بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه الکترونیک

طراحی و ساخت سیستم جمع آوری و پردازش متمرکز اطلاعات در پستهای توزیع برق

غلام رضا ببریان

استاد راهنما: دکتر علی سلیمانی

استاد مشاور: دکتر امید رضا معروضی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد

شهریور ماه 1389

چکیده :

پستهای توزیع برق، وظیفه توزیع انرژی الکتریکی مصرفی مشترکین خانگی، تجاری،صنعتی و... را به عهده دارند. با توجه به تعداد و قدرت مشترکین که از پست برق تغذیه می شوند، قدرت و تعداد خطوط خروجی پست مشخص می گردد. هر پست توزیع برق یک خط ورودی و حد اقل 1 تا 14 خروجی فشار ضعیف می تواند داشته باشد. هر خط شامل 3 فاز و یک نول می باشد. مهمترین پارامترهای (اطلاعات) هر خط شامل: ولتاژ(ولت)، جریان الکتریکی (آمپر)، ضریب قدرت ($\cos\varphi$) و هارمونیکهای شکل موج جریان و ولتاژ می باشد.

مهندسین طراح و بهره بردار شبکه های توزیع برق، جهت طراحی و بهره برداری بهینه از شبکه، همواره نیاز دارند که کلیه پارامترهای پستهای توزیع برق را در اختیار داشته باشند. به دو روش دستی و اتوماتیک می توان اطلاعات لازم را جمع آوری کرد. روش دستی زمانبر و دارای خطا و هزینه های اجرائی زیادی است. در روش دوم با نصب سیستمهائی در کلیه پستهای موجود، اطلاعات جمع آوری و به ایستگاه مرکزی ارسال می گردد. در مرکز علاوه بر رویت و ذخیره داده ها جهت مقاصد دیگر، می توان آنها را پردازش و اطلاعات لازم را استخراج نمود.

در راستای این هدف، سیستمی طراحی و ساخته شده، که پس از نصب در هر پست قادر است کلیه اطلاعات را خوانده، جمع آوری و نگهداری نماید. اطلاعات ذخیره شده می توانند، تحت نرم افزاری که برای پردازش داده ها تهیه شده است، بصورت منحنی هائی در بازه زمان نشان داده شوند. سیستم ساخته شده دارای 15 خط ورودی جریان و یک خط ورودی ولتاژ می باشد. با پیاده سازی این سیستم بصورت صنعتی در یکی از شرکتهای توزیع برق کشور، می توان مدعی شد که سیستم اتوماسیون و مانیتورینگ فشار ضعیف پستهای توزیع برق را با مشخصات خاص پیاده سازی و اجرا نموده ایم.

کلمات کلیدی: پست توزیع برق، جمع آوری اطلاعات، طراحی سخت افزار

فهرست مطالب :

فصل اول: مقدمه 1

1-1- مقدمه 2

1-2- ضرورت نیاز به سیستم جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق 2

1-3- معرفی سیستم طراحی و ساخته شده 3

1-4- معرفی و مقایسه سیستمهای مشابه ساخت داخل و خارج 5

فصل دوم : تئوریهاتحلیل سیگنالهاو کاربرد آنها در سیستم 8

2-1- مقدمه 9

2-2- تئوری و تحلیل سیگنالها 9

2-2-1- محاسبات و پردازش مقادیر جریان و ولتاژ 9

2-2-2- محاسبه هارمونیک 11

فصل سوم : طراحی سخت افزار 13

3-1- مقدمه : 14

3-2- ترانس جریان (CT) اندازه گیری 15

3-2-1-سنسور جریان 100 آمپری اثر هال 16

3-3- منابع تغذیه: 17

3-3-1- منبع تغذیه مرجع (V ref) تراشه ADR421 19

3-4- بورد مبدل جریان به ولتاژ : 20

3-5- بورد اندازه گیری جریان(Current Board): 23

3-5-1- سو ئیچهای آنالوگ(Multiplexer) 24

3-5-2- مبدل آنالوگ به دیجیتال(ADC) 25

3-5-2- مدار تقویت کننده دیفرانسیلی ورودی ADC 29

3-5-3- فیلتر سیگنالهای آنالوگ ورودی 31
6-3- طراحی و تجزیه و تحلیل مدار و المانهای ورودی پردازنده بورد جریان 33
3 – 7 - LCD و اتصالات سخت افزاری آن 41
3 – 8 - صفحه کلید 42
3- 9 ـ میکرو کنترلر AVR ، ATMEGA1280 42
10-3- بورد اندازه گیری ولتاژ 44
فصل چهارم : جمع آوری و پردازش اطلاعات 52
1-4- مقدمه 53
2-4- طراحی نرم افزار بورد ولتاژ 53
1-2-4-مد محاسبه(aqusition – mode) 55
2-2-4- محاسبه فاز (phase – mode) 55
3-2-4- مد انتقال (Transfer – mode) 58
3-4- ساختار و روند اجرای برنامه نرم افزار در بورد مرکزی 59
1-3-4- حالت مقدار دهی اولیه 60
3-4- 2- وضعیت تنظیمات کاربر 61
3-3-4- حالت خواندن و محاسبات 61
4-3-4- حالت نمایش اطلاعات 61
4-4- بررسی تنظیمات و مقداردهی اولیه سیستم 64
5-4- بررسی تنظیمات کاربر 66
6-4- بررسی وضعیت خواندن و محاسبات 67
1-6-4- تابع محاسبات ( )aquisition 68
2-6-4- محاسبه offset 72

4-6-3- خواندن و محاسبه جریان های خروجی 74
4-6-4- محاسبه هارمونیک 76
4-7- بررسی وضعیتهای نمایش اطلاعات..... 80
4-8- ذخیره داده ها در SD کارت 82
فصل پنجم : نتیجه گیری 89
5-1- مقدمه 90
5-2- معرفی نرم افزار نمایش پارامترهای پست 91
5-3- نتیجه گیری 94
5-4- پیشنهادات..... 95
منابع..... 96

فهرست اشکال :

شکل (1-1) رکوردهای محاسبه شده در سیستم جمع آوری اطلاعات پست توزیع برق 4

شکل(1-2) سیستم طراحی شده جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق..... 5

شکل (1-3) دستگاه TDL103..... 7

شکل (3-1) شماتیک سیستم جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق..... 14

شکل (3-2) منحنی جریان اولیه و ثانویه در CT اندازه گیری..... 16

شکل(3-3) سنسور جریان 100 آمپری اثر هال – ACS752SCA-100..... 16

شکل(3-4) منحنی ولتاژ خروجی سنسور اثر هال بر حسب جریان اولیه 17

شکل (3-5) مدار ساخت منابع تغذیه المانها در سیستم جمع آوری اطلاعات پست 19

شکل (3-6) ADR421,IC و اتصالات پایه با هدف تهیه V_{ref} برای ADC 20

شکل (3-7) مدار بورد مبدل جریان به ولتاژ..... 21

شکل (3-8) سوئیچ آنالوگ AD508A..... 24

شکل(3-9)مدار ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال..... 26

شکل (3-10) مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1271 استفاده شده در سیستم 27

شکل (3-11) سیگنالهای کلاک، کنترلی و دیتا 24 بیتی در ADS1271..... 28

شکل(3-12) مدارتقویت کننده دیفرانسیلی ورودی ADC 30

شکل (3-13)نمودار پاسخ فرکانسی فیلتر FIR خطی دیجیتال ADC 33

شکل (3-14) شماتیک معماری و ارتباطی بورد اصلی با وسایل جانبی در طراحی سیستم..... 34

شکل(3-15)مسیر عبور سیگنال در بورد اصلی جهت اندازه گیری جریانهای پست 35

شکل (3-16) مسیر سیگنال آنالوگ خروجی CT تا ADC..... 35

شکل (3-17) منحنی مشخصه R_{on} نسبت به تغییر V_{DD}, V_{SS} 36

شکل (3-18) مدار معادل RC ورودی ADC و منحنی مشخصه شارژ مدار RCورودی ADC..... 38

شکل (3-19) مسیر سیگنال در مبدل جریان به ولتاژ 38
شکل(3-20) نحوه اتصال LCDدر سیستم 41
شکل (3-21)کلیدهای ورودی سیستم برای کاربران 42
شکل (3-22) بلوک دیاگرام میکرو کنترلر AVR، ATMEGA1280 43
شکل(3-23)تصویر بورد ولتاژ با پردازنده atmega88 44
شکل (3-24) مدار ورودی بافر و تقویت کننده بورد ولتاژ 46
شکل(3-25) مدار تبدیل شکل موج سینوسی به پالسهای مربعی جهت تعیین اختلاف فاز جریان و ولتاژ 47
شکل (3-26) مدار تبدیل ولتاژهای بورد ولتاژ به موج مربعی جهت محاسبه اختلاف فاز 48
شکل(3-27)پردازشگر بورد ولتاژ(ATmega88)با کلیه ورودیها و خروجیها در بورد 49
شکل(4-1)الگوریتم روند کلی نرم افزار در بورد ولتاژ 54
شکل (4-2) الگوریتم کلی روند اجرای برنامه سیستم جمع آوری اطلاعات پست توزیع برق 63
شکل (4-3) الگوریتم تابع ( ) aquisition 68
شکل (4-4) نمودار روند محاسبات جریانهای ورودی و دریافت اطلاعات از برد ولتاژ 70
شکل (4-5) الگوریتم محاسبه جریان مؤثر خروجی پست ( )I_{rms} 76
شکل (4-6) الگوریتم تبدیل فوریه سیگنال سینوسی 77
شکل (4-7) الگوریتم روند محاسبه هارمونیک جریانهای ورودی در سیستم 79
شکل(5-1) پنجره انتخاب مناطق مختلف در نرم افزار مانیتورینگ پستهای توزیع برق 92
شکل(5-2)پنجره انتخاب پست در یکی از مناطق تعریف شده در نرم افزار مانیتورینگ پست 92
شکل(5-3)پنجره مربوط به مشخصات پست انتخاب شده در نرم افزار مانیتورینگ پست 93
شکل(5-4) منحنی هارمونیکهای 15،13،11،9 ام فاز R جریان کل پست برق انتخاب شده 94

فهرست جداول

جدول (3-1) قطعات و ولتاژهای مرجع المانهای سیستم..... 16

جدول(3-2) حالتهای سوئیچ ADG508A برای انتخاب یکی از ورودیها..... 22

جدول(4-1) داده های ذخیره شده و آماده ارسال در بورد ولتاژ(ولتاژ و فاز) 58

جدول(4-2) نحوه ذخیره سازی متغیرهای خط ورودی در RAM میکروکنترلر 83

جدول (4-3) نحوه ذخیره سازی هارمونیکها در RAM..... 83

جدول (4-4) نحوه ذخیره سازی داده های خروجی nام در RAM..... 84.

جدول (4-5) نحوه ذخیره سازی داده های خط ورودی در SD کارت توسط بافر تعریف شده 88

فصل اول:

مـقـد مـه

1-1- مقدمه :

پستهای توزیع برق وظیفه کاهش ولتاژبرق از 20 کیلوولت به 400 ولت جهت مصارف مشترکین خانگی، تجاری و صنعتی را به عهده دارند. با توجه به نوع و قدرت پست بین 1 تا 14 خط خروجی فشار ضعیف تغذیه کننده خواهیم داشت. پایداری و کیفیت انرژی الکتریکی توزیع شده یکی از مهمترین دغدغه های شرکتهای توزیع برق می باشد. کارشناسان بهره برداری با اندازه گیری و کنترل شاخصها و پارامترهای الکتریکی (جریان،ولتاژ،ضریب توان،هارمونیک، رشد بار و ...) همواره می کوشند که به این هدف عالی نایل آیند.

1-2- ضرورت نیاز به سیستم جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق :

درحال حاضر عمل کنترل پارامترها و پایش مشخصه های الکتریکی بصورت دستی با اعزام فرد به محل پستهای برق، بصورت کاملاً محدود انجام می گیرد.در راستای توسعه لوازم اندازه گیری و ثباتهای دیجیتالی، پارامترهای الکتریکی قابل اندازه گیری و ثبت در طول 24 ساعت بوده و داده های اندازه گیری شده جهت تکمیل بانک اطلاعاتی پستها به مرکز ارسال می گردد بطوریکه کارشناسان با استفاده از نرم افزارهای طراحی شده در مرکز قادر به تجزیه و تحلیل و ارائه انواع گزارشات کاربردی و راهبردی در راستای بهره برداری بهینه از شبکه خواهند بود.گزارشات فوق می تواند در موارد ذیل هم کارگشا باشند :

- بررسی امکان فروش و واگذاری انرژی به متقاضیان با توجه به توان مصرفی(بار) هر خط و کل پست.

- ملاحظات رشد باردرطراحی شبکه با توجه به چشم انداز آینده.

- شناسایی و کیفیت نوع بار مصرف کننده ها و مشترکین برق از نظر تولید هارمونیک، زمان پیک و کم باری و موارد مشابه دیگر جهت مدیریت بار و مصرف انرژی در محدوده های کوچک تا کلان.[10]

در شرکت های توزیع برق کشور با توجه به تعداد زیاد پست ها و نیاز به هزینه بسیار بالای نصب ثباتها در مبادی فشارضعیف پستها، برداشت و ثبت اطلاعات بصورت دستی یا نصب دستگاه ثبات موقت قابل حمل انجام می شود. که این روشها جوابگو نبوده و مشکلات و معایب خاص خودش را در بر دارد.

در سالهای اخیر نیاز دسترسی به پارامترهای الکتریکی پستهای توزیع برق در راستای مشتری مداری و توسعه و پیشرفت در این صنعت، بسیار احساس می گردد و با توجه به فضای رقابتی بین شرکت های توزیع برق سراسر کشور که همگی زیر نظر مدیریت واحد (توانیر) اداره می شوند سعی می کنند در زمینه های فروش، طراحی و نگهداری شبکه برق بهترین باشند. مهمترین گام در رسیدن به این هدف دسترسی به کلیه پارامترهای الکتریکی پست می باشد. با نصب ثبت کننده پارامترها در تک تک پستها و جمع آوری اطلاعات آنها تحت یک نرم افزار کاربردی می توان به این مهم دست یافت.

1-3- معرفی سیستم طراحی و ساخته شده :

سیستمطراحی شده که در شکل (1-2) نشان داده شده، قادر است اطلاعات و پارامترهای الکتریکی پستهای توزیع را جمع آوری کردهو روی آنها عمل پردازش انجام دهد.

بعنوان مثال پستی با قدرت ترانس1250KVAو14 خط خروجی فشار ضعیف داریم، با نصب این سیستم در پست، رکوردهای شکل (1-1) در بازه زمانی مشخص در حافظه دستگاه ذخیره می گردد.

زمان	تاریخ	جریان کل پست				ولتاژ شبنه ها			جریان خروجی خط 1(آمپر)				3	جریان خروجی خط 14(آمپر)				هارمونیک اول جریان کل			....	هارمونیک 15 جریان کل		
		In	IT	IS	IR	vt	vs	vr	In	IT	IS	IR		In	IT	IS	IR	R	S	T		R	S	T

شکل(1-1)رکوردهای محاسبه شده در سیستم جمع آوری اطلاعات پست توزیع برق

بطور خلاصه سیستم طراحی شده دارای مشخصات ذیل می باشد :

سیستم قادر است 61 سیگنال ورودی را اندازه گیری نماید. این سیگنالها مربوط به جریان الکتریکی 3فاز – نول ورودی پست برق و 14 خط خروجی (15x4) بعلاوه یک سیگنال زمین[1]جهت محاسبه افست[2]می باشد. همچنین قادر است 3 سیگنال ورودی که در واقع خروجی ترانسفورماتور کاهنده 220/3 ولت می باشد(ولتاژ سه فاز R، S ، T) را اندازه گیری نماید.

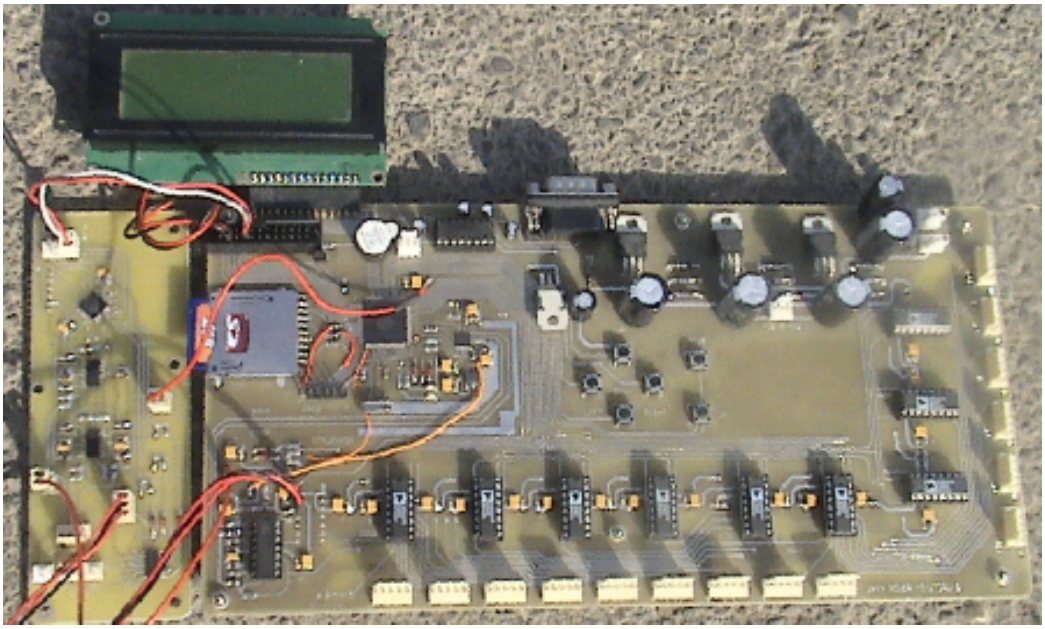
سیستم دارای دو پردازنده AVR می باشد. ATMega1280 که مربوط به بورد اصلی بوده و ATMega88 که پردازنده بورد فرعی است و محاسبات ولتاژ و اختلاف فاز را انجام میدهد.

سیستم طوری طراحی شده که هر 10 دقیقه اطلاعات پست را خوانده و نگهداری می نماید.سر ساعت اطلاعات نگهداری شده در حافظه RAM پردازنده اصلی را در فایلهای ماهانه (سه فایل خط ورودی ، خطوط خروجی و هارمونیک) داخلSDcard ذخیره نماید. با ورود به ماه جدید سیستم فایل جدیدی ایجاد و این عمل را تا هنگام پر شدن SD card ادامه خواهد داد.

برای جلوگیری از پر شدن بی مورد حافظه، توانهای اکتیو و راکتیو ذخیره نمی گردند. بلکه در صورت درخواست کاربر (در مد user display) فقط محاسبه و نمایش داده می شوند.با داشتن فازورهای جریان و ولتاژ می توان توانها را بصورت نرم افزاری محاسبه کرد.

نرم افزار تهیه شده در رایانه قادر است کلیه پستها را با توجه به محل قرار گرفتن آنها از نظر جغرافیایی یا الکتریکی دسته بندی نماید. در نهایت با انتخاب پست و پارامترالکتریکی،نرم افزار قادر است منحنی تغییرات آن پارامتر را در بازه زمانی مشخص شده نمایش دهد.

[1]Earth Signal
[2]offset



شکل(1-2) سیستم طراحی شده جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق

1-4- معرفی و مقایسه سیستمهای مشابه ساخت داخل و خارج:

تنها شرکت داخلی که بصورت تخصصی در زمینه ساخت این ثباتها فعالیت می نماید شرکت مهندسی مشهد تدبیر می باشد که تعدادی از شرکت های توزیع برق نسبت به خریداری و نصب ثبات از این شرکت اقدام نموده اند. دستگاه TDL103 شکل (1-3) آخرین محصول این شرکت می باشد که دستگاه فوق قادر است یک ورودی از ولتاژهای سه فاز ـ نول و یک ورودی از جریان های 3 فاز را دریافت و پارامترهای الکتریکی آنها را در SD کارت خود ثبت نماید. در سیستم TDL103 از IC انرژی میترینگ ADE7758 بصورت مستقیم اندازه گیری ولتاژها، جریانها، توانهای اکتیو و راکتیو و ... را انجام می دهد در صورتیکه سیستم طراحی شده در این تحقیق از 24ADC بیتی خارجی برای پردازش و محاسبات پارامترها استفاده می شود.

شرکت مشهد تدبیر سیستم فوق را با قیمت حدود 4.800.000 ریال به فروش می رساند که ثبت پارامترهای ولتاژ موثر، جریان مؤثر،PF توان اکتیو و راکتیو سه فاز ،THDو دیگر مقادیر مرتبط به این مشخصات را انجام می دهد. البته راه اندازی دستگاه نیاز به لوازم جانبی مثل ct و . . . دارد، که باید جداگانه تهیه و خریداری گردد.(هر خط ورود یا خروجیهای پست نیاز به 4 عدد ct اندازه گیری دارد که قیمت تقریبی هر عدد آن حدود 150000 ریال می باشد.)

سیستم مشابه خارجی که در شرکت توزیع برق تهران مورد استفاده قرار می گیرد .ثبات الکتریکی است که کلیه پارامترهای الکتریکی(جریان، ولتاژ، ضریب توان، توانهای اکتیو و راکتیو، هارمونیکهای شکل موجها . . .) را با برچسب زمانی محاسبه و تحت نرم افزاری پردازش و گزارش گیری مینماید. همچنین قادر است رسم منحنی های زمانی پارامترها را انجام دهد. مارک دستگاه اشنایدر، قابل حمل و برای نمونه گیری از جریان خطوط از ct های کلمپی که شبیه آمپر مترهای چنگکی می باشد، استفاده می نماید. قیمت دستگاه حدود 40 000 000 ریال و یکعدد ct آن حدود 10 000 000 ریال می باشد. کارشناسان با نصبدستگاه در پست برای زمان مشخصی قادر خواهند بود، که به رفتارهای الکتریکی بار و پارامترهای پست برای مقاصد خود دست پیدا کنند.

شکل (1-3) دستگاه TDL103

یکی از فاکتورهای مهم در بالا رفتن قیمت پیاده سازی سخت افزار سیستم اتوماسیون جمع آوری اطلاعات پستها ی توزیع برق، ترانسفورماتور جریان(ct) می باشد. که در این راستا صنعتگران و پژوهشگران همواره بدنبال روشی هستند که با هزینه کمتر به این هدف (اندازه گیری جریان

الکتریکی بدون تماس با سیستم قدرت)دست پیدا کنند. از اینرو ctهای رکوفسکی، نوری و اثر هال وارد صنعت گردیدند. که در فصل سوم جائیکه در مورد ct اندازه گیری بحث می شود یک نمونه از ct اثر هال ارائه خواهد شد.

تحقیق در چهار فصل تقسیم و بررسی شده است.

فصل اول شامل: مقدمه، مروری بر کارهای انجام شده ، ارائه یک سیستم مشابه صنعتی و در ادامه سیستم طراحی شده معرفی و مشخصات وتوانائیهای آن بازگو خواهد گردید.

فصل دوم شامل: تئوریها، تحلیل سیگنالها و کاربردهای آن در سیستم طراحی شده از نظر اندازه، فاز، هارمونیکو ...که مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

فصل سوم شامل:بلوک دیاگرام سخت افزار سیستم می باشد که به تفکیک بلوکهای نمونه گیر،مدار تغذیه، سوئیچها، ADC ... و شرح وظایف و چگونگی ارتباط بین آنها همراه با کنترل کننده مرکزی مورد تشریح قرار خواهد گرفت و در فصل چهارم جمع آوری اطلاعات و نمایش با توجه به روند کار و محدودیت ها در سیستم طراحی شده، مورد بحث قرار می گیرد.

و در نهایت در فصل پنجم با معرفی یک نرم افزار طراحی شده نشان داده خواهد شد که چگونه می توان اطلاعات ثبت شده روی حافظه سیستم را بوسیله گرافهای ترسیم شده هر پارامتر در بازه زمانی مشخص مورد بحث و بررسی قرار داد. همچنین پیشنهاداتی در خصوص کاستی ها و توسعه سیستم طراحی شده ارائه می گردد.

فصل دوم:

تئوریها
تحلیل سیگنالها
و کاربرد آنها در سیستم

2-1- مقدمه :

سیگنال برق شهر سینوسی با فرکانس 50 هرتز با مقدار موثر حدود 220 ولت می باشد. خروجی فشار ضعیف ترانسفورماتور 20kv/400v پستهای توزیع برق شامل سه فاز T,S,R و نول می باشد که ولتاژ خط (اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دوفاز) 380-400v ولتاژ فاز (اختلاف پتانسیل بین هر فاز و نول) 220-240v می باشد. با توجه به بار (مصرف کننده) جریانی از هر فاز کشیده می شود. اگر بارها اهمی خالص باشد اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ صفر بوده و ضریب توان صفرخواهد شد.اگر بارها سلفی باشد (کلیه الکتروموتورها، سیم پیچیهاو...) سیگنال جریان به اندازه زاویه Φ از ولتاژ عقب افتاده و عکس آن اگر بار،خازنی باشد سیگنال جریان از سیگنال ولتاژ جلو می افتد.

