

Melec.ir داندود پروژه های الکترونیک ، پایان نامه پروژه ، فیلم های آموزشی

بنام خدا

## عنوان پروژه

طراحی و ساخت دماسنج مادون قرمز، بدون تماس با جسم

(non contact infrared termometr)

هادی محمدزاده

علیرضا حاجی اسفندیاری

تابستان ۹۱

## فهرست مطالب

صفحه	فهرست
۱	پیشگفتار
۳	فصل اول: عنوان پروژه و تحقیقات مربوطه امواج فرسرخ
۶	مفهوم دما
7	تشعشعات گرمایی
7	تشعشع الکترومغناطیسی
۱۳	اجسام Blackbody
۱۳	Emissivity
16	تشخیص Emissivity
۱۷	اثر Emissivity روی اندازه گیری دما
18	راه های اصلاح Emissivity
21	افزایش دهنده های Emissivity
۲۴	دماسنج تشعشعی
۲۵	آشکارسازها
۲۶	ترموپیل ها
27	سیستم اپتیک دماسنج
۳۰	دماسنج نسبی
35	عبور مادون قرمز از میان جو
38	اندازه گیری دمای پایین
۳۹	پردازش سیگنال

	فصل دوم: معرفی قطعات سخت افزاری و تشریح مدار عملی
40	میکروکنترلر AVR
50	سنسور SMTIR9902
51	ساختمان و مشخصات پایه های SMTIR9902
52	نحوه عملکرد سنسور
56	تشریح مدار عملی
57	آشنایی با تقویت کننده های عملیاتی
59	تقویت ولتاژ وابسته به دما
60	بدست آوردن دمای بدنه سنسور
61	تحقق دمای خالص جسم
62	تغذیه ی مدار
63	صفحه نمایش LCD و روش اتصال آن به میکرو
64	نشانه گر لیزری
	فصل سوم: آشنایی با نرم افزار برنامه نویسی میکرو و برنامه ی مدار
66	آشنایی با محیط Bascom
73	برنامه پیاده شده بر روی میکروکنترلر
79	فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات
80	پیوست ها: راهنمای استفاده از قطعات

فهرست شکل ها

صفحه	فهرست
۲	شکل ۱-۱
۳	شکل ۱-۲
۸	شکل ۱-۳
۹	شکل ۱-۴
۱۲	شکل ۱-۵
۱۴	شکل ۱-۶
۲۱	شکل ۱-۷
۲۵	شکل ۱-۸
۲۷	شکل ۱-۹
۲۸	شکل ۱-۱۰
۳۱	شکل ۱-۱۱
۳۷	شکل ۱-۱۲
۴۴	شکل ۲-۱
۴۷	شکل ۲-۲
۵۰	شکل ۲-۳
۵۱	شکل ۲-۴
۵۲	شکل ۲-۵
۵۲	شکل ۲-۶
۵۳	شکل ۲-۷
۵۳	شکل ۲-۸
۵۴	شکل ۲-۹
۵۴	شکل ۲-۱۰
۵۵	شکل ۲-۱۱
۵۵	شکل ۲-۱۲
۵۶	شکل ۲-۱۳
۵۶	شکل ۲-۱۴
۵۸	شکل ۲-۱۵
۵۹	شکل ۲-۱۶
۵۹	شکل ۲-۱۷
۶۰	شکل ۲-۱۸
۶۰	شکل ۲-۱۹
۶۱	شکل ۲-۲۰
۶۱	شکل ۲-۲۱
۶۲	شکل ۲-۲۲

۶۲	شکل 2-23
۶۴	شکل 2-24
۶۴	شکل 2-25
۶۵	شکل 2-26

#### فهرست نمودارها

صفحه	فهرست
۱۰	نمودار ۱-۱
۱۲	نمودار 1-2
۱۵	نمودار 1-3
۱۷	نمودار 1-4
۱۸	نمودار 1-5
۱۹	نمودار 1-6
۲۴	نمودار 1-7
۲۶	نمودار 1-8
۳۰	نمودار 1-9
۳۲	نمودار 1-10
۳۶	نمودار 1-11
۳۸	نمودار 1-12

#### فهرست جداول

صفحه	فهرست
۱۴	جدول ۱-۱
۴۳	جدول 2-1
۴۵	جدول 2-2
۴۶	جدول 2-3
۴۷	جدول 2-4
۴۸	جدول 2-5
۴۸	جدول 2-6
۴۸	جدول 2-7
۵۱	جدول 2-8

## پیشگفتار:

دماسنج ها یا ترمومتر ها یکی از ابزارهای اندازه گیری بسیار پر کاربرد در صنعت می باشند. به طور کلی کنترل دما و جلوگیری از افزایش دما از حد آستانه یکی از پارامترهای بسیار حساس در صنایع مختلف می باشد. دماسنج ها در دو نوع تماسی و غیر تماسی می باشند.

چرا دما را اندازه گیری می کنیم؟

برای اکثر فرایندهای تولید و ساخت ، دما یک متغیر بسیار مهم برای اندازه گیری، مشاهده و کنترل می باشد. مشاهده دما اطمینان می بخشد که فرایند تولید تحت شرایط مطلوب عمل می کنند. در کنار فواید کیفی و تولیدی که توسط اندازه گیری دما بدست می آید داده ها (data) ممکن است جهت تعبیه ی برنامه های پیشگیرانه ی نگهداری استفاده شود.

موارد کاربرد سیستم در صنایع مختلف چه می تواند باشد؟

در عملیات حرارتی فلزات برای حصول مشخصات فنی بالاتر، کنترل تولید آلیاژهای مختلف مواد، ریخته گری هایی دقیق با روشهایی مخصوص ، صنایع چدن و فولاد، آبرکاری های صنعتی ، کوره های القایی و گرم و پیش گرم القایی ، جوشکاری های دقیق و استاندارد، تولید سیمان و سرامیک ، شیشه و بلورسازی ، تولید محصولات پتروشیمی و تولید محصولات صنایع نظامی ، استفاده از دماسنج غیرتماسی اجتناب ناپذیر است. در صنایع مرتبط با نفت و گاز نیز با توجه به لزوم رعایت استانداردهای ارائه شده از سوی وزارت نفت برای این صنایع و سطح بالای استانداردها، تجهیز لوازم اندازه گیری و کنترلی ، این شرکتها را ملزم به استفاده از این دماسنج غیرتماسی خواهد کرد.

اهمیت اندازه گیری دمای اجسام بدون تماس

از آنجا که دماسنج های مادون قرمز می توانند دمای جسم را بدون اتصال فیزیکی مشخص کنند ، سیستم اندازه گیری موجب آلودگی و آسیب رساندن یا تداخل با فرایند نمایش نمی شود و برتری های بسیاری نسبت به دستگاه های اندازه گیری تماسی دارند. یک دماسنج مادون قرمز می تواند با فاصله از جسم داغ قرار گیرد و در عین حال آن را قادر می سازد تا در بازه های زمانی طولانی با کمترین نگهداری و تعمیر عمل کند.

معرفی تئوری دماسنج مادون قرمز

تمامی اجسامی که دارای دمای بالای صفر مطلق یا همان  $-273$  درجه سانتیگراد باشند، از خود امواج مادون قرمز منتشر می سازند. میزان موج انتشار یافته از سطح یک جسم به دو فاکتور بستگی دارد: دمای جسم و میزان قابلیت انتشارموج از سطح قطعه. موج مادون قرمز در حقیقت یک انرژی نورانی ضعیف است که به صورت موج منتشر می شود و فرکانس آن در محدوده فرکانس قابل رویت برای چشم انسان نمی باشد. هر چه دمای یک جسم بیشتر باشد میزان انرژی مادون قرمز بیشتری منتشر می سازد. اگر دستگاهی بسازیم که بتواند میزان انرژی منتشر شده از یک منبع انتشار ( جسم مورد نظر) را اندازه گیری کند در نتیجه میتوانیم دمای آن جسم را محاسبه نماییم. دستگاهی که امکان را فراهم می آورد **Infrared Thermometer** یا دماسنج غیر تماسی نام دارد. با قرار دادن دستگاه ترمو متر در جلوی جسم مورد نظر آن قسمت از موج مادون قرمز منتشر شده توسط جسم که در محدوده میدان دید لنز دستگاه ترمومتر باشد به لنز برخورد میکند. لنز دستگاه این انرژی دریافت شده را بر روی سنسوری که در دستگاه وجود دارد متمرکز میکند. سنسور با اندازه گیری شدت انرژی، ولتاژی را در حد میکرو ولت در یکی از پایه های خود ایجاد می کند و مقدار دما با پردازشی که روی این ولتاژ وضعیت دیگر پایه های سنسور انجام می گیرد تشخیص داده شده و بر روی صفحه **lcd** به نمایش در می آید. تمامی این مراحل در کمتر از  $500$  میلی ثانیه انجام میگیرد.

## تقدیر و تشکر

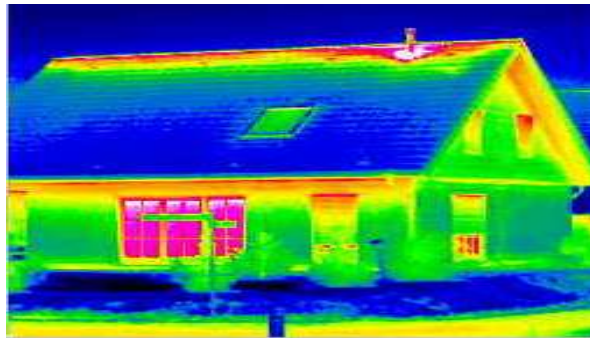
در اینجا بر خود لازم می دانیم که از تمامی اساتید و دوستانی که در این مدت یاری گر، ما بودند تشکر و قدردانی نماییم.

## فصل اول

### عنوان پروژه و تحقیقات مربوطه

اندازه گیری دما از راه دور ( غیر تماسی )

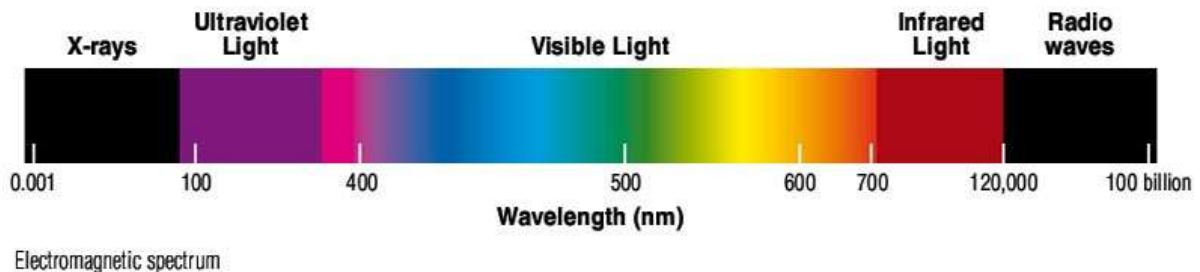
امواج فروسرخ (مادون قرمز، Infrared)



شکل ۱-۱: تصویری که با دوربین مادون قرمز برداشته شده است.

امواج فروسرخ نوعی از امواج الکترومغناطیسی هستند که بعد از برخورد با جسم موجب گرم شدن

آن می شود. این امواج دسته ای از پرتوهای نامرئی خورشید هستند. به همین سبب وقتی در مقابل نور خورشید قرار می گیریم احساس گرما می کنیم. این امواج دارای طول موج بیش تر از امواج مرئی و بسامد کمتر از آنها هستند. به همین دلیل در نمودار طیف الکترومغناطیس بعد از امواج مرئی (قابل مشاهده) قرار دارد. این امواج در نمودار بعد از رنگ قرمز در امواج مرئی که کمترین شکست را نسبت به بقیه رنگها دارد قرار می گیرد. به همین سبب به آنها امواج فروسرخ یا مادون قرمز می گویند.



شکل ۱-۲: طیف الکترو مغناطیسی



امواج فروسرخ یا به عبارتی اشعه مادون قرمز در علم فیزیک به قسمی از طیف پرتوهای الکترومغناطیسی اطلاق می‌گردد که دامنه طول موج آنها از بالای نور سرخ مرئی آغاز و تا امواج غیرمرئی ریزموج یا میکروویو را دربر می‌گیرند. اصطلاح تابش فروسرخ گرت‌برداری از نام انگلیسی آن یعنی **Infrared** است. واژه انگلیسی **Infrared** از ترکیب دو کلمه لاتین **Infra** به معنی فرو یا پایین و کلمه انگلیسی **red** به مفهوم سرخ به وجود می‌آید. دامنه طول اینگونه امواج تقریباً بین ۱ میلی‌متر تا ۷۵۰ نانومتر (معادل ۷۸۰۰-۱۵۰۰۰۰۰ آنگستروم) متغیر بوده بنابراین کوتاه‌تر از امواج رادیویی مرسوم طبقه بندی می‌گردند.

فرکانس امواج فروسرخ حداکثر ۴۰۰ تریلون بار در ثانیه (در محدوده بسیار نزدیک به رنگ سرخ قابل دید) تا ۸۰۰ بیلیون بار در ثانیه (نزدیک به محدوده پایانی پرتوهای میکروویو) اندازه گیری می‌گردند. تابش فروسرخ رادر فیزیک، عموماً با نام دیگری بنام گرمای تابشی و یاب‌عبارتی از جنس همان گرمائی که از منابعی همانند خورشید، لامپ برقی، ویا حتی از شعله‌هائی که از یک شمع به اطراف تابیده می‌گردند، همسان می‌شناسند، زیرا بطور سنتی، چه درست و چه غلط، همه گونه تابش‌های حرارتی را معمولاً به امواج فروسرخ نسبت می‌دهند.

این فرض بعضاً باطل، با توجه به تعاریف فوق، البته دلیل مقبولی برای توجیه اینکه چرامنبعی همانند خورشید در مجموع، تنها قادر به تامین ۵۰٪ گرمای مورد نیاز کره خاکی از منابع تابش غیر مرئی است و مابقی آن از برکت تابش امواج طیف تابشی مرئی، تامین می‌شوند، نخواهد بود. نکته ظریف در اینجا، بسیار ساده‌است: هر دو نوع تابش حرارتی مرئی و غیر مرئی دارای گرمای تابشی و یا از نوع گرمای تابشی هستند. تنها تفاوت را باید نزدیکی تابش‌ها به سوی طیف مرئی سرخ و یا دوری از آن به سوی امواج ماکروویو، دانست. طیف خورشید در حالت مرئی به سمت سرخ و زرد متمایل است.

هر چند که اینگونه تابش در برخی دامنه‌های نزدیک فروسرخ از طریق پوست کاملاً قابل حس بوده اما اینکه الزاماً منبع تابش، حتماً مابایستی با تابانیدن نور مرئی از خود، آنرا قابل ثبت و حس نماید ، منتفی یا مردود است.

بطور مثال ،اشعه مادون قرمز با طول موج کوتاه‌تر از ۱۰۵ میکرومتر از پوست می‌گذرند و بقیه جذب شده و تولید حرارت می‌کنند، اما دیده نمی‌شوند. همانگونه که می‌دانیم ، یک اطوی برقی باوجود اینکه هیچگاه از شدت داغی به سرخی نگراییده و در تاریکی قابل رویت نمی‌باشد و ایضا حرارت قسمت‌های مختلف بدن یک گربه در یک غروب پائیزی، همچنان می‌توانند نمونه هائی از منابع تابش فروسرخ را به ما بنمایانند.

توجه شمارا به دو نکته در شکل (۱-۱) جلب می کنم:

۱. رنگها غیرواقعی جلوه میکنند.
  ۲. عکس مذکور با فیلم حساس به IR گرفته شده است.
- پس به گونه ای ساده تر میتوان گفت که هر چیزی یا موجودی ویادستگاهی، برای نمونه از یک رادیاتور معمولی شوفاژ تا یک موجود زنده ، که بتواند گرمائی غیر مرئی و بیش از گرمای محیط اطراف خود ایجاد نماید، منبع فرآوری انرژی حرارتی و یا به تعریف دیگر تابنده امواج فروسرخ شناخته می شود. بعدا ملاحظه خواهید نمود که تمامی موارد یاد شده در بالا، تنها در دامنه های متفاوتی از رده بندی تابش ها با هم تفاوت دارند.

جهت سهولت در تعاریف، طیف تابشی فروسرخ معمولا به زیرمجموعه هایی به شکل زیر

هم نامگذاری می شود:

رده بندی تابش ها:

۱. نزدیک فروسرخ با دامنه طول موج ۰٫۷۵-۱٫۴ میکرومتر
۲. موج کوتاه فروسرخ با دامنه طول موج ۱٫۴-۰٫۳ میکرومتر
۳. موج متوسط فروسرخ با دامنه طول موج ۳٫۰-۸٫۰ میکرومتر
۴. موج بلند فروسرخ با دامنه طول موج ۸٫۰-۱۵ میکرومتر
۵. موج بسیار دور فروسرخ IR Far
۶. با دامنه طول موج ۱۵-۱۰۰۰ میکرومتر

### منابع تولید تابشهای فروسرخ

منبع طبیعی بزرگترین منبع تابشهای فروسرخ ، خورشید است. میزانی از نور آفتاب که به ما می رسد، دارای اشعه مادون قرمز کوتاه است، زیرا پرتوهای تابشهای فروسرخ بلند آن قبلا در لایه های مختلف جو (هوا) جذب شده اند.

بهترین منابع مصنوعی برای امواج فرسرخ ، اجسام ملتهب می باشند که طول موج آنها بر حسب درجه حرارت تغییر می کند. اگر بخواهیم اشعه مادون قرمز خالص داشته باشیم، باید نور این قبیل منابع مصنوعی را بوسیله شیشه هایی که در ترکیب آنها ید و یا اکسید منگنز (MnO) وجود دارد، از صافی بگذرانیم. این نوع صافیها طیف مرئی را جذب کرده و فقط اشعه فرسرخ را عبور می دهند.

### عبور جریان الکتریکی از مقاومتها

روش دیگر که هم سهل وهم عملی است، عبور جریان الکتریکی از مقاوتهای فلزی است، بطوری که این مقاوتها سرخ شوند. این مقاوتها غالباً از آلیاژهای آهن و نیکل ساخته شده اند. چراغ با مفتول زغال چراغهایی که مفتول آنها از زغال چوب ساخته شده است، نیز به نسبت زیاد امواج فرسرخ دارند. در این نوع چراغ نسبت اشعه کوتاه بین ۱ میکرومتر و ۷ میکرومتر خیلی کم ، ولی نسبت اندازه گیری اشعه مادون قرمز بلند آن زیاد است. چراغ بخار جیوه نیز، امواج فرسرخ با طول موج کوتاه بین ۰.۹۲ میکرومتر و ۱.۰۳ میکرومتر تولید می کند، ولی نسبت اشعه حاصله نسبت به سایر منابع کمتر است.

### اندازه گیری امواج فرسرخ

برای اندازه گیری امواج فرسرخ یا اشعه مادون قرمز از جذب انرژی حرارتی آن استفاده می نمایند، یعنی اشعه را به جسمی می تابانند که بتواند کلیه انرژی را جذب کند و آنگاه مقدار حرارت تولید گشته در جسم مزبور را ، اندازه می گیرند.

### مفهوم دما

تصور همه ی ما این است که دا خاصیت فیزیکی یک مجموعه است که ما آن را با سرد بودن یا گرم بودن درک می کنیم.

در سطح مولکولی ، دما ، انرژی متوسط حرکات میکروسکوپی ذرات تشکیل دهنده ی یک عنصر است. برای یک جسم جامد این حرکات میکروسکوپی اساساً ، ارتعاشات اجزای اصلی اتم ها در جای خود درون اتم ها می باشد. برای یک گاز تک اتمی ایده آل ، حرکات میکروسکوپی ، حرکات خاص اجرای اصلی ذرات گاز است. برای گازهای چند اتمی ، ارتعاشات و حرکات دورانی نیز باید در نظر گرفته شود. زمانیکه که انرژی گرمایی به یک جسم اعمال می شود، انرژی متوسط این حرکات افزایش پیدا کرده که موجب افزایش درجه حرارت ماده می شود.

## تشعشعات گرمایی

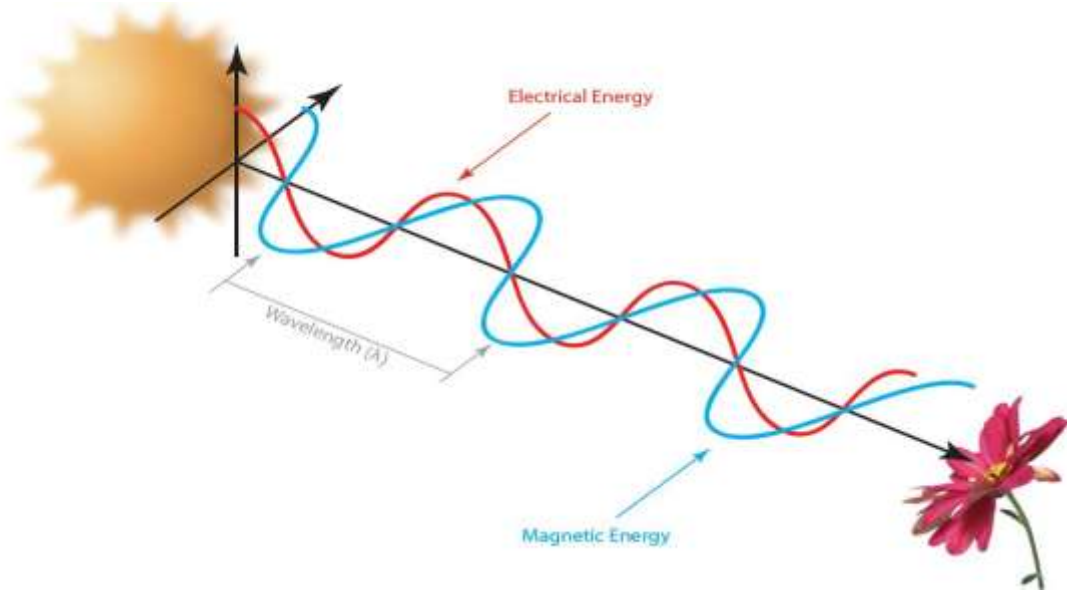
مفهوم تشعشعات گرمایی کاملاً ادراکی است که ما از جسم به صورت گرما احساس می کنیم، بدون اینکه آن را لمس کنیم. تمامی اجسامی که درجه حرارتشان بالای صفر مطلق است، دارای انرژی گرمایی هستند که تنها به درجه حرارت آنها بستگی دارد و قسمتی از این انرژی را به صورت مادون قرمز ساطع می کنند و هر چه دما بالاتر باشد جسم انرژی بیشتری ساطع می کند. یک جسم همچنین با جذب امواج مادون قرمز می تواند گرم شود. بدن انسان قابلیت تشعشع و جذب امواج مادون قرمز را دارد. به این دلیل است که ما در زیر تابش خورشید احساس گرما می کنیم. مادون قرمز خورشید با عبور از فضا و جو زمین با سرعت نور به ما می رسد.

تشعشع گرمایی را اینگونه می توان تعریف کرد که : تشعشع الکترومغناطیسی ساطع شده از سطح یک جسم که وابسته به دمای جسم است را تشعشع گرمایی می گویند. زمانی که انرژی گرمایی ناشی از حرکت اجزای درونی اتم های یک جسم به تشعشعات الکترومغناطیسی در سطح جسم تبدیل می شود ، تشعشع گرمایی ایجاد می گردد.

