

فصل دوم

سنسور PIR

۲-۱- معرفی

یک سنسور PIR (Pyroelectric Infrared) ، یک قطعه با خاصیت پایروالکتریک است که نسبت به تغییرات تشعشعات مادون قرمز که در محدوده دید سنسور قرار دارد حساسیت نشان می دهد و یک سیگنال الکتریکی مشخص در خروجی خود ایجاد می کند. دامنه این سیگنال به قدری کوچک است که عملاً کاربردی ندارد و باید تقویت شود. به همین دلیل این سنسور باید همراه مدارات دیگری به کار برده شود. این مدارها که ماژول PID (passive infrared device) نامیده می شوند شامل قسمت های اصلی زیر هستند :

یک لنز فرسnel (Fresnel)، یک سنسور PIR ، یک مدار تقویت کننده و مدار مقایسه کننده به همراه تأخیرساز.

لنز فرسnel امواج مادون قرمز را متمرکز می کند. این کار باعث افزایش محدوده دید و همچنین دقت ماژول می شود. سپس سنسور PIR تغییرات این امواج را به ولتاژ الکتریکی با دامنه کم تبدیل می کند. چنین سیگنالی بسیار نویزپذیر است. بنابراین سیگنال به دو طبقه تقویت کننده آپ امپی همراه فیلترهای میان گذر مقاومتی-خازنی فرستاده می شود. پس از آن سیگنال آنالوگ حاصل با دو مقدار آستانه (خیلی نزدیک به صفر و V_{cc}) مقایسه و پالس مناسبی تولید می شود. این پالس به گونه ای است که هنگام تشخیص حرکت مقدار یک منطقی و در موقعی که حرکت وجود ندارد، مقدار صفر منطقی دارد.

با اینکه ماژول های PID برای تشخیص حرکت انسان بهینه شده اند، در بهیضی مواقع آلارم اشتباه تولید می کنند. مثلاً عبور حیواناتی مانند گربه توسط ماژول تشخیص داده می شود. تغییرات شدید آب و هوایی، رطوبت، وزش باد شدید، آتش سوزی در محدوده دید ماژول و تکان های شدید از جمله عوامل مختل کننده عملکرد صحیح ماژول هستند. برای مثال رطوبت علاوه بر جذب امواج مادون قرمز، از طریق تشکیل لایه ای روی لنز سنسور باعث بروز خطا در تشخیص حرکت توسط این ادوات می شود. علاوه بر آن با مقادیر صفر و یک خروجی فقط می توان وجود حرکت را تشخیص داد و عواملی مانند سرعت و جهت حرکت که در بسیاری از مسائل علمی، آزمایشگاهی، رباتیک و سایر موارد از این قبیل کاربرد دارند را نمی توان از پالس خروجی تولید شده این ماژول ها فهمید. مدارهای این ماژول ها به مرور زمان بهبود یافته اند و بهینه تر شده اند. استفاده از این ماژول ها در کاربردهای داخل ساختمان به دلیل ارزان بودن و دقت مناسب توصیه می شود. از دیگر کاربردهای آن می توان به : کاربرد به صورت آرایه ای برای تشخیص جهت حرکت، سیستم های نظارتی کمکی و سایر کاربردهای بیرون محیط که به تشخیص حرکت و برد کم نیاز دارد، اشاره کرد.

