



## وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

### دانشگاه فنی و حرفه‌ای

### آموزشکده فنی و حرفه‌ای پسران نوشهر

به حول و قوه الهی و تلاش آقای میر بیکن سعید دانشجوی رشته تبلیغاتی پس از مراجعت معاين پایان نامه با عنوان آیا لیزه بیکن سعید به شهر اسلام دانشگاه تحت راهنمایی استاد خانم لهمہ بنت الله جسمی تهیه و در تاریخ ۱۴۰۲ کمر دفاع گردید و با نمره ۱۷ پذیرفته شده است.

این پایان نامه جهت بهره برداری و استفاده به کتابخانه آموزشکده فنی نوشهر تحويل می گردد.

تاریخ و امضاء مدیر گروه

نام و نام خانوادگی دست الله بنت الله جسمی

۱۴۰۲، ۶، ۸

دست الله بنت الله جسمی

تاریخ و امضاء استاد راهنما

نام و نام خانوادگی دست الله بنت الله جسمی

۱۴۰۲، ۶، ۸

دست الله بنت الله جسمی

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ



وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

دانشگاه فنی و حرفه‌ای

آموزشگاه فنی و حرفه‌ای پسران نوشهر

پروژه پایانی کارشناسی رشته:

مهندسی تکنولوژی برق - قدرت

عنوان پروژه:

آنالیزور شبکه برق به همراه PLC داخلی

نگارش:

امیرحسین اسحق نیموری

استاد راهنما:

خانم دکتر حسینی

## اهداف :

با توجه به رشد روز افزون استفاده از برق (AC) تکنولوژی‌های مرتبط با اندازه‌گیری متغیرهای برق متناوب در انواع صنایع و تجهیزات روزمره، اهمیت بهسازی پیدا کرده‌اند. اندازه‌گیری دقیق و معتبر متغیرهای مانند ولتاژ، جریان، فرکانس و توان، برای اطمینان از کارکرد بهینه و ایمنی سیستم‌های برقی الزامی است.

در این پایان نامه هدف کلی طراحی تجهیزی برای اندازه گیری و نمایش متغیرهای ولتاژ، جریان، انواع توان، فرکانس و ضریب توان به صورت لحظه‌ای در شبکه برق متناوب با قابلیت تشخیص خطا و ارسال سیگنال قطع است. در این پایان نامه انواع روش‌های اندازه گیری ولتاژ، جریان، فرکانس، ضریب توان و انواع توان معرفی شده و به مطالعه‌ی منابع مرتبط با اصول اندازه گیری برق متناوب و مفاهیم مرتبط آن می‌پردازیم و در انتهای نمونه اولیه این تجهیز را خواهیم ساخت.

## چکیده:

در دنیای امروز، اندازه‌گیری متغیرهای برق متناوب (AC) اهمیت بهسزایی پیدا کرده است، زیرا صنایع و تجهیزات برقی به شدت به انرژی برق متناوب (AC) وابسته‌اند. اندازه‌گیری دقیق و قابل اعتماد این متغیرها از اهمیت بسیاری برخوردار است، زیرا عملکرد بهینه و ایمنی سیستم‌های برقی برای تولید کنندگان و مصرف کنندگان اهمیت دارد.

هدف این پژوهش بررسی انواع تجهیزات و روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، ضربیت توان و انواع توان در برق متناوب (AC) و تشخیص خطا در این متغیرها می‌باشد. در این راستا، ما اصول اندازه‌گیری متغیرهای برق متناوب (AC) را مورد بررسی قرار داده‌ایم و به مقایسه دقت و کارایی انواع تجهیزات اندازه‌گیری پرداخته‌ایم. همچنین، تجهیزی برای این کار طراحی شده است که نحوه طراحی و ساخت آن در این پایان نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در نتیجه، این پایان‌نامه نمونه اولیه تجهیزی ساخته می‌شود که میتواند به منظور نمایش در لحظه متغیرهای برق و تشخیص خطا و ارسال سیگنال قطع مورد استفاده قرار بگیرد.

## تقدیر نامه :

با نهایت تواضع و ادب، به انتهای این پژوهه تحقیقاتی و پایاننامه‌ام می‌رسیم و از فضل و کمک‌های بی‌دریغ انواع افراد و نهادها در این مسیر سپاسگزاریم.

از ابتدای این مسیر تحقیقی، تا پایان پایاننامه، بدون کمک و همراهی گرامی استادان و راهنمایان ارجمند، این اثر به انجام نمی‌رسید. آن‌ها با هدایت‌های معرفت‌بخش و نظارت‌های دقیق، مسیر تحقیق را روشن‌تر کردند و همواره با صبوری به جوانب علمی این مسیر همراه بودند. از تلاش‌ها و وقت‌های ارزش‌مندی شما، تقدیر و تشکر می‌کنم.

از همکاران، دوستان و همراهان عزیز که در مسیر تحقیق و نگارش این پایاننامه با نظرات و انگیزه‌هایشان به من انگیزه و انرژی دادند، کمال قدردانی را دارم.

همچنین، از خانواده‌ی گرامی که با حمایت‌ها و نگرانی‌هایشان همواره پشتیبان و محرك این مسیر بوده‌اند، تشکر می‌کنم. بدون حمایت‌ها و عشق‌های شما، این کار امکان‌پذیر نبود.

در نهایت، از خودم نیز تقدیر می‌کنم. این سفر پژوهشی بدون تلاش‌ها، پشتکار و تصمیمات محکم انجام نمی‌شد. پرهیز از تسلط‌ها و تسهیل‌گری‌ها، مرا به مسیری از ارتقاء و پیشرفت هدایت کرد.

با این حال، از ناتوانی‌ها و نقاط ضعف‌های این تحقیق همچنان آگاه هستم و می‌دانم که با پیشنهادات و نظرات سازنده شما، می‌توانم در آینده بهتر عمل کنم.

امیدوارم این تحقیقات و پایاننامه، نیکوبی و بهره‌وری به علم و صنعت عزیز وطنم اضافه کند.

با ارزوی موفقیت و سعادت همگان

امیر حسین اسحق نیموری

۱۴۰۲ تیر



## تقدیم نامه :

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان  
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است  
به پاس قلب‌های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید  
و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند  
این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می‌کنم.

## فهرست مطالب

۱	۱- فصل اول
۱	۱-۱ مقدمه:
۱	۱-۲ بیان مسئله:
۱	۱-۳ اهداف تحقیق:
۲	۱-۴ اهمیت و ضرورت انجام کار:
۲	۱-۵ پرسشهای اصلی تحقیق:
۳	۲- فصل دوم
۳	۲-۱ ولتاژ متناوب:
۳	۲-۲ جریان متناوب:
۳	۲-۳ فرکانس:
۳	۲-۴ ضریب توان:
۴	۲-۵ توان در برق متناوب:
۵	۲-۶ مقاومت :
۵	۲-۷ خازن :
۵	۲-۸ دیود :
۶	۲-۹ دیود زنر:
۶	۲-۱۰ دیود نوری:
۶	۲-۱۱ ترانزیستور BJT :
۷	۲-۱۲ ترانزیستور اثر میدان:

- ۷ ..... ۲-۱۳ تفاوت ترانزیستور FET با BJT :
- ۸ ..... ۲-۱۴ فنا وری سیماس :
- ۸ ..... ۲-۱۵ اپتوکوپلر:
- ۹ ..... ۲-۱۶ تقویت کننده عملیاتی(Op AMP):
- ۹ ..... ۲-۱۷ کریستال:
- ۱۰ ..... ۲-۱۸ ترانس جریان (CT):
- ۱۱ ..... ۲-۱۹ ترانس ولتاژ(PT):
- ۱۱ ..... ۲-۲۰ I2C :
- ۱۲ ..... ۲-۲۱ اینترنت اشیاء:
- ۱۲ ..... ۲-۲۲ IOT Dashboard :
- ۱۲ ..... ۲-۲۳ تراشه (Integrated circuit):
- ۱۳ ..... ۲-۲۴ تنظیم کننده ولتاژ (regulator):
- ۱۳ ..... ۲-۲۵ تراشه تنظیم کننده ولتاژ HT7133 :
- ۱۵ ..... ۲-۲۶ تراشه تنظیم کننده ولتاژ AMS1117 :
- ۱۷ ..... ۲-۲۷ تراشه V9881 :
- ۲۳ ..... ۲-۲۸ تراشه CP2102N-A01-GQFN28 :
- ۲۷ ..... ۲-۲۹ تراشه FT232RL :
- ۳۰ ..... ۲-۳۰ ال سی دی کاراکتری LCD :
- ۳۲ ..... ۲-۳۱ میکرو کنترلر:
- ۳۲ ..... ۲-۳۲ میکرو کنترلر AVR:
- ۳۴ ..... ۲-۳۳ آردوبینو:

۳۷	روش های اندازه گیری ولتاژ: ۲-۳۴
۳۸	روش های اندازه گیری جریان: ۳-۳۵
۳۹	روش اندازه گیری توان الکتریکی: ۳-۳۶
۴۰	روش اندازه گیری ضریب توان( $\cos\phi$ ): ۲-۳۷
۴۱	روش اندازه گیری فرکانس: ۲-۳۸
۴۲	۳- فصل سوم
۴۳	۴- فصل چهارم
۴۹	۱- طراحی سنسور اندازه گیری:
۵۰	۱-۱ نحوه عملکرد تراشه V9881
۵۶	۴-۲ کنترلر:
۵۷	۱-۲-۱ انتخاب پردازنده مناسب:
۵۹	۱-۲-۲ دلایل استفاده از آردوبینو:
۶۲	۱-۳ نمایشگر:
۶۳	۱-۴ برد رله :
۶۶	۱-۵-۱ حذف ولتاژ القایی معکوس سیم پیچ رله با دیود هرزگرد:
۶۸	۱-۵-۲ ایزوله کردن در اتصال رله به میکروکنترلر
۶۹	۱-۶ محافظت در برابر بایاس معکوس :
۶۹	۱-۶-۱ محافظت در برابر بایاس معکوس با دیود
۷۰	۱-۶-۲ معایب حفاظت بایاس معکوس با دیود
۷۱	۱-۶-۳ محافظت بایاس معکوس با ترانزیستور
۷۷	۱-۷ برنامه نویسی :

۷۸	۴-۷-۱ متغیر های گلوبال :
۸۰	۴-۷-۲ بخش راه انداز (void setup) :
۸۱	۴-۷-۳ بخش همیشه تکرار شونده (void loop) :
۸۲	۴-۷-۴ ذخیره متغیر ها در حالت دائم :
۸۳	۴-۷-۵ مانیتورینگ (نمایشگر) :
۸۵	۴-۷-۶ عملکرد رله :
۹۱	۴-۷-۷ حذف نوسانات کلید (Debouncing) :
۹۲	۴-۷-۸ تنظیم صفحه نمایش حالت تنظیمات :
۹۶	۴-۷-۹ ارتباط با متلب :
۹۷	۴-۸ ساخت قاب :
۹۸	۵- فصل پنجم
۹۹	۵-۱ نتیجه گیری:
۱۰۱	مراجع:

## فهرست تصاویر

شکل ۱-۲ : ولتاژ متناوب.....	۳
شکل ۲-۲ : ضریب توان.....	۴
شکل ۳-۲ : مثلث توان.....	۵
شکل ۴-۲ : مدار سیماس(CMOS) .....	۸
شکل ۵-۲ : اپتوكوپلر .....	۸
شکل ۶-۲ : ترانس جریان CT .....	۱۰
شکل ۷-۲ : نمونه هایی از ترانس جریان CT .....	۱۰
شکل ۸-۲ : ارتباط I2C .....	۱۱
شکل ۹-۲ : شکل ظاهری تنظیم کننده ولتاژ HT7133 .....	۱۴
شکل ۱۰-۲ : دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ HT7133 .....	۱۴
شکل ۱۱-۲ : دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ AMS1117 .....	۱۵
شکل ۱۲-۲ : دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ AMS1117 .....	۱۶
شکل ۱۳-۲ : شکل ظاهری تنظیم کننده ولتاژ AMS1117 .....	۱۶
شکل ۱۴-۲ : شکل پایه های تراشه V9881D .....	۱۹
شکل ۱۵-۲ : بلوک دیاگرام داخلی تراشه V9881D .....	۲۳
شکل ۱۶-۲ : شکل پایه های تراشه CP2102N-A01-GQFN28 .....	۲۴
شکل ۱۷-۲ : بلوک دیاگرام تراشه CP2102N-A01-GQFN28 .....	۲۶
شکل ۱۸-۲ : شکل پایه های تراشه FT232RL .....	۲۷
شکل ۱۹-۲ : بلوک دیاگرام تراشه FT232RL .....	۲۹
شکل ۲۰-۲ : ال سی دی کاراکتری .....	۳۰

شکل ۲- ۲۱ : بلوک دیاگرام ال سی دی کاراکتری	۳۱
شکل ۲- ۲۲ : اندازه ال سی دی کاراکتری	۴۰
شکل ۲- ۲۳ : میکروکنترلر	۳۲
شکل ۲- ۲۴ : میکرو کنترلر ATMEGA328 SMD	۳۳
شکل ۲- ۲۵ : ARDUINO Nano	۳۵
شکل ۲- ۲۶ : مدار اندازه گیری ولتاژ	۳۷
شکل ۲- ۲۷ : مدار تقسیم ولتاژ	۳۷
شکل ۲- ۲۸ : مدار اندازه گیری جریان	۳۸
شکل ۲- ۲۹ : استفاده از کلمپ برای اندازه گیری جریان	۳۸
شکل ۲-۲۹ : مثلث توان	۳۹
شکل ۲- ۳۰ : اندازه گیری ضریب توان	۴۰
شکل ۴-۱ : تراشه V9881	۴۹
شکل ۴-۲ : شکل موج ولتاژ متناوب	۵۰
شکل ۴-۳ : شماتیک مدار راه انداز تراشه V9881	۵۱
شکل ۴-۴ : شماتیک نحوه اتصال CT به تراشه V9881 برای اندازه گیری جریان متناوب	۵۳
شکل ۴-۵ : شماتیک نحوه اتصال مقاومت شنت به تراشه V9881 برای اندازه گیری جریان متناوب	۵۳
شکل ۴-۶ : شماتیک نحوه اتصال PT به تراشه V9881 برای اندازه گیری ولتاژ متناوب	۵۴
شکل ۴-۷ : شماتیک نحوه اتصال مستقیم ولتاژ متناوب برای اندازه گیری به تراشه V9881	۵۴
شکل ۴-۸ : شماتیک PCB مدار راه اندازی تراشه V9881	۵۵
شکل ۴-۹ : تصویر برد PCB بعد از چاپ و منتاژ قطعات	۵۶
شکل ۴-۱۰ : اتصالات ولتاژ و جریان متناوب	۵۶

شکل ۴-۱۱ : میکرو کنترلر.....	۵۷
شکل ۴-۱۲ : میکرو کنترلر ATMEGA328P-AU	۵۹
شکل ۴-۱۳ : مدار راه اندازی میکرو کنترلر ATMEGA328P-AU	۵۹
شکل ۴-۱۴ : برد Arduino NANO	۶۰
شکل ۴-۱۵ : شکل شماتیک Arduino Nano	۶۱
شکل ۴-۱۶ : شکل اتصالات LCD	۶۲
شکل ۴-۱۷ : شکل PCB برد رله	۶۴
شکل ۴-۱۸ : شکل شماتیک برد رله	۶۵
شکل ۴-۱۹ : شکل اتصال اشتباه رله و میکرو کنترلر	۶۶
شکل ۴-۲۰ : شکل استفاده از دیود هرزگرد در مدار رله	۶۸
شکل ۴-۲۱ : شکل مدار ایزوله راه اندازی رله	۶۹
شکل ۴-۲۲ : شکل دیود	۷۰
شکل ۴-۲۳ : شکل مدار دیود	۷۱
شکل ۴-۲۴ : شکل ماسفت	۷۲
شکل ۴-۲۵ : شکل مدار استفاده از ماسفت برای محافظت بایاس معکوس	۷۴
شکل ۴-۲۶ : شکل مدار استفاده از ماسفت برای محافظت بایاس معکوس اتصال بر عکس پلاریته ها	۷۵
شکل ۴-۲۷ : شکل اطلاعات ماسفت IRF5305	۷۵
شکل ۴-۲۸ : شکل افت ولتاژ در صورت استفاده از ماسفت	۷۶
شکل ۴-۲۹ : شکل اتصالات سخت افزار ها	۷۷
شکل ۴-۳۰ : شکل مراحل برنامه نویسی	۷۸
شکل ۴-۳۱ : شکل نوسانات کلید	۹۲

شکل ۴-۳۲ : شکل سه بعدی قاب تجهیز ..... ۹۸

شکل ۴-۳۳ : شکل سه بعدی قاب بعد از پرینت و نصب قطعات ..... ۹۸

شکل ۵-۱ : مدار راه اندازی تراشه ۷۹۸۸۱ با اندازه گیری ولتاژ ۵۰۰ تا ۵۰۰ ولت ..... ۱۰۰

## فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲ : جدول آزمایش تنظیم کننده ولتاژ HT7133 ۱۴
- جدول ۲-۲ : جدول آزمایش تنظیم کننده ولتاژ AMS117 ۱۷
- جدول ۳-۲ : عملکرد پایه های تراشه V9881D ۱۹
- جدول ۴-۲ : عملکرد پایه های تراشه CP2102N-A01-GQFN28 ۲۵
- جدول ۵-۲ : عملکرد پایه های تراشه FT232RL ۲۸
- جدول ۶-۲ : عملکرد پایه های AL Si Di کاراکتری ۳۰
- جدول ۷-۲ : عملکرد پایه های میکروکنترل ATMega328 SMD ۳۳
- جدول ۸-۲ : عملکرد پایه های ARDUINO Nano ۳۶
- جدول ۹-۴ : راهنمای شماتیک مدار راه انداز تراشه v9881 ۵۲

## فهرست نمودار ها

- نمودار ۲-۱ : نمودا افت ولتاژ در مقابل جریان خروجی در دما های متفاوت در تراشه AMS1117 ۱۶
- نمودار ۴-۱ : میزان vf دیود n40071 ۷۲
- نمودار ۴-۲ : رابطع VGS با جریان قابل عبور ۷۳

## فهرست فرمول ها

فرمول ۱ : محاسبه ضریب توان با داشتن توان مفید	۳
فرمول ۲ : محاسبه ضریب توان بدون داشتن توان مفید	۴
فرمول ۲-۳ : محاسبه توان مفید	۴
فرمول ۲-۴ : محاسبه توان راکتیو	۴
فرمول ۲-۵ : محاسبه توان ظاهری	۴
فرمول ۴-۱ : محاسبه توان مفید	۵۰
فرمول ۴-۲ : محاسبه افت ولتاژ دیود	۷۱
فرمول ۴-۳ : محاسبه افت ولتاژ ماسفت	۷۴
فرمول ۴-۴ : محاسبه ولتاژ در اتصال برعکس پلاریته	۷۵
فرمول ۴-۵ : محاسبه افت ولتاژ ماسفت	۷۵
فرمول ۴-۶ : محاسبه زمان ارسال دستور قطع در رله اضافه جریان زمان معکوس	۸۶

# فصل اول

## ۱-۱ مقدمه:

در دنیای امروز، متغیرهای الکتریکی مانند ولتاژ، جریان، فرکانس و... نقشی حیاتی در بسیاری از صنایع بازی می‌کنند. اندازه گیری، تشخیص خطاهای نظارت بر این متغیرها برای استفاده صحیح و موثر از تجهیزات و سیستم های الکتریکی ضروری است.

در این پایان نامه به معرفی مفهوم متغیرهای الکتریکی و نیاز به اندازه گیری، تشخیص خطاهای همچنین به اهمیت نمایش متغیرهای الکتریکی به طور دقیق و واضح و پایش آنها می پردازیم. همچنین روش‌های مختلفی را برای اندازه گیری و تشخیص خطاهای در متغیرهای الکتریکی، مانند آزمایش‌های فیزیکی، آزمایش‌های الکتریکی، روش‌های غیر مخرب و... را بررسی خواهیم کرد. علاوه بر این موارد، ابزاری که در این زمینه برای اندازه گیری، مشاهده و تشخیص خطای در متغیرهای برق تک فاز طراحی شده را مورد بررسی قرار میدهیم.

## ۱-۲ بیان مسئله:

مسئله‌ای که در این پایان نامه به آن پرداخته می‌شود، بررسی متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، انواع توان، ضریب توان، و همچنین نمایش و تشخیص خطای در این متغیرها است. با توجه به اینکه اندازه گیری و نمایش دقیق و صحیح این متغیرها، نقش بسزایی در کارکرد بهینه سیستم‌های برقی ایفا می‌کند، در این پایان نامه به بررسی روش‌های اندازه گیری و نمایش و تشخیص خطای در این متغیرها خواهیم پرداخت. و همچنین ابزار طراحی شده در این زمینه را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

## ۱-۳ اهداف تحقیق:

- بررسی و تحلیل مفاهیم و اصول اندازه گیری متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، انواع توان، ضریب توان.
- بررسی تکنولوژی‌ها و روش‌های مختلف اندازه گیری متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، انواع توان، ضریب توان.
- ارزیابی دقت اندازه گیری و بررسی عوامل موثر بر دقت آن.
- بررسی روش‌های تشخیص خطای در اندازه گیری متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، انواع توان، ضریب توان.
- طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه اندازه گیری و تشخیص خطای و نمایش متغیرهای برق با استفاده از تکنولوژی‌های نوین.
- ارزیابی عملکرد سامانه پیاده‌سازی شده و تحلیل نتایج به دست آمده.
- طراحی و پیاده سازی رابط کاربری برای نمایش دادن اطلاعات و نمایش خطاهای احتمالی به کاربر.
- ارائه پیشنهادات و راهکارهایی برای بهبود عملکرد و کارایی سامانه اندازه گیری و تشخیص خطای و نمایش متغیرهای برق.

هدف اصلی این مقاله، پیاده سازی یک سیستم اندازه گیری دقیق و قابل اعتماد برای متغیرهای برق و طراحی الگوریتم های تشخیص خطای جهت جلوگیری از وجود امدن خسارت های سنگین است.

#### ۱-۴ اهمیت و ضرورت انجام کار:

اندازه گیری متغیرهای برق از جمله ولتاژ، جریان، توان و فرکانس در صنعت بسیار حائز اهمیت است. اندازه گیری دقیق و صحیح این متغیرها در صنعت برای کنترل و مانیتورینگ عملکرد سیستم ها و دستگاه ها، بهبود کیفیت تولید، افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها بسیار مهم است. همچنین، در صورت بروز خطای نقص در سیستم ها و دستگاه ها، تشخیص دقیق و سریع خطای هشداردهی به عواقب جدی از جمله خسارت به تجهیزات، ایمنی کارکنان و تولید موثر بسیار مهم و ضروری است. از این رو، انجام تحقیقات در زمینه اندازه گیری دقیق و تشخیص خطای نمایش متغیرهای برق با استفاده از تکنولوژی های پیشرفته و روش های مبتنی بر اینترنت اشیاء، برای بهبود عملکرد صنعت بسیار مهم و حائز اهمیت است.

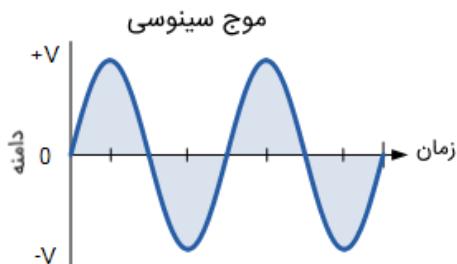
#### ۱-۵ پرسش های اصلی تحقیق:

- چه متغیر های برقی باید اندازه گیری شوند؟
- چه روش هایی برای اندازه گیری متغیرهای ولتاژ، جریان، فرکانس، انواع توان، ضریب توان وجود دارد؟
- چه ابزارهایی برای اندازه گیری و نمایش متغیرهای برقی مورد استفاده قرار می گیرد؟
- چگونه می توان از این متغیرهای برقی برای تشخیص خطای نمایش آنها استفاده کرد؟
- چه مزایا و معایبی در استفاده از ابزارهای مختلف برای اندازه گیری و نمایش متغیرهای برقی وجود دارد؟
- چه روش هایی برای پیش بینی و پیشگیری از خطاهای سیستم های برقی وجود دارد؟
- چگونه می توان متغیرهای برقی را در طول زمان مانیتور کرد؟
- چه مواردی باید در طراحی و پیاده سازی سیستم اندازه گیری و نمایش متغیرهای برقی در نظر گرفته شود؟
- چه مشکلاتی در اندازه گیری و نمایش متغیرهای برقی ممکن است پیش آید و چگونه می توان آنها را حل کرد؟
- آیا ابزار طراحی شده توسط در این پایان نامه جایگزین مناسبی برای تجهیزات حال حاضر است؟

# فصل دوم

## ۲-۱ ولتاژ متناوب:

ولتاژ AC Alternating Current Voltage به معنای ولتاژ متناوب است. در برق متناوب، جهت جریان به طور دورانی تغییر می کند و به همین دلیل ولتاژ نیز به صورت دورانی و متناوب تغییر می کند. در ولتاژ AC، مقدار و جهت جریان در هر لحظه مشخص شده و به ازای زمانهای مختلف مقدار و جهت ولتاژ تغییر می کند. ولتاژ AC معمولاً با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز در شبکه برق تولید و توزیع می شود. واحد اندازه گیری آن ولت (V) است.



شکل ۱-۲ : ولتاژ متناوب

## ۲-۲ جریان متناوب:

جریان متناوب AC، جریانی است که در آن جهت جریان به صورت دوره‌ای تغییر می کند و در هر چرخه به سمت مثبت و منفی تغییر می کند. به عبارت دیگر، جریان متناوب نوعی جریان است که مقدار آن در طول زمان تغییر می کند و به صورت موجی عرضه می شود. جریان متناوب در اکثر سیستم‌های برقی کاربرد دارد و مثال‌هایی از آن شامل جریان برق خانگی ۲۲۰ ولت ۵۰ هرتز و جریان برق صنعتی ۴۰۰ ولت ۵۰ هرتز می شوند.

## ۲-۳ فرکانس:

فرکانس به معنای تعداد دوره‌های تکراری در یک دوره زمانی مشخص است و به واحد هرتز (Hz) اندازه گیری می شود. در فیزیک، فرکانس به تعداد تکراری یک پدیده در یک واحد زمانی مشخص اشاره دارد. در برق، فرکانس معمولاً به تعداد دوره‌های تناوبی در یک ثانیه یا تعداد دوره‌های هرتز (تکرار در هر ثانیه) اشاره دارد. به طور معمول در سیستم‌های برقی AC، فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز است.

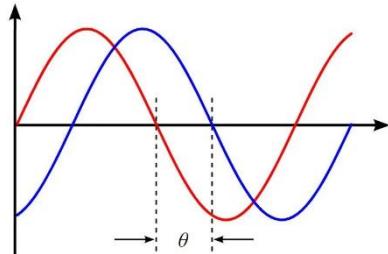
## ۲-۴ ضریب توان:

ضریب توان (Power factor) به نسبت توان اکتیو به توان واقعی در یک مدار AC اشاره دارد. به طور کلی، ضریب توان برابر با نسبت توان اکتیو (P) بر توان ظاهری (S) است که به صورت زیر نشان داده می شود:

$$PF = \frac{P}{S}$$

فرمول ۲-۱ : محاسبه ضریب توان با داشتن توان مفید

همچنین میتوان ضریب توان را با اندازه‌گیری زاویه بین بردار جریان و بردار ولتاژ در یک مدار AC محاسبه کرد. اگر زاویه بین این دو بردار صفر باشد (به معنی این که جریان و ولتاژ در فاز یکدیگر هستند) ضریب توان یک است و اگر زاویه بین این دو بردار بیشتر از صفر باشد (به معنی این که جریان از ولتاژ به تاخیر می‌افتد) ضریب توان کمتر از یک خواهد بود. در حالتی که زاویه بین بردارها برابر  $90^\circ$  درجه باشد (به معنی این که جریان با تاخیر  $90^\circ$  درجه نسبت به ولتاژ است)، ضریب توان صفر خواهد بود.



شکل ۲-۲ : ضریب توان

$$\theta = \omega t \rightarrow 2\pi f \times t \quad \text{فرمول ۲-۲ : محاسبه ضریب توان بدون داشتن توان مفید}$$

### ۲-۵ توان در برق متناوب:

در شبکه AC، توان به سه نوع تقسیم می‌شود:

- توان اکتیو (Active Power): در واقع توانیست که مصرف شده و به شکل گرما یا کار انجام شده به بار باز می‌گردد. توان اکتیو با واحد وات (Watt) یا کیلووات (Kilowatt) اندازه‌گیری می‌شود.

$$P = VI \cos \theta$$

فرمول ۲-۳ : محاسبه توان مفید

- توان راکتیو (Reactive Power): توانی است که به صورت گردشی در مدار شبکه حرکت می‌کند و باری برای خود به وجود نمی‌آورد، بلکه فقط موجب بار برداری مدار می‌شود. توان راکتیو با واحد وار (Volt-Ampere Reactive) یا کیلووار-وار (Kilovar) اندازه‌گیری می‌شود.

$$Q = VI \sin \theta$$

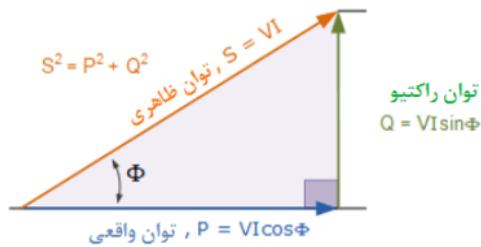
فرمول ۲-۴ : محاسبه توان راکتیو

- توان ظاهری (Apparent Power): توانی است که از جمع توان اکتیو و توان راکتیو به دست می‌آید. توان ظاهری با واحد ولت-آمپر (Volt-Ampere) یا کیلووارت-آمپر (Kilovolt-Ampere) اندازه‌گیری می‌شود.

$$S = VI$$

فرمول ۲-۵ : محاسبه توان ظاهری

به طور کلی، توان اکتیو و توان راکتیو باعث تولید نیرو و گرما در سیستم می‌شوند و توان ظاهری برای محاسبه اندازه سیم‌ها و تجهیزات استفاده می‌شود. در سیستم‌های AC،



توان اکتیو و توان راکتیو با فرکانس نوسانات و تاخیر زمانی بین جریان و ولتاژ مرتبط هستند و محاسبه آن‌ها به دقت در محاسبه زاویه بین بردار جریان و بردار ولتاژ بستگی دارد.

شکل ۳-۲: مثلث توان

#### ۲-۶ مقاومت :

به هر قطعه یا عنصری که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد مقاومت الکتریکی گفته می‌شود. مقاومت الکتریکی را با حرف R که از کلمه Resistor گرفته شده است نشان می‌دهند، واحد اندازه گیری مقاومت الکتریکی اهم است که آن را با علامت  $\Omega$  نشان می‌دهند.

#### ۲-۷ خازن :

خازن، قطعه‌ای الکترونیکی است که انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می‌کند. این قطعه از دو صفحه فلزی تشکیل شده که در کنار یکدیگر به صورت موازی قرار گرفته‌اند. بین این دو صفحه فلزی، یک صفحه عایق قرار می‌گیرد که به آن دی الکتریک می‌گویند. همچنین باید توجه داشت که خازن‌ها در انواع متفاوتی وجود دارند.

#### ۲-۸ دیود :

(Diode) قطعه‌ای الکترونیکی نیمه هادی است که دارای دو سر می‌باشد، کاربرد دیود به این صورت است که دیودها جریان الکتریکی را از یک جهت به راحتی از خود عبور می‌دهند و در جهت دیگر در مقابل عبور جریان مقاومت بسیار زیادی دارند (جریان از آند وارد و از کاتد خارج می‌شود).

این خاصیت دیود که تنها در یک جهت جریان را از خود عبور می‌دهد، باعث شد تا در گذشته به آن دریچه یا یکسوساز هم گفته شود. دیودها دارای انواع مختلف و بسته به نوع دیود کاربردهای متفاوتی نیز دارند.

## ۲-۹ دیود زنر:

(Zener Diode) در سال ۱۹۱۵ میلادی توسط کلارنس زنر اختراع شد، از این جهت به آن دیود زنر می‌گویند. که علاوه بر عبور جریان از آند به کاتد، هنگام عبور ولتاژ از حد معینی که به آن ولتاژ زنر نیز می‌گویند اجازه عبور جریان از سمت کاتد به آند را نیز می‌دهد.

کاربرد این مدل دیودها در ثبیت و تنظیم ولتاژ می‌باشد، از این رو از این دیودها برای حفاظت مدارها در برابر اضافه ولتاژ استفاده می‌شود و می‌توان گفت به طور کلی این نوع از دیودها کاربرد محافظتی در مدار دارند.

## ۲-۱۰ دیود نوری:

(Light Emitting Diode) یکی از پرکاربرد ترین نوع دیود ها است ، مانند دیودهای معمولی به بایاس مستقیم وصل می‌شود. هنگام عبور جریان از آند به کاتد این نوع دیود نوری (فوتون) از خود ساطع می‌کند، بسته به رنگ ساطع شده، این دیودها نام‌گذاری می‌شوند برای مثال: دیود (LED) قرمز، آبی، سبز و ...

## ۲-۱۱ ترانزیستور BJT :

ترانزیستور یک قطعه الکترونیکی نیمه هادی است که به عنوان یک سوئیچ یا یک تقویت کننده در مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شود. ترانزیستور از سه لایه نیمه هادی (دو لایه نوع P و یک لایه نوع N یا بلعکس) ساخته شده و دارای سه سر (سر کلکتور، سر بیس و سر امیتر) است.

ترانزیستور می‌تواند جریان را کنترل کند و به عنوان یک سوئیچ عمل کند؛ به این معنی که وقتی جریان بر روی سر بیس قرار می‌گیرد، ترانزیستور راهی برای جریان بین سر کلکتور و سر امیتر باز می‌کند. همچنین، ترانزیستور می‌تواند به عنوان یک تقویت کننده عمل کند؛ به این معنی که وقتی جریان بر روی سر بیس قرار می‌گیرد، جریانی بین سر کلکتور و سر امیتر تولید می‌شود که به اندازه بیشتری از جریان ورودی است.

ترانزیستور به دلیل ساختار ساده و قابل تولید و استفاده در مدارهای الکترونیکی، در انواعی از تکنولوژی‌ها و برنامه‌های مختلفی مانند مدارات دیجیتال، مدارات تقویت کننده صوتی و تصویری، کامپیوترها و ... استفاده می‌شود.

## ۲-۱۲ ترانزیستور اثر میدان:

FET (Field Effect Transistor) یا یک ولتاژ برای اعمال به ترمینال ورودی که گیت (Gate) نامیده می‌شود، استفاده می‌کند و جریان گذرنده از آن مناسب با این ولتاژ است. از آنجایی که عملکرد FET مبتنی بر یک میدان الکتریکی حاصل از ولتاژ گیت ورودی است (نام اثر میدان به همین دلیل است)، سبب می‌شود ترانزیستور اثر میدان، یک قطعه مبتنی بر ولتاژ باشد.

ترانزیستور اثر میدان، یک قطعه نیمه‌هادی تک قطبی است که مشخصات آن بسیار شبیه به ترانزیستور دوقطبی مشابه است. برخی از ویژگی‌های این قطعه، بازدهی بالا، عملکرد لحظه‌ای، مقاوم و ارزان بودن است که می‌توان آن را در اغلب مدارهای الکترونیکی با ترانزیستورهای پیوندی دوقطبی (BJT) معادل جایگزین کرد.

ترانزیستورهای اثر میدان را می‌توان در ابعاد کوچکتری نسبت به ترانزیستور دوقطبی معادل ساخت و به دلیل مصرف و تلفات توان پایینی که دارند، گزینه مناسبی برای استفاده در مدارهای مجتمع مانند CMOS در تراشه‌های دیجیتال هستند.

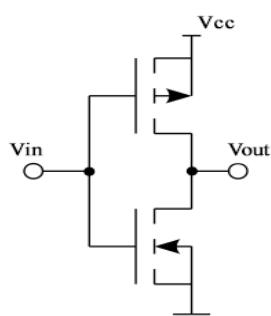
## ۲-۱۳ نفاوت ترانزیستور FET با BJT :

- ترانزیستور بی جی تی دارای دو نوع NPN و PNP است و ترانزیستور فت دارای دو نوع کanal N و کanal P است.
- بی جی تی یک المان کنترل شونده با جریان است و در مقابل فت با ولتاژ کنترل می‌گردد.
- به صورت معمول ترانزیستور بی جی تی ارزانتر از ترانزیستور فت است.
- ترانزیستور بی جی تی بهره جریان کمی دارد و پایدار نیست و ممکن است در جریان‌های بالا گین آن کم گردد ولی ترانزیستور فت دارای بهره جریانی بالایی است و در تغییرات جریان بهره پایداری دارد.
- سرعت سوئیچ در ترانزیستور فت به مرتب بیشتر از ترانزیستور بی جی تی است.
- پاسخ فرکانسی ترانزیستور فت بهتر از ترانزیستور بی جی تی است.
- در حالت اشباع، افت پتانسیل  $V_{ce}$  در بی جی تی حدود ۲۰۰ میلی ولت است ولی افت پتانسیل بین پایه سورس و درین در حالت اشباع در ترانزیستور فت حدود ۲۰ میلی ولت است.
- اغلب استفاده بی جی تی در کاربردهای جریان پایین است اما در مقابل از ترانزیستور فت در سوئیچ‌های جریان بالا استفاده می‌گردد.