2-2- تئوری و تحلیل سیگنالها :

2-2-1- محاسبات و پردازش مقادیر جریان و ولتاژ :

در حالت کلی می توان نوشت:

(2-1) سیگنال ولتاژ $V(t)=V_m \cos \omega t$

(2-2) سیگنال جریان $I(t)=i_m \cos (\omega t+\Phi)$

(2-3) توان اکتیو $P=|V| \, |I| \cos \Phi$

(2-4) توان راکتیو $Q=|V| \, |I| \sin \Phi$

(2-5) توان ظاهری $S= \sqrt{P^2 + Q^2} =|V| \, |I|$

سیستم به گونه ای طراحی شده که سیگنالهای ولتاژ و جریان پس از اعمال تغییرات روی آنها در محدوده رنج قابل قبول مبدل آنالوگ به دیجیتال قرار گیرند. سپس با فرکانس نمونه برداری معینی عمل تبدیل سیگنال پیوسته به گسسته را انجام می دهد. در نهایت برای یک سیکل ولتاژ یا جریان با تعداد n نمونه خواهیم داشت:[10]

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_0^T V^2(t)dt}$$ (6-2) مقدار مؤثر سیگنال پیوسته V(t)

در حالت گسسته داریم :

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} V^2(i)} = \frac{\sqrt{(V_1^2+V_2^2+\cdots+V_n^2)}}{\sqrt{n}}$$ (7-2)

n:تعداد نمونه ها در یک سیکل

$$I_{rms} = \frac{\sqrt{(I_1^2+I_2^2+\cdots+I_n^2)}}{\sqrt{n}}$$ (8-2)

با توجه به اینکه میکروکنترلرها با ولتاژ کار می کنند، برای محاسبه جریان، پس از نمونه گیری توسط CTاز جریان خط (با نسبت تبدیل مشخص) آنرا از یک مقاومت کوچک عبور داده و ولتاژ حاصل در دو طرف مقاومت را که مقداری متناسب با جریان خط است. تقویت کرده و عمل پردازش روی آن ولتاژ انجام خواهد شد.

$$V_{rms=}LSB \times \sqrt{\frac{k_1{}^2+k_2{}^2+\cdots+K_n^2}{n}} \times G$$ (9-2)

که در آن :

$$LSB = \frac{V_{REF}}{2^b}$$ (10-2)

در رابطه (10-2)b نشان دهنده تعداد بیت ADC در سیستم می باشد، همانگونه که در فصل آینده توضیح داده خواهد شد b=15 و V_{REF}=2/5V می باشد. بنابراین می توان گفت که LSB دقت مبدل را مشخص می کند. برای دقیقتر شدن محاسبات و اینکه در شبکه توزیع نوسانات زیاد می باشد، بجای یک سیکل، از 5 سیکل برای محاسبه مقادیر مؤثر ولتاژ و جریان استفاده می نمائیم. در مبدل آنالوگ به دیجیتال در هر بار محاسبه برای هر خط خروجی تعداد (5×n) نمونه k1 تا k625را به

میکروکنترلرتحویل میدهد(n تعداد نمونه های یک سیکل شکل موج پیوسته ورودی می باشد که در سیستم برابر 125 نمونه محاسبه و تعریف شده است) با توجه به مقدار گین مدار معادل در مسیر سیگنال (G) و ضریب مورد نیاز (ADC(LSBمی توان مقادیر موثر ولتاژ و جریان را درمیکروکنترلر طبق رابطه (2-9) بدست آورد.[5]

تا اینجا مقادیر موثر ولتاژ، جریان و زاویه بین آنها را بدست آورده ایم، بسادگی میتوان مقادیر توانهای اکتیو و راکتیو را طبق روابط (2-3) و (2-4) بدست آورد.

2-2-2- محاسبه هارمونیک:

برای محاسبه هارمونیک از سیگنال جریان، نمونه برداری کرده، و طبق روابط تبدیل فوریه گسسته اندازه هارمونیکهای فرد را محاسبه و ذخیره می کنیم. مطابق فرمول تبدیل فوریه داریم:[3]

$$a_{0=\frac{2}{N}\sum_{k=0}^{N-1} f(k\Delta t)} \quad (11\text{-}2)$$

$$a_n = \frac{2}{N}\sum_{k=0}^{N-1} f(k\Delta t) cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \quad (12\text{-}2)$$

$$b_n = \frac{2}{N}\sum_{k=0}^{N-1} f(k\Delta t) \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \quad (13\text{-}2)$$

که در روابط فوق داریم:

$f(k\Delta t)$: نمونه های گسسته شده سیگنال جریان

N: تعداد نمونه ها در یک سیکل(طول پنجره نمونه برداری)

K: شماره نمونه از 0 تا nn:مرتبه هارمونیک

مقدار موثر و زاویه فاز هارمونیک nام طبق روابط زیر قابل محاسبه می باشند.

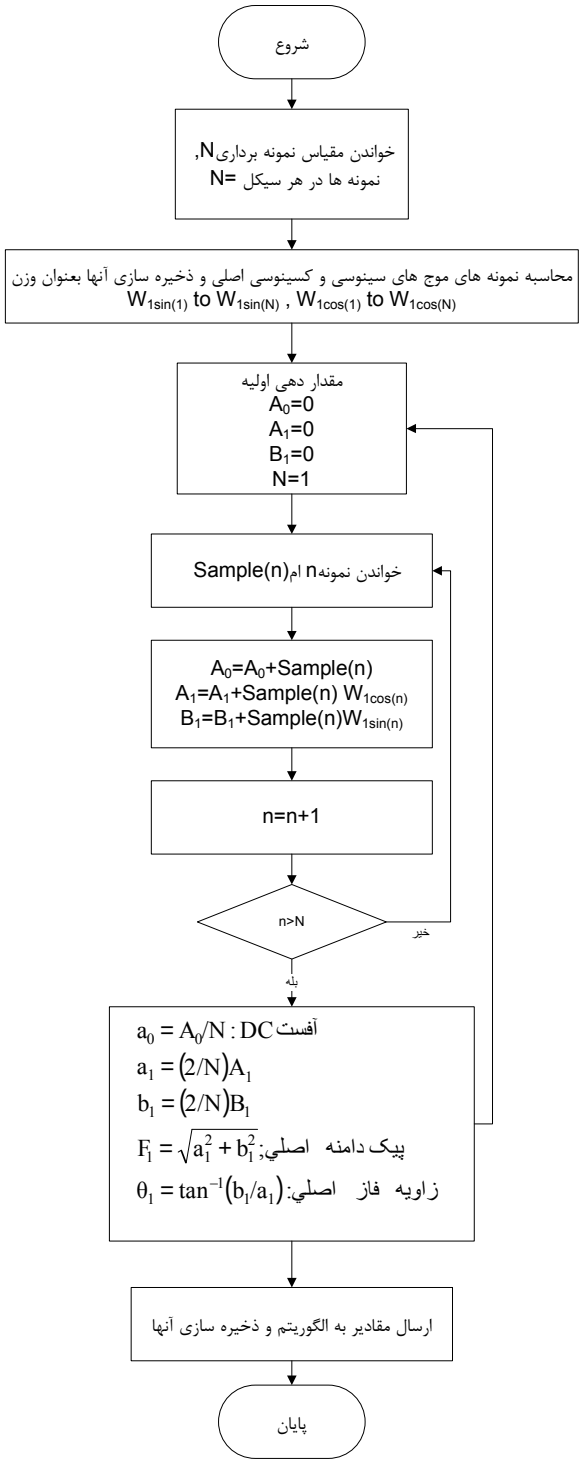
$$V_{nrms} = \frac{\sqrt{(a_n^2+b_n^2)}}{\sqrt{2}} \quad (14\text{-}2)$$

$$n = \tan^{-1}\left(\frac{b_n}{a_n}\right) \quad (15\text{-}2)$$

سیستم بعد از خواندن نمونه های شکل موج جریان آنها را ذخیره و با توجه به روابط (2-12) الی (2-14) نسبت به محاسبه هارمونیکهای فرد اول تا پانزدهم اقدام خواهد نمود.

الگوریتم استفاده شده در سیستم در شکل(2-1) نمایش داده شده است.

با توجه به اینکه سیستم تا هارمونیک پانزدهم را اندازه گیری مینماید. و نظر به اینکه هارمونیک پانزدهم فرکانسی برابر با 750 هرتز دارد. با توجه به قضیهٔ نمونه برداری نایکویست حداقل نرخ نمونه برداری باید بزرگتر از 2 برابر بزرگترین فرکانس طیفی موجود در سیگنال باشد. بنابراین حداقل نرخ نمونه برداری در سیستم برابر 1500 هرتز می باشد. این در حالیستکه در سیستم با فرکانس 6250 هرتز در سیکل عمل نمونه برداری صورت می گیرد. و این نرخبزرگتر از 8 برابرفرکانس هارمونیک پانزدهم می باشد. پس می توان مطمئن بود که هیچگونه مشکلی از نظر تداخل طیفی متوجه سیستم نخواهدبود.



شکل (2-1) الگوریتم محاسبه هارمونیک

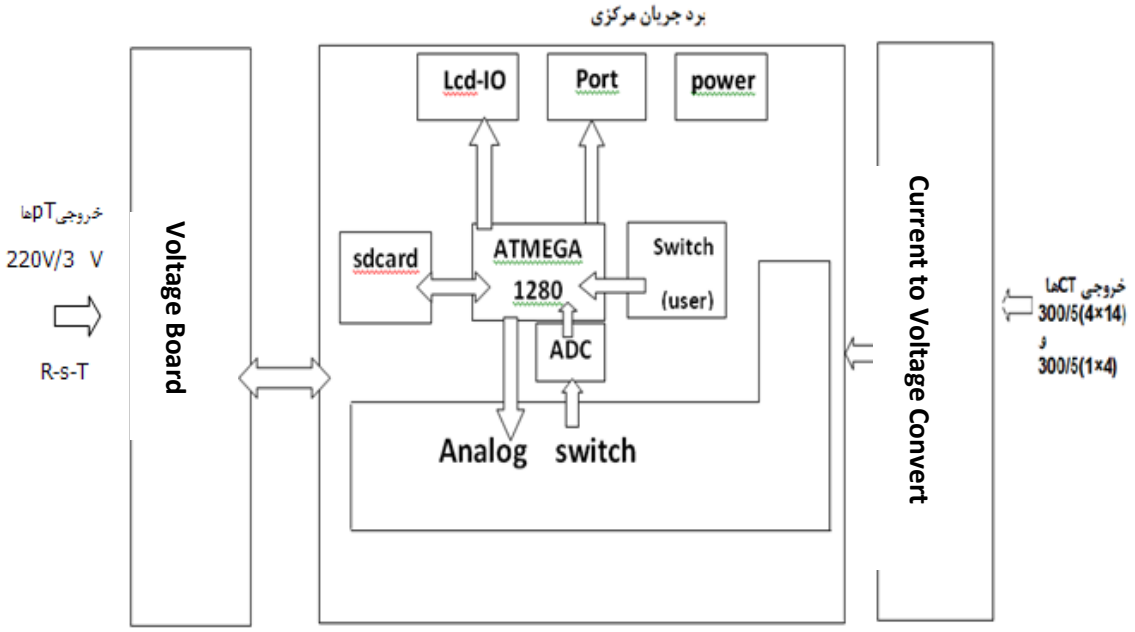
فصل سوم :

طراحی سخت افزار

3-1- مقدمه :

همانگونه که در شکل (3-1)نمای کلی طراحی سیستم جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق مشاهده می نمائید. سیستم از نظر سخت افزاری به دو بخش بورد مرکزی (جریان) و بورد ولتاژ تقسیم شده است که باهم مبادله اطلاعات می نمایند.

ترانسفورماتورهای جریان (CT)از جریان خطوط کل پست و کلیه خطهای خروجی (سه فاز ـ نول) با نسبت تبدیل مشخص نمونه می گیرد در بورد مبدل جریان به ولتاژ، نمونه های جریانی خطوط، تبدیل به ولتاژ میگردد. مالتی پلکسرها یا سوئیچهای آنالوگ، سیگنالهای ورودی را به نوبت انتخاب و آنها را به ADC هدایت می نماید. سیگنال انتخابی وارد مبدل شده و بصورت سیگنال گسسته تبدیل می گردد. در همین لحظه سیگنالی به بورد ولتاژ ارسال می شود که اندازه ولتاژ متناظر با جریان خط و همچنین اختلاف فاز بین این دو را محاسبه مینماید. در نهایت با داشتن مقادیرجریان، ولتاژ و زاویه بین آنها برای سه فاز کلیه پارامترهای مورد نیاز قابل محاسبه خواهد بود.



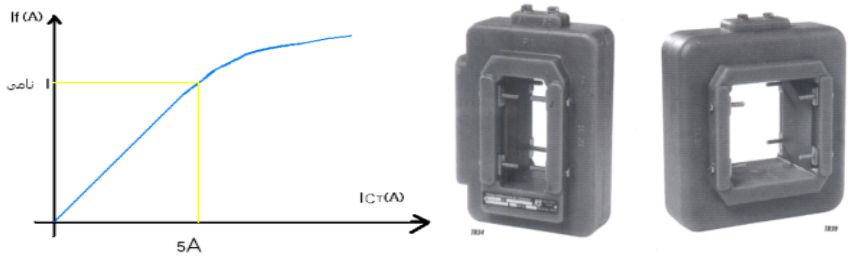
شکل (3-1) شماتیک سیستم جمع آوری اطلاعات پستهای توزیع برق

سیستم قادر است در هر ساعت پس از خواندن، اندازه گیری و محاسبه پارامترهای مهم (جریان ها، ولتاژها و زاویه بین ولتاژ و جریان) آنها را در داخل SD cardبا برچسبهای زمانی ذخیره نماید. پس از ذخیره اطلاعات در SD cardاین امکان وجود دارد که کاربر آخرین مقادیر محاسبه شده را توسطLCD مشاهده نماید. البته برای جلوگیری از پرشدن بی مورد حافظه و اینکه محاسبه توانها با داشتن جریان، ولتاژ و زاویه فاز آنها در کامپیوتر بسادگی قابل محاسبه می باشد. توانها در صورت درخواست کاربر قابل محاسبه و مشاهده می باشد در غیر این صورت محاسبه و ذخیره ای در پردازنده صورت نخواهد گرفت.

در ادامه بخشهای کلی (بورد اصلی و ولتاژ) و تک تک المانها معرفی و مورد بررسی وتحلیل قرار خواهند گرفت.

3-2- ترانس جریان (CT)اندازه گیری :

سیستم از طریق ترانسفورماتورهای کمکی کاهش دهنده دامنه سیگنال های آنالوگ ورودی از سیستم قدرت ایزوله می شود در واقع سطح سیگنال توسط CTو PTکاهش می یابند (3 V و 5A).CT ها، ترانسفورماتورهای با توان پایین می باشند که جریان ثانویه متناسب با جریان اولیه بوده(شکل (3-2)) و اختلاف فاز مابین ثانویه و اولیه تقریباً برابر صفر می باشد که در شرایط اتصال کوتاه عمل می کنند.جریانی که باید اندازه گیری شود از اولیه عبور می کند (جریان خط) و ادوات بصورت سری در ثانویه متصل می گردند. با اندازه گیری جریان ثانویه در ترانسفورماتورهای جریان و دانستن نسبت تبدیل آن جریان اولیه قابل محاسبهمی باشد. از آنجا که مبدلهای آنالوگ به دیجیتال فقط با ولتاژ کار می کنند باید جریان خروجی CT ها با عبور از یک مقاومت کوچک به ولتاژ تبدیل گردد.



شکل (3-2) CT اندازه گیری و منحنی جریان اولیه و ثانویه در آن

$$K = {In}/{5} \quad (3\text{-}1)$$

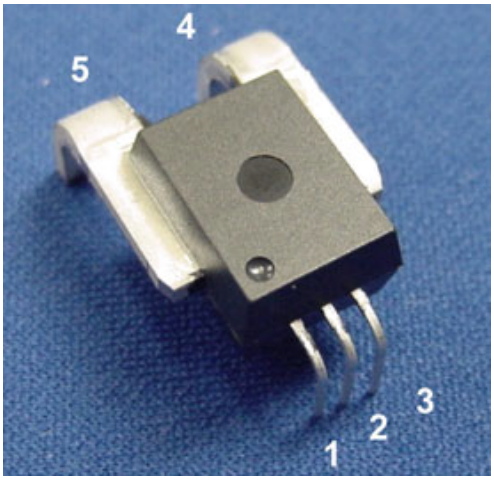
$$If = K.Ic \quad (3\text{-}2)$$

K: نسبت تبدیل CT(ثابت)If: جریان اولیه (خط پست)

Ic: جریان ثانویه CTIn: جریان نامی

3-2-1- سنسور جریان 100 آمپری اثر هال :

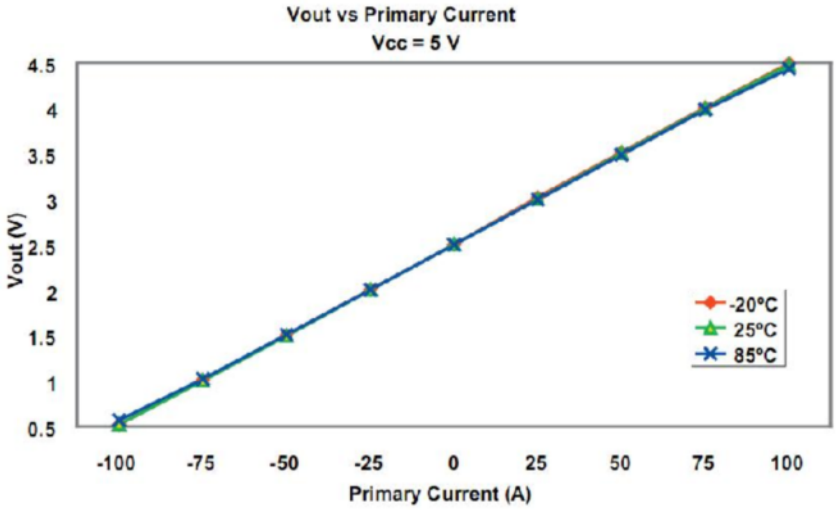
سنسورACS752SCA-100یکی از سنسورهای مناسب برای نمونه گیری از جریان می باشد. که ابعاد و قیمت مناسبی دارد .



Pin 1: VCC
Pin 2: Gnd
Pin 3: Output
Terminal 4: + Ip
Terminal 5: – Ip

شکل(3-3) سنسور جریان 100 آمپری اثر هال – ACS752SCA-100

ولتاژ مورد نیاز برای تغذیه آن 5+ ولت ، پایه های 4 و 5 در مسیر جریان قرار میگیرند ، با کم و زیاد شدن جریان، ولتاژ خروجی که پایه 3 سنسوراست طبق منحنی زیر تغییر مینماید :



شکل(3-4) منحنی ولتاژ خروجی سنسور اثر هال بر حسب جریان اولیه

به ازای جریان صفر آمپر ، در خروجی سنسور 2.5 ولت خواهیم داشت ، اگر جریان در جهت مثبت زیاد شود، ولتاژ خروجی از 2.5 ولت شروع به افزایش می نماید. و در 100 آمپر به 4.5 ولت میرسد و اگر جریان در جهت منفی زیاد شود خروجی از 2.5 ولت شروع به کم شدن می نماید. و در 100- آمپر به 0.5 ولت میرسد .

3-3- منابع تغذیه:

ازآنجا که سیستم، عمل اندازه گیری را انجام می دهد مدارها باید طوری طراحی گردند که درصد خطا و نویزهای ناخواسته به حداقل برسد. یکی از مهمترین علل در پایداری خروجی یک المان الکترونیکی، پایداری در منابع تغذیه آن می باشد. ICها و میکروکنترلرها، برای کار نیاز به یک ولتاژ تغذیه مشخص و محدوده رنج ثابتی دارند که در صورت تغییر در مقادیر ولتاژهای تغذیه باعث تغییر و ایجاد خطا در کارکرد آن نقطه و حتی از کار افتادن آن می گردد. به عنوان مثال مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1271که در این سیستم استفاده می گردد، برای کارکرد صحیح و دقیق نیاز به یک ولتاژ مرجع بسیار دقیق و کم نویز دارد. بطوریکه اگر تغییری در ولتاژ مرجع (Vref)صورت گیرد بطور

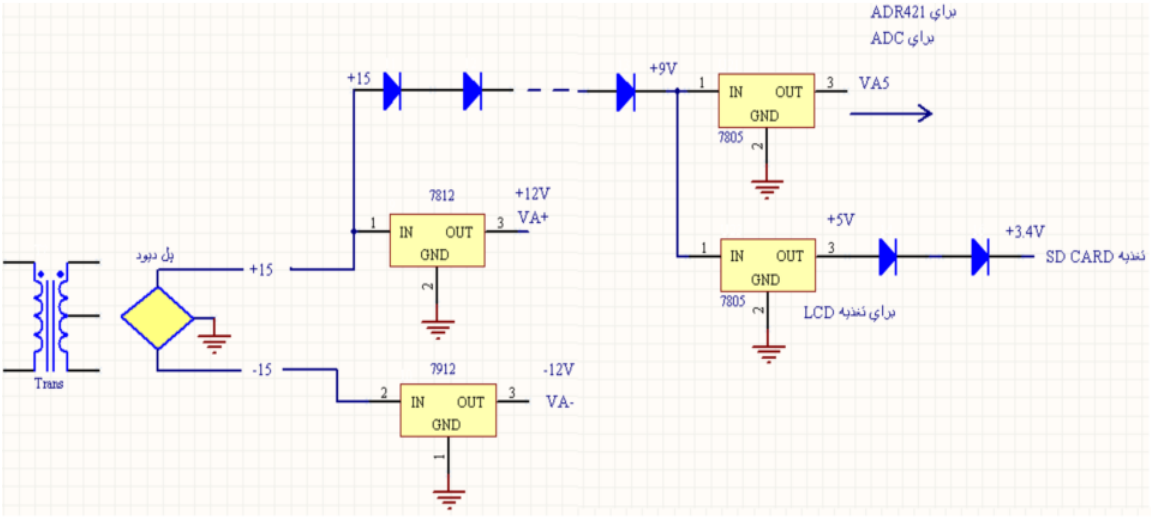
حتم عددی که در خروجی دیجیتال خود ارائه خواهد داد نسبت به سیگنال آنالوگ ورودی خطایی خواهد داشت. از اینرو پس از طراحی المانها و قطعات برروی کاغذ می بایست طراحی منابع تغذیه هر کدام و مسیر ارتباطات را طراحی و پیاده نماییم. در جدول(3-1) قطعات استفاده شده و منابع ولتاژ آن درج شده است:

جدول (3-1) قطعات و ولتاژهای مرجع المانهای سیستم

نام قطعه	منبع ولتاژ تغذیه (v)	نام مشخصه درطراحی سیستم
میکرو کنترلر ATMEGA 1280	5V	VCC
ADS 1271	2.5	Vref
16×4 LCD	5	VA5
ADG 508A SWITCH	±12	VA+,VA-
IC,TLO74ACN OP.AMP	±12,+2.5V	VA±,VD -2
SD CARD	3.4	
میکروکنترل ATMEGA 88	5	V5

همانگونه که در شکل (3-5) ملاحظه می گردد با استفاده از خروجی 7812,IC،ولتاژ 12± ولت (VA+,VA-)را تهیه می کنیم. با گذاشتن چند دیود بصورت سری،9 ولت را تهیه می نمائیم. با اعمال 9 ولت به ورودی 7805,IC ، VA5=5V را تهیه می نمائیم. این ولتاژ ورودی ADR421,IC (ولتاژ مرجع ADC را می سازد) است و به روش مشابه برای تهیه ولتاژهای تغذیه sdcard ، LCD و . . . مطابق شکل(3-5) عمل می نمائیم.

برای تهیه ولتاژ های تغذیه میکروکنترلر(5V), LCD (5V), SDCARD(3.4)از 7805, ICدیگری استفاده می گردد. زیرا اولاً جوابگوی توان مصرفی آلمانها باشد. ثانیاً به علت حساس بودن ولتاژ تغذیه ADC بهتر است از یک IC مجزا برای تهیه ولتاژ مرجع آن استفاده گردد.

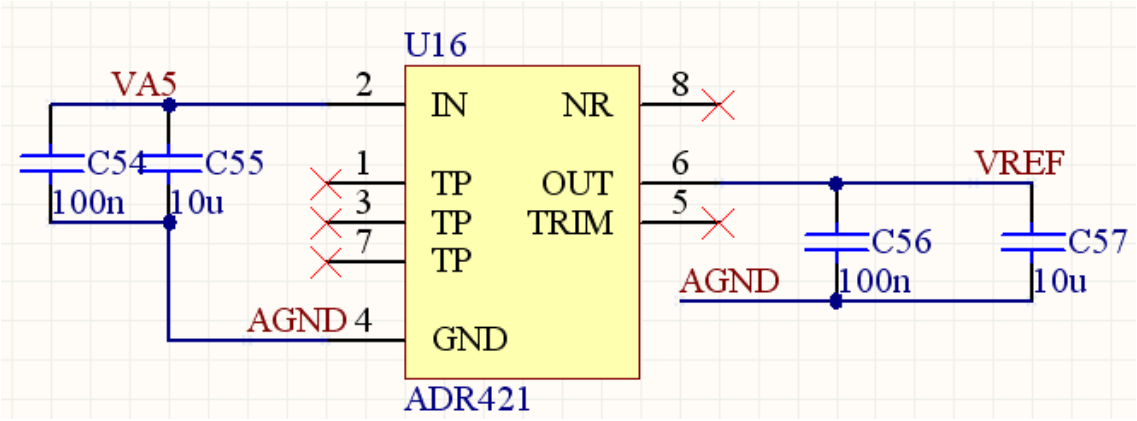


شکل (3-5) مدار ساخت منابع تغذیه المانها در سیستم جمع آوری اطلاعات پست

3-3-1- منبع تغذیه مرجع (Vref)تراشه ADR421 :

مبدل آنالوگ به دیجیتال استفاده شده در سیستم یک مبدل 24 بیتی است. که برای کار و تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال نیاز به یک ولتاژ مرجع دقیق و ثابت دارد. درغیر این صورت عمل تبدیل آن درصدی خطا متناسب با تغییر ولتاژ مرجع خواهد داشت. از این رو برای ساخت ولتاژ مرجع ADC از یک تراشه معروف به نام ADR421درطراحی سیستم استفاده شده است. این IC ساخت کمپانیDEVICESANALOGمی باشد با تکنولوژی ساخت XFETدارای 8 پایه،بسیار دقیق و کم نویز (با نویز 150µv)می باشد[5].نحوه اتصال آن در سیستم درشکل (3-6)نمایش داده شده است:

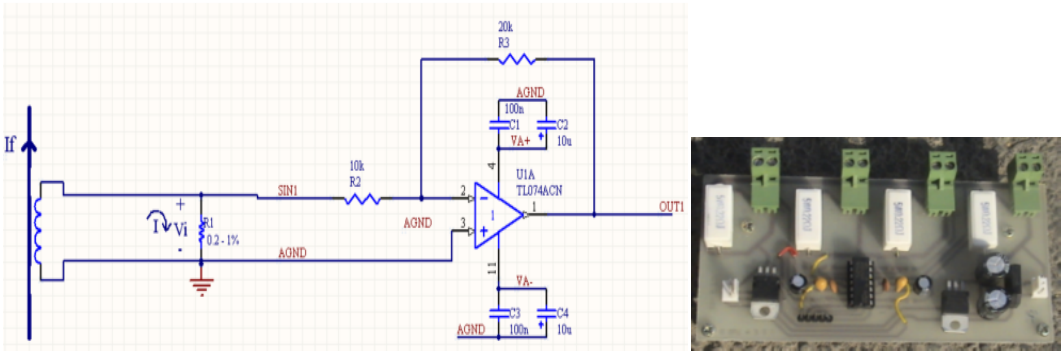
پایه های 2 و 4 محل اتصال ولتاژ ورودی (VA5=5V)و زمین می باشد. که برای پایداری و حذف نویز از دو خازن 10uو 100 n فارادی استفاده شده است.پایه 6 خروجی بوده که در واقع همان ولتاژ مرجع ADC(Vref) مارا می سازد. ولتاژ این پایه برابر 2.5ولت است. مابقی پایه ها در این سیستم کاربرد نداشته و استفاده ای از آنها نمی شود.