فرکانس موج (یا طول موج) ساطع شده ی تشعشع گرمایی تنها به دمای جسم وابسته است. برای یک جسم **Blackbody** (توضیح بیشتر در ادامه ) این موضوع توسط قانون تشعشع **Planck** تعریف شده و قانون **Wien** فرکانس تشعشع را می دهد و قانون **Stefan Boltzman** شدت گرمایی را می دهد.

## تشعشع الکترومغناطیسی

تشعشع الکترومغناطیسی موجی است که در فضا با اجزای الکتریکی و مغناطیسی پخش می شود. این اجزا با زاویه ی ۹۰ درجه بر هم و در یک جهت و به صورت هم فاز نوسان می کنند. تشعشع الکترومغناطیسی در انواعی دسته بندی می شود که طبق فرکانس ( یا طول موج ) به ترتیب افزایش فرکانس شامل : امواج رادیویی، مایکرو ویو، تشعشعات تراهرتز، مادون قرمز، نور مرئی، ماورابنفش، اشعه ی X و اشعه ی گاما می شوند.



شکل 3-1: تشعشع الکترومغناطیسی

طول موج یک موج مغناطیسی در خلا وابسته به فرکانس است:

$$F = \frac{C}{\lambda}$$

**F =** فرکانس (Hz)

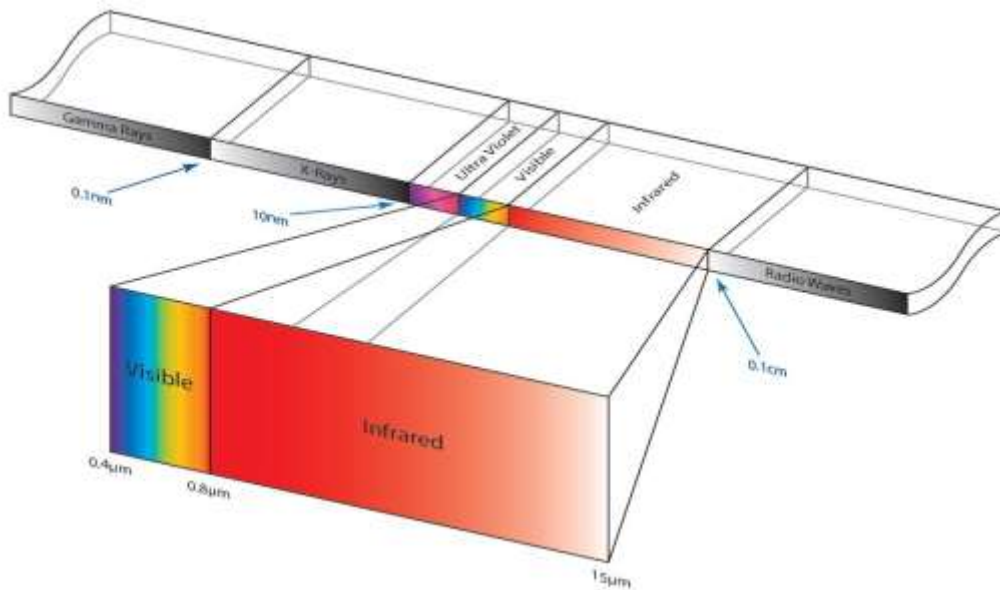
**C =** سرعت نور (m/s)

**λ =** طول موج (m)

یک دماسنج تشعشعی دمای یک جسم را با اندازه گیری انرژی الکترومغناطیسی ای که ساطع می کند، مشخص می نماید. هر جسمی که دمایش بالای صفر مطلق باشد قابلیت تشعشع انرژی الکترومغناطیسی را دارد که در فضا با سرعت نور پخش می شود.

طیف الکترومغناطیسی

طیف الکترومغناطیسی شامل شکل های مختلف زیادی از تشعشعات الکترومغناطیسی می باشد. مانند: مادون قرمز، نور مرئی، اشعه X، امواج رادیویی و... (شکل 3-1). تنها تفاوت بین این تشعشعات طول موج آنهاست .



شکل 4-1: طیف الکترومغناطیسی

دماسنج های تشعشعی برای پاسخ گویی به طول موج های مادون قرمز طراحی می شوند. اندازه گیری دما با استفاده از دماسنج هایی که در رنج های متفاوت زیادی از طول موج عمل می کنند انجام می شود که عموماً بین  $0.5 \mu\text{m}$  و  $20 \mu\text{m}$  قرار می گیرد.

چشم انسان به تشعشعات مادون قرمز در قسمت مرئی آن پاسخ گو است. به این دلیل است که چشم گرمای یک فلز را که گرم شده می تواند جذب کند و این به صورت تغییر رنگ از قرمز تیره تا سفید روشن دیده می شود. اکثر تشعشعات مادون قرمز خارج از رنج دید انسان می باشند و بنابراین مشاهده نمی شوند. اگرچه همچنان می توانند توسط یک سیستم اپتیکی بر آشکار ساز داخلی دماسنج مادون قرمز همانند نور مرئی متمرکز شوند.

بیشتر در مورد تشعشعات گرمایی

تشعشع گرمایی، حتی در یک دما، در رنج وسیعی از فرکانس ها (یا طول موج ها) اتفاق می افتد. مقدار آن در هر طول موج توسط قانون تشعشع Planck داده شده است.

$$J_{\lambda T} \partial \lambda = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)}$$

تَشعشع Blackbody ساع شده در دمای T (کلون) = J

ثابت اول Planck ,  $C_1 = 3.74 \times 10^{-16} \text{ Wm}^2$

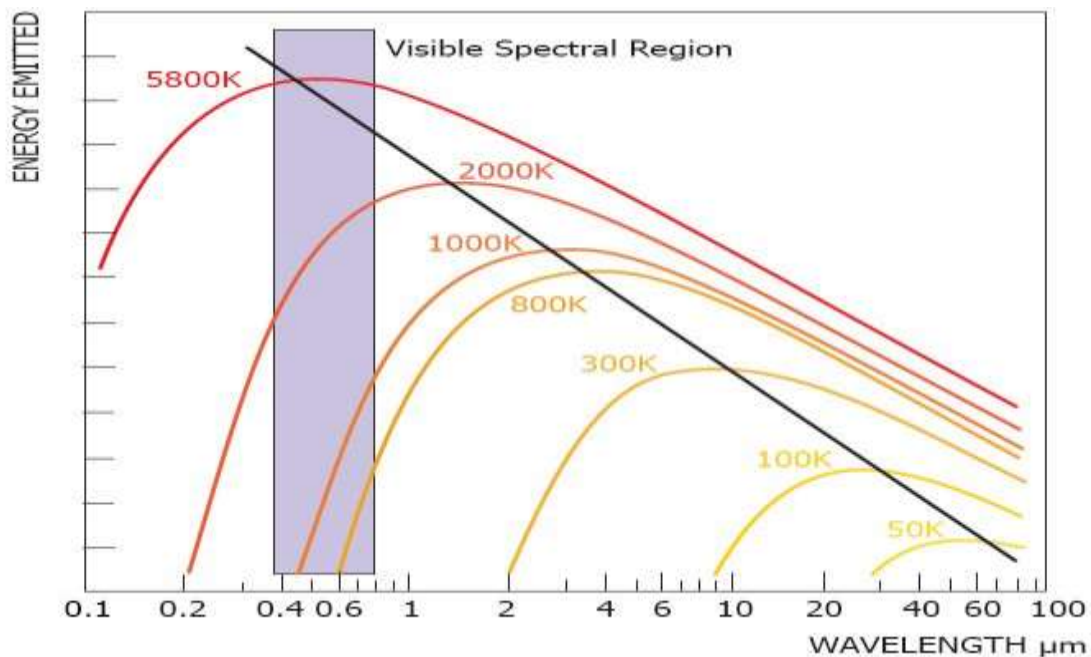
ثابت دوم Planck ,  $C_2 = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ mK}$

طول موج اصلی از تشعشع ساع شده با افزایش دما، افزایش پیدا می کند. برای مثال، یک جسم گداخته (سرخ) بیشتر در طول موج بلند در باند مرئی تشعشع می کند و به همین دلیل است که قرمز دیده می شود. اگر به آن حرارت بیشتری داده شود، فرکانس اصلی به میان باند مرئی جابجا شده و انتشار فرکانس ها موجب می شود که سفید به نظر برسد. این رابطه توسط قانون Wien بدست می آید، که یک ساده سازی از قانون Planck است و حداکثر مقدار انرژی ساع شده را بدست می آورد. با توجه به قانون Wien می توان دید که حداکثر انرژی ساع شده در صورت افزایش دما به سمت طول موج کوتاه تر حرکت می کند.

قانون Wien را با پاک کردن ۱- ساده کرد تا تساوی زیر را ایجاد کند.

$$J_{\lambda T} \partial \lambda = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T})}$$

توزیع انرژی سرتاسر قسمت مادون قرمز از طیف الکترومغناطیس در نمودار 1-1 نشان داده شده است.



نمودار 1-1: منحنی Planck

منحنی انرژی ساتع شده در دماهای مختلف توسط قانون تشعشع Planck محاسبه شده است. با مشاهده ی منحنی ، مشخصات زیر قابل دریافت است:

- با افزایش دمای جسم، دامنه ی منحنی افزایش پیدا کرده و پیک مقدار انرژی به سمت طول موج های کوتاه تر حرکت می کند.

- در طول موج های کوتاه تر از طول موج در پیک، شیب منحنی خیلی زیاد است.

- در طول موج های بلندتر از طول موج در پیک، شیب منحنی تقریبا کم و با اغراق خطی است.

در طول موجی که پیک انرژی اتفاق می افتد برای یک جسم Blackbody معین، دما توسط یک دستکاری ریاضی از قانون Planck بدست می آید. این قانون جابجایی Wien را نتیجه می دهد:

$$\lambda_m = \frac{b}{T}$$

$\lambda_m$  = (m) , طول موج در پیک انرژی ساتع شده

$b = 2.87768(51) \times 10^{-3}$  (mK) , ثابت جابجایی وین

$T =$  Blackbody دمای K

این فرمول می تواند جهت پیش بینی طول موجی که در آن حداکثر انرژی ظاهر می شود در دمای معین جسم قابل استفاده باشد.

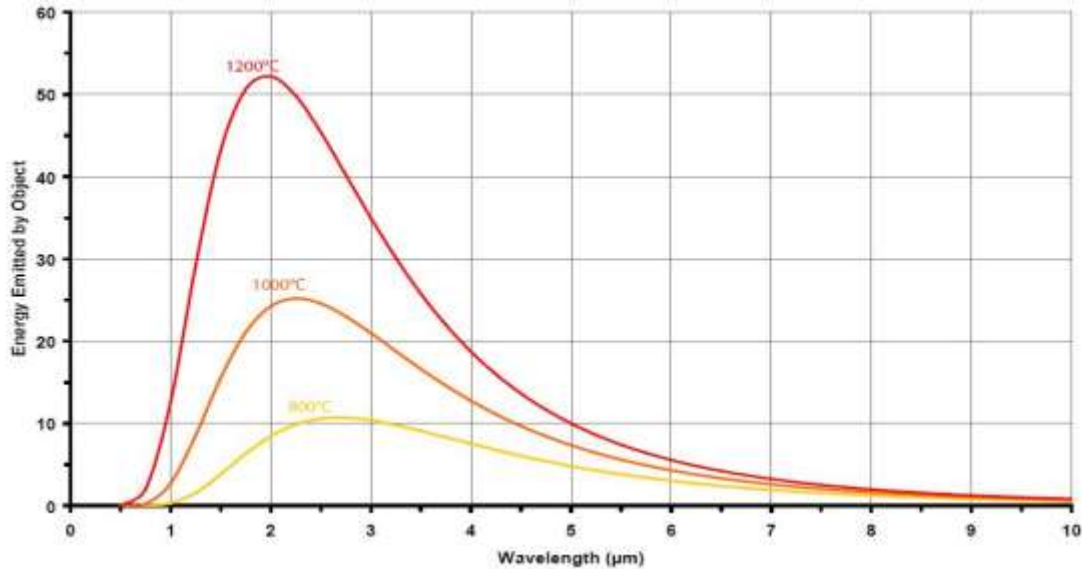
برای مثال یک جسم که در دمای  $27^\circ\text{C}$  است، طول موجی که در حداکثر انرژی ظاهر می شود، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\lambda_m = \frac{2.87768(51) \times 10^{-3}}{(27 + 273.15)} = 10 \mu\text{m}$$

همانطور که مشاهده می شود برای یک جسم در دمای  $27^\circ\text{C}$  ، اکثریت انرژی ساتع شده نزدیک  $10 \mu\text{m}$  پخش می شود. با استفاده از محاسبه ی مشابه طول موجی که حداکثر انرژی در دمای  $1000^\circ\text{C}$  ظاهر می شود ،  $2.3 \mu\text{m}$  خواهد بود.



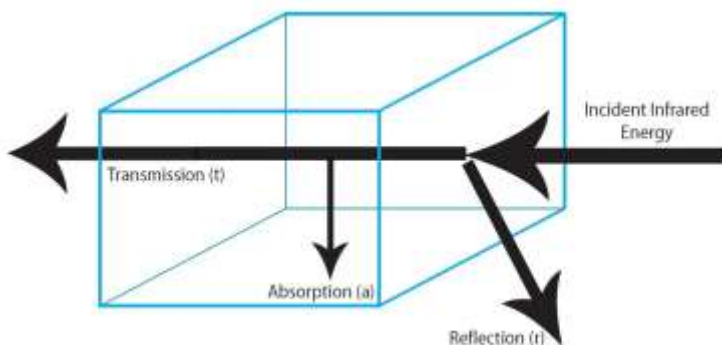
نمودار 1-2 مقادیر نسبی انرژی ساطع شده توسط جسم را زمانی که در دماهای مختلف گرم شده ، در طیف مادون قرمز نشان می دهد. این مشخصات حداکثر انرژی ساطع شده را در طول موج کوتاه در حال افزایش برای دمای در حال افزایش نشان می دهد.



نمودار 1-2: انرژی ساطع شده در مقابل طول موج

جذب، عبور و بازتابش

زمانی که انرژی مادون قرمز ساطع شده توسط یک جسم به جسم دیگر می رسد، قسمتی از انرژی گرفته شده، جذب خواهد شد، یک قسمت بازتاب می شود و اگر جسم کدر نباشد یک قسمت هم از میان آن عبور می کند. جمع این سه جز منحصر به فرد باید همیشه با مقدار اولیه ی تشعشع ساطع شده از منبع برابر باشد.



شکل 1-5 : جذب، عبور و بازتابش

همانطور که در شکل 1-5 نشان داده

شده، می توانیم بگوییم که اگر  $t$  و  $r$  ،  $a$  مقادیر جزعی اجسام (جذب، بازتابش و عبور) هستند، پس:

$$a+r+t=1$$

## اجسام Blackbody

جسمی که به طور کامل غیر بازتابشی و کدر است تمامی انرژی ساع شده ی دریافتی در سطح اش را جذب می کند. این نوع از اجسام جذب کننده های خیلی خوبی هستند و بنابراین یک ساع کننده ی خیلی خوب تشعشع مادون قرمز خواهند بود که به عنوان اجسام Blackbody منسوب می شوند.

جسم Blackbody یک قطعه ی تئوری است که لزوماً به رنگ مشکی ظاهر نمی شود. به عبارت دیگر به دلیل قابلیت جسم که تمامی انرژی مادون قرمز ظاهر شده در سطحش را جذب و ساع می کند به این نام خوانده می شود.

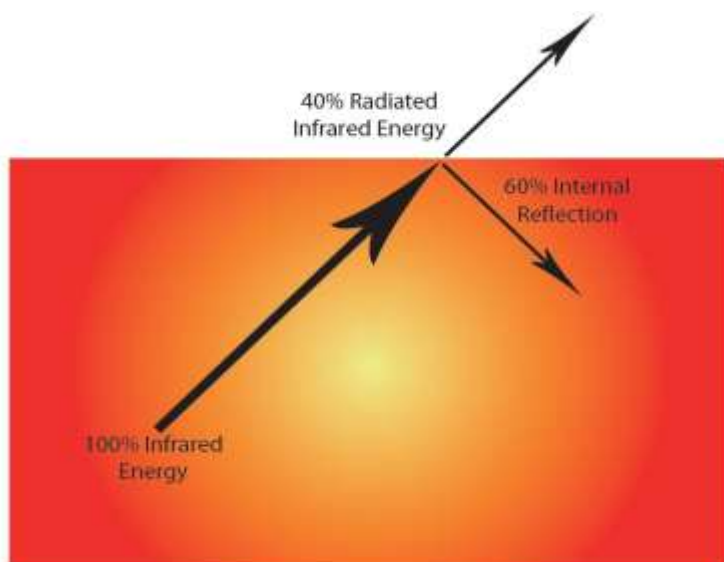
در آزمایشات متوجه شدیم که سطوح مواد جذب کننده های خیلی خوبی نیستند و تمایل به هر دو ساع و بازتاب کردن انرژی مادون قرمز را دارند. یک جسم غیر Blackbody انرژی کمتری نسبت به یک جسم Blackbody تحت شرایط یکسان ، جذب می کند. از اینرو توانایی سطح یک جسم در ساع کردن انرژی مادون قرمز برای بدست آوردن یک اندازه گیری دقیق با دماسنج های مادون قرمز بسیار مهم است.

## Emissivity

Emissivity ی یک ماده، معمولاً با  $\epsilon$  مشخص می شود، و برابر نسبت انرژی ساع شده توسط جسم به انرژی ساع شده از Blackbody در دمای یکسان است. این یک اندازه گیری از توانایی جسم در جذب و ساع کردن انرژی است. یک Blackbody واقعی  $\epsilon=1$  خواهد داشت. در حالی که هر جسم واقعی  $\epsilon < 1$  خواهد داشت. Emissivity یک مقدار عددی است و واحد ندارد.

$$\epsilon = \frac{\text{Radiation emitted by target at temperature T}}{\text{Radiation Emitted by a Blackbody at Temperature T}}$$

شکل 6-1 نشان می دهد که چرا اجسام ساع کننده های خیلی خوب انرژی مادون قرمز نیستند. با حرکت انرژی درونی جسم به سمت سطح، یک قسمت به داخل جسم بر می گردد و قابلیت ماده برای تشعشع انرژی مادون قرمز به چند عامل بستگی دارد: نوع ماده، وضعیت سطح، طول موج و دما همگی یک اثر روی Emissivity در تغییرات دما دارند. مقدار Emissivity برای یک جسم بیان کننده ی توانایی جسم برای تشعشع انرژی مادون قرمز است.



شکل 6-1 : انرژی شاتع شده

جدول 1-1 تعدادی از مقادیر دنیای واقعی را برای **Emissivity** ی مواد مختلف نشان می دهد. مشاهده جدول نشان می دهد که اجسام غیر فلزی مانند آجر تمایل به داشتن مقادیر بالای **Emissivity** دارند. فلزات با سطح اکسید نشده تمایل به داشتن **Emissivity** تقریباً کم دارند. به یاد داشته باشید که در یک جسم کدر داریم:

$Emissivity + Reflectivity = 1$ . این بدان معناست که سطح جسم مورد نظر که تقریباً غیر بازتابشی است (مانند آسفالت) و **Emissivity** بالایی خواهد داشت و یک ماده با قابلیت بازتاب بالا (مانند آلومینیوم) مقدار کمی **Emissivity** خواهد داشت.

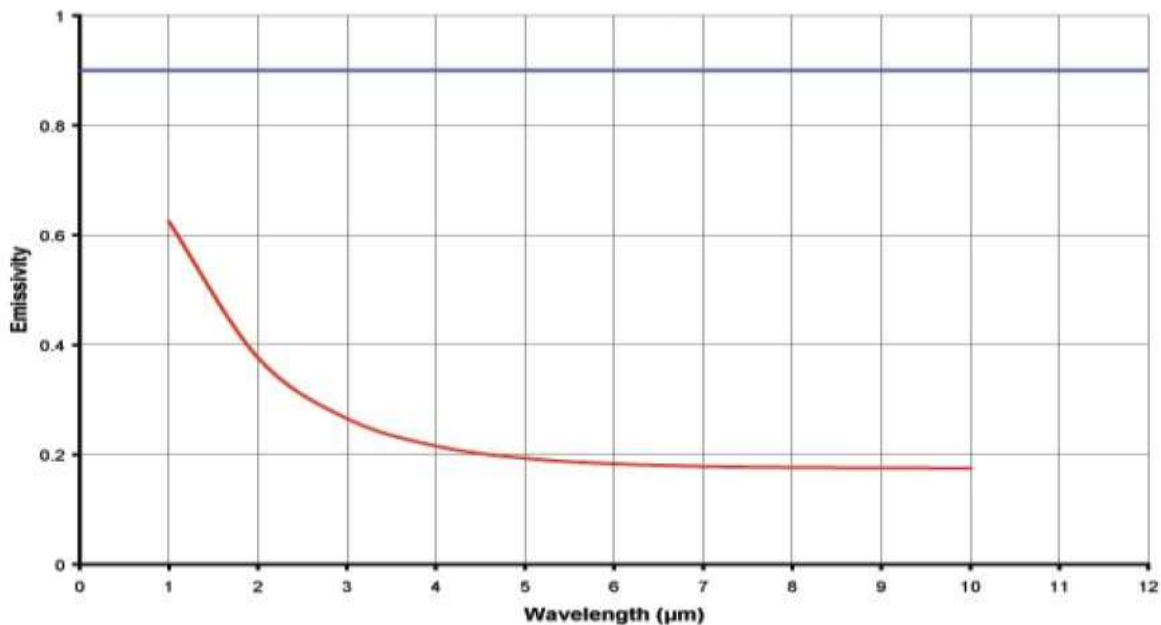
Material	Emissivity
Unoxidised Steel	0.35
Oxidised Steel	0.85
Unoxidised Aluminium	0.13
Oxidised Aluminium	0.40
Unoxidised Copper	0.06
Oxidised Copper	0.80
Brick	0.80
Asphalt	0.85
Asbestos	0.90

جدول 1-1: مقادیر **Emissivity** ی مواد مختلف

همانطور که بیان شد، تعدادی عوامل روی **Emissivity** ی یک ماده وجود دارد و ما نیاز داریم تا نسبت به اثر آنها روی مقادیر **Emissivity** آگاه باشیم.

### طول موج

**Emissivity** ی یک فلز براق، با بلندتر شدن طول موج، کاهش می یابد. اجسام غیر فلزی رفتاری متفاوت دارند به طوری که با افزایش طول موج یک افزایش در **Emissivity** را نشان می دهند. اجسام نیمه شفاف مانند یک غشای پلاستیکی تغییرات زیادی در طول موج نشان می دهند که نیاز به دقت خاصی دارند.



نمودار 1-3: **Emissivity** در مقابل طول موج

نمودار 1-3 منحنی **Emissivity** آهن را همراه با یک جسم "greybody" که یک **Emissivity** ثابت در سراسر طیف مادون قرمز دارد نشان می دهد.

