

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی نساجی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی تکنولوژی نساجی

به کارگیری روش نوین چاپ جوهر افشان جهت تولید مدارهای  
الکتریکی قابل کاربرد در تولید منسوجات هوشمند

استاد راهنما:

دکترسید منصور بیدکی

استاد مشاور:

دکتر عباسعلی حیدری

پژوهش و نگارش:

جواد نوری

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

زندگی صحنه‌ی یکتای هنرمندی ماست

هر کسی نغمه‌ی خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته به جاست

خرم آن نغمه که مردم بسیار ندیده‌اند

## تقدیم به

پدر عزیزم که گرمی دستانش، دیوار حمایتش و چراغ هدایتش را بیچگاه از من دریغ نکرد و مادر مهربانم که آغوش  
گرمش تنها پناهگاه و مسکن نوازشش تنها مرحم زخمهای زندگی من بود.

تقدیم به ایشان که از بزرگترین نعمت های پروردگارم برای من هستند و در تمامی مراحل زندگی همواره پشتیبان و  
تکیه گاه من بوده اند

## تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خدای را که انسان را آفرید، به او قوه تفکر و تعقل داد و او را سوی هدنی خاص هدایت فرمود.

بر خود لازم می دانم که از:

استاد ارجمند آقای دکتر سید منصور بیدکی (استاد راهنما) به خاطر راهنمایی های با ارزش و دلسوزی های بی وقفه ایشان در انجام به موقع این پروژه و آقای دکتر عباسعلی حیدری (استاد مشاور) به خاطر راهنمایی های علمی و علمی شان تشکر نمایم.

همچنین از:

- آقایان دکتر پدرام پیوندی و دکتر منصور نخلش که داور داخلی و خارجی این پایان نامه را بر عهده داشتند  
- از سرکار خانم مهندس زهرا ابدی و آقای مهندس سید محمد هاشم حکیمی که در تمامی مراحل انجام پروژه نهایت همکاری و همراهی را با من داشتند

- از سرکار خانم روغنی و خانم بورقاسمی کارشناسان محترم آزمایشگاه های دانشکده نساجی و آقای مهندس زارعین کارشناس آزمایشگاه های دانشکده برق به خاطر همکاری های بی دریغ شان تشکر نمایم.

بخطه های ناب همراهی دوستان عزیزم حامد شیرینی دارانی، علیرضا نفرزادگان، ایمان قاجری، محمد علی جعفری هرگز فراموشم نخواهد شد.

و از زحمات و دلسوزی های بی دریغ خانواده عزیزم بسیار تشکر می کنم.

## چکیده

در سالهای اخیر استفاده از تکنیک چاپ جوهر افشان جهت تولید مدارهای الکتریکی و الکترونیکی به دلیل دارا بودن خصوصیتی از قبیل کوتاه بودن زمان فرآیند، وضوح بالا، قیمت پایین و کم بودن میزان ضایعات در طول پروسه صنعتی افزایش چشمگیری داشته است. از آنجا که در روشهای مرسوم از فرآیندهای پرهزینه و زمان بری چون ماسک و اچ<sup>1</sup> کردن و یا چاپ نمودن توسط شابلون و یا پانچ کردن استفاده می شده است، روش چاپ جوهر افشان به عنوان یک روش افزایشی نوین در ساخت مدارهای الکترونیکی مورد توجه قرار گرفته است. اخیراً استفاده از محلول نیترات نقره و آسکوربیک اسید به عنوان جوهرهای چاپ جوهر افشان با توانایی ایجاد نانو ذرات نقره بر سطح بسترهای آبدوست به عنوان ساده ترین و اقتصادی ترین روش چاپ مدارهای الکترونیکی مطرح شده است. از جمله مزایای ایجاد المانهای الکتریکی بر روی زیر لایه هایی از جنس کاغذ و پارچه به انعطاف پذیری آنها مربوط می گردد بطوریکه این امر سبب می گردد تا بتوان مدار مدارهای الکترونیکی را به صورت ساندویچی در بسته های کوچکی جای داد.

از این رو در این کار تحقیقی، سعی شده است تا المانهای مداری ساده شامل مقاومت، خازن و سلف با به کار گیری تکنیک چاپ جوهر افشان و با استفاده از جوهر های چاپ، شامل یک ماده کاهنده (آسکوربیک اسید) و محلول نمک فلزی (نیترات نقره) بر روی بستر هایی از جنس کاغذ، پلاستیک و پارچه پیاده سازی گردد. نتایج مقایسه صورت گرفته نشان می دهد که المانهای ایجاد شده با استفاده از تکنیک چاپ جوهر افشان از عملکرد مشابهی در مقایسه با المانهای مداری رایج (المانهای سنتی) برخوردار می باشند. در ادامه با در نظر گرفتن المانهای مداری چاپ شده، یک مدار تشدید RLC طراحی شده و با استفاده از فن آوری چاپ جوهر افشانی بر روی بستری از جنس کاغذ چاپ گردید. آزمون الکتریکی صورت گرفته نشان دهنده شباهت عملکردی با مدارهای تشدید مرسوم بوده است.

