناوری‌های نویدبخش قرن بیست و یکم هست، که انتظار می‌رود بتواند در محصولات صنعتی، تجاری و مصرفی تحول بزرگی ایجاد نماید .این دستگاه‌ها، وسایل میکرونی هستند که می‌توانند بر محیط ماکرو اثر کنند دستگاه‌های میکرو الکترومکانیکی یک تکنولوژی تولیدی است که با استفاده از آن می‌توان دستگاه‌های مجتمع بسیار ریز را که شامل قطعات الکترونیکی و مکانیکی هستند، به وجود آورد.در این مقاله به طراحی یک مدار کلی در ابعاد MEMS برای ربات صنعتی پرداخته شده است.

**کلمات کلیدی:** میکرو الکترومکانیکی ،ربات،MEMS

www.SID.ir

Archive of SID

## ۱. مقدمه

سیستم میکروالکترومکانیکی(MEMS) یک تکنولوژی است،که قادر به ساخت دسته ای از ساختارها ،دیوایس ها وسیستم های مکانیکی کوچک شده است. همچنین این سیستم ها را می توان تلاشی برای بهره برداری و گسترش تکنیک های توسعه یافته ساخت در صنعت مدار مجتمع برای اضافه کردن عناصر مکانیکی مانند تیرها، چرخ دنده ها، دیافراگمها و فنرها، به مدارات الکتریکی و تولید میکروسیستم یکپارچه برای ادراک و کنترل جهان فیزیکی در ربات های صنعتی دانست. این سیستمها یکی از فناوری های نویدبخش قرن بیست و یکم می باشد، که انتظار می رود بتواند در محصولات صنعتی، تجاری و مصرفی تحول بزرگی ایجاد نماید .این سیستمها، وسایل میکرونی هستند که می توانند بر محیط ماکرو اثر کنند[1]. سیستمهای میکروالکترومکانیکی یک تکنولوژی تولیدی است که با استفاده از آن می توان دستگاههای مجتمع بسیار ریز را که شامل قطعات الکترونیکی و مکانیکی هستند، بوجود آورد[2]. در سال ۱۹۵٤ اولین ربات برنامه پذیر توسط جورج دوول طراحی شد، دووِل کسی بود که واژه ی خودکار سازی جهانی (Universal Automation) را مطرح نمود. او بعد ها این اصطلاح را با عنوان Unimationکوتاه تر کرد. که این اصطلاح در سال ۱۹٦۲ بر روی اولین کمپانی ربات سازی نامگذاری شد. در سال ۱۹۷۸ رباتی با نام پوما(یک ماشین برنامه پذیر عمومی برای اسمبل کردن) که توسط UNIMATION و با طرح کمکی شرکت جنرال موتور۱ توسعه یافت. در سال ۱۹۸۰ صنعت ربات سازی وارد یک مرحله ی جدید رو به رشد شد. اکثر موسسات برنامه ها و دوره هایی را در زمینه ی ساخت ربات ارائه دادند. دوره های رباتیک در میان رشته های مهندسی مکانیک، مهدسی الکترونیک و دپارتمان ها ی علوم کامپیوتری گسترده شد. در سال ۱۹۹۵: ادغام کاربرد ها در ربات های کوچک و ربات های سیار برابر بود با دومین موج پیشرفت شرکت ها و تحقیقات در حیطه ی رباتیک[7]. در سال ۱۳۸۵ مقاله ای با عنوان فناوری سیستمهای میکروالکترومکانیکی: ساختارهای فعلی و وضعیت آینده توسط آقایان محسن بهرامی و علی قنبری انجام گرفت. در این مقاله ضمن ارائه مقدمه ای در جهت آشنایی با این فناوری نوین، وضع موجود سیستمهای میکروالکترومکانیکی را در دنیا شرح می دهد .سپس ساختارهای سرمایه گذاری و آموزش این فناوری را در کشورهای مختلف شناسایی می کند. آینده این فناوری نوین در مرحله بعد مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد. در نهایت نیز راهکارهایی برای بسط آموزش، استفاده و تولید سیستمهای میکروالکترومکانیکی در ایران پیشنهاد می گردد[1]. مقالات [2] و [3] و [4] در رابطه با بازار سیستمهای میکروالکترومکانیکی انجام گرفته است. البته تفاوتهایی بین نتایج این تحقیقات مشاهده می شود، اما انه که به عنوان حداقل فروش سیستمهای میکروالکترومکانیکی، میکروسیستمها و قطعات میکروماشینکاری شده در سال ۲۰۰۰ ذکر شده است، میزان ۱٤/۲ میلیارد دلار می باشد. در [5] تحلیل موجی کامل الکترو مغناطیسی سوئیچ میکرو الکترو مکانیکی در فرکانسهای ماکروویو و امواج میلیمتری ارائه می شود. با حل معادله موج هلمهولتز با روش عناصر محدود (FEM) و با استفاده از شبیه ساز HFSS میدانها را بدست می آوریم. ساختار سوئیچ را بعنوان دوقطبی فرض کرده و پارامتر های پراکندگی (S) را از میدانهای بدست آمده استخراج می کنیم. مشخصات و کمیتهای توصیف کننده سوئیچ از جمله تلفات داخلی در حالت روشن در محدوده ی dB ۱/۲۲-۰/۰۲ و ایزولاسیون در حالت خاموش dB ٦۰-۱٤ در محدوده ی فرکانسی