لازم به ذکر است که در کاربردهای حساس و دقیق از روش های دیگری استفاده می شود. در این روش ها، از خروجی آنالوگ، پس از تقویت، به جای این که به مقایسه کننده ها فرستاده شود با نرخ مشخص نایکوئیست نمونه برداری می شود. سپس این سیگنال نمونه برداری شده به مقادیر باینری کد شده و داده های حاصل به یک سیستم دیجیتال مانند کامپیوتر وارد می شود. کامپیوتر روی این داده ها عملیات پیچیده ای شامل تحلیل هارمونیک و عملیات پردازش سیگنال دیجیتال را انجام می دهد. سپس هر دو داده ی حوزه زمانی و حوزه فرکانسی جمع آوری شده و با انجام یک سری عملیات آماری در مورد این که حرکت از انسان است، یا حیوان و یا از عامل دیگری مثل آتش، تصمیم گیری می شود. حتی به این روش می توان جهت حرکت را هم تشخیص داد. همان گونه که در بخش های بعدی توضیح داده می شود هر کدام از موارد فوق دارای مشخصه فرکانسی و زمانی مخصوص خود هستند. هر یک از عملیات و روش های به کار رفته به اسم خاصی (اسم ابداع کننده روش) شناخته می شود.

به دلیل پیچیدگی از بررسی روش های بالا صرف نظر می شود. در ادامه به بررسی سنسور های PIR و مازول های PID پرداخته می شود. علاقه مندان می توانند برای اطلاعات بیشتر به مرجع [۵] از مراجع و منابع مراجعه کنند.

۲-۲- تابش مادون قرمز

تابش مادون قرمز، جزئی از طیف امواج الکترومغناطیسی محسوب می شود. این تابش با طول موجی بیشتر از نور مرئی، غیرقابل رؤیت است و معمولاً به صورت گرما احساس می شود. محدوده طیف امواج مادون قرمز بین طول موج های از ۷۵۰ نانومتر تا ۱۰۰ میکرومتر قرار دارد. خود این بازه به زیر قسمت های زیر تقسیم می شود :

- امواج مادون قرمز نزدیک (NIR) : از ۷۵۰ نانومتر تا ۱.۵ میکرومتر
- امواج مادون قرمز با طول موج کوتاه (SWIR) : از ۱.۵ تا ۳ میکرومتر
- امواج مادون قرمز با طول موج متوسط (MWIR) : از ۳ تا ۸ میکرومتر
- امواج مادون قرمز با طول موج بزرگ (LWIR) : از ۸ تا ۱۵ میکرومتر
- امواج مادون قرمز دور (FIR) : بیشتر از ۱۵ میکرومتر

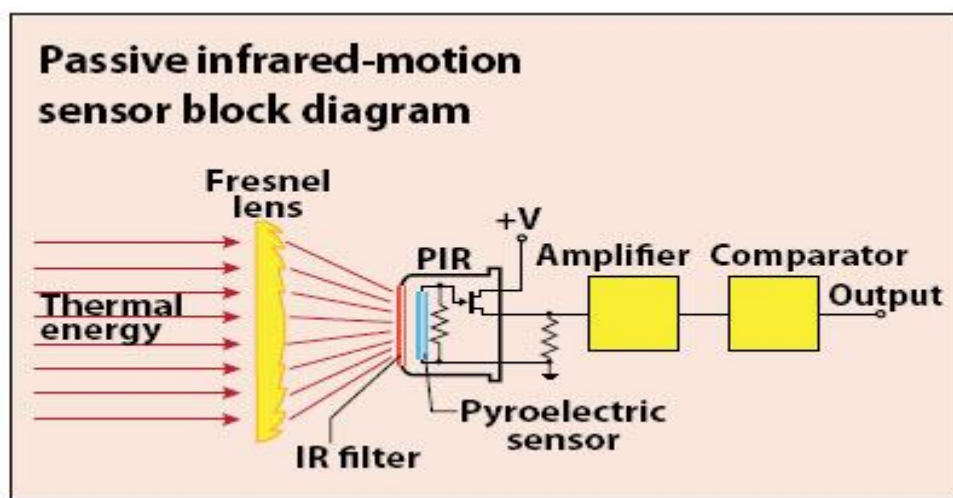
محیط، بدن موجودات زنده، اشیاء گرم مثل آتش و ... از جمله مواردی هستند که امواج مادون قرمز از خود ساطع می کنند.