---

<sup>1</sup> Etche

فصل اول

۲	.....	مقدمه
۶	.....	۱-۱ منسوجات هوشمند
۶	.....	۱-۱-۱ معرفی منسوجات هوشمند
۱۱	.....	۲-۱-۱ نحوه عملکرد منسوجات هوشمند
۱۱	.....	۱-۲-۱-۱ سنسورها
۱۲	.....	۱-۱-۲-۱-۱ سنسورهای غیر فعال
۱۲	.....	۲-۱-۲-۱-۱ سنسورهای موثر یا اکتیو
۱۴	.....	۲-۲-۱-۱ پردازشگرها
۱۴	.....	۳-۲-۱-۱ عمل کننده ها
۱۶	.....	۴-۲-۱-۱ انباره ها
۱۶	.....	۱-۴-۲-۱-۱ باتری پلیمری لیتیم
۱۷	.....	۲-۴-۲-۱-۱ سلول سوختی
۱۸	.....	۱-۲-۴-۲-۱-۱ طرز کار یک سلول سوختی نوع PEM
۱۹	.....	۲-۲-۴-۲-۱-۱ مزایا و معایب استفاده از پیل های سوختی
۲۰	.....	۵-۲-۱-۱ سیستم ارتباطی
۲۱	.....	۱-۵-۲-۱-۱ تیوب های نانو کربنی
۲۱	.....	۲-۵-۲-۱-۱ سیم های فلزی پیچ و خم دار
۲۱	.....	۳-۱-۱ تقسیم بندی منسوجات هوشمند با توجه به نوع مصرف آنها
۲۲	.....	۱-۳-۱-۱ منسوجات هوشمند قابل پوشش
۲۲	.....	۲-۳-۱-۱ منسوجات هوشمند غیر قابل پوشش
۲۳	.....	۲-۱ خلاصه ی از جدیدترین دستاوردها در زمینه ی منسوجات هوشمند
۲۴	.....	۱-۲-۱ کاربرد منسوجات هوشمند در علم پزشکی
۲۴	.....	۱-۱-۲-۱ پارچه Coolmax
۲۵	.....	۲-۱-۲-۱ پارچه Innova
۲۵	.....	۳-۱-۲-۱ پارچه X- Static
۲۵	.....	۴-۱-۲-۱ پارچه Akwatek polyester
۲۵	.....	۵-۱-۲-۱ لباس هوشمند برای افراد دارای معلولیت جسمانی
۲۶	.....	۶-۱-۲-۱ لباس هوشمندی برای کنترل عملکرد قلبی- تنفسی

- ۲۶-۱-۲-۱ لباس خواب هوشمند با قابلیت خارش زدایی و تنظیم دمای بدن اختراع شد ..... ۲۶
- ۲۷-۱-۲-۱ لباس هوشمند تهیه شده توسط کمپانی Sensatex ..... ۲۷
- ۲۸-۱-۲-۱ مادربورد قابل پوشش ..... ۲۸
- ۲۹-۱-۲-۱ Lifeshirt تهیه شده توسط شرکت Vivometrics Inc ..... ۲۹
- ۳۰-۱-۲-۱ تی شرت VTAM ..... ۳۰
- ۳۰-۱-۲-۱ لباس هوشمند برای کودکان ..... ۳۰
- ۳۱-۱-۲-۱ UTEC Smart ..... ۳۱
- ۳۲-۱-۲-۱ منسوج هوشمند شرکت (UTE ETH of Zurich Switzerland) ..... ۳۲
- ۳۲-۱-۲-۱ تولید منسوج هوشمند با استفاده از الیاف نوری ..... ۳۲
- ۳۲-۲-۱ کاربرد منسوجات هوشمند در زمینه نظامی-امدادی ..... ۳۲
- ۳۳-۱-۲-۱ لباس ارتش آمریکا هوشمند می شود ..... ۳۳
- ۳۳-۲-۲-۱ لباسی برای استتار سربازان ..... ۳۳
- ۳۴-۱-۲-۱ لباس ویژه ارسال اطلاعات در آتش سوزی ها ..... ۳۴
- ۳۴-۲-۱ کاربرد عمومی منسوجات هوشمند ..... ۳۴
- ۳۴-۱-۳-۲-۱ پوشاک درخشان لومینکس ..... ۳۴
- ۳۶-۲-۳-۲-۱ استفاده از فن آوری نانو در طراحی منسوجات هوشمند ..... ۳۶
- ۳۷-۳-۳-۲-۱ پارچه Gore Tex ..... ۳۷
- ۳۸-۳-۳-۲-۱ کاپشنی که موبایل شما را شارژ می کند ..... ۳۸
- ۳۸-۳-۳-۲-۱ ساخت لباس هوشمندی که آهنگ می نوازد ..... ۳۸
- ۳۹-۳-۳-۲-۱ مانیتورهای انعطاف پذیر ..... ۳۹
- ۴۰-۳-۳-۲-۱ کیبورد های پارچه ای ..... ۴۰
- ۴۱-۳-۳-۲-۱ کیبوردهای مستقل ..... ۴۱
- ۴۲-۳-۳-۲-۱ کیبوردهای نصب شده بروی لباس ..... ۴۲
- ۴۲-۳-۳-۲-۱ کیبوردهای نصب شده بروی منسوجاتی با مصارف غیر پوشاکی ..... ۴۲
- ۴۳-۳-۳-۲-۱ راههای ایجاد حسگرهای فشار به عنوان بستر کیبوردهای پارچه ای ..... ۴۳
- ۴۳-۳-۳-۲-۱ حسگر فشار تک لایه ای ..... ۴۳
- ۴۳-۳-۳-۲-۱ حسگر فشار چند لایه ای ..... ۴۳
- ۴۴-۳-۳-۲-۱ لباس مجهز به سیستم جی پی اس ..... ۴۴
- ۴۴-۳-۳-۲-۱ پوشش مدی، راحت و اسپرت هوشمند ..... ۴۴
- ۴۶-۳-۳-۲-۱ لباس کار هوشمند با ضریب ایمنی بالا و قابلیت های ارتباطی ..... ۴۶
- ۴۷-۳-۳-۲-۱ کاربرد منسوجات هوشمند در ورزش ..... ۴۷
- ۴۸-۳-۳-۲-۱ لباسی هوشمند برای جلوگیری از گرفتگی ماهیچه ها در هنگام ورزش ..... ۴۸