[1] General Motors



www.SID.ir

Archive of SID

GHz ۶۰-۱ بدست می آید. همچنین سوئیچ MEMS را به عنوان یک خازن در نظر گرفته و با مدل عناصر فشرده تقریب می زنیم. با استفاده از روابط ماتریس پراکندگی و ماتریس انتقال عملکرد سوئیچ محاسبه و نتایج را با تحلیل کامل مقایسه می کنیم در نهایت پارامترهای S برای ابعاد و فرکانسهای مختلف مشخص می شود. این پارامتر ها در طراحی کامپیوتری مدارات (CAD) فرکانس بالا اهمیت اساسی دارد. پریسا محمد علیپور بنام و علیرضا افسوس در سال ۱۳۹۲مقاله ای با عنوان مطالعه آلمان محدود رفتار ارتعاشی میکرو تیر چهار سر گیردار Mems برای حالت های متقارن و نامتقارن را ارئه دادند. در این تحقیق به بررسی فرکانس طبیعی و مودهای ارتعاشی یک مدل پرکاربرد میکروالکترومکانیکی با جرم متمرکز و چهارتیر گیردار پرداخته شده است. محاسبه فرکانس طبیعی و مودهای ارتعاشی برای این سازه در دو حالت متقارن و نامتقارن، بر پایه المان محدود و با استفاده از آنالیز مودال نرم افزار Ansys انجام پذیرفته و تاثیر موقعیت جرم مرکزی در رفتار ارتعاشی سازه مورد تحقیق قرار گرفته است[6]. در سال ۱۳۸٤ مقاله ای با عنوان طراحی یک شتاب سنج خازنی MEMS توسط محمد محجوب جهرمی و علی ابوالقاسمی آزاد صورت گرفت که طراحی یک شتاب سنج خازنی بر مبنای فناوری میکروماشینکاری در این مقاله ارائه گردیده است. از میان انواع مبدل ها در این مقیاس از نوع خازنی آن استفاده شده است. این طراحی شامل مدل رابط نمی باشد و به طراحی مکانیکی شتاب سنج محدود شده است. طراحی بر مبنای محدودیت های ابعادی در روش ساخت MUMPs که یک روش ماشینکاری سطحی پلی سیلیکان است، صورت گرفته است. پارامترهای حسگر برای رسیدن به مشخصات شتاب سنج برای کاربرد در خودرو به دست آمده است. برای رسیدن به پهنای باند مورد نیاز و افزایش پایداری سیستم از مدار بازخورد (معادل ضریب فنر منفی) استفاده شده است. سختی فنر تعلیق جرم محک به روش تحلیلی به دست آمده و صحت این رابطه با شبیه سازی آلمان محدود ارزیابی شده است. پارامتر های عملکردی دیگر چون میزان تحمل شوک و حساسیت عرضی که روابط تحلیلی دقیق آنها پیچیده است با شبیه سازی آلمان محدود به دست آمده اند[7]. در سال ۱۳۹۱ پژوهشی با عنوان "حسگر خازنی فشار از گونه ی MEMS" که توسط آقای جلیل بعیدیان جهرمی صورت پذیرفت. در ابتدای این پژوهش ساختار داخلی حسگر فازی توصیف شده و در بخش های بعدی نحوه ی طراحی این حسگر شرح داده شده است. و به در این پژوهش یک حسگر فشار خازنی نوآورانه با حساسیت بالا دامنه ی پویایی گسترده، لایه ی فرانازک، طراحی، ساخته و آزمایش شد. این حسگر فشار در برابر سیال مورد اندازه گیری ایمن و در برابر اثرات الکترومغناطیسی مقاوم است. یافته ی آزمایش و اندازه گیری همچنین نشان می دهد که این نوع حسگر فشار می تواند فضای طراحی حسگر فشار را به شدت گسترش داده و راه حل هایی را برای چالش های کاربردی فراهم نماید در حالی که کارایی کلی را بهتر می کند[8].