۲-۳- خاصیت پایروالکتریک

مواد خاصی مانند بعضی کریستال ها در طبیعت وجود دارند که وقتی گرم یا سرد می شوند، اختلاف پتانسیل موقتی بین دو سر آن به وجود می آید. در این مواد، تغییر دما باعث جا به جایی بارهای الکتریکی به سمت سطوح بیرونی آن می شود که این خود یک اختلاف پتانسیل را نتیجه می دهد. این ویژگی را خاصیت پایروالکتریک (Pyroelectricity. pyro از لغت یونانی به معنی آتش) می نامند. بارالکتریکی ایجاد شده پس از تثبیت دما از بین می رود. از این خاصیت برای تولید سنسورهای PIR که برای تشخیص حرکت به کار می روند، استفاده می شود.

۲-۴- مازول PID

یک مازول PID همانطور که در بلوک دیاگرام زیر نشان داده شده است از چهار قسمت اصلی تشکیل می شود :



- یک لنز فرسnel
- یک سنسور PIR

- مدار تقویت کننده
- و مدار مقایسه کننده.

در زیر به بررسی مختصر هر قسمت پرداخته می شود.

۲-۴-۱- لنز فرسnel

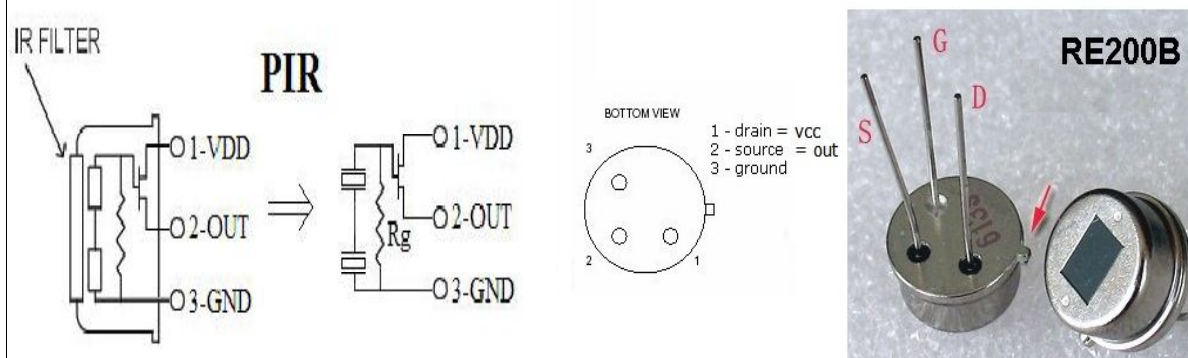
لنزهای فرسnel (Fresnel Lens) از ماده ای نسبتاً کدر و با شکل خاصی ساخته می شوند. این ماده خود به صورت نوعی فیلتر عمل می کند به این صورت که مانع عبور نور مرئی و سایر امواج خارج از محدوده خاصی می شود. این ماده مخصوصاً تابش مادون قرمز ساطع شده از بدن انسان را عبور می دهد. به این صورت دقت تشخیص حرکت انسان توسط ماژول افزایش می یابد.

از طرف دیگر این لنز به شکل خاصی شامل عدسی های داخلی که برای متمرکز کردن امواج مادون قرمز به کار می رود، ساخته شده است. سطح داخلی این لنزها شامل شیارهایی است که به صورت عدسی عمل می کنند. این عمل موجب افزایش شعاع و محدوده دید ماژول می شود. محدوده دید ماژول هایی که از لنز فرسnel استفاده می کنند از یک متر شروع و در بعضی موارد تا ۳۰ متر هم می رسد. شعاع دید آنها حدود ۱۰۰ درجه است.