شکل (3-6) ADR421,IC و اتصالات پایه ها با هدف تهیه V_{ref} برای ADC

3-4- بورد مبدل جریان به ولتاژ :

هر خط خروجی فشار ضعیف شامل چهار مسیر عبور جریان می باشد که روی هر مسیر ترانسفورماتور جریان متصل می گردد. (3 فاز و یک نول) در سیستم برای هر خط یک مدار مبدل جریان به ولتاژ تعبیه شده است. که جمعاً 15مدار، یکی برای خط ورودی و 14 خط خروجی در نظر گرفته شده است. مطابق شکل (3-7) در هر بورد 4 مقاومت 0/22 اهمی بصورت سری با خروجی CT ها قرار داده شده استولتاژ دو سر هر مقاومت با عبور از OPAMP، TLO74ACN.IC با گین 2- تقویت می شود..(البته در شکل تنها یک مقاومت که برای یک فاز از خط استفاده می گردد نشان داده شده است. در عمل جریانهای 3 فاز و یک نول ورودیها و 4 ولتاژ out1:4 ، خروجیهای بورد را تشکیل میدهند.)سوئیچها در هر لحظه تنها یکی از ولتاژهای خروجی این بورد را عبور داده تا عمل تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال روی آن انجام و در نهایت با پردازش توسط میکرو کنترلر مقدار موثر جریان الکتریکی (If) محاسبه گردد.



شکل (3-7) مدار بورد مبدل جریان به ولتاژ

خروجی های(OUT 1:4)در هر بورد توسط یک سوکت با 5 خروجی برای هر خط (3 فاز- نول- زمین) قابل اتصال به رابط ورودی بورد مرکزی (بورد جریان)می باشد. با توجه به شکل (3-7) داریم:

$$V_{out1=-\frac{R_3}{R_2}Vi} \quad (1\text{-}4)$$

$$G = -\frac{R_3}{R_2} = -2 \quad (2\text{-}4)$$

$$V_{OUT=-2Vi} \quad (3\text{-}4)$$

$$Vi = (0.22I) = \left(\frac{0.22}{k*If}\right) \quad (4\text{-}4)$$

$$V_{OUT=-2\left(\frac{0.22If}{k}\right)} \quad (5\text{-}4)$$

$$If = \frac{-K.V_{OUT}}{0.44} \quad (6\text{-}4)$$

در این روابط:$R_{3=20k\Omega}$ ، $R_{2=10k\Omega}$

G: گین تقویت کننده این مدار می باشد که برابر 2- است.

If : جریان اصلی خطوط می باشد.

I : جریان خروجی CT است که با نسبت مشخص Kبا Ifارابطه دارد.

K : نسبت تبدیل CT است به عنوان مثال CT با نسبت تبدیل 300/5 ، k=60 می باشد.

V_{OUT} : ولتاژی است که به ورودی مدار بورد جریان (مرکزی) جهت پردازش ارسال می گردد.

در این مدار باید در نظر داشت که CT نصب شده با جریان نامی 5 آمپر توان یا ولت آمپر محدودی دارد. در انتخاب مقاومت R_1باید دقت کردکه ولتاژ حاصل از عبور $(V_{i_n})I_n = 5A$ نباید در حالت عادی سبب شود که توانی بیشتر از توان CT از آن کشیده شود.به عنوان مثال در منحنی شکل (2-3) توان نامی(ماکزیمم)CT برابراست با : $P_{max(CT)} = 5 \times 0.2 = 1\,V.A$

این بدان معناست که توان CT انتخاب شده نباید کمتر از 1V.Aانتخاب گردد.

هر IC ، TLO74ACNشامل 4 OP.AMP می باشد.[6] که برای هر فیدر خروجی (3 فاز – نول) در مدار مبدل جریان به ولتاژ از یکICاستفاده می گردد. ولتاژ تغذیه IC فوق +VA-,VAبرابر 12±می باشد که برای حذف نویز از خازن 100 نانوفارادی و برای پایداری ولتاژ از خازن 10 میکروفارادی مطابق شکل در مدار استفاده می نماییم نوع مقاومت انتخابی R_1 ، با توجه به کاربرد ما که اندازه گیری میباشد باید دقیق و با حداقل تلرانس اهمی باشد و همانگونه که مشاهده می گردد تلرانس مقاومت مذکور 1±٪ می باشد. البته این نکته حائز اهمیت است که اگر بخواهیم از دید ابزار دقیق به سیستم نگاه کنیم می توان با توجه به فاکتورهای حرارتی و مقادیر متفاوت دخیل در تغییر مقاومتها، جریان خروجی را با یک دستگاه اندازه گیری کالیبره شده و دقیق اندازه گیری کرده و خطاهای حادث شده را در محاسباتمیکروکنترلر لحاظ نماییم.

با توجه به اینکه عبور جریان از مقاومت تولید حرارت می نماید و این حرارت می تواند روی مدارات الکترونیکی تأثیر گذار باشد سیستم طوری طراحی شده که بورد مبدل جریان به ولتاژ در

باکسی جداگانه جا داده شود و البته به تعداد مورد نیاز (تعداد خروجیهای پست توزیع برق) از آنها استفاده گردد.

در ادامه خواهیم دید که چگونه جهت محاسبه جریان الکتریکی I_f در رابطه (4-6)، V_{out} تنها مجهول رابطه فوق توسط ADC بصورت گسسته تبدیل خواهد شد و پردازنده با قرار دادن نقاط گسسته V_{out} در رابطه مشخص که در قسمتهای بعدی توضیح داده خواهد شد(I_f) جریان الکتریکی پست برق یا هر خط خروجی انتخاب شده آن را بدست خواهد آورد.

3-5- بورد اندازه گیری جریان[3] :

این بورد در داخل بورد مرکزی که عمل پردازش و ذخیره اطلاعات را انجام می دهد قرار دارد. چرا که تعداد جریان های قابل محاسبه در یک پست برق می تواند زیاد باشد در حالیکه ولتاژها، ولتاژ سه شینهT,S,Rاست. البته بعلاوه ولتاژ جابجایی نول، به همین خاطر و برای سادگی ارتباطات بورد اندازه گیری جریان در داخل بورد مرکزی جای داده شده است.

در واقع مدار مبدل جریان به ولتاژ قسمتی از بورد جریان می باشد که به علل تولید حرارت و دلایل دیگری که در قسمت قبل توضیح داده شد جداگانه د رنظر گرفته شده است. که توسط جمپر به هم مرتبط می شود.

بخشهای این بورد شامل سوئیچها (multiplexer)، مبدل آنالوگ به دیجیتال خارجی و مدار تقویت کننده دیفرانسیلی قبل از ADC و در نهایت میکروکنترلر ATMEGA 1280 AVRمی باشد که علاوه بر محاسبه جریان موثر خطوط پست برق، کلیه عملیات مربوط به سیستم را پردازش می کند. در ادامه المانهای بکار رفته در بورد جریان را معرفی و به شرح وظایف و تحلیل مداری هرکدام می پردازیم.

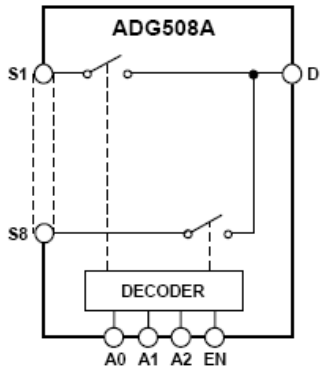
[3] Current board

3-5-1-سو ئیچهای آنالوگ[4]:

سیستم باید اندازه و زاویه جریان را محاسبه نماید. با توجه به تعدد خطوط (سه فاز- نول) ورودی،(60 ورودی آنالوگ جریان) تک تک ورودیها باید به سیگنا لهای گسسته تبدیل گردند و از فرمولهایی که ارائه خواهد شد، اندازه جریان در تراشهAVR قابل محاسبه می باشد. همچنین برای حصول ضریب توان (Powerfactor) و محاسبه توانهای اکتیو و راکتیو نیاز به اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان فازهای متناظر می باشد. از اینرو با همزمان سازی بین بورد جریانو ولتاژ که در ادامه توضیح داده خواهد شد اختلاف فاز بدست خواهدآمد.

جدول(3-2) حالتهای سوئیچ ADG508Aبرای انتخاب یکی از ورودیها

A0	A1	A2	D
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	0	3
0	1	1	4
1	0	0	5
1	0	1	6
1	1	0	7
1	1	1	8



شکل (3-8) سوئیچ آنالوگ ADG508A

با نظر به شکل(3-8)و جدول(3-2) با اعمال ورودی به 3 پین کنترلیA0:2 می توان یکی از ورودی های S1:8 را به D مرتبط و متصل نمود.[6]

سیستم قادر است،60 ورودی جریان راتک تک توسط مالتی پلکسرهای آنالوگADG508A8 به1 توسط پینهای کنترلی سوئیچ نماید. پس از آماده شدن شکل موج ورودیها،(در سطح قابل قبول

[4]Multiplexer Analog

برای ADC)از شکل موج با نرخ مشخص عمل نمونه گیری را انجام داده، سیگنال رابه شکل موج گسسته تبدیل خواهد کرد.

ضمناّ پینEN را بصورت دائمی فعال می گذاریم (VA+) زیرا قرار نیست سوئیچ غیر فعال گردد. سه پایه باقیمانده از IC 16 پایه ای فوق مربوط به تغذیه هایA_{GND}, V_A-, V_A+ می باشد.

رنج ورودیبا جریان مستقیم12V،1ma±،مقاومتداخلیهنگامبستهبودن$\Omega Ron = 280$می باشد.

VDD,VSS ولتاژ هایتغذیه پائین (منفی) و بالا (مثبت) برابر12± ولت می باشد.

یکی از مسائل قابل طرح این است که سوئیچها می توانند از قسمت ولتاژ بایاس، یک جریان نشتی به مدار اصلی تزریق کنند.[6]

با توجه به امپدانس ورودی مدار معادل این جریانها می تواند ولتاژی هر چند کوچک در مسیر مدار بسازد. بحث احتمال بروز مشکل یا خطا ناشی از جریانهای نشتی فوق در مباحث بعدی بطوراجمال بررسی خواهد شد.

3-5-2-مبدل آنالوگ به دیجیتال[5] :(ADC)

با توجه به نوع کار و خواسته طراحی در خصوص دقت و سرعت و ابزار دقیق،ADC استفاده شده در سیستم،ADS1271ساخت کمپانی Texas Instrument می باشد. این مبدل 24 بیتی دارای 16 پایه است.+AIN و -AINدو ورودی دیفرانسیلی و یک ورودی Vref (ولتاژمرجع) می باشد.ADCشامل مدار دیجیتالی داخلی می باشد که برای شروع بکار نیاز به پالس ساعت بنام Master clock دارد.[5]

ADS1271 در سه مد کار می کند:

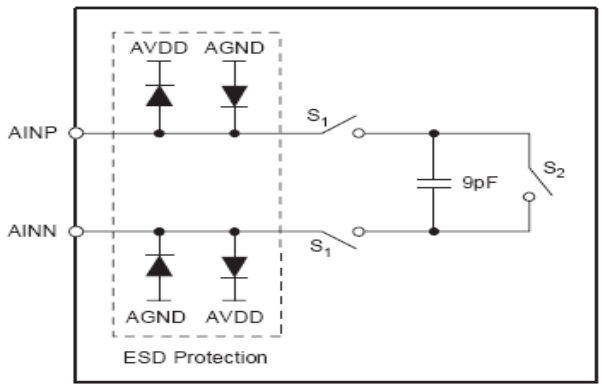
[5]Analog to Digital Convertor

1 - مد سرعت بالا : (FS بالا، فرکانس نمونه برداری بالا، دقت مناسب) پایهmode به صفر

2 - مد دقت بالا :(فرکانس نمونه برداری متوسط، دقت بالا)،اتصال پایه mode بهFloat

3-مد lowpower((توان کم) :فرکانس نمونه برداری پایین، دقت مناسب) پایهmodeبه1 سیستم کار اندازه گیری را انجام می دهد.بنابر این از مد دقت بالا استفاده کرد. (Mode :float)همانگونه که در شکل(3-9) می بینید، در مدار ورودی سیگنال آنالوگ، روی هر پایه 2 عدد دیود، ولتاژ تغذیه و زمین به گونه ای قرارگرفته که ولتاژ ورودی را در حدبین 0 تا 5 ولت ثابت نگه می دارد.چراکه محدودهولتاژ ورودی(-0.3V –to AVDD+0.3 V)تعیین شده است.[5]

نمونه گیری بدون نگه داشت امکان تبدیل به سیگنال گسسته را میسر نمی کند. بلکه نیاز به مدار نمونه گیری و نگهداشت (Sample and holding)می باشد. همانگونه که در شکل (3-9)مشاهده می گردد، وقتی کلید s1 بسته شد، خازن شارژ می گردد. در واقع خازن با شارژ خود از ولتاژ ورودی نمونه گرفته و نگهداری می کند.



شکل(3-9)مدار ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال

مقدار ولتاژ ورودی خازن تبدیل به نمونه های گسسته (دیجیتال) می گردد سپس با عملکردS2 خازن دشارژ و برای نمونه بعدی آماده میگردد.داخل ADC یک قسمت به نام مدولاتور دارد کهعمل نمونه گیر و نگهداشت داخل مدولاتور انجام می شود، این مدولاتور با

فرکانس F_{mod}کار می کند. که F_{mod} با استفاده ازclockMaster(F_{clk}) ساخته می شود.ADC فوق با دو روشFrame sync و SPI کار می کند:

در سیستم از روشSPI (Serial peripheral Interface) استفاده می گردد. در این روش انتقال سریال بصورت سنکرون انجام می شودکه در مد$F_{mod} = {F_{clk}}/{4}$ SPI می باشد.[6]شکل (3-10) نحوه اتصال پایه های ADC در سیستم را نشان می دهد..

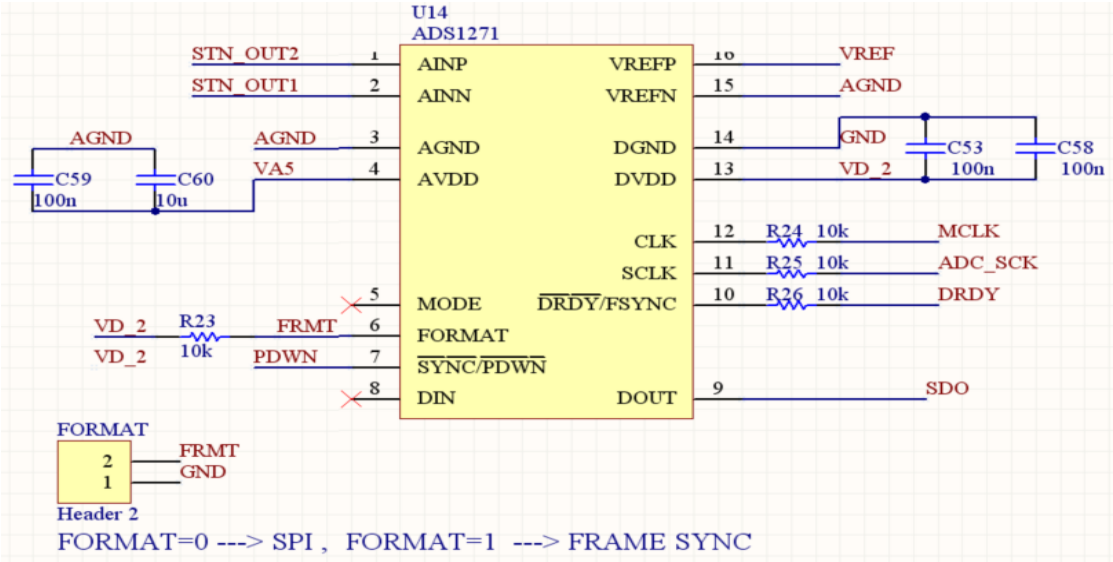
ارتباط سخت افزاری ADC با میکرو Atmega1280 AVR :

SCLK SKC-1 ⟵

MISO ⟶ DOuT-2

NO Connect MOSI و SS -3

MSB اول ارسال شود.

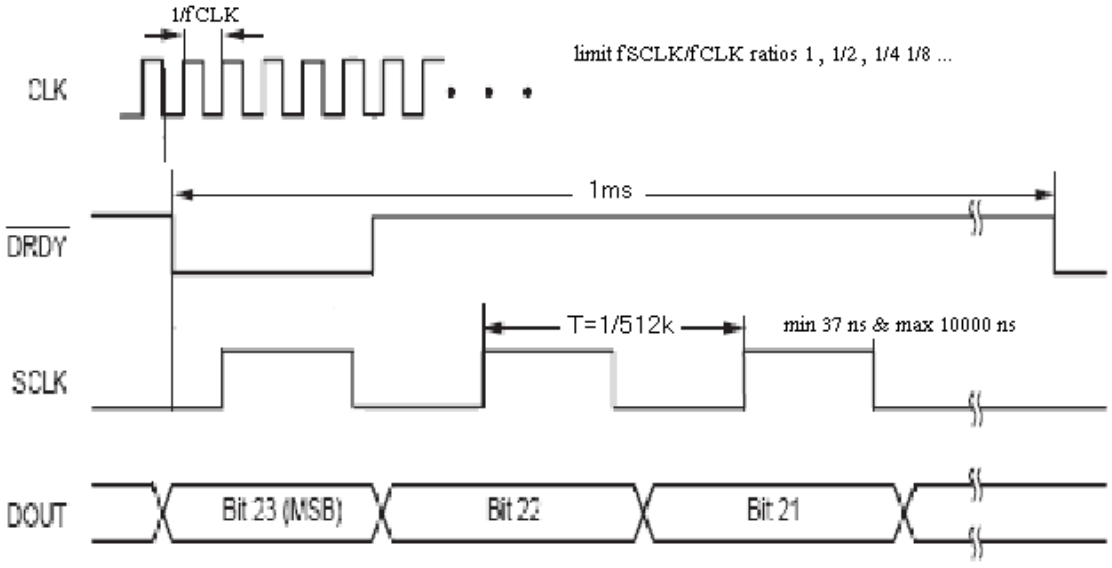


شکل (3-10) مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1271 استفاده شده در سیستم

برای ایجاد ارتباط،Master پالس ساعت روی پایه sck تولید کند.در ADC بازاء هر 512 کلاک یک نمونه تبدیل می گردد.(در مد SPI)

ADCباید آماده شدن عدد را اعلام کند که در مد SPI با پایهDRDYبا لبه پایین رونده شکل موج اجازه خواندن عدد داده می شود.بعنوان مثال اگر فرکانس نمونه برداری 1kHz باشد.

در شکل(3-11) شکل موج سیگنالها نشان داده شده است.زمان دریافت هر بیت 2usو چون ADC ،24 بیتی می باشد 48us(حدود50us) برای خواندن نمونه زمان لازم است و کسر این زمان از 1 ms بازه زمانی خواندن دیتا،950 میکروثانیه تا نمونه بعدی بیکار می باشد.



شکل (3-11) سیگنالهای کلاک، کنترلی و دیتا 24 بیتی در ADS1271

هر عددی که به ADC میدهیم در خروجی OPAMP های دیفرانسیلی قبل از ADC بدین شکل محاسبه می گردد[5].

عدد $V = (V+) - (V-) = K$

عدد K در محدوده زیر قرار دارد :

$$80, 00 ,00 \leq K \geq 7F ,FF ,FF$$

که بزرگترین عددما V_{ref} می باشد.

$-2^{23} \leq K \leq 2^{23} - 1$ اگر n عددی باشد که ADC تحویل میکرو میدهد.

V_{ref}

$$V \qquad n = 2^{23} - 1 * V / V_{ref}$$

3-5-3- مدار تقویت کننده دیفرانسیلی ورودی ADC:

در قسمت قبل مبدل ADC بکار رفته در سیستم معرفی گردید. و اینکه چگونه کار می کند،ورودیهای آنالوگ چه محدودیتهایی داشته و نسبت فرکانس نمونه برداری سیگنال به فرکانس کاری آن چگونه است.

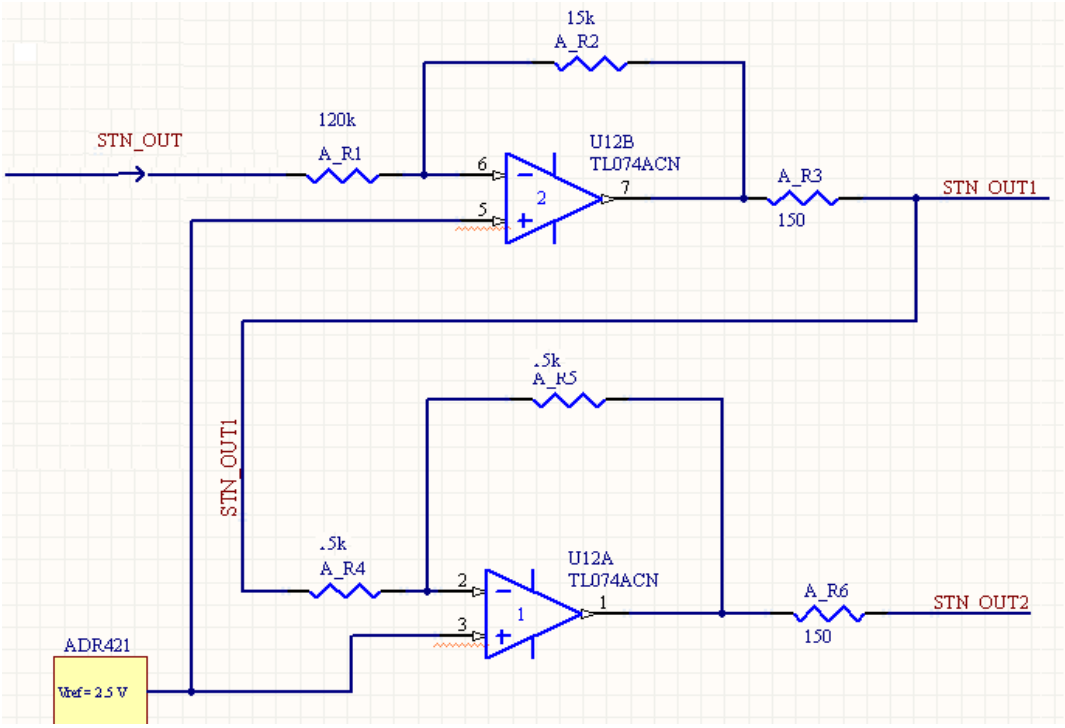
حال که مبدل آنالوگ به دیجیتال خود را انتخاب نموده ایم باید یک گام به عقب برداشته و سیگنال آنالوگ ورودی به ADC را طوری آماده کنیم که مطابق در محدوده رنج تعریف شده توسط سازنده آن باشد.لذا باید :الف- دامنه ورودی آن کوچک شود.(-0.3V –to AVDD+0.3 V)

ب- شکل موج ورودی بصورت دو موج دیفرانسیلی(تفاضلی) تبدیل شود.

ج-با توجه به ماکزیمم مقدار سیگنال،می بایست روی موج dc مثبت سوار گردد.در واقع با این عمل قسمتهای منفی شکل موج ورودی با مقدارdc جمع می شود.

گین مدار معادل ورودی باید طوری طراحی گردد که در بدترین شرایط، دامنه سیگنال ورودی به مبدل آنالوگ به دیجیتال از محدوده رنج تعریف شده توسط سازنده (در دیتا شیت) تجاوز نکند.

برای این منظور همانند بورد مبدل جریان به ولتاژ از OPAMPهای IC،TL074ACNاستفاده کرده[7]و همانند شکل (12-3) مدار تقویت کننده دیفرانسیلی را طراحی می کنیم. بطوریکه دو ولتاژ دیفرانسیلی SIN-OUT 2,SIN-OUT 1 جهت ورود به ADC مهیا گردند.



شکل(12-3)مدارتقویت کننده دیفرانسیلی ورودی ADC

همانگونه که در شکل ملاحظه میگردد، جهت حذف قسمت منفی موج به پایه مثبت OP-AMP،مقدار ولتاژ 2/5+ ولت اعمال می گردد.با این عمل سیگنال روی یک مقدار 2/5dc+ ولت سوار می شود و خروجیOP-AMPاولی به ورودی OP-AMPدومی اعمال می گردد تا مقدار منفی شکل موج بالایی را در خروجی OP-AMP دومی (با گین 1-) بسازیم.

$$STN - O$$

$$STN - OUT2 = -\frac{5k}{5k} STN - OUT1 = -\left(-\frac{1}{8} STN - OUT\right)$$

$$= \frac{1}{8} STN - OUT$$

از قبل توضیح داده شد که عدد خروجی مدار دیفرانسیلی که به ADC داده شده برابر است با :

$$V = (V_+) - (V_-)$$

پس در این حالت می توان نوشت.

$$V = \frac{1}{8} STN - OUT - \left(-\frac{1}{8} STN - OUT\right) = \frac{1}{4} STN - OUT$$

در اینصورت گین مدار معادل ورودی ADC برابر1/4می باشد.

در طراحی مدار و pcb، برای به حداقل رساندن نویز باید دقت کرد که قسمت های آنالوگ و دیجیتال تا حد امکان از هم جدا و ایزوله گردند. البته سازنده IC هم بخش آنالوگ و دیجیتال را بصورت مجزا بر روی تراشه طراحی کرده است تا اثرات این دو بخش روی هم به حداقل برسد.

3-5-4- فیلتر سیگنالهای آنالوگ ورودی:

هر سیستم اندازه گیری دیجیتال با توجه به نیاز و خواسته سیستم، در پهنای باند فرکانس مشخصی کار میکند. البته یک سیستم می تواند طوری طراحی گردد که در زمانهای مشخص با فرکانسهای متغیر و مشخصی کار کند. ولی در حالت عموم طراحان یک سیستم، با توجه به نیاز، به یک یا چند فرکانس اجازه عبور داده و مابقی فرکانسها حذف یا بحدی تضعیف می شوند که اثر آنها در سیستم به حداقل برسد.

در سیستم جمع آوری اطلاعات پست برق، قرار است سیگنالهای ولتاژ و جریان برق شهر اندازه گیری شوند.فرکانس پایه سیگنالهای ولتاژ برق شهر 50هرتز می باشد. اما در شبکه برق علاوه بر هارمونیکهای فرکانس پایه، امواج و سیگنالهای ناخواسته بسیاری وجود دارد مثل امواج کلیدزنی، صاعقه و ضربه های ناشی از اتصالیهای بین فازـ زمین یا فازـ فاز که جهت جلوگیری از وارد آمدن خسارت و صدمه به المانهاو کاهش نویزهای ناخواسته و صحت در دقت اندازه گیری و کاهش خطا نیاز به طراحی و قراردادن یک فیلتر پایین گذر ضروری به نظر می رسد.