## ۲. روش پیشنهادی و طراحی شده

روند کلی انجام شبیه سازی و طراحی بر اساس فلوچارات زیر است که به شرح آن می پردازیم. در مبحث طراحی تقویت کننده ، ایده اصلی طراحی تقویت کننده بر اساس طراحی میکروربات کنترل شده بر اساس طراحی mems الهام گرفته شده است. که جهت حرکت و منترل از شبکه عصلبی استفاده شده است.این میکرو ربات طراحی شده ، شامل یک فعال کننده درونی است که ازسیم های ماهیچه مصنوعی مبتنی بر SMA استفاده شده است.

با توجه به اهمیت‌های ذکرشده آپ امپ در بازوهای رباتیک ، برای شروع شبیه‌سازی مدار زیر را در نظر گرفته‌ایم:

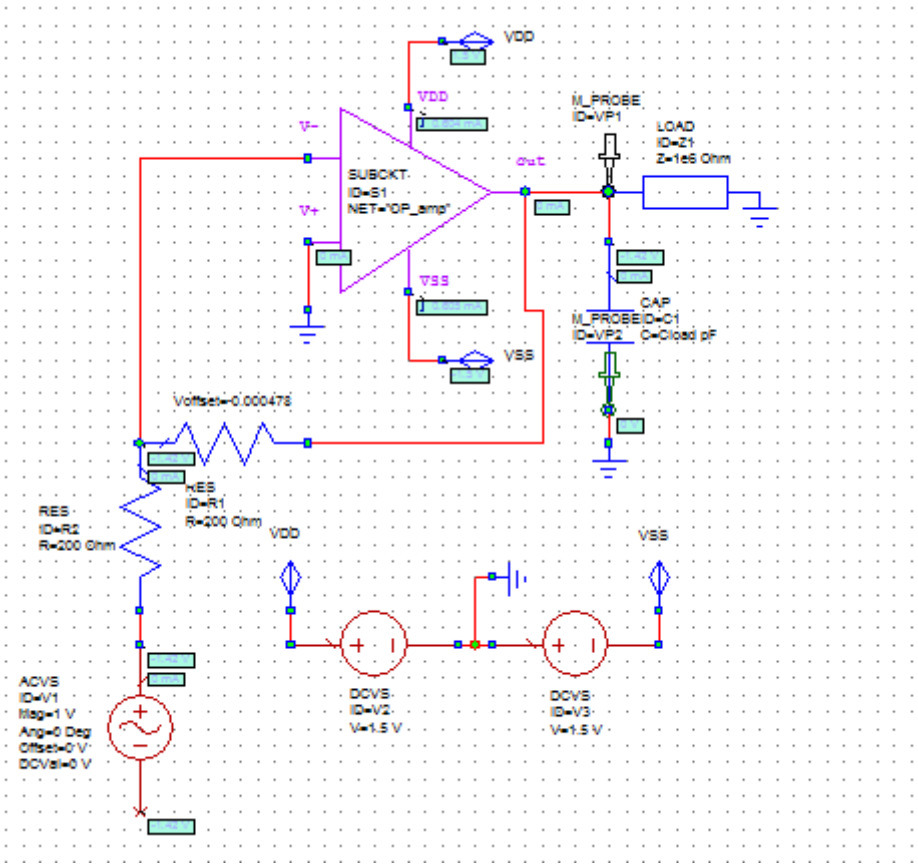


www.SID.ir

Archive of SID

| مقدار پارامتر | نام پارامتر |
|---|---|
| ۱/۵ ولت | ولتاژ پایه مثبت(معکوس نکنند) |
| ۱/۵ ولت | ولتاژ پایه منفی(معکوس کننده) |
| ۱/۵ ولت | تغذیه مثبت |
| ۱/۵ ولت | تغذیه منفی |

جدول ۱ – بررسی پرامترهای شبیه سازی




شکل ۱– شکل کلی مدار مورد نظر در تحقیق

مدار داخلی آپ امپ به شکل زیر است:

معرفی بلوک‌های تشکیل‌دهنده یک تقویت‌کننده عملیاتی:



www.SID.ir

Archive of SID

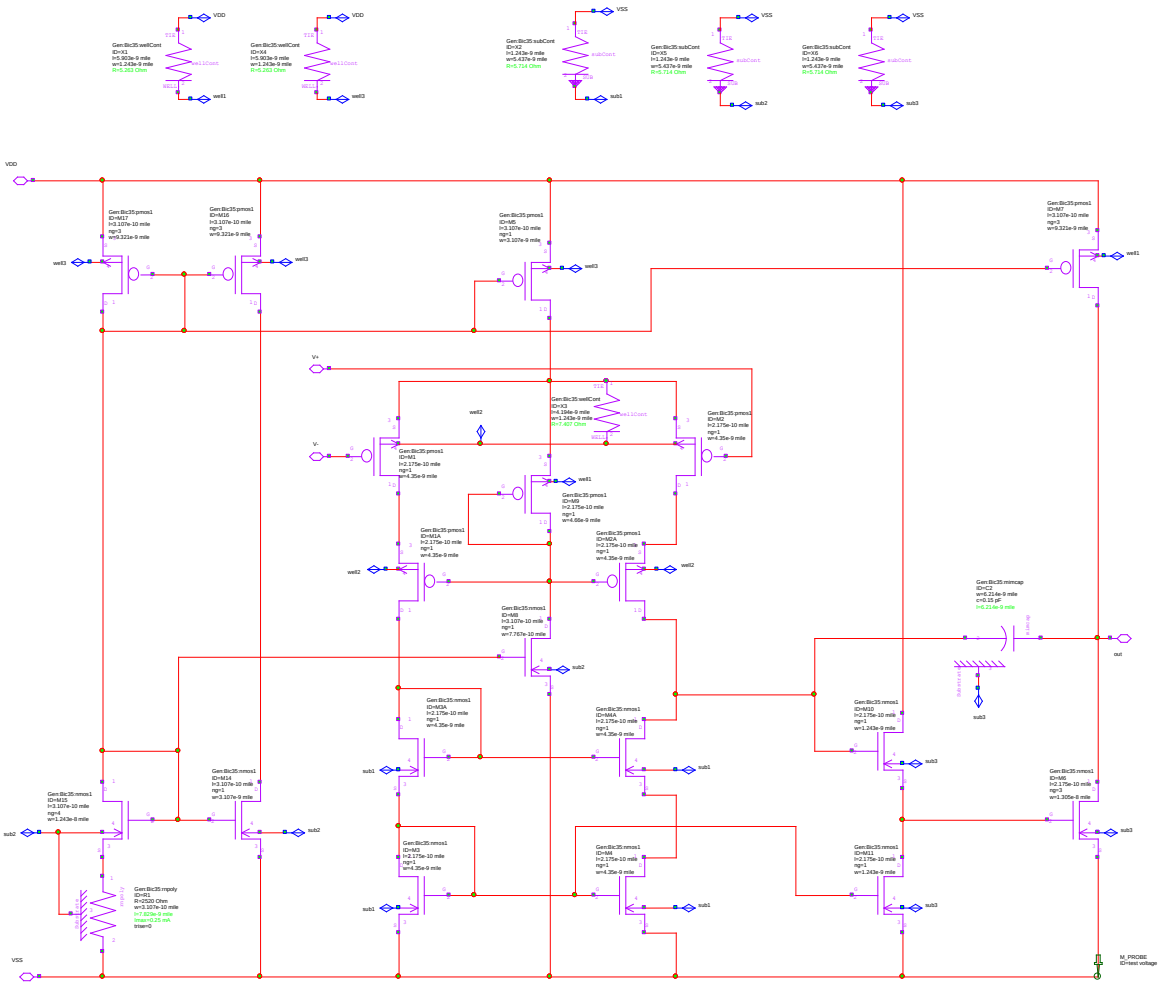
منابع جریان

تقویت‌کننده تفاضلی ورودی

تقویت‌کننده میانی

مدارهای تغییردهنده سطحDC

طبقه خروجی (تقویت‌کننده توان که معمولاً یک تقویت‌کننده پوش پول است)



شکل ۲- مدار داخلی آپ امپ[40]