## ۲-۱۴ فناوری سیماس CMOS :

سیماس(CMOS) یا نیمرسانی اکسید-فلز مُکمِل (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) نوعی

فرایند ساخت ماسفت است که از ماسفت‌های مکمل و قرینه نوع N و نوع P برای ساخت درگاه‌های منطقی استفاده می‌شود.



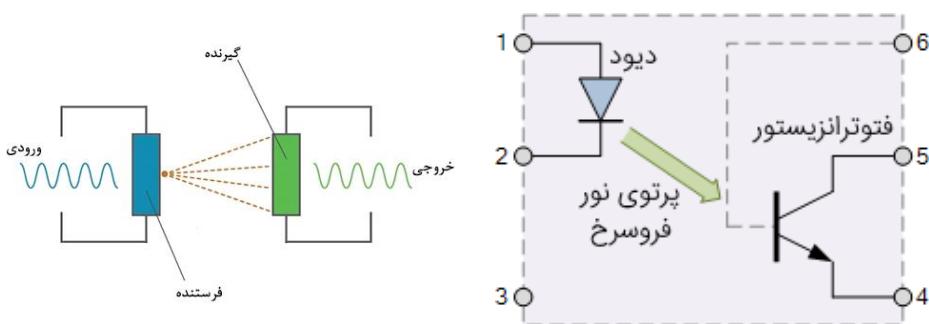
به زبان ساده، سیماس از قرار گرفتن یک ماسفت نوع N در کنار یک ماسفت نوع P تشکیل می‌شود، به طوری که گیت‌های آنها به هم وصل شده و سورس یک ماسفت به درین دیگری وصل می‌شود. البته این کار در عمل بهصورت یکپارچه صورت می‌گیرد. از ویژگی‌های سیماس، مصرف توان بسیار کم است

شکل ۴-۴ : مدار سیماس(CMOS) یک تکنولوژی ساخت برای مدارهای الکترونیکی است که با استفاده از ترانزیستورهای فت از نوع N و P که به صورت ترکیبی در یک مدار قرار می‌گیرند، امکان کنترل جریان را فراهم می‌کند. استفاده از این تکنولوژی باعث می‌شود که مصرف برق کمتر و سرعت بالاتری برای مدارات الکترونیکی حاصل شود. به همین دلیل، CMOS در بسیاری از مدارات الکترونیکی از جمله رایانه‌ها، تلفن‌های همراه و دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۲-۱۵ اپتوکوپلر:

اپتوکوپلر یک قطعه الکترونیکی است که برای انتقال اطلاعات بین دو بخش فیزیکی مجزا از یک سیستم استفاده می‌شود. این دستگاه به دو قسمت اصلی تقسیم می‌شود: یک بخش نوری و یک بخش الکترونیکی.

در بخش نوری، یک منبع نوری مانند دیود یا لامپ نوری، نور را تابانده و آن را به یک سنسور نوری منتقل می‌کند. در بخش الکترونیکی، سیگنال‌های الکتریکی که توسط سنسور نوری دریافت شده‌اند، تقویت و بازسازی می‌شوند و سپس به دستگاه مورد نظر انتقال داده می‌شوند. از اپتوکوپلر در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی استفاده می‌شود، از جمله در دستگاه‌های الکترونیکی پزشکی، دستگاه‌های قدرت بالا، دستگاه‌های کنترل صنعتی و دستگاه‌های الکترونیکی خودروها.



شکل ۵ : اپتوکوپلر

## ۲-۱۶ تقویت کننده عملیاتی (Op AMP):

تقویت کننده عملیاتی یا Operational Amplifier و به اختصار Op AMP نوعی قطعه الکترونیکی است که به عنوان یکی از عناصر فعال مدار شناخته می‌شود و در قالب تقویت کننده ولتاژ با بهره بسیار بالا به کار گرفته می‌شود. این قطعه نوعی محاسبه‌گر آنالوگ است که به منظور اجرای اعمال ریاضی در مدارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آپ امپ‌ها بسته به اینکه دارای چه مدار فیدبک و بایاسی باشند، عملکردهای متفاوتی پیدا می‌کنند. به عبارت دیگر، تقویت کننده عملیاتی در ترکیب با قطعات الکترونیکی دیگر می‌تواند کاربردهای فراوانی در مدارها داشته باشند که از آن میان می‌توان به مقایسه‌گر ولتاژ، معکوس و غیر معکوس ساختن سیگنال، بافر کردن، جمع کردن، تقویت کننده دیفرانسیلی یا تفاضلی، انترگال گیری، مشتق گیری، یکسو سازی سیگنال‌ها، گیت اشمیت تریگر و دهها عملیات دیگر را نام برد.

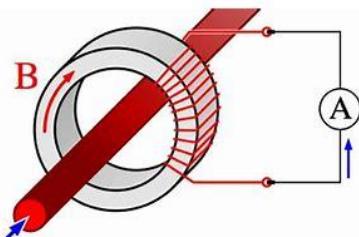
## ۲-۱۷ کریستال:

در اکثر بردهای الکترونیکی که دارای میکروکنترلر ها هستند (مثلا IC های حافظه ، IC های کنترل کننده) کریستال لازم است. به طور کلی هر میکروکنترلر برای اینکه بتواند کار کند به یک منبع کلاک نیاز دارد. کلاک، سرعت اجرای دستورالعمل ها توسط پردازنده، نرخ تبادل ارتباط سریال ، زمان موردنیاز برای تبدیل از آنالوگ به دیجیتال و خیلی موارد دیگر را تعیین می کند.

بنابراین کریستال به عنوان پالس ساعت شناخته می‌شود و برای تولید یک نوسان خاصی در مدار می‌باشد تا موجب هماهنگی بین قطعات در مدار شود. همانطور که ما تمام کارهای روزمره مون رو با ساعت جهانی تنظیم می‌کنیم، کریستال هم به نوعی قلب مدار یا زمان مدار می‌باشد و طبق این زمان تمام اعمال را صورت می‌گیرد. واحد کریستال ها بر حسب هرتز می‌باشد.

## ۲-۱۸ ترانس جریان (CT):

ترانس جریان (CT) Current Transformer یک نوع ترانسفورماتور است که برای اندازه‌گیری جریان AC استفاده می‌شود. این ترانس جریان به صورت یک حلقه فلزی طراحی شده است که به دور یک سیم برق قرار می‌گیرد. جریان AC از طریق سیم برق، عبور می‌کند و در نتیجه یک جریان ثانویه در ترانس جریان ایجاد می‌شود. این جریان ثانویه به صورت نسبی با جریان عبوری از سیم متناسب است و می‌تواند به عنوان ورودی برای یک دستگاه اندازه‌گیری استفاده شود.



شکل ۶ ۲-۶ : ترانس جریان CT

ترانس جریان CT به دلیل داشتن جریان خروجی متناسب از جریان هادی ، به عنوان یک حسگر جریان در سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل استفاده می‌شود. این ترانس جریان می‌تواند جریان‌های بسیار بزرگ را به جریان‌های کوچکتر تبدیل کند که به راحتی می‌توانند توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل اندازه‌گیری شوند.

ترانس جریان CT در سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل برای اندازه‌گیری جریان در سیستم‌های قدرت، سیستم‌های توزیع برق، سیستم‌های صنعتی و سایر سیستم‌های الکترونیکی استفاده می‌شود.



شکل ۷ ۲-۷ : نمونه هایی از ترانس جریان CT

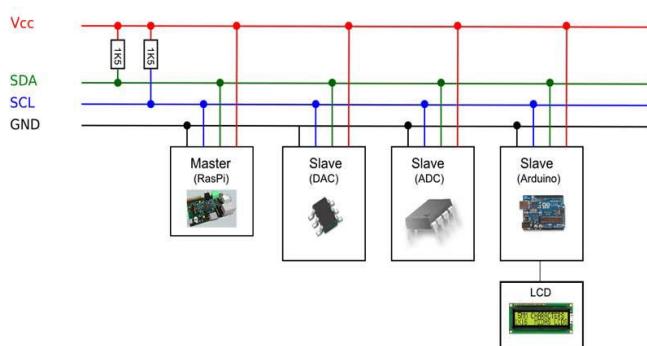
## ۲-۱۹ ترانس ولتاژ(PT):

ترانسفورماتور ولتاژ (VT) یا اصطلاحاً Voltage Transformer، ترانسفورماتور خاصی است که اولیه‌ای با ولتاژ زیاد و ثانویه‌ای با ولتاژ کم دارد. توان نامی این ترانسفورماتور بسیار کم است و تنها هدف آن فراهم کردن نمونه‌ای از ولتاژ سیستم قدرت برای دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل است. چون ترانسفورماتور ولتاژ به منظور نمونه‌گیری ولتاژ به کار می‌رود، می‌بایست بسیار دقیق عمل کند تا موجب اعوجاج ولتاژهای واقعی نشود. ترانسفورماتورهای ولتاژ از لحاظ دقیقت در کلاس‌های مختلفی ساخته می‌شوند و هنگام خرید باید با توجه به دقیقت مورد نیاز در اندازه‌گیری به این کلاس‌ها توجه کرد. دو سر خروجی ترانس ولتاژ برخلاف ترانس جریان هیچ‌گاه نباید اتصال کوتاه شود.

## ۲-۲۰ :I2C

I2C، که مخفف Inter-Integrated Circuit است، یک پروتکل ارتباطی سریال دو سیمه است که برای ارتباط بین مدارهای مجتمع مختلف در یک سیستم طراحی شده است. این پروتکل توسط شرکت Philips در دهه ۱۹۸۰ معرفی شد I2C. به طور گسترده‌ای در صنعت الکترونیک استفاده می‌شود به خصوص برای ارتباط بین میکروکنترلرهای سایر قطعات الکترونیکی مانند سنسورها، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ، حافظه‌ها و دیگر قطعات استفاده می‌شود.

I2C از دو خط ارتباطی استفاده می‌کند (SCL (Serial Clock) و SDA (Serial Data) خطی است که داده‌ها را بین دستگاه‌ها منتقل می‌کند، در حال که SCL خط ساعت است که برای هماهنگ‌سازی ارسال داده‌ها بین دستگاه‌ها استفاده می‌شود I2C. یک سیستم ارتباطی Master-Slave است، به این منی که یک دستگاه Master کنترل ارتباط را بر عهده دارد و دستگاه‌های Slave به دستورات Master پاسخ می‌دهند.



شکل ۲-۸ : ارتباط I2C

یکی از مزایای I2C این است که تعداد سیم‌های مورد نیاز بر ارتباط بین دستگاه‌ها کم است و این امکان را می‌دهد که تعداد زیادی دستگاه را به یک خط ارتباطی وصل کنیم. همچنین، I2C از آدرس‌دهی استفاده می‌کند، که این امکان را فراهم می‌کند که هر دستگا Slave با یک آدرس مشخص به فرد شناسایی شود و Master بتواند با هر کدام از آن‌ها به صورت جداگانه ارتباط برقرار کند.

## ۲-۲۱ اینترنت اشیاء:

اینترنت اشیا (IoT) به شبکه‌ای از دستگاه‌ها، سنسورها، ابزارها، خودروها و سایر اشیای مجهز به تکنولوژی‌های مختلف ارتباطی مانند وای‌فای، بلوتوث، NFC و سایر ارتباطات بی‌سیم که با هم به اینترنت متصل شده‌اند گفته می‌شود. این اشیا می‌توانند داده‌ها و اطلاعات مختلف را جمع‌آوری، ارسال، تحلیل و برای اهداف مختلفی مانند بهینه‌سازی عملکرد، کاهش هزینه‌ها و افزایش ایمنی به کار گرفته شوند.

## ۲-۲۲ IOT Dashboard :

IoT Dashboard به عنوان یکی از ابزارهای مدیریتی در حوزه اینترنت اشیاء (IOT) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ابزار به منظور جمع‌آوری و نمایش دادن اطلاعات مرتبط با دستگاه‌های متصل به شبکه اینترنت اشیاء طراحی شده است. با استفاده از داشبورد IOT، کاربران می‌توانند از راه دور به داده‌های حسگرها و دستگاه‌های متصل به IOT دسترسی داشته باشند و آن‌ها را نظارت کنند. داده‌های جمع‌آوری شده در داشبورد IOT می‌توانند به صورت زنده نمایش داده شوند و به عنوان یک پایگاه اطلاعاتی برای تحلیل و بررسی استفاده شوند. علاوه بر این، داشبورد IOT امکناتی مانند ارسال هشدارهای ایمیل یا پیامک در صورت بروز خطاها مرتبط با دستگاه‌های متصل را نیز دارا می‌باشد.

## ۲-۲۳ تراشه (Integrated circuit) :

تراشه یا مدار مجتمع (که برابر فارسی "chip" یا IC یا Integrated circuit به زبان انگلیسی است) به مجموعه‌ای از مدارات الکترونیکی اطلاق می‌گردد که با استفاده از مواد نیمه‌رسانا (عموماً سیلیکون همراه با میزان کنترل شده‌ای ناخالصی) در ابعادی کوچک (معمولًاً کمتر از یک سانتی متر مربع) ساخته می‌شود. این مدارات معمولاً شامل دو یا سه نوع دستگاه الکترونیکی می‌باشند: مقاومت، خازن و ترانزیستور (مهم‌ترین آنها ترانزیستور می‌باشد). هر تراشه معمولاً زیادی حاوی تعداد بسیار ترانزیستور می‌باشد که با استفاده از فناوری پیچیده‌ای در داخل یک لایه از سیلیکون همگن و با ضخامتی یکنواخت و بدون ترک قرار گرفته اند. امروزه تراشه‌ها در اکثر دستگاه‌های الکترونیکی و بویژه رایانه‌ها در ابعاد گسترده بکار می‌روند. وجود تراشه‌ها مرهون کشفیات بشر درباره نیمه‌رساناهای و پیشرفتهای سریع پیرامون آنها در میانه‌های صده بیستم می‌باشد.

در ساخت IC ها طراحان سعی می کنند تا حد امکان از ترانزیستور استفاده کنند. مثلاً بجای خازن از ترانزیستور در بایاس معکوس استفاده می کنند. و یا در جایی دیگر که مقاومت بزرگی نیاز دارند مثلاً در حد مگا اهم باز از ترانزیستور استفاده می کنند. چون در حجمی که مقاومت می گیرد می توان چند ترانزیستور جای داد. هر تراشه دارای یک نقشه ( Data sheet ) می باشد که وضعیت پایه های آن را مشخص می کند.

#### ۲-۲۴ تنظیم کننده ولتاژ (regulator) :

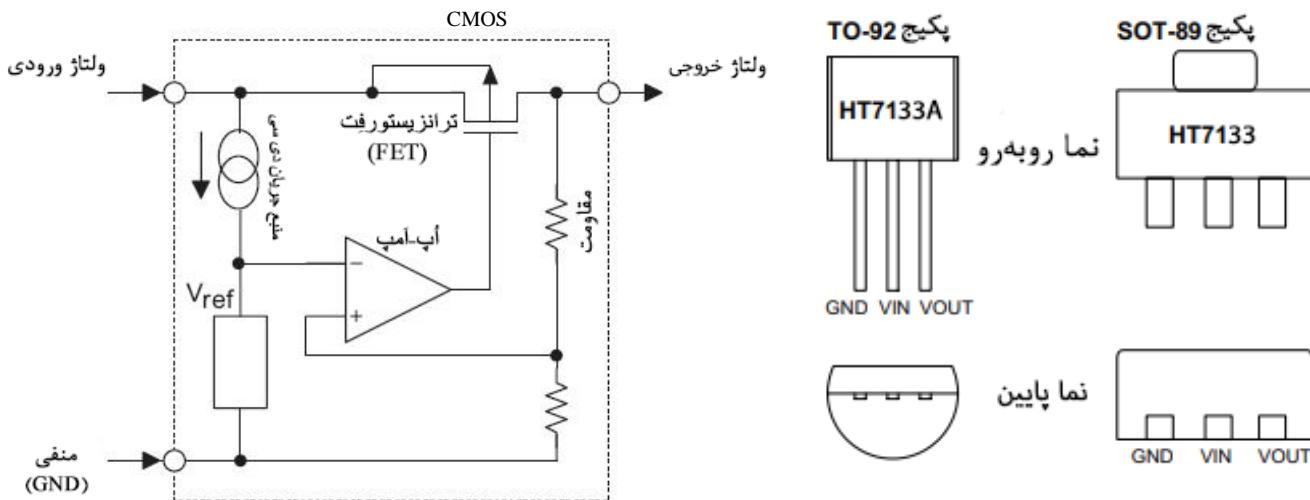
در مدارهای الکترونیکی برای تنظیم ولتاژ از رگولاتور ولتاژ استفاده می شود. کلمه رگولاتور (regulator) برگرفته از فعل regulate به معنای تنظیم کردن است. بنابراین رگولاتور یعنی تنظیم کننده. وظیفه اصلی رگولاتور ولتاژ، تنظیم ولتاژ مدارات الکترونیکی در مقدار دلخواه است. فرض کنید یک مدار الکترونیکی با تغذیه ورودی ۲۴ ولت داریم که شامل رله ۱۲ ولت، ال سی دی ۵ ولت و یک میکروکنترلر با ولتاژ تغذیه ۳.۳ ولت است. رگولاتور به ما این امکان را میدهد که تمامی این ولتاژها را با کمترین سطح اعوجاج بوسیله همان ۲۴ ولت ورودی بسازیم.

#### ۲-۲۵ تراشه تنظیم کننده ولتاژ HT7133 :

یک تنظیم کننده ولتاژ ساخته شده توسط شرکت HOLTEK است که حد اکثر ولتاژ ورودی ۲۴ ولت را به ۳.۳ ولت تبدیل میکند. در ساخت این مدل از تنظیم کننده های ولتاژ از فناوری CMOS استفاده شده است.

ویژگی های کلیدی این تنظیم کننده ولتاژ :

- ولتاژ تغذیه ۰.۳ ولت تا ۲۸ ولت
- برق مصرفی ۲۰۰ میلی وات
- دمای قابل تحمل تا ۱۲۵ درجه سانتیگراد
- دمای عملیاتی ۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد
- مصرف برق کم
- افت ولتاژ پایین
- ضریب دمای پایین
- ولتاژ ورودی بالا
- پکیج های TO-92 و SOT-89



شکل ۲-۱۰ : دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ HT7133

شکل ۹-۹ : شکل ظاهری تنظیم کننده ولتاژ HT7133

جدول ۱-۲ : جدول آزمایش تنظیم کننده ولتاژ HT7133

HT7133, +3.3V		دما = ۲۵°C					
نماد	پارامتر	شرایط آزمایش		حداقل	متوسط	حداکثر	واحد
		ولتاژ	شرایط				
V <sub>OUT</sub>	ولتاژ خروجی	5.5V	I <sub>OUT</sub> =10mA	3.135	3.3	3.465	V
I <sub>OUT</sub>	جریان خروجی	5.5V	—	20	30	—	mA
ΔV <sub>OUT</sub>	تنظیم بار	5.5V	1mA≤I <sub>OUT</sub> ≤30mA	—	60	100	mV
V <sub>DIF</sub>	افت ولتاژ	—	I <sub>OUT</sub> =1mA	—	100	—	mV
I <sub>SS</sub>	جریان مصرفی در بی باری <sup>۱</sup>	5.5V	No load	—	4	6	µA
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN} \times V_{OUT}}$	تغییرات خروجی به درصد	—	4.5V≤V <sub>IN</sub> ≤24V I <sub>OUT</sub> =1mA	—	0.2	—	%/V
V <sub>IN</sub>	ولتاژ ورودی	—	—	—	—	24	V
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T_a}$	ضریب دمای	5.5V	I <sub>OUT</sub> =10mA 0°C<Ta<70°C	—	±0.5	—	mV/°C

۱- جریان مصرفی در بی بار یا Current consumption به مصرف جریان یا جریان مصرفی اشاره دارد. در مدارهای الکتریکی، اجزای مختلف مانند رزیستورها، کپاسیتورها، ترانزیستورها، میکروکنترلرها و ... جریان الکتریکی را مصرف می‌کنند. میزان جریان مصرفی این اجزا، برای برنامه‌ریزی و طراحی مدارهای الکتریکی بسیار مهم است. جریان مصرفی به عنوان مصرف برق یا مصرف الکتریکی نیز شناخته می‌شود. این مقدار به واحد آمپر (Ampere) اندازه‌گیری می‌شود.

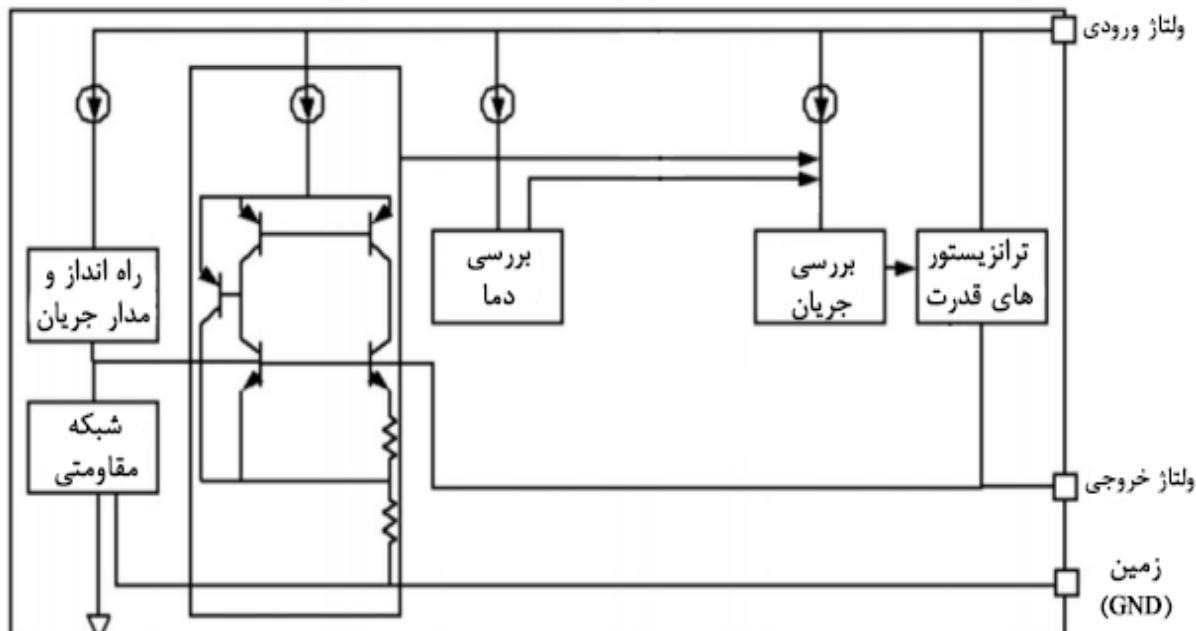
۲- تغییرات خروجی یا Line regulation به معنای توانایی یک سیستم یا دستگاه برقی در حفظ ولتاژ خروجی ثابت خود در صورت تغییرات ولتاژ ورودی است. با توجه به اینکه ولتاژ برقی در شبکه‌های توزیع ممکن است به صورت پویا و به دلیل عوامل مختلفی مانند نوسانات بار، تغییرات دما و فشار و ... تغییر کند، سیستم‌های برقی نیاز دارند که ولتاژ خروجی آن‌ها در حد مطلوب و ثابت باقی بماند. با استفاده از line

## ۲-۲۶ تراشه تنظیم کننده ولتاژ : AMS1117

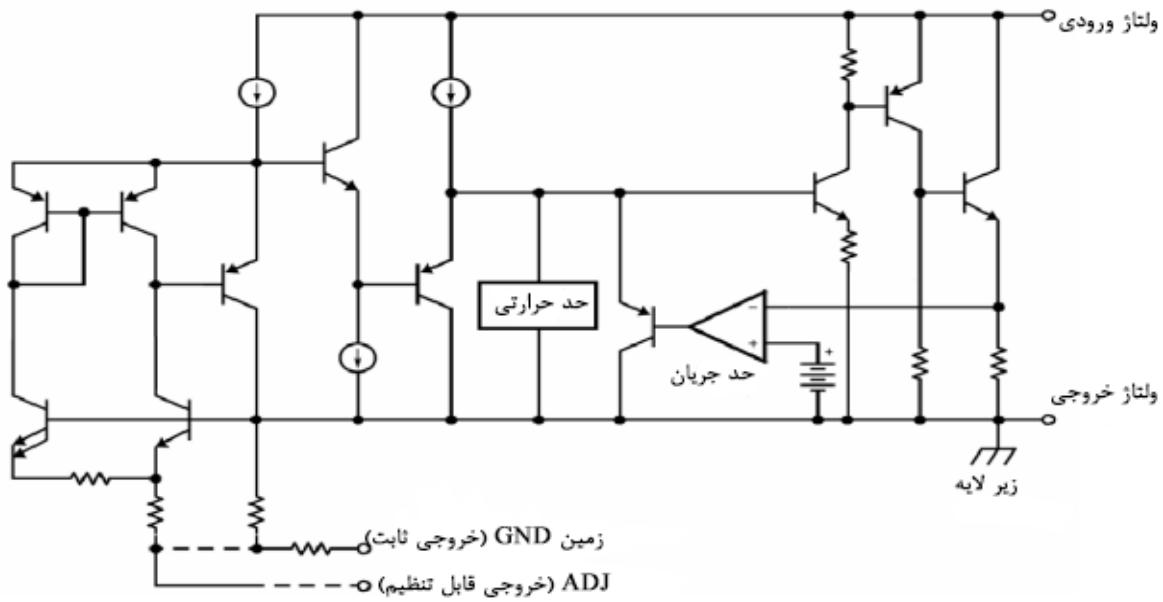
یک تنظیم کننده ولتاژ ساخته شده توسط شرکت SHIKUES است که حد اکثر ولتاژ ورودی  $30\text{~V}$  ولت را به  $3\text{~V}$  ولت تبدیل میکند.

ویژگی های کلیدی این تنظیم کننده ولتاژ :

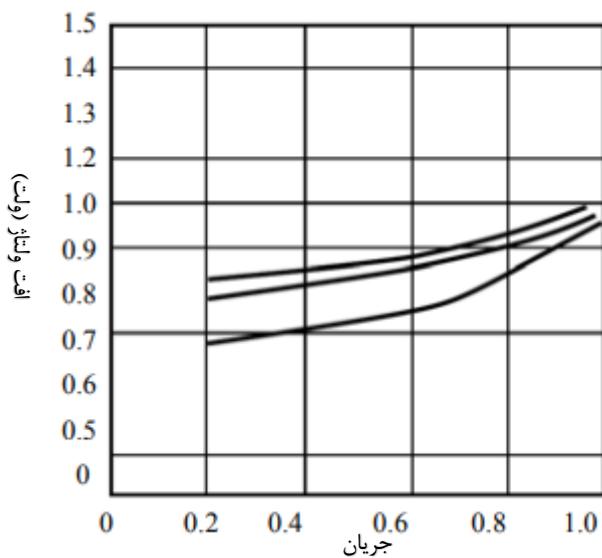
- حفاظت از دمای بالا: AMS1117 دارای حفاظت از دمای بالا است که در صورت بیش از حد بودن دما، تراشه را از خطر نابودی و آسیب دیدن محافظت می کند.
- جریان در حالت بی باری  $2\text{~mA}$  آمپر (متوسط)
- دما کار از  $-40^\circ\text{C}$  تا  $85^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد
- دمای قابل تحمل تا  $150^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد
- حد اکثر جریان خروجی  $1.4\text{~A}$  آمپر
- حد اکثر ولتاژ ورودی  $30\text{~V}$  ولت
- تغییرات خروجی به درصد(دقت):  $0.03\%$  ولت
- حفاظت از جریان بالا: AMS1117 دارای حفاظت از جریان بالا است که در صورت بیش از حد بودن جریان خروجی، تراشه را از خطر نابودی و آسیب دیدن محافظت می کند.



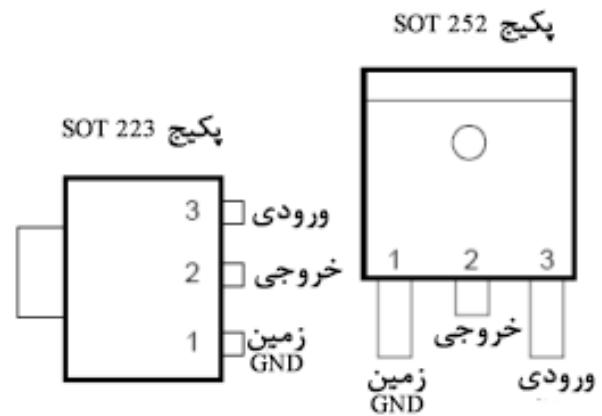
شکل ۱۱-۲: دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ AMS1117



شکل ۲-۱۲ : دیاگرام بلوکی تنظیم کننده ولتاژ AMS1117



نمودار ۲-۱۲ : نمودار افت ولتاژ در مقابل جریان خروجی در دما های متفاوت در تراشه AMS1117



شکل ۲-۱۳ : شکل ظاهری تنظیم کننده ولتاژ AMS1117

جدول ۲-۲ : جدول آزمایش تنظیم کننده ولتاژ AMS117

پارامتر		شرایط آزمایش	حداقل	متوسط	حداکثر	واحد
ولتاژ خروجی	Vout	$0 \leq I_{out} \leq 800 \text{mA}$ , $4.75V \leq V_{in} - V_{out} \leq 12V$	3.234	3.300	3.366	V
تغییرات خروجی	$\Delta V_{out}$	$I_{out} = 10 \text{mA}$ , $4.75V \leq V_{in} - V_{out} \leq 12V$		9	12	mV
تنظیم بار <sup>۱</sup>	$\Delta V_{out}$	$0 \leq I_{out} \leq 800 \text{mA}$ , $V_{in} = 4.75V$		3	10	mV
افت ولتاژ	$V_{DIF}$	$I_{out} = 100 \text{mA}$		1.11	1.2	V
		$I_{out} = 500 \text{mA}$		1.18	1.25	V
		$I_{out} = 800 \text{mA}$		1.26	1.3	V
حداکثر جریان	$I_{limit}$	$V_{in} = 5V$ , $V_{out} = 3.3V$ , $T_j = 25^\circ C$	1.25	1.4	1.6	A
جریان بی باری	Iss	$V_{in} = 5V$ , no load		4	8	$\mu A$

## ۲-۳۷ تراشه V9881 :

V9881 یک تراشه است که توسط شرکت Vishay Intertechnology برای کاربردهای اندازه گیری انرژی تک فاز طراحی شده است. معمولاً در کنتورهای الکترونیکی انرژی برای اندازه گیری مصرف برق سیستم های توزیع برق تک فاز AC استفاده می شود. عملکردهای مختلفی مانند اندازه گیری انرژی، ذخیره سازی داده ها، ارتباطات و امنیت را در یک تراشه واحد ادغام می کند و آن را به یک راه حل ایده آل برای برنامه های اندازه گیری هوشمند تبدیل می کند.

تراشه V9881 دارای یک موتور اندازه گیری انرژی بسیار دقیق است که می تواند مصرف انرژی را با وضوح جداکثر ۱۰ میکرو آمپر اندازه گیری کند. همچنین دارای ویژگی های داخلی تشخیص دستکاری است که به جلوگیری از دسترسی غیرمجاز و اطمینان از یکپارچگی داده های اندازه گیری کمک می کند.

تراشه V9881 مجهز به مدارهای پردازش سیگنال آنالوگ و دیجیتال پیشرفته است که به آن امکان اندازه گیری دقیق پارامترهای الکتریکی مختلف مانند ولتاژ، جریان، توان و انرژی را می دهد. همچنین شامل یک واحد

۱- Load Regulation در الکترونیک به مقدار تغییرات ولتاژ خروجی یک سیستم تغذیه در مقابل تغییرات بار (مصرف برق) آن سیستم تغذیه مربوط می شود. به عبارت دیگر، Load Regulation به توانایی سیستم تغذیه برای حفظ ولتاژ خروجی ثابت در حالتی که بار تغییر می کند یا افزایش می یابد.

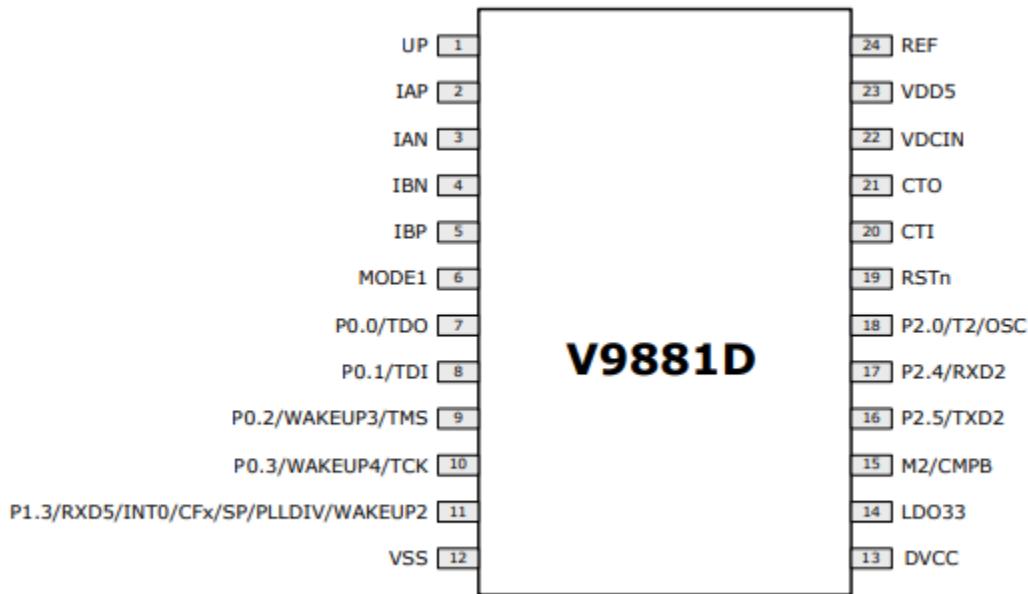
میکروکنترلر داخلی و حافظه است که می تواند برای پیاده سازی الگوریتم های مختلف اندازه گیری انرژی و پشتیبانی از پروتکل های ارتباطی مانند Modbus,I2C,RS-485 برنامه ریزی شود.

تراشه دارای دقت بالایی تا ۰.۱٪ است و می تواند با ولتاژ منبع تغذیه پایین ۱.۸ ولت تا ۵.۵ ولت کار کند. همچنین دارای یک سنسور دمای روی تراشه است که می تواند برای جبران یا نظارت دما مورد استفاده قرار گیرد. تراشه اندازه گیری ولتاژ V9881 در پکیج کوچک SOT-23-5 موجود است

تراشه V9881 به گونه ای طراحی شده است که استانداردهای بین المللی را برای دقت و قابلیت اطمینان از جمله IEC 62052-11، IEC 62053-21، IEC 62053-23 و IEC 62053-21 مطابقت دهد. استفاده از این تراشه یک راه حل بسیار یکپارچه و مقرون به صرفه برای کاربردهای اندازه گیری انرژی تک فاز است.