- ۴۸..... ۵-۲-۱ کاربرد منسوجات هوشمند در مد و رنگ لباس
- ۴۹..... ۳-۱ راههای تولید منسوجات هوشمند
- ۵۰..... ۱-۳-۱ بافندگی
- ۵۰..... ۲-۳-۱ دوخت
- ۵۱..... ۳-۳-۱ چاپ
- ۵۳..... ۴-۱ تکنیک چاپ جوهر افشان
- ۵۳..... ۱-۴-۱ روشهای مختلف چاپ منسوجات
- ۵۳..... ۱-۱-۴-۱ ماشین چاپ اسکرین تخت
- ۵۴..... ۲-۱-۴-۱ ماشین چاپ غلتکی
- ۵۵..... ۳-۱-۴-۱ ماشین چاپ اسکرین روتاری (چرخشی)
- ۵۶..... ۴-۱-۴-۱ ماشین چاپ جوهر افشان
- ۵۶..... ۲-۴-۱ فن آوری چاپ جوهر افشان
- ۵۷..... ۱-۲-۴-۱ چگونگی فن آوری جوهر افشان برای چاپ منسوجات
- ۵۸..... ۱-۱-۲-۴-۱ چاپ جوهر افشان به دلخواه
- ۵۹..... ۲-۱-۲-۴-۱ چاپ جوهرافشان پیوسته
- ۶۰..... ۲-۲-۴-۱ ساختار ترکیبی جوهر
- ۶۱..... ۳-۲-۴-۱ برتری‌ها و عیب‌های چاپ جوهرافشان
- ۶۱..... ۱-۳-۲-۴-۱ برتری‌های چاپ جوهر افشان
- ۶۲..... ۲-۳-۲-۴-۱ عیب‌های چاپ جوهرافشان
- ۶۲..... ۳-۴-۱ روش های استحصال ترکیبات فلزی رسانا روی منسوج
- ۶۲..... ۱-۳-۴-۱ اسپری کردن
- ۶۲..... ۲-۳-۴-۱ به کارگیری خمیر چاپ حاوی نانو ذرات فلزی به روش چاپ شابلونی
- ۶۳..... ۳-۳-۴-۱ روش Electroless Plating
- ۶۳..... ۴-۳-۴-۱ استفاده از جوهرهای حاوی نانو ذرات فلزی در چاپگر جوهرافشان
- ۶۳..... ۴-۴-۱ استحصال ترکیبات فلزی توسط چاپ جوهرافشان
- ۶۴..... ۱-۴-۴-۱ دلایل استفاده از چاپ جوهر افشان
- ۶۵..... ۲-۴-۴-۱ نیترات نقره به عنوان نمک فلزی
- ۶۷..... ۱-۲-۴-۴-۱ خواص کلی نقره
- ۶۸..... ۲-۲-۴-۴-۱ موارد مصرف و کاربرد نقره
- ۶۹..... ۳-۲-۴-۴-۱ استحصال شیمیایی فلز نقره
- ۷۰..... ۳-۴-۴-۱ آسکوربیک اسید به عنوان احیا کننده
- ۷۱..... ۱-۳-۴-۴-۱ اسیدپته

- ۷۳..... ۲-۳-۴-۴-۱ خصوصیات
- ۷۳..... ۳-۳-۴-۴-۱ فرآیند احیا به وسیله آسکوربیک اسید
- ۷۴..... ۵-۴-۱ الکترونیک چاپی
- ۷۴..... ۱-۵-۴-۱ روشهای مورد استفاده برای چاپ جوهر افشان ابزار الکتریکی چاپی
- ۷۴..... ۲-۵-۴-۱ مقایسه تکنیک چاپ جوهر افشان با سایر تکنولوژی های چاپ مورد استفاده جهت تولید ابزار الکتریکی
- ۷۶..... ۳-۵-۴-۱ تکنولوژی های مورد استفاده جهت چاپ جوهر افشان ابزار الکترونیکی
- ۷۶..... ۱-۳-۵-۴-۱ تکنولوژی نانو
- ۷۶..... ۲-۳-۵-۴-۱ پلیمرهای رسانا
- ۷۷..... ۳-۳-۵-۴-۱ توسعه چاپ جوهر افشان
- ۷۸..... ۵-۱ مروری بر کارهای انجام گرفته