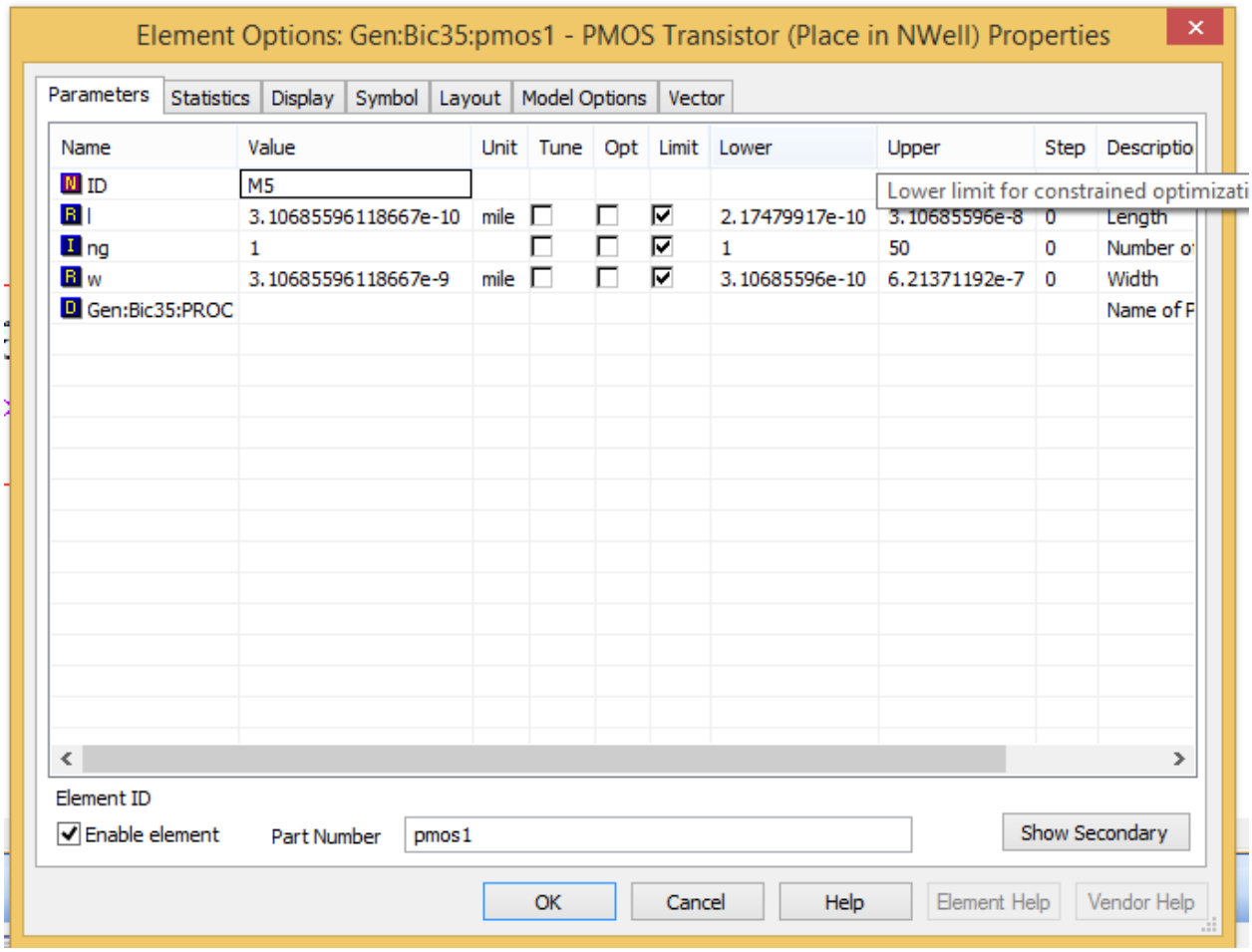
www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت‌های داخلی تقویت‌کننده عملیاتی:

برخلاف تقویت‌کننده عملیاتی ایده آل که مقاومت خروجی آن را صفر در نظر گرفتیم، تقویت‌کننده عملیاتی واقعی دارای یک مقاومت خروجی در حدود ۱۰۰ اهم است.(برای تقویت‌کننده‌های عملیاتی معمولی) البته در تقویت‌کننده‌هایی که با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی و مقاومت‌های خارجی ساخته می‌شوند مقاومت خروجی مدار از مقاومت خروجی تقویت‌کننده عملیاتی کمتر خواهد بود. در این حالت، مقاومت خروجی تقویت‌کننده عملیاتی در مدار نقش چندان مهمی ندارد و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. تأثیر قابل‌توجه این مقاومت در امپدانس خروجی مدار وقتی ظاهر می‌شود که محدودیت عرض باند را در نظر بگیریم.

مقادیر پارامترها طراحی داخلی آپ امپ:

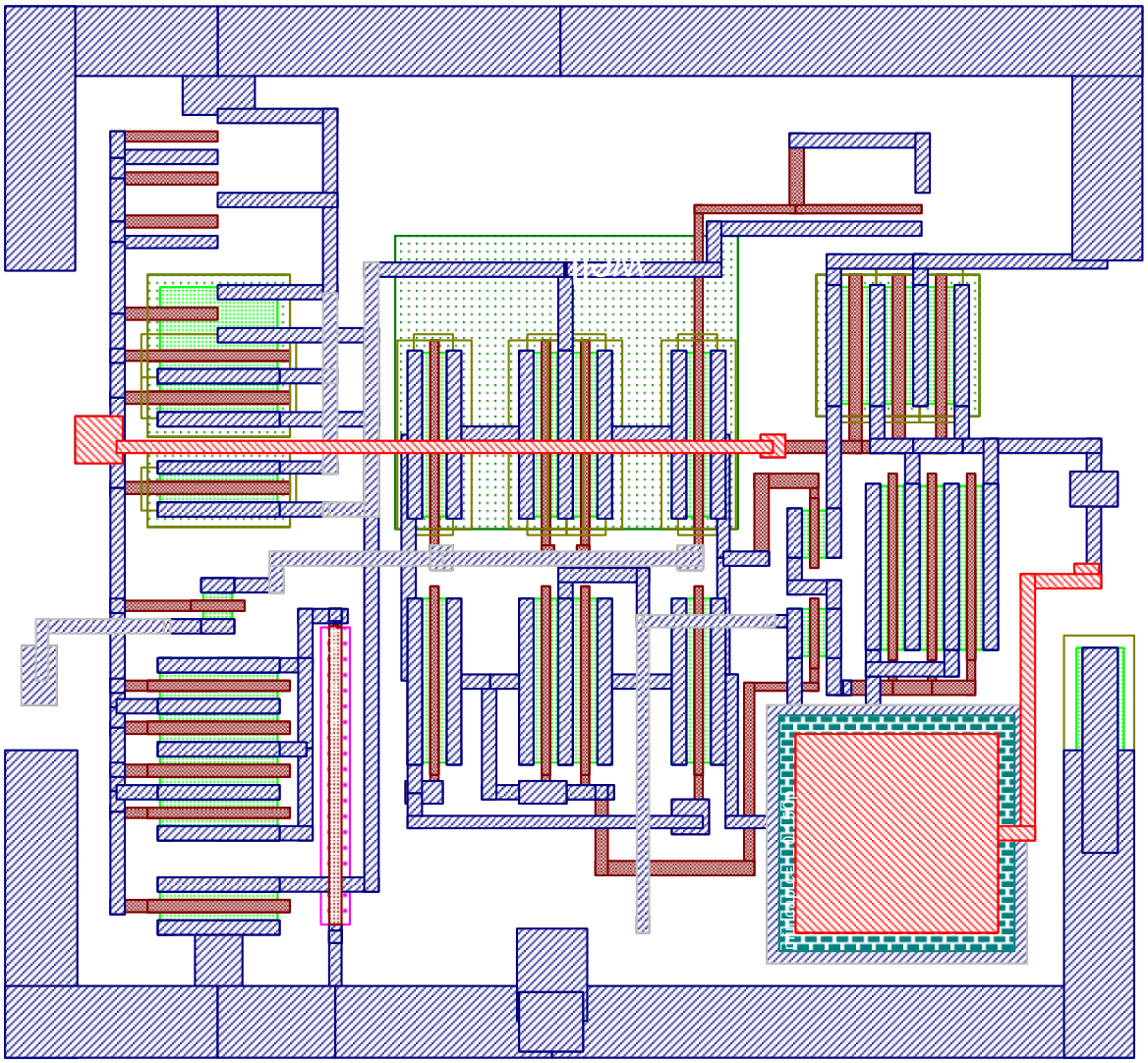





www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴-۶ جدول پارامترها بر اساس نرم افزار AWR



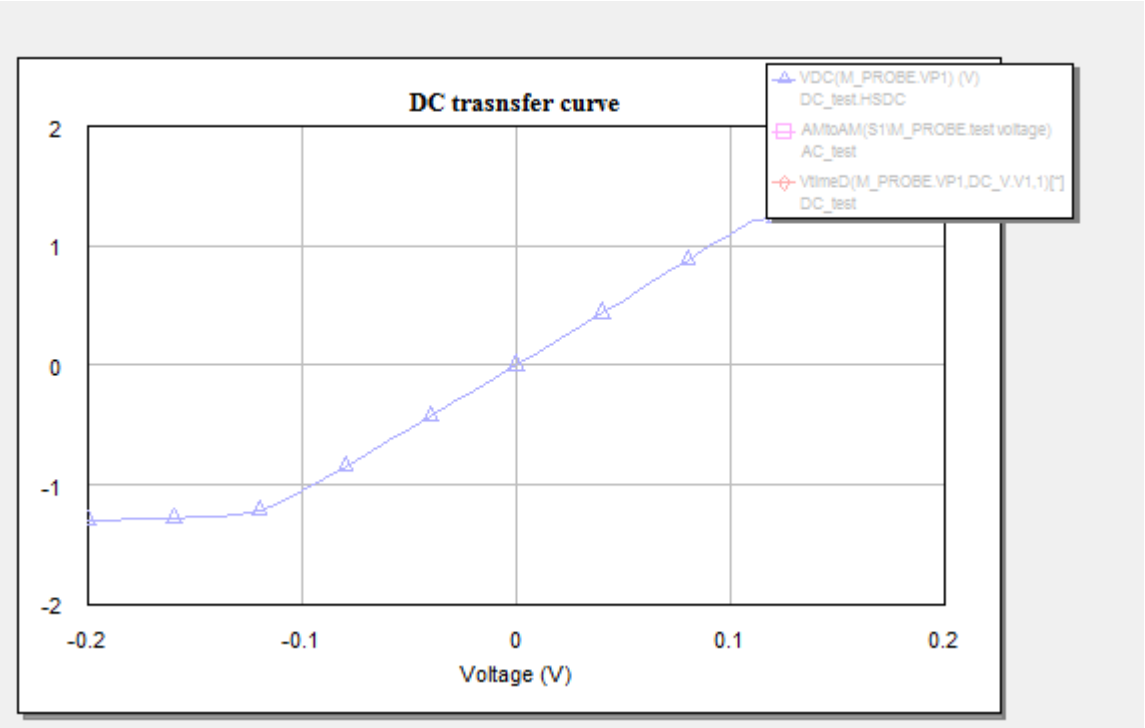
شکل ۳- مدار داخلی جهت ساخت آپ امپ موردنظر