ویژگی های کلیدی این تراشه :

- ولتاژ کار ۲.۵ ولت تا ۵.۵ ولت
- دمای عملیاتی: -۴۰ تا +۸۵ درجه سانتیگراد
- مصرف جریان در حالت کار کرد کامل: ۵.۵ میلی آمپر
- دمای نگهداری: -۴۰ تا +۱۲۵ درجه سانتیگراد
- مصرف جریان در حالت بی باری: ۱۰ $\mu$ A
- حافظه SRAM ، ۴ کیلوبايت
- خطای کمتر از ۰.۱٪ در اندازه گیری متغیر های برق
- پروتکل های برقراری ارتباط : ارتباط UART و IR
- حافظه فلاش ۶۴ کیلو بايت
- تعداد پایه ها ۲۴ عدد
- پشتیبانی از برنامه اندازه گیری انرژی ضد دستکاری



شکل ۱۴-۲: شکل پایه های تراشه V9881D

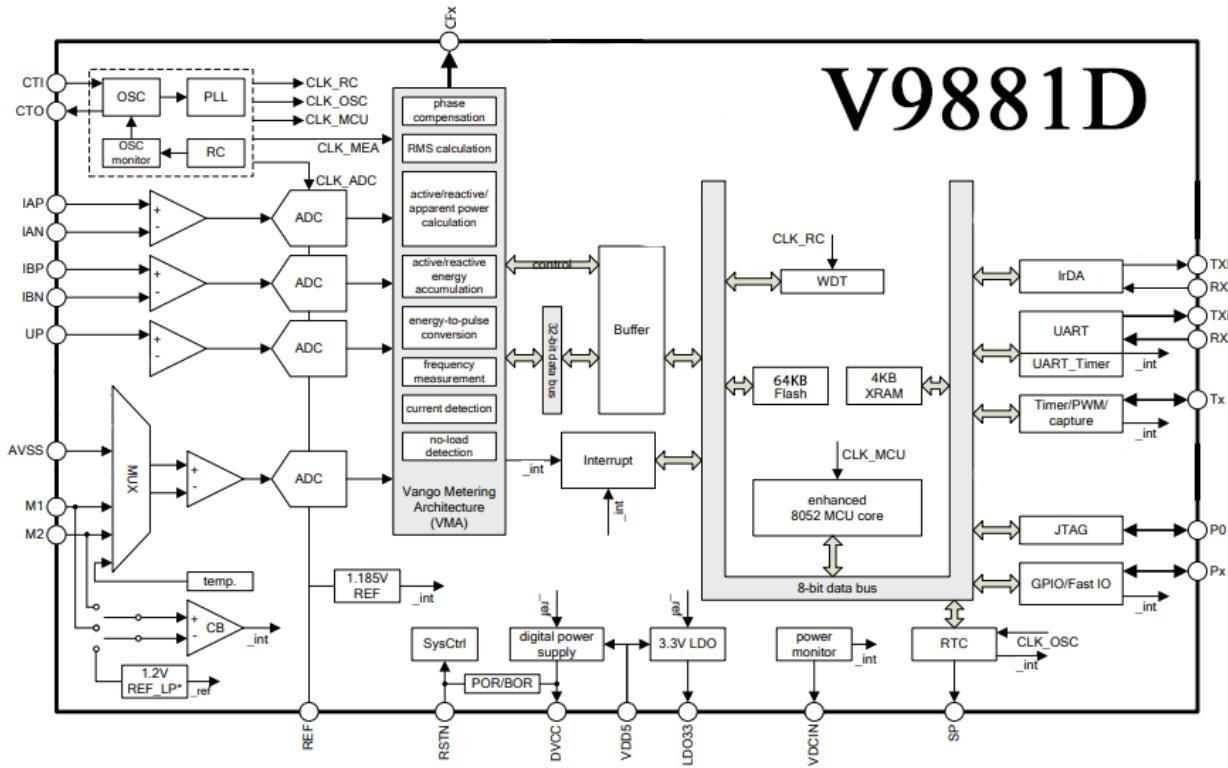
جدول ۳-۲: عملکرد پایه های تراشه V9881D

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
1	UP	ورودی مثبت کانال ولتاژ
2	IAP	ورودی مثبت جریان کانال A
3	IAN	ورودی منفی جریان کانال A
4	IBM	ورودی منفی جریان کانال B
5	IBP	ورودی مثبت جریان کانال B
6	MODE1	حالت کاری "منطق ۰" حالت اشکال زدایی. "منطق ۱" حالت اندازه گیری.
7	P0.0 TDO	این پین به طور پیش فرض به عنوان یک پورت ورودی/خروجی همه منظوره استفاده می شود. اما هنگامی که "منطق ۰" به پین "MODE1" وارد می شود، این پین به عنوان یک پورت (JTAG) برای تست داده های خروجی استفاده می شود. پورت (TDO)

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
8	P0.1 TDI	این پین به طور پیش فرض به عنوان یک پورت ورودی/خروجی همه منظوره استفاده می شود. اما هنگامی که "منطق 0" به پین "MODE1" وارد می شود، این پین به عنوان یک پورت (JTAG) برای تست داده های ورودی استفاده می شود. پورت (TDI)
9	P0.2 WAKEU P3 TMS	این پین به طور پیش فرض به عنوان یک پورت ورودی/خروجی همه منظوره استفاده می شود. وقتی بیت I/O "IOP0" در برنامه روی "1" تنظیم شود، این پین برای استفاده می شود. این ورودی، را می توان در هر دو حالت کار استفاده کرد . هنگامی که "منطق 0" به پین "MODE1" وارد می شود، این پین به عنوان یک پورت (JTAG) برای انتخاب حالت تست (TMS) استفاده می شود.
10	P0.3 WAKEU P4 TCK	این پین به طور پیش فرض به عنوان یک پورت ورودی/خروجی همه منظوره استفاده می شود. وقتی بیت I/O "IOP0" در برنامه روی "1" تنظیم شود، این پین برای استفاده می شود. این ورودی، را می توان در هر دو حالت کار استفاده کرد . هنگامی که "منطق 0" به پین "MODE1" وارد می شود، این پین به عنوان یک پورت (JTAG) برای ورودی ساعت تست (TCK) استفاده می شود
11	P1.3 RXD5 INT0 CFx SP PLLDIV WAKEU P2	عملکرد این پین را می توان در برنامه با تنظیم "P13FS" پیکربندی کرد: <ul style="list-style-type: none"> <li>- پورت ورودی/خروجی همه منظوره؛</li> <li>- ورودی داده های گیرنده "UART5"</li> <li>- ورودی وقفه</li> <li>- خروجی پالس CF قابل تنظیم</li> <li>- خروجی پالس در ثانیه (PPS)</li> <li>- خروجی پالس متناسب با فرکانس ساعت PLL</li> </ul> علاوه بر این، این پین می تواند برای بیدار کردن سیستم از حالت خواب استفاده کرد، این پین در هر دو حالت کاری تراشه قابل استفاده است.

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
12	VSS	زمین(منفی)
13	DVCC	خروجی برق دیجیتال وقتی ولتاژ کمتر از ۱.۴ ولت باشد، تنظیم مجدد اتفاق می‌افتد. یک خازن بزرگ تر از $4.7\ \mu F$ را به صورت موازی با یک خازن $1\ \mu F$ قرار داد و آن را به زمین متصل کنیم.
14	LDO33	خروجی ولتاژ آنالوگ ۳.۳ ولت یک خازن بزرگ تر از $4.7\ \mu F$ را به صورت موازی با یک خازن $1\ \mu F$ و آن را به زمین متصل کنید. هنگامی که تراشه دارای ولتاژ ۳.۳ ولت است، توصیه می‌شود این پین را مستقیماً به پایه "VDD5" به صورت خارجی وصل کنید.
15	SEG37~SEG3 9 M0~M2	این پین‌ها برای خروجی برای درایور LCD استفاده می‌شوند. و این پین‌ها همچنین می‌توانند برای ورودی آنالوگ برای اندازه گیری‌های مختلف در کanal M استفاده شود. هر دو M1 و M2 می‌توانند برای ورودی سیگنال آنالوگ به مقایسه کننده آنالوگ CB برای مقایسه استفاده شوند. سیگنال ولتاژ ورودی به این پین که باید اندازه گیری شود باید در محدوده ۰ تا $3.4\ mV$ باشد.  هنگامی که این پین‌ها برای ورودی آنالوگ به کanal M یا CB مقایسه کننده آنالوگ استفاده می‌شود، خروجی SEG در این پین‌ها باید غیرفعال شود.
16	P2.5 TXD2	پورت سریال (38kHz) TX
17	P2.4 RXD2	پورت سریال (38kHz) RX هنگامی که از این پورت‌ها برای برقراری ارتباط سریال استفاده می‌شود باید از یک اپتوکوپلر استفاده کنیم

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
18	P2.0 RXD4 T2 OSC	عملکرد این پین را می توان با تنظیم "P20FS" پیکربندی کرد: پورت ورودی/خروجی همه منظوره، ورودی داده های گیرنده UART4. ورودی خارجی Timer2 خروجی شکل موج ساعت OSC.
19	RSTn	پایه ریست (۵ میلی ثانیه در حالت LOW قرار داشته باشد تراسه بازنشانی می شود)
20	CTI	ورودی کریستال ۳۲۷۶۸ هرتز یک کریستال را به این پین و "CTO" متصل کنید تا سیگنال ساعت "OSC" تولید شود.
21	CTO	ورودی کریستال ۳۲۷۶۸ هرتز یک کریستال را به این پین و "CTI" متصل کنید تا سیگنال ساعت "OSC" تولید شود.
22	VDCIN	ورودی ناظر منبع تغذیه هنگامی که ولتاژ ورودی در این پین بالاتر از ۱.۱ ولت باشد، تراسه با برق اصلی ۵ ولت تغذیه می شود. هنگامی که ولتاژ ورودی در این پایه کمتر از ۱.۰ ولت باشد، تراسه توسط باتری ها تغذیه می شود یا منبع تغذیه از برق اصلی ۵ ولت به باتری ها تغییر می کند.
23	VDD5	ولتاژ تغذیه
24	REF	موج ولتاژ روی تراسه یک خازن $1 \mu F$ را به این پین وصل کنید و سپس آن را به زمین وصل کنید



شکل ۱۵- ۲: بلوک دیاگرام داخلی تراشه V9881D

## ۲-۲۸ تراشه CP2102N-A01-GQFN28

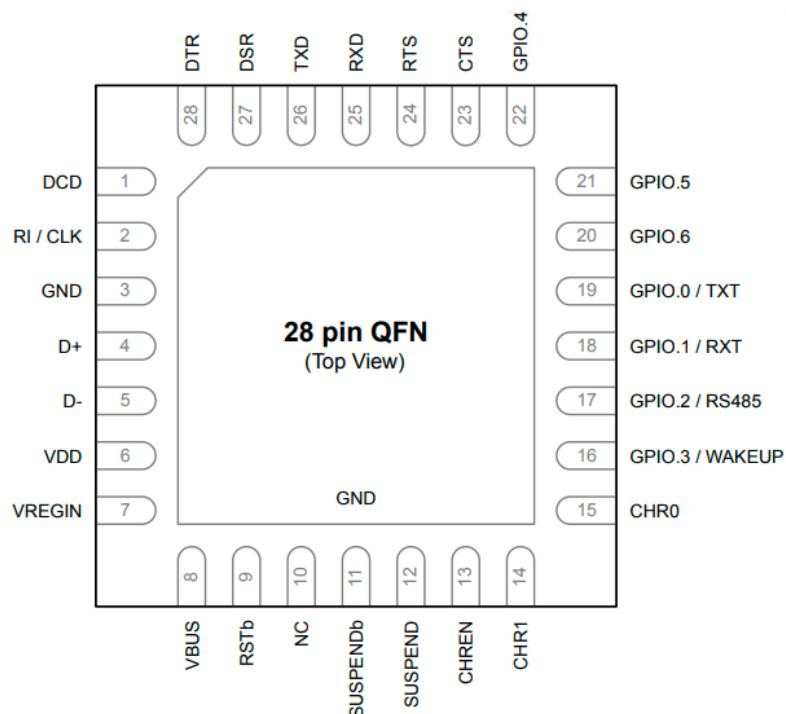
تراشه CP2102N-A01-GQFN28 یک تراشه مبدل USB به UART است که توسط شرکت Silicon Labs تولید شده است. این تراشه ارتباط بین رایانه شخصی و دستگاه‌های الکترونیکی را برقرار می‌کند و با اتصال به پورت USB رایانه، بستری برای ارتباط با دستگاه‌های الکترونیکی را فراهم می‌کند.

این تراشه دارای پروتکل USB 2.0 Full Speed است و با سرعت‌های انتقال داده ۳۰۰ بیت بر ثانیه تا ۱ مگابیت بر ثانیه کار می‌کند. همچنین، این تراشه دارای پروتکل UART است که برای ارتباط با دستگاه‌های الکترونیکی از این پروتکل استفاده می‌شود.

CP2102N-A01-GQFN28 در پکیج GQFN28 عرضه می‌شود که به صورت یک تراشه SMD است و به راحتی روی بردات که از جمله برنامه‌های مختلفی میکروکنترلر، ارتباط با مازول‌های رادیویی و ارتباط با سنسورها و دستگاه‌های دیگر الکترونیکی کاربرد دارد.

ویژگی های کلیدی این تراشه :

- سازگار با USB 2.0 با سرعت کامل
- نرخ انتقال داده تا ۳ Mb
- جریان عملیاتی کم: ۹.۵ میلی آمپر
- درایورهای پورت COM مجازی رایگان
- بدون نیاز به توسعه سیستم عامل
- پیکربندی ساده مبتنی بر رابط کاربری گرافیکی
- یکپارچه گیرنده USB بدون نیاز به مقاومت خارجی
- ساعت یکپارچه بدون نیاز به کریستال خارجی



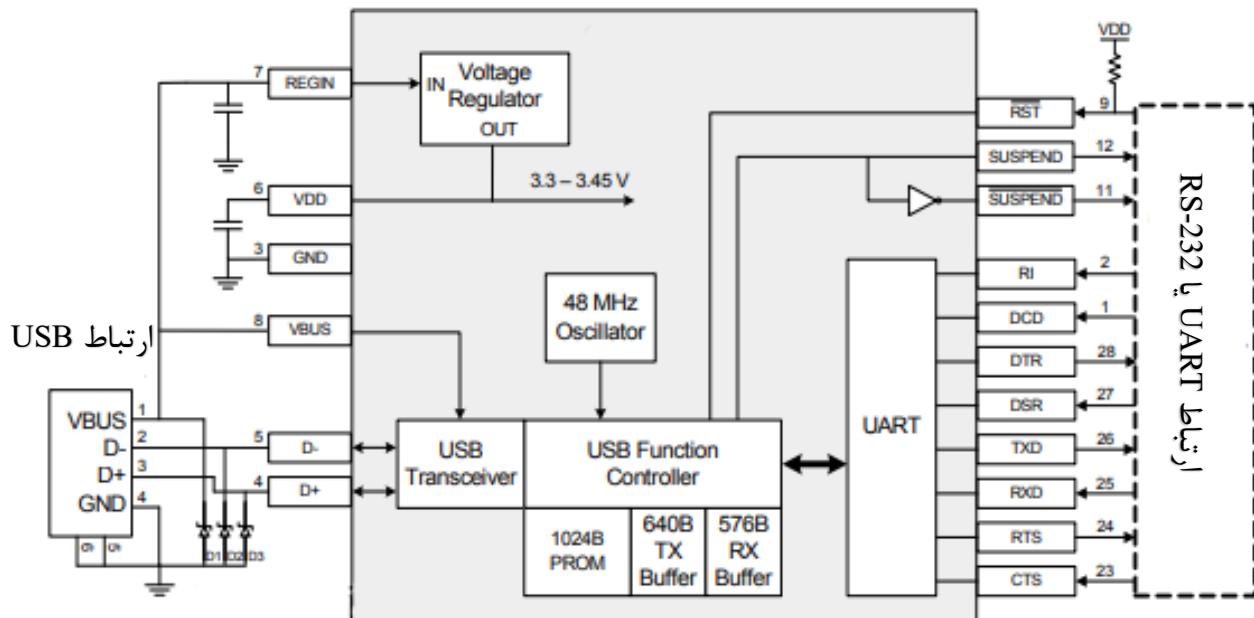
شکل ۲-۱۶ : شکل پایه های تراشه CP2102N-A01-GQFN28

جدول ۴-۲ : عملکرد پایه های تراشه CP2102N-A01-GQFN28

توصیف عملکرد	نام پایه	شماره پایه
ورودی دیجیتال: ورودی کنترل تشخیص انتقال داده (active low <sup>۱</sup> )	DCD	1
ورودی دیجیتال: ورودی کنترل نشانگر حلقه (active low) خروجی دیجیتال: خروجی ساعت	RI CLK	2
زمین	GND	3
داده مثبت USB	D+	4
داده منفی USB	D-	5
ورودی منبع تغذیه / خروجی رگولاتور ۵ ولت	VDD	6
ورودی رگولاتور ۵ ولت	VREGIN	7
ورودی دیجیتال. ورودی حسگر VBUS. این پین باید به سیگنال VBUS یک شبکه USB متصل شود. سیگنال ۵ ولتی روی این پین نشان دهنده اتصال شبکه USB است	VBUS	8
پین ریست (Active low)	RSTb	9
بدون اتصال (این پین را به چیزی متصل نکنید)	NC	10
خروجی دیجیتال : هنگامی که دستگاه وارد حالت تعليق USB می شود، این پین (LOW) می شود	SUSPENDb	11
خروجی دیجیتال: هنگامی که دستگاه وارد حالت تعليق USB می شود، این پین (HIGH) می شود	SUSPEND	12
خروجی دیجیتال: فعال کردن مدار شارژ (۱۰۰ میلی آمپر) در صورت استفاده از باتری	CHREN	13
خروجی دیجیتال: اگر جریان بیش از (1.5 A) شود فعال می شود	CHR1	14
خروجی دیجیتال: اگر جریان بیش از (1.5 A) شود فعال می شود	CHR0	15
ورودی/خروجی دیجیتال زمانی که USB متصل میشود یک پالس ارسال میکند (WAKEUP)	GPIO.3 WAKEUP	16
ورودی/خروجی دیجیتال خروجی دیجیتال. زمانی که RS485 متصل می شود یه سیگنال ارسال می کند	GPIO.2 RS485	17
ورودی/خروجی دیجیتال خروجی دیجیتال: متصل شود به LED RX را مشخص کننده	GPIO.1 RXT	18

<sup>۱</sup>- به معنی این است که ورودی یا خروجی برابر زمین است و ولتاژ آن ۰ است

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
19	GPIO.0 TXT	ورودی/خروجی دیجیتال خروجی دیجیتال: متصل شود به LED را مشخص کننده TX
20	GPIO.6	ورودی/خروجی دیجیتال
21	GPIO.5	ورودی/خروجی دیجیتال
22	GPIO.4	ورودی/خروجی دیجیتال
23	CTS	ورودی دیجیتال : پاک کردن کنترلر برای ارسال داده ها (Active low)
24	RTS	خروجی دیجیتال : ارسال سیگنال خروجی کنترل آماده ارسال (Active low)
25	RXD	ورودی دیجیتال: ورودی داده RX (UART Receive)
26	TXD	خروجی دیجیتال: خروجی داده TX (UART Transmit)
27	DSR	ورودی دیجیتال : ورودی آماده انتقال داده ها (Active low)
28	DTR	خروجی دیجیتال : خروجی آماده انتقال داده ها (Active low)
مرکز	GND	زمین



شکل ۱۷-۲: بلوک دیاگرام تراشه CP2102N-A01-GQFN28

## ۲-۲۹ : FT232RL تراشه

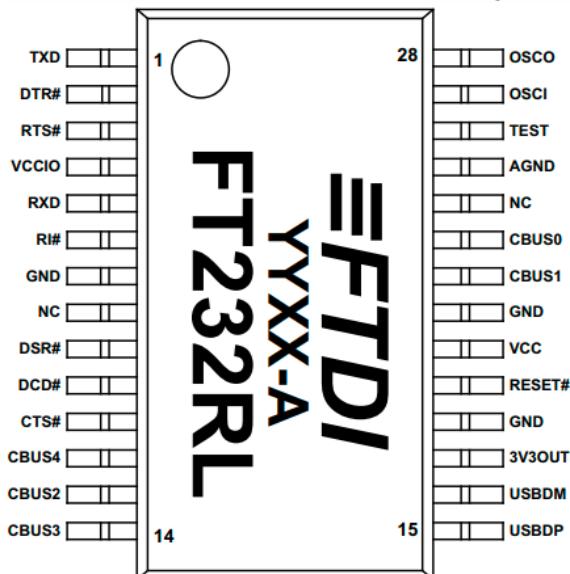
تراشه FT232RL یک تراشه تبدیل دهنده داده‌های USB به داده‌های سریال است که توسط شرکت FTDI ساخته شده است. این تراشه با استفاده از رابط USB به عنوان واسط بین کامپیوتر و دستگاه‌هایی که دارای رابط سریال هستند، امکان انتقال داده‌ها را فراهم می‌کند.

تراشه FT232RL دارای ویژگی‌هایی مانند تبدیل کننده USB به UART، تبدیل کننده جریان USB، منبع ساعت داخلی و حافظه EEPROM داخلی است. این تراشه برای استفاده در برنامه‌هایی مانند رباتیک، کنترل کننده‌ها، سیستم‌های کنترل، ابزارهای اندازه‌گیری و ... استفاده می‌شود.

تراشه FT232RL با توجه به دارا بودن درایورهایی که توسط شرکت تولید کننده آن ارائه می‌شوند، با تمامی سیستم‌عامل‌های رایج سازگاری دارد و به راحتی می‌توان آن را به کامپیوتر متصل کرد. همچنین، این تراشه دارای ابعاد کوچکی است و به راحتی در پروژه‌های الکترونیکی قابل استفاده است. استفاده از تراشه FT232RL در پروژه‌های الکترونیکی به دلیل راحتی استفاده، سازگاری با تمامی سیستم‌عامل‌های رایج و ویژگی‌های کاربردی آن مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، به دلیل پایداری و قابلیت اطمینان آن، این تراشه در بسیاری از طراحی‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ویژگی‌های کلیدی این تراشه:

- تبدیل کننده USB به UART
- منبع ساعت داخلی
- حافظه EEPROM داخلی
- سرعت انتقال داده
- سازگار با سیستم‌عامل‌های رایج
- ابعاد کوچک
- دما کاری  $-40$  تا  $85$  درجه سانتی گراد
- ولتاژ کار  $3.0$  تا  $5.25$  ولت

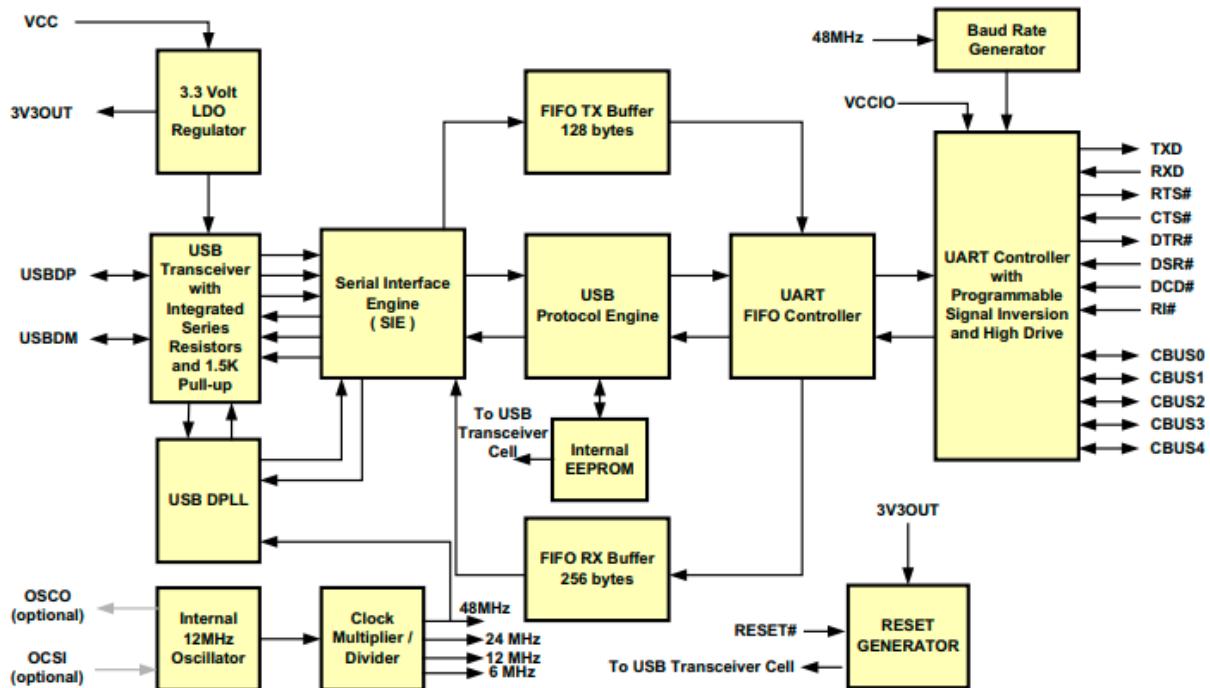


شکل ۲-۱۸ : شکل پایه‌های تراشه FT232RL

## جدول ۵ - ۲ : عملکرد پایه های تراشه FT232RL

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
1	TXD	برای اتصال به میکرو کنترلر TX
2	DTR#	پایه DTR مربوط به اتصال RS-232/RS-485 در صورت استفاده نکردن از یک خازن $100\text{nF}$ به پایه RESET متصل شود
3	RTS#	پایه RTS مربوط به اتصال RS-232/RS-485
4	VCCIO	ورودی ولتاژ بهتر است به $5\text{v}$ متصل شود
5	RXD	برای اتصال به میکرو کنترلر RX
6	RI#	پایه RI مربوط به اتصال RS-232/RS-485
7	GND	زمین
8	NC	بدون اتصال داخلی
9	DSR#	پایه DSR مربوط به اتصال RS-232/RS-485
10	DCD#	پایه DCD مربوط به اتصال RS-232/RS-485
11	CTS#	پایه CTS مربوط به اتصال RS-232/RS-485
12	CBUS4	پین ورودی/خروجی CBUS قابل تنظیم. عملکرد این پین در داخلی دستگاه پیکربندی شده است. عملکرد پیش فرض کارخانه #SLEEP است. در مبدل USB به RS-232/RS-485 استفاده می شود.
13	CBUS2	پین ورودی/خروجی CBUS قابل تنظیم. عملکرد این پین در داخلی دستگاه پیکربندی شده است. عملکرد پیش فرض کارخانه TXDEN است. در مبدل USB به RS-232/RS-485 استفاده می شود. انتقال داده را برای RS-485 فعال می کند.
14	CBUS3	پین ورودی/خروجی CBUS قابل تنظیم. عملکرد این پین در داخلی دستگاه پیکربندی شده است. عملکرد پیش فرض کارخانه #PWREN است. در مبدل USB به RS-232/RS-485 استفاده می شود.
15	USBDP	اتصال به سیگنال مثبت USB
16	USBDM	اتصال به سیگنال منفی USB
17	3V3OUT	خروجی $3.3\text{v}$
18	GND	زمین
19	RESET#	می تواند توسط یک دستگاه خارجی برای ریست کردن FT232R استفاده شود. در صورت عدم نیاز، می توان آن را بدون اتصال رها کرد، یا به VCCIO متصل کرد.

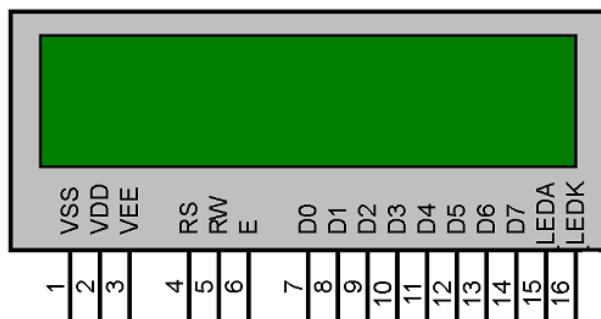
شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
20	VCC	ولتاژ تغذیه ۵v
21	GND	زمین
22	CBUS1	پین ورودی/خروجی CBUS قابل تنظیم. عملکرد این پین در داخلی دستگاه پیکربندی شده است. عملکرد پیش فرض کارخانه RXLED است. زمانی که پایه RX فعال می شود این پایه نیز فعال می شود میتوان به یک LED متصل کردن جهت نمایش
23	CBUS0	پین ورودی/خروجی CBUS قابل تنظیم. عملکرد این پین در داخلی دستگاه پیکربندی شده است. عملکرد پیش فرض کارخانه RXLED است. زمانی که پایه RX فعال می شود این پایه نیز فعال می شود میتوان به یک LED متصل کردن جهت نمایش
24	NC	بدون اتصال داخلی
25	AGND	منبع زمین آنالوگ دستگاه برای ضرب کننده ساعت داخلی
26	TEST	دستگاه را در حالت تست قرار می دهد. برای عملکرد عادی باید به GND متصل شود.
27	OSCI	ورودی اُسیلاتور ۱۲ مگاهرتز. برای عملکرد عادی بدون اتصال رها می شود
28	OSCO	خروجی به اُسیلاتور ۱۲ مگاهرتز. برای عملکرد عادی بدون اتصال رها می شود



شکل ۲-۱۹ : بلوک دیاگرام تراشه FT232RL

## ۲-۳۰ ال سی دی کاراکتری LCD :

ال سی دی کاراکتری (LCD) یک نوع نمایشگر الکترونیکی است که برای نمایش اطلاعات با استفاده از سلول های خاص مایع به کار می رود. این نمایشگرها برای نمایش اعداد، حروف و علائم ریاضی و غیره استفاده می شوند و معمولاً در دستگاه های الکترونیکی، مانیتورهای کوچک، ساعت های دیجیتال و دستگاه های پزشکی و صنعتی استفاده می شوند. یکی از ویژگی های ال سی دی کاراکتری، مصرف بسیار کم انرژی آن است که آن را به یکی از محبوب ترین نوع نمایشگرها در دستگاه های قابل حمل تبدیل کرده است.



شکل ۲-۲۰ : ال سی دی کاراکتری

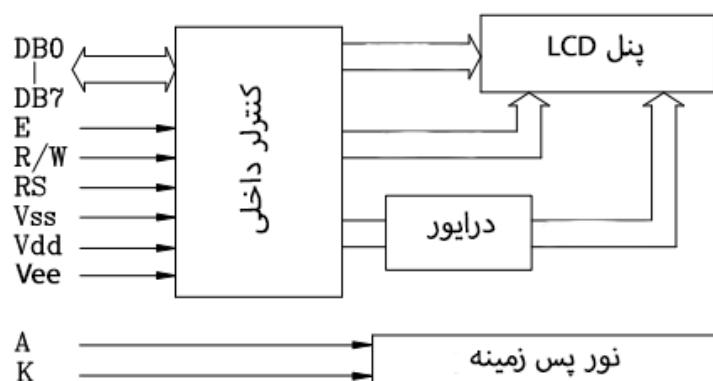
جدول ۲-۶ : عملکرد پایه های ال سی دی کاراکتری

شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
1	VSS	زمین(منفی)
2	VDD	ولت(مثبت)
3	VEE(V0)	ولتاژ کنترل شدت نور صفحه
4	RS(C/D)	سیگنال انتخاب ریجستر وقتی RS=0 رجیستر دستور انتخاب می شود وقتی RS=1 رجیستر داده انتخاب می شود
5	R/W	R/W=0 برای نوشتن اطلاعات R/W=1 برای خواندن اطلاعات
6	E	سیگنال فعال سازی
7-14	DB0-DB7	پین های انتقال دستورات و داده ها
15	A	آنود LCD پشت زمینه
16	K	کاتود LCD پشت زمینه

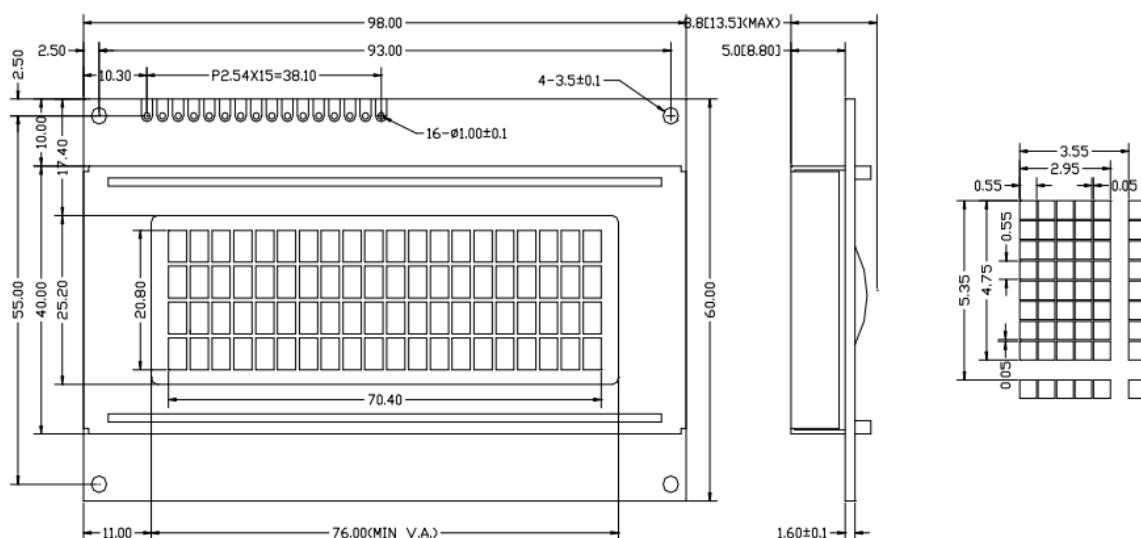
ال سی دی کاراکتری (LCD) برای نمایش تصاویر و متن ها در دستگاه های الکترونیکی استفاده می شود. این نوع صفحه نمایش توسط ماده ای به نام "کریستال مایع (Liquid Crystal)" که در میان دو لایه شیشه قرار دارد، ساخته می شود.

در ال سی دی کاراکتری، الکترودهایی به نام "ترازوی (Indium Tin Oxide)" بر روی دو لایه شیشه قرار دارند. این الکترودها به منابع جریان الکتریکی متصل شده و با تولید الکتریسیته، کریستال مایع را تحریک می کنند. الکترودهای دیگری نیز به کریستال مایع متصل شده و در نتیجه تصاویر و متن ها را نمایش می دهند.

یکی از مزایای ال سی دی کاراکتری نسبت به صفحه های نمایشی دیگر، مصرف انرژی کمتر آن است. برای این که تصویر به خوبی قابل مشاهده باشد، نیازی به پس زمینه نورانی نیست و در نتیجه این نوع صفحه نمایش برای تجهیزاتی که با باتری کار میکنند بسیار مناسب است.



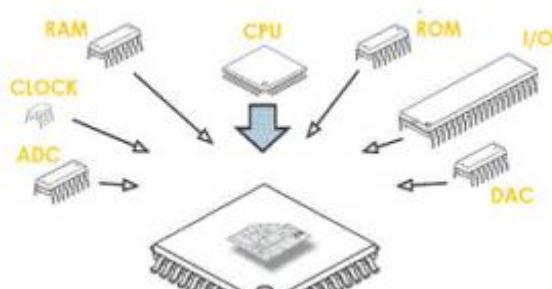
شکل ۲۱ : بلوک دیاگرام ال سی دی کاراکتری



شکل ۲۲ : اندازه ال سی دی کاراکتری ۴x۲۰

## ۲-۳۱ میکرو کنترلر :

میکرو کنترلر یک نوع رایانه کوچک است که شامل واحد پردازشگری، حافظه و واحد های ورودی/خروجی است. این دستگاه ها برای کنترل سیستم های الکترونیکی استفاده می شوند و به دلیل اندازه کوچک، مصرف کم انرژی،



شکل ۲-۲۳ : میکرو کنترلر

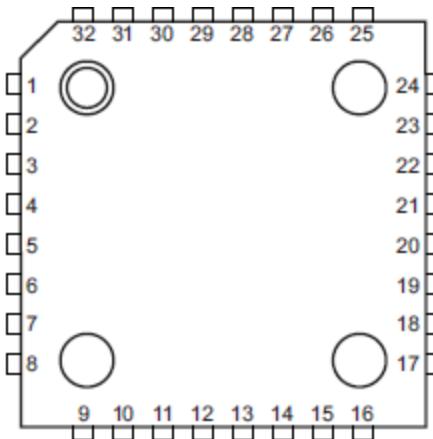
قابلیت برنامه ریزی و کارایی بالا در کاربردهای گوناگونی از جمله رباتیک، خودروهای هوشمند، سیستم های خانگی و صنعتی و ... مورد استفاده قرار می گیرند. این دستگاه ها به زبان های برنامه نویسی مثل C برنامه ریزی می شوند .

## ۲-۳۲ میکرو کنترلر AVR :

میکرو کنترلر AVR، یک خانواده از میکرو کنترلرهای تک تراشه ای است که از حافظه فلش درون چیپ برای ذخیره برنامه استفاده می کنند. این میکرو کنترلرهای توسعه داده شده و یکی از اولین خانواده های میکرو کنترلر بودند که از حافظه فلش درون چیپ برای ذخیره برنامه استفاده می کردند AVR. معمولاً در برنامه های تعبیه شده آموزشی و سرگرمی استفاده می شوند و در بسیاری از بردهای توسعه سخت افزاری متن باز به کار گرفته می شوند. خانواده AVR به چندین دسته بندی تقسیم می شوند که در آنها اختلافاتی در اندازه حافظه فلش، فرکانس، پکیج، EEPROM و SRAM وجود دارد.

در این پایان نامه از میکرو کنترلر AVR ATmega 328 استفاده خواهیم کرد که به برخی از ویژگی های آن در زیر اشاره خواهیم کرد :

- این میکرو کنترلر دارای هسته پردازنده ۸ بیتی AVR بوده و با فرکانس ۲۰ مگاهرتز کار می کند.
- ۳۲ کیلو بایت حافظه FLASH و ۱ کیلو بایت حافظه دائمی EEPROM روی تراشه را فراهم می کند.
- دارای ۲۳ پین ورودی/خروجی و پروتکل های ارتباطی: I2C, SPI, UART/USART می باشد.
- ولتاژ کاری ۱.۸ تا ۵.۵ ولت بوده و در محدود دمایی -۴۰ تا +۸۵ درجه سانتی گراد کار می کند.