### وضعیت سطح

در اجسام فلزی، **Emissivity** با براق کردن کاهش و با سطوح سخت و با سطوح سخت و اکسید شده افزایش می یابد. فلزاتی که در یک فرایند صنعتی مد نظر هستند، برای مثال، ورقه سازی معمولاً یک لایه اکسید ضخیم و یک مقدار ثابت و بالای **Emissivity** دارند. موادی که یک لایه ی نازک از اکسید پیدا کرده اند، مانند فلزات روشن (شفاف) می توانند **Emissivity** ای که به ضخامت اکسید بستگی شدیدی دارد، داشته باشند. در طول موج های بلند لایه ی اکسید نور را از خود عبور داده و دماسنج سطح فلز غیر اکسید شده را اندازه گیری می کند.

زاویه ی دید

**Emissivity** اکثر فلزات به زاویه ی دید بستگی ندارد در صورتی که اندازه گیری در زاویه ی حدود  $45^\circ$  صورت گیرد (شکل ۶-۱). حداکثر زاویه ی پیشنهادی برای قرار دادن دماسنج مادون قرمز  $45^\circ$  می باشد.

درجه حرارت (دما)

**Emissivity** ی اجسام زمانی که از یک دماسنج که در یک باند موجی باریک عمل می کند استفاده شود، با تغییر دما تغییر پیدا نمی کند. **Emissivity** معمولا تنها زمانی که خاصیت سطح جسم عوض شود با دما تغییر پیدا می کند. برای مثال زمانی که روکش، لکه دار شده یا از بین رفته باشد.

## تشخیص Emissivity

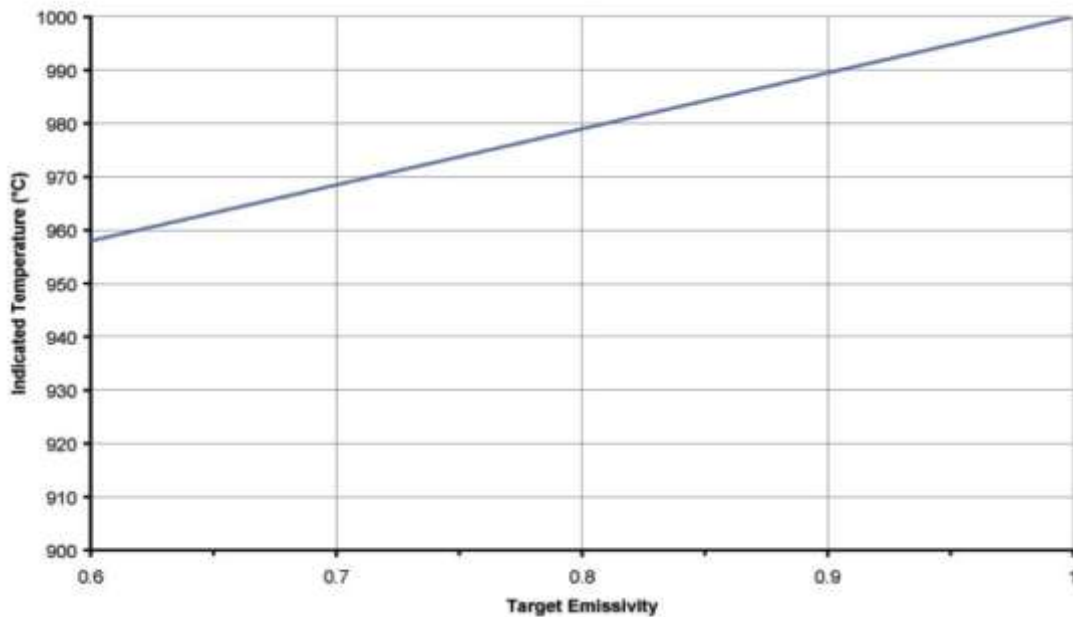
به صورت زیر می توان **Emissivity** یک جسم را تعیین کرد:

- با استفاده از دستورالعمل ها اطلاعاتی که توسط تولید کننده ها به چاپ رسیده است. باید توجه کرد که طول موجهایی که این دستورالعمل ها در آن ها تعیین شده اند با طول موج عملیاتی دماسنج برابر باشد.
- دستورالعمل ها را باروش های آزمایشگاهی تعیین کنید. یک تولید کننده ی معروف و قابل اطمینان دماسنج های تشعشعی می تواند جزئیات این تکنیک را تامین کند.

## اثر Emissivity روی اندازه گیری دما

از آنجا که دماسنج های تشعشعی برای اجسام **Blackbody** کالیبره شده اند، همیشه هنگام اندازه گیری دمای یک جسم که **Emissivity** ای کمتر از ۱.۰ دارند، دچار اشتباه می شود. تنظیم **Emissivity** معمولا روی دماسنج ایجاد می شود که زمانی که در **Emissivity** جسم مورد نظر تنظیم شود، اثر طبیعی اجسام **Blackbody** را خنثی کرده و اندازه گیری صحیح دما را موجب می شود. برای ایجاد یک اندازه گیری دمای دقیق و قابل اطمینان ضروری است که **Emissivity** جسم مورد نظر را بدانیم. این ممکن است در کاربردهای صنعتی که ذاتا تکراری هستند و زمانی که **Emissivity** ی یک جسم یک مقدار ثابت در نظر گرفته می شود، مشکلی را ایجاد نکند.

در واقع، اندازه گیری با استفاده از روش مادون قرمز معمولا امکان پذیر است. اگرچه باید دانست که کاربردهای خاص به ویژه جایی که فلزات براق و اکسید شده در کار هستند، اندازه گیری با مشکلاتی مواجه می شود و حتی در مواقعی غیر ممکن.



نمودار 1-4 : خطاهای اندازه گیری

نمودار 1-4 خطایی را که انتظار می رود در دمای نمایش داده شده در یک دماسنج مادون قرمز با طول موج کوتاه در دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  وجود داشته باشد را نشان می دهد. اگر خنثی سازی **Emissivity** به کار گرفته نشود، می توان مشاهده کرد که با کاهش **Emissivity** جسم دماسنج مادون قرمز انرژی کمتری را دریافت کرده و بنابراین دمای پایین تری را از دمای واقعی نمایش می دهد.

## راه های اصلاح Emissivity

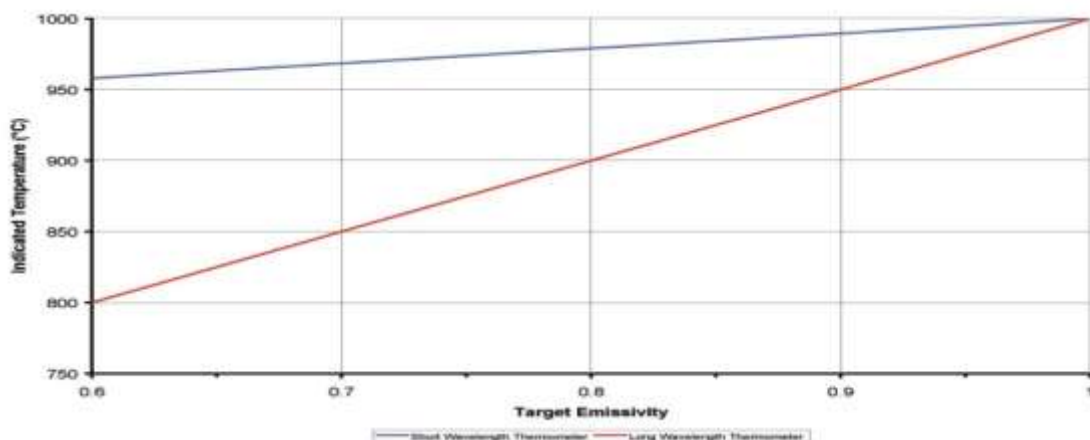
اگر Emissivity سطح جسم را بدانیم، اپراتور معمولاً می تواند مقدار آن را در سیستم تنظیم کند. سیستم با استفاده از این مقدار به عنوان عامل خنثی گر، با ضرب خروجی دماسنج در  $1/\epsilon$  اثر اجسام غیر Blackbody را برطرف می کند. برای مثال اگر Emissivity یک جسم 0.5 باشد خروجی در  $1 / 0.5 = 2$  ضرب می شود. در جاهایی که خروجی دماسنج متحمل بعضی تغییرات سیگنالی نظیر خطی سازی و ... می شود، باید قبل از همه، خروجی را در  $1/\epsilon$  ضرب کرد.

## کنار آمدن با Emissivity

می توان یکی از راه های کاهش خطا در Emissivity را بپذیریم. اولین و بهترین انتخاب استفاده از دماسنج هایی با طول موج کوتاه است. در بعضی مواقع با توجه به شرایط خاص اندازه گیری، این راه ممکن نیست. در این شرایط تعدادی تکنیک برای افزایش Emissivity به منظور یک اندازه گیری دقیق و قابل اطمینان وجود دارد.

## استفاده از دماسنج با کوتاه ترین طول موج

انرژی ساع شده توسط یک جسم داغ در طول موج های کوتاه به سرعت تغییر می کند، که این عمل در طول موج های بلند آرامتر صورت می گیرد. در نتیجه دماسنج هایی که در طول موج کوتاه عمل می کنند خطایی را که با تغییر Emissivity جسم اتفاق می افتد کاهش می دهد. نمودار 1-5 مقایسه ای بین خطاهای احتمالی یک دماسنج با طول موج کوتاه و یک دماسنج که در طول موج بلندتر عمل می کند، با تغییر در Emissivity جسم مورد نظر نشان می دهد.

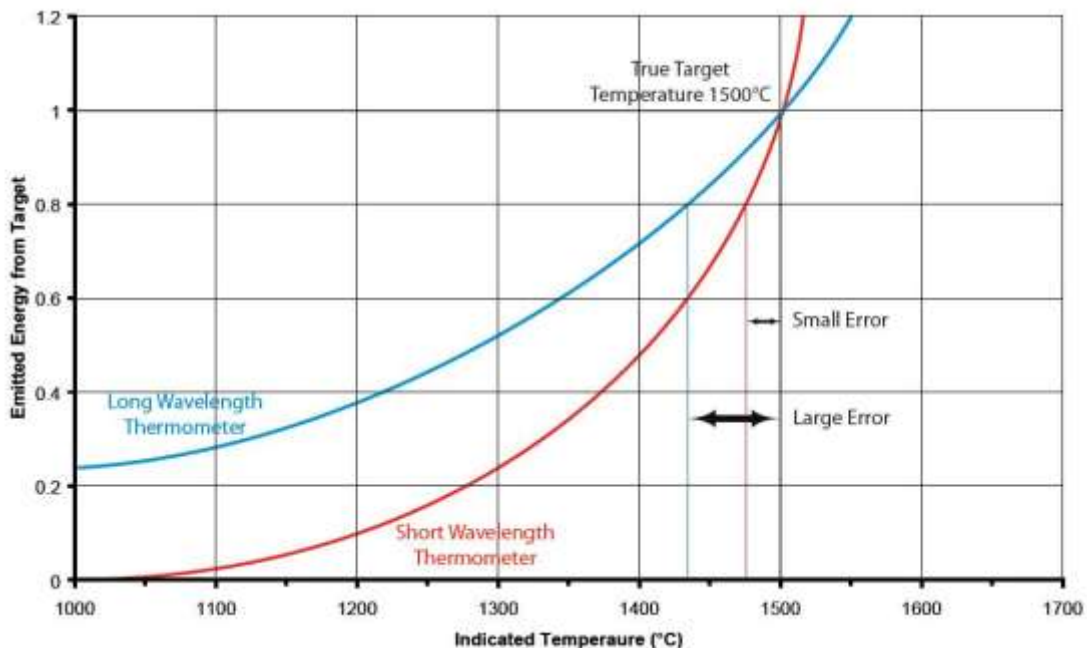


نمودار 1-5 : مقایسه ی خطاهای اندازه گیری

می توان مشاهده کرد که خطای دماسنج با طول موج کوتاه حدود  $10^{\circ}\text{C}$  برای تغییری  $10\%$  در Emissivity جسمی در دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  است. دماسنج با طول موج بلند خطای بسیار بزرگتری را در تغییرات مشابه در Emissivity ی جسم ایجاد می کند.

کارایی یک دماسنج با طول موج کوتاه نسبت به دماسنج با طول موج بلند در نمودار 5-1 نمایش داده شده است. می توان گفت که با کاهش  $20\%$  انرژی جسم ( تغییر Emissivity از  $1.0$  به  $0.8$  ) کاهش در دمای نمایش داده شده ( یا خطا ) در دماسنج با طول موج کوتاه حدود  $20^{\circ}\text{C}$  و برای دماسنج با طول موج بلند حدود  $80^{\circ}\text{C}$  می باشد.

نمودار 6-1 صعود سریع انرژی ساع شده به وسیله ی دما در طول موج کوتاه را نشان می دهد. تغییر حقیقی در سیگنال خروجی در دماسنج با طول موج کوتاه برای یک جسم با دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  اغلب حدود  $1\%$  برای هر  $1^{\circ}\text{C}$  تغییر در دمای جسم است. در نتیجه  $1\%$  کاهش انرژی ساع شده که ممکن است به دلیل تغییر Emissivity جسم باشد، موجب کاهش دمای نمایش داده شده فقط به اندازه  $1^{\circ}\text{C}$  می شود. این به معنی خطای  $0.1\%$  در اندازه گیری دما است.



نمودار 6-1 : مقایسه ی خطاها در اندازه گیری



اغلب ساختن یک دماسنج با کوتاه ترین طول موج ممکن یک راه حل خوب است. این موضوع خطایی را که با تغییر **Emissivity** جسم ایجاد می شود را کاهش می دهد. هنگام انتخاب یک دماسنج باید دقت کرد که دماسنج هایی با طول موج کوتاه برای همه ی کاربردها مناسب نیستند. برای مثال در کاربردهایی که با دمای اجسام نیمه شفاف مانند: نوار پلاستیکی یا شیشه ی تخت سرو کار دارند.

### رنگ کردن سطح جسم:

پوشاندن قسمتی از سطح یک جسم با رنگی که یک **Emissivity** بالا و ثابت دارد امکان پذیر است. رنگهایی که **Emissivity** در حدود 0.9 و مقاومت گرمایی در حدود  $700^{\circ}\text{C}$  را دارند موجود است. **Emissivity** ی منطقه ی پوشانده شده برای دماسنج زیاد خواهد بود حتی اگر **Emissivity** خود جسم کم بوده باشد.

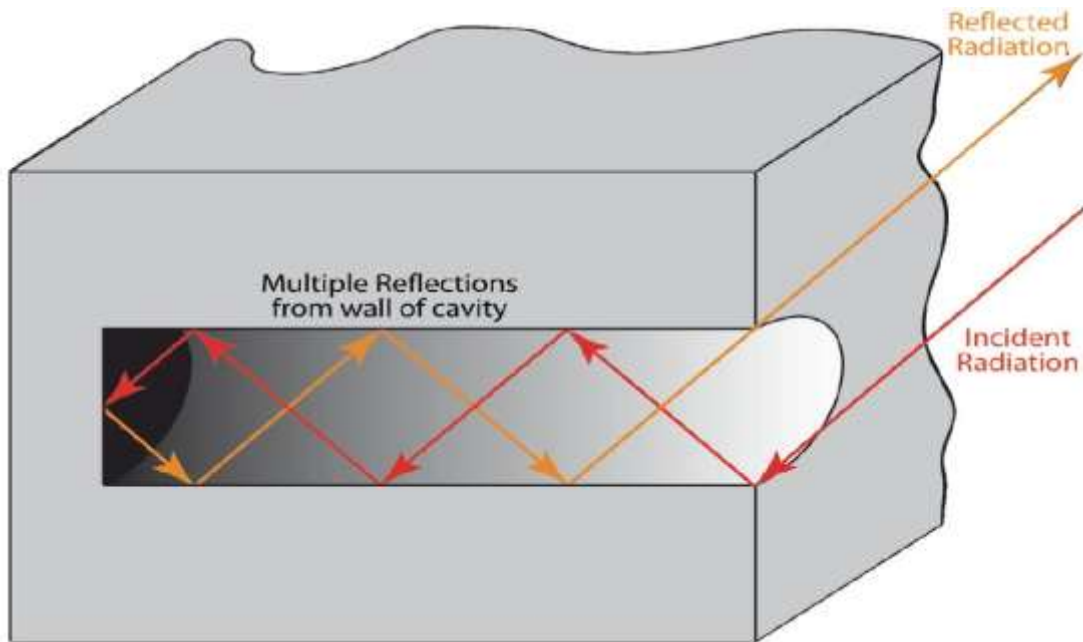
### گودال ها

همانطور که بیان شد، برای یک جسم کدر،  $\text{Emissivity} + \text{Reflectivity} = 1$  است. زمانی که تشعشع به یک جسم صاف کدر می رسد، قسمتی از آن جذب و قسمت دیگر بازتاب می شود. مقدار جذب و بازتابش، **Emissivity** جسم را مشخص می کند. زمانی که بازتابش برابر با صفر است ،  $\text{Emissivity} = 1.0$  خواهد شد و جسم را می توان **Blackbody** خواند.

گودالی که عمقش ۶ مرتبه بیشتر از عرض آن باشد برای یک دماسنج تشعشعی یک جسم تقریباً **Blackbody** به حساب می آید.

شکل 7-1 تشعشعات را در حال ورود به گودال نمایش می دهد. این تشعشع باید توسط دیوارهای گودال یا جذب یا بازتاب شود. در هر بازتاب یک قسمت از انرژی جذب می شود. بعد از بازتاب های متعدد انرژی باقیمانده که سرانجام از گودال بازتاب می شود خیلی کوچک است.

اگر تشعشع بازتاب شده خیلی کوچک باشد، انرژی ساطع شده و بنابراین **Emissivity** باید خیلی زیاد باشد، نوعاً ۰.۹۹. مفهوم گودال **Blackbody** بنیادی است، زمانی که در حال ساختن یک مرجع برای کالیبره کردن دماسنج مادون قرمز باشیم.



شکل 1-7 : گودال Blackbody

گودال های طبیعی در تولیدات و یا بین فرایند و تولید می توانند به منظور حل مشکل کم و متغیر بودن Emissivity به کار آیند.

### افزایش دهنده های Emissivity

براساس قواعد کلی بالا، زمانی که یک بازتابنده ی مقعر روی سطح جسم مورد نظر قرار گیرد Emissivity آن افزایش پیدا می کند.

### Scale Shape

Scale Shape یک دماسنج تشعشعی رابطه ی بین خروجی آنالوگ دماسنج و دمای جسم است. این رابطه معمولا به شکل یک جدول از خروجی در مقابل دما با فاصله  $10^{\circ}\text{C}$  داده می شود. از این جداول یا به وسیله ی محاسبه، تعیین درصد تغییرات در خروجی به ازای  $1^{\circ}\text{C}$  افزایش دمای جسم امکان پذیر است. این یک مقدار بسیار کاربردی است که می توان جهت تعیین مقدار خطای اندازه گیری برای یک تغییر معین در Emissivity جسم مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که Scale Shape ها برای دماسنج ها، غیر خطی هستند مقدار  $\%/^{\circ}\text{C}$  نسبت به دما تغییر می کند. این مقدار همچنین با طول موج عملی دماسنج تغییر می کند.

مقدار Percent-Per-Degree ( $\%/^{\circ}\text{C}$ ) به صورت زیر بدست می آید:

$$\%/^{\circ}\text{C} = 100 \times \frac{C_2}{\lambda T^2}$$

$$C_2 = \text{Planck} = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ mK}$$

$\lambda$  = طول موج عملیاتی دماسنج

$T$  = دمای جسم مورد نظر = K

از این رو برای یک دماسنج با طول موج  $1\mu\text{m}$  در دمای  $1000^{\circ}\text{K}$  مقدار  $\%/^{\circ}\text{C}$  به صورت زیر خواهد شد:

$$\%/^{\circ}\text{C} = 100 \times \frac{1.4388}{1 \times 1000^2} = 1.44$$

مقدار  $\%/^{\circ}\text{C}$  ممکن است برای محاسبه خطاها استفاده شود.

$$\text{Measurement error} = \frac{\% \text{ error in emissivity}}{\% / \text{C}}$$

از این رو اگر در مثال بالا Emissivity ،  $\pm 5\%$  تغییر کند، خطای اندازه گیری به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{Measurement error} = \frac{0.5}{1.44} = 3.47^{\circ}\text{C}$$

واضح است که اگر مقدار  $\%/^{\circ}\text{C}$  بالا باشد اثر تغییر Emissivity جسم را کاهش می دهد و باعث بهبود یافتن اندازه گیری می شود. مقادیر بالای Emissivity در طول موج های کوتاه بدست می آیند و این مقادیر با کاهش دمای جسم افزایش پیدا می کند.

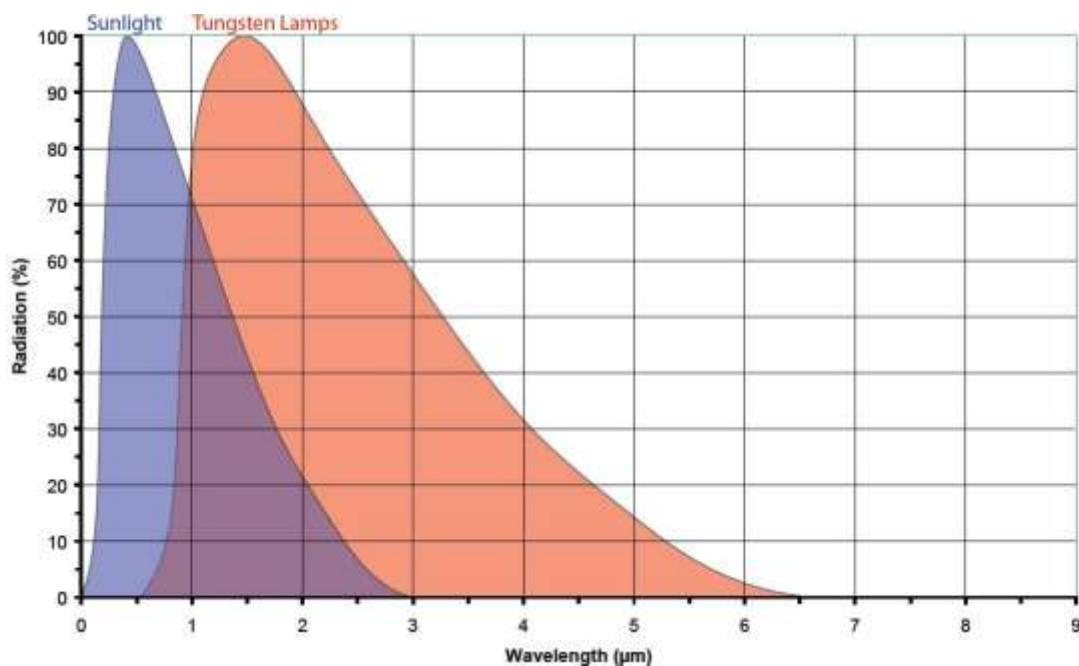
## بازتابش

دآدآم زمانى كه تشعشع از قسمت داخلى يك جسم به سطح درونى آن مى رسد، قسمتى از آن بازتاب مى شود. آين فراآند به همان درجه در تشعشعاتى كه به سطح خارجى جسم مى رسد نآز اتفاق مى افتد.

بنابراين تشعشعات كه سطح جسم را ترك مى كنند، مجموع تشعشعات ساطع شده و بازتابآده شده مى باشد. كه به ترتيب به دماى جسم و دماى متوسط محيط بستگى دارد. دما سنج نى تواند آين دو را تمآز دهد و بنابراين دماى نمايش داده شده به آين دو دما و همچنآن **Emissivity** و بازتاب پذآرى سطح جسم بستگى دارد.