اندازه برد مور نظر ۲٫۸ میلی‌متر نمایش داده‌شده است.



www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۴ نمایش ولتاژ DC آپ امپ موردنظر

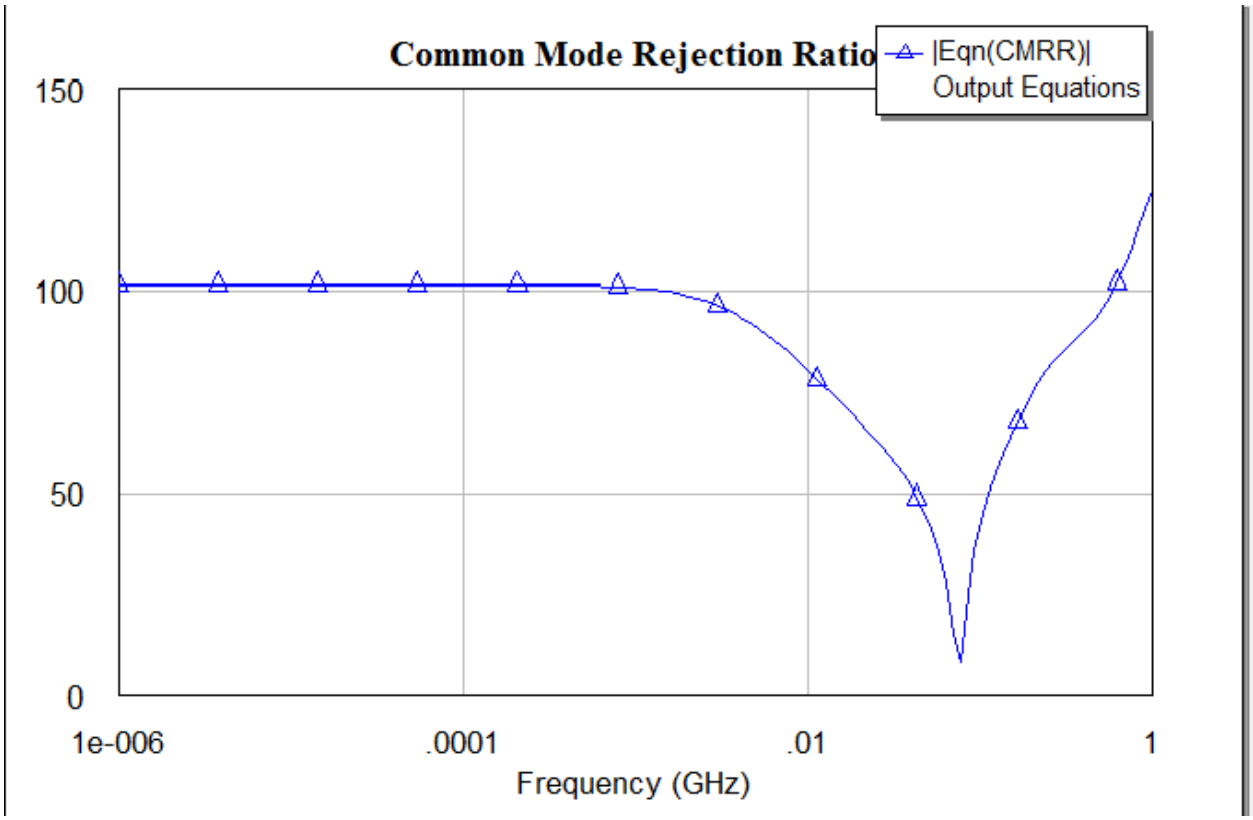
همان‌طور در شکل نمایش داده‌شده است. ولتاژ بین منفی ۱,۵ تا مثبت ۱,۵ کار می‌کند. که به‌خوبی نمودار فوق نمایش داده‌شده است.

.



www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۵- نمایش فرکانس آپ امپ موردنظر

عرض باند بهره واحد

در یک تقویت‌کننده عملیاتی واقعی، نه‌تنها بهره ولتاژ حلقه باز محدود است بلکه این مقدار نیز تا فرکانس حدود بین ۱۰ Hzتا ۱ KHzثابت است و پس‌ازآن کاهش می‌یابد. این کاهش به میزان ۲۰ dB/decبا افزایش فرکانس ادامه می‌یابد. عرض باند بهره واحد در تقویت‌کننده‌های عملیاتی معمولی حدود ۱ MHzاست. در تقویت‌کننده‌های عملیاتی سریع مقدار این پارامتر ممکن است به بیش از چند ده مگاهرتز نیز برسد.