شکل ۲-۲۴ : میکرو کنترلر ATMEGA328 SMD

جدول ۷-۲ : عملکرد پایه های میکروکنترلر ATMEGA328 SMD

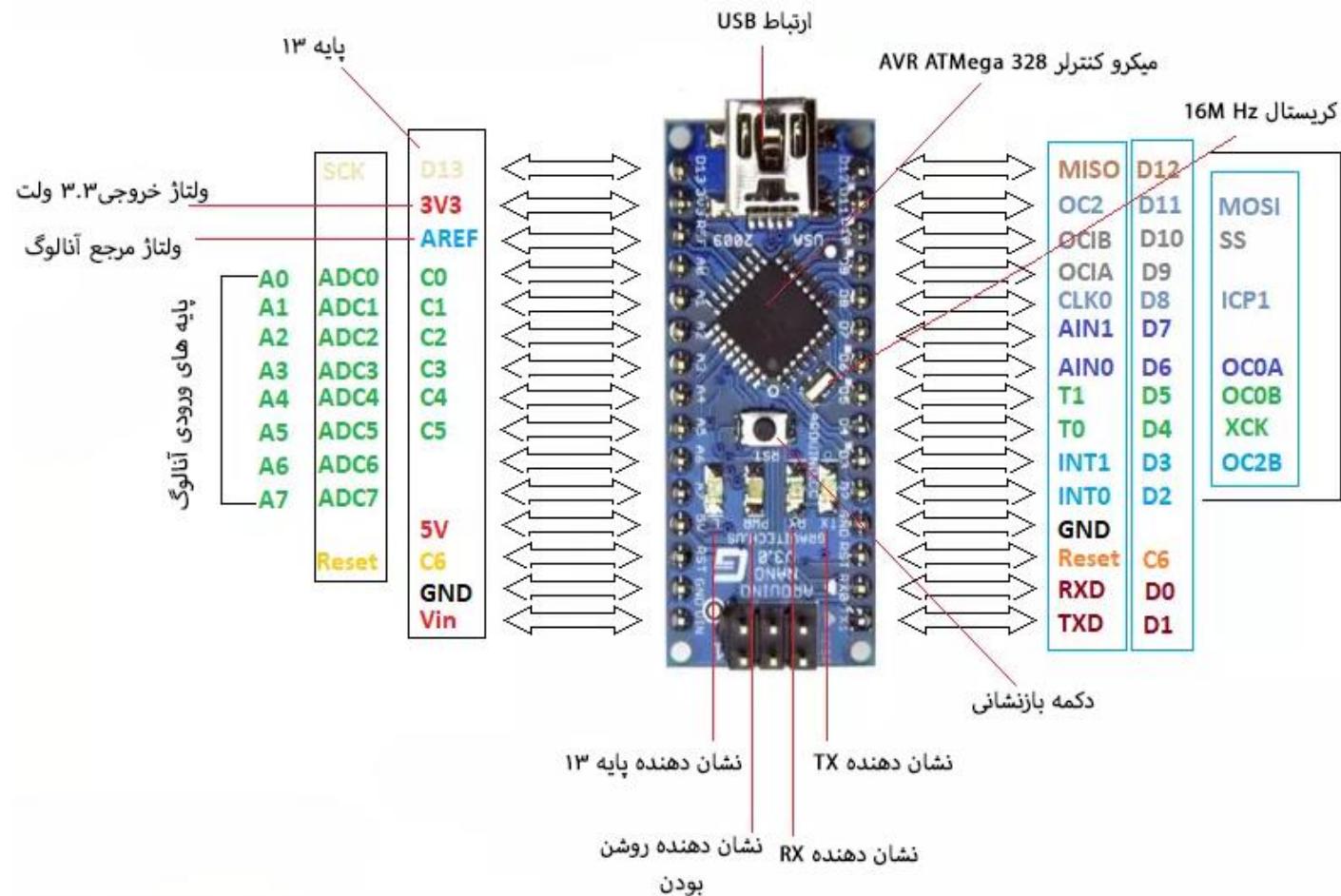
شماره پایه	نام پایه	توصیف عملکرد
1-2-9-10- 11-30-31-32	Port D	پورت D یک پورت ورودی/خروجی دو جهته ۸ بیتی است.
3-5	GND	زمین
4-6	Vcc	ولتاژ ورودی
7-8-12-13- 14-15-16-17	Port B	پورت B یک پورت ورودی/خروجی دو جهته ۸ بیتی است. با این تفاوت که در لحظه راه اندازی اولیه فعال خواهد شد
18	AVcc	پایه ولتاژ تغذیه برای مبدل A/D ، است. حتی اگر از ADC استفاده نمی شود، باید از خارج به Vcc متصل شود.
19-22	ADC	این پین ها به عنوان ورودی آنالوگ به مبدل A/D عمل می کند. و ۱۰ بیتی هستند.
20	AREF	پین مرجع آنالوگ برای مبدل A/D است.
23-24-25- 26-27-28-29	Port C	پورت C یک پورت ورودی/خرجی ۷ بیتی است.
29	PC6/RESET	در صورت فعال شدن میکرو کنترلر باز نشانی می شود.

## ۲-۳۳ آردوینو:

آردوینو یک پلتفرم سخت افزاری و نرم افزاری منبع باز است که برای پروژه‌ها و دستگاه‌های سخت افزاری تعاملی طراحی شده است. آردوینو شامل انواع برد‌های مبتنی بر میکروکنترلرهای مختلف است که آردوینو UNO محبوب‌ترین آنهاست. این پلتفرم به کاربران اجازه می‌دهد تا هم سخت‌افزار و هم نرم‌افزار را اصلاح کنند و پروژه‌ها خود را در کم ترین زمان ممکن طراحی کنند. محیط برنامه نویسی برای آردوینو Arduino IDE است که یک محیط برنامه نویسی ساده با امکان برنامه نویسی بردها به زبان‌های C یا C++ است. سخت‌افزار و نرم‌افزار منبع باز هستند و هر کسی می‌تواند آن را به سلیقه خود اصلاح کند و بهبود ببخشد.

در این پایان نامه از برد Arduino NANO استفاده خواهیم کرد که در زیر برخی از ویژگی‌های آن گفته شده است.

- پین‌های ورودی آنالوگ : ۸
- Clock Speed : 16 MHz •
- ولتاژ کاری : ۵ ولت •
- ولتاژ ورودی (پشنهداد شده) : ۱۲-۷ ولت •
- ولتاژ ورودی (محدوده) : ۲۰-۶ ولت •
- پین‌های ورودی/خروجی دیجیتال : ۱۴ عدد •
- عدد دیجیتال ( PWM ) : ۶ عدد
- مقدار EEPROM برابرست با ۱ کیلوبايت
- مقدار SRAM برابرست با ۲ کیلوبايت
- حافظه فلاش برای بوت لودر : ۲ کیلوبايت
- حافظه فلاش : ۳۲ کیلوبايت
- جریان DC مجاز هر پین : ۴۰ میلی آمپر



شکل ۲۵ - ARDUINO Nano :

## جدول ۲-۸ : عملکرد پایه های ARDUINO Nano

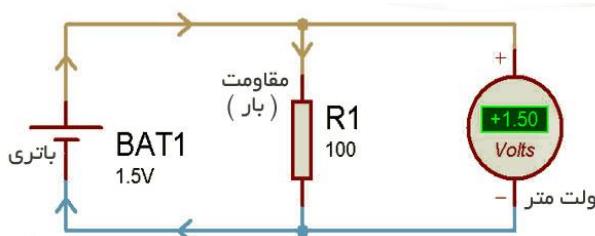
اسم پایه	توصیف عملکرد
Vin	ولتاژ ورودی به برد هنگام استفاده از منبع تغذیه خارجی. مقدار پیشنهادی ۷ تا ۱۲ ولت است. حداقل ولتاژ ۵ ولت است.
3.3V	ولتاژ ۳.۳ ولت خروجی رگولاتور
5V	ولتاژ ۵ ولت خروجی رگولاتور
GND	زمین
RESET	با فعال شدن این پایه یا دکمه باز نشانی بر روی برد میکرو کنترلر باز نشانی می شود
TX/RX	این پین ها برای برقراری ارتباط سریال استفاده میشوند و RX نقش دریافت و TX نقش فرستنده را دارد.
پین های آنالوگ	برد آردوینو نانو دارای ۸ پین آنالوگ از پایه A0 تا A7 است. این پین ها برای اندازه گیری ولتاژ از ۰ تا ۵ ولت استفاده میشوند.
پین 13	پین ۱۳ برد آردوینو Nano متصل به ال ای دی داخلی برد است.
PWM	در برد آردوینو نانو ما ۶ پین PWM به شماره های ۱۰،۹،۱۱،۵،۶،۳ در اختیار داریم که میتوانند برای تولید ۸ کanal PWM استفاده شوند.
SPI	از چهار پایه (SS)، (MOSI)، (SCK)، (MISO) برای SPI (رابط سریال محیطی) استفاده می شود. SPI یک گذرگاه رابط است و عمدتاً برای انتقال داده ها بین میکروکنترلرها و سایر وسایل جانبی مانند سنسورها ، کارت SD و ... استفاده می شود.
وقفه های خارجی	پایه های ۲ و ۳ به عنوان وقفه های خارجی استفاده می شوند که در موارد اضطراری هنگامی که ما نیاز به توقف برنامه اصلی داریم از آنها استفاده می شود. در این هنگام برنامه اصلی متوقف میشود و دستورات وقفه اجرا میشود. سپس ادامه برنامه اصلی اجرا میشود.
I2C	ارتباطات I2C با استفاده از پین های A4 و A5 ایجاد می شود که A4 نشان دهنده خط داده سریال (SDA) است که اطلاعات را حمل می کند و A5 نشان دهنده خط ساعت سریال (SCL) است که یک سیگنال ساعت است که توسط دستگاه اصلی تولید می شود و برای هماهنگ سازی داده ها بین دستگاه های موجود در I2C استفاده میشود.

## ۲-۳۴ روش های اندازه گیری ولتاژ:

روش های اندازه گیری ولتاژ به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: مستقیم و غیر مستقیم. در روش مستقیم، ولتاژ با استفاده از یک ولت متر مستقیم اندازه گیری می شود. در روش غیر مستقیم، ولتاژ با استفاده از دستگاه هایی مانند ترانسها، دستگاه های اندازه گیری دیجیتال، اپتو الکترونیک، تقسیم مقاومتی و... اندازه گیری می شود. همچنین، در بعضی از موارد از روش های ترکیبی مانند استفاده از یک ترانس جریان و ولت متر دیجیتال استفاده می شود. برای اندازه گیری دقیق ولتاژ، رفنس های مختلفی مانند رفنس داخلی و خارجی، همچنین رفنس های سطح بالا مانند گستره میانگین ولتاژ و گستره ابتدایی ولتاژ استفاده می شود.

روش های مختلفی برای اندازه گیری ولتاژ در مدارهای الکتریکی وجود دارد. در اینجا چند روش متداول با ارجاع به اطلاعات بیشتر آورده شده است:

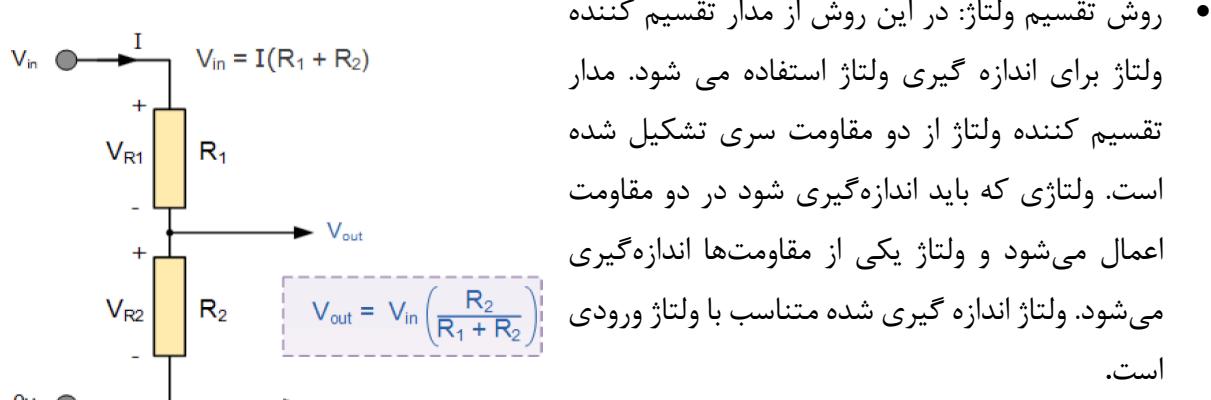
- روش مولتی متر دیجیتال (DMM): این روش رایج ترین روش برای اندازه گیری ولتاژ است. DMM یک



دستگاه قابل حمل است که ولتاژ، جریان و مقاومت را اندازه گیری می کند. دارای نمایشگر دیجیتالی است که مقدار اندازه گیری شده را نشان می دهد.

شکل ۲-۲۶ : مدار اندازه گیری ولتاژ

- روش اسیلوسکوپ: اسیلوسکوپ وسیله ای است که نمودار ولتاژ را در طول زمان نمایش می دهد. برای اندازه گیری ولتاژ سیگنال AC یا شکل موج پیچیده استفاده می شود.



شکل ۲-۲۷ : مدار تقسیم ولتاژ

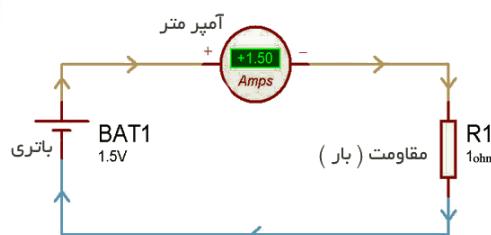
اینها برخی از روش های رایج برای اندازه گیری ولتاژ هستند. بسته به کاربرد، می توان از یک یا چند مورد از این روش ها استفاده کرد.

### ۳-۳۵ روش های اندازه گیری جریان :

جریان الکتریکی یک پارامتر مهم در بسیاری از سیستم ها و دستگاه های الکترونیکی و الکتریکی است. روش های مختلفی برای اندازه گیری جریان الکتریکی وجود دارد که برخی از این روش ها به شرح زیر است:

- استفاده از آمپر متر: این روش ساده و سرراست است. آمپر متر وسیله ای برای اندازه گیری جریان الکتریکی

است که معمولاً به صورت سری به مداری که می خواهیم جریان آن را اندازه گیری کنیم متصل می شود. به این ترتیب می توانیم مستقیماً جریان را اندازه گیری کنیم. با این حال، این روش ممکن است برای جریان های بزرگ با مشکلاتی مواجه شود.

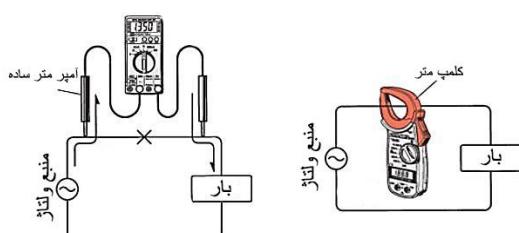


شکل ۲-۲۸ : مدار اندازه گیری جریان

- استفاده از روش های غیر مخرب: از روش های غیر مخرب مانند حسگرهای میدان مغناطیسی می توان برای اندازه گیری جریان الکتریکی بدون قطع شدن مدار استفاده کرد. اثر هال و سیم پیچ روگوفسکی دو نمونه از این سنسورها هستند.

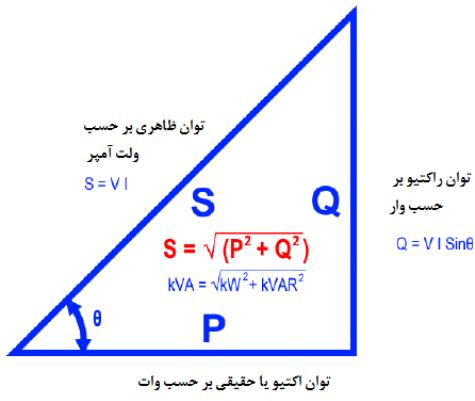
- استفاده از کلمپ متر: کلمپ متر که به عنوان گیره جریان یا گیره آمپر نیز شناخته می شود، وسیله ای

است که جریان را با قرار گرفتن دور یک هادی اندازه گیری می کند. این روش اغلب در شرایطی استفاده می شود که برقراری اتصال الکتریکی مستقیم به مدار مورد اندازه گیری دشوار است.



شکل ۲-۲۹ : استفاده از کلمپ برای اندازه گیری جریان

استفاده از ترانسفورماتور جریان (CT): ترانسفورماتور جریان (CT) یا همان ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان، یک دستگاه است که برای اندازه‌گیری جریان بالا و بدون نیاز به اتصال مستقیم به مدار استفاده می‌شود. این دستگاه بر اساس اصل تغییر میدان مغناطیسی و برای اندازه‌گیری جریان متناوب (AC) طراحی شده است. ترانسفورماتور جریان از دو بخش تشکیل شده است: قسمت اول شامل یک هسته مغناطیسی است. بخش دوم ترانسفورماتور، سیم پیچ است که حاوی جریان کمتری نسبت به هادی اصلی است. میدان مغناطیسی هادی اصلی از طریق هسته مغناطیسی می‌گذرد. و میدان مغناطیسی را در هسته ایجاد می‌کند با این کار جریانی در سیم پیچ فرعی ایجاد می‌شود. که با یک نسبت تبدیلی نسبت به جریان هادی اصلی است به عنوان مثال نسبت تبدیل ۱۰۰۰:۱ به این معنی است که اگر ۱۰۰۰ آمپر از هادی اصلی عبور کند مقدار جریان سیم پیچ یک آمپر خواهد بود.



شکل ۲-۲۹ : مثلث توان

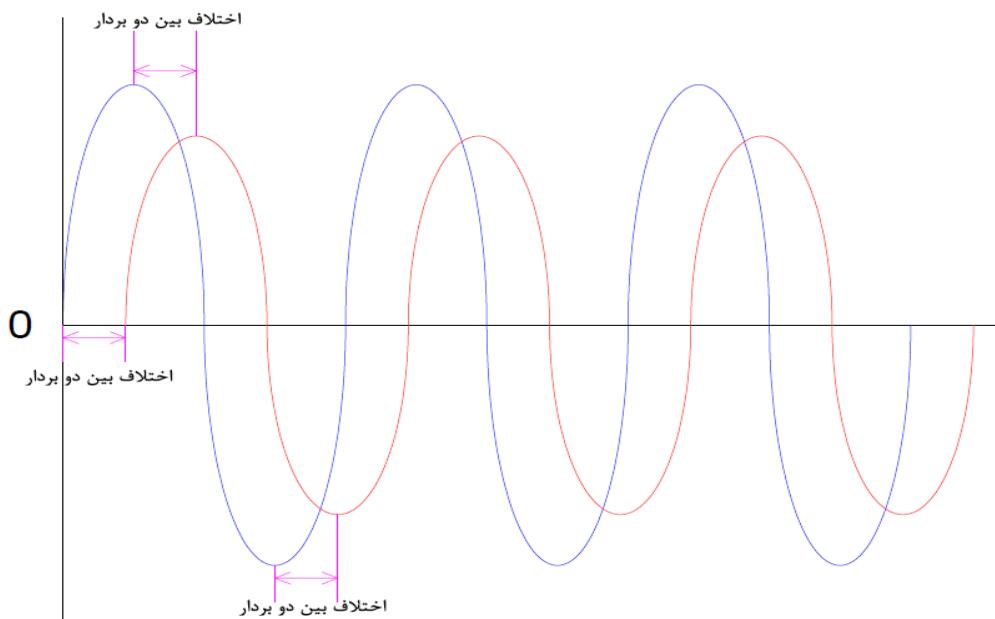
وات متر تنها میزان توان اکتیو یک سیستم را نمایش می‌دهد. برای اندازه‌گیری توان راکتیو می‌توان از وار متر و برای اندازه‌گیری اختلاف فاز می‌توان از کسینوس فی متر به صورت مجزا استفاده کرد.

در واقع در این تجهیزات میزان ولتاژ، جریان و اختلاف فاز بین آن‌ها محاسبه می‌شود. در وات متر پس از اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و اختلاف فاز مقدار نهایی توان با عقربه یا به صورت دیجیتال نمایش داده می‌شود. در وارمتر نیز میزان ولتاژ، جریان و اختلاف فاز اندازه‌گیری شده و مقدار توان راکتیو نهایی محاسبه می‌شود. در نظر داشته باشید که میزان ولتاژ و جریان در کسینوس فی متر مهم نبوده و فقط اختلاف فاز نمایش داده می‌شود. از آنجایی که اختلاف فاز در یک مدار می‌تواند سلفی یا خازنی باشد در انواع کسینوس فی مترها عدد ۱ در وسط و مقادیر منفی و مثبت در طرفین آن هستند.

در زمانی که بخواهیم ما مقادیر توان را برای هر سه فاز بررسی کنیم با تجهیزات زیادی رو به رو می شویم یا میتوانیم از کلید ها مخصوص استفاده کنیم اما بهترین پیشنهاد برای اندازه گیری توان در شبکه های سه فاز استفاده از پاورمتر و پاور آنالایزرهای دیجیتال است. این دستگاه ها دارای چندین ورودی ترانس جریان و ولتاژ بوده و قادر به اندازه گیری توان اکیتو و راکتیو و ظاهری هر فاز و مجموع آن ها هستند.

#### ۲-۳۷ روش اندازه گیری ضریب توان( $\text{COS}\phi$ ):

ضریب توان در حقیقت زاویه بین بردار ولتاژ و جریان است ، بنا بر این ما برای اندازه گیری ضریب توان باید از بردار های ولتاژ و جریان نمونه برداری کنیم ، و با بررسی زاویه بین بردار ولتاژ و بردار جریان ضریب توان را مشخص کنیم. این اختلاف بین دو بردار بین  $180^\circ$  تا  $180^\circ$ - درجه است ، و باید توجه داشت که فرکانس در هر دو بردار برابر با هم است.



شکل ۲-۳۰ : اندازه گیری ضریب توان

## ۲-۳۸ روش اندازه گیری فرکانس:

فرکانس تعداد سیکل های یک سیگنال در ثانیه است. روش های مختلفی برای اندازه گیری فرکانس وجود دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می شود:

- استفاده از فرکانس متر: فرکانس متر یک دستگاه اندازه گیری است که برای اندازه گیری فرکانس سیگنال ها استفاده می شود. این دستگاه فرکانس یک سیگنال را با اندازه گیری تعداد سیکل در ثانیه محاسبه می کند.
- استفاده از اسیلوسکوپ: اسیلوسکوپ یک وسیله اندازه گیری است که برای مشاهده و تجزیه و تحلیل سیگنال های الکترونیکی استفاده می شود. فرکانس یک سیگنال الکترونیکی را می توان با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه گیری کرد.
- استفاده از مولتی متر دیجیتال: برخی از مولتی مترهای دیجیتال مجهز به قابلیت اندازه گیری فرکانس هستند. در این حالت فرکانس سیگنال های الکترونیکی با استفاده از مولتی متر دیجیتال قابل اندازه گیری است.
- استفاده از روش های مبتنی بر نرم افزار: در برخی موارد فرکانس سیگنال های الکترونیکی را می توان با استفاده از برنامه های نرم افزاری کامپیوتری و میکروکنترلر ها اندازه گیری کرد. این برنامه ها معمولاً به ورودی یک دستگاه خارجی مانند اسیلوسکوپ یا مولتی متر دیجیتال نیاز دارند.

توجه به این نکته ضروری است که دقت اندازه گیری فرکانس تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند کیفیت دستگاه اندازه گیری، پایداری منبع سیگنال و وجود تداخل خارجی است.

# فصل سوم

در مرجع [۱] "طراحی و ساخت یک پاور متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR و تبدیل آنالوگ به دیجیتال" در این مقاله، طراحی و ساخت یک پاور متر دیجیتال بر اساس میکروکنترلر AVR و تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC) مورد بررسی قرار می‌گیرد. پاورمترها برای اندازه‌گیری و نمایش قدرت (توان) مصرفی یک مسیر جریان استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر AVR و ADC برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های آنالوگ استفاده شده است.

مقاله به طور کامل روش طراحی و پیاده‌سازی پاورمتر را شرح می‌دهد، از جمله انتخاب میکروکنترلر AVR مناسب، اتصال و استفاده از ماژول ADC، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، محاسبه قدرت مصرفی و نمایش آن در نمایشگر دیجیتال شرح داده. همچنین، نتایج آزمایشات عملی و مشخصات فنی پاورمتر نیز در مقاله ذکر شده است.

در مرجع [۲] توسعه پاور متر برق دیجیتال برای کنترل و نظارت بر مصرف انرژی در صنعت". در همایش ملی مهندسی برق و الکترونیک ایران ارائه شده است. در این مقاله، توسعه یک پاورمتر برق دیجیتال برای کنترل و نظارت بر مصرف انرژی در صنعت مورد بررسی قرار می‌گیرد. (پاورمترها برای اندازه‌گیری و نمایش قدرت (توان) مصرفی در سیستم‌های برقی استفاده می‌شوند). در این مقاله، توسعه یک پاورمتر بر اساس فناوری دیجیتال و الکترونیکی برای کنترل و نظارت بر مصرف انرژی در صنعت ارائه می‌شود.

مقاله به طور کامل روش توسعه و پیاده‌سازی پاورمتر را توضیح می‌دهد، از جمله انتخاب قطعات الکترونیکی مناسب، اتصالات و مدارهای مورد نیاز، الگوریتم‌ها و محاسبات مرتبط با اندازه‌گیری و نمایش اطلاعات قدرت مصرفی. همچنین، نتایج آزمایشات عملی و کارایی پاورمتر در محیط‌های صنعتی نیز در مقاله گزارش شده است.

در مرجع [۳] پاور متر برق هوشمند مبتنی بر میکروکنترلر STM32 " یک مقاله علمی است که در مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران منتشر شده است. در این مقاله، پاورمتر برق هوشمند مبتنی بر میکروکنترلر STM32 مورد بررسی قرار می‌گیرد. پاورمترها برای اندازه‌گیری و نمایش قدرت (توان) مصرفی در سیستم‌های برقی استفاده می‌شوند. در این مقاله، طراحی و پیاده‌سازی یک پاورمتر هوشمند با استفاده از میکروکنترلر STM32 مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این مقاله به طور کامل روش طراحی و پیاده‌سازی پاورمتر شرح داده شده است ، از جمله انتخاب میکروکنترلر STM32، استفاده از سنسورها و قطعات مورد نیاز، روش‌های اندازه‌گیری و پردازش داده‌های قدرت مصرفی و نمایش اطلاعات در نمایشگر. همچنین، نتایج آزمایشات عملی و عملکرد پاورمتر در مقاله گزارش شده است.

در مرجع [۴] "ساخت کسینوس فی متر با استفاده از ترانزیستورهای جامد و دیودهای مبتنی بر نانوساختارها". مقاله‌ای است که در مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران منتشر شده است، به ساخت یک کسینوس فی متر با استفاده از ترانزیستورهای جامد و دیودهای مبتنی بر نانوساختارها می‌پردازد. در این مقاله، روشی برای ساخت کسینوس فی متر با استفاده از ترانزیستورهای جامد و دیودهای مبتنی بر نانوساختارها معرفی شده است. کسینوس فی مترها به منظور اندازه‌گیری و نمایش فاز و تراز جریان و ولتاژ استفاده می‌شوند. در این مقاله، استفاده از ترانزیستورها و دیودهای با ساختار نانو برای ایجاد کسینوس فی متر بررسی شده است.

مقاله به طور کامل روش ساخت کسینوس فی متر با استفاده از ترانزیستورهای جامد و دیودهای نانو را شرح می‌دهد، همچنین به معرفی نانوساختارهای مورد استفاده، طراحی و پیاده‌سازی مدار، روش‌های اندازه‌گیری و تراز کردن جریان و ولتاژ، و نمایش اطلاعات مربوطه. همچنین، نتایج آزمایشات عملی و کارایی کسینوس فی متر در مقاله گزارش شده است.

در مرجع [۵] "طراحی و پیاده‌سازی یک کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور" به طراحی و پیاده‌سازی یک کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور می‌پردازد. در این مقاله، یک روش طراحی و پیاده‌سازی کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور ارائه شده است. کسینوس فی مترها برای اندازه‌گیری و نمایش فاز و تراز جریان و ولتاژ استفاده می‌شوند. در این مقاله، استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور برای ساخت کسینوس فی متر بررسی شده است.

مقاله به طور کامل روش طراحی و پیاده‌سازی کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور را توضیح می‌دهد، از جمله معرفی مدولاسیون عملکرد ترانزیستور، طراحی و پیاده‌سازی مدار، روش‌های اندازه‌گیری و نمایش اطلاعات فاز و تراز. همچنین، نتایج آزمایشات عملی و عملکرد کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور نیز در مقاله گزارش شده است.

در مرجع [۶] "طراحی و ساخت یک ولت‌متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR" در این مقاله، روشی برای طراحی و ساخت یک ولت‌متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR معرفی شده است. ولت‌مترها برای اندازه‌گیری و نمایش ولتاژهای الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر AVR برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های ولتاژ استفاده شده است.

مقاله به طور خلاصه به روش طراحی و ساخت ولت‌متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR می‌پردازد، از جمله انتخاب میکروکنترلر AVR، استفاده از مازول‌های ولتاژ، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، پردازش داده‌های ولتاژ و نمایش آن در نمایشگر دیجیتال.

در مرجع [۷] "ساخت ولت‌متر دیجیتال بر مبنای میکروکنترلر STM32". به طراحی و ساخت یک ولت‌متر دیجیتال بر مبنای میکروکنترلر STM32 می‌پردازد. در این مقاله، روشی برای ساخت یک ولت‌متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 معرفی شده است. ولت‌مترها برای اندازه‌گیری و نمایش ولتاژهای الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر STM32 برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های ولتاژ استفاده شده است.

مقاله به طور کامل روش ساخت ولت‌متر دیجیتال بر مبنای میکروکنترلر STM32 را توضیح می‌دهد، از جمله انتخاب میکروکنترلر STM32، استفاده از مازول‌های ولتاژ، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، پردازش داده‌های ولتاژ.

در مرجع [۸] "طراحی و ساخت یک آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR". به طراحی و ساخت یک آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR می‌پردازد. در این مقاله، روشی برای طراحی و ساخت یک آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR معرفی شده است. آمپرمترها برای اندازه‌گیری و نمایش جریان الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر AVR برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های جریان استفاده شده است.

مقاله به طور کامل روش طراحی و ساخت آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR را شرح می‌دهد، از جمله انتخاب میکروکنترلر AVR، استفاده از سنسورها و قطعات مورد نیاز، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، پردازش داده‌های جریان و نمایش آن در نمایشگر دیجیتال.

در مرجع [۹] "ساخت آمپرmetر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32". ساخت آمپرmetر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 ، که در همایش ملی مهندسی برق و کامپیوتر ایران ارائه شده است، به ساخت یک آمپرmetر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 می‌پردازد.

در این مقاله، روشی برای ساخت یک آمپرmetr دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 معرفی شده است. آمپرmetrها برای اندازه‌گیری و نمایش جریان الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر STM32 برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های جریان استفاده شده است.

در مرجع [۱۰] "ساخت آمپرmetr دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32" ، در همایش ملی مهندسی برق و کامپیوتر ایران ارائه شده است، به ساخت یک آمپرmetr دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 می‌پردازد. در این مقاله، روشی برای ساخت یک آمپرmetr دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 معرفی شده است. آمپرmetrها برای اندازه‌گیری و نمایش جریان الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر STM32 برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های جریان استفاده شده است.

مقاله به طور کامل روش ساخت آمپرmetr دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32 را توضیح می‌دهد، از جمله انتخاب میکروکنترلر STM32 ، استفاده از سنسورها و قطعات مورد نیاز، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، پردازش داده‌های جریان و نمایش آن در نمایشگر دیجیتال.

در مرجع [۱۱] "طراحی و پیاده‌سازی یک آمپرmetr دیجیتال ساده با استفاده از میکروکنترلر AVR ." در این مقاله، روشی برای طراحی و پیاده‌سازی یک آمپرmetr دیجیتال ساده با استفاده از میکروکنترلر AVR معرفی شده است. آمپرmetrها برای اندازه‌گیری و نمایش جریان الکتریکی استفاده می‌شوند. در این مقاله، از میکروکنترلر AVR برای اندازه‌گیری و پردازش سیگنال‌های جریان استفاده شده است.

مقاله به طور کامل روش طراحی و پیاده‌سازی آمپرmetr دیجیتال ساده با استفاده از میکروکنترلر AVR را توضیح می‌دهد،

### **In reference [12] "Design and Implementation of V98xx Power Meter Chip for Smart Grid Applications"**

به طراحی و پیاده‌سازی تراشه V98xx برای کاربردهای شبکه هوشمند (Smart Grid) در انتقال برق می‌پردازد. این مقاله در مجله IEEE Transactions On Power Delivery منتشر شده است و به طراحی و پیاده‌سازی تراشه V98xx برای کاربردهای شبکه هوشمند می‌پردازد. تراشه V98xx یک تراشه مخصوص برای اندازه‌گیری و نظارت بر پارامترهای برقی در سیستم‌های توزیع برق و شبکه هوشمند استفاده می‌شود.

در این مقاله، روش‌ها و الگوریتم‌های مورد استفاده برای طراحی و پیاده‌سازی تراشه V98xx برای اندازه‌گیری و مانیتورینگ ولتاژ، جریان، توان و سایر پارامترهای برقی در سیستم‌های توزیع برق بررسی می‌شوند. همچنین، نحوه اتصال و ارتباط تراشه با سایر اجزا و دستگاه‌های شبکه هوشمند مورد بحث قرار می‌گیرد.

### **In reference [13] "Performance Analysis V98xx Power Meter Chip for Energy Management Systems"**

به تجزیه و تحلیل عملکرد و بهینه‌سازی تراشه V98xx برای سیستم‌های مدیریت انرژی می‌پردازد. این مقاله در مجله Energy منتشر شده است و به تحلیل عملکرد و بهینه‌سازی تراشه V98xx برای سیستم‌های مدیریت انرژی می‌پردازد. تراشه V98xx یک تراشه قدرتمند است که در سیستم‌های مدیریت انرژی به منظور اندازه‌گیری، مانیتورینگ و کنترل مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این مقاله، عملکرد تراشه V98xx بررسی شده و بهینه‌سازی‌های لازم برای بهبود عملکرد و دقت اندازه‌گیری انرژی انجام می‌شود. الگوریتم‌ها و روش‌های بهینه‌سازی برای کاهش خطاهای و بهبود عملکرد دقت اندازه‌گیری مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### **In reference [14] "Design and Development of a V98xx Power Meter Chip for Smart Home Applications"**

به طراحی و توسعه تراشه V98xx برای کاربردهای خانه هوشمند می‌پردازد. این مقاله در مجله بین‌المللی مهندسی برق و الکترونیک منتشر شده است و به طراحی و توسعه تراشه V98xx برای کاربردهای خانه هوشمند می‌پردازد. تراشه V98xx برای اندازه‌گیری و کنترل مصرف انرژی در سیستم‌های خانه هوشمند استفاده می‌شود.

در این مقاله، روش‌ها و تکنیک‌های طراحی و توسعه تراشه V98xx برای کاربردهای خانه هوشمند بررسی می‌شوند. نیازهای خانه هوشمند در اندازه‌گیری و مدیریت انرژی، الگوریتم‌ها و روش‌های ارتباط با دستگاه‌های دیگر و نحوه ارائه اطلاعات مصرف انرژی به کاربران بررسی می‌شوند.

### **In reference [15] "Design and Implementation of V98xx Power Meter Chip for Renewable Energy Systems"**

این مقاله در مجله Power Sources منتشر شده و به طراحی و پیاده‌سازی تراشه V98xx برای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر می‌پردازد. در این مقاله، نویسنده‌گان به طراحی و پیاده‌سازی تراشه V98xx برای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر می‌پردازنند. این تراشه به منظور اندازه‌گیری و نظارت بر پارامترهای برقی در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر طراحی شده است. در این مقاله، مسائل و چالش‌های مرتبط با سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و نیازهای آنها در اندازه‌گیری و کنترل مصرف انرژی بررسی می‌شوند.

هدف اصلی این مقاله، بهینه‌سازی عملکرد تراشه V98xx برای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر است. در این مقاله مورد همچون انتخاب سنسورها، تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال، الگوریتم‌های پردازش سیگنال و رابطه‌ای ارتباطی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### **In reference [16] "Analysis and Simulation of V98xx Power Meter Chip for Industrial Power Monitoring"**

از Mishra و Singh در سال ۲۰۲۰ در مجله IEEE Transactions on Industry Applications منتشر شده است. این مقاله به تحلیل و شبیه‌سازی تراشه V98xx برای نظارت بر قدرت می‌پردازد.