بازتابش هآبى از خورشآد و لامپ هآ روشناى موجب آيجاد مشكلات اندازه گآرى در دماسنج هآبى با طول موج كوتاه مى شود.

آين مشكل معمولا با ساخت يك صفحه بالاى جسم (ساآه بان) رفع مى شود. نكته ى مهم آين است كه جسم نآزمند محافظ مى باشد نه خود دماسنج.



نمودار 7-1: انرژی مادون قرمز از منابع دیگر

### دماسنج تشعشعی

#### ساختمان دماسنج تشعشعی

ساختمان یک دماسنج تشعشعی را می توان به چند قسمت تقسیم کرد:

۱. آشکار ساز که مادون قرمز را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند.

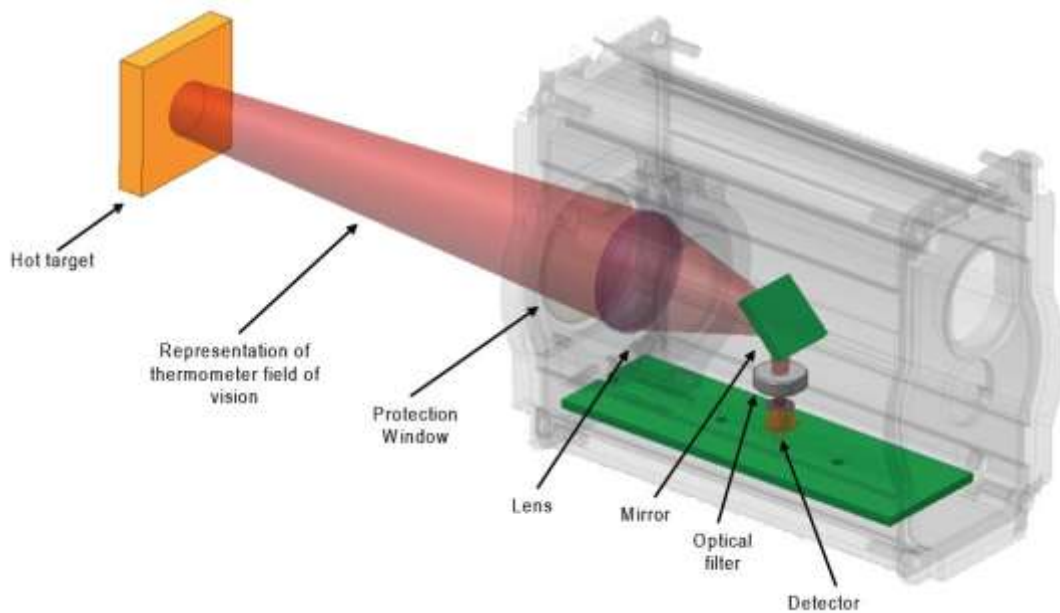
۲. سیستم اپتیکی که محدوده ی دید دماسنج را معین می کند.

۳. یک تقویت کننده و مدار پردازش گر که معمولاً خنثی سازی Emissivity در آن صورت می

گیرد.

۴. و یک محفظه مناسب برای کاربرد های مورد نظر.

الگوی یک دماسنج تشعشعی در شکل 1-8 آمده است.

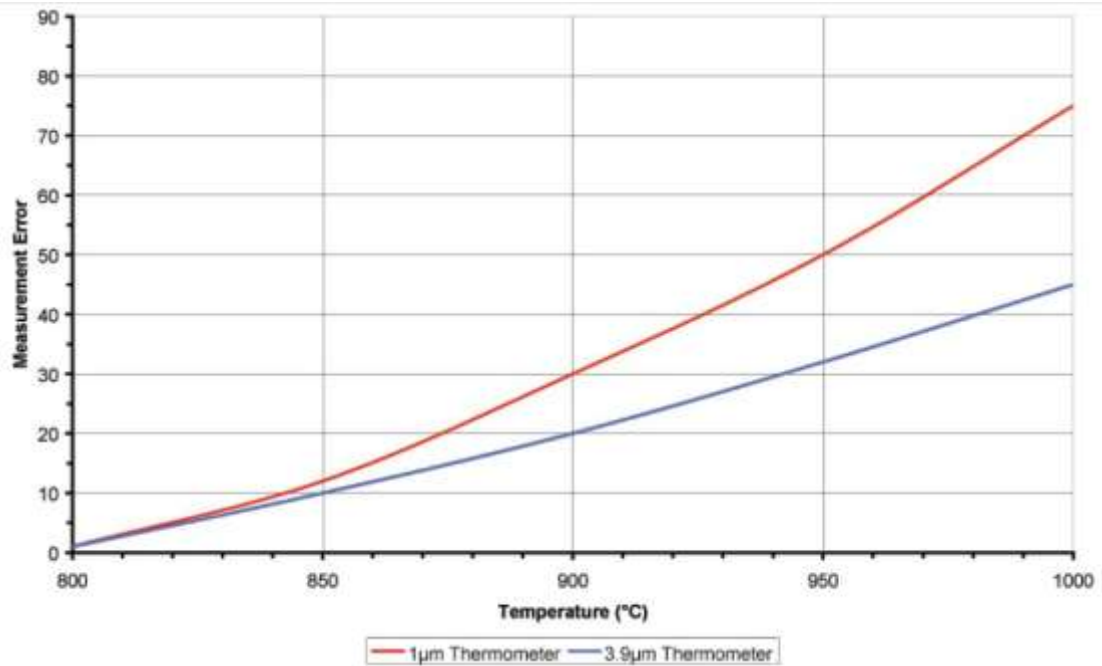


شکل 1-8: دماسنج تشعشعی

همانطور که گفته شد، سیستم اپتیک محدوده ی دید دماسنج را مشخص می کند که از این طریق حداقل اندازه جسم نیز تعیین می شود. همچنین این قسمت ممکن است شامل یک فیلتر برای انتخاب طول موج های دلخواه که دماسنج به آنها حساس است می باشد.

#### آشکارسازها

آشکارسازها به دو نوع اصلی تقسیم می شوند: آشکارسازهای حرارت و آشکارسازهای نور. در آشکارسازهای حرارت، تشعشع به عنوان گرما جذب می شود که با بالا رفتن دما یک سیگنال خروجی تولید می شود. این نوع همه ی طول موج هایی را که از فیلتر عبور می کند جذب می کنند. چون عملیات به دستیابی به تعادل دمایی بستگی دارد، یک مقدار محدود از تشعشع بسته به اندازه ی حرارت نیاز است. پاسخ گویی سریع به یک ساختار نازک نیاز دارد که ساختن یک آشکارساز با زمان پاسخ گویی ای کمتر از 100 ms آسان نیست. انواع زیادی زمان پاسخ گویی حدود چند ثانیه دارند که این اغلب به مقدار کافی سریع است.



نمودار 1-8: طیف پاسخ گویی آشکارسازهای مختلف

آشکارسازهای نور

در آشکارسازهای نور، فوتون ها، الکترون های لایه ی والانس را به باند هدایت می برند، در صورتیکه انرژی فوتون بسیار بزرگ تر از انرژی بین این دو ناحیه باشد. الکترون های آزاد شده می تواند جریان الکتریکی ای تولید کنند با یکی از حالت های : اعمال یک ولتاژ در سرتاسر قطعه ( حالت هدایت نوری) یا بوسله حضور یک اتصال PN (حالت ولتاژ نوری).

ترموپیل ها

ترموپیل ها از ترموکوپل های مجزا ساخته شده اند که تعدادی از آنها به صورت سری به هم به منظور تقویت خروجی ، متصل شده اند. اتصالات قبل از استفاده سیاه می شوند تا جذب تشعشع افزایش پیدا کند. زمان پاسخ گویی حدود 100 ms است.

Pyro-Electric

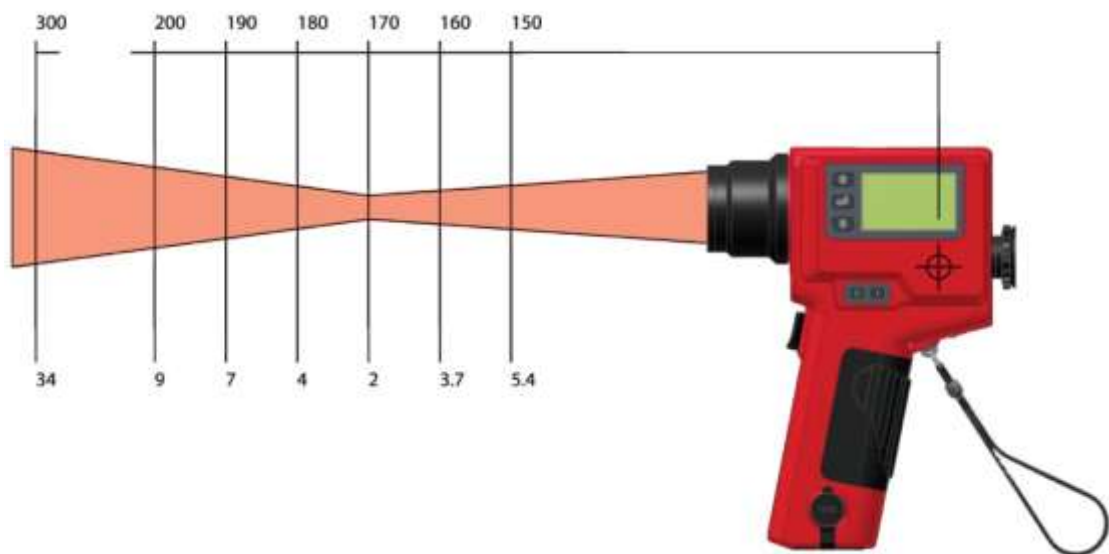
آشکارسازهای پایروالکتریک از یک ماده که به صورت نوار باریکی است تشکیل شده.زمانیکه توسط تشعشع وارد شده گرم می شود، یک بار الکتریکی بین دو طرف ماده تولید می کند ( مانند اثر پیزو الکتریک ). با جدا کردن تشعشع یک ولتاژ متناوب می تواند تولید شود که متناسب با دما و همچنین تشعشع ورودی بالا می رود.

## سیستم اپتیک دماسنج

سیستم اپتیک دماسنج از یک لنز که معمولاً یک لنز کمکی یا پنجره در جلوی آن قرار دارد تشکیل می شود. یک روزنه ناحیه موثر لنز را محدود می کند. هدف استفاده از لنزها به جای یک روزنه ی ساده قابلیت دید اجسام کوچک تر توسط دماسنج است.

دماسنج از یک محدوده ی دید تعیین شده ی دقیق تشعشعات یک محدوده ی دید مخروطی را دریافت می کند. نقطه ی مورد نظر که قرار است دمایش اندازه گیری شود، تقاطع محدوده ی دید با سطح جسم است. این بسیار مهم است که جسم به اندازه ی کافی بزرگ باشد تا به طور کامل محدوده ی دید را پر کند، به عبارت دیگر دمای متوسط جسم و ناحیه ای از پس زمینه ی جسم که در محدوده ی دید است اندازه گیری می شود.

شکل 9-1 دماسنج و محدوده دید آن را نشان می دهد. نمودار اندازه های مورد نیاز جسم در فواصل متفاوت از ماخذ اپتیکال را نشان می دهد. فاصله کانونی دستگاه 170 mm از ماخذ است. یک جسم با حداقل اندازه 2 mm اینجا نیاز است تا مطمئن شویم که محدوده ی دید کاملاً پر شده است.



شکل 9-1 : محدوده ی دید دماسنج



برای محاسبه سایز جسم در هر فاصله ای ۳ عامل نیاز داریم:

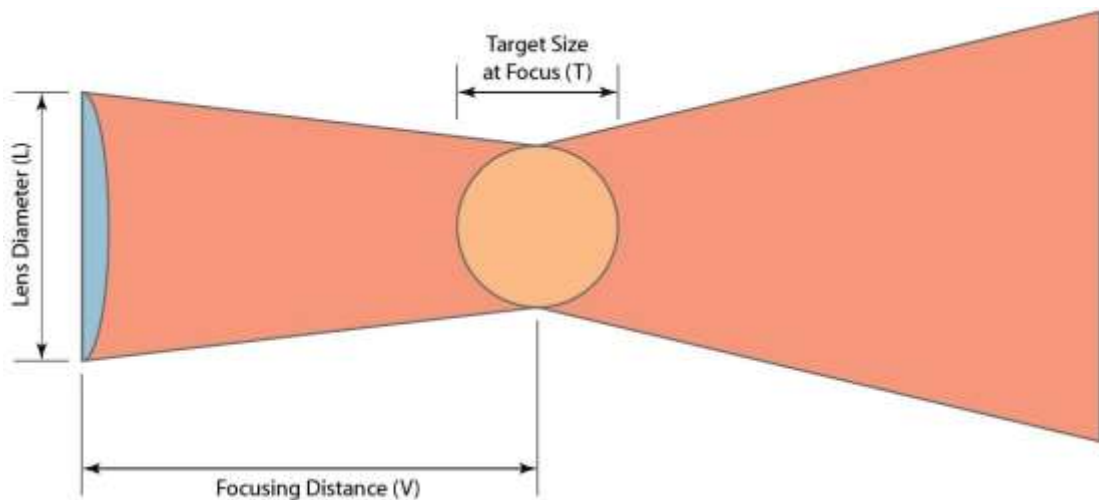
۱. قطر لنز معادل دماسنج (L)

۲. فاصله ی کانونی دماسنج (V)

۳. سایز جسم در فاصله ی کانونی (T)

V از توضیحات دماسنج بدست می آید و T که اندازه ی جسم در فاصله ی کانونی است از جدول اندازه ی جسم بدست می آید. L را می توان از جدول اندازه ی جسم در فاصله ی صفر بدست آورد.

شکل 1-10 محدوده ی دید یک دستگاه با کانون ثابت را نشان می دهد. برای محاسبه اندازه ی جسم در فاصله D از دماسنج طبق فرمول زیر محاسبه می شود:



شکل 1-10: اندازه جسم

تا فاصله ی کانونی V :

$$\text{Target size} = \frac{(T - L) \times D}{V}$$

بیشتر از فاصله ی کانونی V :

$$\text{Target size} = \frac{(T - L) \times D}{V}$$

اگر ما یک دماسنج با لنزی که قطرش 35 mm است را در فاصله ی 600 mm متمرکز کنیم و یک جسم با اندازه ی 30 mm در فاصله ی کانونی داشته باشیم و هدف را در فاصله 1200 mm مشاهده نماییم، اندازه هدف خواهد بود:

$$\text{Target size} = \frac{(30 + 35)}{600} \times 1200 - 35 = 95 \text{mm}$$

برای دستگاه هایی که فوکوس متغیر دارند رنج تنظیم استاندارد از 500 mm تا بی نهایت است. این رنج را می توان با استفاده از لنزهای کمکی به جلوی سیستم اپتیک بهبود بخشید. این موضوع باعث می شود تا بتوان اجسام کوچکتر را در فاصله ی کمتر از 500 mm اندازه گیری کرد. از آنجا که دستگاه قابلیت فوکوس دارد، اندازه ی جسم به آسانی، با تقسیم فاصله ی بین دماسنج و جسم بر محدوده ی دید بدست می آید:

$$d = \frac{S}{FOV}$$

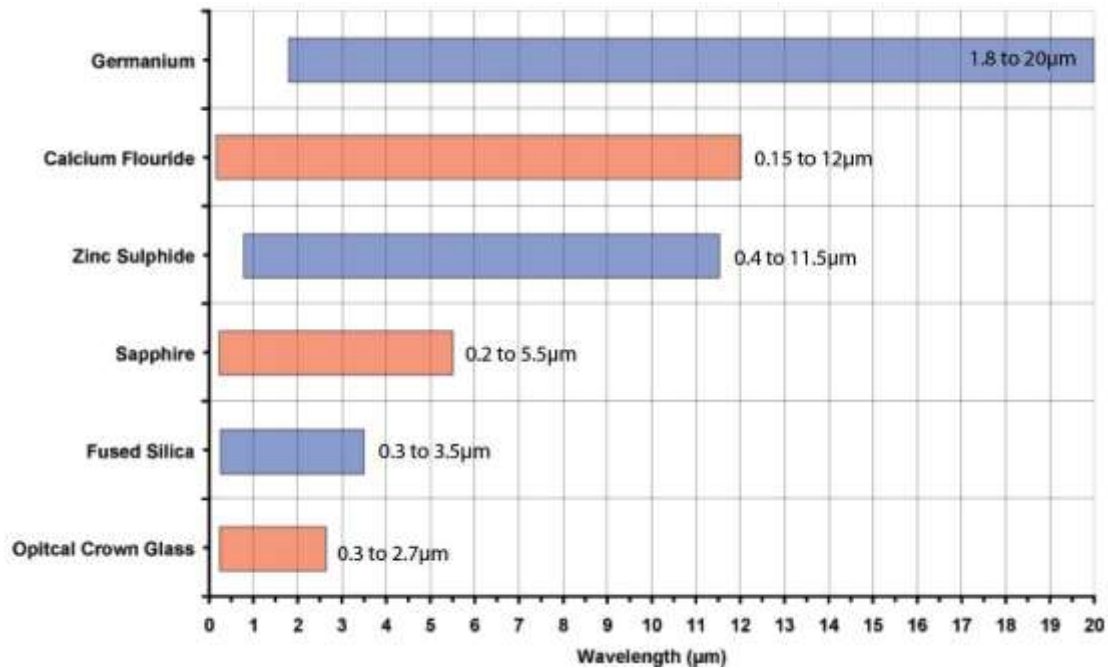
**d=** , اندازه جسم m

**S=** m, فاصله جسم

**FOV=** محدوده ی دید دماسنج

مواد اپتیکی

قسمت اپتیک دماسنج باید طوری طراحی شود که قابلیت عبور تمامی رنج طول موج های مشخص شده را داشته باشد. اگر برای مثال دماسنجی طیف پاسخی ای بین ۸ تا 11.5 μm را داشته باشد، قسمت اپتیک باید توانایی عبور این رنج طول موج را داشته باشد. اگر قطعات قسمت اپتیک از شیشه های محدب ساخته شده باشند، دماسنج نمی تواند جسم را به طور صحیح ببیند. نمودار 8-1 لیستی از مواد اپتیکی همراه با رنج عبوری آنها را نشان می دهد.

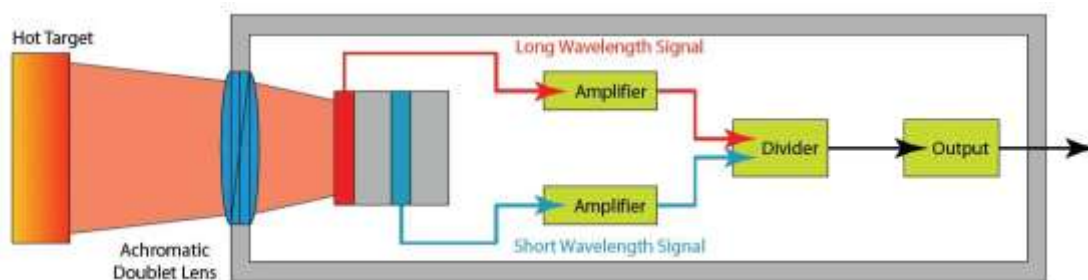


نمودار 9-1: مواد اپتیکی و رنج عبوری

دماسنج نسبی

اکثر دماسنج های مادون قرمز ، تک کاناله هستند. این بدان معنی است که انرژی جسم روی یک آشکارساز متمرکز می شود. برای اندازه گیری دقیق تر ، این دماسنج ها می بایست یک جسم کامل را ببینند. اگر جسم کوچکتر از اندازه ی مشخص شده باشد ، دماسنج دمای میانگین جسم و پس زمینه ی جسم را اندازه گیری کرده و نمایش می دهد. البته دماسنج فقط چیزی را که می بیند اندازه می گیرد. دود، بخار و اجسام جامد در مسیر دید ، باعث کاهش مقدار انرژی مادون قرمز که می خواهد به دماسنج برسد ، می شود که موجب کاهش دمای خوانده شده می شود. دماسنج نسبی (یا Two-colour thermometer) به منظور بر طرف کردن مشکلات دماسنج تک کاناله ساخته شد.

دماسنج نسبی، یک دماسنج دوکاناله است. قسمت اپتیک انرژی را روی یک المان آشکارساز دوتایی متمرکز می کند. خروجی هر دو آشکار ساز تقویت شده و سپس نسبت آنها تولید می شود. این نسبت تابعی از دمای جسم است ( شکل 11-1).



شکل 11-1: دماسنج نسبی

اگر انرژی یک دماسنج نسبی به دلایل: قرار گرفتن مانع در مسیر دید - جسمی که منطقه ی دید را کامل پر نمی کند ، کاهش یابد هر دو آشکارساز به طور برابر تاثیر می پذیرند و نسبت سیگنال های خروجی تغییر نخواهد کرد.

قسمت اپتیک

قسمت اپتیک انرژی مادن قرمز را روی دو آشکارساز متمرکز می کند که در طول موج های متفاوت عمل می کنند. مقدار انحراف انرژی مادن قرمز که از ماده ی اپتیکی یک لنز ساده عبور می کند، به طول موج بستگی دارد - انرژی مادون قرمز طول موج های مختلف با یک مقدار متفاوت در هر طول موج متمرکز می شود. این اثر با عنوان **chromatic aberration** ( انحراف رنگی ) شناخته شده است. واضح است که دماسنج نسبی با توجه به این اثر در دو طول موج عمل می کند.

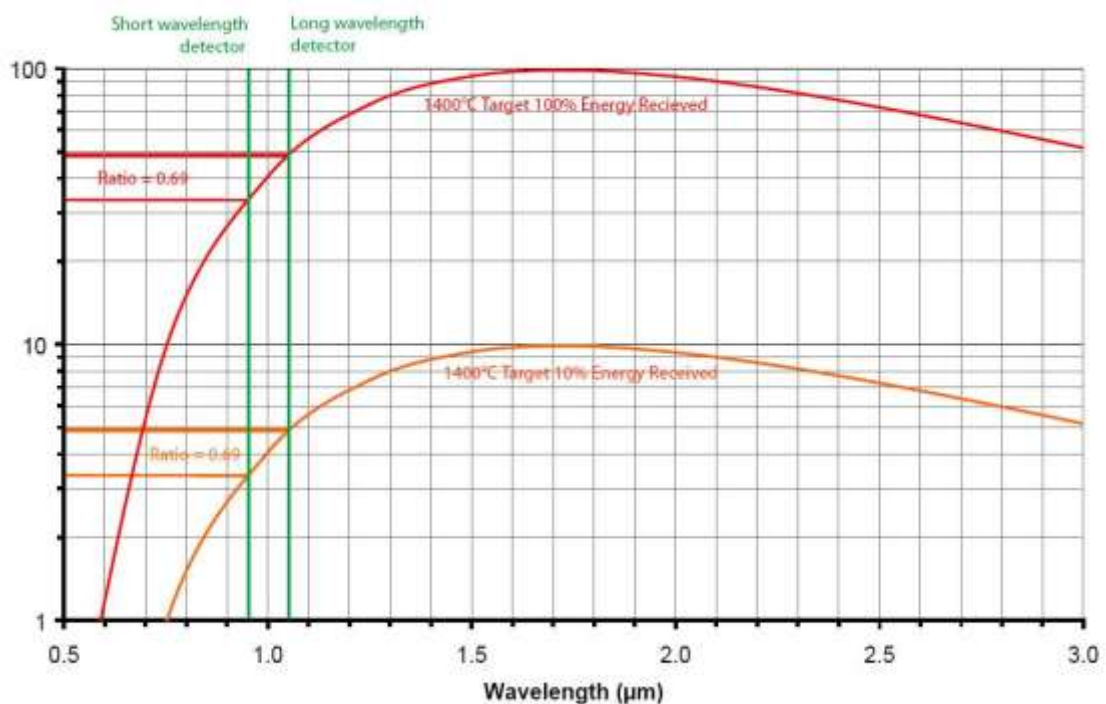
آشکارسازها

آشکارساز استفاده شده در یک دماسنج نسبی برای دمای بالا ، نوعا یک سلول با یک جفت سیلیکون است که در طول موج  $1 \mu\text{m}$  عمل می کند. آشکار ساز در یک دمای ثابت باقی می ماند تا کمترین تغییرات در دماهای متفاوت محیط به وجود بیاید.