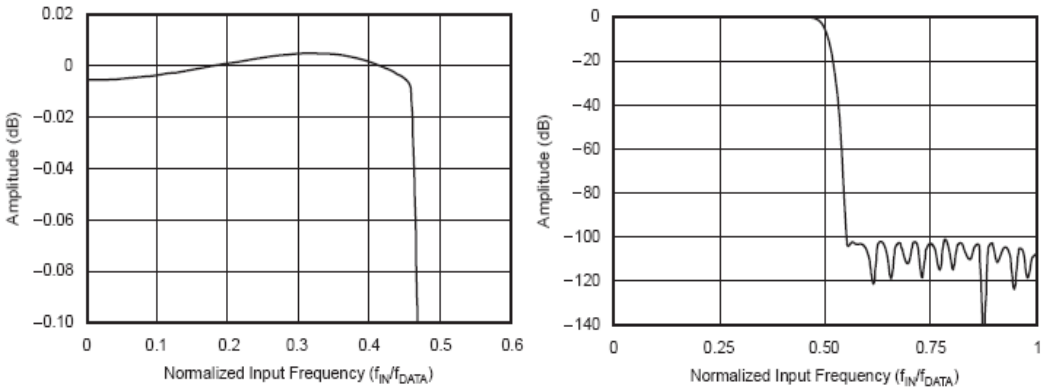
یکی از پارامترهای مهم در شبکه های قدرت که توسط سیستم طراحی شده محاسبه می گردد هارمونیکهای موج اصلی می باشند، با توجه به سینوسی بودن شکل موج سیگنال،هارمونیکهای ضرایب زوج نزدیک به صفر است و عملاً ضرایب فرد هارمونیک محاسبه می گردد. در طراحی نرم افزار سیستم اندازه گیری، برای محاسبه هارمونیکهای فرد، هارمونیک اول (موج اصلی که همان 50 هرتز می باشد) سوم، .... تا هارمونیک پانزدهم شکل موج جریان پست برق محاسبه خواهد شد. بنابراین بزرگترین فرکانسی که قرار است اندازه شکل موجش محاسبه گردد، هارمونیک پانزدهم (750 هرتز) می باشد. پس می توان گفت که فرکانس های بالای این مقدار مورد نیاز نبوده و لازم است تضعیف یا حذف گردند.

ADC انتخاب شده در سیستم دارای یک فیلتر دیجیتال FIR خطی با مشخصات زیر می باشد:

- پاسخ فاز خطی

- اعوجاج باند عبور برابر با ±0.005 db
- تضعیف 100 db

با توجه به اینکه از ADC در مد دقت بالا استفاده می شود. منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر در شکل (3-13)نشان داده شده است. در این وضعیت فیلتر به گونه ای عمل می کند که فرکانس های بالاتر از 90٪ نصف فرکانس نمونه برداری ما را تا میزان 100تضعیف می نماید.در واقع می توان گفت، که فیلتر تقریباً فرکانسهای کمتر از نصف فرکانس نمونه برداری را با ریپلdb 0.005±عبور داده و دامنه سیگنالهای بیشتر از آن را با نسبت100 تضعیف مینماید. با توجه به اینکه فرکانس نمونه برداری در سیستم 6250هرتز می باشد. مقدار فرکانس ورودی نرمالیزه شده برابر است با :$\left(0.9 \times \frac{6250}{2}\right) = 2812$ [5]$\frac{fin}{\text{fdata}}$



شکل (3-13)نمودار پاسخ فرکانسی فیلتر FIR خطی دیجیتالADC

بنابر این فیلترما فرکانسهای بالاتر از 2/8کیلو هرتز را مطابق منحنی شکل (3-13)حذف یا تضعیف می نماید.این نقطه تحت عنوان فرکانس ورودی نرمالیزه شده $\frac{fin}{\text{fdata}}$ نامیده می شود.

همچنینCT عمل ایزوله کردن سیستم الکترونیکی را از سیستم قدرت انجام می دهد و مثل فیلتری می تواند سدی در مقابل تغییرات ناگهانی و ضربه ها قرار گیرد. چرا که با توجه به نسبت دور

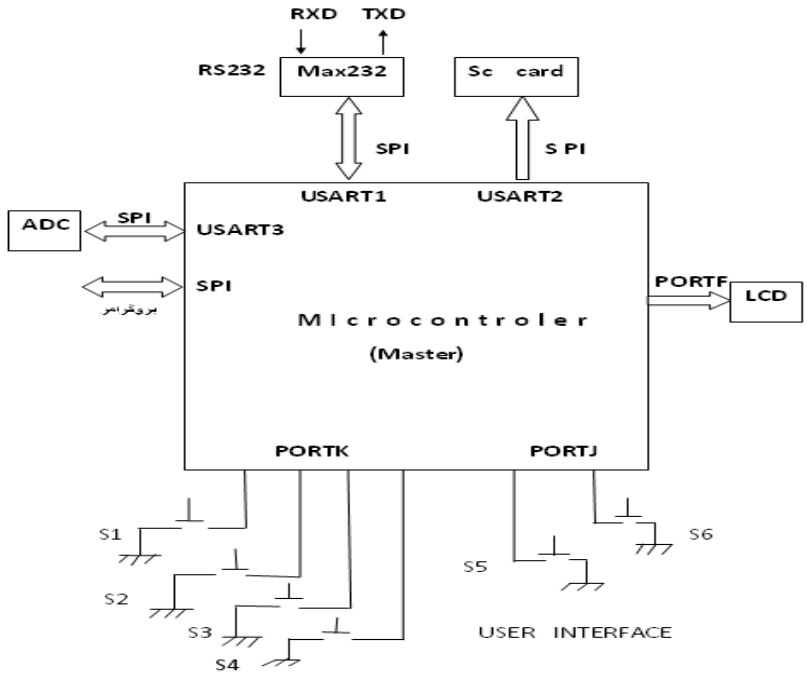
سیم پیچیهای اولیه و ثانویه مقدار شار مغناطیسی در هستهCT های اندازه گیری تا حد معینی افزایش می یابد، و بعد از آن به حالت اشباع رفته و جریان خروجی به نسبت جریان ورودی افزایش نخواهد یافت. همچنین سیگنالهایی با فرکانسهای بالا امکان عبور از هسته را نخواهد یافت.

3-6- طراحی و تجزیه و تحلیل مدار و المانهای ورودی پردازنده بورد جریان:

تا اینجا بطور مختصر تک تک المانها در مسیر عبور سیگنال جهت اندازه گیری جریان توضیح داده شد. در این بخش می خواهیم مسیر سیگنال، علل انتخاب و نقش المانها مورد بررسی قرار گیرد.در شکل (3-14) المانها و نوع و چگونگی ارتباط آنها در بورد اصلی (بورد جریان) نشان داده شده است. سیستم طراحی شده مقدار جریان، ولتاژ و کلیه پارامترهای الکتریکی وابسته به این دو را اندازه گیری و ثبت خواهد کرد.

با توجه به تعدد زیاد ورودیهای جریان و همچنین با نظر به اینکه در طراحی هارمونیک جریان کل پست محاسبه می گردد. در سیستم، بورد جریان در داخل بورد اصلی قرار گرفته است. و اندازه گیری و محاسبات اندازه ولتاژ سه فاز و زاویه بین جریان و ولتاژ، در بورد ولتاژ محاسبه می گردد. که در هر سیکل محاسبه، مقادیر آن به بورد اصلی ارسال و مابقی عملیات مربوط به محاسبات توانها و

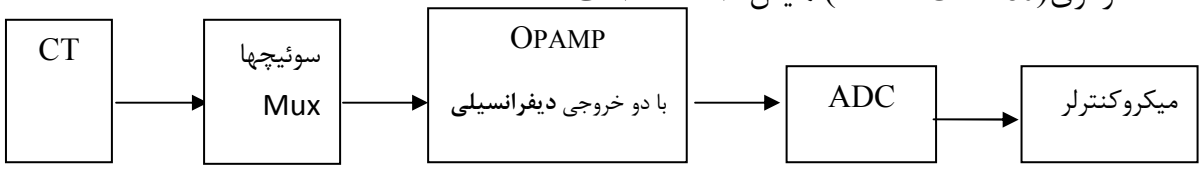
پردازش داده ها و ذخیره سازی و انتقال اطلاعات توسط پردازنده مرکزی (ATMEGA 1280) صورت



می گیرد.

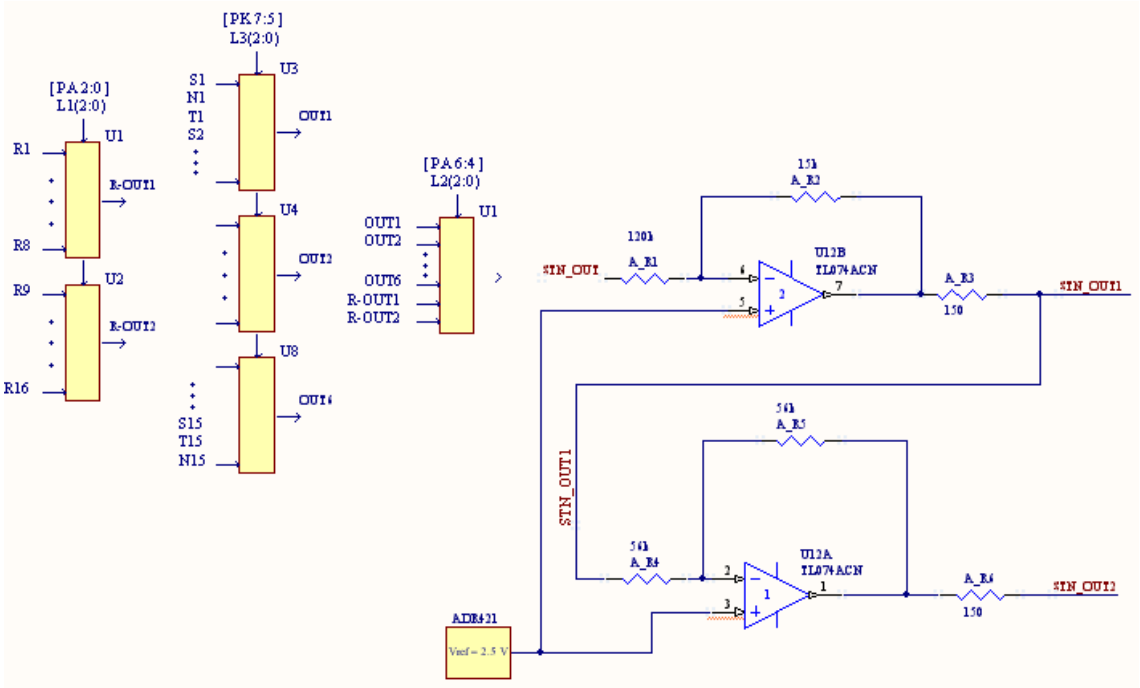
شکل (3-14) شماتیک معماری و ارتباطی بورد اصلی با وسایل جانبی در طراحی سیستم

در شکل(3-15) مسیر عبور سیگنال از سیستم قدرت تا میکرو کنترلر مرکزی(ATMEGA1280)نمایش داده شده است.



شکل(3-15)مسیر عبور سیگنال در بورد اصلی جهت اندازه گیری جریانهای پست

ترانسهای جریان علاوه برگرفتن نمونه با یک نسبت تبدیل مشخص(K)، عمل ایزوله کردن سیستم را از بخش قدرت به عهده خواهد داشت. همانگونه که اشاره گردید مبدلهای آنالوگ به دیجیتال و کلیه وسایل دیجیتالی با ولتاژ کار می کنند. لذا با عبور جریان خروجی CT از یک مقاومت بسیار کوچک، ولتاژی متناسب با جریان اولیه CT بدست خواهد آمد.



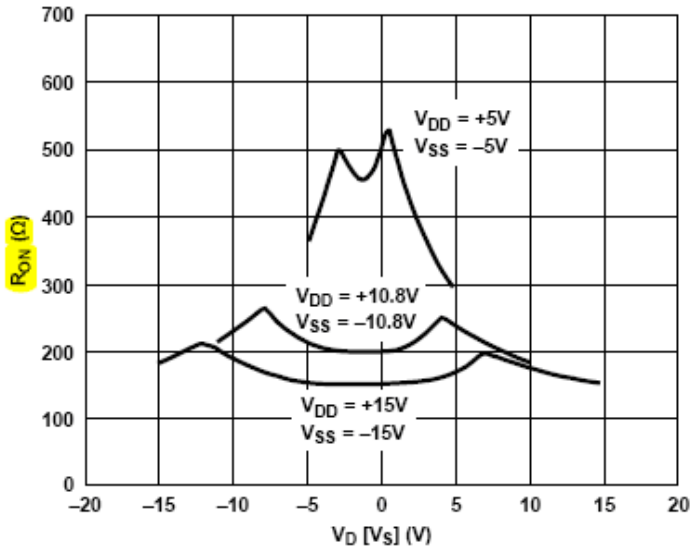
شکل (3-16) مسیر سیگنال آنالوگ خروجی CT تا ADC

طبق روابط(4-1) تا (4-6) ، If بدست خواهد آمد. البته با توجه به توان کم و مشخص CT باید نوع و مقدار مقاومت R را انتخاب نمود.همچنین لازم است پیش بینی جریانهای اضافی و یا ضربه و اتصالی در شبکه های قدرت را مد نظر قرار داد. تا المانهای انتخاب شده ما بتوانند در مقابل ضربه ها و فشارهای وارده دچار تغییر در مشخصه های خود نشوند. مقاومت سری شده با جریان I، باید درصد خطای آن با تغییر جریان و بالطبع ولتاژ حاصل شده از آن بسیار کم و همچنین با تغییر درجه حرارت، تغییرات مشخصه های آن در حد قابل قبول باشد.

با تشکیل ولتاژ V_i (ولتاژ دو سر مقاومت در شکل (3-7)) لازم است آن را محاسبه و با ضرب ضرایب (نسبت تبدیل و ضرایب تصحیح) جریانIf را محاسبه نمود. اما سیستم باید طوری طراحی شود که حداقل 60 ورودی همانندIfرا محاسبه نماید. لذا باید از سوئیچهایی(Multi plexer)مناسب، جهت انتخاب و عبور تک تک سیگنالهای آنالوگ ورودی استفاده نمود. در بخشهای قبلی در مورد مالتی پلکسر آنالوگADG508Aبطور

اجمال توضیح داده شد اما در اینجا نقش این المان و تاثیرهایی که می تواند روی سیگنال از خود بجای گذارد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

همانند شکل (3-17) با افزایش ولتاژ تغذیه (VDD وVSS) مقدار مقاومت سوئیچ در حالت وصل(R_{ON}) کاهش می یابد. (حدود 500 اهم به ازای ±5 ولت و 150 اهم به ازای ±15ولت)[6]



شکل (3-17) منحنی مشخصه R_{on} نسبت به تغییر V_{DD}, V_{SS}

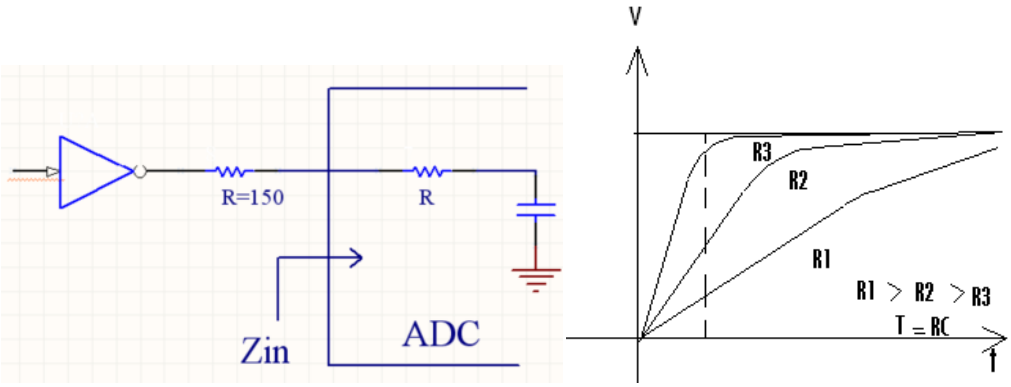
همچنین برای اینکه از خرابی سیگنال آنالوگ ورودی جلوگیری بعمل آید، لازم است V_i را که ماکزیمم 1 ولت می باشد را افزایش داد. در واقع اگر دامنه سیگنال آنالوگ ورودی به مالتی پلکسر کوچک باشد، مالتی پلکسر خطا ایجاد مینماید. بطوریکه سیگنال خروجی از آن تا اندازه ای متفاوت از سیگنال ورودی خواهد بود. ولی در حالتی که دامنه بزرگ باشد، (بیشتر از 1 ولت) درصد خطا قابل چشم پوشی است از این رو در طراحی از تقویت کننده و با فری با گین 2- استفاده شده است. $V_{out} = -2V_{R1}$ $V_{out} = -{}^{20}/_{10}$

از طرفی این OPAMP نقش بافر را ایفا کرده و باعث می گردد جریانی از سمت ولتاژ به طرف تقویت کننده به علت امپدانس بالای آن جاری نگردد. این عامل باعث می شود عیناً کل جریان حلقه CT از مقاومت گذشته و دقت محاسبه جریان پست (If) از روی ولتاژ قابل محاسبه بوده و بسیار دقیق بدست آید.

مالتی پلکسرها در حالت وصل در مسیر عبور سیگنال، مقاومتی حدود (Typical) 280 اهم از خود نشان میدهند. در مسیر عبور سیگنال 2 سوئیچ واقع شده است کهدر مجموع مقاومتی حدود 560 اهم از خود نشان خواهند داد.

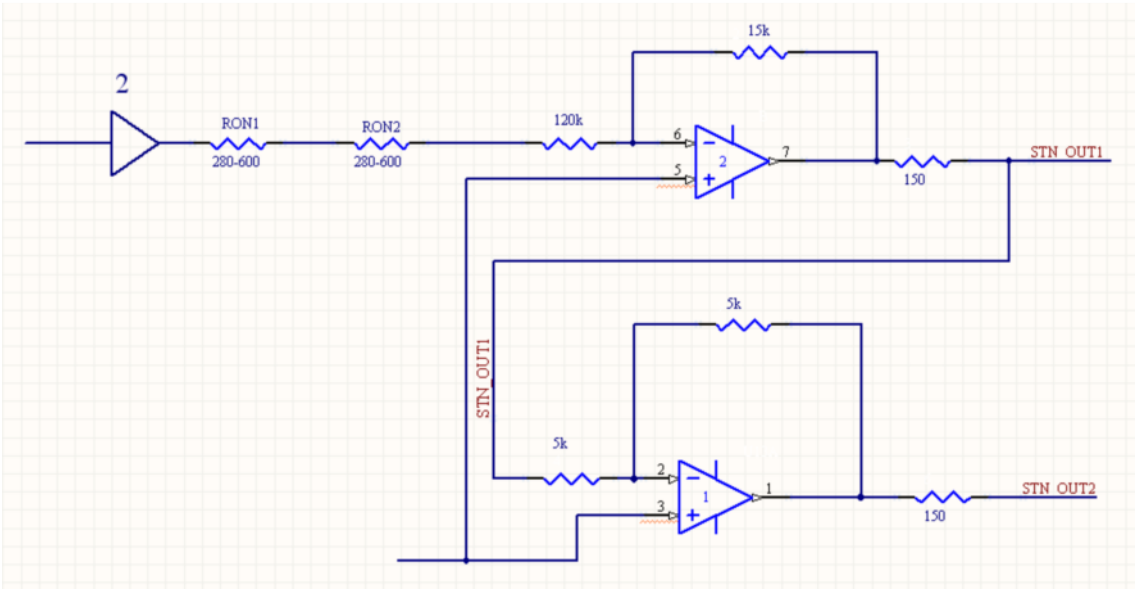
سیگنال کانال انتخاب شده وارد مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)می گردد. اما همانگونه که در بخشهای قبلی مربوط به ADC توضیح داده شد، سیگنال ورودی آنالوگ می بایست بصورت دیفرانسیلی و در محدودهٔ بین 2.5-0ولت باشد.

خروجی OPAMP های بافر ورودی ADC که در بالا بررسی گردید یک مقاومت کوچک 150-50 اهم را با آنها سری می کنند (با توجه به مدار ارائه شده در دیتاشیت ADC) که اولاً اختلاف امپدانس بین خروجی OPAMP ها و امپدانس ورودی ADC(برای جریان دهی بهتر) را کاهش دهد. ثانیاً مقدار مقاومت(R)مدارRCشارژ خازن نمونه گیری و نگهداشت(SampleandHolding)داخلی ADCنباید زیادگردد تا ولتاژ خازن بتواند به مقدار پیک خود رسیده و خازن کاملاً شارژ شده سپس عمل نمونه گیری انجام گردد. البته سرعت نمونه گیری ثابت است (خازنPF 9) پس در انتخاب مقاومت باید دقت لازم را بعمل آورد.در شکل(3-18) مدار معادل RC داخل ADC برحسب مقاومتهای متفاوت نشان داده شده است.



شکل (3-18) مدار معادل RC ورودی ADC و منحنی مشخصه شارژ مدار RC ورودی ADC

همچنین لازم به ذکر است که مالتی پلکسرها از قسمت ولتاژ بایاس (ترانزیستورهای CMOS) یک جریان نشتی به مدار اصلی تزریق می کنند. که مقادیر آن قبلاً در قسمت معرفی مالتی پلکسرها ADG508Aمشخص گردید.



شکل (3-19) مسیر سیگنال در مبدل جریان به ولتاژ

بحثی که مطرح می شود این است که مطابق شکل (3-19) بیائیم برای کم اثر کردن مقاومت های سوئیچ ها، مقاومت R بافر(120 KΩ) را بزرگ کنیم،که با بزرگ کردن این مقاومت، جریان نشتی می تواند ولتاژ کوچکی را ایجاد نموده که باعث افزایش خطا در محاسبات گردد.

به عنوان مثال باID (off)=0.04 nAدر سیستم، بازای یک افزایش مقاومتی 500K، 0.02 mV خطا ایجاد می گردد.پس باید مقاومت R1 و R2 را در حد اپتیمم که همان 120 و 15 کیلو اهم است در نظر گرفت.

VADCسیگنال گسسته ای است که با 625 نمونه (16 بیتی) در حافظه RAM ذخیره شده است. البته قبلاً توضیح داده شد که از تعداد 24 بیت برای هر نمونه تبدیل شده، 16 بیت پر ارزش را نگه داشته و 8 بیت کم ارزش را حذف می کنیم. هدف محاسبه جریان عبوری خطی است که روی آن CT نصب شده است. با توجه به شکل مدار معادل می توان نوشت:

$$V_{ADC} = (\mathrm{V}+) - (V-) = \left({}^{1}/_{8}\right) - \left(-{}^{1}/_{8}\right) = \frac{1}{4}$$

$$V_{rms=}LSB \times \sqrt{\frac{{k_1}^2 + {k_2}^2 + \cdots + {k_n}^2}{n}} \times G$$

$$G_1 \times G_2 = (-2) \times \left(-{}^{1}/_{4}\right) = {}^{1}/_{2} \qquad \text{گین مدار}$$

$$V_{\mathrm{rms}} = (\mathrm{V_i}) = 2(0.22\mathrm{I}) = 0.44\left({}^{1}/_{\mathrm{K}}\,\mathrm{If}\right)$$

اگر K=60باشد. با جاگذاری داریم:

$$\frac{2.5}{2^{15}} \times \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{625} K_n^2}{625}} = \frac{0.44}{60} If$$

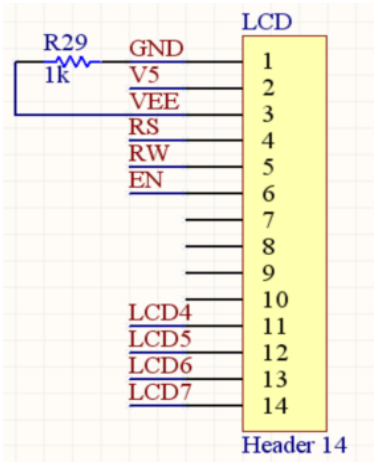
$$If = \frac{60 \times 2.5}{0.44 \times 2^{15}} \times \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{625} K_n^2}{625}} \qquad (7\text{-}4)$$

با جاگذاری نمونه های خروجی ADC در رابطه فوق جریان خط خروجی پست برحسب آمپر بدست خواهد آمد. برای بدست آوردن جریانهای سه فاز و نول ورودی پست به جای قراردادن نسبت تبدیل K=60 CT، عدد K=600 را در رابطه بالا به همراه 625 نمونه مشابه خروجیADC مربوط به همان خط را جاگذاری و محاسبات را انجام و جریان برحسب آمپر بدست می آید.

و به طریق مشابه هارمونیک های فرد اول تا 15 ام شکل موج جریان هر فاز T,S,R کل پست در این بورد محاسبه و ذخیره می گردد. البته پس از دریافت ولتاژ و اختلاف فاز بین جریان هر فاز با ولتاژ متناظر توانها محاسبه و ذخیره خواهد شد.

از خروجی سوئیچها (کانال انتخابی) یک نمونه سیگنال بنام ICD انشعاب گرفته می شود و جهت همزمانی و تعیین اختلاف فاز بین شکل موج جریان و ولتاژ و همچنین به منظور set کردن یک پرچم (در صورت داشتن ورودی برای محاسبه جریان خطوط پست انتخاب می گردد که توضیح در این رابطه در بخش نرم افزار ارائه خواهد شد.) به بورد اندازه گیری ولتاژ فرستاده می شود. البته بورد ولتاژ علاوه بر اندازه گیری ولتاژهای T و S و R زاویه بین فاز جریان های انتخابی خروجی ها و ولتاژ متناظر آن را اندازه گیری می نماید و مقادیر محاسبه شده را توسط پورت سریال USART در مد SPI (سنکرون) به میکرو انتقال می دهد.

3–7 – LCD و اتصالات سخت افزاری آن :



LCD استفاده شده در طراحی سخت افزار 20*4 می باشد.در شکل(3-20)LCD سیستم با اتصالات آن نشان داده شده است. عملکرد پایه های LCDدر ذیل ارائه می شود.

1- GND

2- VCC ولتاژ تغذیه 5+ ولت که در طراحی مدار به نقطه V5 منبع تغذیه متصل می گردد شکل(3-20) نحوه اتصال LCDدر سیستم

3 - VEE ولتاژ تغذیه برای کنترل درخشندگی

4 - پایه کنترلی RS اگر RS= 0 رجیستر فرمان انتخاب می شود واگر RS =1رجیستراطلاعات انتخاب خواهد شد.

5 - RW این پایه اگر 0 باشد می خواهیمروی LCD بنویسیم

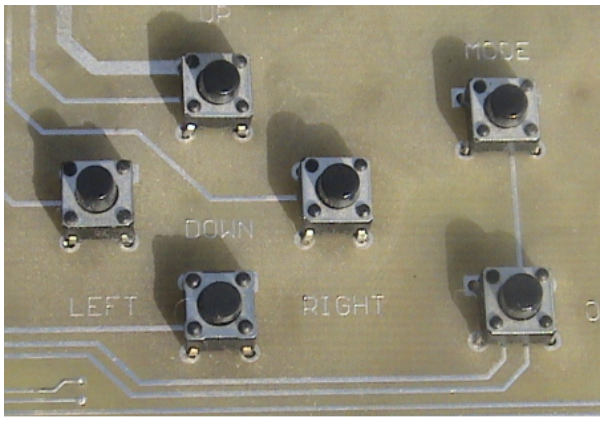
و اگر 1 باشدمی خواهیم از LCD بخوانیم.