## فصل دوم

- ۹۱..... ۱-۲ مواد و تجهیزات مورد استفاده
- ۹۱..... ۱-۱-۲ مواد مورد استفاده
- ۹۱..... ۱-۱-۱-۲ نیترا نقره
- ۹۱..... ۲-۱-۱-۲ آسکوربیک اسید
- ۹۲..... ۳-۱-۱-۲ هیدروکسید سدیم
- ۹۲..... ۴-۱-۱-۲ آب دو بار تقطیر
- ۹۳..... ۵-۱-۱-۲ پلی ونیل الکل
- ۹۳..... ۶-۱-۱-۲ پارافین
- ۹۳..... ۲-۱-۲ وسایل و تجهیزات مورد استفاده
- ۹۳..... ۱-۲-۱-۲ کامپیوتر
- ۹۳..... ۲-۲-۱-۲ چاپگر جوهر افشان
- ۹۴..... ۳-۲-۱-۲ کارت ریج
- ۹۵..... ۴-۲-۱-۲ زیر لایه های مورد استفاده برای انجام فرآیند چاپ
- ۹۶..... ۵-۲-۱-۲ حمام اولتراسونیک
- ۹۷..... ۶-۲-۱-۲ اتوی پرسی
- ۹۷..... ۷-۲-۱-۲ دستگاه چهار الکترو تماسی
- ۱۰۰..... ۸-۲-۱-۲ دستگاه ال سی متر (RLC)
- ۱۰۲..... ۲-۲ افزایش رسانایی طرحهای چاپ شده
- ۱۰۲..... ۱-۲-۲ افزایش رسانایی طرح های چاپ شده بر روی زیر لایه کاغذ A4

- ۱۰۲-۲-۱-۱ بررسی تاثیر غلظت محلولها بر روی رسانایی طرح ها.....
- ۱۰۵-۲-۱-۲ تاثیر ترتیب و تعداد دفعات چاپ بر روی رسانایی طرح ها.....
- ۱۰۸-۲-۱-۳ بررسی تاثیر حرارت (بصورت مداوم) بر روی رسانایی طرح ها .....
- ۱۱۰-۲-۱-۴ تعیین مدت زمان بهینه حرارت دهی .....
- ۱۱۲-۲-۱-۶ بررسی تاثیر شستشو بر رسانایی طرح ها .....
- ۱۱۴-۲-۱-۷ بررسی میزان تاثیر چروک طرح های چاپ شده بر رسانایی طرحها .....
- ۱۱۶-۲-۱-۸ بررسی قابلیت انعطاف پذیری طرح های چاپ شده به روش جوهر افشانی.....
- ۱۱۷-۲-۲ افزایش رسانایی طرح های چاپ شده بر روی زیر لایه پاستیک (PET فیلم).....
- ۱۲۰-۲-۳ افزایش رسانایی طرح های چاپ شده بر بستری از جنس پارچه .....
- ۱۲۳-۲-۳-۱ بررسی تاثیر Coating بر روی رسانایی طرح های ایجاد شده بر روی پارچه .....
- ۱۲۵-۲-۳-۳ ایجاد اجزای مداری با به کارگیری تکنیک چاپ جوهر افشان .....
- ۱۲۶-۲-۳-۱ مقاومت .....
- ۱۲۷-۲-۳-۲ خازن .....
- ۱۲۷-۲-۳-۱ تعریف خازن .....
- ۱۲۸-۲-۳-۲ ظرفیت خازن .....
- ۱۲۸-۲-۳-۳ انواع خازن .....
- ۱۲۹-۲-۳-۴ اندازه گیری ظرفیت خازن .....
- ۱۳۰-۲-۳-۵ دستگاه اندازه گیری ظرفیت خازن .....
- ۱۳۲-۲-۳-۶ خازن یک رو (اینتردیجیتال) .....
- ۱۳۵-۲-۳-۷ بررسی تاثیر فاصله ی بین نوارهای خازن بر ظرفیت خازنهای چاپ شده .....
- ۱۳۶-۲-۳-۸ بررسی تاثیر عرض نوارهای خازنی بر روی ظرفیت خازن ها .....
- ۱۳۷-۲-۳-۹ بررسی تاثیر طول نوارها بر ظرفیت خازن ها .....
- ۱۳۹-۲-۳-۱۰ خازن صفحات موازی (پشت و رو) .....
- ۱۴۱-۲-۳-۱۰-۱ دی الکتریک .....
- ۱۴۲-۲-۳-۱۰-۲ قدرت مقاومت دی الکتریک .....
- ۱۴۲-۲-۳-۱۰-۳ کاربرد مواد عایق به عنوان دی الکتریک در خازنها .....
- ۱۴۷-۳-۳-۳ سلف(القاگر) .....
- ۱۵۲-۲-۳-۱-۱ اندازه گیری اندوکتانس در مدار RL .....
- ۱۵۵-۳-۳-۴ برخی از موارد کاربرد المانهای مداری ایجاد شده با تکنیک چاپ جوهر افشان .....
- ۱۵۵-۳-۴-۱ استفاده از الکتروود به عنوان کانال انتقال .....
- ۱۵۶-۳-۴-۲ آزمایش روشن نمودن LED.....
- ۱۵۷-۳-۴-۳ راه اندازی موتور DC کوچک .....