### (TDF) The Turn Down Factor

یک دماسنج نسبی همچنین، حتی وقتی که جسم، یک قسمت از منطقه ی دید را پر کرده یا تار (کدر) است، به طور صحیح دما را می خواند. مقدار واقعی ای که می تواند کاهش پیدا کند با TDF تعیین می شود. اگر جسم خیلی کوچک یا خیلی تار باشد به طوریکه انرژی رسیده جهت اندازه گیری ناکافی باشد دماسنج یک آلام تولید می کند و خروجی را به مقدار ماکزیمم با مینیمم می فرستد. در واقع زمانی که از دماسنج نسبی استفاده می کنیم، تنها قسمت کوچکی از محدوده ی دید باید توسط جسم پر شود.

نمودار 1-10 نمودار انرژی ساعت شده به وسیله ی یک جسم گرم شده ، سراسر یک قسمت از طیف مادون قرمز را نشان می دهد. منحنی بالایی، خروجی نسبی یک جسم  $1400^{\circ}\text{C}$  که کاملاً محدوده ی دید دماسنج را پر می کند( 100% انرژی دریافت شده ) نشان می دهد. منحنی پایینی خروجی را زمانیکه یک جسم  $1400^{\circ}\text{C}$  محدوده ی دید را پر نکرده یا اینکه پر کرده اما موانعی در مسیر دید قرار دارند ( 10% انرژی دریافت شده ) نشان می دهد. همانطور که دیده می شود، اگر چه انرژی دریافتی از جسم به طور قابل توجهی کاهش یافته، نسبت بدون تغییر باقی می ماند. اگر انرژی رسیده به یک دماسنج به دلایل ذکر شده کاهش یابد، هر دو آشکارساز به طور برابر متاثر خواهند بود و سیگنال نسبی بدون تغییر باقی می ماند.



نمودار 1-10: مقایسه ی خروجی دماسنج نسبی برای جسم مشابه با 0% و 90% مانع

TDF عموماً بر حسب درصد و Emissivity جسم بیان می شود. برای یک دماسنج نسبی استاندارد TDF در مقداری حدود 5% برای دماهای بین  $900^{\circ}\text{C}$  تا  $1700^{\circ}\text{C}$  ثابت باقی می ماند. زمانی که جسم مورد نظر Blackbody باشد، اگر TDF برابر 5% باشد بدان معنی است که اندازه ی جسم می تواند حداکثر تا مقدار ۵ درصد spot size دماسنج، کاهش یابد. اگر اندازه جسم کوچکتر از ۵ درصد spot size باشد دماسنج فرض می کند که موانع زیادی سر راه بوده و انرژی رسیده از جسم برای اندازه گیری قابل اطمینان ناکافی می باشد. دماسنج آلامی تولید خواهد کرد و خروجی را به مقدار مازیمم یا مینیمم می فرستد.

در دماهای پایین تر، برای مثال  $700^{\circ}\text{C}$  ، TDF مقداری بسیار کمتر از 50% است. این بدان معنی است که ناحیه ی پر شده از محدوده ی دید دماسنج می تواند بین 50% تا 100% باشد. طبق این شرایط اگر محدوده ی دید کمتر از 50% پر شود دماسنج به "turn down" خواهد رفت.

حداقل اندازه ی جسم برای یک دماسنج نسبی با Emissivity جسم تغییر می کند. اگر برای مثال یک دماسنج دارای TDF=5% باشد، زمانی که جسم مورد نظر Blackbody باشد، اندازه ی جسم می تواند حداقل اندازه یعنی 5% باشد. اگر Emissivity ی جسم 0.1 باشد، حداقل اندازه ی جسم می باید 50% باشد.

$$\text{Minimum area of FOV} = \frac{TDF}{\epsilon}$$

باید توجه کرد که در کاربرد هایی از دماسنج نسبی که جسم و پس زمینه ی آن هم دما هستند، یک مشکل وجود دارد. برای مثال اگر دمای جسم مورد نظر  $800^{\circ}\text{C}$  و 50% محدوده ی دید را پر کند و 50% بقیه توسط پس زمینه که در دمای  $700^{\circ}\text{C}$  است پر کند، دماسنج دما  $779^{\circ}\text{C}$  را نشان می دهد. اگر دمای پس زمینه پایین تر باشد، سهم آن خیلی کوچک است ( اگر چه مقدار ناحیه ی پر شده توسر آن بزرگ باشد) و خطاها ناچیز هستند. مهم است بدانیم که دماسنج نسبی دمای بالاتر را انتخاب نمی کند بلکه یک جور میانگین دما را گزارش می دهد به همان ترتیب که دماسنج تک کاناله عمل می کند.

### Emissivity and Non-Greyness

برای یک دماسنج تک کاناله، ضروری است که مقدار Emissivity جسم را پیش بینی کنیم تا مقدار صحیح دمای جسم را بیان کنیم. در دماسنج نسبی دو کانال وجود دارد که در طول موج های متفاوت عمل می کنند، در نتیجه دو مقدار Emissivity وجود دارد.

دماسنج تک کاناله :  $S = \epsilon F(T)$

دماسنج دو کاناله :  $S = \frac{\epsilon_1 F(T)}{\epsilon_2 F(T)}$

ماده ای که Emissivity آن با طول موج ثابت می ماند به عنوان greybody شناخته شده است. از فرمول بالا می توان مشاهده کرد که اگر یک دماسنج نسبی در مقابل یک جسم greybody قرار گیرد

( هر دوی Emissivity ها در هر طول موج دقیقاً برابرند ) سپس مقادیر Emissivity حذف خواهد شد و دما بدون در نظر گرفتن Emissivity بدست می آید. در حقیقت، به ندرت در طول موج های متفاوت، Emissivity ی مواد برابر است و نسبت واقعی Emissivity ها در هر طول موج به عنوان یک جسم Non-greybody در نظر گرفته می شود.

از آنجا که در دماسنج نسبی دو مقدار Emissivity متفاوت را می بیند، یک آشکارساز انرژی بیشتری را از دیگری می بیند و این باعث خطا در اندازه گیری می شود. کنترل Non-Greyness در دماسنج نسبی را می توان تنظیم کرد تا برابر نسبت Emissivity ها در هر دو طول موج یا مقدار Non-Greyness جسم شود. این قسمت شبیه تنظیم مقدار Emissivity در یک دماسنج تک کاناله است و باعث از بین بردن خطای اندازه گیری در آن مقدار ویژه ی Non-Greyness جسم می شود. اگر Emissivity های جسم به طور برابر تغییر کند، هیچ خطایی در اندازه گیری وجود نخواهد داشت. در حقیقت اگرچه، رابطه ی بین Emissivity ها در هر دو طول موج ثابت باقی نمی ماند و حتی در یک تغییر کوچک در Non-Greyness می تواند باعث یک خطای بزرگ در اندازه گیری شود.

#### ارزیابی خطاها بسته به تغییر در Non-Greyness

یک روش ارزیابی خطای یک دماسنج نسبی در زمان تغییر در Non-Greyness استفاده از محاسبه Percent-Per-Degree که قبلاً بحث شده، می باشد. برای این کار می بایست یک مقدار  $\% / ^\circ\text{C}$  را برای دماسنج نسبی در دمای مورد نظر بدست آوریم.

می توان نشان داد که طول موج موثر برای یک دماسنج نسبی که برای مثال در  $0.95\mu\text{m}$  و  $1.05\mu\text{m}$  عمل می کند تقریباً  $10\mu\text{m}$  خواهد بود.

طول موثر به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad \text{طول موج هایی که دماسنج در آنها عمل می کند} = \lambda_1 , \lambda_2$$

زمانی که طول موج موثر را بدست آوریم، دوباره می توانیم مقدار  $\% / ^\circ\text{C}$  را برای جسمی با دمای مثلاً  $1000\text{ }^\circ\text{K}$  محاسبه کنیم.

$$\% / ^\circ\text{C} = 100 \times \frac{14388}{10 \times 1000^2} = 0.14$$

مقدار  $^{\circ}C / \%$  جهت محاسبه ی خطاها استفاده می شود.

$$\text{Measurement error} = \frac{\% \text{ error in non - greyness}}{\% / C}$$

برای دماسنج نسبی بالا با مقدار  $^{\circ}C / \%$  برابر با ۰.۱۴ ، اگر مقدار Non-Greyness جسم ۱.۱۱۵ باشد و تنظیمات Non-Greyness روی دستگاه ۱.۱۵۰ باشد، خطای اندازه گیری به صورت زیر محاسبه می شود: non-Greyness error = -3%

$$\text{Measurement error} = \frac{-3.0}{0.14} = 21.43^{\circ}C$$

حالا مقایسه نتیجه ی بالا با یک دماسنج استاندارد  $1 \mu m$  که در حال اندازه گیری یک جسم با دمای  $1000^{\circ}K$  می باشد جالب است. همانطور که در قسمت قبل محاسبه شد، یک دماسنج تک طول موجی در این دما مقدار  $^{\circ}C / \%$  برابر با ۱.۴۴ خواهد داشت. اگر Emissivity جسم ۰.۷۷ باشد و تنظیمات Emissivity روی دستگاه ۰.۸ باشد، خطای اندازه گیری به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{non-Greyness error} = -3\%$$

$$\text{Measurement error} = \frac{-3.0}{1.44} = 2.08^{\circ}C$$

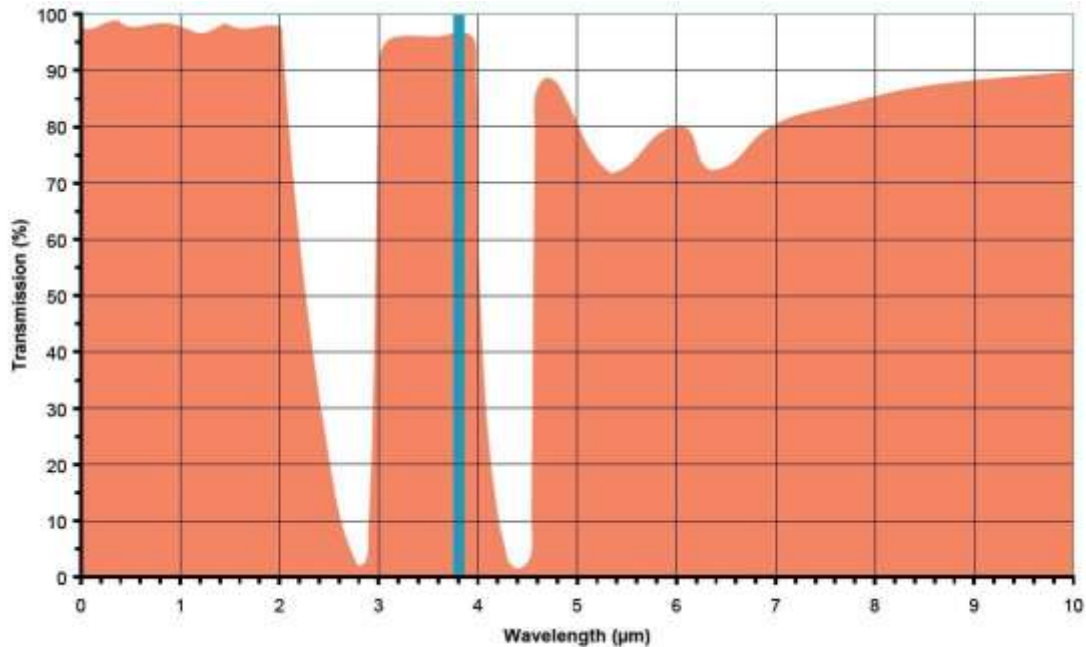
به طور واضح مشاهده می شود که یک تغییر کوچک در Non-Greyness می تواند باعث یک خطای بزرگ در اندازه گیری شود. باید توجه داشت که کنترل Non-Greyness در یک دماسنج نسبی می بایست ۱۰ برابر دقیق تر از کنترل Emissivity در یک دماسنج تک کاناله باشد تا بتوان دقت اندازه گیری مشابهی داشت.

### عبور مادون قرمز از میان جو

دود، بخار و اجسام جامد در مسیر دید دماسنج انرژی مادون قرمز ساطع شده ی آن را کاهش داده و باید از آنها حتی الامکان دوری کنند. نمودار 1-11 عبور مادون قرمز از میان جو را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، تعدادی طول موج وجود دارد که عبور آنها خیلی ضعیف است. در این نواحی بخار و  $CO_2$  موجود در جو انرژی مادون قرمز را جذب می کنند. مقدار واقعی جذب به طول مسیر و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. این نکته مهم است که دماسنج در طول موج هایی که در ناحیه ی جذب هستند عمل نمی کند.



دماسنج ها برای عمل کردن در "Infrared Windows" طراحی می شوند که انتقال و عبور بسیار بالاست. این نواحی برابر  $1\mu\text{m}$ ،  $1.6\mu\text{m}$ ،  $3.9\mu\text{m}$  و  $8-14\mu\text{m}$  هستند. داشتن یک فیلتر در جلوی آشکارساز جهت اطمینان از اینکه طیف پاسخ گویی مطابق با Infrared windows باشد، متعارف است.



نمودار 1-11: عبور مادون قرمز از میان جو

اجسام نیمه شفاف

در کاربردهایی که اندازه گیری دمای یک جسم نیمه شفاف ضروری است، مانند نوار شیشه ای یا پلاستیکی، به عبور ، جذب و بازتابش توجه زیادی باید کرد. انرژی مادون قرمز رسیده به یک دماسنج از یک جسم گرم ، مجموع سه کمیت است:

۱. اشعه ی ساتع شده که وابسته به دمای جسم است.

۲. اشعه ی ساتع شده از پس زمینه که جسم آن را بازتابش می دهد.

۳. اشعه ی عبوری از جسم

همانطور که قبلا بیان شد، اگر  $a$ ،  $t$  و  $r$  مقادیر جزعی جسم برای جذب ، عبور و بازتابش باشند، سپس :

$$a+r+t = 1$$

سیگنال خروجی دماسنج که در حال اندازه گیری یک جسم نیمه شفاف است به شکل زیر است:

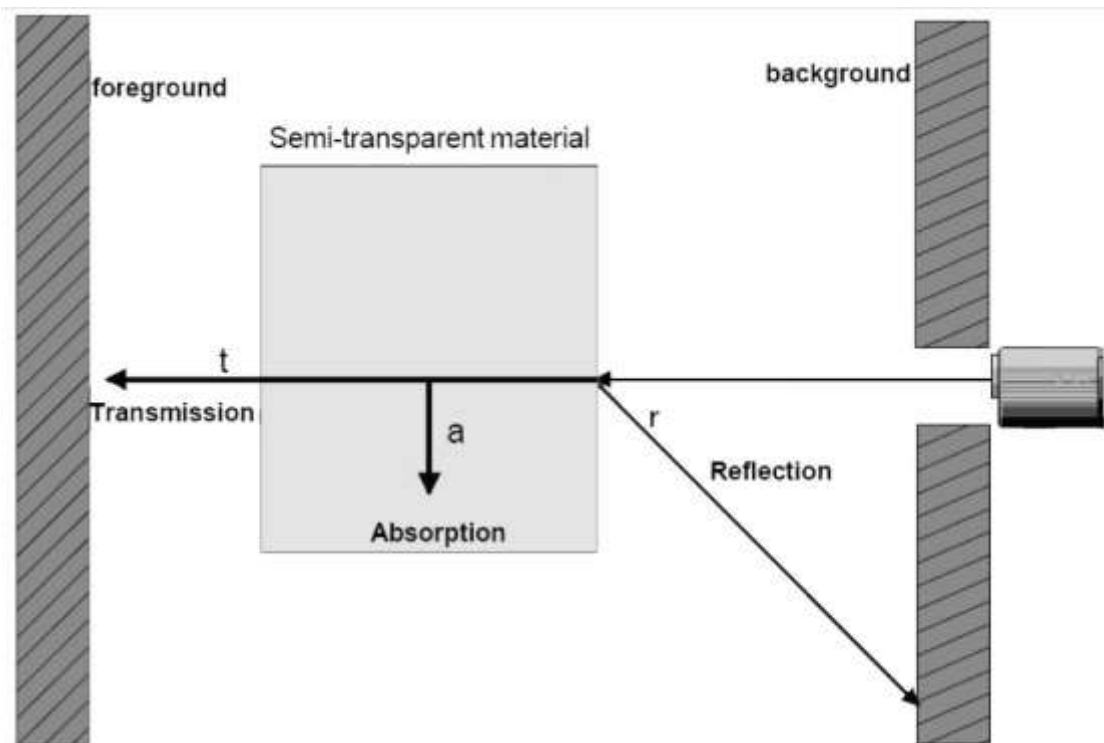
$$S = a \times F(T) + r \times F(T_B) + t \times F(T_F)$$

$T =$  دمای جسم ،  $K$

$T_B =$  دمای پس زمینه ،  $K$

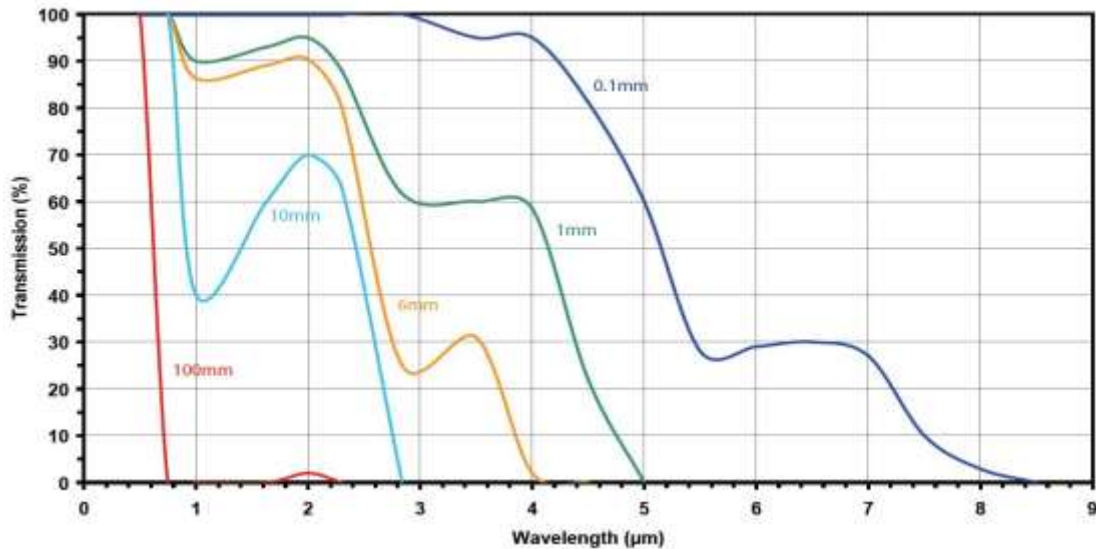
$T_F =$  دمای پیش زمینه ،  $K$

از شکل 1-12 می توان مشاهده کرد که اتلاف بازتابش در سطح جلویی ماده وجود خواهد داشت و انرژی باقیمانده جذب خواهد شد. انرژی ای که نه جذب و نه بازتاب شده از ماده عبور کرده و در پیش زمینه متوقف می شود. جذب و عبور یک ماده ی نیمه شفاف به ضخامت ماده بستگی دارد. انتقال(عبور) یک ماده ی نیمه شفاف با افزایش ضخامت کاهش پیدا می کند. اگر بازتابش ثابت بماند ، جذب و در نتیجه Emissivity با کاهش عبور(انتقال) افزایش می یابد.



شکل 1-12: جسم نیمه شفاف

نمودار 1-12 تغییرات عبور مادون قرمز از میان شیشه با ضخامت و طول موج را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود: در نطول موج  $2\mu\text{m}$  ، این نوع خاص از شیشه در ضخامت  $1\text{mm}$  حدود  $94\%$  عبور می دهد و در ضخامت  $100\text{mm}$  حدود  $2\%$ .



نمودار 1-12: عبور مادون قرمز از میان شیشه

زمانی که یک دماسنج را برای اندازه گیری یک جسم نیمه شفاف انتخاب می شود، باید از دو موضوع اطمینان حاصل کرد:

- جسم باید در طول موجی که عبور (t) پایین است اندازه گیری شود.
  - جسم باید ضخامت کافی داشته باشد تا عبور (t) به یک مقدار خیلی کمی کاهش یابد.
- دو کاربرد بسیار متعارف اندازه گیری اجسام نیمه شفاف در تولید و فرایند شیشه و نوارهای پلاستیکی است.

### اندازه گیری دمای پایین

زمانی که یک دماسنج مادون قرمز برای اندازه گیری یک دمای پایین (زیر  $40^{\circ}\text{C}$ ) استفاده شود، تعدادی عوامل وجود دارد که باید مورد توجه واقع شود. اگرچه جسم گرم است و انرژی مادون قرمز ساعت می کند، باید دانست که آشکارساز داخل دستگاه ، هم دمای محیط خواهد بود و مستعد تشعشع مادون قرمز به سمت جسم خواهد بود. مقدار انرژی ساعت شده به دمای جسم و آشکارساز بستگی دارد. تشعشع خالص در آشکارساز مقدار دریافت شده از جسم منهای مقدار ساعت شده از آشکارساز می باشد، این شرایط قابل قیاس با یک ترموکوپل است که خروجی به تفاوت بین اتصالات گرم و سرد بستگی دارد.

با یک سیستم اندازه گیری بر مبنای ترموکوپل، خنثی سازی (اصلاح اتصال سرد) جهت بدست آوردن مقدار صحیح دما نیاز است. یک نوع خنثی سازی مشابه نیز در دماسنج های مادون قرمز برای دماهای پایین جهت خنثی سازی مقدار انرژی ساع شده توسط آشکار ساز که می توان با انرژی دریافت شده از جسم مقایسه شود، نیاز است. مقدار انرژی ساع شده به وسیله ی آشکار ساز با دمای آشکار ساز تغییر می کند که متاثر از دمای محیط می باشد. برای حل این مشکل، دمای آشکار ساز توسط یک سنسور داخلی ، اندازه گیری شده و این مقدار در قسمت پردازش سیگنال خنثی می شود. در اندازه گیری اجسام با دمای بالا (بالای 200°C ) اثر انرژی ساع شده به وسیله آشکارساز خیلی کم و قابل صرفنظر کردن است.

### پردازش سیگنال

چند مرحله پردازش سیگنال باید انجام شود قبل از اینکه اندازه گیری دمای قابل قبولی صورت گیرد.