6 - EN از این پایه برای LATCH کردن اطلاعات ارائه شده به پایه های LCD استفاده می شود با یک پالس High که Low شده و به مدت حداقل 450 نانو ثانیه Low باقی بماند اطلاعات در پایه های LCD در داخل Lcd، Lateh خواهد

7 الی14 - این پایه ها 8 بیت اطلاعات را دارا خواهند بود با توجه به اینکه می توان از 4 پایه برای انتقال داده ها استفاده کرد در طراحی سیستم پایه های 11 الی 14 به نامهای (4:7) Lcd برای انتقال داده بین میکرو و lcd استفاده شده است. همانگونه که در شکل (3-14) مشخص شده است پایه های LCD به پورت F میکرو کنترلر بورد مرکزی متصل شده است.

3–8 - صفحه کلید :

طراحی سیستم بگونه ای بوده که کاربر بتواند مقادیر ثابت و مختص به هر پست را در مد user –settingتوسط صفحه کلید وارد نماید مانند شماره پست، زمان، تاریخ، نسبت تبدیل CT و مقادیر مشابه. همچنین در حین اندازه گیری کاربر می تواند پارامترهای اندازه گیری و محاسبه شده را با کمک صفحه کلیددرمد user–display بر روی LCD مشاهده نماید.شمای کلیدها درشکل (1-21) نشان داده شده است.



شکل (3-21)کلیدهای ورودی سیستم برای کاربران

تعداد کلیدها 4 عدد چپ و راست و بالا و پایین به پورت K ((PK(0:3)) و دو کلید MODE و ENTER به پورت J ((PJ(5:6)) میکرو متصل گردیده اند.

3- 9 ـ میکرو کنترلر AVR، ATMEGA1280

میکرو 8 بیتیAVRفوق 100 پایه ساخت کمپانی ATMEL می باشد. در طراحی بورد اصلی که پردازش و محاسبات و انتقال اطلاعات را بعهده دارد از این میکرو استفاده شده است. شکل(3-22)بلوک دیاگرام میکرو نمایش داده شده است

میکرو ATMEGA1280 شاملFLASH 128KBبا قابلیت نوشتن و پاک کردن به تعداد 10.000 بار، EEPROM 4KB با قابلیت نوشتن و پاک کردن به تعداد 100.000 بار

internal sRAM 8KBقابلیت آدرس دهی 64KBحافظه خارجی،

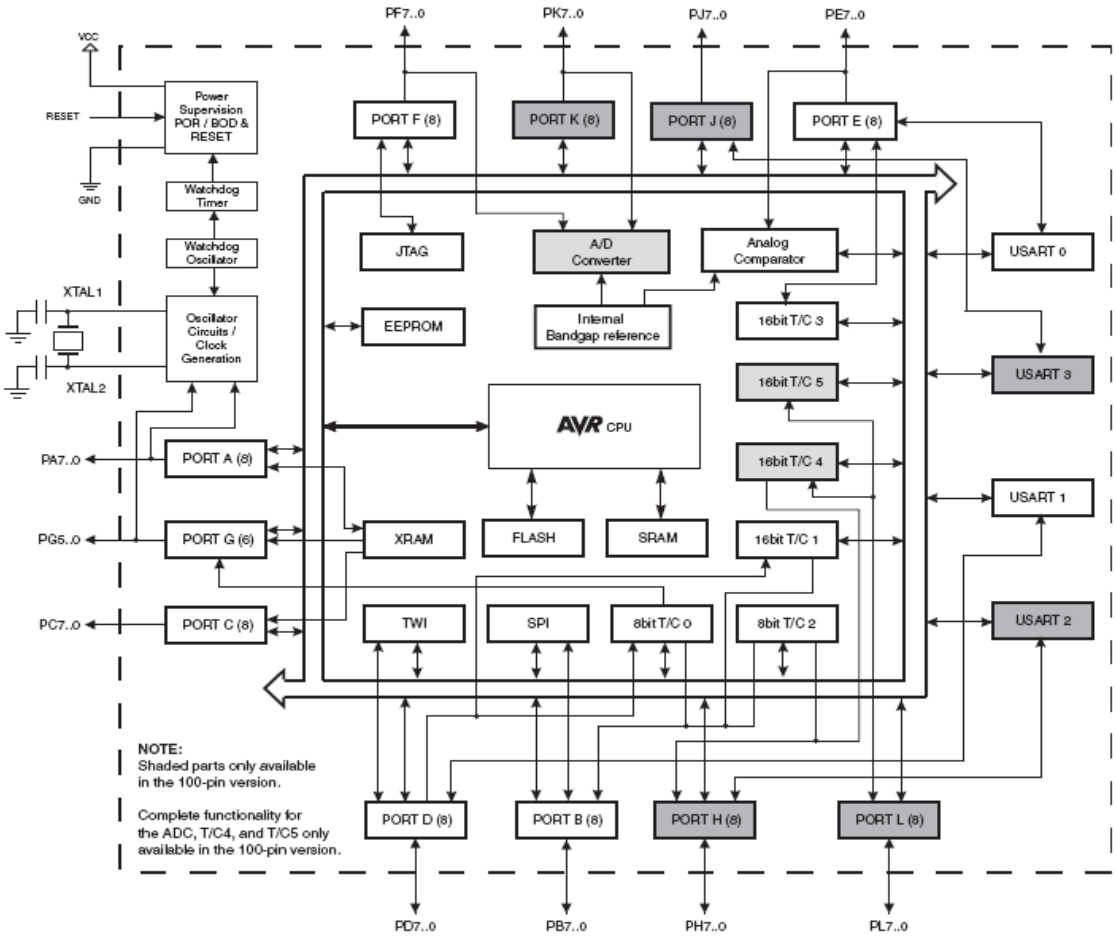
I/OPINS86 پینو 12 کانال،

4 درگاه SERIAL USART،

2 تایمر 8 بیتی و 4 تایمر 16 بیتی،

4 کانال PWM8 بیتی و 12 کانال PWM قابل تنظیم از 2 تا 16 بیت،

16 کانال ADC 10 بیتی، کلید و درگاه سریال SPI، سرعت 16 MHz-0با ولتاژ 2.7-5.5 V[8]

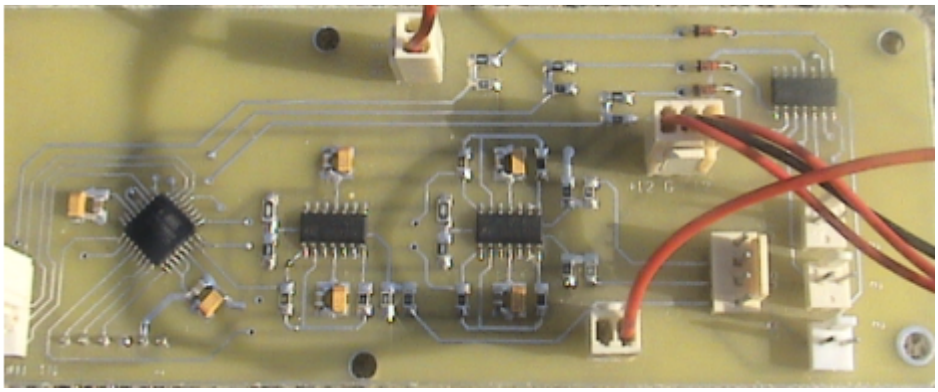


شکل (3-22) بلوک دیاگرام میکرو کنترلر ATMEGA1280،AVR

3-10- بورد اندازه گیری ولتاژ[6]:

سیستم به گونه ای طراحی شده که کاملاً بطور همزمان سیگنال جریان هر فاز خروجی با ولتاژ همان فاز مقایسه و عمل پردازش روی آنها صورت گیرد. بدین صورت که نمونه جریان انتخابی هر خروجی(خروجی مالتی پلکسرها) با ولتاژ متناظر اختلاف زاویه فاز آنها محاسبه می گردد. البته جهت همزمان سازی هنگامی که ADC می خواهد یک کانال انتخابی (از جریانهای خروجی) را تبدیل به سیگنال گسسته نماید. میکروکنترل بورد اصلی یک پالس از شماره کانال جریان انتخاب شده به میکروکنترل بورد ولتاژ ارسال می نماید. بعنوان مثال نمونه جریان فازSخروجی دوم از پست انتخاب شده است (در درگاه ورودی ADCقرار گرفته است) که این کانال توسط سه پین کنترلی مالتی پیکسرها توسط میکرو کنترلر انتخاب شده است. چون جریان مربوط به فاز S می باشد میکروکنترلر فوق همزمان یک پالس کنترلی همزمان سازی که نشان دهنده انتخاب فاز S است، به میکروکنترلر بورد ولتاژ ارسال می کند. و در نهایت این دو سیگنال(جریان و ولتاژ فاز S) طبق روشی که ارائه خواهد شد با هم در بورد میکرو کنترلر Atmega88مقایسه شده و اختلاف فاز آنها بدست خواهد آمد.

پردازشگر این بورد میکرو کنترلر Atmega88 AVR با مشخصات ذیل می باشد:



شکل(3-23)تصویر بورد ولتاژ با پردازنده atmega88

[6]Voltage board

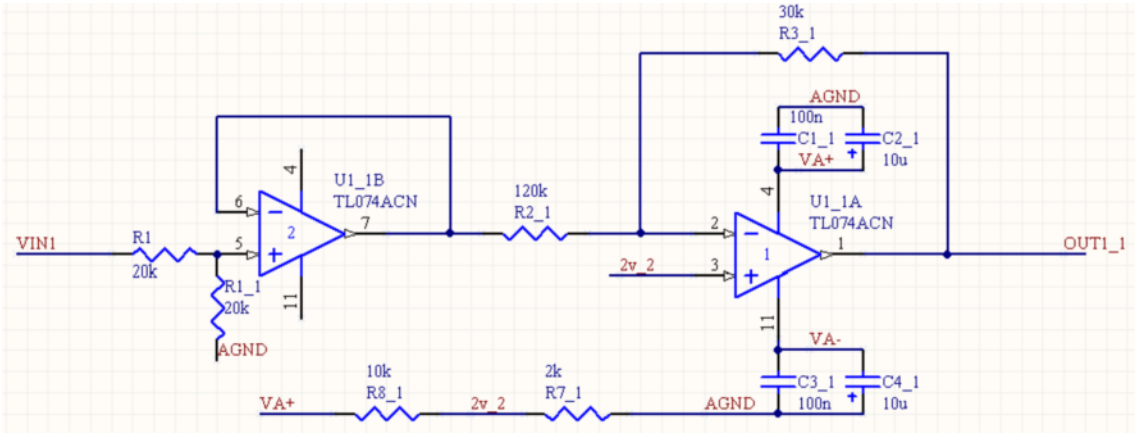
یک میکروکنترلر 8 بیتی باتوانایی بالا که قابلیتهای زیر را دارا می باشد:

- 8×32 رجیستر عمومی
- Cpu رده c با 13 دستورالعمل
- 8 کیلوبایت حافظه برنامه داخلی
- 512 بایت حافظه E^2PROM
- 1 کیلوبایت حافظه داده SRAM داخلی
- فاقد امکان آدرس دهی حافظه داده خارجی
- نوسان ساز RC8،1،2،4 مگاهرتز داخلی و امکان استفاده از کریستال، کلاک و RC خارجی
- سرعت کلاک صفر تا 16 مگاهرتز باولتاژ 4/5 تا 5/5 ولت
- مقایسه کننده آنالوگ
- حالتهای Sleep شامل

Standby, power, down-power, save, ADCNoiseReduction,low-power Idle

- تایمر watchdog قابل برنامه ریزی
- 23 خط I/O قابل برنامه ریزی در قالب چهارپورت
- دو ورودی وقفه
- یک ورودی وقفه با عملکرد محدود
- یک شمارنده/تایمر 16 بیتی
- دوتایمر شمارنده/تایمر 8 بیتی
- ارتباطات سریال: یک مدار USART– رابط SPI– رابط TWI
- مبدل آنالوگ به دیجیتال 10 بیتی

وظیفه این بورد که در شکل(3-23) نشان داده شده است، نمونه برداری از ولتاژ کوچک شده سه فاز با کمک ADC داخلی میکروکنترلر Atmega88AVR با نرخی مساوی با نرخ نمونه برداری بورد جریان (6250 هرتز)می باشد. سپس ولتاژ موثر و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ هر فاز را محاسبه خواهد نمود. و در نهایت مقادیر 16 بیتی ولتاژهای T,S,Rبه همراه مقادیر اختلاف فاز هر کدام با جریان متناظر را برای محاسبات پارامترهای الکتریکی پست در بورد مرکزی به آن بورد ارسال می نماید.



شکل (3-24) مدار ورودی بافر و تقویت کننده بورد ولتاژ

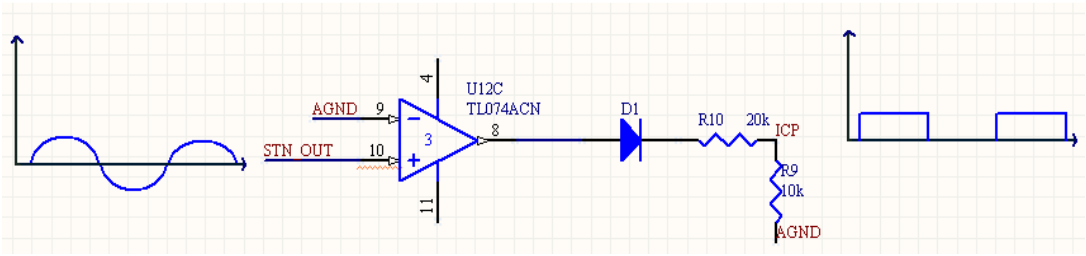
Vin out –(1:3) :

همانگونه که در شکل (3-24)مشاهده می شود 3 ولتاژ خروجی از PTها فازهای T,S,R با ولتاژ خروجی حدود 3 ولت به نامهای VIN 1:3 ورودی OP-AMPهای TL074ACN, IC می باشند. با فر طبقه اول اندازه ولتاژ را نصف می نماید و تقویت کننده طبقه دوم سیگنال را روی یک مقدار dc برابر 2/5 ولت سوار کرده و گین برابر با دارد.

خروجی out 1-1 برابر است با:

$$OUT1-1=-\frac{R3}{R2}(Vin/2)+2.5=-1/4\left(\frac{Vin}{2}\right)+2.5=-\frac{1}{4}Vin+2.5$$

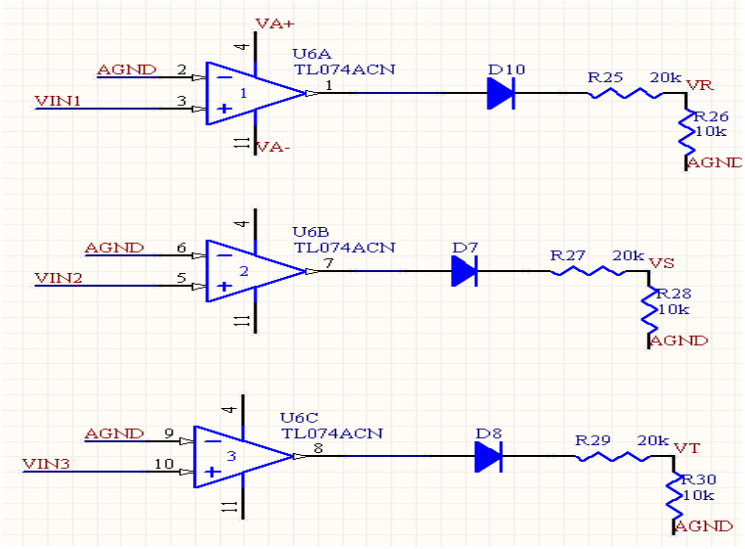
OUT1-1:3که حدود 2 ولت می باشد به پایه های ADC0:3 میکروجهت نمونه برداری و تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال متصل شده است. تا اینجا می توان اندازه ولتاژها را بصورت نرم افزاری در داخل میکرو کنترلر Atmega88 در بورد ولتاژ اندازه گیری کرد. برای محاسبه اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ از نظر سخت افزاری موارد زیر باید انجام گردد.



شکل(3-25) مدار تبدیل شکل موج سینوسی به پالسهای مربعی جهت تعیین اختلاف فاز جریان و ولتاژ

با توجه به اینکه مقادیر فاز و ولتاژ برای محاسبه توانهای اکتیو و راکتیو در پردازشگر مرکزی مورد نیاز است،برای محاسبه اختلاف فاز دو سیگنال سینوسی، توسط میکرو کنترلر با کمک مدار شکل توسط یک مقایسه گر، دیود و تقسیم مقاومتی شکل موج مربعی همفاز با ورودی بدون قسمت منفی موج را می سازیم.

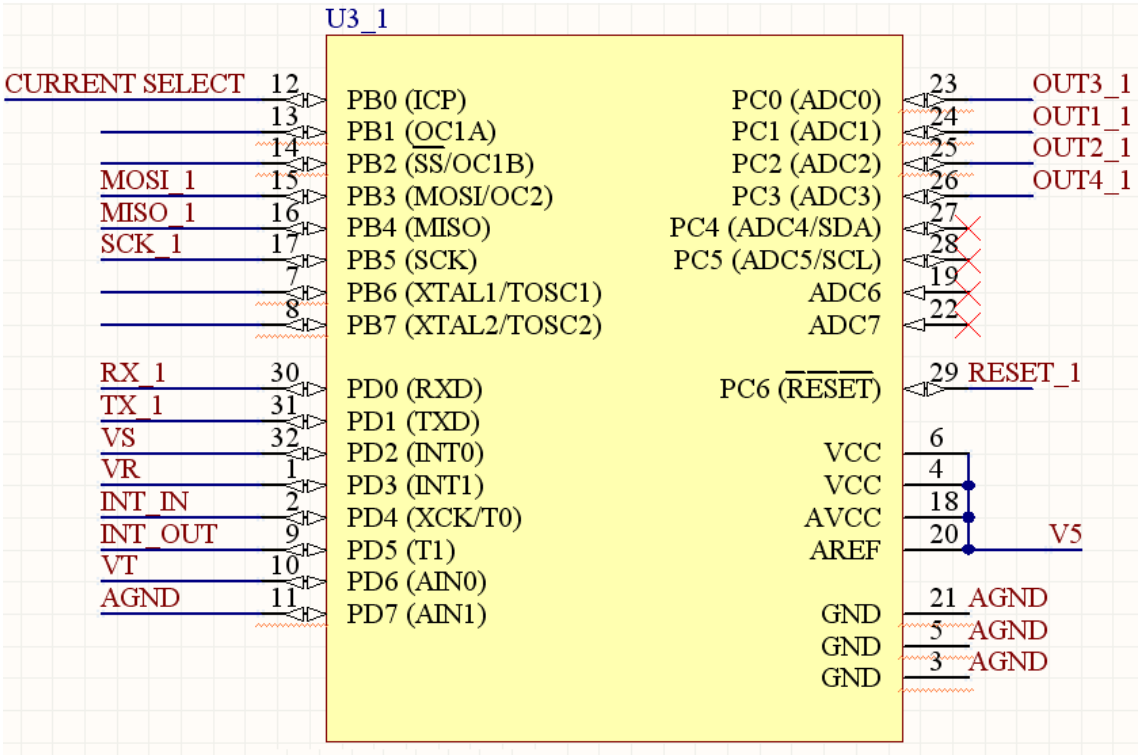
در شکلهای(3-25)و(3-26) با استفاده از OP-AMP بدون فیدبک شکل موج سینوسی را به پایه مثبت و زمین را به پایه منفی آن اعمال و خروجی دیود متصل شده به خروجیOP-AMPرا با یک تقسیم مقاومتی با نسبت را جهت اندازه گیری اختلاف فاز استفاده می نماییم.اندازه دامنه موج مربعی نباید بیش از مقدار تعریف شده برای ورودی میکرو باشد.



شکل (3-26) مدار تبدیل ولتاژهای بورد ولتاژ به موج مربعی جهت محاسبه اختلاف فاز

البته شکل موج جریان هم به همین روش تبدیل به یک شکل موج مربعی می گردد و در نهایت با استفاده از برنامه های نرم افزاری و مقایسه دو شکل موج فوق می توان فاصله زمانی بین عبور از صفر با لبه پایین رونده دو شکل موج جریان و ولتاژ که همان اختلاف فاز آنها می باشد را محاسبه کرد.(روند اجرا عملیات در بخش نرم افزار سیستم ارائه خواهد شد.) با این حساب برای دستیابی به اهداف تعیین شده در بورد ولتاژ ورودیها و خروجیها همانند شکل (3-27) تعریف می گردد.

در ادامه کلیه ورودیها به پردازشگر بورد ولتاژ را معرفی و مورد بحث و بررسی قرار خواهیم داد.[9]



شکل(3-27)پردازشگر بورد ولتاژ(ATmega88)با کلیه ورودیها و خروجیها در بورد

Out1:3-1 :

ورود ADC میکرو برای محاسبه ولتاژ موثر فازهای T,S,R می باشد. که از خروجی مدار بافر و تقویت کننده های شکل (3-24) تأمین می شوند.

Current select:

این ورودی توسط جمپری از بورد اصلی به بورد ولتاژ متصل شده است. و حاوی سیگنالی مربعی، همفاز سیگنال جریان خروجی سوئیچها است که همانند شکل (3-25) با نام ICPتهیه می گردد. این سیگنال هم دربورد مرکزی برای محاسبه جریان (وجود یا عدم وجود سیگنال سینوسی را با پایه [PL1(ICP5)] روی میکروکنترلر Atmega1280تعیین می کند) و هم برای تعیین مقدار اختلاف فاز بین سیگنال جریان و سیگنال ولتاژ متناظر در بورد ولتاژ مورد استفاده قرار می گیرد.

:RX-1,TX-1

توسط جمپر دو سیمه جهت انتقال اطلاعات از پورت USART1 بورد مرکزی پینهای PDB(TXD)وPD8(RXD) میکرو Atmega1280 به USART0 پایه های PD1(TXD)وPD0(RXD) میکرو Atmega88 بورد ولتاژ متصل شده است. با توجه به اینکه محاسبات توانها و هارمونیک برای خطوط اصلی پست توزیع برق انجام می گردد. بنابراین در بورد ولتاژ می بایست سه ولتاژ T,S,Rو اختلاف زاویه بین آنها با جریان هایشان محاسبه گردد. سپس توسط این دو جمپر (USARTدر مد SPI یا سنکرون) مقادیر فوق به پردازشگر اصلی منتقل گردد. در نتیجه هرگاه در بورد اصلی یکی از کانالهای R یا S یا Tبرای محاسبه جریان (انتخاب گردیدند توسط این دو جمپر ابتدا اعلام می شود که کدام فاز برای محاسبه ولتاژ انتخاب شده، مادامیکه در بورد جریان (برد اصلی) آن فاز محاسبه می گردد، در بورد ولتاژ همان فاز و اختلاف فاز بین سیگنال جریان و ولتاژ بدست آمده و به همین منوال مقادیر جریان و زاویه فازهای دیگر محاسبه و در نهایت مقادیر محاسبه شده به بورد اصلی ارسال می گردند.

هرکدام از مقادیر به اندازه 16 بیت (دو خانه 8 بیتی H,L) را اشغال می کنند. و به همراه یک بایت 8 بیتی به عنوان check sum که جمعاً 13 بایت می شود توسط USART با این دو جمپر به بورد اصلی منتقل می گردد. (در بخش نرم افزار توضیحات بیشتر ارائه خواهد شد).

ولتاژهای تغذیه میکروکنترلر Atmega88 و TLQ74ACN,IC که توسط سیم رابط از بورد اصلی تأمین می گردد.

:Reset-1,sck-1,MISO-1,MOSI-1

برای پروگرام کردن میکرو از پایانه های پورت (PB) میکروAtmega88مطابق شکل(3-27)استفاده شده است.

V_R , V_S , V_T:

شکل موج مربعی همفاز، شکل موج ولتاژ سه فاز می باشد که مانند روش ساخت شکل موج Current select تهیه شده است. در شکل (3-26) ساخت سخت فزاری مدار و ارتباطات به میکرو مربوطه را نمایش می دهد از این ورودیها به همراه Current select برای تعیین اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ فازهای T,S,Rخط اصلی پست برق استفاده می گردد.

فصل چهارم :

جمع آوري وپـردازش اطلاعـات

4-1- مقدمه :

پس از تکمیل سخت افزار سیستم حال باید الگوریتمهای مربوط به جمع آوری اطلاعات پست را طراحی وبصورت نرم افزاری بر روی سیستم پیاده سازی نمائیم. بطوریکه سیستم قادر باشد مقادیر جریان، ولتاژ و اختلاف فاز را از روی داده های دریافتی خوانده وبدست آورد. سپس پارامترهای مورد نیاز دیگر را (توانها و هارمونیک) محاسبه و در نهایت در حافظه ذخیره نماید.

جمع آوری اطلاعات به دو بخش نرم افزار بورد مرکزی و بورد ولتاژ تقسیم می گردد. با توجه به اینکه بورد ولتاژ مقادیر مورد نیاز بورد مرکزی را تامین می نماید. برای درک بهتر خواننده، ابتدا الگوریتمهای نرم افزاری بورد ولتاژ ارائه میگردد. سپس به مسائل و الگوریتمهای بورد اصلی خواهیم پرداخت.

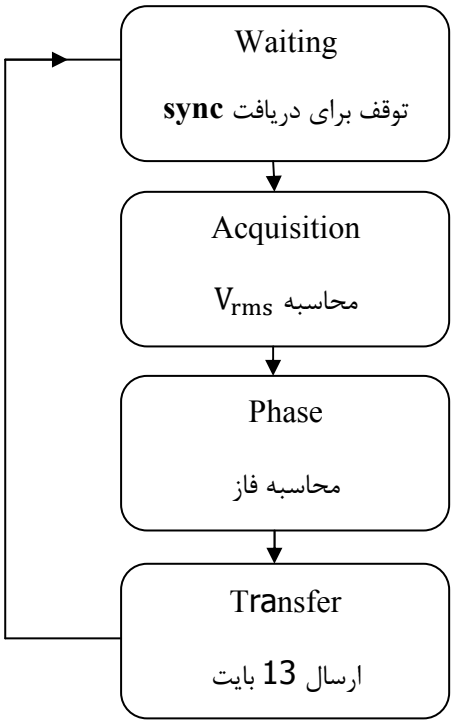
دستورات برنامه ها در محیط code vision به زبان C نوشته و پروگرام شده است.

در انتهای این فصل نرم افزاری معرفی می گردد. که قادر است منحنی داده ها را بر حسب زمان ترسیم نماید.