۱۵۸.....	۴-۴-۳-۲ به کارگیری خازن‌ها در ساخت فیلتر
۱۵۹.....	۵-۴-۳-۲ فرکانس قطع فیلتر
۱۶۱.....	۴-۲ ایجاد مدار الکتریکی RLC با کمک تکنیک چاپ جوهر افشان
۱۶۲.....	۱-۴-۲ پیاده سازی مدار RLC بر روی کاغذ
۱۶۶.....	۲-۴-۲ بررسی رفتار مدار RLC در حوالی فرکانس تشدید
۱۶۷.....	۳-۴-۲ کاربرد های مدار RLC

### فصل سوم

۱۷۱ .....	نتیجه گیری
۱۷۴.....	پیشنهادات
۱۷۵.....	منابع و مأخذ

فصل اول

- جدول ۱-۱- سنسورهای غیر فعال ..... ۱۳
- جدول ۲-۱- سنسور های موثر یا اکتیو ..... ۱۳
- جدول ۳-۱- برخی از فعال عمل گر ها ..... ۱۵
- جدول ۴-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آسکوربیک اسید ..... ۷۱

فصل دوم

- جدول ۱-۲- بررسی تاثیر غلظت محلولها بر مقاومت طرح ها ..... ۱۰۳
- جدول ۲-۲- بررسی تاثیر غلظت محلولها(آسکوربیک اسید ۲۰٪ و نیترات نقره ۳۳,۵٪) بر روی رسانی طرح ها ..... ۱۰۴
- جدول ۳-۲- بررسی تاثیر غلظت محلولها(آسکوربیک اسید ۲۵٪ و نیترات نقره ۴۱,۸۷٪) بر روی رسانی طرح ها ..... ۱۰۴
- جدول ۴-۲- بررسی تاثیر غلظت محلولها(آسکوربیک اسید ۳۰٪ و نیترات نقره ۵۰,۲۵٪) بر روی رسانی طرح ها ..... ۱۰۴
- جدول ۵-۲- اثر ترتیب و تعداد دفعات چاپ بر میزان رسانی طرح ها ..... ۱۰۶
- جدول ۶-۲- بررسی تاثیر حرارت(بصورت مداوم) بر مقاومت طرح ها ..... ۱۰۹
- جدول ۷-۲- بررسی تاثیر حرارت(بصورت مداوم) بر روی رسانی طرح ها ..... ۱۰۹
- جدول ۸-۲- بررسی تاثیر مدت زمان حرارت دهی بر مقاومت طرح ها ..... ۱۱۱
- جدول ۹-۲- بررسی تاثیر مدت زمان حرارت دهی بر رسانی طرح ها در بازه زمانی ۵ ثانیه اول، دوم و سوم ..... ۱۱۲
- جدول ۱۰-۲- بررسی تاثیر مدت زمان حرارت دهی بر رسانی طرح ها در بازه زمانی ۵ ثانیه چهارم و پنجم ..... ۱۱۲
- جدول ۱۱-۲- بررسی تاثیر شستشو بر مقاومت طرح ها ..... ۱۱۴
- جدول ۱۲-۲- بررسی تاثیر شستشو بر روی رسانی طرح ها ..... ۱۱۴
- جدول ۱۳-۲- بررسی تاثیر مچاله شدن بر مقاومت طرح ها ..... ۱۱۵
- جدول ۱۴-۲- بررسی تاثیر مچاله شدن بر رسانی طرح ها ..... ۱۱۵
- جدول ۱۵-۲- بررسی مقاومت اهمی طرح های چاپ شده با ترتیب چاپ AAAAGG بر پلاستیک (فیلم PET) ..... ۱۱۸