انرژی ساع شده از آشکار ساز باید خنثی شود که این عمل با اندازه گیری دمای خود آشکارساز و جمع کردن آن با خروجی آشکار ساز انجام می شود.

بازتابش های پس زمینه نیز باید خنثی گردد. اندازه ی مولفه ی بازتاب شده، به دمای پس زمینه و قابلیت بازتابش جسم بستگی دارد. سیستم پردازش سیگنال از تنظیمات **Emissivity** استفاده می کند تا مقدار بازتابش ( $r=1-\epsilon$ ) را بدست آورد و این مقدار را در دمای فرض شده ی پس زمینه ضرب کند. از این راه می توان مقدار مولفه ی بازتاب شده را بدست آورد و از سیگنال بعد از اصلاح اتصال سرد کم کرد. معمولا دمای پس زمینه برابر با دمای آشکارساز فرض می شود.

و در آخر سیگنال به خنثی سازی **Emissivity** و خطی سازی نیاز دارد.

## فصل دوم

### معرفی قطعات سخت افزاری و تشریح مدار عملی

مداری که در اینجا استفاده شده بر مبنای خواص مادون قرمز و نیز امواج اولتراسونیک ساخته شده است. عملکرد مدار به این صورت می باشد که تشعشعات مادون قرمز ساطع شده از جسم مورد نظر توسط سنسوری که در مدار به کار رفته، دریافت می گردد و بعد از پردازش روی خروجی سنسور، توسط میکروکنترلر دمای جسم بر روی LCD نمایش داده می شود.

### میکروکنترلر AVR

میکروکنترلرها مجموعه ای از پردازنده ، حافظه و تعداد زیادی عناصر دیجیتال می باشد. با استفاده از میکروکنترلر AVR می توان کارهای متنوعی چون کنترل سیستم ها ، طراحی مدار دیجیتال ، ساخت فیلتر ، ساخت سیستم نرم افزاری و ... را انجام داد. خانواده ی AVR روز به روز در حال گسترش است و شامل گروه های زیر می باشد :

#### • ATtiny سری

- حافظه ی برنامه 1-8 kB
- 8-32-pin package
- ابزارهای پیرامونی محدود
- اعضای این خانواده عبارتند از : ATTiny10 ، ATTiny11 ، ATTiny12 ، ATTiny13 ، ATTiny15 و .....

#### • AT90S سری کلاسیک

- این خانواده توانایی بیشتری نسبت به Tiny ها دارند از جمله افزایش حافظه ی برنامه ، حافظه ی داده و .....
- اعضای این خانواده عبارتند از : AT90S1200 ، AT90S2313 ، AT90S2323 ، AT90S2343 ، AT90S4433 و ...

• megaAVR سری ATmega

- حافظه ی برنامه 4–256 kB
- 28–100-pin package
- دستورات گسترش یافته (دستور ضرب و دستوراتی برای مدیریت حافظه ی برنامه ی بزرگ)
- ابزار پیرامونی گسترش یافته
- اعضای این خانواده عبارتند از : ATmega2560 ، ATmega48 ، ATmega329 ، ATmega32 و ATmega8 ...

• XMEGA سری ATxmega

- حافظه ی برنامه 16–384 kB
- 44–64–100-pin package (A4, A3, A1)
- ویژگی های عملکردی گسترش یافته ، مانند ، " سیستم رویداد گرا "
- DACs ابزار پیرامونی گسترش یافته مانند

• AVR های کاربرد خاص

- به همراه ویژگی های خاصی که در سایر اعضای خانواده پیدا نمی شود مانند ، کنترل کننده ی LCD ، کنترلر USB ، PWM پیشرفته ، CAN و ...

**معماری AVR ها**

همانطور که می دانید **ALU** عنصری است که قادر به انجام چند نوع عملیات مختلف بر روی ورودی می باشد که با استفاده از پایه های کنترل می توان عمل مورد نظر را انتخاب کرد. منظور از معماری نوع طراحی مدارات داخلی و دستوراتی است که یک میکروکنترلر می تواند اجرا کند ، است. معماری AVR ها از نوع **RISC (Reduced instruction Set Computer)** کامپیوتر با مجموعه دستورات کاهش یافته است.

از ویژگی های معماری **RISC** می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- ۱- دستور العمل ها در این نوع معماری دارای سبک ثابت می باشند و بنابراین دیکد کردن آنها بسیار ساده تر است.
- ۲- تعداد کم دستورات و سریع الاجر ( تعداد دستورات بین ۸۹ تا ۱۳۵ متغیر است ).
- ۳- مهمترین مشخصه ی این معماری این است که بیشتر دستورات در یک پالس ساعت اجرا می شوند و به همین دلیل سرعت اجرای برنامه بالا است.

## ساختار پردازنده ی AVR

در میکروکنترلرهای AVR یک واحد مرکزی وجود دارد که تمام فعالیت های میکرو را مدیریت می کند و همچنین وظیفه ی کنترل تجهیزات جانبی و ارتباط با حافظه ها را برعهده دارد. این واحد MCU ( Master Control Unit ) نام دارد.

حافظه میکروکنترلرهای AVR به دو قسمت " حافظه ی برنامه " و " حافظه ی داده " تقسیم می شود ، همچنین برای ارتباط با هر یک از این قسمت ها از گذرگاه های مجزا استفاده می شود. معماری هاروارد در مقایسه با معماری سنتی فون نیومن که از طریق یک گذرگاه مشترک به داده و برنامه دسترسی پیدا می کند ، پهنای باند بهتری دارد.

### رجیسترهای عمومی

تعداد این رجیستر ها ۳۲ عدد بوده و عبارتند از R0 تا R31 که هر کدام از این رجیسترها هشت بیت هستند و با واحد ALU در ارتباط مستقیم می باشند.

### واحد ALU

این واحد وظیفه ی انجام عملیات منطقی و ریاضی مانند ADD ، SUB ، AND و..... را دارد .

### IR ( رجیستر دستور Instruction Register )

این رجیستر ، کد دستوری را که از حافظه ی فلش خوانده شده و باید اجرا شود را در خود جای می دهد.

### ID ( واحد رمزگشایی دستور Instruction Decoder )

این واحد تشخیص می دهد کد واقع در IR مربوط به کدام دستورالعمل می باشد و سیگنال های کنترلی لازم را برای اجرای آن صادر می کند.

### PC ( شمارنده ی برنامه Program Counter )

شمارنده ی برنامه آدرس دستورالعمل بعدی را که باید اجرا شود را در خود جای می دهد و با اجرای هر دستورالعمل محتوای شمارنده برنامه افزایش یافته و به آدرس دستورالعمل بعدی اشاره می کند.

### نحوه ی عملکرد واحد CPU

پس از روشن شدن میکرو یک مقدار پیش فرض برای شروع در شمارنده ( PC ) قرار می گیرد که معمولا 0000H است. سپس CPU دستورالعمل شماره ی PC را فراخوانی می کند و در IR قرار می دهد.

سپس واحد رمز گشا متناسب با دستور موجود در IR سیگنال کنترلی را برای انجام عملیات مورد نظر ( جمع ، تفریق و ... ) به ALU می فرستد و ALU عملیات مشخص شده را روی داده انجام می دهد و مقدار PC تغییر می کند و آدرس دستورالعمل بعدی که باید اجرا شود در آن قرار می گیرد.

### خط لوله ( Pipelining )

در گونه ای از پردازنده ها CPU ابتدا دستور را فراخوانی می کند ، سپس دستور را اجرا و در مرحله ی بعد ذخیره می کند. اما در معماری AVR این قابلیت وجود دارد که هنگامی که CPU در حال اجرای دستوری است ، همزمان دستور بعدی را نیز فراخوانی می کند و دستور قبلی را ذخیره می کند. به این عمل Pipelining می گویند که سرعت را به نحو چشم گیری افزایش می دهد.

### رجیستر وضعیت ( SREG )

این بخش یک رجیستر هشت بیتی است که CPU متناسب با دستوراتی که اجرا می کند و نتیجه ی اعمال انجام شده بیت های آن را صفر یا یک می کند.

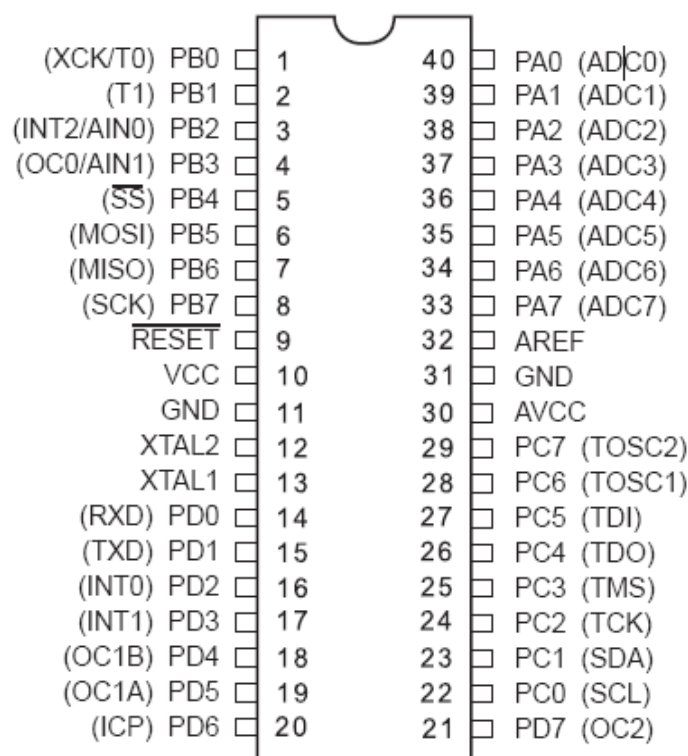
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	جدول: 2-1
I	T	H	S	V	N	Z	C	

پرچم کری (C): اگر رقم نقلی خارج شده از بیت هفتم در این بیت قرار می گیرد.  
 پرچم صفر (Z): اگر نتیجه ی یک عملیات منطقی یا محاسباتی صفر شود این بیت یک می شود.  
 پرچم منفی (N): اگر نتیجه ی یک عملیات محاسباتی یا منطقی منفی شود این بیت یک خواهد شد.  
 پرچم سرریز (V): هنگامی که نتیجه ی یک عملیات بیش از هشت بیت شود این بیت یک می شود که نشان دهنده ی ناصحیح بودن محاسبات است.  
 پرچم علامت (S): پرچم علامت همواره نتیجه ی XOR بین پرچم های N و V می باشد.  
 پرچم نیم کری (H): اگر بیت نقلی ۳ به ۴ در این بیت قرار می گیرد.  
 بیت (T): هنگام استفاده از دستورات اسمبلی کپی کردن بیت ها از این بیت به عنوان مقصد یا مبدا استفاده می شود.  
 بیت فعال سازی وقفه سراسری (I): در صورت یک کردن این بیت وقفه ی سراسری فعال می شود. اگر این بیت صفر باشد هیچ وقفه ای رخ نمی دهد.



## I/O پورت

پورت ها مسیر ارتباطی میکرو با دنیای بیرون هستند. در واقع از طریق پورت ها است که میکرو می تواند داده ها را به بیرون از خود منتقل کرده یا داده ای از بیرون دریافت کند. تعداد پورت ها در AVR ها بسته به سری ساخت متفاوت می باشد. نامگذاری پورت ها در AVR ها به صورت PORTA ، PORTB ، PORTC و ... می باشد. که هر کدام از هشت پایه تشکیل شده اند یا به عبارتی یک پورت هشت بیتی هستند. پورت ها علاوه بر نقش ورودی ، خروجی بودن در میکرو وظایف دیگری نیز دارند به عنوان مثال پورت A در ATmega32 ورودی آنالوگ برای ADC و مقایسه کننده ی آنالوگ نیز هست. پایه هایی که می توان از آنها به عنوان پورت استفاده کرد به همراه نام پورت برای ATmega32 در شکل 2-1 نشان داده شده اند.



شکل 2-1: مشخصات پایه های

## ATmega32

### ساختار پورت I/O

همانطور که در شکل دیده می شود هر یک از پین های I/O دارای یک مدار محدود کننده یا برش دهنده ( دو دیود ورودی ) برای محافظت در مقابل ولتاژ منفی یا ولتاژهای بزرگتر از VCC است. همچنین دارای یک مقاومت بالاکش ( pull-up ) داخلی می باشد. این مقاومت ها را می توان به صورت دلخواه فعال یا غیرفعال کرد.

بافر خروجی در هر پین ، آن را قادر می سازد تا ۲۰ میلی آمپر جریان کشی / جریان دهی کند. بنابراین می تواند یک LED را روشن کند. توجه کنید در صورت استفاده نکردن از این بافر جریان باید از مدار داخلی کشیده می شد که عملی نبود اما اکنون جریان از VCC کشیده می شود.

### فیوزبیت

فیوزبیت ها بخشی از حافظه ی FLASH می باشند که با برنامه ریزی آنها یک سری امکانات در اختیار کاربر قرار خواهد گرفت. فیوزبیت ها با ERASE کردن حافظه ی FLASH از بین نمی روند. در جدول 2-2 برخی فیوزبیت های به کار گرفته شده در AVR ها لیست شده است. توجه داشته باشید که در فیوزبیت ها صفر به معنای برنامه ریزی شدن و یک به معنای برنامه ریزی نشدن است.

عملکرد	فیوزبیت
این فیوزبیت برای فعال کردن قابلیت برنامه ریزی از طریق رابط SPI می باشد و در حالت پیش فرض برنامه ریزی شده است	SPIEN
با برنامه ریزی کردن این فیوزبیت در صورت ERASE کردن میکروکنترلر حافظه ی EEPROM داخلی پاک نمی شود	EESAVE
این دو فیوزبیت برای انتخاب مقدار حافظه ی BOOT مورد استفاده قرار می گیرند	BOOTSZ0 و BOOTSZ1
این فیوزبیت ها برای انتخاب منبع تولید پالس مورد استفاده قرار می گیرند	CKSEL3...0
این فیوزبیت برای انتخاب پالس ساعت نوسان ساز مورد استفاده قرار می گیرد	CKOPT
این فیوزبیت ها برای تنظیم زمان Startup به کار می روند	SUT0...1
با برنامه ریزی شدن این فیوزبیت تایمر نگهبان همیشه فعال می ماند	WDTON

جدول ۲-۲: فیوزبیت های AVR

## سیستم کلاک و تایمر در AVR

همانطور که می دانید مدارهای ترتیبی مانند میکروکنترلرهای AVR برای راه اندازی نیاز به یک پالس ساعت دارند. این پالس ساعت که در واقع یک موج مربعی است میکروکنترلر را قادر می سازد تا دستورات را پشت سر هم اجرا کند. در میکروکنترلرهای AVR در هر پالس ساعت یک دستور اجرا می شود. منابع مختلفی برای تولید پالس ساعت در AVR ها در نظر گرفته شده است که شامل نوسان ساز کریستالی ، نوسان ساز RC خارجی ، نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین ، نوسان ساز RC داخلی و پالس ساعت خارجی می باشند. کاربر با استفاده از فیوزبیت های CKSEL3..0 می تواند منبع تولید پالس مورد نظر خود را انتخاب کند. در جدول 2-3 کد های مربوط به انتخاب منبع تولید پالس آورده شده است. در این جدول صفر به معنای برنامه ریزی شدن و یک به معنای برنامه ریزی نشدن فیوزبیت مربوط است.

منبع تولید پالس	CKSEL3...0
کریستال خارجی	1111 - 1010
کریستال خارجی فرکانس پایین	1001
نوسان ساز RC خارجی	1000 - 0101
نوسان ساز کالیبره شده ی RC داخلی	0100 - 0001
کلاک خارجی	0000

جدول 2-3: فیوز بیت های مربوط به منبع پالس

منظور از 1010 – 1111 در کریستال خارجی این است که می توان اعداد باینری بین 1010 تا 1111 را برای استفاده از کریستال خارجی به کار برد اما هر کدام مربوط به فرکانس خاصی می باشد. همچنین منظور از برنامه ریزی به فرم 1010 این است که:

$$CKSEL3 = 1, CKSEL2 = 0, CKSEL1 = 1, CKSEL0 = 0 \text{ و برنامه ریزی شوند.}$$

هنگامی که CPU از حالت Power-down یا Power-Save خارج می شود پالس ساعت انتخاب شده با کمی تاخیر به میکرو اعمال می شود این تاخیر زمانی که به منظور پایدار شدن پالس ساعت قبل از شروع به کار در نظر گرفته شده است را زمان Startup می نامند. هنگامی که CPU از حالت Reset خارج می شود به زمان بیشتری برای پایدار شدن منبع تغذیه نیاز دارد .

زمان Startup توسط تایمر Watchdog قابل تنظیم است و فیوزبیت های SUT0 و SUT1 برای این منظور به کار می روند که توسط آنها می توان زمان های تاخیر 0 ، 4.1ms و 65ms را ایجاد نمود.

### نوسان ساز کریستالی خارجی

برای استفاده از کریستال خارجی می توانید کریستال خارجی را به پایه های XTAL1 و XTAL2 متصل کنید.

### نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین

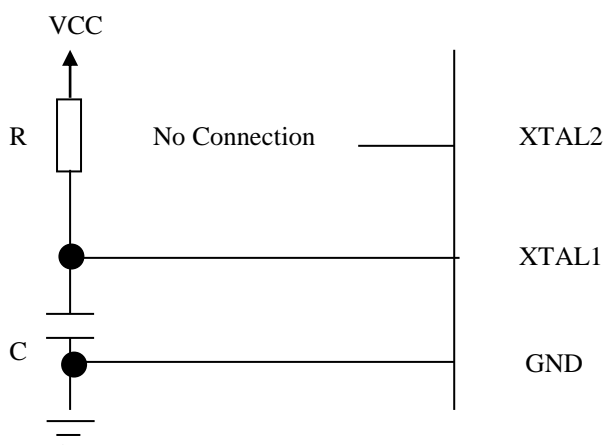
اگر از یک کریستال ۳۲/۷۶۸ KHZ به عنوان منبع تولید پالس استفاده کنید کریستال را به پایه های XTAL1 و XTAL2 متصل کنید و در صورتی که فیوزبیت CKOPT را برنامه ریزی کنید یک خازن داخلی 36pf بین دو پایه ی ورودی فعال می شود و دیگر نیازی به استفاده از خازن نیست. با برنامه ریزی SUT1..0 به صورت جدول 2-4 می توان زمان Startup را تنظیم نمود:

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V <sub>CC</sub> = 5.0V)	Recommended Usage
00	1K CK	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled
01	1K CK	65 ms	Slowly rising power
10	32K CK	65 ms	Stable frequency at start-up
11	Reserved		

جدول 2-4: فیوز بیت های ساز کریستالی

### نوسان ساز RC خارجی

می توان از مدار RC مانند شکل به عنوان نوسان ساز استفاده نمود که در این حالت فرکانس نوسان ساز از فرمول  $F = \frac{1}{3RC}$  بدست می آید. در این فرمول خازن حداقل 22pf و مقاومت  $3k < R < 100k$  می باشد.



شکل 2-2: نوسان ساز خارجی

در صورت برنامه ریزی CKOPT یک خازن داخلی ۳۶pf فعال می شود و دیگر نیازی به استفاده از خازن خارجی نمی باشد. این نوسان ساز می تواند در چهار محدوده کار کند که برای انتخاب نواحی باید فیوزبیت های CKSEL3...0 را مطابق جدول 2-5 تنظیم کنید:

محدوده ی فرکانس ( MHz)	CKSEL0...3
0.9	0101
0.9 – 3.0	0110
3.0 – 8.0	0111
8.0 - 12.0	1000

جدول 2-5: فیوزبیت های CKSEL3...0

زمان Startup توسط فیوزبیت های SUT0...1 به صورت جدول 2-6 قابل تنظیم است.

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V <sub>CC</sub> = 5.0V)	Recommended Usage
00	18 CK	–	BOD enabled
01	18 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	18 CK	65 ms	Slowly rising power
11	6 CK	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled

جدول 2-6: فیوزبیت های SUT0...1

پالس ساعت خارجی

پالس ساعت را به پایه ی XTAL1 متصل کنید و XTAL2 را بدون اتصال رها کنید و فیوزبیت های CKSEL3...0 تا به صورت 0000H برنامه ریزی کنید. در صورت برنامه ریزی CKOPT یک خازن داخلی بین XTAL1 و GND فعال خواهد شد. زمان Startup توسط فیوزبیت های SUT0 و

SUT1 طبق جدول 2-

SUT1..0	Start-up Time from Power-down	Additional Delay from Reset (V <sub>CC</sub> = 5.0V)	REcommended Usage
00	6 CK	–	BOD enabled
01	6 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	6 CK	65 ms	Slowly rising power
11	Reserved		

7 برای زمانهای مختلف

قابل انتخاب است.

جدول 2-7: فیوزبیت

های SUT0 و SUT1

## حافظه ها در AVR

حافظه در AVR به دو بخش حافظه ی داده و حافظه ی برنامه تقسیم می شود. علاوه بر این دو بخش حافظه ی EEPROM به صورت بخشی جداگانه به کاربر این امکان را می دهد که اطلاعات را به صورت دائم ذخیره نماید.

## حافظه ی برنامه

حافظه ی برنامه در میکروکنترلرهای AVR از نوع حافظه ی FLASH بوده ، قابل برنامه ریزی است و مکانی برای ذخیره ی برنامه است. جهت افزایش امنیت نرم افزاری که میکرو توسط آن پروگرام شده و جلوگیری از دستیابی افراد به برنامه ی میکرو، حافظه ی داده به دو بخش برنامه ی کاربردی و بخش BOOT تقسیم می شود. حجم حافظه ی 1k BOOT بایت بوده و بقیه ی حافظه به حافظه ی برنامه اختصاص یافته است اما به کاربر این قابلیت داده شده است که با استفاده از فیزوبیت های BOOTSZ1 و BOOTSZ2 حجم اختصاص یافته به بخش BOOT را تغییر دهد.

## حافظه ی داده

حافظه ی داده بخشهای رجیسترهای عمومی ، رجیستر I/O ، حافظه ی داخلی SRAM ، حافظه ی داده خارجی و ... را شامل می شود.

## رجیسترهای عمومی

رجیسترهای عمومی قسمت ابتدای حافظه ی داده بوده و ۳۲ عدد می باشند. ALU به طور مستقیم با این حافظه ها در ارتباط است و اگر بخواهید با زبان اسمبلی برنامه بنویسید به اطلاعات کامل در مورد رجیسترهای عمومی نیاز دارید.

## رجیسترهای I/O

۶۴ بایت حافظه که پس از رجیسترهای عمومی قرار گرفته اند و برای کاربردهای خاصی استفاده می شوند. رجیسترهای I/O توسعه یافته

در بعضی میکروها به علت امکانات اضافه تری که دارند تعداد بیشتری رجیستر I/O وجود دارد.

حافظه ی داده داخلی (SRAM): یک فضای داده که برای ذخیره سازی اطلاعات موقت در اختیار کاربر قرار می گیرد و محتوای آن با قطع برق از بین می رود. برای ارتباط با این بخش CPU باید ابتدا اطلاعات آن را به رجیسترهای عمومی منتقل کرده و سپس به آنها دسترسی داشته باشد.