4-2-طراحی نرم افزار بورد ولتاژ :

الگوریتم روندبرنامه در بورد ولتاژ مطابق شکل (4-1) می باشد. هدف، محاسبه اندازه سه ولتاژ T,S,R و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ و درنهایت ارسال مقادیر محاسبه شده با ارتباط سریال USART می باشد. با روشن شدن سیستم، تابع initialize با تنظیمات مقدماتی و اولیه در راستای اهداف و روند محاسبات اجرا می گردد. سپس برنامه در مد انتظار (waiting mode) منتظر دریافت سیگنال جهت شروع و اقدام به محاسبات می شود.

در تابع sync – IV ( ) برنامه بورد اصلی با سه دستور if مشخص گردیده است. که اگر شماره کانال ما جهت محاسبه جریانهای 0و1و2 باشد (جریانهای کل پست) توسط انتقال USARTسیگنالی یا عددی برای بورد ولتاژ که نشاندهنده یکی از سه فاز S,Rیا Tمی باشد ارسال می گردد. و در برنامه بورد ولتاژ توسط تابع check-channel-name( ) با چند دستور if ابتدا تشخیص داده می شود که بورد اصلی قصد محاسبه جریان کدام فاز را دارد و پس از تشخیص شماره کانال (0تا 2)، کانال را مقدار دهی کرده و وارد مد محاسبه ولتاژ و فاز می گردد. که پس از انجام محاسبات فوق وارد مد انتقال (Transfer)شده و مقادیر ولتاژ و فازها بصورت سریال USART به بورد اصلی جهت ادامه محاسبات ارسال می گردد. این عمل در هر سیکل سه بار هر بار به ازای یک فاز تکرار می گردد.



شکل(4-1)الگوریتم روند کلی نرم افزار در بورد ولتاژ

4-2-1-مد محاسبه[7]:

پس از تعیین فاز T,S,R که توسط بورد اصلی میکرو کنترلرAtmega1280 مشخص گردید. محاسبات در این مد بر اساس ch-num=0,2,1ادامه می یابد. اولین قدم محاسبه مقدار موثر ولتاژ کانال مربوطه است. که توسط تابع ( )acquisition–funcدر برنامه بورد ولتاژ محاسبه می گردد. بدین ترتیب ابتدا ADC میکروکنترلر را فعال و راه اندازی کرده سپس با فرکانس 6250 هرتز از سیگنال ولتاژ که کانال آن مشخص می باشد نمونه برداری می کنیم.سپس طبق فرمولی که قبلاً توضیح داده شد(2-9) مقدار موثر ولتاژ محاسبه می گردد و برنامه وارد مد فاز خواهد شد.

4-2-2-محاسبه فاز[8]:

در این مرحله اختلاف زاویه بین سیگنالهای جریان و ولتاژ سه فاز T,S,R در پست توزیع برق اندازه گیری می گردد. روش مورد استفاده در تعیین اختلاف فاز بدین صورت است که:

دو سیگنال سینوسی جریان و سیگنال ولتاژ ابتدا به سیگنال مربعی بدون قسمت موج منفی تبدیل شده سپس با استفاده از یک شمارنده اختلاف زمان بین دو لبه پایین رونده را بدست می آوریم.

چگونگی تشکیل موج مربعی و نحوه ارتباطات سیگنالهای تبدیل شده شکل موج (که از بورد جریان ارسال می شود) و شکل موج ولتاژ که در بورد ولتاژ توسط سه ولتاژ T,S,Rتهیه می گردد در بخش سخت افزار توضیح داده شده است.

[7]Acquisition - mode
[8]Phase - mode

تابع phase-fune در مد phase – mode در نرم افزار تهیه شده بورد ولتاژ وظیفه اندازه گیری اختلاف فاز را به عهده دارد. در این تابع مراحل زیر اجرا می گردند:

1- تنظیمات اولیه: برای شکل موج ولتاژ با توجه به شماره کانالی که از بورد اصلی به این بورد ارسالمی گردد. باید وضعیتهای سه کانال را بوسیله وقفه خارجی PC1NTمشخص گردد.(این نوع وقفه ها با تغییر مقدار پایه تعریف شده از یک به صفر یا از صفر به یک پرچم خاصی را set می کنند در اینجا ما تعریف کردیم اگر هر کدام از یک به صفر رسیدند یعنی لبه پایین رونده پرچم وقفه یک گردد) در واقع یک وقفه با سه ورودی داریم.که وقفه فوق دو عمل را انجام میدهد اول زمان شروع محاسبه و رسیدن سیگنال را اعلام می کند. دوم شماره کانالی که جریانش در حال محاسبه می باشد(در بورد اصلی) را اعلام می نماید. با توجه به فرمان بورد اصلی مبنی بر اینکه ch-num کدام کانال است، سوئیچ مربوط به آن کانال را بسته و دو کانال دیگر را باز می نماید و این مشخص می کند که کدام کانال یا فاز قرار است زاویه فازش اندازه گیری شود. تایمر یک پردازنده بورد ولتاژ را در مد نرمال و با فرکانس 1 مگاهرتز تعریف می کنیم یعنی هر پالس این تایمر یک میکرو ثانیه زمان نیاز دارد. در واقع یک سیکل برق شهرکه فرکانسی برابر 50 هرتز دارد برابر 20 میلی ثانیه یا 20.000 میکرو ثانیه می باشد.

بعد ازتنظیمات اولیه وقفه را فعال کرده و توسط حلقه while زمانی به اندازه 6 سیکل(120ms)را در داخل حلقه تعریف می کنیم اگر در این زمان توسط وقفه های PC1NT0 و PC1NT2 فاز بدست نیامد فاز تعریف نخواهد شد، واین بدان معناست که حداقل یکی از ورودیها مقدار برابر صفر داشته است.پس فاز را برابر صفر کرده و خارج می شویم. در هر صورت بطور حتم اگر شکل موجهای ورودی وجود داشته باشند. توسطدو وقفه تعریف شده مطابق روشی که ارائه می گردد، فاز محاسبه خواهد شد.

دو وقفه PC1NT0 و PC1NT2 بترتیب مشخص مینمایند که شکل موجهای جریان و ولتاژی که به صورت مربعی تبدیل شده اند،با چه شماره ای و در چه زمانی رسیده اند.هر کدام از این وقفه ها در صورت حادث شدن بترتیب تابع های phase – measure –current 2 و( )phase – measure-voltag 2را اجرا می نمایند. با اجرا شدن هر تابع از دو تابعcurrent یا voltage شمارنده تایمر یک صفر و برنامه وارد تابع دیگری شده و زمان دو لبه پایین رونده شکل موجهای جریان و ولتاژ را توسط شمارنده تایمر یک محاسبه خواهد نمود.

بنابر این در مرحله اول اگر شکل موج جریان زودتر لبه پایین رونده آن برسد تابع current اجرا شده، شمارنده را صفر کرده و در مرحله دوم وارد تابعvoltageمیشود. در این تابع در حالیکه شمارنده تایمر1 در حال شمارش می باشد با لبه پایین رونده شکل موج ولتاژ عدد داخل شمارنده ذخیره می گردد. این عدد در واقع نشان دهنده فاصله زمانی بین دو سیگنال جریان و ولتاژ می باشد. هر یک واحد شمارنده تایمر 1 برابر یک میکرو ثانیه خواهد بود.

برعکس این حالت اگر شکل موج ولتاژ زودتر برسد تابعvoltage اجرا شده، با صفر کردن شمارنده تایمر1 وارد تابع current می گردد. که تا رسیدن لبه پایین رونده شکل موج جریان شمارنده با سرعت یک مگاهرتز در حال شمارش می باشد که به محض رسیدن لبه شکل موج جریان، عدد داخل شمارنده که زمان بین دو سیگنال را بر حسب میکرو ثانیه نشان میدهد، ذخیره خواهد گردید.

مقدار شمارنده تایمر ذخیره شده نمایانگر اختلاف فاز بین دو سیگنال خواهد بود. چرا که مقدار تایمر بین صفر تا 20000 خواهد بود. درواقع به ازاء اعداد5000،0، 10000، 15000،

20000، زوایای0 و $\frac{\pi}{2}$وπو $\frac{3\pi}{2}$ و 2πرا خواهیم داشت،که برای محاسبات توان ها یا هارمونیک که نیاز به مقادیر sin وcos زوایای فوق می باشد، جهت تعیین علامت مقادیر مثلثاتی بکار خواهد رفت.

تا اینجا ولتاژهای سه فاز و اختلاف فاز بین آنها و جریان متناظر پست برق در بورد ولتاژ محاسبه و ذخیره شده است. در این حالت به مد انتقال (Transfer mode)رفته که تابع Transfer – func () اجرا می گردد.

4-2-3- مد انتقال[9]:

در این مد V_T, V_S, V_R هر کدام در دو بایت $\varphi_T - \varphi_S - \varphi_R$ هم هر کدام در 2 بایت به علاوه یک بایت هم به عنوان check sum در داخل بافری ریخته شده که جمعاً 13 بایت را تشکیل می دهند، تحت نام متغیر درایه ای $t_r - buf[i]$ که با انتقال سریال USART از بورد ولتاژ به بورد مرکزی منتقل می گردد.

ترتیب ذخیره سازی مطابق جدول (4-1) می باشد.

جدول(4-1) داده های ذخیره شده و آماده ارسال در بورد ولتاژ(ولتاژ و فاز)

VR		φR		VS		φS		VT		φT		CH
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	CH

[9]Transfer - mode

محاسبه CHECK SUM:

ابتدا مقدار درایه سیزدهم را برابر صفر کرده سپس مجموع دوازده درایه اول را در آن می ریزیم.

$$t_r - buf[12] = \sum_{i=0}^{11} tr - buf[i]$$

داده ها در یک حلقه for با ریختن یکی یکی داده های 8 بیتی در UDR0 انتقال می یابد. این عمل در هر مرحله انتقال دیتاهای 8 بیتی با کنترل پرچم UDEE0 در رجیستر UCSR0A (با اتمام ارسال این بیت یک می گردد)ادامه پیدا کرده و با ارسال 13 بایت کامل می گردد.

با این عمل انتقال پارامترها (ولتاژ های سه فاز و اختلاف فازها) از بورد ولتاژ به بورد مرکزی انجام می گردد.

4-3- ساختار و روند اجرای برنامه نرم افزار در بورد مرکزی :

برنامه شامل سه بخش کلی می باشد که تحت نام فایل current3.C مدیریت می گردد.

تابع main: برنامه اصلی را شامل می شود که پس از اجرای تنظیمات اولیه در این تابع، روند برنامه برای همیشه داخل حلقه (1)while باقی خواهد ماند.

تایمر 3: با سرعت 20Hz رخ می دهد. بطوریکه در هر ثانیه 20 بار وقفه مربوط به آن فرا خوانده می شود و برای خواندن کلیدها در نظر گرفته شده است.

تایمر 1: با سرعت 1Hz رخ می دهد. که در هر ثانیه روتین وقفه تایمر 1 عمل به روزرسانی زمان و تاریخ را انجام می دهد.

در واقع همانگونه که توضیح داده شد روند برنامه دائماً در حال اجرای دستورات داخل حلقه wile(1)، تابع main می باشد. و هرگز از آن خارج نمی شود. مگر اینکه وقفه ای رخ دهد که در صورت بروز وقفه، پردازنده اصلی(micro controller AVR ATMega 1280) روند برنامه را قطع کرده، و دستورات مربوط به وقفه اعمال شده را یکبار اجرا کرده و سپس به نقطه قبلی باز می گردد.

سرعت و فرکانس تایمر 1 طوری تنظیم شده است که هر یک ثانیه وقفه رخ داده و پردازنده در این تایمر با اجرای تابع time-calcutions() یک واحد به ثانیه اضافه می کند که در هر 60 ثانیه یک واحد به دقیقه و به همین منوال ساعت و تاریخ را محاسبه و ذخیره می نماید.

وقفه تایمر 3، 20 بار در ثانیه رخ می دهد.هدف آن خواندن کلیدها می باشد. برای فهم بهتر اینکه، وقفه این تایمر چگونه و در چه زمانی فعال می باشد، ابتدا باید حالتها یا وضعیتهای تعریف شده در برنامه را معرفی کرد. الگوریتم روند کلی نرم افزار سیستم در شکل (4-2) نمایش داده شده است)

4-3-1- حالت مقدار دهی اولیه[10]:

در این حالت سیستم به اصطلاح بالا می آید و پردازنده کلیه درگاهها، تایمرها، پورتها و... را تعریف و مقدار دهی می کند.

[10]Initialize-mode

4-3- 2- وضعیت تنظیمات کاربر[11]:

در این حالت کاربر مقادیر خواسته شده توسط سیستم را وارد می کند. این مقادیر شامل شماره سیستم، تعداد خطوط خروجی پست، زمان و تاریخ می باشد. برای ساده تر شدن، تعدادی از مقادیر مثل نسبت تبدیل CTها،PT و تعداد سیکل های شکل موج برای محاسبه مقادیر مؤثر ولتاژ، جریان و هارمونیک ثابت فرض شده است.

4-3-3- حالت خواندن و محاسبات[12]:

عملیات انتخاب کانال، خواندن و محاسبات ADC، مقادیر مؤثر جریان، ولتاژ و هارمونیکهای فرد شکل موج جریان و ذخیره سازی اطلاعات در SD کارت در این مرحله انجام می گردد. طبق تعریف هر 10 دقیقه یکبار این مد فعال شده و در هر ساعت(هر 6 بار اجرا شدن این مد) یکبار کل اطلاعات در SD کارت ذخیره می گردد.

4-3-4- حالت نمایش اطلاعات[13]:

کاربر در این مرحله قادر است آخرین مقادیر محاسبه شده پارامترها را در Lcd مشاهده کند. که شامل موارد زیر می باشد.

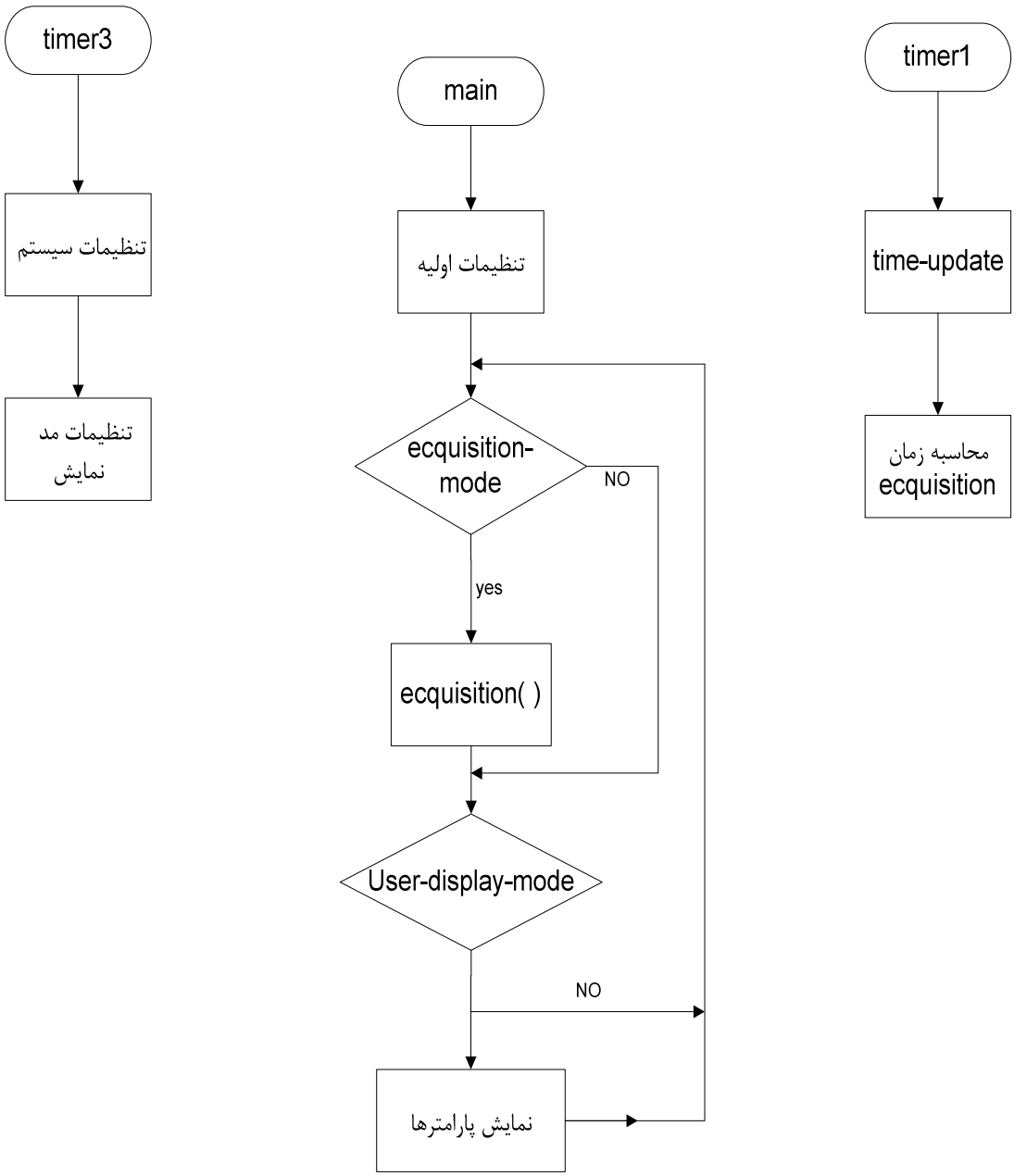
خط ورودی پست: جریانهای سه فاز، نول، ولتاژ های سه فاز، اختلاف زاویه بین سیگنالهای جریان و ولتاژ فازها، توانهای اکتیو و راکتیو فازها، درصد اندازه هارمونیک فرد اول تا پانزدهم شکل موج جریان هر فاز به اندازه مؤثر آن.

خطوط خروجی: جریانهای(سه فاز – نول)خروجی 1 ، خروجی 2 ، . . . ، خروجی 14

[11] User – setting – mode
[12] Acquisition - mode
[13] User – display - mode

(تعداد خروجی پستها در ابتدای برنامه توسط کاربر وارد میشود. و سیستم طوری طراحی شده است که برای نمایش نتایج فقط همان تعدادخطوط خروجی مشخص شده نمایش داده شوند.حداکثر، مقادیر جریان 14 خط خروجی قابل نمایش است.)

همانگونه که مشاهده می گردد تنها در وضعیتهای (ب) و (د) است که کاربر با استفاده از کلیدها مقادیر خواسته شده توسط سیستم را وارد می کند یا در وضعیت نمایش جهت رؤیت پارامترهای محاسبه شده و تغییر در وضعیت نمایش LCD نیاز به کار با کلیدها می باشد از اینرو این دو حالت در وقفه تایمر 3 گنجانده شده است.



شکل (4-2) الگوریتم کلی روند اجرای برنامه سیستم جمع آوری اطلاعات پست توزیع برق

برای این منظور پرچمی به نام busy-flag تعریف شده است. هر بار که وقفه تایمر 3 رخ می دهد(20 بار در ثانیه) اگر این پرچم 1 باشد از وقفه خارج می گردد در غیر اینصورت یکی از دو حالت (ب) یا (د) اجرا خواهد شد.

با روشن شدن سیستم، پردازنده وارد مرحله مقدار دهی اولیه(initialize-mode) می گردد.

4-4- بررسی تنظیمات و مقداردهی اولیه سیستم[۱۴]:

در این مد تابع ( )initialize برای پردازنده مرکزی که میکروکنترلر AVR، ATMega1280 می باشد اجرا می گردد. این تنظیمات اکثراً توسط نرم افزار Codevision در پنجره Code wizard براحتی قابل اجرا می باشد. لذا مهمترین آنها را که تحت نامهای بکار رفته در برنامه استفاده شده اند ارائه می شود.

در تابع ( )Viriable-INIT مقادیری که در e^2PROM ذخیره شده اند را در متغیرهای مشخص شده ای می ریزیم. مانند شماره سیستم، تاریخ، ساعت، تعداد خروجی های(فیدرها) سه فاز و تعداد خروجی ها(دو فاز). سیستم طوری طراحی شده که اگر به هر دلیل سیستم خاموش شده یا منبع ولتاژ و تغذیه آن به علت قطع برق شبکه قطع گردد در صورت وصل مجدد برق و مقدار دهی، تاریخ و ساعت که با گذشت زمان تغییر می کند. آخرین زمان(ساعت) ذخیره شده در حافظه پردازنده در متغیر ساعت ریخته می شود و از آنجا که ممکن است تعداد نوشتن و خواندن در حافظه میکرو کنترلر زیاد گردد یک شمارنده برای تعداد آن تعبیه شده است. حداکثر تعداد نوشتن و خواندن در حافظه ، 100,000 بار می باشد.[9] لذا در طراحی برنامه تعداد 15 شمارنده هر کدام با تعداد 65535 بار قابلیت نوشتن و خواندن ساعت در 15 نقطه حافظه در نظر گرفته شده است. همچنین هر جای برنامه دستوری مبنی بر نوشتن در حافظه میکروکنترلر استفاده شده باشد، با توجه به نیاز زمان کافی جهت اطمینان از نوشته شدن اطلاعات در حافظه، به cpu میکروکنترلر یک تاخیر 20 میلی ثانیه ای می دهیم. البته زمان اعلام شده توسط سازنده برای اطمینان از نوشتن 3/5 میلی ثانیه می باشد[9]

[14] Initialize - mode

در تابع port-INIT( ) وضعیت پورتها مشخص می گردد. پورتهای A، B، L، K، D، J، E و H از نظر ورودی (Pیا T) و خروجی (0 یا 1) مشخص شده اند که بعلت واضح بودن برنامه و وجود توضیحات در متن برنامه نیاز به تشریح بیشتر نمی باشد.

در تابع pheripheral-INIT تنظیمات USART3، USART0 و وقفه های خارجی (PCINT) انجام می گردد که با توجه به واضح بودن دستورات و توضیحات ارائه شده در متن برنامه بصورت مختصر تشریح خواهند شد. برای خواندن و ارسال دیجیتال نمونه های تبدیل شده از ADC به میکروکنترلر ATMega1280 از USART3 میکروکنترلر استفاده شده است. انتقال بصورت سنکرون(SPI)، ارسال و دریافت فعال و نرخ ارسال برابر 1.6 مگاهرتز می باشد. در این صورت می توان روابط زیر را نوشت:

Baud Rate = f(ADC-MCLK)/2=f(cpu)/[2(UBRR+1)=1.6MHz

USART0 برای ارتباط با بورد ولتاژ(ATMega88) مقداردهی و تنظیم شده است.

8 بیت اطلاعات، 1 بیت STOP، بدون Parity و ارسال و دریافت فعال در مد آسنکرون، نرخ و سرعت ارسال برابر با :

Baud rate: 16MHz/16(7+1)=126KHz

از پرچم وقفه PCINT7 برای وجود یا عدم وجود شکل موج ورودی جریان استفاده می شود همچنین وقفه های PCINT14 الی PCINT19 برای مقاصدی که توضیح داده خواهد شد فعال می گردند. آخرین موضوع که در بخش مقداردهی اولیه مورد بررسی قرار می گیرد تایمرها(شمارنده ها) هستند.

تایمر 1: در مد CTC TOP با مقدار فرکانس ورودی 62/5 کیلوهرتز و OCR1=F423 می باشد.

تایمر 2: در CTCTOP و 0x7C=OCR2A=CTC TOP

تایمر 3: مد CTC TOP، Clock Value=62.5KHz، OCR3=C34 می باشد.

تایمر 5: مد fast PWM TOP این تایمر پالس ساعت مورد نیاز کارکرد ADC را تأمین می کند. طبق روابط دیتاشیت سازنده داریم:

f_s in ADC=125(تعداد نمونه ها در هر سیکل×50(فرکانس سیگنال برق شهر) = 6250Hz

$f_{Mclk-ADC}$=512×6250=3.2MHz

بنابراین:

f(PWM)=16MHz/(4+1)=3.2MHz

یعنی: OCR5A=4 و OCR5C=2

4-5- بررسی تنظیمات کاربر[15]:

بعد از باز شدن یا بالا آمدن سیستم وارد حالت تنظیمات کاربر می شویم. در این حالت پیغامهایی برروی صفحه نمایش ظاهر می گردد مثل شماره سیستم(شماره پست) تعداد فیدر و... که محل مورد نظر قابل تغییر و تنظیم توسط کاربر به حالت چشمک زن ظاهر می گردد و کاربر با کلیدهای بالا یا پایین مقادیر را افزایش یا کاهش می دهد همچنین با زدن کلیدهای چپ و راست به تنظیمات قبلی یا بعدی وارد می شود. خطوط دستورات در این بخش از نرم افزار، زیاد ولی ساده هستند و با مشاهده روند دستورات در برنامه بسادگی می توان مطالب و کارکرد تابع های تعریف شده

[15]User-setting - mode

را فهمید. در واقع با اجرای تابع خواندن کلیدها ( )read-keys می توان مرحله به مرحله تنظیماتی همچون شماره سیستم، تعداد فیدرها(خروجی پست)، تاریخ و ساعت را تنظیم کرد.