جدول ۲-۱۶- بررسی رسانایی طرح های چاپ شده با ترتیب چاپ AAAAGG بر پلاستیک (فیلم PET).....	۱۱۸
جدول ۲-۱۷- بررسی مقاومت اهمی طرح های چاپ شده با تعداد دفعات چاپ AAAAGGAAAAGG بر پلاستیک (فیلم PET).....	۱۱۹
جدول ۲-۱۸- بررسی رسانایی طرح های چاپ شده با تعداد دفعات چاپ AAAAGGAAAAGG بر پلاستیک (فیلم PET).....	۱۱۹
جدول ۲-۱۹- بررسی رسانایی طرح های چاپ شده بر پارچه با جنس های مختلف.....	۱۲۱
جدول ۲-۲۰- بررسی تاثیر پوشش دهی پارچه بر رسانایی طرح های ایجاد شده.....	۱۲۴
جدول ۲-۲۱- داده های حاصله برای المان مقاومت چاپ شده بر روی بسترهای مختلف.....	۱۲۶
جدول ۲-۲۲- بررسی تاثیر فاصله ی نوارهای خازن بر روی ظرفیت خازنی.....	۱۳۵
جدول ۲-۲۳- بررسی تاثیر عرض نوارهای خازنی بر روی ظرفیت خازن ها.....	۱۳۶
جدول ۲-۲۴- داده های حاصل از انجام آزمون تعیین ظرفیت برای خازن های مختلف.....	۱۴۰
جدول ۲-۲۵- ضریب دی الکتریک برخی از مواد.....	۱۴۴
جدول ۲-۲۶- داده های حاصل از انجام آزمون تعیین ظرفیت برای خازن های پشت و رو چاپ شده بر روی زیر لایه های متفاوت.....	۱۴۶
جدول ۲-۲۷- مشاهدات جریان عبوری از الکتروهایی با جنس های مختلف (کاغذ، فیلم و پارچه).....	۱۵۷

## فهرست نمودارها

صفحه

عنوان

### فصل اول

نمودار ۱-۱- تغییرات مقاومت خطوط چاپ شده در حین چین خوردگی با در نظر داشتن تعداد دفعات چاپ ..... ۸۷

### فصل دوم

نمودار ۱-۲- تاثیر حرارت بر روی مقاومت نمونه ها ..... ۱۱۰  
نمودار ۲-۲- پاسخ پله ای مدار ..... ۱۳۰

فصل اول

- شکل ۱-۱- نمونه ای از سنسور به کار رفته در منسوج هوشمند ..... ۱۴
- شکل ۲-۱- نمونه ای از عمل گر ساخته شده توسط کمپانی سانانا ..... ۱۶
- شکل ۳-۱- الیاف پلیمری عمل گر رسانا ..... ۱۶
- شکل ۴-۱- نمایی از یک باتری یونی لیتیم ..... ۱۷
- شکل ۵-۱- طرز کار یک سلول سوختی نوع PEM ..... ۱۹
- شکل ۶-۱- نانو سلولهای سوختی ایجاد شده بر روی پارچه ..... ۱۹
- شکل ۷-۱- تولید الکتریسیته از حرارت بدن ..... ۲۰
- شکل ۸-۱- نمونه هایی از سیم های ارگانزای بافته شده ..... ۲۱
- شکل ۹-۱- Smart shirt (منسوج تهیه شده توسط شرکت Sensatex) ..... ۲۷
- شکل ۱۰-۱- Smart shirt (منسوج تهیه شده توسط شرکت Sensatex) ..... ۲۸
- شکل ۱۱-۱- مادر بورد قابل پوشیدن با کاربردهای متنوع ..... ۲۹
- شکل ۱۲-۱- Life shirt ، منسوج تهیه شده توسط Viometrics ..... ۲۹
- شکل ۱۳-۱- تی شرت مجهز به سنسور، تهیه شده در پروژه VTAM ..... ۳۰
- شکل ۱۴-۱- Mamgoose pajama منسوج تهیه شده توسط Verhatert ..... ۳۱
- شکل ۱-۱۵- منسوج مجهز به سنسور متعلق به گروه UTEC ..... ۳۱
- شکل ۱-۱۶- آستین مجهز به سنسور (UTEC . co) ..... ۳۲
- شکل ۱-۱۷- نمونه ای از لباس نامرئی کننده ..... ۳۳
- شکل ۱-۱۸- لباس هوشمند برای آتش نشان ها ..... ۳۵
- شکل ۱-۱۹- یکی از موارد استفاده منسوج هوشمند تهیه شده توسط شرکت لومینکس ..... ۳۶
- شکل ۱-۲۰- کاپشنی که موبایل را شارژ می کند ..... ۳۸
- شکل ۱-۲۱- بالشت مجهز به سیستم SMS ..... ۴۰
- شکل ۱-۲۲- مانیتور های پوشیدنی ..... ۴۰
- شکل ۱-۲۳- کیبوردهای مستقل ..... ۴۱
- شکل ۱-۲۴- کیبورد نصب شده بروی لباس ..... ۴۲
- شکل ۱-۲۵- کیبوردهای نصب شده بروی پارچه هایی با مصارف غیر پوشاکی ..... ۴۳
- شکل ۱-۲۶- ساختار کیبورد با یک زیر لایه ..... ۴۳
- شکل ۱-۲۷- ساختار کیبورد با چند زیر لایه ..... ۴۴
- شکل ۱-۲۸- لباس مجهز به سیستم جی پی اس ..... ۴۵