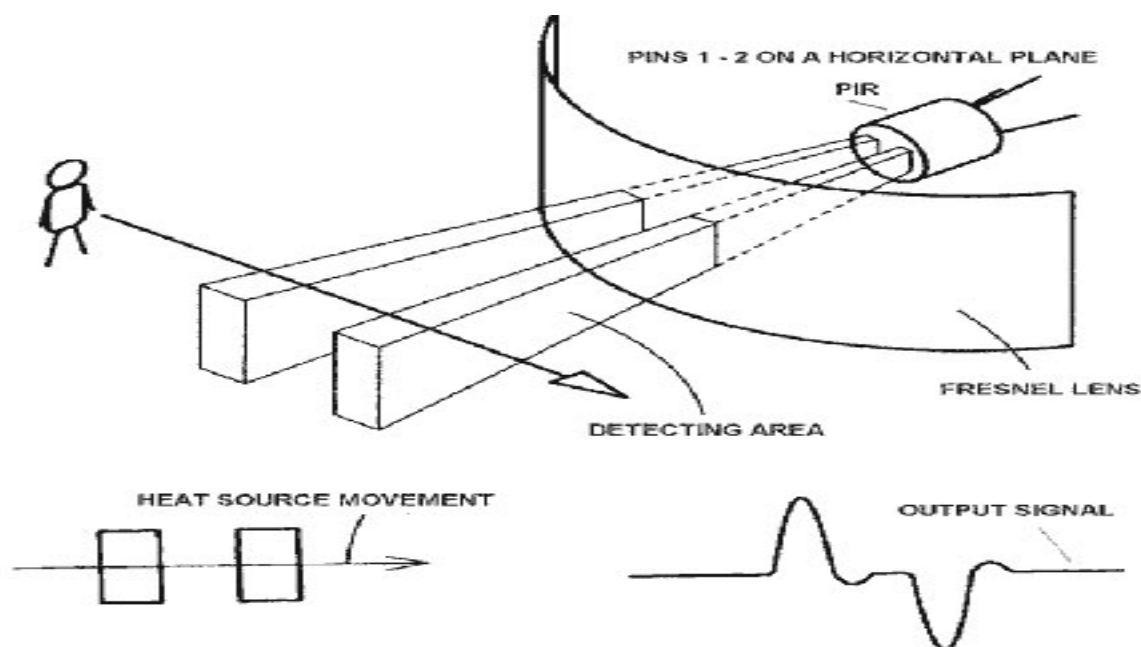
۲-۴-۲- سنسورهای PIR

سنسور PIR یک قطعه ی الکترونیکی شبیه ترانزیستور است که تغییرات تابش مادون قرمز در محدوده دید خود را به ولتاژ الکتریکی تبدیل می کند. در این قطعه از یک ماده با خاصیت پایروالکتریک استفاده می شود. تغییرات تابش در محیط به تغییری در بار الکتریکی در این ماده منجر می شود که این تغییر بار از طریق یک FET تعبیه شده در قطعه، باعث تغییری در ولتاژ پایه های خروجی آن می شود. چون این قطعه یک المان غیر فعال است، به آن PIR (Passive Infrared) هم گفته می شود.

در شکل زیر نمونه ای از این سنسور نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، بر روی پوشش این سنسور یک فیلتر IR قرار دارد. پهنای باند این فیلتر از ۵.۵ تا ۱۵ میکرومتر است به این معنی که تنها تابش های مادون قرمز در این محدوده فرکانسی را از خود عبور می دهد. برای تشخیص حرکت انسان، این محدوده ی نسبتاً وسیعی محسوب می شود. بنابراین به فیلترهای دیگری از جمله لنز بیان شده در قسمت قبل برای تشخیص دقیق احتیاج است.