4-6- بررسی وضعیت خواندن و محاسبات[۱۶]:

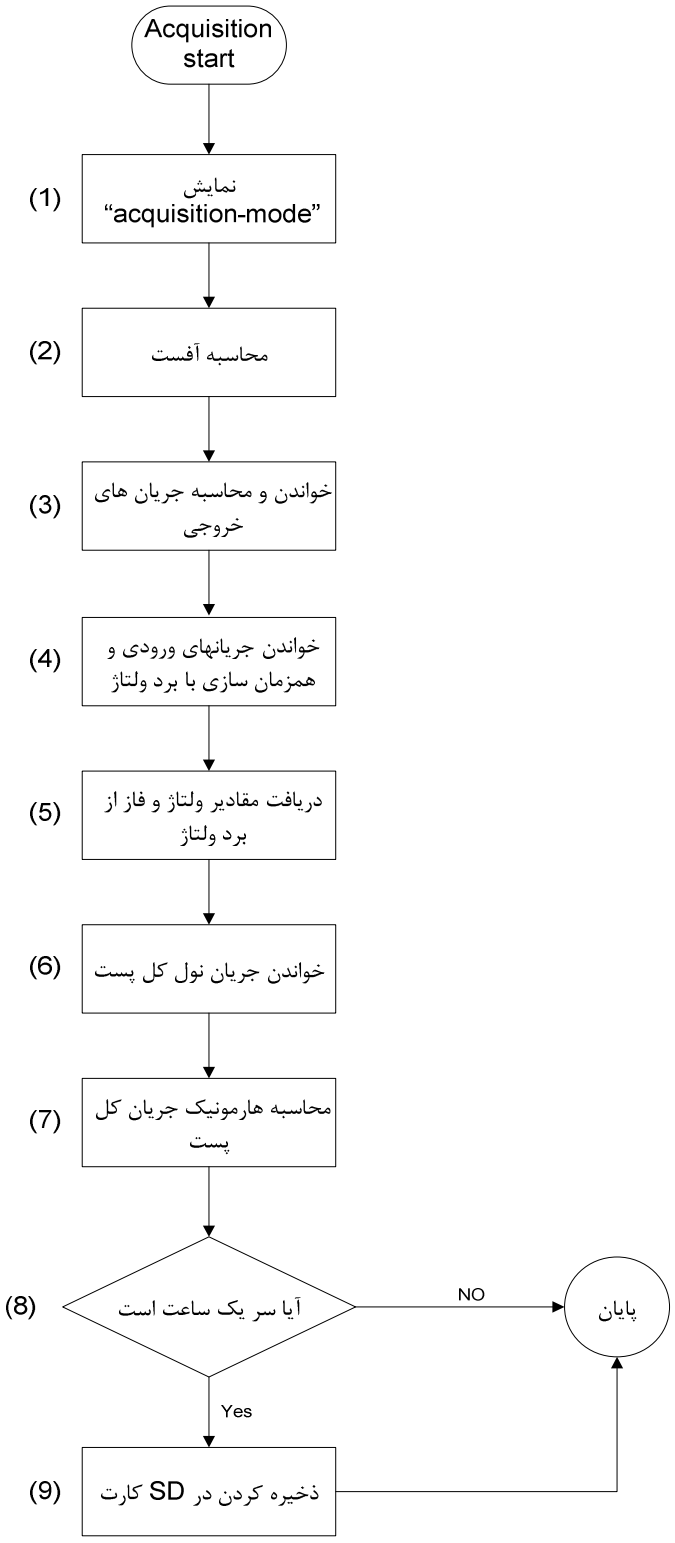
در سیستم هر 10 دقیقه یک بار مد محاسبه (acquisition) فراخوان شده اجرا می شود و اطلاعات خوانده شده را پردازش و در حافظه ذخیره می کند و به ازای هر 6 بار اجرا شدن این مد که زمانی برابر یک ساعت است، کل اطلاعات را که معادل 6 بار ذخیره اطلاعات می باشد در داخل SD کارت تحت فرمت خاصی(FAT) ذخیره می نماید.

مدیریت زمانی فراخوانی مد acquisition که هر 10 دقیقه یکبار انجام می شود و همچنین مدیریت زمانی ذخیره سازی در SD کارت که هر یک ساعت صورت می پذیرد در تابع time – update انجام می گردد.

در اینجا نکته ای وجود دارد و آن اینکه خواندن و محاسبه یا به عبارتی تابع ()acquisition در هر دو وضعیت acquisition-mode و user-display-mode اجرا می گردد. در حالت اول اطلاعات (جریان و ولتاژ و اختلاف فاز خطوط و هارمونیکهای فرد جریان کل) محاسبه و فقط در SD کارت ذخیره می گردد ولی در حالت دوم اطلاعات خوانده شده پردازش می شوند و به همراه توانهای اکتیو و راکتیو فقط جهت نمایش به کاربر استفاده می گردند و ذخیره نمی گردند.

[16] Equisition - mode

4-6-1- تابع محاسبات: acquisition( )



شکل (4-3) الگوریتم تابع acquisition ( )

در واقع محاسبات و توابع اصلی محاسباتی در این تابع قرار دارند. همانگونه که در الگوریتم شکل (4-3) مشاهده می گردد، در هر بار اجرای این تابع آفست محاسبه می گردد نه فقط یکبار و یا حتی یکبار برای هر سیستم بلکه در هر نوبت که سیستم قصد نمونه برداری دارد محاسبه خواهد شد. زیرا با تغییرات شرایط محیطی و تغییرات درجه حرارت مشخصات و رفتار المانها در سیستم تغییر کرده و این تغییرات می توانند در مقدار آفست البته به مقدار جزئی مؤثر باشند.

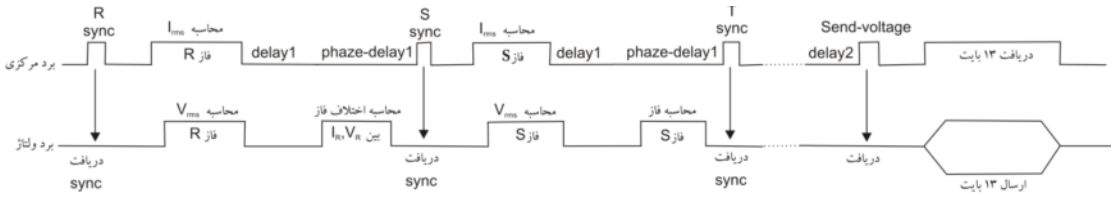
سپس جریانهای خروجی خوانده و محاسبه می شود. در واقع شماره کانالها در این مرحله از 4 به بالا می باشد. خطوط ورودی یا اصلی پست برق با شماره های یک تا چهار در مرحله بعدی محاسبه می گردد. البته همراه با دریافت شکل موجهای جریان، سیگنال مربعی هم فاز، جهت همزمان سازی با بورد ولتاژ تهیه و به آن بورد ارسال می گردد.

همزمان با خواندن و محاسبه جریان های ورودی پست(T و S، R)، در بورد ولتاژ مقادیر مؤثر اندازه ولتاژ های R، S و T و اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان متناظر در بورد ولتاژ محاسبه و ذخیره خواهد شد.

در مرحله بعد پردازنده بورد مرکزی مقادیر ذخیره شده در بورد ولتاژ را دریافت می کند و سپس مقدار اندازه جریان نول ورودی پست خوانده و محاسبه می شود.

مرحله بعد خواندن و محاسبه هارمونیکهای فرد اول تا پانزدهم شکل موج جریانهای سه فاز ورودی پست می باشد. که از روابط تبدیل فوریه سیگنالهای گسسته برای این منظور کمک گرفته شده است. کلیه مقادیر و پارامترهایی که در تابع acquisition( ) با مدیریت تابع time-update در هر ده دقیقه انجام می گردد، در حافظه RAM ذخیره می گردد و در هر 6 بار تکرار که زمانی معادل یک ساعت می گردد، 6 سری از پارامترها با برچسب مشخص کننده زمان و تاریخ در SD کارت ذخیره خواهد شد.

جهت باز شدن مسئله و اینکه دو بورد مرکزی و بورد ولتاژ چگونه با هم ارتباط برقرار می کنند و اینکه تنظیمات زمانی و بده بستان(hand shaking) دو بورد چگونه است درشکل(4-4) این موضوع در یک نمودار بررسی می گردد.



شکل (4-4) نمودار روند محاسبات جریانهای ورودی و دریافت اطلاعات از بورد ولتاژ

مراحل (4) و (5) الگوریتم شکل (4-3)، مربوط به محاسبه جریانهای ورودی پست و دریافت مقادیر ولتاژ و فاز از بورد ولتاژ می باشد که نمودار روند اجرای این دو مرحله در شکل (4-4) به نمایش درآمده است. همانگونه که مشاهده می گردد بورد مرکزی در مرحله (4) الگوریتم، ابتدا شماره کانالهای 1، 2 و 3 را یکی یکی تعیین و با تابع sync-IV() شماره کانال را که در واقع تعیین کننده یکی از سه فاز R، S و T می باشد به بورد ولتاژ ارسال می کند سپس پردازنده بورد مرکزی نسبت به خواندن نمونه ها و محاسبه جریان مؤثر همان کانال (فاز) اقدام می نماید در این زمان یعنی وقتی بورد ولتاژ سیگنال (شماره کانال) را دریافت می کند شروع به خواندن و محاسبه ولتاژ مؤثر کانال مربوطه و اختلاف فاز بین سیگنال جریان و ولتاژ که در بخش بورد ولتاژ بطور کامل تشریح گردید اقدام می نماید این پروسه برای هر سه کانال(فاز) تکرار می گردد و با اجرای تابع ( )get-V-PHIبورد مرکزی باارسالپیامی(UDR0=send-voltage=0XFF) آمادگی خود را جهت دریافت اطلاعات ذخیره شده در حافظه پردازنده بورد ولتاژ(ATMega88) اعلام می کند سپس بورد ولتاژ اطلاعات ذخیره شده را از طریق پورت USART0 به بورد مرکزی ارسال می کند.

زمان محاسبه جریان مؤثر هر خط برابر است با: تأخیر ADC(20 میلی ثانیه) + محاسبه مقدار مؤثر نمونه ها (100 میلی ثانیه) + محاسبه I_{rms} (20 میلی ثانیه)

در واقع محاسبه جریان هر خط زمانی حدود 140 میلی ثانیه نیاز دارد. محاسبه V_{rms} هم حدود همین زمان را در بر می گیرد برای اینکه فاصله زمانی بین دو بورد جهت محاسبه و انتقال بدون تداخل و تکمیل شدن مراحل محاسباتی تأخیرهایی در بورد مرکزی بنامهای delay1 و phase-delay پس از محاسبه I_{rms} در نظر گرفتیم که تا زمان ارسال و دریافت sync بعدی محاسبه اختلاف فاز هم به اتمام برسد.

delay1=50ms

phase-delay=150ms

delay2=100ms

پس از اتمام روند محاسبات هر سه کانال، جهت اطمینان از اتمام پردازش ها و انجام دستورات برنامه در بورد ولتاژ(مانند ذخیره سازی اطلاعات در بافر و آماده سازی ارسال) تأخیر delay2 را به اندازه 100 میلی ثانیه به بورد اصلی اعمال سپس جهت انتقال اطلاعات اقدام خواهد شد.

تا اینجا توابع کلی acquisition-mode را بررسی کردیم. حال می خواهیم کمی ریزتر به توابع نگاه کنیم لذا تک تک توابع این مد را باز کرده و پس از مختصر توضیحات نکته های لازم که به فهم مسئله کمک خواهد کرد را ارائه خواهیم نمود. از این رو از کنترل سوئیچها شروع کرده و تا مرحله ذخیره سازی در SD کارت را بررسی خواهیم نمود.

4-6-2- محاسبه offset:

در مدار بافر ورودی ADC در شکل (1-7) ورودی به پایه منفی و ولتاژ 2/5 ولت به پایه مثبت OPAMP متصل شده است. در این حالت اگر ورودی را زمین کنیم(اعمال ولتاژ صفر) مشاهده می گردد در خروجی سیگنال معادل 2/5 ولت خواهیم داشت. در اکثر مدارات الکترونیکی در حالتی که به ورودی سیگنالی اعمال نگردد خروجی بجای صفر مقداری را نشان می دهد که این مقدار offset مدار می باشد از اینرو زمین را به ورودی مدار ADC متصل کرده و مقدار محاسبه شده خروجی را مطابق رابطه فوق بعنوان مقدار افست بدست می آوریم.

$$offset - val = \frac{\sum_{K=۰}^{۱۲۵} Sample(K)}{۱۲۵} \qquad (1\text{-}4)$$

مقدار افست مؤثر برای یک سیگنال با 125 نمونه در سیکل(فرکانس نمونه برداری 6250 هرتز) محاسبه شده است.

حال این سئوال مطرح می شود که چگونه کانال ورودی به ADC انتخاب می گردد و در حالت محاسبه آفست این عمل چگونه انجام شده است؟ جواب این سئوال در بخش تعریف متغیرها نهفته است دو متغیر درایه ای، هر کدام با 64 درایه تعریف شده که مقادیر آنها در حافظه flash ذخیره گردیده اند.(128=64×2 بایت)

STN-in-PK[K] , RSTN-OUT-PA[K]

این متغیرها به ازای هر مقدار K صفر تا 64، مربوط به یک کانال ورودی می باشد که قبلاً محاسبه و ذخیره شده است.

تابع set-max(K) به ازای هر مقدار صحیح K کانال Kام را در درگاه ADC قرار می دهد. از آنجا که ورودی 64 زمین می باشد با انتخاب K=64، زمین به عنوان ورودی ADC انتخاب می گردد.

پس از اینکه ورودی انتخاب گردید. ADC مطابق تنظیمات اولیه عمل تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال را انجام خواهد داد. در بخش ارائه سخت افزار سیستم بطور مفصل در مورد ADC انتخاب شده 24 بیتی صحبت شد که از نظر نرم افزاری چند مطلب در اینجا باید ارائه گردد. از آنجا که تعداد نمونه های تبدیل شده در هر سیکل یا مضارب صحیحی از آن، باید عدد صحیح باشد در انتخاب فرکانس نمونه برداری باید فرکانسی انتخاب گردد که خواسته ما برآورده گردد. و این محاسبات بصورت سعی و خطا قابل انجام است. ADC برای این کار نیاز به سیگنال ساعت(f_{clk} یا f_{Mclk})[۱۷] دارد. به ازای هر نمونه ای که ADCسیستم تبدیل می کند به 512 پالس نیاز است.[1] ماکزیمم فرکانسی که از سیستم می توان برای ADC تامین کرد 16 مگا هرتز(فرکانس کریستال خارجی) می باشد در تنظیمات اولیه تایمر 5 را در مد fast PWM[8]برای ساخت فرکانس کار ADC برابر 3/2 مگا هرتز تعریف کردیم پس داریم:

$$f_{clk} = \frac{۱۶MHz}{(OCR+۱)} = \frac{۱۶M}{(۴+۱)} = ۳/۲MHz \qquad (2\text{-}4)$$

$$\text{فرکانس نمونه برداری} = \frac{۳/۲}{۵۱۲} = ۶۲۵۰Hz$$

$$\text{تعداد نمونه ها در هر سیکل} = \frac{۶۲۵۰Hz}{۵۰Hz} = ۱۲۵$$

به عنوان مثال اگر بخواهیم تعداد نمونه ها در هر سیکل 5 نمونه باشد می توان روابط عکس را اعمال کرد:

[17] master clock

تعداد نمونه ها در هر سیکل×فرکانس سیگنال = فرکانس نمونه برداری

$= ۵ \times ۵۰ = ۲۵۰ Hz$

f_{mclk}=فرکانس نمونه برداری×۵۱۲ = $۱۲۸۰۰۰ Hz \left(f_{master\ clock}\right)$ (3-4)

$$f_{mclk} = \frac{16MHz}{(OCR5+1)} = 128KHz \Rightarrow OCR5 = 124 = 0 \times 7C \quad (4\text{-}4)$$

با قرار دادن OCR5=0x7C فرکانس 128000 هرتز ساخته خواهد شد. که در هر سیکل 5 نمونه خواهیم داشت.

بر می گردیم به ادامه تشریح نرم افزار، گفته شد که کانال انتخاب گردید، ADC مطابق تنظیمات اولیه(125 نمونه در هر سیکل) عمل تبدیل را انجام خواهد داد. سپس با تابع ( )get-sampleیکی یکی نمونه های 24 بیتی از ADC توسط میکروکنترلر مرکزی خوانده شده و 16 بیت پر ارزش آن(داخل متغیرsigned int sample[800]) ذخیره می گردد.

این نکته حائز اهمیت است که وقتی یک ورودی در ADC عوض می شود باید 80 نمونه بگذرد تا ورودی جدید پایدار گردد[1] به همین خاطر در همه توابعی که از خروجی ADC استفاده می شود باید حداقل 80 نمونه از ورودی جدید بگذرد بعد اقدام به خواندن و محاسبه روی نمونه ها شود. از اینرو در برنامه از تعداد 125 نمونه(ADC-delay) که معادل یک سیکل می باشد استفاده شده است. این تعداد فقط خوانده می شوند و نمونه های آن بلا استفاده می ماند.

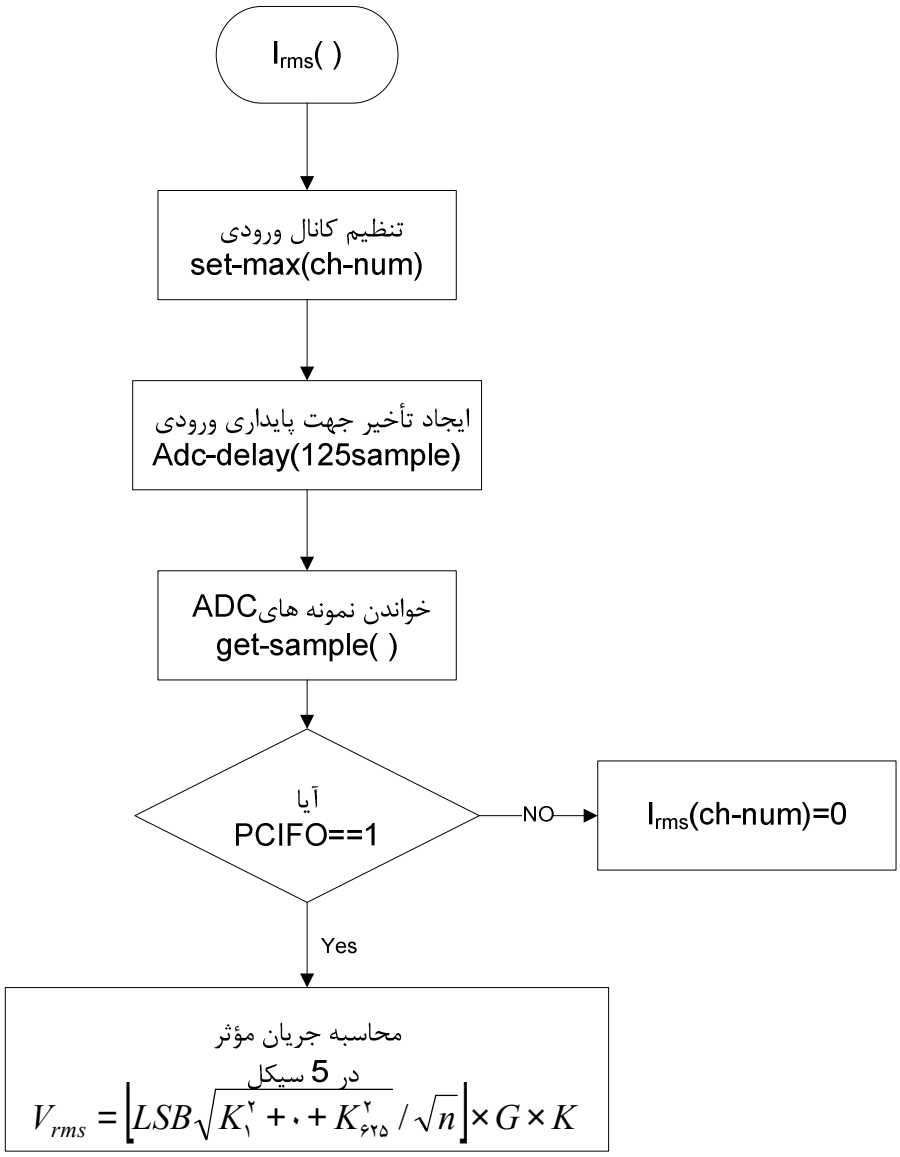
4-6-3- خواندن و محاسبه جریان های خروجی:

محاسبات برای دو حالت انجام می گردد یکی هر 10 دقیقه که در SD کارت ذخیره می گردد و حالت دیگر برای نمایش روی LCD می باشد در حالت نمایش با هربار انتخاب و تغییر وضعیت صفحه

نمایش، یکی یکی ورودی ها خوانده و محاسبه شده و بلااستفاده رها می گردد صرفاً برای نمایش و رؤیت کاربر محاسبات انجام می گردد. با انتخاب تعداد خروجی پست در حالت تنظیمات کاربر فقط همان تعداد خروجی نمایش داده می شود. شماره کانال (ch-num) خروجی ها از 5 به بالا می باشد(چهار شماره اول مربوط به جریان های ورودی است).

از کانال 4 به بالا ابتدا شماره کانالها مشخص شده سپس تابع ( )I_{rms} فراخوانده می شود که مطابق شکل (4-5) ابتدا کانال ورودی تنظیم سپس نمونه ها گرفته شده و مقدار مؤثر با توجه به گین و مدار معادل مسیر سیگنال محاسبه خواهد شد.

در رابطه با جریان های ورودی و دریافت ولتاژ و فاز از بورد ولتاژ قبلاً صحبت شد. در ادامه به بحث محاسبات هارمونیک خواهیم پرداخت.



شکل (4-5) الگوریتم محاسبه جریان مؤثر خروجی پست ( )I_{rms}

4-6-4- محاسبه هارمونیک:

در فصل دوم فرمول محاسبه هارمونیکهای شکل موج متناوب سینوسی ارائه گردید. در شکل (4-5) فلوچارت محاسبه تبدیل فوریه گسسته نشان داده شده است. مقیاس نمونه برداری و تعداد نمونه ها مشابه حالت محاسبه جریان می باشد با توجه به روابط (2-13) و (2-14) و شکل (4-6) محاسبات هارمونیک های فرد اول تا پانزدهم شکل موج جریانهای ورودی مطابق تابع

Harmonic( ) قابل محاسبه می باشد.

الگوریتم محاسبه هارمونیک در شکل (4-6) نشان داده شده است مراحل (1) تا (3) مشابه حالتهای قبلی محاسبات می باشد مرحله (4) در واقع مرحله پردازش روی نمونه های دریافتی از ADC برای محاسبات هارمونیک می باشد. با توجه به اینکه تعداد 125 نمونه در هر سیکل داریم نیاز به 125 نمونه وزنهای سینوسی و کسینوسی می باشد.

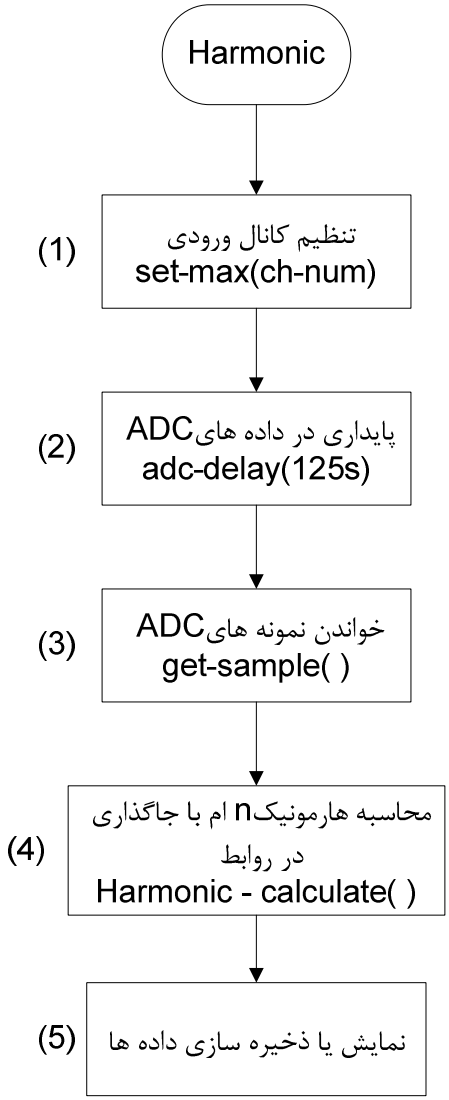
وزنها از رابطه زیر بدست می آیند:

K = شماره نمونه (1 تا 125) وزنهای کسینوسی = $\cos\left(\frac{۲\pi kh}{N}\right)$

h: مرتبه هارمونیک (1، 3، ...، 15)

N: تعداد نمونه ها در هر سیکل(125) وزنهای سینوسی = $\sin\left(\frac{۲\pi kh}{N}\right)$

اگر بخواهیم وزنهای سینوس و کسینوسی را با میکروکنترلر محاسبه کنیم زمانی حدود 52 میلی ثانیه و اگر از جداول ثابت ذخیره شده استفاده شود حدود 13 میلی ثانیه زمان صرف می شود از اینرو قبلاً وزنها را محاسبه و در حافظه flash ذخیره کرده ایم.



شکل (4-7) الگوریتم روند محاسبه هارمونیک جریانهای ورودی در سیستم

پس از جاگذاری مجموع حاصلضرب نمونه ها در وزنهای متناظرشان حاصل را در $\frac{۲}{۱۲۵}$ ضرب می کنیم. سپس حاصل را در $LSB\left(\frac{۲/۵}{۲^{۱۵}}\right)$ و G=2(گین مدار) و K=600 (نسبت تبدیل CT) ضرب کرده و حاصل را بر 0/22 تقسیم می کنیم(اندازه مقاومت مبدل جریان به ولتاژ) تا اندازه هارمونیک بدست آید. البته در متن برنامه توضیحات بطور کامل ارائه شده است. در نرم افزار کلیه ضرایب ذکر شده بطور یکجا محاسبه شده و حاصل که مقدار ماکزیمم(پیک) می باشد بصورت یک عدد اعشاری بدست آمده است که در انتها بر $\sqrt{۲}$ جهت بدست آوردن مقدار مؤثر تقسیم می شود.

عدد بدست آمده اندازه هارمونیک مورد نظر است و شاید فهم زیاد خوبی از آن حاصل نگردد. از اینرو اندازه هارمونیک بدست آمده به اندازه شکل موج جریان تقسیم شده است که حاصل بصورت درصدی از اندازه شکل موج اصلی را نشان می دهد. بعنوان مثال هارمونیک اول اندازه ای تقریباً برابر اندازه جریان مؤثر محاسبه شده دارد و عدد خروجی محاسبه شده 97٪ را نشان می دهد(اختلاف حدود 3 الی 4 درصد) زیرا هارمونیک اول همان فرکانس 50 هرتز می باشد و ما تفاوت اندازه روی هارمونیکهای سوم، پنجم و ... تا پانزدهم تقسیم می شود هر چه مرتبه هارمونیکهای فرد بزرگتر می شود(فرکانس بیشتر می شود) اندازه دامنه آن کوچکتر می گردد البته بسادگی می توان مقادیر THD و خود اندازه مقادیر هارمونیک و حتی زوایای آنها را محاسبه و نمایش داد، ولی در LCD فقط درصد اندازه هارمونیک n ام(n فرد) به اندازه کل نمایش داده می شود. و در نرم افزار ارائه شده این مقادیر در بازه زمان نسبت به هم نمایش داده می شوند. و با یک نظر می توان از مقدار هارمونیکهای فرد در شکل موج جریان کل پست تخمین خوبی زد.

4-7- بررسی حالت نمایش اطلاعات[18]:

حالت نمایش حالتی است که اطلاعات خوانده شده، فقط برای کاربر نمایش داده می شود و ذخیره نمی گردد. در این حالت تایمر 3 کلید ok را چک می کند(20 بار در ثانیه) و اگر سیستم در حالت acquisition نباشد(در این حالت معمولاً LCD خاموش می باشد) سیستم به حالت نمایش وارد می شود. سپس کلید راست یا چپ را چک می کند.

با زدن کلید راست تابع next-display-setting( ) و کلید چپ تابع previous-display-setting( ) اجرا می شود. این دو تابع با توجه به حالتی که در آن وجود داریم به حالتهای بعد یا قبل

[18]User – display - mode

برای محاسبه و نمایش پارامترها وارد می شود user-display-mode خود به زیرمدهای دیگر تقسیم می گردد که در definition.C تعریف شده اند.