در این مقاله، نویسنده‌گان به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی تراشه V98xx برای نظارت بر قدرت در صنعت می‌پردازنند. این تراشه برای اندازه‌گیری و مانیتورینگ پارامترهای قدرتی در سیستم‌های صنعتی استفاده می‌شود.

در این مقاله، روش‌ها و تکنیک‌های تحلیل و شبیه‌سازی تراشه V98xx برای نظارت بر قدرت صنعتی مورد بررسی قرار می‌گیرند. نحوه کارکرد تراشه، الگوریتم‌های پردازش داده، رابطه‌ای ارتباطی و نحوه اتصال تراشه به سایر اجزا و دستگاه‌های سیستم صنعتی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

## In reference [17] "Design and Optimization of V98xx Power Meter Chip for Smart Grid Integration"

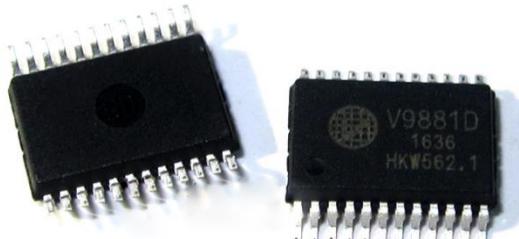
از Jain و Sharma در سال ۲۰۱۹ در مجله بین‌المللی تحقیقات انرژی تجدیدپذیر منتشر شده است. این مقاله به طراحی و بهینه‌سازی تراشه V98xx برای ادغام با شبکه هوشمند می‌پردازد.

در این مقاله، نویسنده‌گان به طراحی و بهینه‌سازی تراشه V98xx برای ادغام با شبکه هوشمند می‌پردازنند. شبکه هوشمند (Smart Grid) یک سیستم پیشرفته برق است که تکنولوژی‌های ارتباطات و اطلاعات را برای بهبود کارایی و کنترل بهتر شبکه برق استفاده می‌کند.

در این مقاله، روش‌ها و تکنیک‌های طراحی و بهینه‌سازی تراشه V98xx برای ادغام با شبکه هوشمند بررسی می‌شوند. مسائل و چالش‌های مرتبط با ارتباط تراشه با سیستم شبکه هوشمند، نحوه اندازه‌گیری و نظارت بر پارامترهای برقی در شبکه، الگوریتم‌ها و روش‌های بهینه‌سازی در این تراشه و نحوه ادغام آن با سایر اجزا و دستگاه‌های شبکه هوشمند بحث می‌شوند.

# فصل چهارم

در این پایان نامه ابزاری برای اندازه گیری و تشخیص خطا در متغیر های ولتاژ ، جریان ، فرکانس ، انواع توان ضریب توان طراحی میشود که با استفاده از این ابزار میتوان این متغیر ها را اندازه گیری کرد و در صورت خارج شدن مقدار متغیر ها از محدوده تنظیم شده ، توسط رله ها از خطاء به وجود آمده مطلع میشویم . هدف اصلی این ابزار طراحی شده در این پایان نامه شبیه سازی تعدادی از رله های حفاظتی پست های برق و نمایش پارامتر ها در نرم افزار متلب برای تحلیل و بررسی داده ها است.



شکل ۴-۱ : تراشه V9881

#### ۴-۱ طراحی سنسور اندازه گیری:

سنسور اندازه گیری یکی از مهم ترین بخش های هر سیستم حفاظتی است، گاهاً در کتاب ها و مقالات سنسور ها را با چشم انسان مقایسه میکنند که باید گفت این یک مقایسه کاملاً درست است. سنسور ها بخش حیاطی هستند که باید از دقت و کیفیت بالایی برخوردار باشند تا مقدار متغیر های مورد اندازه گیری را به درستی و با کم ترین به نمایش بگذارند. همچنین باید هزینه مناسب و مقرون به صرفه ای داشته باشند.

تراشه سنسور اندازه گیری در این پایان نامه V9881 است، که توسط شرکت vangotech ساخته می شود. این تراشه قیمت بسیار مناسبی که دارد، و همچنین دارای استانداردهای IEC 62053-21، IEC 62052-11، IEC 62053-23 و IEC 62056-21 می باشد.

دقت اندازه گیری این تراشه طبق اطلاعات مدرج در دیتاشیت آن ۰.۵٪ است. این دقت بسیار بالاست و برای سیستم های اندازه گیری انرژی که نیاز به اندازه گیری دقیق دارند، بسیار مناسب است، همچنین قیمت این تراشه در پکیج کوچک SOT-23-5 در بازار های جهانی ۲ دلار بوده و نسبت به دقت قابلیت های آن بسیار ناچیز است.

قابل ذکر است که دقت این تراشه بسیار وابسته به مدار طراحی شده برای راه اندازی آن بوده عواملی همچون نویز و اغتشاشات مغناطیسی در دقت اندازه گیری این تراشه تاثیر زیادی دارند. باید توجه کرد که برای استفاده از این تراشه بهتر است از مدار چاپی همراه با یک لایه عایق استفاده کنیم. تا نویز های محیطی اسر کمتری بر روی تراشه داشته باشند.

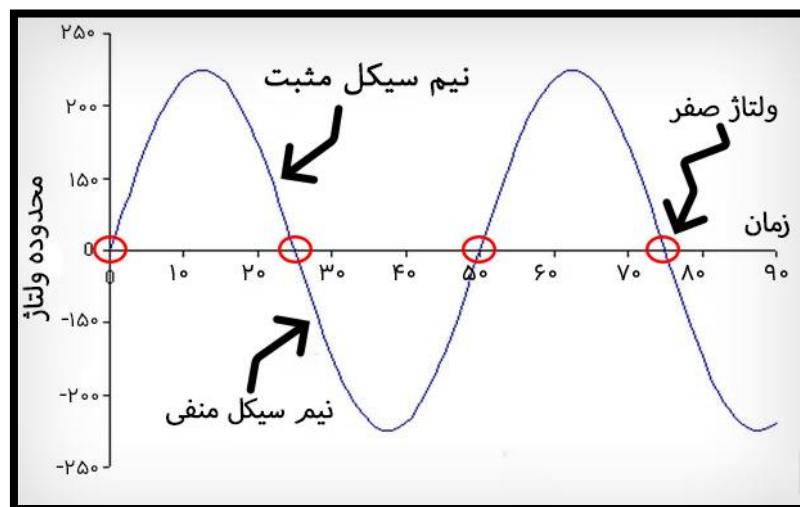
#### ۱-۴-۱ نحوه عملکرد تراشه V9881 :

به صورت کلی این تراشه اندازه گیری با نمونه گیری ولتاژ و جریان متنابوب و شبیه سازی شکل آنها میتواند پارامتر های همچون فرکانس، توان اکتیو، ضریب توان، ولتاژ و جریان را اندازه گیری کند.

این تراشه با کمک <sup>۱</sup> ADC از ولتاژ و جریان نمونه برداری میکند. حد اکثر ولتاژ قابل اعمال به واحد های ADC این تراشه طبق اطلاعات مندرج در دیتا شیت آن ۳۷.۰ است. که برای تبدیل ولتاژ به این مقدار باید از مدار تقسیم ولتاژ استفاده کنیم. برای اندازه گیری جریان میتوان از روش مقاومت شنت(اندازه گیری جریان به صورت مستقیم) یا CT استفاده نمود. این تراشه دارای یک پردازشگر داخلی است ، که برای نمونه برداری از شکل موج متنابوب ولتاژ و جریان از آن استفاده میکند. اندازه گیری فرکانس در این تراشه بدین صورت است که زمانی که شکل موج ولتاژ از صفر عبور می کند (یعنی از نیم سیکل مثبت به نیم سیکل منفی یا بلعکس تغییر می کند)، پردازشگر یک پالس تولید می کند. با شمارش تعداد پالس ها در یک بازه زمانی مشخص می توان فرکانس ولتاژ متنابوب را محاسبه کرد. همچنین با مقایسه زمان نقطه صفر در موج ولتاژ و نقطه صفر در موج جریان میتوان ضریب توان را محاسبه کرد(فرمول ۲-۲)، و با داشتن مقادیر ولتاژ، جریان و ضریب توان میتوان ، توان اکتیو (P) را محاسبه کرد.

فرمول ۱-۴ : محاسبه توان مفید

$$P = VI \cos \theta$$



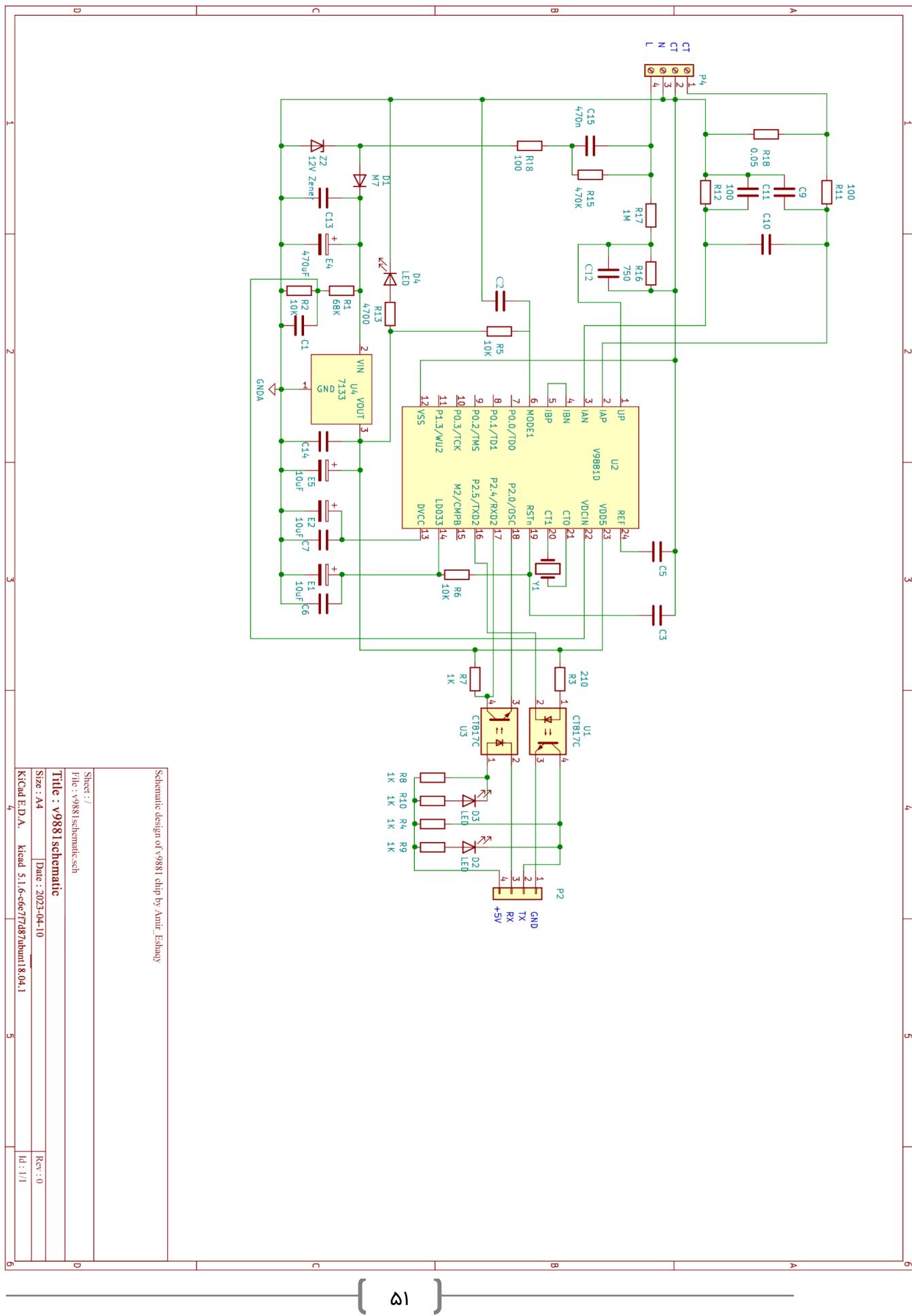
شکل ۱-۲ : شکل موج ولتاژ متنابوب

---

۱-۴-۲ ADC مخفف عبارت Analog-to-Digital Converter است. این یک دستگاه یا مدار الکترونیکی است که سیگنال های آنالوگ مانند ولتاژ یا جریان را به سیگنال های دیجیتال تبدیل می کند که می توانند توسط مدارهای دیجیتال، میکروکنترلرهای رایانه ها پردازش شوند.

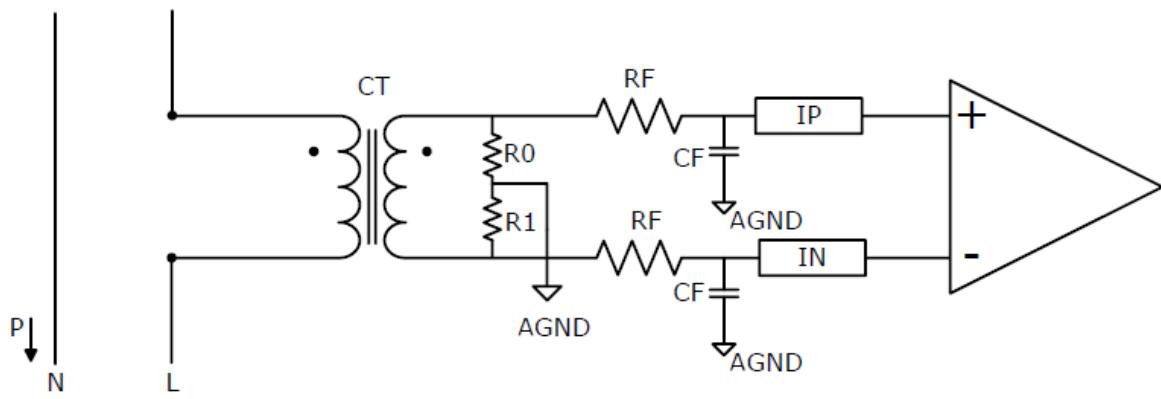
---

# شکل ۴-۳: شماتیک مدار راه انداز تراشه v9881

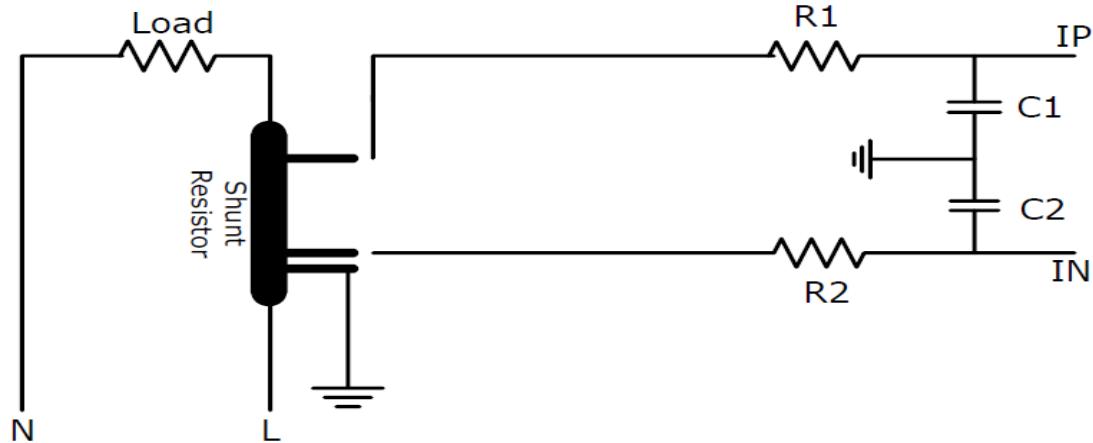


جدول ۱-۴: راهنمای شماتیک مدار راه انداز تراشه v9881

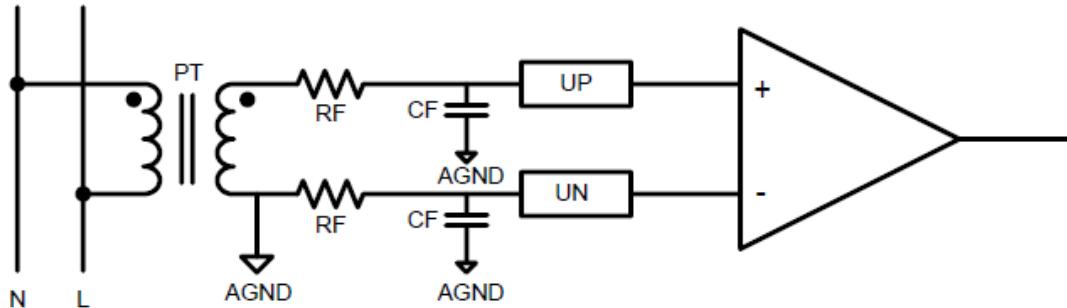
شماره پایه	توضیحات
۱	نمونه گیری از ولتاژ متناوب در کanal ولتاژ، می توان از یک ترانسفورماتور پتانسیل (PT) یا یک مدار تقسیم کننده ولتاژ برای ورودی های آنالوگ استفاده کرد. باید توجه کرد که محدوده اندازه گیری از $V_{\text{mV}} = 210$ است. در مدار طراحی شده از مدار تقسیم ولتاژ با ضریب $100:1$ استفاده شده است.
۲-۳	نمونه گیری از جریان متناوب. حد اکثر تا یک آمپر را میتواند تحمل کند. میتوان از (CT) یا مقاومت شنت استفاده کرد. در مدار فوق از ترانس جریان با ضریب تبدیل $100:1$ استفاده شده است.
۴-۵	برای اتصال نمونه گیر جریان ثانویه است که در این مدار مورد استفاده قرار نگرفته است.
۶	نحوه کار سیستم است. اگر منطق "0" به آن بدھیم در حالت اشکال زدایی قرار میگیرد ولی اگر منطق "1" به آن بدھیم در حالت اندازه گیری قرار میگیرد تراشه. ما در مدار فوق به ولتاژ $3.3V$ ولت متصل کرده ایم در این حالت تراشه ما در حالت اندازه گیری کار می کند.
۷-۸-۹-۱۰-۱۱	پایه های مربوط به ورودی، خروجی ها و فعالیت های اشکال زدایی که در مدار فوق از آنها استفاده ای نشده است.
۱۲	به GND متصل میشود
۱۳	ولتاژ خروجی است که طبق توضیحات دیتا شیت در صورتی که از آن استفاده ای نمی کنیم باید یک خازن بزرگ تر از $4.7\mu F$ را به صورت موازی با یک خازن $1\mu F$ قرار دا و سپس آن را به GND متصل کنید. که در مدار فوق پایه ۱۳ را با دو خازن موازی $10\mu F$ و $1\mu F$ به GND متصل کرده ایم.
۱۴	ولتاژ خروجی $3.3V$ ولت که در مدار فوق مجدداً مانند پایه ۱۳ با دو خازن موازی شده $10\mu F$ و $1\mu F$ به GND متصل کرده ایم.
۱۵	این پایه برای خروجی LCD است، که در مدار طراحی شده ما از آن استفاده ای نمی کنیم.
۱۶-۱۷	این دو پایه بر قراری ارتباط سریال با تراشه است. باید توجه داشت که ولتاژ خروجی $3.3V$ ولت با فرکانس $(38kHz)$ است. پایه ۱۶ فرستده TX هست و به ورودی یک اپتوکوپلر متصل می شود. پایه ۱۷ گیرنده RX گیرنده است و به خروچی اپتوکوپلر دیگر متصل می شود.
۱۸	خروجی موج ساعت OSC است که با استفاده از آن میتوان ترتیب ارسال و دریافت داده را حفظ کرد تا اختلال و بهم ریختگی در ارسال و دریافت اطلاعات پیش نیاید. در مدار فوق این پایه را به اپتوکوپلر RX که دریافت کننده است متصل میکنیم تا تنها در ترتیب زمانی های تنظیم شده داده ها را دریافت کند.
۱۹	این پایه برای ریست کردن تراشه است که در مدار فوق به پایه ۱۵ که خروجی $3.3V$ ولت مدد متصل شده و با یک خازن هم به GND متصل می شود. خازن برای این است که در صورت به وجود امدن نویز و اغتشاش لحظه ای ولتاژ ناگهانی صفر نشود.
۲۰-۲۱	ورودی کریستال $32768$ هرتز
۲۲	این پایه برای تشخیص منبع تغذیه تراشه است. (ایا به باتری متصل شده یا برق دائم دارد) اگه ولتاژ ان از $1.1V$ بیشتر باشد یعنی به برق دائم متصل است اگر کم تر از $1V$ ولت باشد یعنی به باتری متصل شده است در حالت باتری مصرف توان تراشه کم تر می شود. در مدار فوق این پایه را با مدار تقسیم مقاومتی با ضریب $10:1$ به ولتاژ $220V$ یکسو شده متصل کرده ایم.
۲۳	ولتاژ تغذیه تراشه که در مدار فوق به خروجی رگولاتور متصل شده است.
۲۴	پایه مرجع یا رفرنس زمین که طبق اطلاعات دیتا شیت باید ان را با یک خازن $1\mu F$ به GND متصل کرد.



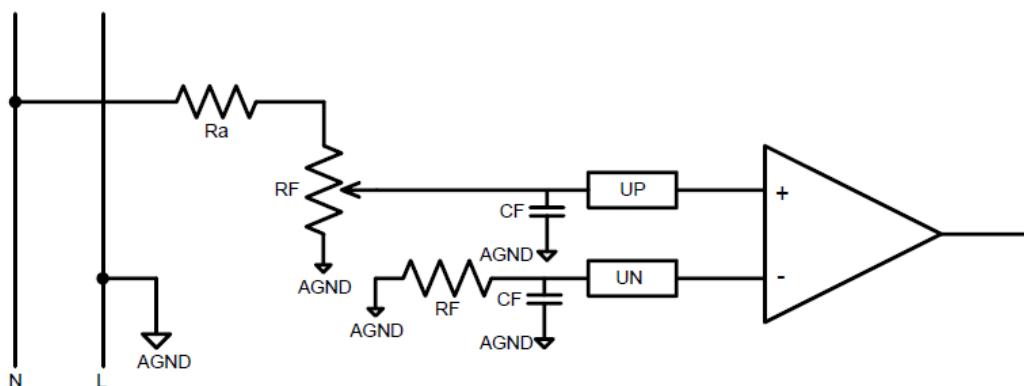
شکل ۴-۴ : شماتیک نحوه اتصال CT برای اندازه گیری جریان متناوب



شکل ۴-۵ : شماتیک نحوه اتصال مقاومت شنت برای اندازه گیری جریان متناوب



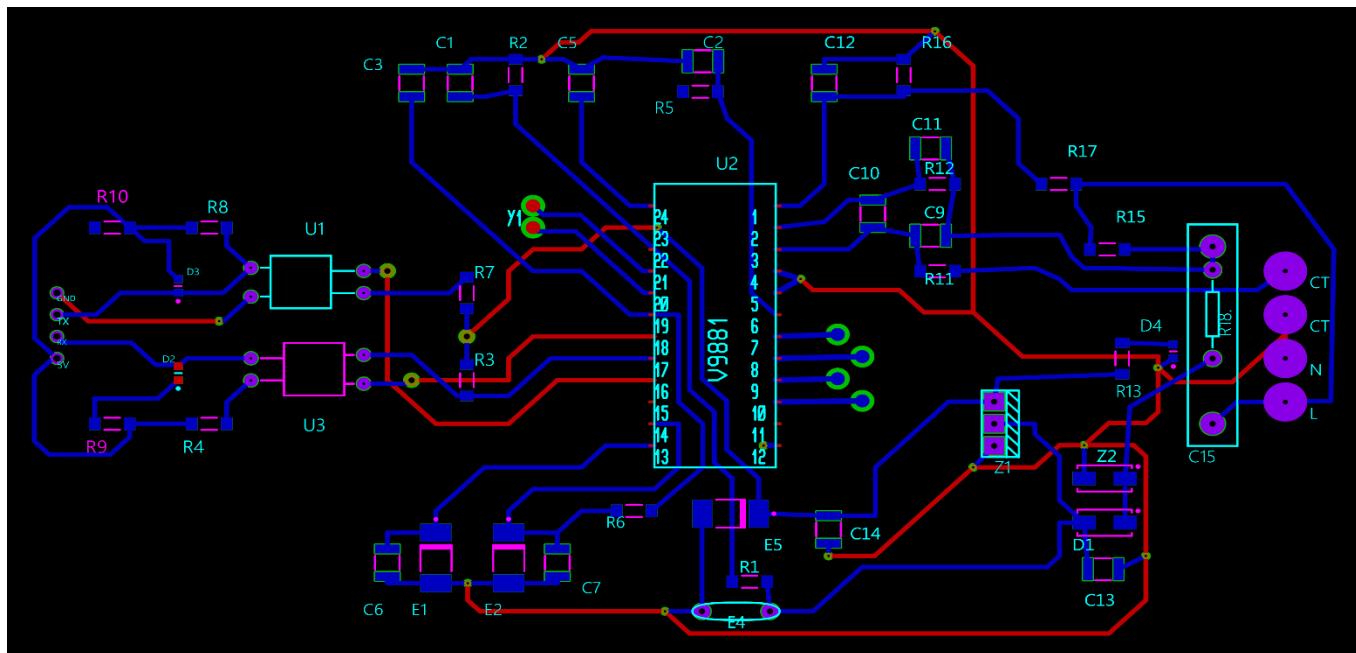
شکل ۴-۶ : شماتیک نحوه اتصال PT برای اندازه گیری ولتاژ متناوب



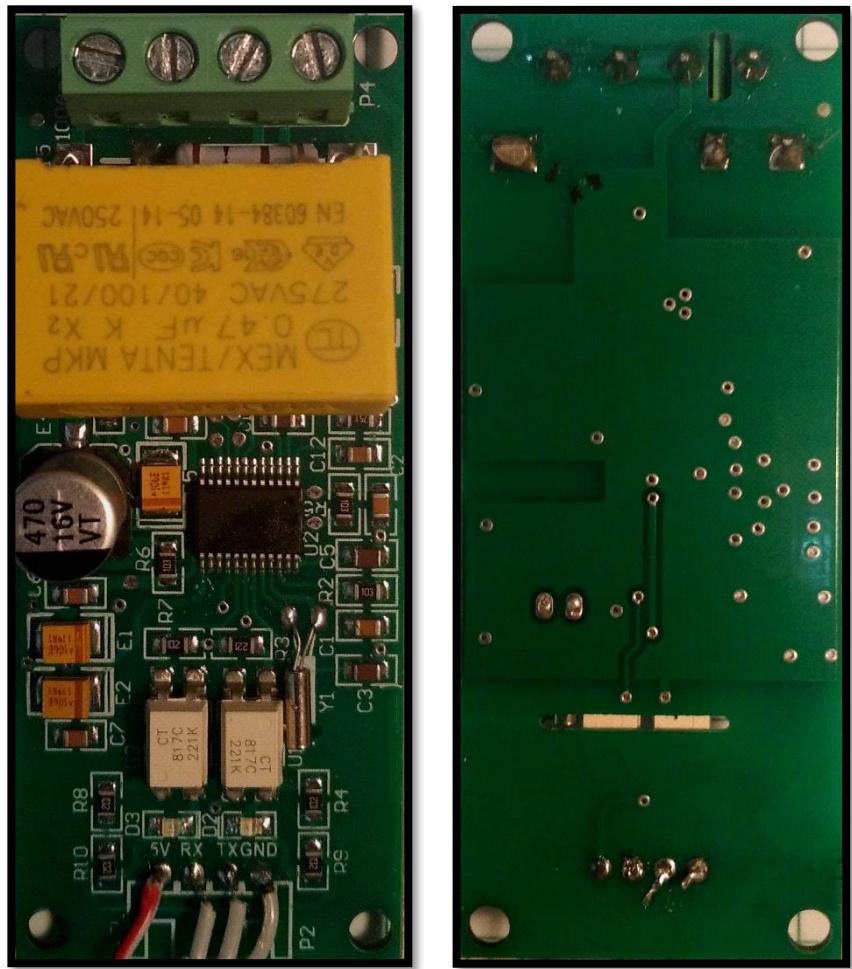
شکل ۴-۷ : شماتیک نحوه اتصال مستقیم ولتاژ متناوب برای اندازه گیری به تراشه V9881

باید توجه داشت که محدوده جریان قابل اندازه گیری با استفاده از ترانس جریان (CT) بسیار گسترش می یابد. و این نکته که جریان به صورت مستقیم وارد مدار اندازه گیری نمی شود از نظر حفاظت و اندازه مدار بسیار قابل اهمیت و موثر است. (IP و IN نام پایه های ۲ و ۳ است)

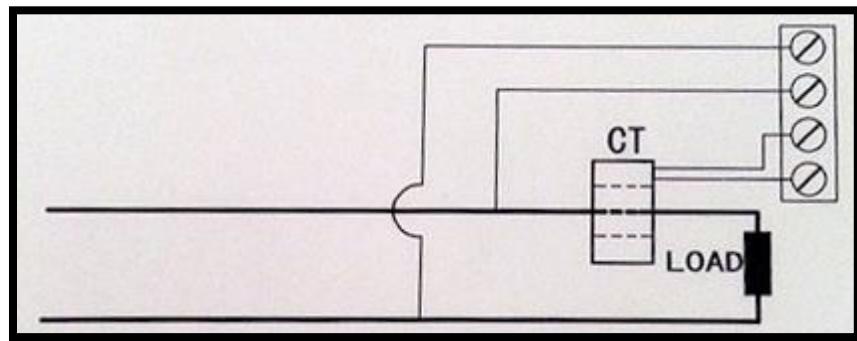
ولتاژ قابل اندازه گیری در حالت اتصال مستقیم تا  $285V$  است میتوان برای اندازه گیری محدوده بزرگتری از ولتاژ از ترانس ولتاژ ولتا (PT) استفاده کرد. اما تراشه ای که در این پرژه از آن استفاده شده (V9881) قابلیت اتصال ترانس ولتاژ را ندارد و باید از تراشه هایی دیگر همچون (V9801-V9811-V9821) استفاده کرد. (UP پایه شماره یک است).



شکل ۴-۸ : شماتیک PCB مدار راه اندازی تراشه V9881

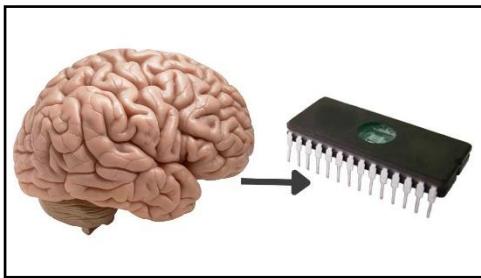


شكل ٤-٩ : تصویر برد PCB بعد از چاپ و مونتاژ قطعات



شكل ٤-١٠ : اتصالات ولتاژ و جریان متناوب

## ۴-۲ کنترلر:



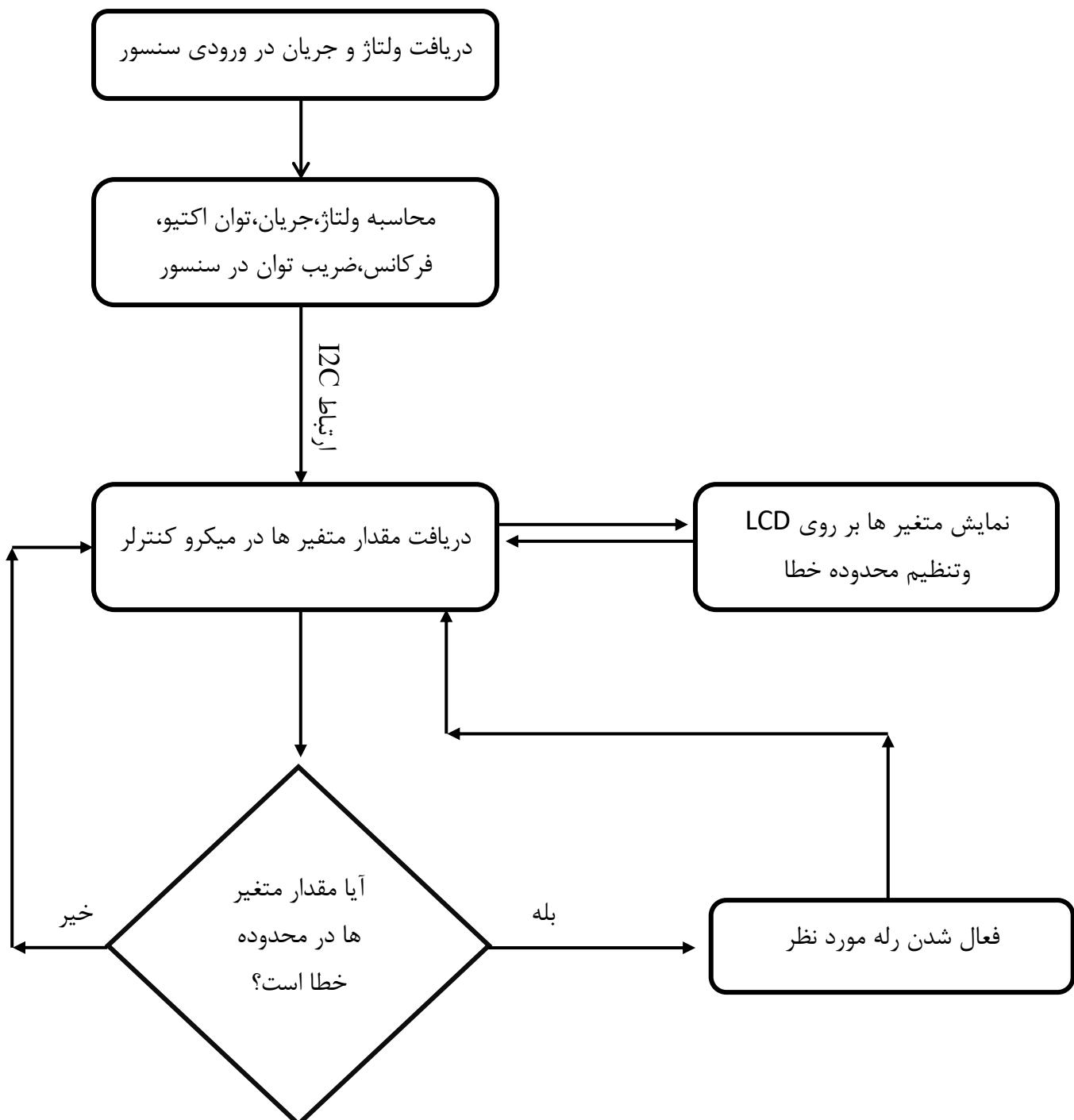
بعد از طراحی سنسور اندازه گیری باید یک کنترلر مناسب برای برقراری ارتباط با سنسور و پردازش اطلاعات استفاده کنیم ، کنترلر یا پردازشگر را میتوان با مغز انسان مقایسه کرد. وظیفه مغز دریافت اطلاعات از حواس پنج گانه و تجزیه و تحلیل آنها و باز خورد نسبت به اطلاعات ورودی است . در این مثال مغز همچون پردازشگر و سنسور یکی از حس های ما است . پس انتخاب کنترلر مناسب بسیار حائز اهمیت است.

برای انتخاب یک کنترلر مناسب باید موارد زیر را در نظر داشته باشیم.

- سرعت پردازش: میکروکنترلر مناسب باید دارای سرعت پردازش بالا باشد تا بتواند به طور کامل و بهینه عملکرد ها و محاسبات پژوهش موردنظر را انجام دهد.
- حافظه: میکروکنترلر مناسب باید دارای حافظه کافی برای ذخیره سازی برنامه و داده ها باشد. که این مورد شامل حافظه های موقت و حافظه دائم می باشد.
- ورودی/خروجی: میکروکنترلر مناسب باید دارای تعداد کافی ورودی و خروجی دیجیتال و آنالوگ باشد تا بتوان به طور کامل با سایر قطعات سیستم ارتباط برقرار کند.
- صرف انرژی : میکروکنترلر مناسب باید دارای مصرف انرژی کم باشد تا بتواند در سیستم هایی که از باتری یا منابع تغذیه دیگری استفاده می کنند، به طور موثر عمل کند.
- قابلیت ارتقا و توسعه: میکروکنترلر مناسب باید دارای قابلیت ارتقا و توسعه باشد تا بتواند با نیازهای پژوهه در آینده سازگار باشد.
- قابلیت برنامه ریزی: میکروکنترلر مناسب باید دارای قابلیت برنامه ریزی و پروگرامینگ آسان باشد تا بتواند به طور سریع و آسان برنامه های مورد نیاز را پیاده سازی کند.
- قیمت : میکروکنترلر مناسب باید دارای قیمت مناسب باشد تا بتواند در پروژه هایی با بودجه محدود استفاده شود.

#### ۴-۲-۱ انتخاب پردازنده مناسب:

برای انتخاب پردازنده مناسب باید انتظاراتی که از سیستم داریم را بررسی کنیم که در نمودار زیر میتوانید مشاهده کنید در این پایان نامه چه انتظاراتی از سیستم می‌رود.