## ۳. نتایج

MEMS یک تکنولوژی است ، که قادر به ساخت دسته‌ای از ساختارها، دیویس‌ها و سیستم‌های مکانیکی کوچک‌شده است. این تکنولوژی دارای تعدادی مزیت نسبت به تکنولوژی IC است. کاهش هزینه در ساخت ، ثبات دیویس به دیویس از تکنولوژی لیتوگرافی و پیشرفت نقش کلی آن‌ها در مقیاس پایین که به کاهش وزن و اندازه منجر می‌شود. بیشترین مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه مربوط به RF MEMS بوده است. که با بررسی‌های انجام‌شده در این رابطه نشان داده‌شده است که وجود است سوئیچ در اندازه MEMS دارای افزایش نقش و کاهش هزینه ساخت ایجاد کرده است. تجارت مدرن و به‌طوری ویژه ارتباطات دریای و کشتیرانی و خطوط اطلاعات امروزه از صنعت MEMS بهره می‌برند.سال‌های بسیاری است که در کشورهای بزرگ صنعتی استفاده از ربات در خط تولید مرسوم شده است. عمده‌ترین دلایل استفاده از این سیستم‌ها را می‌توان کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت محصول و تولید باکیفیت کار برای



www.SID.ir

Archive of SID

کارمندان و ایمنی و سلامت آن‌ها درنتیجه کاهش هزینه‌های درمان و سختی کار نیز از دیگر نتایج استفاده از این سیستم‌ها در خطوط تولید است. بنا به دلایل فوق و عنوان این پژوهش تصمیم گرفته شد در قسمت طراحی ربات‌های صنعتی با توجه به رشته کاری اینجانب طراحی یک قطعه مرتبط به‌صورت MEMS صورت گیرد و نتایج آن بررسی گردد. ابتدا در فصل دوم با بررسی صنعت ساخت و تکنولوژی MEMS به این نکته برداشت شد که کارهای انجام‌گرفته در داخل کشور درباره MEMS بیشتر درباره سوئیچ‌های الکترومکانیکی و شتاب سنج‌ها بوده است . و در گام بعدی در فصل سوم بررسی گردید که ربات‌های صنعتی همواره نیازمند بردهای الکترونیکی DC و AC است .به همین سبب جهت نوآوری و گامی جدید درباره رباتیک در کشور به شبیه‌سازی و طراحی مدار آپ امپ پرداخته شد. که نتایج گویا این است در صورت استفاده از این تکنولوژی در ربات‌های صنعتی همواره با نتایج درخشان MEMS در طراحی قطعات دیگر هم در بعد هزینه و هم در بعد کارای خواهیم بود.

## منابع


[1] . بهرامی محسن، قنبری علی (۱۳۸۵)، فناوری سیستمهای میکروالکترومکانیکی: ساختارهای فعلی و وضعیت آینده، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه امیر کبیر.

[2]. NEXUS (The Network of Excellence in Multifunctional Microsystems) Task Force, Market Analysis for Microsystems: 1996-2002, 1998, http://www.nexus-emsto.com.

[3]. System Planning Corporation (SPC), MicroElectromechanical Systems (MEMS): An SPC Study, 1994.

[4]. Battelle Institute, Micromechanics, Battelle Institute, Frankfurt am Main, 1992.

[5]. فرخ حجت کاشانی، جلیل راشد محصل، حبیب اله زلفخانی(۱۳۸٤)، تحلیل موجی کامل سوئیچ میکروالکترومکانیکی موازی بر روی موجبر هم صفحه، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ٤، آبان ماه

[6]. پریسا محمد علیپور بنام، علیرضا افسوس (۱۳۹۲)، مطالعه آلمان محدود رفتار ارتعاشی میکرو تیر چهار سر گیردار Mems برای حالت های متقارن و نامتقارن، موسسه بین المللی آموزشی و پرورشی خوارزمی، ۸م اسفند ماه

[7]. Introduction to Robotics, Vikram Kapila, Associate Professor, Mechanical Engineering.

[7]. محمد محجوب جهرمی، علی ابوالقاسمی آزاد (۱۳۸٤)، طراحی یک شتاب سنج MEMS، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ٦، اسفندماه ۱۳۸٤، از صفحه ۷٤٥ تا ۷٥۲.

[8]. جلیل بعیدیان جهرمی (۱۳۹۱)، حسگر خازنی فشار از گونه ی MEMS، ماهنامه صنعت هوشمند، سال ۱٥/ شماره ۱/ پیاپی/ ۱۳۱ اردیبهشت.




www.SID.ir