- شکل ۱-۲۹- ژاکت مجهز به Mp3 Player و Bluetooth ..... ۴۶
- شکل ۱-۳۰- لباس کار مجهز به Hands Free ..... ۴۷
- شکل ۱-۳۱- کاربرد منسوجات هوشمند در مد و رنگ لباس ..... ۴۹
- شکل ۱-۳۲- ایجاد منسوج هوشمند از طریق بافت ..... ۵۰
- شکل ۱-۳۳- ایجاد منسوج هوشمند از طریق دوخت و گلدوزی ..... ۵۱
- شکل ۱-۳۴- تولید منسوج هوشمند از طریق چاپ ..... ۵۲
- شکل ۱-۳۵- چاپ جوهر افشان قطره به دلخواه ..... ۵۸
- شکل ۱-۳۶- یک حسگر بر پایه پیزو الکتریک ..... ۵۸
- شکل ۱-۳۷- چاپ جوهر افشان پیوسته ..... ۵۹
- شکل ۱-۳۸- چاپ نقره بر روی زیرلایه Kapton (نوعی پلاستیک) ..... ۶۵
- شکل ۱-۳۹- ساختار آسکوربیک اسید ..... ۷۱
- شکل ۱-۴۰- دی پروتونه شدن آسکوربیک اسید ..... ۷۲
- شکل ۱-۴۱- تاتومریسم آسکوربیک اسید ..... ۷۲
- شکل ۱-۴۲- واکنش آسکوربیک اسید و یون مس ..... ۷۳
- شکل ۱-۴۳- لایه بندی مواد چاپی و ایجاد ساختار 3D با استفاده از روش جوهرافشانی ..... ۷۵
- شکل ۱-۴۴- روش های افزودن مواد به سطح زیر لایه در تکنیک چاپ جوهر افشان ..... ۷۶
- شکل ۱-۴۵- استفاده از نانو ذرات در تکنیک چاپ جوهر افشان جهت ایجاد لایه فلزی ..... ۷۷
- شکل ۱-۴۶- اجزاء الکترونیکی چاپ شده با استفاده از تکنیک چاپ جوهر افشان ..... ۷۷
- شکل ۱-۴۷- ساختار خازن ها و مدار ایجاد شده با استفاده از پلیمرهای رسانا ..... ۸۵
- شکل ۱-۴۸- تصویر از یک نوع برچسب RFID ..... ۸۶
- شکل ۱-۴۹- تصویری از خطوط CPW ایجاد شده یا تکنیک چاپ جوهرافشان ..... ۸۸
- شکل ۱-۵۰- تصویری از مدار مایکروویو ایجاد شده یا تکنیک چاپ جوهرافشان ..... ۸۹

## فصل دوم

- شکل ۲-۱- تصویری از نیترات نقره مورد استفاده در این پروژه ..... ۹۱
- شکل ۲-۲- تصویری از آسکوربیک اسید مورد استفاده ..... ۹۲
- شکل ۲-۳- تصویری از تجهیزات مورد نیاز برای انجام عملیات چاپ ..... ۹۴
- شکل ۲-۴- چاپگر جوهر افشان Apollo 1200 ..... ۹۴
- شکل ۲-۵- تصویری از کارتریج رنگی باز شده ..... ۹۵
- شکل ۲-۶- تصویری از کارتریج مشکی باز شده ..... ۹۶
- شکل ۲-۷- تصویری از حمام اولتراسونیک برای شستشوی کارتریج ها ..... ۹۷
- شکل ۲-۸- نمایی از دستگاه چهار الکترود تماسی (Four Point Probe) ..... ۹۷