همانگونه که نمودار فوق قابل مشاهده است محاسبه و نمونه برداری از متغیر ها به وسیله سنسور (V9881) انجام میشود (قابل ذکر است که نمونه برداری از موج ولتاژ و جریان به سرعت بالایی نیاز دارد)، پس نیازی به سرعت بسیار زیاد در میکرو کنترلر نیست ، و تنها کافی است میکرو کنترلر مورد نظر از ارتباط I2C پشتیبانی کند تا متغیر های اندازه گیری شده توسط سنسور (V9881) به میکرو کنترلر منتقل شوند.

همچنین به تعداد ورودی و خروجی باید دقت شود برای اتصال LCD حداقل به ۶ خروجی نیاز داریم برای انجام تنظیمات و مشخص کردن محدوده خطابه چهار دکمه نیاز داریم بنابر این به ۴ ورودی در میکرو کنترلر نیاز است همچنین در ابزار که در این پایان نامه طراحی شده از ۴ عدد رله استفاده می شود برای ارسال فرمان به تجهیزات دیگر بنابر این به ۴ خروجی برای رله ها نیاز است.

طبق موارد ذکر شده یکی از میکرو کنترلر های مناسب برای این پروژه (ATMEGA328P-AU) است ، برخی از ویژگی های این میکرو کنترلر در زیر بیان شده است.



شکل ۴-۱۲ : میکرو کنترلر ATMEGA328P-AU

- دارای هسته ۸ بیتی

- ولتاژ کاری : ۱.۸ ولت تا ۵.۵ ولت

- سرعت: 20Mhz

- حافظه: 32kB

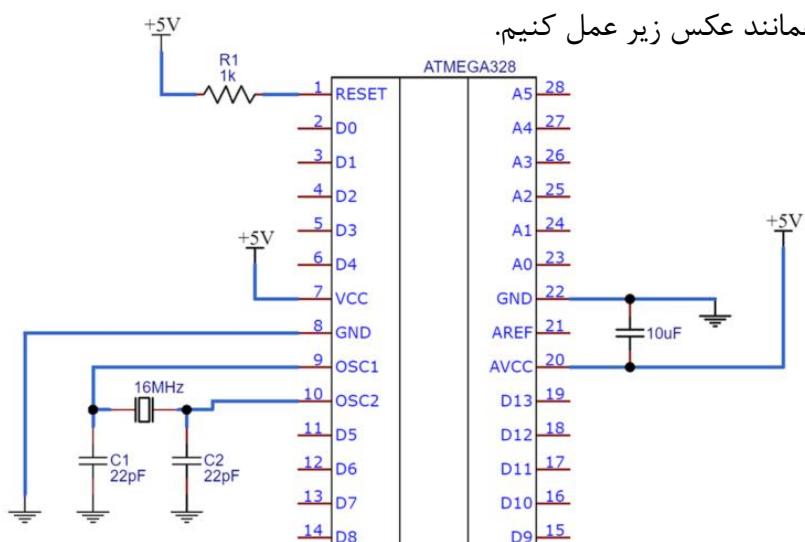
- پکیج : TQFP-32

- تعداد پین ها ورودی / خروجی : ۲۳

- پروتکل های ارتباطی: I2C, SPI, UART/USART

در (جدول ۴-۶) به عملکرد پایه های این میکرو کنترلر اشاره شده است. طبق دیتا شیت این میکرو کنترلر برای

استفاده از آن باید همانند عکس زیر عمل کنیم.



شکل ۴-۱۳ : مدار راه اندازی میکرو کنترلر ATMEGA328P-AU

## ۴-۲-۲ دلایل استفاده از آردوینو:

یکی از قابلیت هایی که برای انتخاب میکرو کنترلر مناسب ذکر شده است قابلیت برنامه ریزی است در میکرو کنترلر AVR برای برنامه ریزی و انتقال برنامه ها به میکرو کنترلر نیاز به پروگرامر داریم . این موضوع به این معنی است ها ما باید میکرو کنترلر را از مدار اصلی جدا کرده و به پروگرامر متصل کنیم برای تغییر برنامه یا ریختن برنامه جدید بنا بر این موضوع استفاده از میکرو کنترلر تنها برای پروژه های آزمایشی و نمونه اولیه مناسب نیست زیرا ممکن است در هر مرحله ما قابلیتی جدید به سیستم خود اضافه کنیم یا بخواهیم کل برنامه را تغییر دهیم از این رو ماثول های توسعه گزینه ای بهتر برای پروژه های آزمایشی یا نمونه اولیه هستند.

یکی از معروف ترین ماثول های توسعه (Arduino) است که در مدل ها و طرح های متفاوتی طراحی و ساخته میشود این ماثول متن باز است این موضوع به این معنی است که مدار طراحی شده سخت افزاری این محصول توسط شرکت سازنده به صورت رایگان در اختیار کاربران قرار داده شده است. همچین از نظر نرم افزاری هم متن باز است و بوت لودر<sup>۱</sup> آن به صورت رایگان در اختیار عموم قرار داده شده است. در صورت استفاده از بوت لودر شما میتوانید از برنامه کامپایلر خود آردوینو برای برنامه نویسی استفاده کنید.

به برخی از مزایای استفاده از ماثول توسعه آردوینو در زیر اشاره شده است.

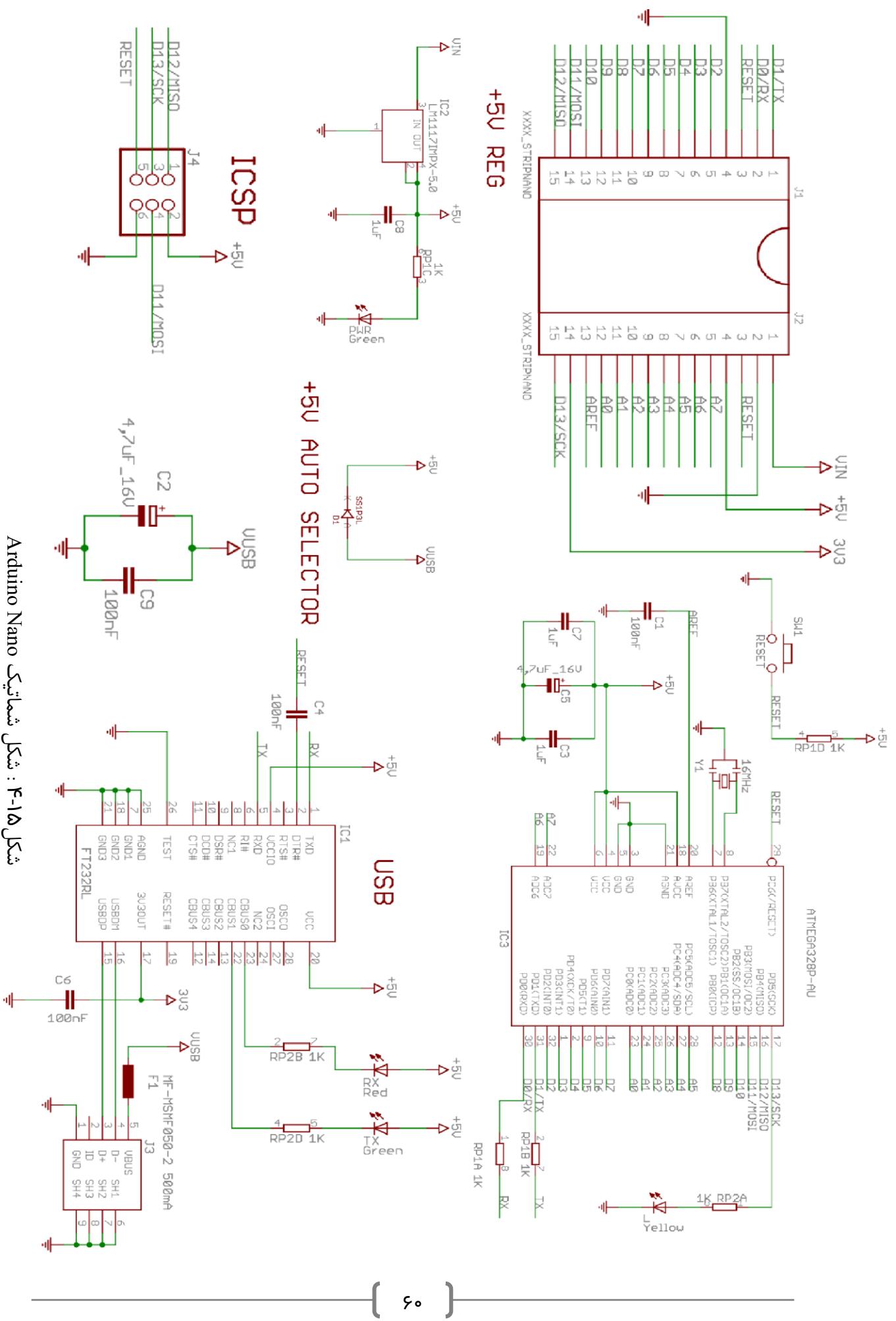


شکل ۴-۱۶ : برد Arduino NANO

- آماده به کار بودن
- کتاب خانه های فراوان
- بهترین پشتیبانی فنی و علمی توسط مجمع آردوینو
- راحتی استفاده در مقایسه با AVR
- عدم نیاز به پروگرامر جانبی
- پروتکل های ارتباطی: I2C, SPI, UART/USART

۱ - بوت لودر (Boot loader) در واقع یک نوع کد میباشد، که برای اجرای هر سیستم عاملی استفاده میشود

شکل ۱۵ : شکل شماتیک Arduino Nano



همانگونه که در شماتیک ارائه شده توسط سازنده قابل مشاهده است در این برد از قطعات زیر استفاده شده است.

- میکرو کنترلر : AVR ATMega328P
- رگولاتور : LM1117
- مبدل USB به سریال : FT232RL
- جک Mini USB
- مقاومت ، خازن ، کلید ، LED

میکرو کنترل وظیفه پردازش اطلاعات را دارد و در صفحات قبل درباره آن توضیحات جامع آمده است. در این برد ها به پایه ۱۳ یک LED متصل شده است که میتوان از آن در برنامه نویسی استفاده کرد. همچنین یک کلید برای ریست کردن میکرو کنترلر قرار داده شده است، راه اندازی آن هم طبق موارد گفته شده انجام گردیده است.

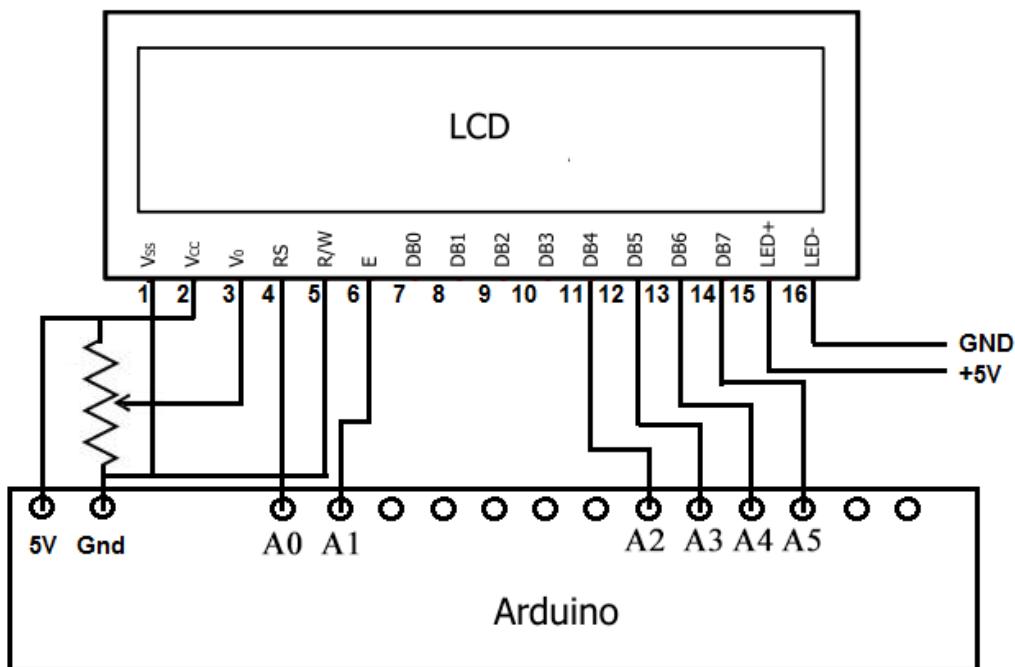
رگولاتور LM1117 هم وظیفه تثبیت ولتاژ را دارد که توضیحات عملکرد و نحوه اتصال آن در فصل دو گفته شده است. همچنین در خروجی این رگولاتور از یک خازن برای صاف کردن سطح تغییرات ولتاژ مستقیم استفاده میشود. و یک LED به عنوان نمایش دهنده متصل می شود.

مبدل USB به سریال که جهت کامپایل کردن اطلاعات و انتقال داده ها به کامپیوتر استفاده میشود و یکی از بهترین ویژگی این برد ها است دیگر خبری از جدا کردن میکرو از برد و مشکلات سخت افزاری نیست به راحتی ما با اتصال یک جک USB میتوانیم میکرو کنترلر خود را به کامپیوتر متصل کنیم و داده هایمان را انتقال دهیم و همچنین این امکان وجود دارد که داده ها در پورت سریال نمایش داده شوند. میتوانید برای مشاهده عملکرد پایه های این تراشه به جدول ۲-۵ مراجعه کنید. همانطور که گفته شده در این تجهیز نیاز است، با نرم افزار مطلب در محیط ویندوز در ارتباط باشیم (برای ذخیره داده ها و تحلیل و بررسی داده ها). این تراشه در این زمینه کار ما را بسیار راحت و آسان میکند که ما به راحتی این ارتباط را برقرار کنیم.

#### ۴-۳ نمایشگر:

حال برای نمایش متغیر ها و اعمال تنظیمات باید از نمایشگر استفاده کنیم ، در تجهیز طراحی شده در این پایان نامه از نمایشگر LCD کارکتری  $20 \times 4$  استفاده میکنیم. که این نمایشگر توانایی نمایش اعداد و حروف انگلیسی را دارد، همچنین مصرف برق بسیار کمی دارد و قیمت آن نسبت به مابقی نمایشگر ها مناسب تر است.

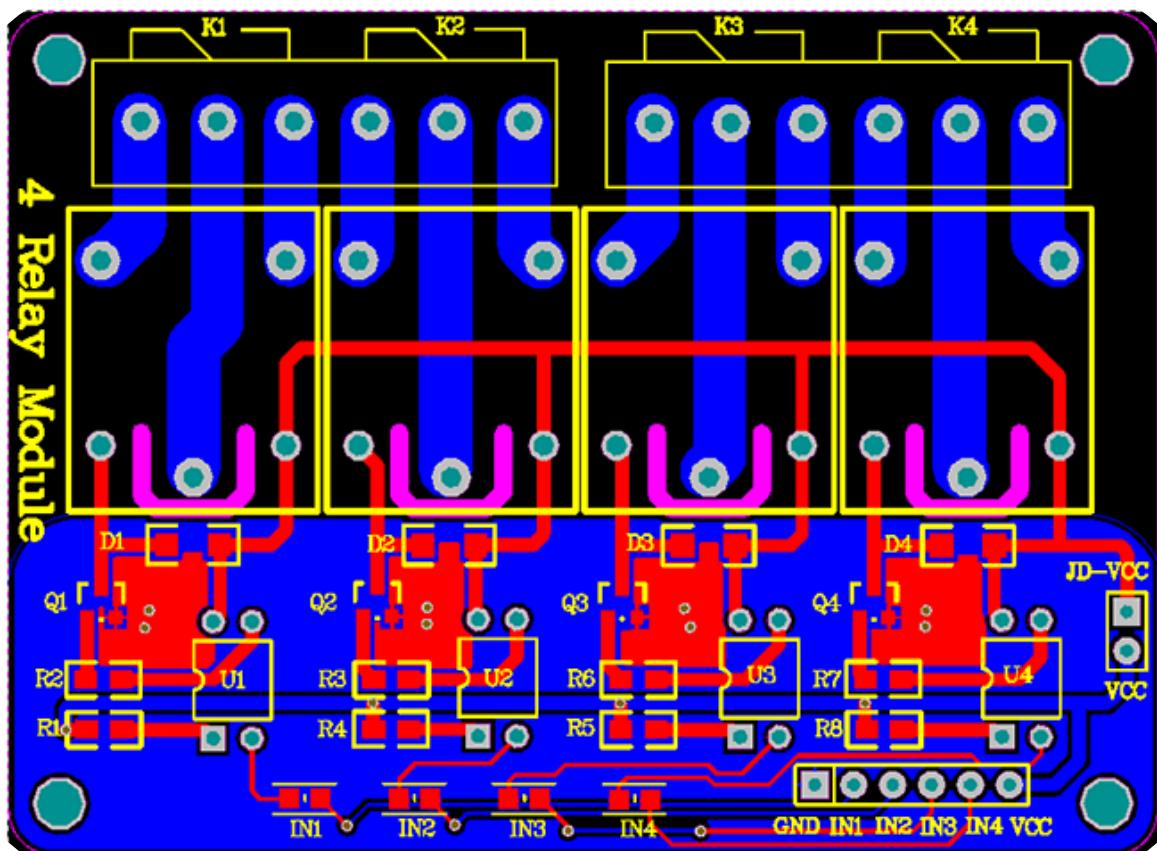
LCD های کارکتری همان طور که از نام آن پیدا است، تنها برای نمایش پیام متنی و یا کارکتر طراحی شده اند. با وجود اینکه این صفحات نمایش تنها می‌توانند متن را نشان دهند، اما در ابعاد و رنگ‌های مختلفی وجود دارند، مانند صفحات نمایش  $16 \times 1$ ،  $16 \times 4$  و  $20 \times 4$  با متن سفید در زمینه آبی یا متن سیاه در زمینه سبز و...، اما شاید نکته مثبت و البته جالب، امکان جایه‌جایی این LCD ها با یکدیگر باشد. یعنی اگر شما از یک LCD با ابعاد خاصی در پروژه خود استفاده کردید، به سادگی می‌توانید سوکت آن را در بیاورید و سوکت LCD جدید خود را در هر رنگ و اندازه‌ای که می‌خواهید، جایگزین LCD قبلی کنید(باید توجه کرد که اگر ابعاد فیزیکی این LCD کارکتری تغییر کرد، در برنامه نویسی هم به این موضوع دقت شود). عملکرد پایه های این LCD در جدول ۵-۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۶ : شکل اتصالات LCD

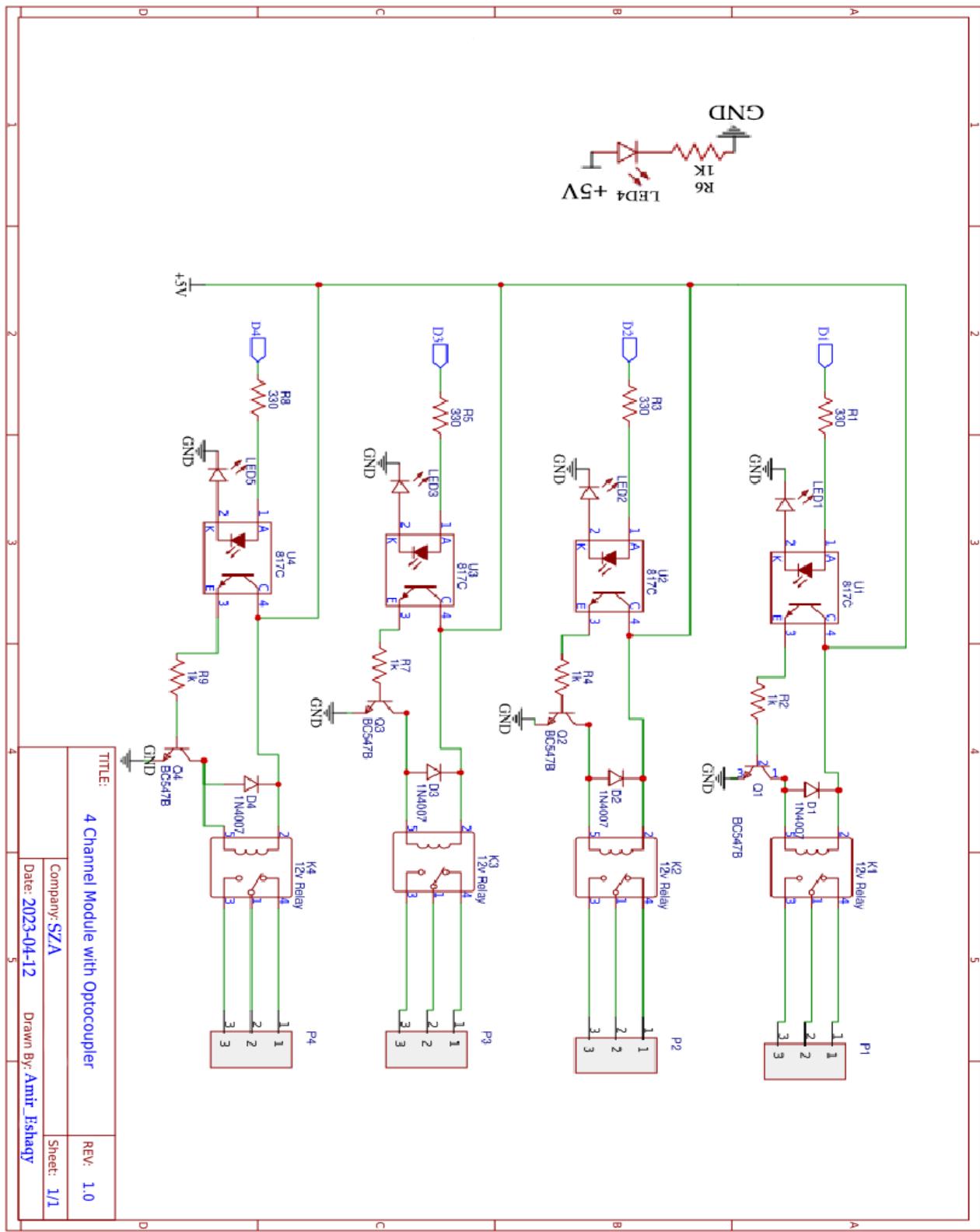
#### ۴-۵ برد رله :

ما برای ارسال دستور به تجهیزات قدرت (کنتاکتورها ، بریکر ها و...) نیاز به رله داریم ته با فعال شدن آن سیگنال مورد نظر برای تجهیز ارسال شود. در این پژوهه از یک برد که دارای ۴ رله است استفاده می کنیم که بخش فرمان و اجرای آن نسبت به هم ایزوله هستند . در این برد از قطعاتی همچون رله پنج ولت ولتاژ مستقیم(DC) ، اپتوکوپلر، دیود و.. که نحوه عملکرد آن در ادامه پس از ارائه نقشه ها توضیح داده می شود.



شکل ۴-۱۷ : شکل PCB برد رله

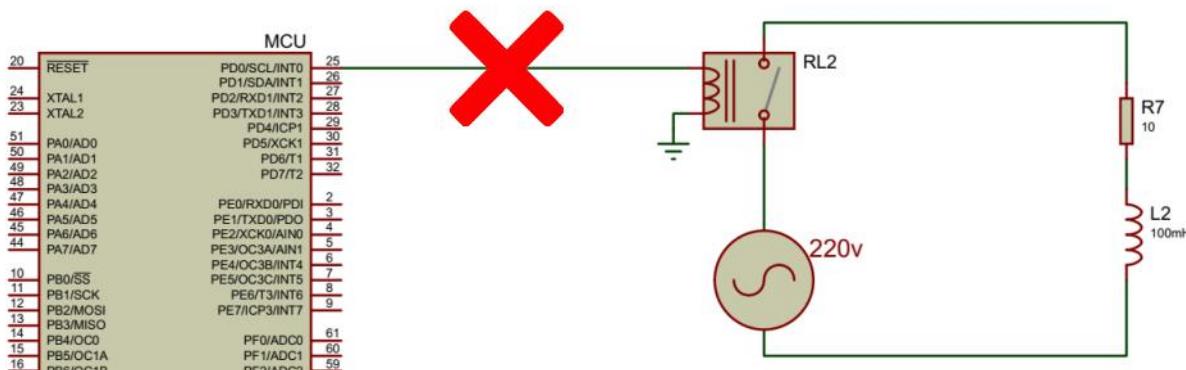
شکل ۴-۱۸ : شماتیک برد رله



به طور کلی رله دو بخش دارد: بخش تحریک و بخش سوییچ. بخش سوییچ متأثر از بخش تحریک است. به طوری که عامل تحریک به عنوان ورودی رله، بخش تحریک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این صورت رله عمل می‌کند. عمل کردن رله در واقع تغییر وضعیت کنکات‌ها یا المان حالت جامد در بخش سوییچ است. هر کدام از بخش‌های تحریک و سوییچ نیازمند مداراتی هستند. این مدارات معمولاً عملکرد صحیح و مطمئن رله، حفاظت از المان تحریک کننده، تأمین جریان راه اندازی، ایزوله کردن تغذیه رله از تغذیه میکروکنترلر، حذف جرقه کنکات‌ها و... را فراهم می‌آورند.

فرض که در برنامه‌ای نیاز است یک رله ۵ ولت با یک میکروکنترلر AVR، راه اندازی شود. در اینجا چند مسئله به وجود می‌آید که جریان راه اندازی رله یکی از آنهاست. جریانی که از پایه پورت IO در AVR کشیده می‌شود، باید بتواند رله را راه اندازی کند. در دیتاشیت ATmega 328P مشاهده می‌شود که مقدار جریان خروجی هر پایه حداکثر ۴۰ میلی‌آمپر است. اگر هم رله با این جریان راه اندازی شود، کار صحیح، استفاده از مدارات تأمین جریان است. زیرا باید تا حد امکان جریان کمتری از پایه‌های میکروکنترلر کشیده شود. همچنین با افزایش تعداد رله‌ها، هنگامی که آنها همگی با هم راه اندازی شوند، جریان پایه‌های تغذیه میکروکنترلر، زیاد می‌شود. این جریان باید کمتر مقدار ذکر شده در دیتاشیت باشد. حداکثر جریان پایه‌های تغذیه ATmega 328P می‌تواند ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌آمپر باشد.

مسئله دوم، ولتاژ القابی معکوس یا ولتاژ فلاٹی بک سیم پیچ رله است. در رله الکترومکانیکی، هنگامی که ولتاژ به سیم پیچ متصل است، جریانی از آن عبور می‌کند. پس از قطع ولتاژ تحریک، جریان همچنان وجود دارد. بنابراین سیم پیچ شبیه یک منبع ولتاژ عمل می‌کند و تا لحظاتی جریانی را به وجود می‌آورد. این جریان می‌تواند به پایه IO میکروکنترلر وارد شود و به آن آسیب برساند. مسئله سوم نویز حاصل از جرقه کنکات‌ها در بخش سوییچ است. این جرقه می‌تواند باعث اخلال در عملکرد سیستم شود.



شکل ۴-۱۹ : شکل اتصال اشتباه رله و میکرو کنترلر

برای اتصال رله به میکروکنترلر باید به جریان کشی سیم پیچ رله، ولتاژ القایی معکوس آن، نویز حاصل از جرقه کنکتات ها، ایزوله کردن تغذیه رله و مدارات راه انداز آن از تغذیه میکروکنترلر و همچنین مکان و شیوه قرارگیری رله روی PCB توجه داشت.

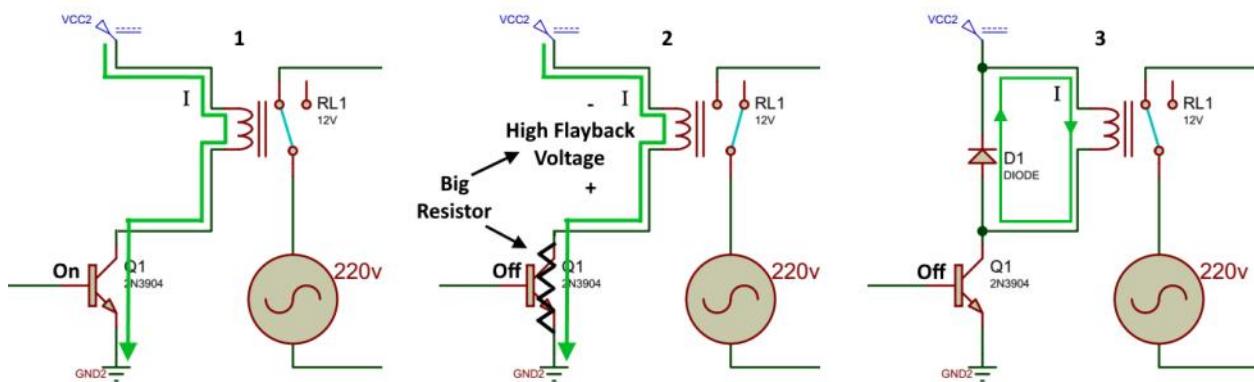
با توجه به مشخصات الکتریکی رله، برای تأمین جریان راه اندازی آن نیاز به یک مدار راه انداز است. این مدار که درایور رله نیز نامیده می شود، می تواند از تعدادی مقاومت و ترانزیستور ساخته شود. همچنین می توان از آی سی های درایور برای راه اندازی رله استفاده کرد. هدف استفاده از این مدارات و آی سی ها، تأمین جریان تحریک رله از منبع تغذیه است. برای حفاظت مدار تحریک(میکرو کنترلر) در برابر ولتاژ القایی معکوس سیم پیچ رله نیز مداراتی وجود دارد. ساده ترین شکل این مدار، یک دیود هرزگرد است که با سیم پیچ رله موازی می شود. برای ایزوله کردن تغذیه و زمین میکروکنترلر از تغذیه و زمین مدار تحریک رله، می توان از اپتوکوپلر استفاده کرد. مدار تأمین جریان، ایزوله کننده و مدار حفاظت در برابر ولتاژ القایی معکوس، هر سه در بخش تحریک رله قرار دارند. در این بخش می توان مداری شامل یک LED و مقاومت برای نمایش وضعیت تحریک یا عدم تحریک قرار داد.

#### ۴-۵-۴ حذف ولتاژ القایی معکوس سیم پیچ رله با دیود هرزگرد:

در اتصال رله به میکروکنترلر، مداراتی که جریان تحریک را فراهم می کنند باید در برابر ولتاژ القایی معکوس سیم پیچ محافظت شوند. هنگامی که جریان سیم پیچ رله توسط مدارات تأمین جریان قطع می شود، جریان همچنان در سیم پیچ وجود دارد. این جریان با توجه به این که مقاومت المان سوییچ در هنگام قطع، بالاست، ولتاژی بزرگ پدید می آورد. این ولتاژ و جریان می توانند به المان سوییچ آسیب برسانند. برای این که از المان سوییچ محافظت کنیم باید جریان سیم پیچ را به مسیر دیگری منتقل کنیم.

متداول ترین راه برای این کار، استفاده از یک دیود به عنوان دیود هرزگرد (Freewheeling Diode) است. دیود هرزگرد نام های متفاوتی دارد. دیود هرزگرد رله، دیود فلای بک، دیود اسنابر، دیود سرکوب کننده، دیود Clamp، دیود Kickback، دیود Flywheel، دیود Clamp، دیود Clamp ... نام هایی است که به این دیود داده اند. این دیود با سیم پیچ رله در بایاس معکوس موازی می شود. بنابراین هنگام قطع جریان سیم پیچ، ولتاژ القایی معکوس باعث روشن شدن دیود می شود. در این هنگام جریان سیم پیچ از دیود عبور کرده و دوباره به سیم پیچ برمی گردد. این جریان پس از زمانی حدود ۵ برابر ثابت زمانی مدار، به صفر می رسد.

در تصویر زیر یک رله را می بینید که سیم پیچ آن با ترانزیستور تحریک می شود. همان طور که ملاحظه می شود، پس از قطع ترانزیستور، جریان سیم پیچ توسط دیود هرزگرد به خودش بر می گردد. یکی از معایب این روش زیاد بودن ثابت زمانی به علت کم بودن مقدار مقاومت اهمی سیم پیچ است. ( $T=L/R$ ). در نتیجه جریان سیم پیچ لحظات بیشتری باقی می ماند و هسته آن مدت زمان بیشتر دارای خاصیت آهنربایی است. بنابراین پس از قطع تحریک، مدت زمانی طول می کشد تا کن tact های رله به حالت نرمال برگردند.

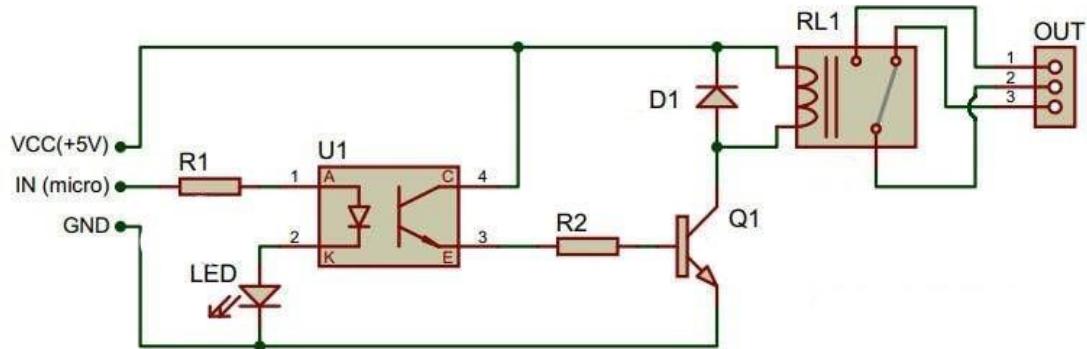


شکل ۴-۲۰ : شکل استفاده از دیود هرزگرد در مدار رله

برای انتخاب دیود با جریان بایاس مستقیم مناسب، باید به مشخصه  $I_{FSD}$  توجه شود. این مشخصه بیان کننده حداقل پیک جریان لحظه‌ای است که دیود می‌تواند از خود عبور دهد. نکته دیگر در انتخاب دیود هرزگرد، سرعت روشن شدن آن است. از آنجا که ولتاژ القایی معکوس باید سریعاً خنثی شود، بهتر است از دیودهایی با سرعت روشن شدن سریع استفاده شود. اغلب دیودهای سریع مانند دیودهای شاتکی یا دیودهای سریع دیگر، زمان Recovery کوتاهی دارند. این زمان در کاربرد رله با زمان روشن شدن دیود رابطه ای ندارد. با این حال برای حذف سریع ولتاژ القایی معکوس سیم پیچ رله، دیودهای سریع مانند دیودهای شاتکی و حتی TVS دو طرفه و همچنین دیودهای سریع دیگر توصیه می‌شوند.

#### ۴-۵-۲ ایزوله کردن در اتصال رله به میکروکنترلر

ایزوله کردن تغذیه رله از تغذیه میکروکنترلر هنگام اتصال رله به میکروکنترلر از دو جهت انجام می شود. اول این که از آسیب به میکروکنترلر در صورت وجود اتصال کوتاه در مدار درایور، جلوگیری می کند. دوم این که از ورود نویز ایجاد شده در بخش تحریک و سوییچ، به پایه های میکروکنترلر جلوگیری شود. قطعه ای که برای انتقال فرمان میکروکنترلر به مدار درایور در مدار ایزوله استفاده می شود، اغلب اپتوکوپلر است.



شکل ۴-۲۱ : شکل مدار ایزوله راه اندازی رله

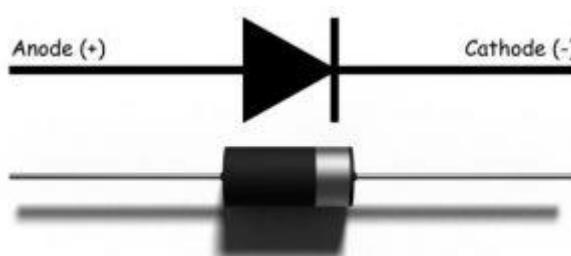
#### ۴-۶ محافظت در برابر بایاس معکوس :

قطعات الکترونیکی نظیر انواع سنسورها، مژول ها، میکروکنترلرها و.... دارای ولتاژ تغذیه مشخصی هستند. چنانچه ولتاژ تغذیه این قطعات از حد مجاز فراتر رود، قطعه دچار آسیب و سوختگی خواهد شد. اما تنها دلیل آسیب یک قطعه، ولتاژ زیاد نیست. در اکثر مواقع، اتصال نادرست سیم های مثبت و منفی، باعث آسیب و سوختگی در قطعه خواهد شد. این مورد در سیستم هایی که با باتری تغذیه می شوند، بسیار حائز اهمیت است. چراکه با قرارگیری غلط باتری در جای خود، سیستم دچار آسیب می شود .