در این شکل همچنین دو قطعه کریستال که بعد از فیلتر قرار داده شده اند مشاهده می شود. این کریستال ها که به صورت تفاضلی قرار دارند، تأثیر دمای محیط را حذف می کنند؛ تابش مادون قرمز محیط در هر دو قطعه تغییر بار الکتریکی یکسانی را ایجاد می کند و چون به صورت معکوس یکدیگر قرار دارند، این تغییر بار الکتریکی یکسان حذف می شود. این روش همچنین برای حذف نویز بسیار مؤثر است. وقتی شخصی از مقابل سنسور عبور کند، تغییر بار یکسان نبوده و بنابراین حذف نمی شود. تغییرات خروجی سنسور در این حالت در شکل زیر به نمایش درآمده است.



ولتاژ خروجی سنسور به عوامل زیر بستگی دارد :

- فاصله : هر چه فاصله یک فرد مشخص از سنسور بیشتر باشد، دامنه ولتاژ خروجی ایجاد شده کمتر است.
 - سرعت حرکت : روی دو مشخصه سیگنال خروجی اثر دارد. اولاً طول سیگنال، به طوری که حرکت های بسیار آهسته اغلب با محیط اشتباه گرفته می شوند. دیگر آن که سرعت حرکت روی فرکانس سیگنال اثر دارد. سیگنال ناشی از حرکت های سریع مانند حرکت حیواناتی مثل گربه، دارای مؤلفه های هارمونیک بالاتری هستند. از این خاصیت برای تشخیص حرکت حیوانات استفاده می شود.
 - اندازه شیء متحرک : هر چه اندازه شیء متحرک در یک فاصله مشخص بزرگتر باشد، دامنه سیگنال خروجی بزرگتر خواهد بود.
 - نوع حرکت : بسته به این که از مقابل سنسور عبور کنیم یا حرکت به صورت شعاعی به طرف سنسور باشد، خروجی متفاوتی خواهیم داشت.
 - محیط : مشخصه محیط در خروجی سنسور به صورت یک سیگنال پیوسته ی DC ظاهر می شود. هر چه دمای محیط بالاتر باشد، این مقدار DC بزرگتر است. حرکت های بسیار آهسته یا مثلاً ایستادن در جلوی سنسور، مشخصه ای مانند محیط ایجاد می کند.
- در روش های جدید تشخیص حرکت بوسیله سنسور PIR از مشخصه های فوق استفاده زیادی می شود.

۲-۴-۳-مدار تقویت کننده

این مدار از دو طبقه تقویت کننده آپ امپی که گین هر طبقه در حدود ۱۰۰ است و روی هم رفته ۱۰۰۰۰ برابر تقویت داریم، تشکیل شده است. در هر کدام از این طبقه ها همچنین از یک فیلتر RC میانگذر برای حذف نویز فرکانس بالا استفاده می شود. مشخصه فرکانسی فیلتر از فرکانس های حدود صفر شروع و تا حدود ۱۰Hz ادامه دارد.