- شکل ۲-۹- نمایی شماتیک دستگاه چهار الکتروود تماسی (Four Point Probe) ..... ۹۸
- شکل ۲-۱۰- نمایی از مدار ایجاد شده برای انجام تست رسانایی طرح ها ..... ۱۰۰
- شکل ۲-۱۱- نمای برقی مدار به کار رفته برای انجام تست رسانایی ..... ۱۰۲
- شکل ۲-۱۲- تصویری از آل سی متر مورد استفاده ..... ۱۰۵
- شکل ۲-۱۳- طرح چاپ شده با غلظت بهینه محلولها و تعداد دفعات چاپ AAAAGG ..... ۱۰۷
- شکل ۲-۱۴- تصویری از چاپ یک بار اسید آسکوربیک(الف) و یک بار نیترات نقره (ب) ..... ۱۱۰
- شکل ۲-۱۵- طرح هایی به شکل الکتروود برای انجام تست حرارت ..... ۹۱
- شکل ۲-۱۶- محلول شستشوی خارج شده از طرح ها بوسیله ی آب مقطر ..... ۱۱۳
- شکل ۲-۱۷- تصویری از تست خمش صورت گرفته بر روی الکتروودها ..... ۱۱۷
- شکل ۲-۱۸- تصویری از چاپ جوهر افشان بر روی فیلم PET ..... ۱۲۰
- شکل ۲-۱۹- تصویری از چاپ جوهر افشان بر پارچه ویسکوز ..... ۱۲۲
- شکل ۲-۲۰- تصویری از چاپ جوهر افشان بر پارچه پلی استر ..... ۱۲۲
- شکل ۲-۲۱- تصویری از چاپ جوهر افشان بر پارچه پنبه ..... ۱۲۲
- شکل ۲-۲۲- تصویری از چاپ جوهر افشان بر پارچه پنبه پلی استر ..... ۱۲۲
- شکل ۲-۲۳- المان مقاومت ایجاد شده بر زیر لایه های مختلف (به ترتیب از بالا کاغذ، پارچه و فیلم PET) ..... ۱۲۷
- شکل ۲-۲۴- تصویر یک خازن مسطح قرار گرفته در یک مدار ..... ۱۲۹
- شکل ۲-۲۵- یک مدار فرضی برای نشان دادن نحوه اندازه گیری ظرفیت خازن ها ..... ۱۲۹
- شکل ۲-۲۶- تصویر از یک خازن اینتر دیجیتال ..... ۱۳۲
- شکل ۲-۲۷- مدل معادل یک خازن اینتر دیجیتال با چهار انگشت ..... ۱۳۳
- شکل ۲-۲۸- مدل نهایی خازن اینتر دیجیتال ..... ۱۳۳
- شکل ۲-۲۹- تصویری از یک خازن اینتر دیجیتال چاپ شده با تکنیک چاپ جوهر افشانی ..... ۱۳۴
- شکل ۲-۳۰- خازن های ایجاد شده به شکل دو نوار کنار هم با فواصل مختلف ..... ۱۳۶
- شکل ۲-۳۱- تصویری از خازن مارپیچ دایره ای طراحی شده ..... ۱۳۷
- شکل ۲-۳۲- تصویری از خازن نواری طراحی شده به صورت مارپیچ دایره ای ..... ۱۳۷
- شکل ۲-۳۳- تصویری از خازن نواری طراحی شده به صورت مارپیچ مستطیلی ..... ۱۳۸
- شکل ۲-۳۴- معادل مداری خازن نواری ساخته شده ..... ۱۳۸
- شکل ۲-۳۵- خازن ایجاد شده از طریق چاپ طرح های مربعی شکل در پشت و روی کاغذ ..... ۱۴۰
- شکل ۲-۳۶- خازن ایجاد شده از طریق چسباندن دو صفحه کاغذ که پشت آنها به روغن پارافین آغشته شده است ..... ۱۴۵

- شکل ۲-۳۷- خازن پشت وروی چاپ شده بر روی زیر لایه ای از جنس فیلم PET ..... ۱۴۶
- شکل ۲-۳۸- خازن پشت وروی چاپ شده بر روی زیر لایه ای از جنس پارچه پلی استر ..... ۱۴۶
- شکل ۲-۳۹- تصویر یک سیم پیچ مسطح ..... ۱۴۸
- شکل ۲-۴۰- تصویری از یک سلف مسطح مارپیچ دایروی ..... ۱۴۹
- شکل ۲-۴۱- تصویری از یک سلف مسطح مارپیچ مستطیلی ..... ۱۴۹
- شکل ۲-۴۲- مدار معادل سلف مسطح ..... ۱۵۰
- شکل ۲-۴۳- تصویری از برد مسی سلفی به شکل مارپیچ مستطیلی ..... ۱۵۱
- شکل ۲-۴۴- تصویری از برد مسی سلفی به شکل مارپیچ دایره ای ..... ۱۵۱
- شکل ۲-۴۵- نمای مدار معادل RL شامل یک سلف با مقاومت نسبتاً بالا ..... ۱۵۳
- شکل ۲-۴۶- تصویر نهایی سلف ایجاد شده با استفاده از تکنیک چاپ جوهر افشان ..... ۱۵۴
- شکل ۲-۴۷- تصویری از روشن شدن LED لیزری توسط یک باتری ۹ ولتی و صفحات رسانا .. ۱۵۶
- شکل ۲-۴۸- مدار به کار رفته برای اندازه گیری جریان عبوری ..... ۱۵۷
- شکل ۲-۴۹- عبور جریان ۲۲۰ میلی آمپری از الکتروود از جنس فیلم ..... ۱۵۸
- شکل ۲-۵۰- نمایی از یک فیلتر بالاگذر مرتبه اول RC ..... ۱۶۰
- شکل ۲-۵۱- نمای شماتیک یک مدار RLC ..... ۱۶۱
- شکل ۲-۵۲- نمای روی مدار RLC طراحی شده به صورت سری ..... ۱۶۳
- شکل ۲-۵۳- نمای پشت مدار RLC طراحی شده به صورت سری ..... ۱۶۴
- شکل ۲-۵۴- نمای روی مدار RLC چاپ شده ..... ۱۶۵
- شکل ۲-۵۵- نمای پشت مدار RLC چاپ شده ..... ۱۶۵
- شکل ۲-۵۶- خروجی دو سر سلف و خازن در فرکانس بسیار پایین (۱هرتز) ..... ۱۶۶
- شکل ۲-۵۷- خروجی دو سر سلف و خازن در فرکانس ۱۰کیلوهرتز ..... ۱۶۷
- شکل ۲-۵۸- خروجی دو سر سلف و خازن در فرکانس ۳۰۰کیلوهرتز ..... ۱۶۷
- شکل ۲-۵۹- خروجی دو سر سلف و خازن در فرکانس ۲مگاهرتز ..... ۱۶۸

## فصل اول

مروری بر مطالعات انجام گرفته