در دسته بندی تجهیزات و قطعات برقی، دو دسته فعال (active) و غیرفعال (passive) را مشاهده میکنیم. قطعات اکتیو به قطعاتی گفته می شود که برای راه اندازی، نیاز به ولتاژ خاصی دارند. به عنوان مثال، دیود و ترانزیستور قطعاتی هستند که در بازه ولتاژی خاصی فعال شده و کمتر از آن فعال و یا رسانا نیستند. در مقابل، قطعات پسیو در هر بازه ولتاژی فعال می شوند. مقاومت، خازن، سلف و... در بازه قطعات پسیو قرار می گیرند. قطعات الکترونیکی دارای پردازنده، نظیر انواع ای سی ها، میکروکنترلرها، سنسورها، نمایشگرها، مژول های بلوتوث، وای فای، سیم کارت و.... جزو قطعات اکتیوی هستند که اتصال صحیح قطب های تغذیه، امری مهم تلقی می شود. در این قطعات، با اتصال غلط سیم های تغذیه، به سرعت قطعه آسیب دیده و خواهد سوت. با توجه به اینکه مدارات امروزی تماماً دیجیتال طراحی شده و کلیه قطعات دیجیتال به اتصال صحیح مثبت و منفی حساس هستند، با اشتباه در اتصال پلاریته، کلیه قطعات دیجیتال مدار خواهند سوت.

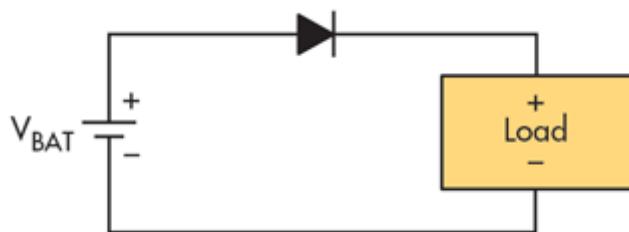
#### ۴-۶-۱ محافظت در برابر بایاس معکوس با دیود

همانطور که بیان شد، اتصال معکوس سیم های تغذیه به یک دیوایس دیجیتال نظیر میکروکنترلر، سبب سوختن آن خواهد شد. یک روش محافظت در برابر اتصال معکوس یا بایاس معکوس، استفاده از دیود است. همانطور که اطلاع دارید، دیودها جریان الکتریکی را تنها از یک طرف عبور می دهند. به عبارت دیگر، دیودها(به غیر از دیود زنر) در مقابل جریان هایی که در جهت معکوس به آن ها وارد می شود، سد ایجاد کرده و مانع از حرکت جریان الکتریکی در جهت مخالف می شوند.



شکل ۴-۲۲ : شکل دیود

به کمک یک دیود، می توان به سادگی از آسیب دیدن مدار به دلیل اتصال معکوس پلاریته، جلوگیری نمود. چنانچه یک دیود را با منبع تغذیه سری نمایید، در صورت اتصال صحیح پلاریته تغذیه، دیود روشن شده و مدار شروع به فعالیت می نماید. اما با اتصال معکوس قطب های تغذیه، دیود روشن نمی شود. در نتیجه جریان برق قطع شده و قطعات از آسیب، مصون خواهد بود. در زیر شماتیک این مدار محافظه را مشاهده می نمایید.



شکل ۴-۲۳ : شکل مدار دیود

در مدار فوق، با اتصال صحیح مثبت و منفی باتری، دیود روشن شده و مدار شروع به فعالیت می نماید. اما چنانچه منبع تغذیه به صورت برعکس متصل شود، دیود خاموش شده و جریانی از آن عبور نخواهد کرد. در نهایت با قطع اتصال برق، از آسیب دیدن قطعات جلوگیری خواهد شد. به کمک این روش، با هزینه بسیار کم و بدون نیاز به طراحی مداری با پیچیدگی های زیاد، می توانیم سیستم خود را در برابر اتصال اشتباہ سیم های تغذیه، محافظت نماییم. اما این روش، خالی از عیوب نیست. در قسمت بعدی، اشکال این روش را مورد بررسی قرار می دهیم.

#### ۴-۶-۲ معایب حفاظت پلاریته معکوس با دیود

روش فوق یک روش کارا و ساده برای محافظت در برابر اتصال معکوس تغذیه به شمار می رود. اما این روش، یک ایراد بزرگ داشته که در سیستم های مبتنی بر باتری لیتیومی، مناسب نخواهد بود. همانطور که می دانید، هر دیود در بایاس مستقیم، دارای یک ولتاژ به نام  $V_F$  است. این پارامتر، میزانی ولتاژی که دیود در بایاس مستقیم، از ولتاژ ورودی خود کم کرده و به ولتاژ خروجی تحويل می دهد. برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید ولتاژ منبع تغذیه شما ۵ ولت باشد. از طرفی دیگر، میزان  $V_F$  درج شده دیود شما در دیتاشیت،  $0.7\text{V}$  تعیین شده باشد. با توجه به این موضوع، چنانچه ولتاژ ۵ ولت به آند دیود متصل نمایید، در کاتد آن  $4.3\text{V}$  ولت ظاهر خواهد شد.

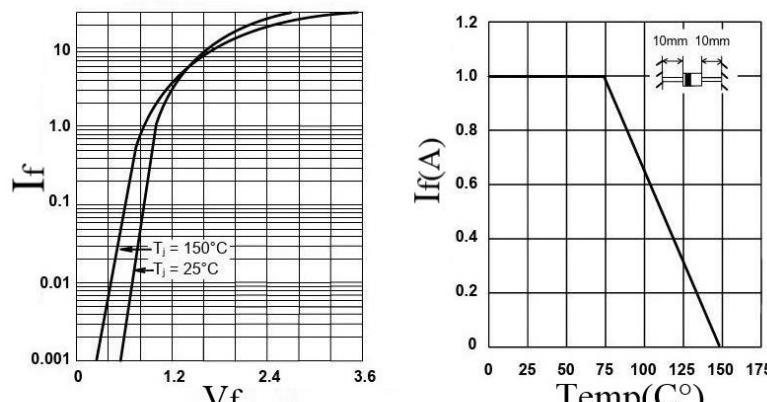
$$V_k = V_{in} - V_f$$

$$V_k = 5 - 0.7 = 4.3$$

فرمول ۴-۲ : محاسبه افت ولتاژ دیود

بدین ترتیب، با کسر  $0.7\text{V}$  ولت از منبع تغذیه، ولتاژ  $4.3\text{V}$  ولت به مدار ما خواهد رسید. البته این مقدار ثابت نبوده و می تواند با افزایش جریان، بیشتر نیز شود. غیر از این، دما هم می تواند بر این مقدار تاثیر بگذارد.

در زیر تصویری از میزان  $V_f$  دیود 1n4007 که جزو پرکاربردترین دیودها محسوب می‌شود، مشاهده می‌نمایید.



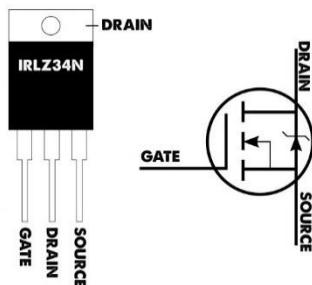
نمودار ۴-۱ : میزان  $v_f$  دیود 1n4007

در نمودار فوق سمت چپ، افزایش ولتاژ  $V_f$  را با افزایش جریان مصرفی سیستم، مشاهده می‌نمایید. فرض کنید برای یک سیستمی، قصد دارید یک سیستم محافظت در برابر پلاریته معکوس، به کمک روش فوق بسازید. جریان مصرفی این سیستم حدوداً ۱۰۰ میلی است در این صورت، افت ولتاژ دیود در حدود  $87^{\circ}\text{C}$  خواهد شد. چنانچه بخواهیم این سیستم را به کمک یک باتری لیتیومی راه اندازی کنیم، به کمک این روش، همواره  $87^{\circ}\text{C}$  از ولتاژ باتری کاسته خواهد شد. بازه ولتاژ تغذیه این سیستم، بین  $3.4$  الی  $4.4$  ولت است، از طرفی دیگر، ولتاژ یک باتری لیتیوم یونی در حدود  $3$  الی  $4.2$  ولت است. با اتصال این دیود به باتری و افت  $0.8$  ولتی، زمانیکه باتری فول شارژ است، ولتاژ  $3.4$  به سیستم خواهد رسید! این یعنی با این روش، زمانیکه باتری فول شارژ هم باشد، حداقل ولتاژ به سیستم مورد نظر خواهد رسید.

#### ۴-۶-۳ محافظت با یاس معکوس با ترانزیستور

ترانزیستورهای ماسفت، نوع دیگری از ترانزیستورها بوده که نسبت به ترانزیستورهای  $\text{bjt}$ ، بازه ولتاژ و جریان به

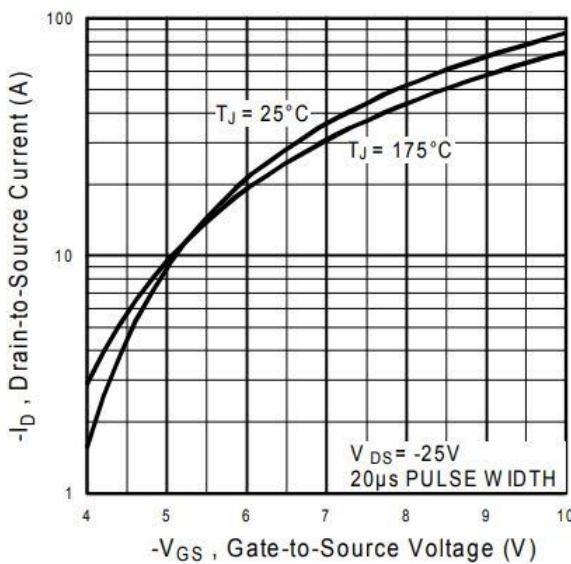
مراتب بالاتری دارند. این نوع ترانزیستورها، همانند ترانزیستورهای  $\text{bjt}$  دارای سه پایه به نام‌های گیت، درین و سورس می‌باشند. اگر ترانزیستورهای  $\text{bjt}$  می‌توانند  $800$  میلی آمپر را در ولتاژ  $40$  ولت از خود عبور دهند، این ترانزیستورها قادرند تا  $100$  آمپر و با ولتاژ  $400$  را از پایه



شکل ۴-۲۴ : شکل ماسفت

های خود عبور دهد. در نوع پیشرفته تر، ماسفت هایی به نام IGBT وجود دارند که در اینورترهای موتورهای الکتریکی با توان بالا، برای کنترل دور موتور به کار می روند.

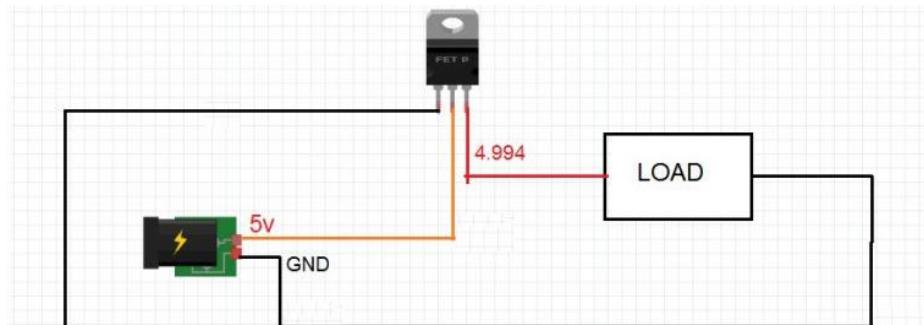
ترانزیستورهای ماسفت به دو دسته نوع N و P تقسیم می شوند. همانند ترانزیستور های bjt که ولتاژ بیس-امیتر سبب روشن شدن ترانزیستور می شود، در اینجا نیز ولتاژ بین پایه گیت و سورس سبب روشن شدن ترانزیستور خواهد شد. در نوع N، این ولتاژ باید حدود  $3^+$  ولت باشد، حال آنکه ترانزیستورهای نوع P با ولتاژ های منفی فعال می شود. به عبارت دیگر، این ترانزیستور زمانی روشن می شود که ولتاژ بین گیت و سورس،  $3^-$  ولت باشد.



نمودار ۴-۲ : رابطع  $V_{GS}$  با جریان قابل عبور

نمودار فوق، رابطه میزان ولتاژ  $V_{GS}$  با جریان قابل عبور از پایه درین به سمت پایه سورس را نشان می دهد. این نمودار مربوط به ترانزیستور ماسفت از نوع P با نام IRF5305 است. مطابق این نمودار، هرچه میزان ولتاژ منفی  $V_{GS}$  بیشتر می شود، میزان جریان قابل عبور از پایه درین به سورس نیز، افزایش می یابد.

یکی از قابلیت های این ترانزیستورها، استفاده در مدارهای محافظت بایاس معکوس است. از طرفی دیگر، با توجه به اینکه میزان افت ولتاژ ناچیز این ترانزیستورها نسبت به دیودها، انتخاب بسیار مناسبی به شمار می روند. پیش از محاسبه افت ولتاژ، ابتدا نحوه قرارگیری این ترانزیستور به عنوان محافظت مدار، را مورد بررسی قرار خواهیم داد.



شکل ۴-۲۵ : شکل مدار استفاده از ماسفت برای محافظت بایاس معکوس

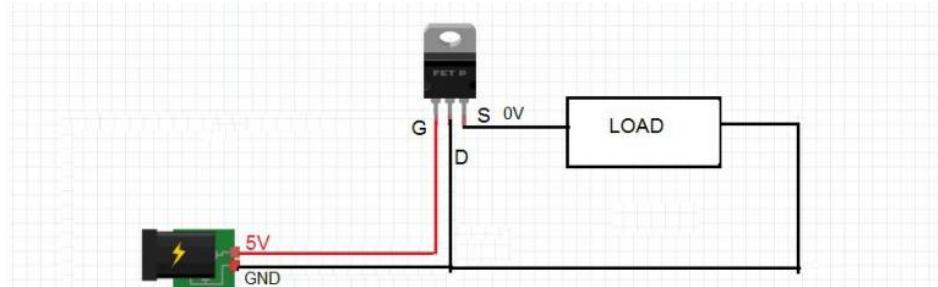
با توجه به مدار صفحه قبل، چنانچه تغذیه مدار در بایاس مستقیم قرار گیرد، ترانزیستور روشن شده و جریان الکتریکی در مدار جاری خواهد شد. در این مدار، ترانزیستور به شکل زیر، در مدار قرار می گیرد.

- پایه گیت به زمین مدار
- پایه سورس به پایه مثبت تغذیه
- پایه درین به پایه مثبت تغذیه مدار

فرض کنید تلفات ترانزیستور بسیار ناچیز بوده و در خروجی آن، ولتاژی برابر با ۴.۹۹۴ ظاهر می شود. (البته این فرض چندان دور از انتظار نبوده و بعد به آن می پردازیم). با توجه به ولتاژ بین گیت و سورس، ترانزیستور روشن خواهد شد.

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 4.994 = -4.994 \quad \text{فرمول ۴-۳ : محاسبه افت ولتاژ ماسفت}$$

همانطور که پیشتر بیان گردید، ترانزیستور نوع P برای روشن شدن، نیاز به ولتاژ منفی در قسمت گیت و سورس خود دارد. با تامین این ولتاژ، ترانزیستور روشن شده و جریان الکتریکی در مدار جاری خواهد شد. اما، چنانچه، مطابق تصویر زیر، قطب های تغذیه برعکس متصل شوند، ترانزیستور خاموش شده و جریانی از مدار عبور نخواهد کرد. بدین ترتیب، مدار در برابر بایاس معکوس، محافظت خواهد شد.



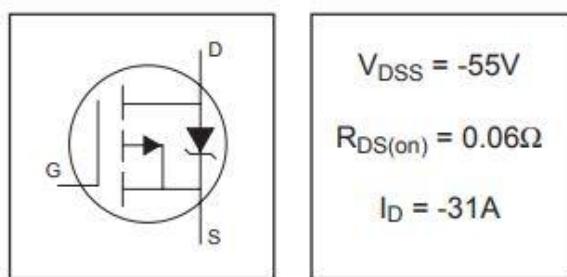
شکل ۴-۲۶ : شکل مدار استفاده از ماسفت برای محافظت بایاس معکوس اتصال برعکس پلاریته ها

در مدار فوق، قطب های تغذیه برعکس متصل شده اند. در نتیجه، ترانزیستور خاموش شده و جریانی از مدار عبور نخواهد کرد. چراکه با توجه به ولتاژ بین پایه گیت و سورس داریم.

$$V_{GS} = V_G - V_S = 5 - 0 = 5 \quad \text{فرمول ۴-۴ : محاسبه ولتاژ در اتصال برعکس پلاریته}$$

همانطور که پیشتر بیان شد، ترانزیستور نوع P برای روشن شدن نیاز به ولتاژ منفی دارد. اما با اتصال برعکس پلاریته، این ولتاژ برابر با ۵ ولت مثبت شده و در نتیجه ترانزیستور خاموش خواهد شد. با خاموش شدن ترانزیستور، جریانی از آن عبور نکرده و در نهایت مدار در برابر اتصال معکوس، محافظت خواهد شد.

تمامی ترانزیستورهای ماسفت، مقاومتی به نام  $R_{DS(on)}$  درون خود دارند. این مقاومت بین پایه های درین و سورس به صورت سری قرار گرفته است. همانطور که اطلاع دارید، با قرار گرفتن مقاومت به صورت سری در مدار، از میزان جریان الکتریکی گذرنده، کاسته خواهد شد. به عبارت دیگر، مقاومت سری سبب محدود شدن جریان می شود. طبیعتا هرچه این مقاومت بیشتر باشد، میزان بیشتری محدود شده و افت ولتاژ بیشتری حاصل خواهد شد. مطابق دیتاشیت ترانزیستور IRF5305، میزان مقاومت درین-سورس برابر با ۰.۰۵۶ اهم است.



شکل ۴-۲۷ : شکل اطلاعات ماسفت IRF5305

مطابق تصویر فوق، ترانزیستور IRF5305، مقاومت درین سورسی برابر با ۰.۰۵۶ اهم دارد. فرض کنید مدار ما، جریان مصرفی برابر با ۰.۱ آمپر داشته باشد. طبق قانون اهم داریم.

$$V = I \times R = 0.1 \times 0.056 = 0.006$$

$$\text{فرمول ۴-۵ : محاسبه افت ولتاژ ماسفت}$$

با فرض اینکه ولتاژ تغذیه ما ۵ ولت باشد، مقدار فوق از ۵ ولت کسر شده و ۴.۹۹۴ ولت به مدار ما خواهد رسید. در حقیقت، مقدار بسیار بسیار ناچیزی از ولتاژ منبع تغذیه کسر شده و به مدار می رسد. برای درک بهتر این موضوع، تصویر زیر را در نظر بگیرید.



شکل ۴-۲۸ : شکل افت ولتاژ در صورت استفاده از ماسفت

در یک مدار الکتریکی، چنانچه تعدادی المان با هم سری باشند، جمع ولتاژ تک تک المان ها می بایست با ولتاژ منبع تغذیه، برابری نماید. در اینجا با توجه به اینکه ولتاژ ترانزیستور ۰.۰۰۶ شده است، بنابراین با جمع این عدد با مقدار ۴.۹۹۴، به ۵ ولت خواهیم رسید. این موضوع را با رابطه زیر نیز، می توان بیان نمود.

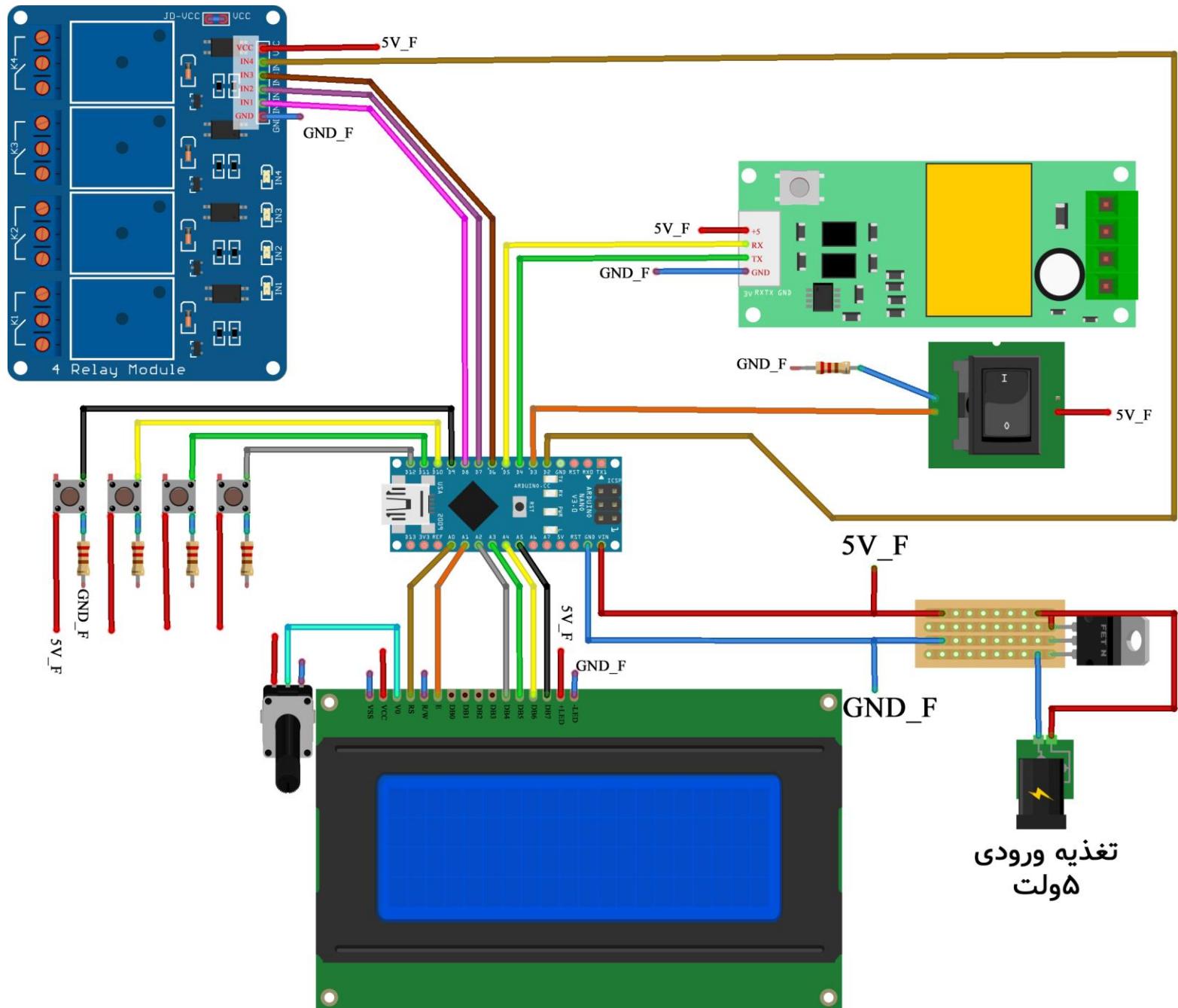
$$\text{ولتاژ ماسفت} + \text{ولتاژ مدار} = \text{ولتاژ منبع تغذیه}$$

$$5 = 0.006 + 4.994$$

همانطور که مشاهده می شود، استفاده از ماسفت بهینه ترین گزینه برای محافظت مدار در برابر اتصال معکوس تغذیه است. با توجه به افت ولتاژ ناچیز ترانزیستور ماسفت، می توانیم آن را به سادگی و بدون نگرانی از افت شدید ولتاژ، برخلاف اتصال دیود، مدار خود را راه اندازی نماییم.

**سایر موارد :**

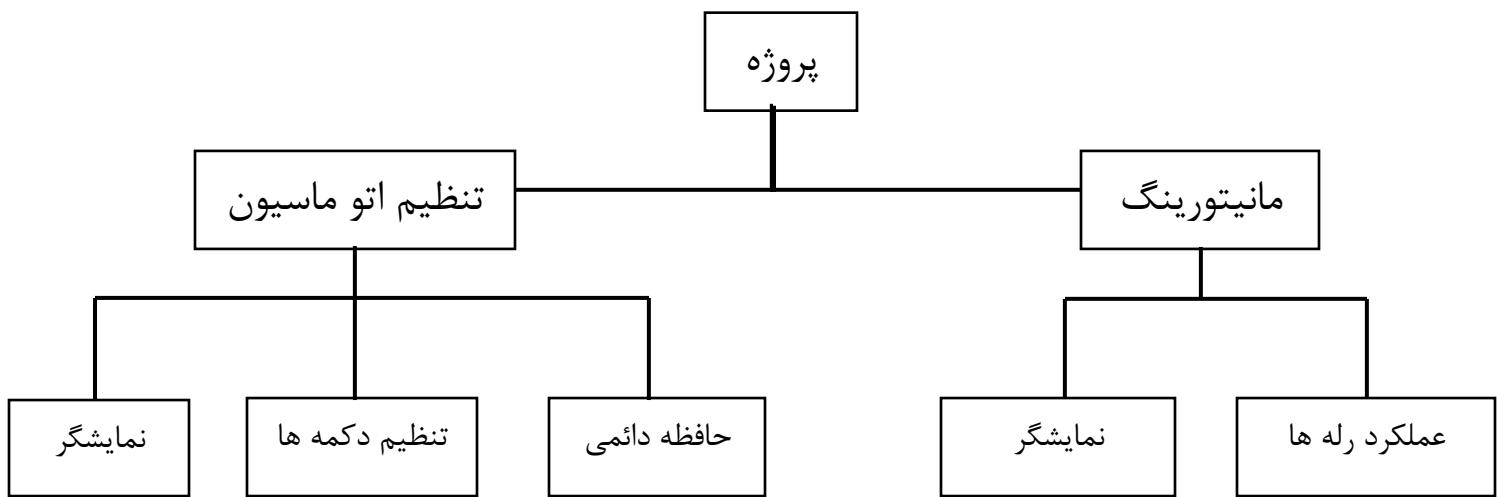
در این پایان نامه به چهار عدد پوش باتن (کلید فشاری) و یک عدد کلید روشن خاموش، نیز نیاز است کلید های فشاری جهت انجام تنظینات در منو تنظیمات و کلید روشن خاموش جهت تغییر مد کاربری به حالت تنظیمات و حالت نمایش.



شکل ٤-٢٩ : شکل اتصالات سخت افزار ها

#### ۴-۷ برنامه نویسی :

برای تکمیل تجهیز طراحی شده در این پایان نامه نیاز است، بخش هایی که در نمودار زیر نمایش داده شده برنامه نویسی شود.

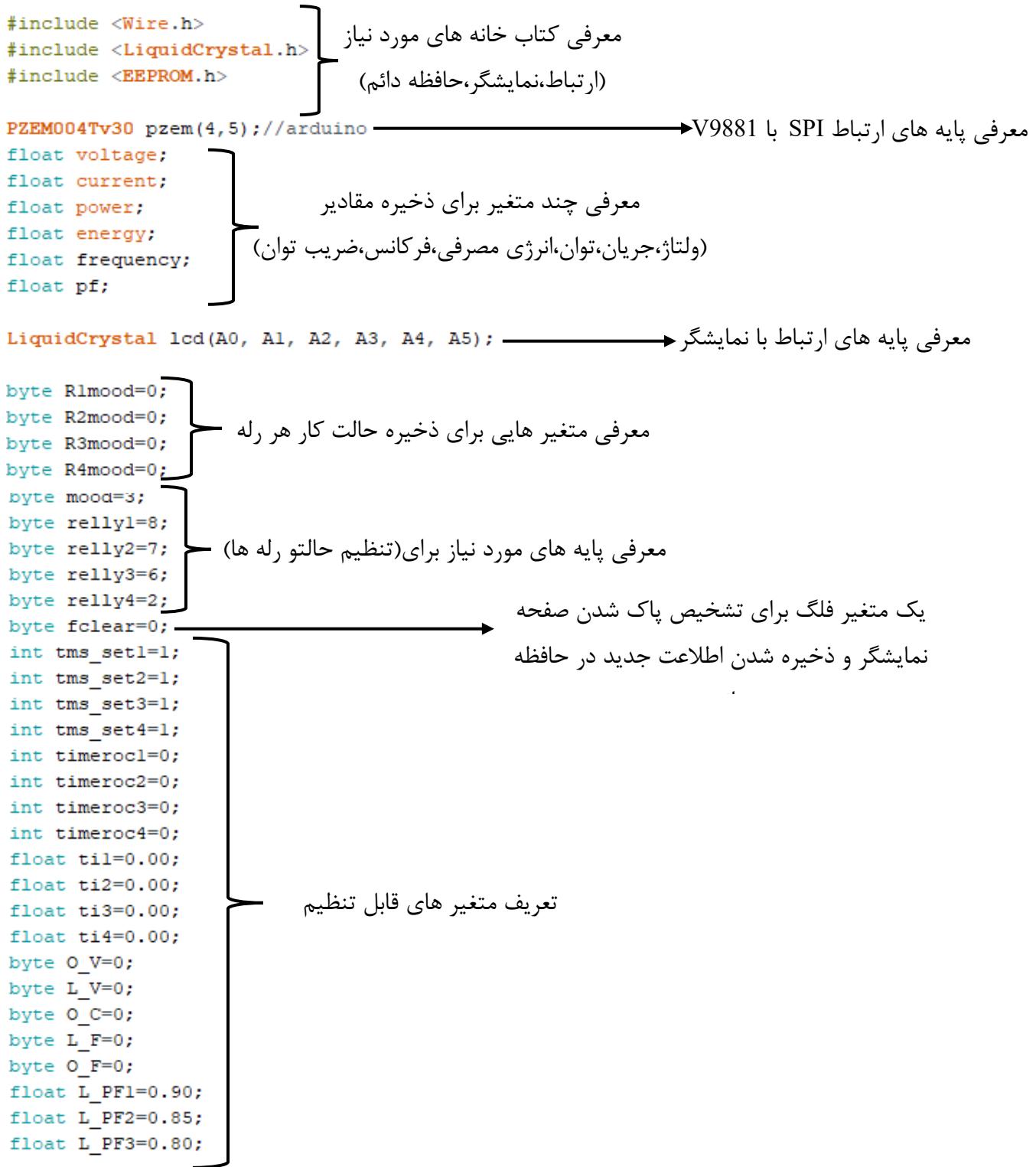


شکل ۴-۳۰ : شکل مراحل برنامه نویسی

همانطور که از تصویر فوق قابل مشاهده است به طور کلی دو بخش برنامه نویسی وجود دارد یک قسمت مانیتورینگ که وظیفه برقراری ارتباط با سنسور اندازه گیری V9881 و نمایش در لحظه متغیر های ولتاژ ، جریان ، فرکانس، انواع توان، ضریب توان و همچنین عملکرد رله ها را بر عهده دارد، و بخش دیگر بخش تنظیم PLC داخلی است که در این بخش نحوه عملکرد هر رله و متغیر های قابل تنظیم(حداکثر ولتاژ ، حداکثر جریان ، اتوماسیون هر رله و...) را با استفاده از دکمه ها تنظیم کرده و همچنین این مقادیر را به حافظه دائمی انتقال خواهیم داد.

#### ۴-۷-۱ متغیر های گلوبال :

این بخش که بخش ابتدایی برنامه را تشکیل میدهد ، متغیر های گلوبال را تعریف میکنیم که ویژگی مهم این متغیر ها این است که در هر جایی از برنامه می توان آنها را فراخوانی کرد. همچنین در این بخش ارتباطات مورد نیاز نیز پیکربندی می شود.



```

//Input & Button Logic
const int numOfInputs = 4;
const int inputPins[numOfInputs] = {12,11,10,9};
int inputState[numOfInputs];
int lastInputState[numOfInputs] = {LOW,LOW,LOW,LOW};
bool inputFlags[numOfInputs] = {LOW,LOW,LOW,LOW};
long lastDebounceTime[numOfInputs] = {0,0,0,0};
long debounceDelay = 5;

```

تعداد، پایه های مختص به هر کلید، حالت اولیه  
کلید ها، فلگ، مقدار اولیه، زمان دیبانس)

```

//LCD Menu Logic
const int numOfScreens = 16;
int currentScreen = 0;
String screens[numOfScreens][2] = {{{"Over Voltage", "Volts"},  

{"Low Voltage", "Volts"},  

 {"Over Current", "Amper"}, {"Low Frequency", "Hz"}},  

 {"Over Frequency", "Hz"}, {"LOW POWER FACTOR 1", "CosFi"},  

 {"LOW POWER FACTOR 2", "CosFi"}, {"LOW POWER FACTOR 3", "CosFi"},  

 {"TMS1 SET", " "}, {"TMS2 SET", " "},  

 {"TMS3 SET", " "}, {"TMS4 SET", " "},  

 {"R1_Mood", " "}, {"R2_Mood", " "},  

 {"R3_Mood", " "}, {"R4_Mood", " "}};  
  

float parameters[numOfScreens];

```

معرفی منو ها

(تعداد منو ها و تنظیم نوشته هر منو)

## ۴-۷-۲ بخش راه اندازی:(void setup)

این بخش کد فقط یک بار و در هنگام راه اندازی اولیه اجرا می شود و کد هایی که نیاز است فقط یک بار اجرا شوند در این بخش نوشته می شوند.

```
void setup() {  
    O_V=EEPROM.read(1);  
    L_V=EEPROM.read(2);  
    O_C=EEPROM.read(3);  
    L_F=EEPROM.read(4);  
    O_F=EEPROM.read(5);  
    EEPROM.get(10,L_PF1);  
    EEPROM.get(30,L_PF2);  
    EEPROM.get(50,L_PF3);  
    EEPROM.get(70,tms_set1);  
    EEPROM.get(100,tms_set2);  
    EEPROM.get(130,tms_set3);  
    EEPROM.get(160,tms_set4);  
    R1mood=EEPROM.read(190);  
    R2mood=EEPROM.read(191);  
    R3mood=EEPROM.read(192);  
    R4mood=EEPROM.read(193);  
    parameters[0]=float(O_V);  
    parameters[1]=float(L_V);  
    parameters[2]=float(O_C);  
    parameters[3]=float(L_F);  
    parameters[4]=float(O_F);  
    parameters[5]=L_PF1;  
    parameters[6]=L_PF2;  
    parameters[7]=L_PF3;  
    parameters[8]=tms_set1;  
    parameters[9]=tms_set2;  
    parameters[10]=tms_set3;  
    parameters[11]=tms_set4;  
    parameters[12]=R1mood;  
    parameters[13]=R2mood;  
    parameters[14]=R3mood;  
    parameters[15]=R4mood;  
    Serial.begin(115200);  
    // initialize the lcd  
    lcd.begin(20, 4);  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(5, 1);  
    lcd.print("AMIR_ESHAQY");  
    delay(2000);  
    lcd.clear();  
}
```

داده های ذخیره شده در حافظه دائم به متغیرها انتقال داده می شوند

داده های متغیر ها با متغیر های صفحه نمایش برابر می شوند

تنظیم سرعت باود ریت(برای ارتباط سریال)

راه اندازی نمایشگر و نمایش یک متن (معرفی طول و عرض نمایشگر)

```

    // pzem.resetEnergy()
for(int i = 0; i < numOfInputs; i++) {
    pinMode(inputPins[i], INPUT);
    digitalWrite(inputPins[i], HIGH); // pull-up 20k
}
pinMode(mood, INPUT);
pinMode(relly1, OUTPUT);
pinMode(relly2, OUTPUT);
pinMode(relly3, OUTPUT);
pinMode(relly4, OUTPUT);
digitalWrite(relly4, HIGH);
digitalWrite(relly3, HIGH);
digitalWrite(relly2, HIGH);
digitalWrite(relly1, HIGH);
}

```

ریست کردن مقدار انرژی مصرفی →

پایه های مربوط به کلید ها به عنوان ورودی معروفی می شوند

پایه کلید تنظیم حالت عملکرد را به عنوان ورودی و پایه رله ها را به عنوان خروجی تنظیم می شوند و به آن ها مقدار اولیه داده می شود

### ۴-۷-۳ بخش همیشه تکرار شونده (void loop)

کد های نوشته شده در این بخش همیشه تکرار میشوند تا زمانی که میکروکنترلر روشن است.

```

void loop(){
    if(digitalRead(mood)==HIGH) {
        save_eep();
        Reeding_par(); → مجموعه کد های خواندن پارامتر ها از V9881
        relay_new();
    } else{
        fclear=0;
        setInputFlags();
        resolveInputFlags();
    }
}

```

مجموعه کد های ذخیره مقادیر در حافظه دائمی →

مجموعه کد های عملکرد رله →

یک متغیر برای تشخیص تغیر حالت و ذخیره اطلاعات در حافظه دائم →

مجموعه کد های دی بانس →

مجموعه کد های پیمایش بین صفحات و تنظیمات منو →

#### ۴-۷-۴ ذخیره متغیر ها در حالت دائم :

در این بخش از کد باید دقت داشت که حافظه دائم در هر میکروکنترلر مقدار متفاوتی دارد و همچنین محدودیتی در تعداد دفعات نوشتمن و یا پاک کردن هر خانه از حافظه را وجود دارد . در آردوبینو نانو که در این پایان نامه استفاده شده است حافظه دائم ۱۰۲۴ بایت بوده و حد اکثر صد هزار مرتبه میتوان در داده های هر خانه را تغییر ایجاد کرد .