حافظه ی داده ی خارجی: در صورتی که نیاز به حافظه ی بیشتری داشته باشید می توانید از ۶۴ کیلوبایت حافظه ی داده خارجی استفاده کنید. برای اطلاعات بیشتر راجع به چگونگی اتصال حافظه ی خارجی به میکرو و اطلاعات بیشتر می توانید به کتابهای اشاره شده در بخش مراجع مراجعه نمایید.

## حافظه ی EEPROM

از ویژگی های میکرو کنترلرهای AVR داشتن حافظه ی EEPROM داخلی است. این بخش از سایر قسمت های حافظه جدا بوده و قابلیت تا ۱۰۰۰۰ بار نوشتن و پاک کردن را دارد.

**سنسور SMTIR9902:** سنسور مادون قرمز اندازه گیری دمای سطح جسم



### کاربرد های سنسور

۱- سیستمهای هشدار دمایی

۲- کنترل اوضاع جوی

۳- صنایع پزشکی به خصوص ترمومترهای پزشکی

۴- دستگاههای الکترونیکی خانگی

### ویژگی های سنسور

۱- دقت بالا High accuracy

۲- حساسیت زیاد (۱۱۰ V/W) High sensitivity (110 V/W)

۳- مقاومت کم (50kΩ) در نتیجه دارای نسبت سیگنال به نویز قابل قبول

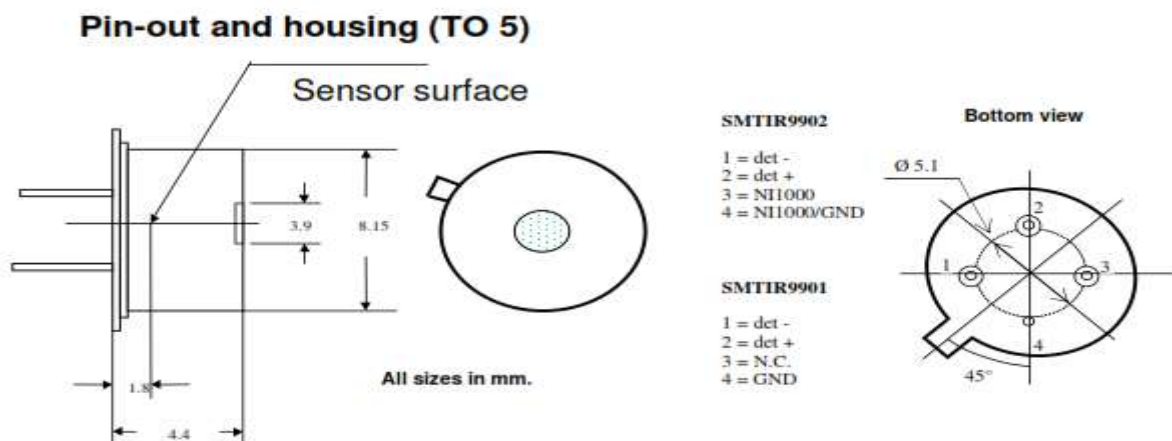
Low resistance (50 KW) and therefore Very good signal-to-noise-ratio

4 - زمان پاسخ دهی خوب (40ms) Good response time (40 ms)

5- دارای تکنولوژی غشای نازک با هزینه کم Low cost thin film technology

سنسور مادون قرمز smtir9902 از سیلیکون آکنده غیرطبیعی ساخته شده است. این سنسور می تواند دمای تشعشعی اجسام را بدون تماس اندازه گیری کند. برای دماهای تشعشعی متفاوت فیلترهایی در این سنسور موجود است. این مدل سنسور می تواند دمای بدنه خود را نیز اندازه گیری کند. محدوده دمای قابل اندازه گیری سنسور -20 تا 100 درجه سانتی گراد می باشد.

ساختمان و مشخصات پایه های SMTIR9902 را در شکل 2-4 نشان داده می شود.



شکل 2-4: ساختمان و مشخصات پایه های SMTIR9902

### مشخصات سنسور

در جدول 2-8 مشخصات کاربردی و پارامترهای سنسور آمده است.

### Specifications

Parameters	typical	units
Number of thermojunctions	100	
Active area	0.50	mm <sup>2</sup>
Die Size	2.2 * 2.2	mm <sup>2</sup>
Resistance of thermopile	50 ± 15	KΩ
Sensitivity	110 ± 20	v/w <sup>1)</sup>
Temp. Coeff.of sensitivity	-0.52 ± 0.08	%/K
Specific Detectivity	2.1 * 10e8	cm.Hz <sup>1/2</sup> /W <sup>1)</sup>
Noise equivalent power	0.35	nW <sup>1)</sup>
Noise voltage	37	nV/Hz <sup>1/2</sup>
Time Constant	40 ± 10	ms (63%)
Temperature range (sensor)	-20 - 100	°C
Storage temperature	-40 - 100	°C
Filter (high Pass)	5.5	µm

<sup>1)</sup> at 500 K,DC

### Reference Thermistor (SMTIR9902 only)

Resistance	1.000 ± 0.004	KΩ (@ 0°C)
------------	---------------	------------

جدول 2-8:

پارامترهای سنسور



## نحوه عملکرد سنسور

این سنسور در واقع از دو سنسور تشکیل شده یک ترموکوپل که از راه دور دما را سنس می کند و

بسیار ضعیف در پایه ها  $det+$  و  $det-$  ولتاژی ایجاد می کند که با یک تقویت کننده ی عملیاتی

می توان آن را به هر مقدار دلخواه تقویت کرد و دومی یک سنسور مقاومتی است که در واقع دمای خود چیپ را به ما می دهد و مقاومت آن در صفر درجه ی سانتیگراد ۱ کیلو اهم می باشد و مقاومت آن نسبت به دما مطابق فرمول زیر تغییر می کند.

$$R(T) = R_0(1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + C \cdot T^4 + D \cdot T^6) \quad \text{tolerance class B}$$

$R_0 = \text{resistance @ } 0^\circ\text{C} = 1000 \Omega$

$T = \text{Temperature in } ^\circ\text{C}$

$A = 5.485 \cdot 10^{-3}$

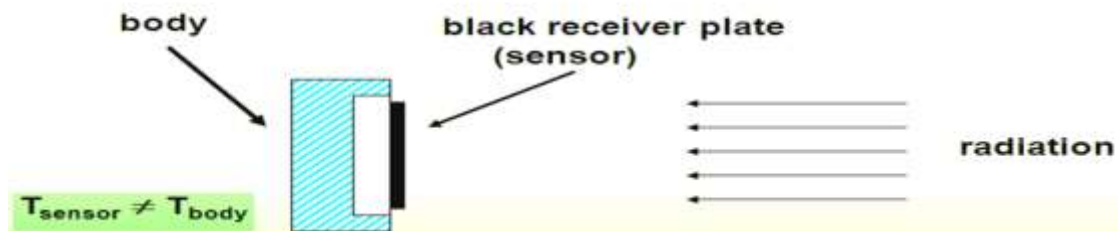
$B = 6.650 \cdot 10^{-6}$

$C = 2.805 \cdot 10^{-11}$

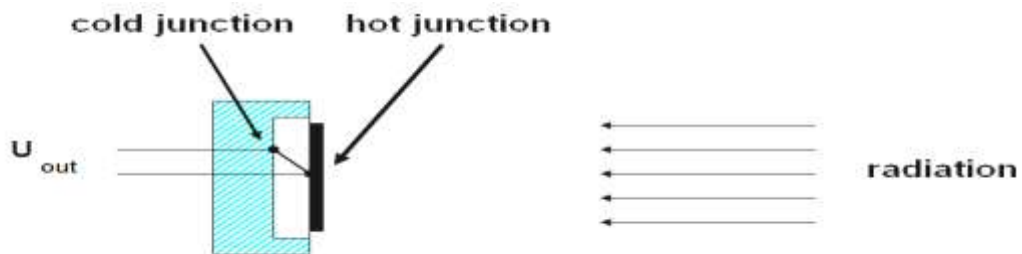
$D = -2.000 \cdot 10^{-17}$

سنسور چگونه کار می کند؟

### how the sensor works



شکل 2-5: کارکرد سنسور



can be measured with a thermocouple based on Seebeck effect

$$U_{\text{out}} = f(T_{\text{sensor}}, T_{\text{body}}) = f(\theta)$$

شکل 2-6: کارکرد سنسور

اثر سبیک (Seebeck effect)

وقتی دو سیم که از دو فلز مختلف هستند در دو سر به هم وصل شوند و یک سر گرم شود جریان پیوسته ای در این مدار ترموالکتریک وجود خواهد داشت. این اثر توسط توماس سبیک در ۱۸۲۱ کشف شد.

ولتاژ خروجی سنسور تابعی از دمای جسم و دمای خود سنسور می باشد.

● for higher output voltage 100 thermocouples in series

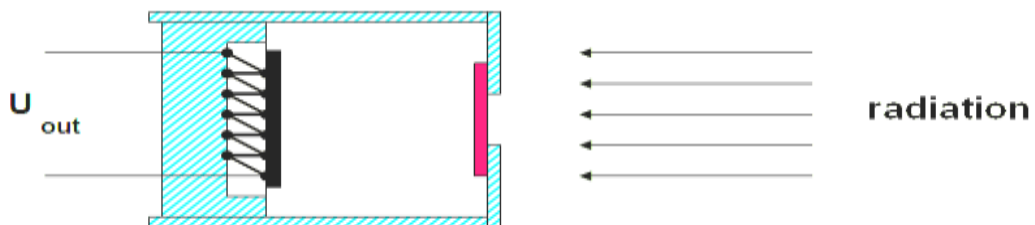


● black body has no spectral bandwidth (therefor black)

● setup is not reliable due to open construction

شکل 2-7: کارکرد سنسور

برای دستیابی به ولتاژ خروجی بیشتر، ۱۰۰ ترموکوپل بصورت سری به یکدیگر بسته می شوند.



● filter is protection against dust, etc.

● filter makes the sensor selective

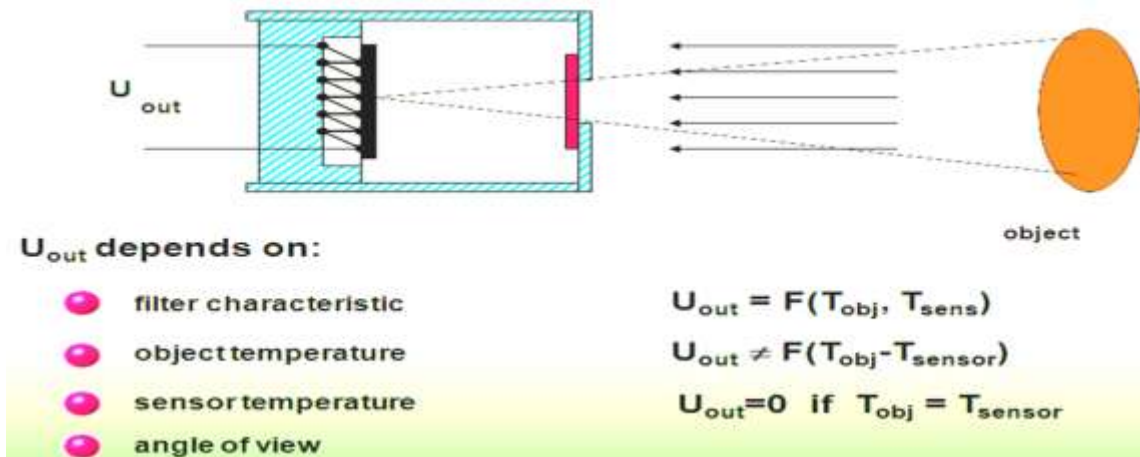
● sensor is filled with gas(N<sub>2</sub>)

شکل 2-8: کارکرد سنسور

سنسور در مقابل گرد و غبار و... محافظت می شود.

فیلتر موجود در سنسور حساسیت اندازه گیری را تعیین می کند.

سنسور با گاز N<sub>2</sub> (گاز نیتروژن) پر شده است.



شکل 9-2: تعیین ولتاژ خروجی سنسور

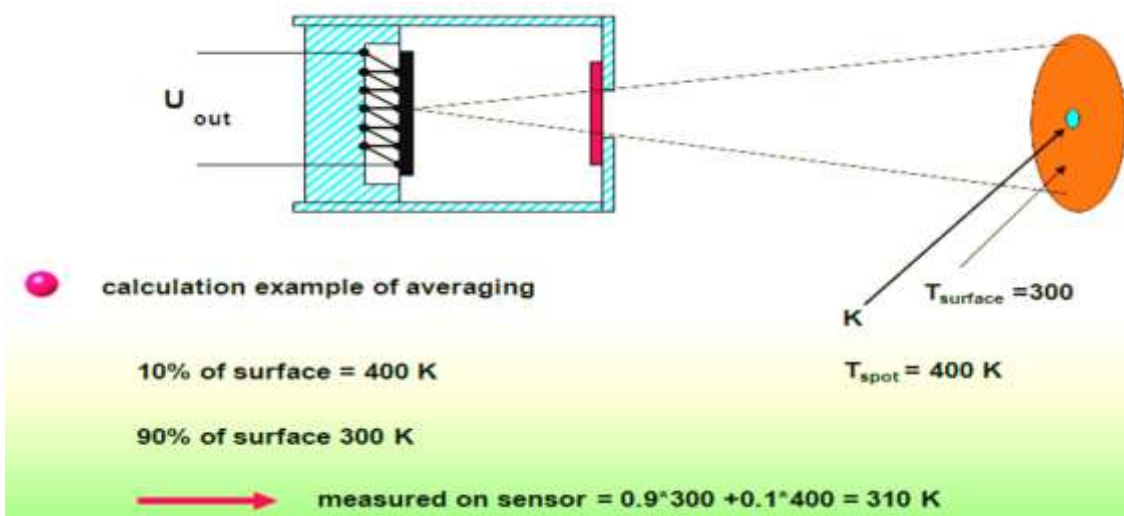
ولتاژ خروجی سنسور به عوامل زیر وابسته است:

۱- مشخصات فیلتر

۲- دمای جسم

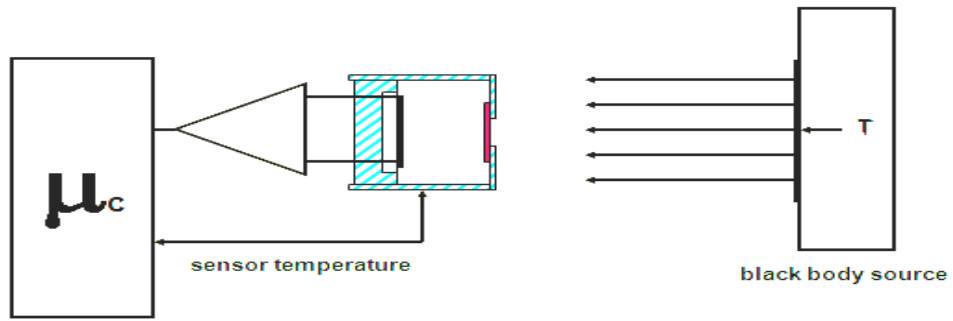
۳- دمای خود سنسور

۴- زاویه دید سنسور



شکل 10-2: نمونه ای از محاسبات دمایی با توجه به زاویه ی دید سنسور

### setup for measuring radiation temperatures



- blackbody temperature is controllable
- sensor temperature has to be considered

شکل 2-11: چگونگی راه اندازی اندازه گیری دماهای تشعشعی

دمای جسم Black body قابل کنترل می باشد.

دمای خود سنسور قابل ملاحظه می باشد.

### setup for measuring radiation temperatures

- measure output on various sensor temperatures
- do the same for different body temperatures
- make an array of output-voltages found

T black body (°C)	U <sub>out</sub> in mV									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
50	1.12	..	..	..	..		.	.	.	
55	1.41									
60	1.5									
65	1.62	.								
70										
75										
80										

شکل 2-12: مقادیر ولتاژ خروجی سنسور با توجه به دمای جسم و دمای سنسور

## setup for measuring radiation temperatures

$T_{object}$  can be found by

- sensortemperature
- sensor outputvoltage

and

some calculations in microcontroller  
- two dimensional interpolation

شکل 2-13: چگونگی دستیابی به دمای جسم مورد نظر

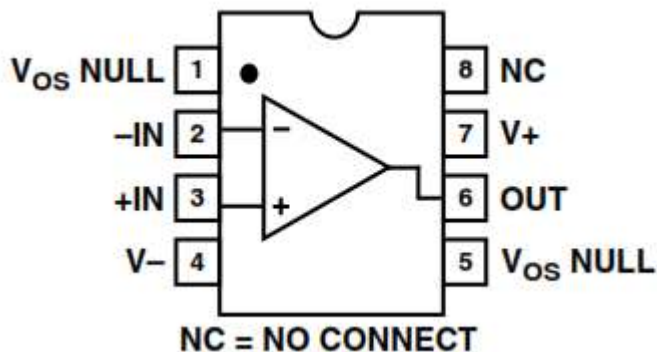
دمای جسم مورد نظر توسط دمای سنسور و ولتاژ خروجی آن و نیز توسط مقداری محاسبات توسط میکروکنترلر قابل دسترسی می باشد.

### تشریح مدار عملی

با مشخصات و ویژگی های سنسور آشنا شدیم حال باید ولتاژ خروجی سنسور را تقویت کرده و تغییرات مقاومتی (مقاومتی که با دمای خود سنسور افزایش می یابد) را به تغییر ولتاژی تبدیل نماییم.

ولتاژ خروجی سنسور در حد میلی ولت می باشد لذا برای تقویت آن از یک تقویت کننده عملیاتی (op-amp) که آی سی OP90 می باشد، استفاده شده است که Offset بسیار پایینی

(در حد  $150 \mu V$ ) و جریان خروجی بالا ( $5mA$ ) و نیز ولتاژ کار بسیار کم از مزایای بارز این آی سی می باشد.



شکل 2-14: آی سی OP90

بعد از آشنایی با تقویت کننده های عملیاتی به سراغ ادامه مدار می رویم.

## آشنایی با تقویت کننده های عملیاتی (Opamp)

تقویت کننده های عملیاتی به اختصار آپ امپ نامیده می شوند. و به صورت مدار مجتمع در دسترس می باشند. این تقویت کننده ها از پایداری بالایی برخوردارند و با اتصال ترکیب مناسبی از عناصر خارجی مثل مقاومت، خازن، دیود و غیره به آنها، می توان انواع عملیات خطی و غیر خطی را انجام داد. از ویژگیهای اختصاصی تقویت کننده های عملیاتی ورودی تفاضلی و بهره بسیار زیاد است .

این المان الکترونیکی اختلاف میان ولتاژهای ورودی در پای های مثبت و منفی را در خروجی با تقویت بسیار بالایی آشکار می سازد. حتی اگر این اختلاف ولتاژ کوچک نیز باشد، آنرا به سطح قابل قبولی از ولتاژ در خروجی تبدیل می کند .

این المان همواره دارای دو پایه مثبت و منفی در ورودی و یک پایه در خروجی است .

پایه ورودی مثبت را در اصطلاح لاتین **non inverting** و پایه منفی را **inverting** می گویند .

یک تقویت کننده عملیاتی ایده آل بایستی شرایط زیر را دارا باشد .

1-مقاومت ورودی آن بی نهایت باشد. ( $R_i = \infty$ )

2-مقاومت خروجی آن صفر باشد. ( $R_o = 0$ )

3-گین ولتاژ حلقه باز آن بی نهایت باشد. ( $A_v = -\infty$ )

4-عرض باند آن بی نهایت باشد. ( $BW = \infty$ )

5-هنگامی که اختلاف ولتاژ در ورودی صفر است، ولتاژ خروجی نیز صفر باشد .

6-منحنی مشخصه آن با درجه حرارت تغییر نکند.

اتصالات تغذیه تقویت کننده های عملیاتی

تغذیه دوپل: برای استفاده از رنج کامل تقویت کننده های عملیاتی، بایستی این تقویت کننده ها با دو منبع تغذیه بایاس شوند. ولتاژ منبع اول نسبت به زمین (GND) برابر  $+V_{BB}$  بوده در حالیکه ولتاژ منبع دوم نسبت به زمین برابر  $-V_{BB}$  می باشد.

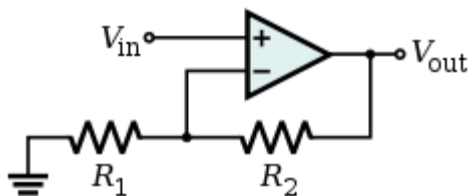
## کاربرد تقویت کننده های عملیاتی

از تقویت های عملیاتی به شکل های زیر می توان استفاده کرد:

- تقویت کننده معکوس کننده
- تقویت کننده غیر معکوس کننده
- دنبال کننده و لتاژ
- تقویت کننده ولتاژ به جریان
- تقویت کننده جریان به ولتاژ
- مدار نمونه با استفاده از دیود
- مدار انتگرال گیر
- مدار مشتق گیر
- مدار جمع کننده
- مدار تفریق کننده

## تقویت کننده غیر معکوس کننده

در زیر مدار تقویت کننده غیر معکوس کننده به همراه رابطه ولتاژ خروجی اش آورده شده است.

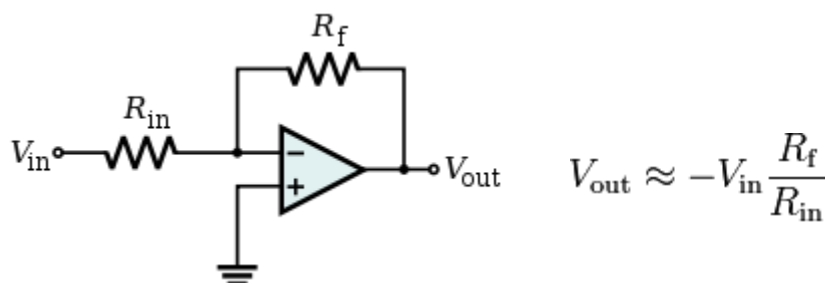


$$V_{out} = V_{in} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

شکل ۱۵-۲: تقویت کننده غیر معکوس کننده

## تقویت کننده معکوس کننده (Inverting Amplifier)

در زیر مدار تقویت کننده معکوس کننده به همراه رابطه ولتاژ خروجی اش آورده شده است.

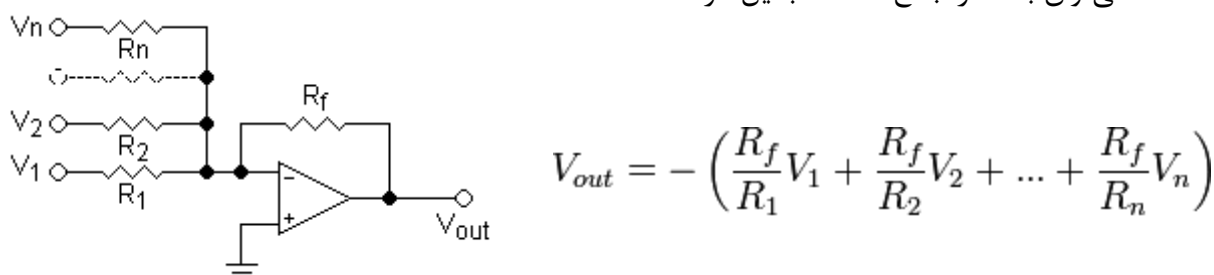


شکل ۱۶-۲: تقویت کننده معکوس کننده

## ساخت جمع کننده به کمک آپ امپ

هریک از تقویت کننده های با بهره منفی یا مثبت را با اضافه کردن چند مقاومت در ورودی مطابق شکل

2-17 می توان به مدار جمع کننده تبدیل کرد.