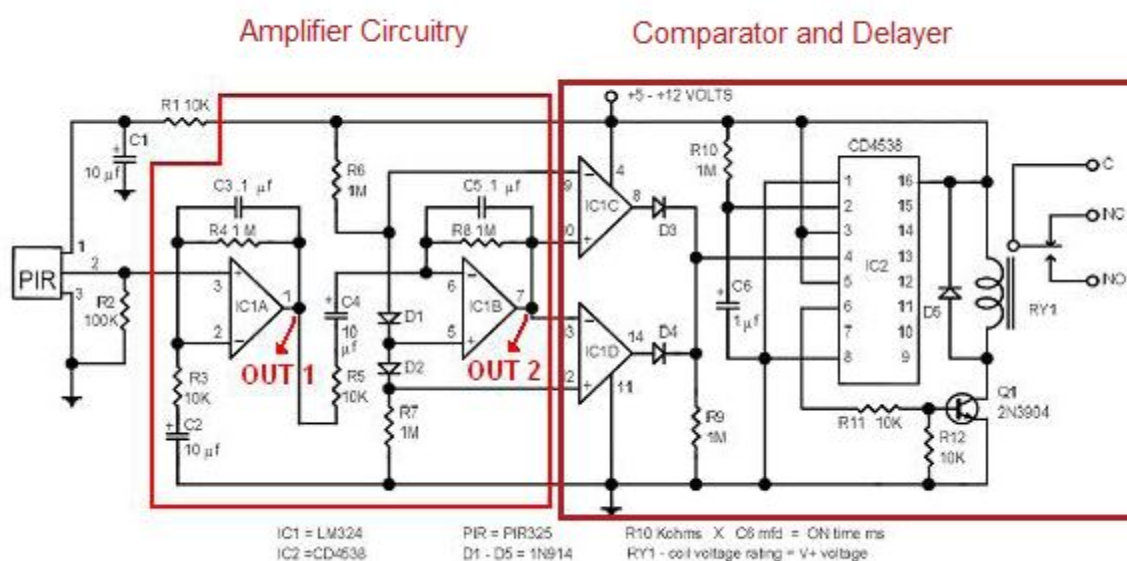
۲-۴-۴-مدار مقایسه کننده

برای تبدیل سیگنال آنالوگ حاصل به یک پالس دیجیتال مناسب، از مقایسه کننده های آپ امپی استفاده می شود. به این صورت که ولتاژ خروجی از طبقه ی تقویت کننده با دو مقدار آستانه مقایسه می شود. اگر مقدار سیگنال بین این دو مقدار بود، ولتاژ صفر به معنی عدم وجود حرکت تولید می شود و اگر دامنه

سیگنال بیشتر از مقدار آستانه شد، ولتاژ ۵V به معنی وجود حرکت تولید می شود. در انتخاب این مقادیر آستانه باید دقت زیادی شود؛ به طوری که هم حرکت های با فاصله از سنسور تشخیص داده شوند و هم تشخیص اشتباه (مثل وزش باد) نداشته باشیم. در این مرحله می توان از یک مدار تأخیرساز برای این که پالس حاصل به سرعت از بین نرود، استفاده کرد. در حقیقت ماژول های تجاری دارای یک جامپر بر روی خود هستند که بوسیله آن می توان معلوم کرد که آیا پالس خروجی تا پایان حرکت مقدار یک منطقی داشته باشد یا به صورت یک تک پالس با عرض یک تا چند ثانیه باشد.

۲-۴-۵- نسل های مختلف ماژول PID

در شکل زیر یک مدار PID نسل اول به همراه قسمت های مختلف آن نشان داده شده است. نسل های اول و دوم ماژول های PID تنها در موارد جزئی (مانند شماره دیودها) با هم تفاوت دارند.



البته مدارهای متنوعی به منظور استفاده از سنسور PIR برای اهداف مختلف و به خصوص برای تشخیص حرکت انسان طراحی و ساخته شده است. تلاش سازندگان بر این بوده است تا دقت تشخیص بالاتر رود و از تولید آلارم اشتباه تا حد ممکن پرهیز شود. این هدف در نسل های مختلف مدار این ماژول اعمال شده است و مدارات بهبود یافته تر و بهینه تری تولید شده است.

البته همان طور که در بخش معرفی هم ذکر شد، امروزه با پیشرفت زمینه ی الکترونیک دیجیتال و ورود میکروکنترلرهای با قابلیت های بالا به بازار، روش های پیشرفته تری که بر پایه ی پردازش سیگنال دیجیتال، تبدیل Z و مباحث آماری استوار هستند، به کار برده می شود.

از آنجایی که استفاده از ماژول های سنسور PIR برای نیل به هدف پروژه مناسب دیده شد، در این پروژه از این ماژول ها استفاده می شود. در شکل زیر یک ماژول نمونه مشاهده می شود. در بخش سخت افزار پروژه در مورد نحوه استفاده و اتصالات ماژول توضیح داده خواهد شد. برگه اطلاعات یک سنسور PIR نمونه به همراه برگه اطلاعات ماژول به کار رفته در ضمیمه آمده است.