I_{rms12}-display-state	0x41	با رفتن به این زیر مد جریان مؤثر خروجی اول و دوم نمایش داده می شود.
I_{rms34}-display-state	0x42	⋮ ⋮
⋮	⋮	
$I_{rms1314}$-display-state	0x47	در این زیر مد ولتاژ و جریانهای ورودی پست نمایش داده می شود.
IV_{rms}-display-state	0x48	در این زیر مد توانهای اکتیو و راکتیو ورودی پست نمایش داده می شود.
Power-display-state	0x49	
$Harmonic_{135}$-display-state	0x4A	در زیر مدهای هارمونیک با انتخاب هر زیر مد هارمونیکهای مربوط به آن زیر مد محاسبه و نمایش داده می شود.
⋮	⋮	
$Harmonic_{1315}$-display-state	0x4c	

با زدن کلید راست از زیر مد بالایی به زیر مد پایینی آمده و بر عکس با زدن کلید چپ به زیر مد بالایی خود می رود. البته در این حالت تعداد خروجی ها هم که در ابتدای تنظیمات وارد کردیم چک می شود بعنوان مثال اگر تعداد خروجی پست را 3 انتخاب کرده باشیم و در زیر مد (0x42) باشیم با زدن کلید راست به مد(0x43) نمی رود بلکه به مد (0x48) می رود زیرا برنامه چک می کند اگر تعداد ورودی بیشتر از 4 بود به زیر مد بعد می رود در غیر اینصورت به حالت زیر مد نمایش بعدی خواهد رفت.

پس در هر بار زدن کلید راست یا چپ سیستم در همان لحظه ورودی ها را خوانده و نمایش می دهد بدون اینکه ذخیره نماید این مد فقط برای رویت کاربر می باشد.

4-8- ذخیره داده ها در SD کارت:

عمل ذخیره سازی اطلاعات در مد acquisition در بازه زمانی یکساعت که معادل 6 بار برداشت اطلاعات است انجام می گردد. البته ابتدا هر 10 دقیقه داده های ما در سه جدول مجزا در RAM میکرو ذخیره می گردد که به ازای هر 6 بار ذخیره کل داده ها در سه فایل مجزا(داده های ورودی پست که شامل ولتاژ، جریان و فاز می باشد – داده های خطوط خروجی شامل جریانهای N , T , S , R فیدرها یا خطوط خروجی پست، است و فایل سوم شامل داده های هارمونیکهای فرد اول تا پانزدهم سه فاز جریان کل پست می باشد) تحت فرمت خاصی که توضیح داده خواهد شد ذخیره می گردد.

در بازه های 10 دقیقه سیستم پارامترهای محاسبه شده را در سه جدول (فایل) ذخیره می نماید.

تابع Vphi-store-ram( ) مقادیر ولتاژ (V) و فاز (ϕ) ورودی پست را در متغیرهای دو بعدی و جریان ورودی پست(I) توسط تابع I_{rms}-store-ram( ) در متغیرهای فوق ریخته می شود. بعد اول که [6] می باشد در بر گیرنده 6 بازه زمانی و بعد دوم [3] مشخص کننده 3 عنوان V(0)، I(r) و ϕ(2) می باشد.

$$\begin{cases} S-r-in[۶][۳] \\ S-S-in[۶][۳] \\ S-T-in[۶][۳] \\ S-N-in[۶][۳] \end{cases}$$

بنابراین برای خط ورودی پست به ازای هر ساعت پارامترهای چیده شده مشابه جدول (4-2) در RAM ذخیره می گردد.

جدول (4-2) نحوه ذخیره سازی متغیرهای خط ورودی در RAM میکروکنترلر

R	0	1	2	S	0	1	2	T	0	1	2	N	0	1	2	
0	V_{R0}	I_{R0}	ϕ_{R0}		V_{S0}	I_{S0}	ϕ_{S0}		V_{T0}	I_{T0}	ϕ_{T0}		-	I_{N0}	-	← 10 دقیقه
1	V_{R1}		ϕ_{R1}		V_{S1}	⋯	⋯		V_{T1}	⋮	ϕ_{T1}		-	I_{N1}	-	← 20 دقیقه
2	⋮				⋮	I_{S2}	⋮		⋮	⋮	ϕ_{T2}		-	⋮	-	← 30 دقیقه
3	⋮				⋮	⋯	ϕ_{S3}		⋮	I_{T3}	⋮		-	⋮	-	← 40 دقیقه
4					⋮	⋯	⋮		⋮	IT4	⋮		-	⋮	-	← 50 دقیقه
5	VR5	⋯	ϕR5		VS5	⋯	ϕS5		VT5	IT5	ϕT5		-	IN5	-	← 1 ساعت

به همین صورت برای هارمونیکهای جریان ورودی پست با کمک تابع Harmonic-store-ram( ) مطابق جدول (4-3) هارمونیکها اول تا پانزدهم سه فاز با مجموع 24 بایت، هر نیم ساعت در Ram و 48 بایت، هر ساعت در SD کارت ذخیره خواهد شد.

جدول (4-3) نحوه ذخیره سازی هارمونیکها در RAM

فاز R(8 بایت)	**H1R**	**H3R**	**H5R**	**H7R**	**H9R**	**H11R**	**H13R**	**H15R**
فاز S(8 بیت)	**H1S**	**H3S**	**H5S**	**H7S**	**H9S**	**H11S**	**H13S**	**H15S**
فاز T(8 بیت)	**H1T**	**H3T**	**H5T**	**H7T**	**H9T**	**H11T**	**H13T**	**H15T**

جریان های خطوط خروجی پست هم با تابع I_{rms}-store-ram( ) در متغیرهای $S-I۲[۶][۴]$ الی $S-I۱۴[۶][۴]$ برای خطوط شماره 2 تا 14 در حافظه Ram ذخیره می گردند بطوریکه بعد اول [6] در بر گیرنده 6 بازه 10 دقیقه ای و بعد دوم [4] بیانگر فاز N , T , S , R می باشد. هر متغیر مشابه جدول (4-4) متغیر خواهد شد.

جدول (4-4) نحوه ذخیره سازی داده های خروجی nام در RAM

	0(R)	1(S)	2(T)	3(N)	
0	$S\text{-}I_n[0][0]$	$S\text{-}I_n[0][1]$	$S\text{-}I_n[0][2]$	$S\text{-}I_n[0][3]$	10 دقیقه ←
1	$S\text{-}I_n[1][0]$	$S\text{-}I_n[1][1]$	...	$S\text{-}I_n[1][3]$	20 دقیقه ←
2	$S\text{-}I_1[2][0]$	⋮		⋮	30 دقیقه ←
3	⋮	⋮	$S\text{-}I_n[3][2]$	⋮	40 دقیقه ←
4	⋮	⋮		⋮	50 دقیقه ←
5	$S\text{-}I_n[5][0]$			$S\text{-}I_n[5][3]$	1 ساعت ←

حجم فایل یک خط خروجی در یک ساعت = هر 10 دقیقه(بایت 8=2×4)×6=48 بایت

تا اینجا دیدیم که سیستم در پایان هر 10 دقیقه وارد مد acquisition شده و پس از محاسبات پارامترهای مورد نیاز آنها را در داخل Ram میکرو ذخیره می نماید و در انتهای هر ساعت با فراخوانی تابع ( )SD-card-store مقادیر ذخیره شده را در SD کارت می ریزد.

با فراخوانی تابع ذخیره سازی در SD کارت ابتدا تایمرهای 1 و3 را غیر فعال می کنیم تا هیچگونه وقفه ای در حین ذخیره سازی رخ ندهد. البته تایمر 2 که زمان وجود یا عدم وجود SD کارت را در بر دارد را نیاز داریم. اولین قدم صدا زدن تابع ( )SD-init می باشد. در این تابع به کمک تایمر 2 چک می شود که مشکلی هست یا خیر، آیا کارت در سیستم وجود دارد یا خیر. اگر مشکلی

مشاهده شد با پیغام error پس از گذشت زمان مشخص در تایمر 2 با فعال کردن دو تایمر 1 و 3 خارج می شود و یک LED را روشن نگاه می دارد در غیر اینصورت با روشن شدن LED فوق عمل ذخیره سازی انجام و پس از به اتمام رسیدن عمل ذخیره سازی LED خاموش و ادامه برنامه دنبال می گردد.

در صورت موفق بودن عمل ذخیره سازی در SD کارت عمل ذخیره سازی با حجم 48 بایت برای هر خط خروجی و 144 بایت برای خط ورودی همچنین 48 بایت برای هارمونیکها انجام خواهد گردید.

لذا برنامه طوری طراحی شده که بافری با حجم 150 بایت جهت انتقال داده ها از RAM به SD کارت توسط آن بافر انجام گردد. برای این منظور ابتدا باید نام فایل بسازیم.

فایل های خروجی: شماره خط خروجی b. ماه سال شماره پست

مثال: b 04 (دو رقم عدد) .05 89 1232 (چهار رقم عدد)

فایل ورودی پست: .bmm ماه سال شماره پست

مثال: .bmm 05 89 1232

فایل هارمونیک: .bhh ماه سال شماره پست

مثال: .bhh 05 89 1232

برای ذخیره سازی داده ها در SD کارت سه مرحله انجام می گردد.

1-اسم فایل را درست کن

2-بافر را پر کن

3-در صورت وجود فایل به انتهای آن اضافه و در صورت عدم وجود، آن را بساز و داده را به آن اضافه کن.

در نرم افزار ابتدا سه تابع:

```
In-feed-file-name-set-buff-set( );

output-feed-file-name-set-buff-set( );

Harmonic-file-name-set-buff-set( );
```

فراخوان می شود که در این تابعها اول نام فایل ساخته می شود. سپس تحت فرمت خاصی داده ها در بافرF Buffer[150] ریخته می شود. در ادامه تابع Continue-file-write(write-length) جهت اضافه کردن داده ها به فایل SD کارت و یا ایجاد فایل جدید سپس اضافه کردن داده ها مطابق توضیحات زیر اجرا می گردد.

در این تابع مراحل زیر بترتیب اجرا می گردد.(برای هر سه فایل ساخته شده)

```
f-open(&ftest,,filename,FA-OPEN-ALWAYS|FA-WRITE);
```

فایل با اسم filename که درست کردیم را باز کن اگر وجود ندارد آن را بساز یا ایجاد کن

```
f-Lseek(&ftest,0);
```

بعد از باز کردن فایل به انتهای فایل برو

```
f-write(&ftest,fBuffer,write-length,&bw);
```

Fbuffer را به مقدار write-length به انتهای فایل اضافه کن

f-close(&ftest);

فایل را ببند.

این مراحل برای تک تک فایلها(فایل ورودی – فایل خروجی – فایل هارمونیک) اجرا می گردد.

بعنوان مثال مطابق جدول زیر متغیر FBuffer[150] برای خط ورودی جهت ذخیره در SD کارت پر می گردد.

FBuffer از نوع کاراکتر (8 بیتی) می باشد و چون مقادیر V، 16 بیت می باشد شامل دو کاراکتر 8 بیتی است.

tw رجیستر 16 بیتی است که شامل دو رجیستر 8 بیتی t_1(low) و t_2(high) می باشد.

با توجه به شکل (4-5) در واقع هر کدام از جداول مربوط به R یا S تا N در یک ستون از جدول (4-5) قرار خواهد گرفت با رجوع به برنامه نرم افزار بسادگی می توان به روابط و تناسب آنها پی برد.

جدول (4-5) نحوه ذخیره سازی داده های خط ورودی در SD کارت توسط بافر تعریف شده

	R			S			T			N		
0	V 0 1	I 2 3	ϕ 4 5	V 6 7	I 8 9	ϕ 10 11	V 12 13	I 14 15	ϕ 16 17	V 18 19	I 20 21	ϕ 22 23
1	24 25	...	28 29	20 31			36	...	41	42	...	47
3												
4												
5												

فصل پنجم :

نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1- مقدمه :

سیستم طراحی و ساخته شده قادر است کلیه پارامترهای پست را جمع آوری و در sdکارت ذخیره نماید.

برای حصول نتیجه، نرم افزاری تهیه گردیده که قادر است پارامترهای ذخیره شده پست را در بازه زمان رسم نماید. برای این منظور سیستم بطور آزمایشی راه اندازی گردید و ورودیهای جریان و ولتاژ به آن اعمال گردید. پس از گذشت زمان مشخصی داده های sdکارت در فایل تعریف شده ای تخلیه گردید و با اجرا نمودن نرم افزار مانیتورینگ پستهای توزیع برق که به همین منظور طراحی گردیده، گرافهای اطلاعات پست، بر حسب خواسته به نمایش در آمد.

در ادمه این فصل، پس از معرفی نرم افزار تهیه شده که جهت ترسیم منحنی دادهای پست طراحی گردیده است. به تعدادی از خصوصیات سیستم ساخته شده خواهیم پرداخت.همچنین پیشنهادات وایده هایی که میتواند در راستای ادامه و تکمیل تحقیق فوق مفید باشد ارائه خواهد شد.

لازم به ذکر است که در صورت تکمیل طرح و سیستم فوق بصورت کاربردی و صنعتی میتوان ادعا کرد که سیستم مانیتورینگ پستهای فشار ضعیف برای اولین بار در داخل، تولید و راه اندازی گردیده است.سیستمی که کلیه اطلاعات پستها را در هر لحظه و در هر نقطه می تواند در اختیار کاربران خود قرار دهد. این سیستم با توجه به بانک اطلاعاتی خود که در طول زمان ذخیره نموده است قادر خواهد بود، کلیه گزارشات کاربردی و راهگشا را در اختیار کارشناسان توزیع برق قرار دهد.

5-2- معرفی نرم افزار نمایش پارامترهای پست:

تا اینجا موفق شدیم سیستمی را از نظر سخت افزاری و نرم افزاری طوری طراحی کنیم که با اتصال به ورودی و خروجی های پست پارامترهایی همچون جریان – ولتاژ – زاویه فاز، توانهای اکتیو و راکتیو و هارمونیک را محاسبه و علاوه بر نمایش بر روی LCD سیستم بر روی SD کارت با فرمت fat ذخیره نماید.

با انتقال داده ها از SD کارت به کامپیوتر و ایجاد بانکی از فایلهای مربوطه باید بتوان از داده های خام استفاده بهینه نمود و این میسر نمی باشد مگر با ارائه نرم افزاری که عمل پردازش و دسته بندی و مقایسه را بین داده ها انجام دهد. معمولاً کاربران و کارشناسان علاوه بر پردازش و دسته بندی و گزارش گیری روی داده ها ترجیح می دهند داده ها را بصورت منحنی در بازه زمان و در مقایسه با هم و یا مقیاسی استاندارد مشاهده نمایند چرا که در این حالت بسادگی و با یک نظر می توان به نتایج مهمی دست یافت. و نقاط ضعف و قوت شبکه و پستهای توزیع برق را در کوتاهترین زمان و در یک نگاه پیدا کرد.

بعنوان مثال اگر منحنی جریان های ورود و خروجی های یک پست را مشاهده نمود بسادگی می توان فهمید که کدام خط و در چه ساعت و چه تاریخهایی اضافه بار دارند و به چه مقدار. موارد دیگر شامل پرباری پست(افزایش احتمال آسیب به ترانس و تجهیزات) ضعف ولتاژ، وجود هارمونیکهای فرد و عدم تعادل بار(که باعث افزایش تلفات شبکه می گردد)، کم باری خطوط یا کل پست و... تمامی موارد جزء فاکتورهای بسیار مهمی می باشند که یک بهره بردار یا طراح شبکه توزیع برق بدون دستیابی به آن نمی تواند در راستای بهبود و نگهداری و توسعه شبکه موفق باشد.از اینرو نرم افزاری تحت عنوان مانیتورینگ جامع پستهای برق برای پردازش روی داده های ذخیره شده در SD کارت و ارائه داده ها بصورت منحنی برای کاربر تهیه گردیده است. که به طور مختصر در مورد آن توضیح داده خواهد شد.

با اجرای نرم افزار ابتدا پنجره ای مطابق شکل(5-1) ظاهر می گردد.

شکل(5-1) پنجره انتخاب مناطق مختلف در نرم افزار مانیتورینگ پستهای توزیع برق

در این پنجره مناطق بصورت کلی ظاهر شده است این مناطق می توانند خطوط 20 کیلوولت تغذیه کننده پستها باشند با انتخاب یک منطقه وارد پنجره دوم می شویم.

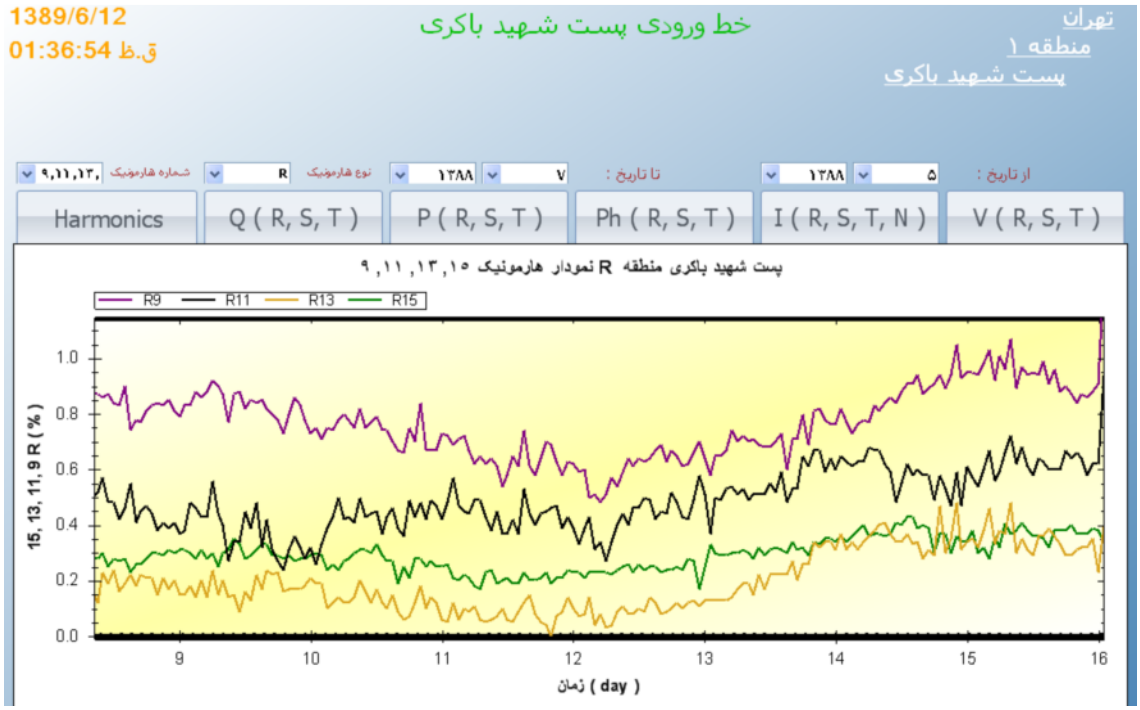
شکل(5-2)پنجره انتخاب پست در یکی از مناطق تعریف شده در نرم افزار مانیتورینگ پست

در پنجره شکل(5-2) کلیه پستهای برق منشعب روی خط 20 کیلوولت یا کلیه پستهای برق توزیع موجود در آن منطقه مورد نظر، لیست می شوند. برای مشاهده پارامترهای پست مورد نظر کافی است روی آن پست کلیک کنید.

شکل(5-3)پنجره مربوط به مشخصات پست انتخاب شده در نرم افزار مانیتورینگ پست

مطابق شکل (5-3)در پنجره ظاهر شده نام پست و مشخصات جغرافیایی و الکتریکی آن مشخص شده و قابل ویرایش هم می باشد خطوط شامل یک خط ورودی و 11 خط خروجی می باشد که با انتخاب هر کدام می توان پارامترهای مورد نیاز مربوط به آن خط را مشاهده کرد.

بعنوان مثال اگر خط ورودی را انتخاب کنیم پنجره ای مانند پنجره شکل (5-4) ظاهر می گردد. که در آن مشخصات مکانی پست درج شده است. با انتخاب پوشه فایلهای موجود که از SD کارت مربوط به آن پست کپی شده می توان منحنی های پارامترهای مشخص مثل ولتاژ – جریان – فاز – توان اکتیو و راکتیو و هارمونیکها را در بازه زمانی انتخاب شده مشاهده کرد.در شکل(5-4) منحنی هارمونیکهای نهم تا پانزدهم فاز R جریان پست باکری در بازه زمانی 8 روز نشان داده شده است.



شکل(5-4) منحنی هارمونیکهای 15،13،11،9 ام فاز Rجریان کل پست برق انتخاب شده

5-3- نتیجه :

بنظر می رسد سیستم کلیه عملیات نمونه گیری،خواندن، محاسبات و پردازش و ذخیره سازی داده ها را بخوبی انجام میدهد. در تمامی مراحل طراحی سخت افزار و نرم افزار تا حد امکان سعی شده تمامی مشکلات احتمالی مانند تداخل امواج، پایداری تغذیه ها و کاهش نویز پذیری سیستم در بخش سخت افزار، همچنین پیشبینی موارد خلاصی از هنگ کردن برنامه نرم افزاری، با تدابیر وزمانسنجیهای لازم و استفاده از تابعهای خروج از هنگ کردن برنامه توسط ریست کردن سیستم و...در نظر گرفته شده است. جوابهای بدست آمده در مرحله آزمایش خود گواه این مدعا می باشد. البته لازم به ذکر است که سیستم هنوز کمبودها و مشکلات فراوانی جهت صنعتی شدن دارد.امید است دانش پژوهان دیگر در ادامه این راه کاربردی قدمهای موثری بردارند.

یکی از مزایای سیستم استفاده از ADC 24 بیتی حرفهای می باشد. که محاسبات جریان و ولتاژ الکتریکی توسط آن انجام می گردد. این در حالیست که در رله های جریان زیاد،دیفرانسیل و حفاظت ترانس برای محاسبه و ردیابی خطا از روش مشابه برای محاسباتی که در این سیستم صورت گرفته، استفاده می گردد. چرا که براحتی می تواند مقادیر جریان را با نرخ نمونه برداری بالا حساب کرده و برای جلوگیری از فرمان اشتباه،مانند جریان هجومی در حفاظت ترانس، قادر است با سرعت

هارمونیکهای جریان را (هارمونیک دوم در جریان راه اندازی ترانس حدود 40٪ میباشد)حساب واز تریپهای خطا جلوگیری بعمل آورد. زیرا امکان دارد رله جریان راه اندازی را با جریان خطا که چندین برابر جریان نامی است اشتباه بگیرد.بنابر این می توان از سیستم فوق برای قسمتی از رله های دیجیتالی که در بالا ذکر گردید استفاده کرد.

5-4- پیشنهادات :

مهمترین کاستی سیستم مانیتورینگ معرفی شده عدم ارسال داده های پست از طریق سیستمهای مخابراتی و اینترنتی می باشد. لذا جهت ادامه مناسب این پروژه و تکمیل کیفی آن پیشنهاد می گردد در زمینه انتقال اطلاعات به روشهای ارائه شده زیر بررسی گردد.

- انتقال از طریق مودم و خط تلفن ثابت
- انتقال از طریق GPRS
- انتقال از طریق GSM Modem
- انتقال از طریق مودم رادیوئی (RF)

در وحله دوم پیشنهاد می گردد که در زمینه تکمیل نرم افزار سیستم مانیتورینگ پستهای توزیع برق، جای کار، فعالیت و تحقیق بسیار وجود دارد. البته کلیه موارد می بایست با نظر بهره برداران و طراحان شبکه توزیع برق انجام و طراحی گردد. نرم افزاری که بتواند تمامی تجهیزات فیزیکی موجود را در بر بگیرد. از طرفی کلیه پارامترهای الکتریکی مربوط به تجهیزات که در طول زمان اتفاق خواهد افتاد یا حادث خواهد شد، در دل نرم افزار، مرتبط با تجهیزات فیزیکی، پردازش و ذخیره گردد. در نهایت امکان گزارش گیریهای تخصصی و کاربردی توسط نرم افزار وجود داشته باشد.

منابع

[1]آلن وی. اپنهایم – آلن اس. ویلسکی و حمید نواب،1385،**سیگنالها و سیستمها،جلد اول چاپ چهارم**،انتشار دانشگاه تهران،فصل اول و پنجم

[2]آلن وی. اپنهایم – آلن اس. ویلسکی و حمید نواب،1385،**سیگنالها و سیستمها**جلد دوم **چاپ چهارم**،انتشار دانشگاه تهران،فصل هفتم

[3]دکتر مجتبی خدر زاده،علی صفر نور ا...،محمد اسماعیل همدانی،محمد مرتجی،1383،**مبانی حفاظتسیستمهای قدرت**چاپ اول، نشر دانشگاه صنعت آب و برق

[4]اپنهایم،شیفر،بوک،1386،**پردازش زمان گسسته سیگنالها**،چاپ اول، مجتبی لطفی زاده،نشر نورپردازان، فصول 2،4و8

[5].http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/ads1271.pdf

[6].http://www.analog.com/static/importedles/data_sheets/ADG508A_509A.pdf

[7].http://www.ic36.com/search/search_sell.asp?keyword=TL74ACN

[8].http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2549.PDF

[9].http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf

[10]http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/ADE7756.pdf

[11]-گروه نفت و انرژی، اول 1385،**مرجع کاربردی مدیریت انرژی**،نشردانشگاه صنعتی شریف

[12].http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/ADR425AR.pdf

[13] دکتر محمد پویان،امیر حسین سالمی،نوشین مهدوی،2دی 1385،**پیاده سازی محاسبه گر هارمونیک بر روی تراشه FPGA مجله نما شماره سوم دوره ششم**

Abstract

Power distribution posts are responsible for has a task of distribution consuming electrical energy to subscribers' domestic, commercial, industrial and etc. Considering the number and the power of subscribers which fed by the power station, power and number of output lines can be specified posts. Eachpower distribution postcouldhave one input line and minimum 1 to 14 low pressure output. Each line consists of three phases and a null. The most important parameters (data) per line are, including: voltage (V), electric current (A), power factor (cosφ) and the harmonic voltage and current waveforms.

Engineers design and operation of electricity distribution networks, to design and optimize utilization of the network, always require that all parameters of the power distribution posts have provided. By using two methods manually and automatically can be gathered the necessary information. Manually method is time-consuming and has error with the high executive cost. In the second approach with systems installed in all existing posts, information collected and will be sent to the central station. In addition to seeing the center and store data for other purposes, they can be process and the necessary information to be extracted.

In line with this objective, a system has been designed and installed in which is able to read all the information after every post and to collect and maintain them. Stored information can be, under software which is provided for data processing, such as a curve in the timeframe show. System built is include 15 input current line and input voltage line. Implementing this system in the industry as one of the country's electricity distribution companies, can be claimed that the automation system and monitoring low pressure power distribution posts with specific profile we have implemented and executed.

Keywords: Power distribution post,data collection, hardware design