در این مجموعه از کد ها از دستوراتی استفاده شده است که اگر متغیر حافظه موقت با متغیر حافظه دائم برابر بود هیچ عمل نوشتمنی صورت نگیرد.

```
void save_eep() {
    if(fclear==0) {
        EEPROM.update(1, O_V);
        EEPROM.update(2, L_V);
        EEPROM.update(3, O_C);
        EEPROM.update(4, L_F);
        EEPROM.update(5, O_F);
        EEPROM.put(10, L_PF1);
        EEPROM.put(30, L_PF2);
        EEPROM.put(50, L_PF3);
        EEPROM.put(70,tms_set1);
        EEPROM.put(100,tms_set2);
        EEPROM.put(130,tms_set3);
        EEPROM.put(160,tms_set4);
        EEPROM.put(190,R1mood);
        EEPROM.put(191,R2mood);
        EEPROM.put(192,R3mood);
        EEPROM.put(193,R4mood);

        lcd.clear();
        fclear=1;
    }
}
```

متغیر های O\_V - L\_V - O\_C - L\_F - O\_F به این دلیل که از نوع بايت هستن تنها یک خانه از حافظه را اشغال می کنند.

متغیر های از نوع int و float هر کدام ۴ خانه از حافظه را اشغال می کنند.

همچنین یک متغیر به نام fclear در این کد به چشم میخورد که وظیفه آن است که این مجموعه کد تنها زمانی که از حالت تنظیم به حالت نمایش انتقال پیدا می کنیم فقط یک بار اجرا شود.

پاک کردن صفحه نمایش

#### F-7-۵ مانیتورینگ(نمایشگر) :

در این بخش از برنامه نویسی باید با تراشه V9881 ارتباط برقرار کرد و مقدار متغیر های مورد نظر را از آن دریافت کرد و این مقادیر را بر روی صفحه نمایش نشان داد. باید توجه کرد که این فراید در لحظه باشد و وقفه ای در کار نباشد.

```
void Reeding_par() {
    // Read the data from the sensor
    voltage = pzem.voltage();
    current = pzem.current();
    power = pzem.power();
    energy = pzem.energy();
    frequency = pzem.frequency();
    pf=pzem.pf();
    // Check if the data is valid
    if(isnan(voltage)){
        //Serial.println("Error reading voltage");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Error readingVoltage");
    } else if (isnan(current)) {
        // Serial.println("Error reading current");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Error readingCurrent");
    } else if (isnan(power)) {
        // Serial.println("Error reading power");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Error reading Power");
    } else if (isnan(energy)) {
        // Serial.println("Error reading energy");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Error reading Energy");
    } else if (isnan(frequency)) {
        // Serial.println("Error reading frequency");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Error Read Frequency");
    } else if (isnan(pf)) {
        // Serial.println("Error reading power factor");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("ErrorReadPowerFactor");
    } else {
```

گرفتن متغیر ها از V9881 و ذخیره آن ها در متغیر های گلوبال  
مورد نظر

در صورتی که هر یک از متغیر ها بدون داده باشد  
خطای مورد نظر بر روی صفحه نمایش نشان داده  
می شود

```

// Print the values to the Serial console
⊕Serial.print(voltage);      ⊕Serial.print(",");
lcd.setCursor(0,0);          lcd.print("V:");
lcd.setCursor(2,0);          lcd.print(voltage);
//
⊕Serial.print(current);      ⊕Serial.print(",");
lcd.setCursor(10,0);         lcd.print("I:");
lcd.setCursor(12,0);         lcd.print(current);
//
⊕Serial.print(power);        ⊕Serial.print(",");
lcd.setCursor(0,1);          lcd.print("W:");
lcd.setCursor(2,1);          lcd.print(power);   lcd.print("  ");
//
⊕Serial.print(energy,3);      ⊕Serial.print(",");
lcd.setCursor(10,1);         lcd.print("KWh:");
lcd.setCursor(14,1);         lcd.print(energy,3); lcd.print("  ");
//
⊕Serial.print(frequency, 1);  ⊕Serial.print(",");
lcd.setCursor(0,2);          lcd.print("Hz:");
lcd.setCursor(3,2);          lcd.print(frequency, 1);
//
⊕Serial.println(pf);          lcd.setCursor(10,2);
lcd.print("PF:");            lcd.setCursor(13,2);
lcd.print(pf);

lcd.setCursor(0,3);           lcd.print("TMSl=");
lcd.print(tms_setl);
}

```

مقدار متغیر ها را بر روی  
صفحه نمایش نشان می دهد

در کد فوق با استفاده ارتباط SPI با تراشه V9881 ارتباط برقرار شده است و مقدار متغیر های (ولتاژ، جریان، توان، فرکانس، ضریب توان) را از آن دریافت می شود و سپس این مقادیر را بر روی نمایشگر نشان خواهیم داد. همچنان در بخش هایی از دستورات سریال هم استفاده شده که برای ارتباط با نرم افزار مطلب مورد استفاده قرار میگیرد در بخش مورد نظر بیشتر به این موضوع پرداخته می شود.

#### ۴-۷-۶ عملکرد رله :

در این بخش از کد ها مدهای کاری رله ها را تنظیم میشود که برای هر ۴ رله ۱۲ مدراه اندازی وجود دارد. که در بخش تنظیمات می توان هر یک از این مدها را برای هر یک از رله ها تنظیم کرد.

مدا :

تشخیص اضافه جریان زمان معکوس: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اکثر جریانی تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای جریان نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود و با قرار دادن این متغیر ها در فرمول زیر میتوان یک رله اضافه جریان زمان معکوس(هرچقدر جریان بزرگ تر از مقدار تنظیم شده باشد در زمان کم تری عمل قطع انجام می شود)

$$ti = \frac{0.14 \times TMS}{\left(\frac{If}{Ipeak}\right)^{0.02} - 1} \quad \text{فرمول ۴-۶ : محاسبه زمان ارسال دستور قطع در رله اضافه جریان زمان معکوس}$$

مدا :

تشخیص اضافه جریان زمان ثابت: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اکثر جریانی تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای جریان نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطا بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

مدا :

تشخیص اضافه ولتاژ زمان ثابت: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اکثر ولتاژ تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ولتاژ نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطا بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

مدا :

تشخیص کم بودن ولتاژ زمان ثابت: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اقل ولتاژ تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ولتاژ نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطا بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۵:**

تشخیص کم بودن فرکانس زمان ثابت: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اقل فرکانس تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای فرکانس نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۶:**

تشخیص اضافه فرکانس زمان ثابت: در این نوع از نحوه کنترل یک حد اکثر فرکانس تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای فرکانس نیز توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۷:**

تشخیص خطاء کلی: در این نوع از نحوه کنترل محدوده عملکرد صحیح ولتاژ، جریان، فرکانس تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای این متغیرها توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۸:**

تشخیص کم شدن ضریب توان ۱: در این نوع از نحوه کنترل حد اقل مقدار ضریب توان تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ضریب توان توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۹:**

تشخیص کم شدن ضریب توان ۲: در این نوع از نحوه کنترل حد اقل مقدار ضریب توان تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ضریب توان توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

**مذکور ۱۰:**

تشخیص کم شدن ضریب توان ۳: در این نوع از نحوه کنترل حد اقل مقدار ضریب توان تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ضریب توان توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطابی بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

: ۱۱ مد

تشخیص خارج شدن از محدوده استاندارد ولتاژ : در این نوع از نحوه کنترل محدوده استاندارد ولتاژ تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ضریب توان توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطاب بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

: ۱۲ مد

تشخیص خارج شدن از محدوده استاندارد فرکانس : در این نوع از نحوه کنترل محدوده استاندارد فرکانس تنظیم میشود و یک ضریب TMS و همچنین مقدار لحظه ای ضریب توان توسط V9881 برای میکرو کنترلر ارسال می شود در صورتی که خطاب بیش از مقدار زمان تنظیم شده برقرار باشد سیگنال قطع ارسال می شود.

```
void relay_new() {
switch (Rlmoode) {
    case 1:
        //tms_On
        if(current>O_C) {
            timerocl++;
            til=(0.14*float(tms_set1))/(pow(current/float(O_C), 0.02)-1);
            if(timerocl>=til) {
                timerocl==til;
                digitalWrite(really1,LOW);
            }
        }else{
            digitalWrite(really1,HIGH);
            timerocl=0;
        }
        break;
    case 2:
        if(current>O_C) {
            timerocl++;
            if(timerocl>=tms_set1) {
                timerocl==tms_set1;
                digitalWrite(really1,LOW);
            }
        }else{
            digitalWrite(really1,HIGH);
            timerocl=0;
        }
        break;
}
```

```

case 3:
    if(voltage>O_V) {
        timerocl++;
        if(timerocl>=tms_setl){
            timerocl==tms_setl;
            digitalWrite(reelly1,LOW);
        }
    }else{
        digitalWrite(reelly1,HIGH);
        timerocl=0;
    }
break;
case 4:
    if(voltage<L_V) {
        timerocl++;
        if(timerocl>=tms_setl){
            timerocl==tms_setl;
            digitalWrite(reelly1,LOW);
        }
    }else{
        digitalWrite(reelly1,HIGH);
        timerocl=0;
    }
}
case 5:
    if(frequency<L_F) {
        timerocl++;
        if(timerocl>=tms_setl){
            timerocl==tms_setl;
            digitalWrite(reelly1,LOW);
        }
    }else{
        digitalWrite(reelly1,HIGH);
        timerocl=0;
    }
}
break;
case 6:
    if(frequency>O_F) {
        timerocl++;
        if(timerocl>=tms_setl){
            timerocl==tms_setl;
            digitalWrite(reelly1,LOW);
        }
    }else{
        digitalWrite(reelly1,HIGH);
        timerocl=0;
    }
}
break;

```

```

case 7:
if(voltage>O_V||voltage<L_V||current>O_C||frequency<L_F||frequency>O_F) {
timerocl++;
if(timerocl>=tms_setl) {
    timerocl==tms_setl;
    digitalWrite(really1,LOW);
}
} else{
    digitalWrite(really1,HIGH);
    timerocl=0;
}
break;
case 8:
if(pf<L_PF1) {
timerocl++;
if(timerocl>=tms_setl) {
    timerocl==tms_setl;
    digitalWrite(really1,LOW);
}
} else{
    digitalWrite(really1,HIGH);
    timerocl=0;
}
break;
case 9:
if(pf<L_PF2) {
timerocl++;
if(timerocl>=tms_setl) {
    timerocl==tms_setl;
    digitalWrite(really1,LOW);
}
} else{
    digitalWrite(really1,HIGH);
    timerocl=0;
}
break;
case 10:
if(pf<L_PF3) {
timerocl++;
if(timerocl>=tms_setl) {
    timerocl==tms_setl;
    digitalWrite(really1,LOW);
}
} else{
    digitalWrite(really1,HIGH);
    timerocl=0;
}
break;

```

```

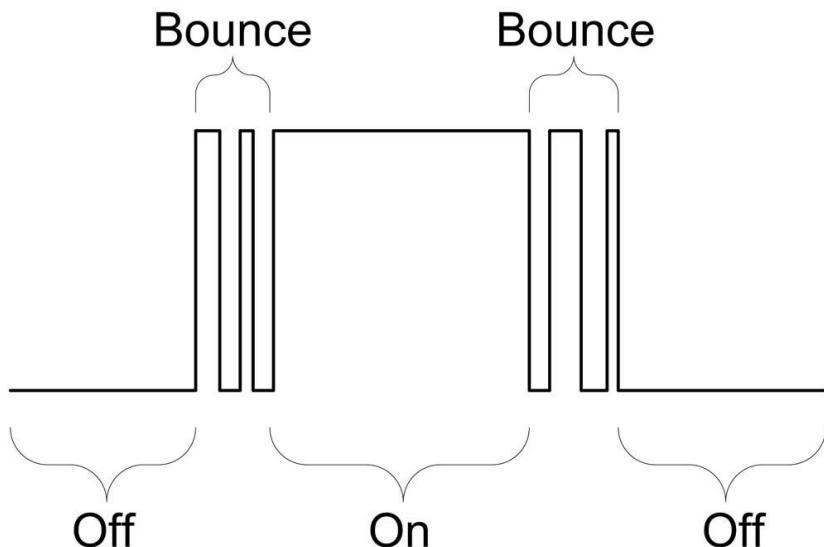
case 11:
    if(voltage>O_V || voltage<L_V) {
        timerocl++;
        if(timerocl>=tms_setl) {
            timerocl==tms_setl;
            digitalWrite(reelly1,LOW);
        }
    }else{
        digitalWrite(reelly1,HIGH);
        timerocl=0;
    }
break;
case 12:
    if(frequency<L_F || frequency>O_F)
        timerocl++;
    if(timerocl>=tms_setl) {
        timerocl==tms_setl;
        digitalWrite(reelly1,LOW);
    }
}else{
    digitalWrite(reelly1,HIGH);
    timerocl=0;
}
break;
default:
    digitalWrite(reelly1,HIGH);
break;
}

```

کد بالا تنها برای یک رله بوده و مابقی رله ها هم دقیقا همانند هم هستند. از دستورات سویچ و ایف در این مجموعه از کد استفاده شده است.

#### ۴-۷-۷ حذف نوسانات کلید (Debouncing) :

فرض کنید یک توپ پینگ پونگ را به بالا پرتاب می‌کنیم، هنگامی که توپ از بالا به زمین می‌خورد و دوباره بالا می‌رود و این عملیات (نوسان) بارها و بارها تکرار می‌شود تا اینکه توپ کاملاً به زمین بنشیند و به حالت پایدار برسد. کن tact های مکانیکی (کلید) هم رفتاری شبیه این توپ دارند، و با هر بار اشاره با آن‌ها چندین بار عمل قطع و وصل انجام می‌شود و شکل موجی شبیه شکل زیر ایجاد می‌شود:



شکل ۴-۳۱ : شکل نوسانات کلید

به علت سرعت زیاد در میکروکنترلر مورد استفاده و وجود این نوسانات، ممکن است هنگامی که ورودی کلید را بخوانیم، چندین بار عمل صفر و یک انجام شود و باعث اختلال در برنامه می‌شود. به عملیاتی که باعث حذف نوسانات و نویزها شود اصطلاحاً Debouncing می‌گویند. برای عملیات Debouncing می‌توان از روش‌های برنامه‌نویسی یا قطعات سخت افزاری استفاده کرد.

شیوه‌ی برنامه‌نویسی این گونه است که وضعیت ورودی میکرو کنترلر را در یک دوره زمانی کوتاه دو بار بررسی می‌شود. بدون انجام عمل Debounce یک بار فشردن کلید می‌تواند در کد به صورت چندبار فشردن تشخیص داده شود . و همچنین مقدار بعد از Debounce کلید در متغیر inputFlags ذخیره می‌شود که به این متغیر در void resolveInputFlags نیاز داریم برای کنترل صفحه نمایش در حالت تنظیمات.

```

void setInputFlags() {
    for(int i = 0; i < numInputs; i++) {
        int reading = digitalRead(inputPins[i]);
        if (reading != lastInputState[i]) {
            lastDebounceTime[i] = millis();
        }
        if ((millis() - lastDebounceTime[i]) > debounceDelay) {
            if (reading != inputState[i]) {
                inputState[i] = reading;
                if (inputState[i] == HIGH) {
                    inputFlags[i] = HIGH;
                }
            }
        }
        lastInputState[i] = reading;
    }
}

```

#### ۴-۷-۸ تنظیم صفحه نمایش حالت تنظیمات :

در این بخش در ابتدا تشخیص مد کاری انجام می شود . اگر سیستم در مد تنظیمات بود سپس بررسی میکنم آیا دکمه ای فشرده شده یا خیر سپس تغیرات بر اساس دکمه فشرده شده در صفحه نمایش ظاهر می شود.

```

void resolveInputFlags() {
    for(int i = 0; i < numInputs; i++) {
        if(inputFlags[i] == HIGH) {
            inputAction(i); → رفتن به void input action
            inputFlags[i] = LOW;
            printScreen(); → رفتن به void printScreen
        }
    }
}

```

با یک حلقه for حالت تمام کلید ها مورد بررسی قرار می گیرد (numInputs=4) در قسمت گلوبال تعریف شده است. در حالتی که inputFlags برابر ۱ باشد (HIGH) به void input action فرستاده می شود همچنین مقدار i نیز برای این VOID ارسال می شود . بعد از این مرحله مقدار inputFlags را برابر ۰ (LOW) می شود . و در قسمت آخر به void printScreen خواهیم رفت.

```

void inputAction(int input) {
    if(input == 0) {
        if (currentScreen == 0) {
            currentScreen = numScreens-1;
        }else{
            currentScreen--;
        }
    }else if(input == 1) {
        if (currentScreen == numScreens-1) {
            currentScreen = 0;
        }else{
            currentScreen++;
        }
    }else if(input == 2) {
        parameterChange(0);
    }else if(input == 3) {
        parameterChange(1);
    }
}

```

رفتن به void parameterChange و انتقال دادن ۰ به آن

رفتن به void parameterChange و انتقال دادن ۱ به آن

کلید های شماره ۰ و ۱ وظیفه تغیر منو را دارند (به چپ یا راست رفتن منو تنظیمات) و کلید های ۲ و ۳ برای تغیر پرامتر است (کم و زیاد کردن پارامتر ها) به عنوان مثال در منو یک میتوان پارامتر اضافه و لتاژ را تنظیم کرد.

```

void parameterChange(int key) {
    if(key == 0 && currentScreen>=5&& currentScreen<=7) {
        parameters[currentScreen]=parameters[currentScreen]+0.01;
    }else if(key == 1 && currentScreen>=5&& currentScreen<=7) {
        parameters[currentScreen]=parameters[currentScreen]-0.01;
    }else if(key == 0 && currentScreen!=5) {
        parameters[currentScreen]++;
    }else if(key == 1 && currentScreen!=5) {
        parameters[currentScreen]--;
    }
O_V=byte(parameters[0]);
L_V=byte(parameters[1]);
O_C=byte(parameters[2]);
L_F=byte(parameters[3]);
O_F=byte(parameters[4]);
L_PF1=parameters[5];
L_PF2=parameters[6];
L_PF3=parameters[7];
tms_set1=parameters[8];
tms_set2=parameters[9];
tms_set3=parameters[10];
tms_set4=parameters[11];
R1mood=parameters[12];
R2mood=parameters[13];
R3mood=parameters[14];
R4mood=parameters[15];}

```

در این قسمت از کد با دستور شرطی if تعیین می شود که اگر سیستم در صفحه های ۵، ۶، ۷ قرار داشت پارامتر مورد نظر ۰.۰۱ کم و یا زیاد شود و اگر در صفحه ای جز این صفحات قرار داشت مقدار پارامتر یک واحد کم و یا زیاد شود، تشخیص دکمه کم یا زیاد شدن به وسیله متغیر key انجام می شود که مقدار این متغیر از قسمت قبل دریافت شده . و در انتهای مقدار پارامتر در هر صفحه از منو در متغیر خودش ذخیره می شود.

```

void printScreen() {
    lcd.clear();
    lcd.print/screens[currentScreen][0]);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(parameters[currentScreen]);
    lcd.print(" ");
    lcd.print/screens[currentScreen][1]);
}

```

در بخش انتهایی کد به نمایش منو ها می پردازیم که صفحه منو مورد نظر و مقدار پارامتر را نشان می دهد.

متغیر screens یک آرایه دو بخشی است که در قسمت گلوبال معرفی شده است .

متغیر currentScreen یک متغیر است که شماره صفحه منو را بما نشان می دهد .

(screens=1 فرض شده است) در ابتدا صفحه نمایشگر را پاک میکنیم سپس بخش اول آرایه currentScreen خانه صفر (Screens[1][0]) را بر روی نمایشگر نشان داده می شود سپس به نقطه (۱۰) در نمایشگر هدایت می شودیم و مقدار پارامتر یک (Parameters[1]) بر روی نمایش گر نشان داده می شود به همراه چند فاصله خالی و در انتهایی بخش دوم آرایه screens خانه یک (Screens[1][1]) را بر روی نمایشگر نشان داده می شود .

#### ۴-۷-۹ ارتباط با متلب :

این ارتباط توسط سیستم SPI و پورت سریال انجام میشود، در بخش مانیتورین ریل تایم متغیر ها خطوطی که با دایره مشخص شده اند جهت ارتباط سخت افزار با متلب هستند به این صورت که در لحظه مقدار خوانده شده هر متغیر را در پورت سریال همراه با یک کاما (,) چاپ می کند در متلب با تنظیم باود ریت و پورت COM مورد نظر میتوانیم این اطلاعات نوشته شده بر روی پورت سریال را مشاهده کرد و میتوان هر متغیر را با کاما تشخیص داد.

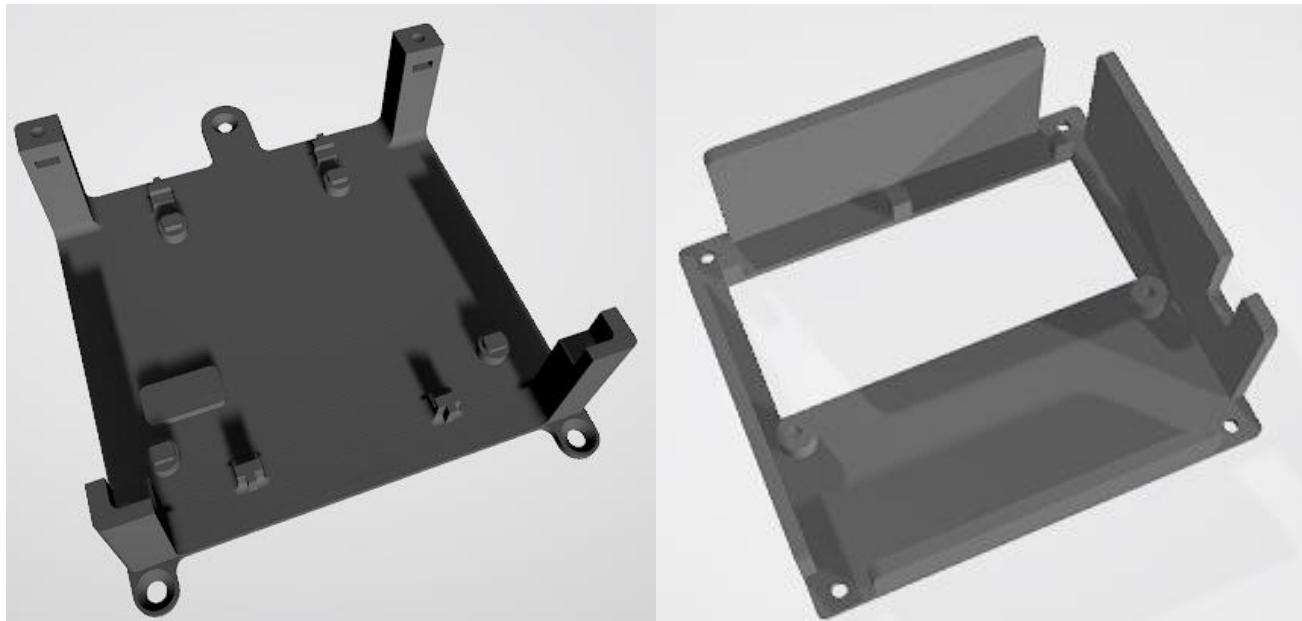
```

clear all
close all
clc
delete(instrfind);
arduino=serial('COM10'); → معرفی پورت کام متصل شده
set(arduino,'BaudRate',115200); → معرفی سرعت باودریت
fopen(arduino);
for j=1:99999
    output = '';
    output = fscanf(arduino);
    disp(output)
        data = fscanf(arduino);
        commas = strfind(data,',');
        voltage(j) = str2num(data(1:commas(1)-1));
        current(j) = str2num(data(commas(1)+1:commas(2)-1));
        power(j) = str2num(data(commas(2)+1:commas(3)-1));
        KWh(j) = str2num(data(commas(3)+1:commas(4)-1));
        frequency(j) = str2num(data(commas(4)+1:commas(5)-1));
        power_factor(j) = str2num(data(commas(5)+1:end)); } تشخیص متغیر ها و جداسازی  
انها در پورت سریال
    %plot
    subplot(1,2,1);plot(voltage,'LineWidth',2) } رسم نمودار ولتاژ و جریان
    ylim([150 250])
    xlim([j-50 j+50])
    title("VOLTAGE = :" +voltage(1,j))
    subplot(1,2,2);plot(current,'LineWidth',2,'Color','r')
    xlim([j-50 j+50])
    title("CURRENT = :" +current(1,j))
    disp('Measured for this trial');
    % move on to other trial
    pause(0.005)
end
% Close serial port
fclose(arduino);
delete(arduino);
clear arduino;

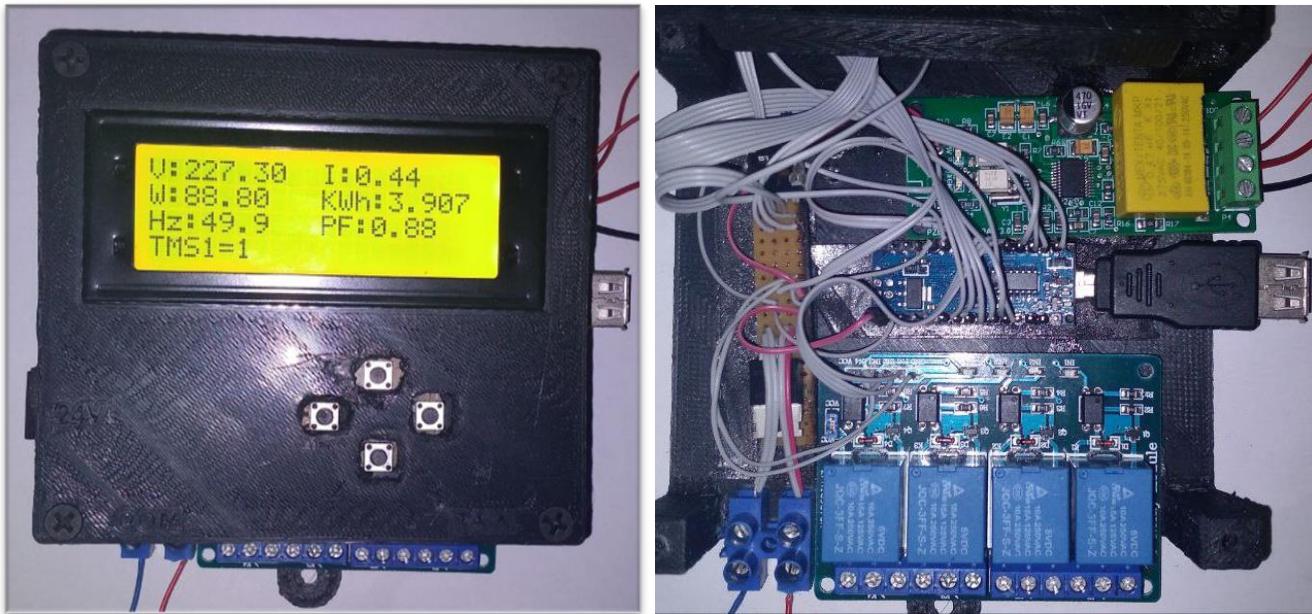
```

#### ۴-۸ ساخت قاب :

قاب این تجهیز با استفاده از نرم افزار سایلد ورک طراحی شده و با پرینتر سه بعدی با فیلامنت PLA ساخته شده است.



شکل ۴-۳۲ : شکل سه بعدی قاب تجهیز



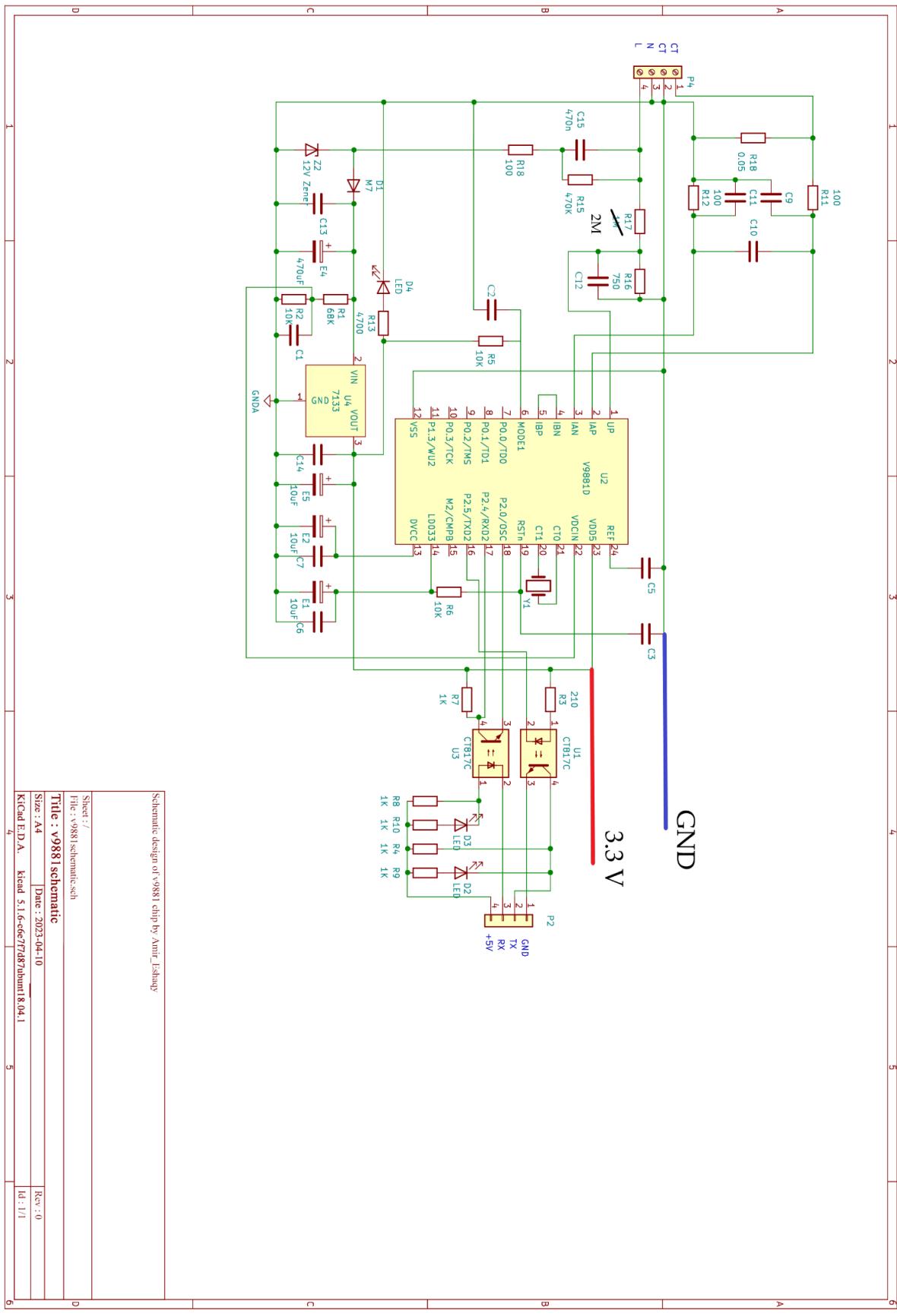
شکل ۴-۳۳ : شکل سه بعدی قاب بعد از پرینت و نصب قطعات

# فصل پنجم

## ۱-۵ نتیجه گیری:

- طبق آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه رانش علوم دریایی نوشهر خطا اندازه گیری در این تجهیز در متغیر ولتاژ ۱٪ در متغیر جریان ۲٪ در متغیر فرکانس ۱٪ و در اندازه گیری ضربی تو ان ۱٪ است است.
- در طراحی مدار راه اندازی سنسور اندازه گیری مشکلی وجود دارد که باعث میشود تراشه V9881 در ولتاژ کم تر از ۷۰ ولت راه اندازی نشود. این مشکل به این دلیل است که تغذیه تراشه توسط برق AC که نمونه گیری میشود، دریافت می شود. که بهتر است در نمونه های بعدی این محصول برق مورد نیاز تراشه V9881 جدا فراهم شود تا بتوان ولتاژ های کم تر از ۷۰ ولت را نیز اندازه گیری کرد.
- میتوان با تغیری کوچک در مقدار مقاومت های بخش نمونه گیری از ولتاژ یعنی مقاومت های (R16 و R17) مقدار حد اکثر ولتاژ قابل اندازه گیری را بیشتر کرد.
- بهتر است قاب هایی برای این تجهیز طراحی شود که امکان اتصال به ریل های تابلو های برق را داشته باشد همچنین امکان اتصال صفحه نمایش به درب تابلو قراهم شود.
- میکرو کنترلر استفاده شده در این تجهیز از سیستم ارتباطی modbus پشتی بانی میکند بهتر است که در نمونه های بعدی پروتکل MD باس نیز برنامه نویسی شود.
- اگر مشکلی در یکی از قطعات رخ دهد سیستم دچار مشکل میشود باید راهکارهایی برای افزایش ضربی اطمینان سیستم پیدا کرد.
- بهتر است قابلیت ذخیره اطلاعات لحظه ای در یک حافظه خارجی اضافه شود . برای سرویس های دوره ای و ذخیره اطلاعات.

شکل ۱-۵: مدار راه اندازی تراشه ۹۸۸۱ با اندازه گیری ولتاژ ۳.۳ ولت



{ ۱۰۰ }

**مراجع:**

۱. حسینی، محمد رضا و مرادی، سید مهدی. (۱۳۹۵). "طراحی و ساخت یک پاور متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR و تبدیل آنالوگ به دیجیتال". مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۲۵.
۲. ایمانی، محمد و ابراهیمی، سید مهدی. (۱۳۹۸). "توسعه پاور متر برق دیجیتال برای کنترل و نظارت بر مصرف انرژی در صنعت". همایش ملی مهندسی برق و الکترونیک ایران.
۳. حکمتی، مهرداد و قربانی، حسین. (۱۳۹۷). "پاور متر برق هوشمند مبتنی بر میکروکنترلر STM32" مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۱۶.
۴. رحیمی، علیرضا. (۱۳۹۶). "ساخت کسینوس فی متر با استفاده از ترانزیستورهای جامد و دیودهای مبتنی بر نانوساختارها". مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۳۴.
۵. مرادی، محمد، و احمدی، مهدی. (۱۳۹۹). "طراحی و پیاده‌سازی یک کسینوس فی متر با استفاده از مدولاسیون عملکرد ترانزیستور". مجله مهندسی برق و کامپیوتر ایران، چاپ ۱۸.
۶. محمدی، علی، و جعفری، حسن. (۱۳۹۷). "طراحی و ساخت یک ولت‌متر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR". مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۱۵.
۷. احمدی، محمدرضا. (۱۳۹۸). "ساخت ولت‌متر دیجیتال بر مبنای میکروکنترلر STM32". همایش ملی مهندسی برق و کامپیوتر ایران.
۸. حسن‌زاده، مرتضی، و علی‌پور، رضا. (۱۳۹۵). "طراحی و پیاده‌سازی یک ولت‌متر دیجیتال ساده با میکروکنترلر AVR". مجله مهندسی برق و کامپیوتر ایران، چاپ ۱۵.
۹. حسن‌پور، حسن، و رضایی، محمدحسین. (۱۳۹۶). "طراحی و ساخت یک آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر AVR". مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۱۴.
۱۰. معماریان، سعید، و خلجی، حمیدرضا. (۱۳۹۹). "ساخت آمپرمتر دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر STM32". همایش ملی مهندسی برق و کامپیوتر ایران.
۱۱. کشاورزی، رامین، و میرزایی، احمد. (۱۳۹۸). "طراحی و پیاده‌سازی یک آمپرمتر دیجیتال ساده با استفاده از میکروکنترلر AVR". مجله مهندسی برق و الکترونیک ایران، چاپ ۱۶.

1. Ahmed, K., & Smith, J. (2019). "Design and Implementation of V98xx Power Meter Chip for Smart Grid Applications". IEEE Transactions on Power Delivery, 34.
2. Kim, S., & Lee, H. (2020). "Performance Analysis and Optimization of V98xx Power Meter Chip for Energy Management Systems". Energy, 194.
3. Patel, N., & Gupta, R. (2018). "Design and Development of a V98xx Power Meter Chip for Smart Home Applications". International Journal of Electrical and Electronics Engineering6,
4. Li, Q., & Wang, J. (2017). "Design and Implementation of V98xx Power Meter Chip for Renewable Energy Systems". Journal of Power Sources, 345.
5. Singh, A., & Mishra, S. (2020). "Analysis and Simulation of V98xx Power Meter Chip for Industrial Power Monitoring". IEEE Transactions on Industry Applications, 56.
6. Sharma, R., & Jain, P. (2019). "Design and Optimization of V98xx Power Meter Chip for Smart Grid Integration". International Journal of Renewable Energy Research, 9.