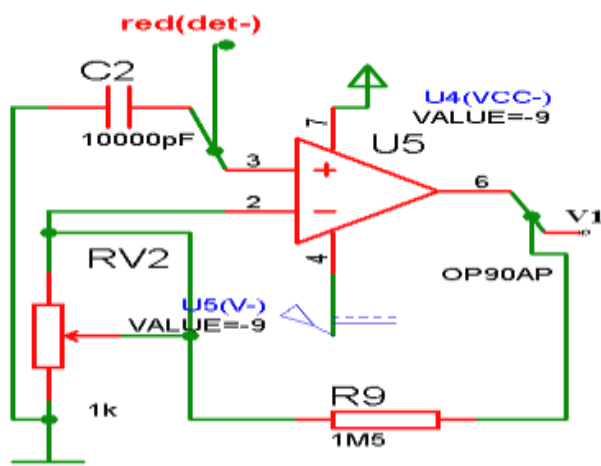
شکل 2-17: مدار جمع کننده با آپ امپ

## تقویت ولتاژ وابسته به دما

خروجی ترموکوپل سنسور که پایه ی  $\text{det-}$  می باشد، وارد پایه ی مثبت  $\text{op90}$  می شود که به صورت غیر معکوس گر بسته شده است. خروجی ترموکوپل با یک خازن موازی شده است تا نوسانات ناچیز خروجی ترموکوپل ( که وابسته به عوامل جوی و ... می باشد ) از بین برود و خروجی باثباتی داشته باشیم. ضریب

تقویت (Gain) مدار از رابطه ی  $\frac{R_f}{R_{in}}$  بدست می آید که در این مدار برابر است با:  $G = \frac{1.5M\Omega}{Pot1}$



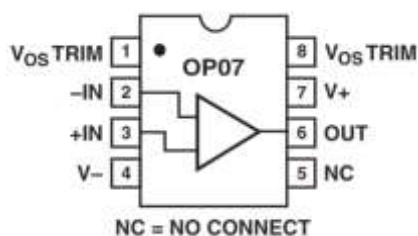


شکل 18-2: مدار تقویت ولتاژ خروجی سنسور

### بدست آوردن دمای بدنه سنسور

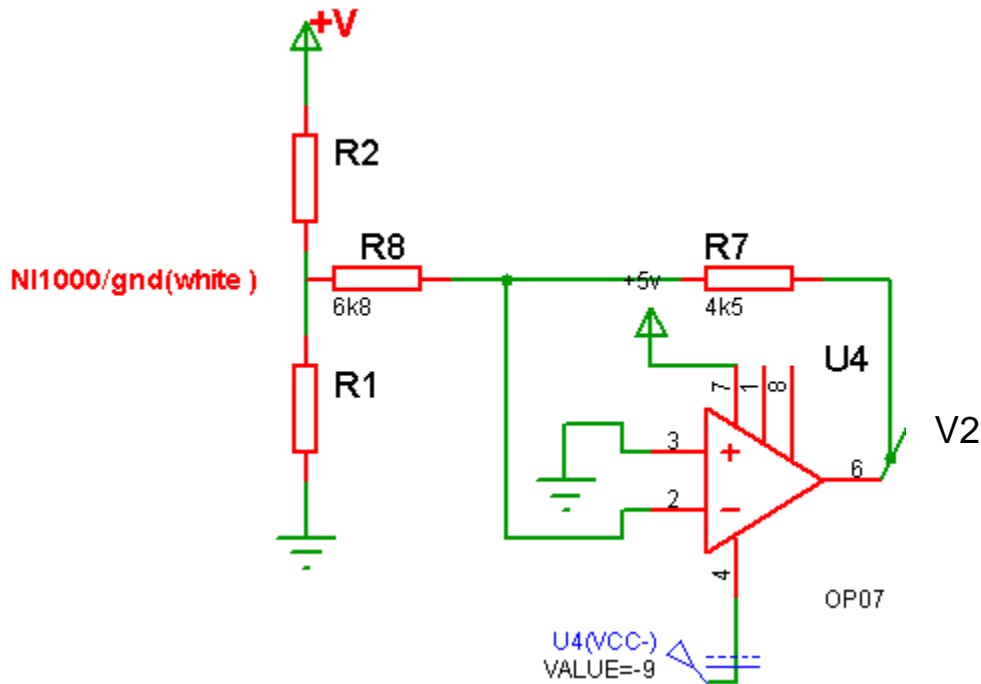
ترمیستور موجود در سنسور دمای بدنه ی چیپ را اندازه گیری می کند و این بدان علت است که هر جسمی که دمای آن بالای صفر مطلق باشد از خود تشعشعات مادون قرمز ساطع می کند، در نتیجه در دمای محیط که قطعاً بالای صفر مطلق است، بدنه ی سنسور از خود تشعشعات مادون قرمز ساطع می کند و این تشعشعات بر تشعشعاتی که جسم مورد نظر از خود ساطع می کند، افزوده می شود و سبب اشتباه در اندازه گیری می گردد. ولی با این روش دمای بدنه ی سنسور اندازه گیری شده و در نهایت مقدار آن از دمای اندازه گیری شده توسط ترموکوپل کم می شود. مقاومت الکتریکی ترمیستور در دمای صفر درجه برابر با ۱۰۰۰ اهم است و با افزایش دما مقاومت آن نیز افزایش می یابد. (PTC)

برای آنکه تغییرات مقاومت ترمیستور را به تغییرات ولتاژ تبدیل کنیم از یک مدار Op-Amp با آی سی op07 استفاده نموده ایم که به صورت معکوس گر بسته شده است. شکل این آی سی در زیر آورده شده است.



شکل 19-2: آی سی op07

از مدار زیر برای تبدیل مقاومت به ولتاژ استفاده می کنیم. بهره این مدار از رابطه ی  $G = -\frac{R7}{R8}$  بدست می آید.



شکل 2-20: مدار تبدیل تغییرات ترمیستور سنسور به ولتاژ

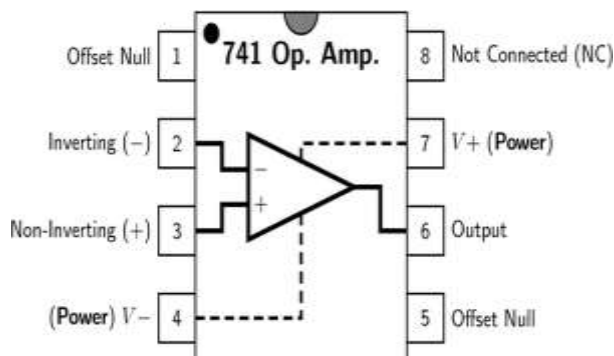
تحقق دمای خالص جسم

1 V: ولتاژ تقویت شده خروجی سنسور

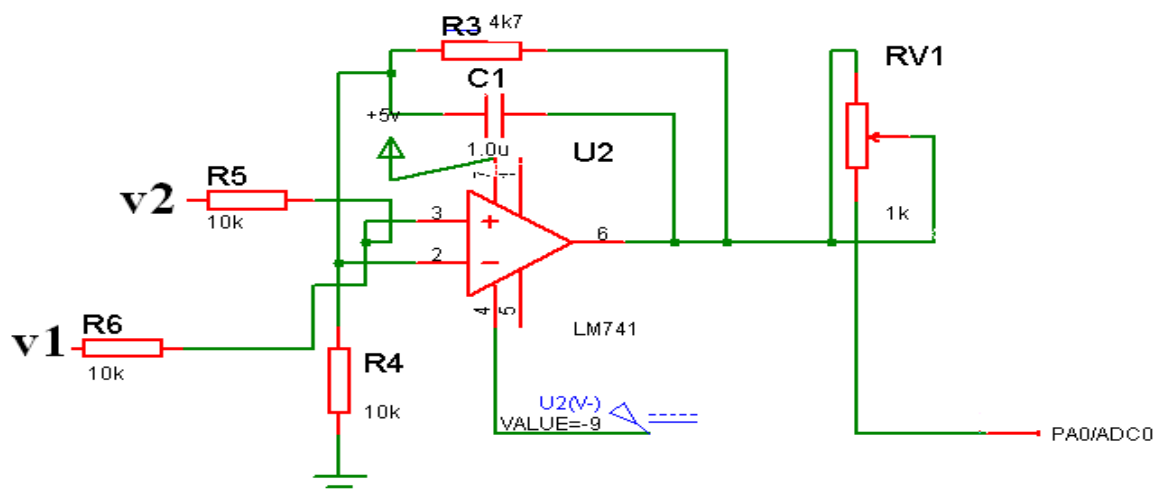
2 V: ولتاژی که از تبدیل تغییرات مقاومت به ولتاژ بدست آمده است و مقدار این ولتاژ منفی می باشد.

هدف ما بدست آوردن دمای خالص محیط می باشد لذا باید مقدار ولتاژ V1-V2 را بدست آوریم.

یک مدار جمع کننده با OP-AMP که از آی سی 741 استفاده شده این کار را برای ما انجام می دهد.



شکل 2-21: آی سی LM741



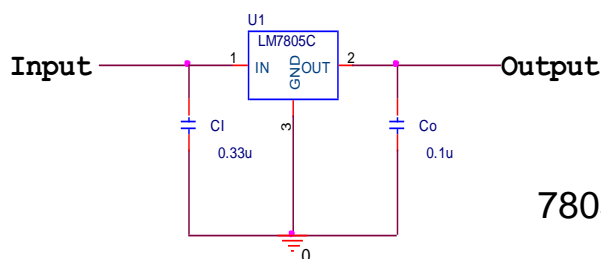
شکل 2-22: مدار جمع کننده با LM741

خروجی مدار آشکار ساز دما نیز وارد بخش مبدل آنالوگ به دیجیتال AVR می شود و با توجه به فاصله و خروجی سنسور دما ، دمای جسم تشخیص داده شده و سپس دما بر روی LCD نمایش داده می شود.

### تغذیه ی مدار

مدار منبع تغذیه با رگولاتور ولتاژ

برای تغذیه ی میکرو و LCD و تقویت کننده های عملیاتی نیاز به +5V داریم که آی سی رگولاتور 7805 گزینه ی مناسبی برای این کار است. یکی از بهترین تثبیت کننده های ولتاژ، تثبیت کننده سری LM78xx و LM79xx است که 78 برای ولتاژ مثبت و 79 برای ولتاژ منفی می باشد.



شکل 2-23: تامین تغذیه +5 ولت توسط رگولاتور 7805

ولتاژ ورودی بین 7 تا 9 ولت DC بوده و ولتاژ خروجی برابر 5 ولت DC می باشد.

خازن  $C_i$  را زمانی استفاده می کنیم که مدار تثبیت کننده بین صافی خازنی و بار باشد. اگر ولتاژ ورودی از تثبیت کننده دیگر گرفته شده است نیازی به خازن  $C_i$  نیست. خازن  $C_o$  برای پایداری ولتاژ خروجی و همچنین واکنش در مقابل حالت گذرا می باشد.

## صفحه نمایش LCD و روش اتصال آن به میکرو

در این پروژه از یک LCD کاراکتری که شامل ۲ سطر و ۱۶ ستون می باشد استفاده شده است. برای اتصال LCD به میکرونیاز به دو دسته پین (سیگنال) داریم. یک سیگنال های داده که میتواند ۴ یا ۸ بیتی باشند و برای ارسال دستور به LCD استفاده می شوند و دسته دیگر که سیگنالهای کنترلی (مجموعاً ۳ بیت) هستند.

پین های کنترلی به شرح زیر اند؛

پین ۱:  $GND(VSS)$ : مستقیماً به زمین مدار وصل می شود.

پین ۲:  $VDD$ : جهت تاین ولتاژکاری LCD به ۵ ولت وصل می شود.

پین ۳:  $VO(VEE)$ : این پایه مقداری بین  $GND$  و  $VDD$  گرفته و بسته به این میزان کنتراست نمایشگر را تنظیم می کند.

پین ۴:  $RS(Register Select)$ : مشخص می کند اطلاعاتی که درصددیم توسط پین های داده به LCD بفرستیم از نوع داده هستند یا دستور. مقدار "یک" برای دستور و مقدار "صفر" برای داده در نظر گرفته شده است.

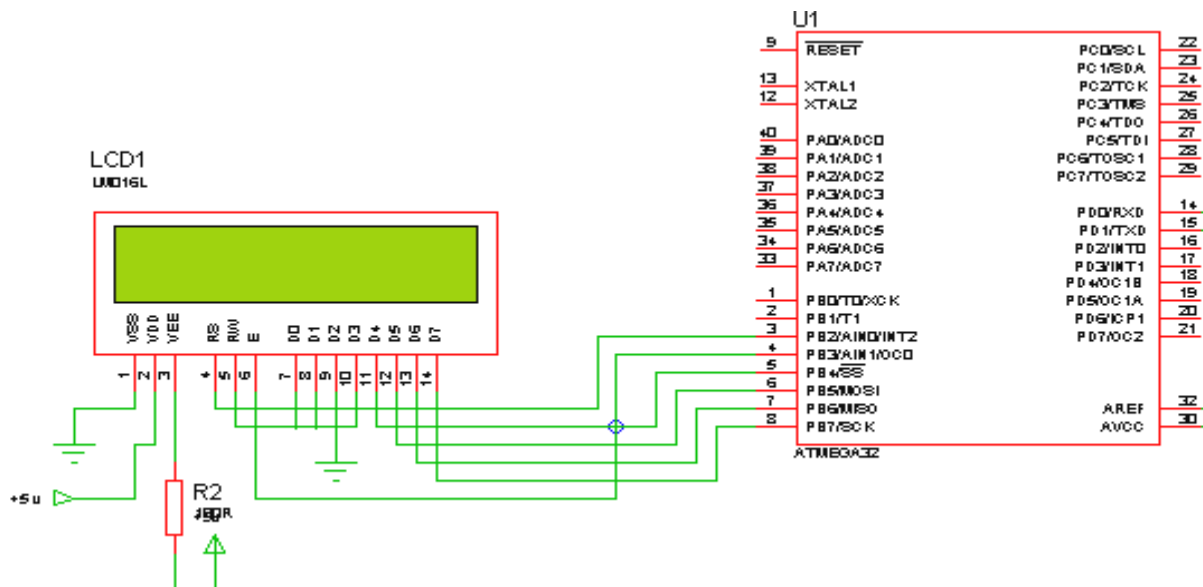
پین ۵:  $R/W (Read/Write)$ : تعیین می کند آیا می خواهیم اطلاعاتی از نمایشگر بخوانیم یا بر روی آن بنویسیم. برای نوشتن مقدار "صفر" و برای خواندن مقدار "یک" در نظر گرفته می شود.

پین ۶:  $E(Enable)$ : در صورتی که "یک" باشد نمایشگر فعال بوده و میتواند با میکرو تبادل اطلاعات نماید.

پین های ۷ تا ۱۰ ( $DB0-DB3$ ): پین های اضافی به همراه پین های  $DB4$  تا  $DB7$  برای ارسال داده و دستور درمد ۸ بیتی می باشند.

پین های ۱۱ تا ۱۴ ( $DB4-DB7$ ): این ۴ پین برای ارسال داده یا دستور درمد ۴ بیتی استفاده می شوند.

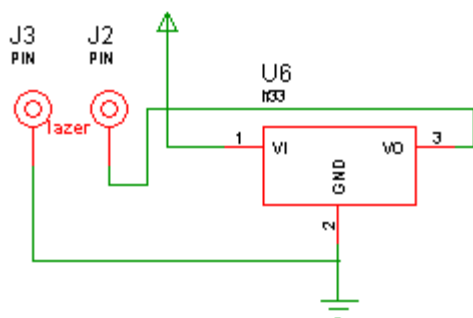
در نهایت مدار ارتباطی LCD با میکرو به طریق زیر است:



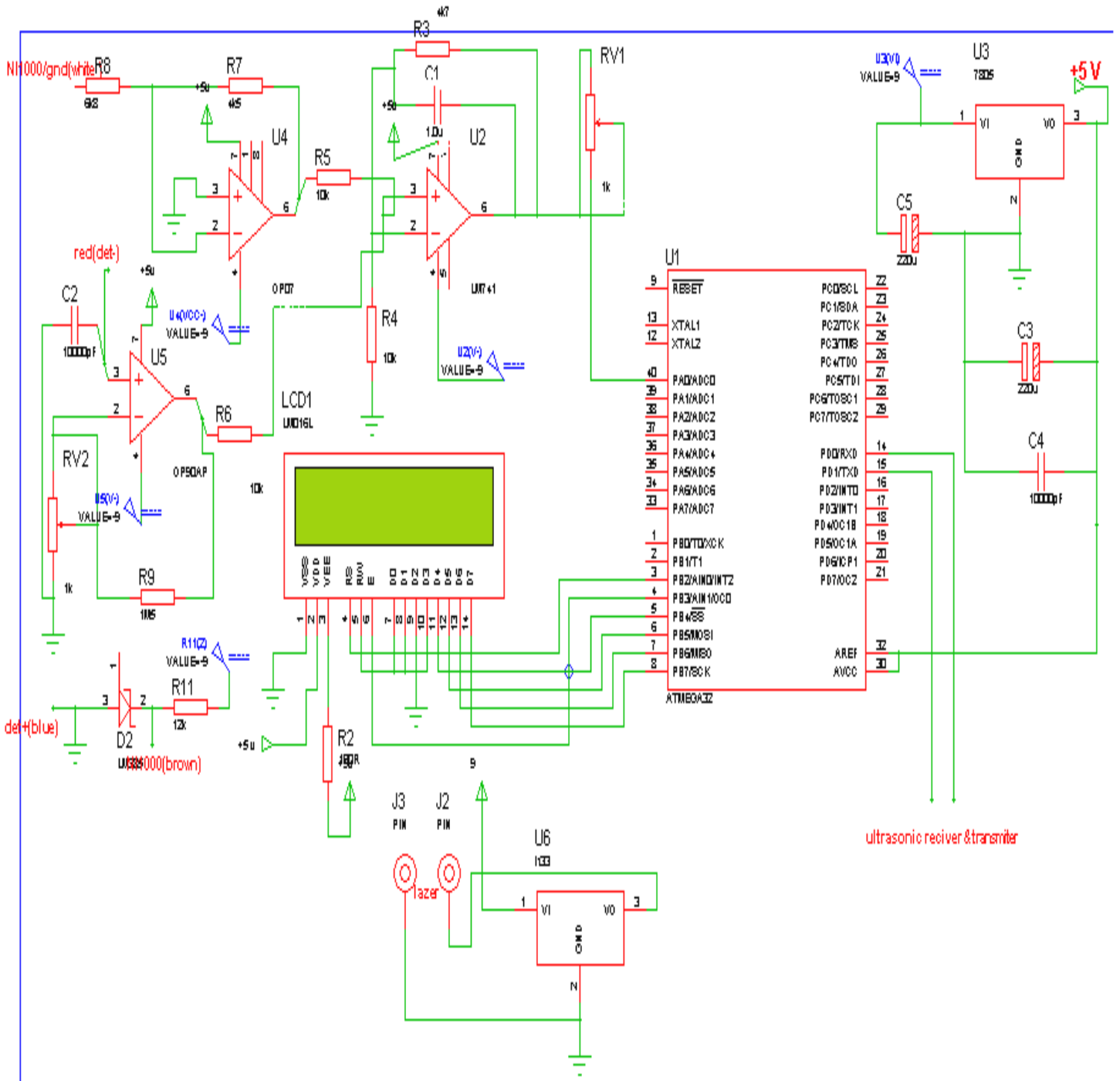
شکل 2-24: نحوه اتصال LCD به میکرو

نشانه گر لیزری

در دستگاه های ترمومتر جهت هدف گیری آسانتر و اطمینان از اینکه بر روی هدف مورد نظر نشانه گیری شده است، یک نشانه گیر لیزری قرار می دهند این لیزر در این پروژه در کنار سنسور دما تعبیه شده است. تغذیه این لیزر ۳.۳ ولت می باشد که توسط رگولاتور ولتاژ lf33 تامین شده است. ورودی این رگولاتور ولتاژ ۵ ولت می باشد و خروجی از پایه شماره ۳ به مقدار ۳.۳ ولت گرفته می شود. پایه ۲ نیز به زمین وصل می شود.



شکل 2-25: تغذیه نشانه گیر لیزری



شکل 2-26: شماتیک مدار ترمومتر بدون تماس

## فصل سوم

### آشنایی با نرم افزار برنامه نویسی میکرو و برنامه ی مدار

#### آشنایی با محیط Bascom

Bascom تمام میکروهای AVR را حمایت کرده و از زبان Basic برای برنامه نویسی AVR ها استفاده می نماید

#### معرفی منوهای محیط Bascom

منوی فایل FILE: با انتخاب این گزینه یک پنجره جدید که شما قادر به نوشتن برنامه در آن هستید ایجاد می شود.

باز کردن فایل ( OPEN FILE ) با انتخاب این گزینه شما قادر به فراخوانی فایلی که در حافظ موجود است می باشید. شما می توانید از ویرایشگری مانند NOTEPAD برای نوشتن برنامه استفاده کنید.

بستن فایل (CLOSE FILE): با این گزینه بر نامه ی فعال را می بندیم.

ذخیره ی فایل (FILE SAVE): با این گزینه فایل را در کامپیوتر ذخیره خواهیم کرد .

پرینت فایل (FILE PRINT): با این گزینه می توانیم فایل برنامه را پرینت کنیم.

خروج از فایل (FILE ECIT): با این گزینه از برنامه خارج می شویم اگر برنامه را تغییر داده باشیم قبل از خروج هشدار می دهد.

#### منوی EDIT

Edit undo : با این گزینه دستکاری اخیرتان را از بین ببرید.

Edit Red: با این گزینه دستکاری اخیرتان را که از بین برده بودید دوباره باز گردانید.

Edit Copy : . با این گزینه متن انتخاب شده را کپی کرده و به محل دیگر می بریم .

Past Edit: با این گزینه متنی را قبلاً کپی کرده بودیم در محل جدید ایجاد می کنیم.

Goto Edit: با این گزینه به سرعت به خط دلخواه می رویم.

## PROGRAM منوی

**PROGRAM COMPILE** : با این گزینه یا کلید **F7** می توانیم به ترجمه برنامه به زبان ماشین پردازیم. بر نامه ی ما با انتخاب این گزینه قبل از **COMPILE** شدن ذخیره خواهد شد.

**PROGRAM SYNTAX CHECK**: بوسیله ی این گزینه برنامه برای نداشتن خطای املائی کنترل می شود.

**PROGRAM SHOW RESULT**: از این گزینه برای دیدن نتیجه ی **COMPILE** می توان استفاده کرد.

**PROGRAM SIMULATOR**: با فشار دادن کلید **F2** یا این گزینه ی از منوی **PROGRAM** شبیه ساز داخلی فعال خواهد شد .

**SEND TO GHIP**: توسط این گزینه یا کلید **F4** محیط برنامه ریزی ظاهر خواهد شد و ما می توانیم میکرو خود را **PROGRAM** کنیم.

## OPTIONS منوی

**Compiler LCD OPTIONS**: این گزینه دارای امکانات زیر است:

در قسمت **LCD TYPE** نوع **LCD** را مشخص می کنیم گزینه ی **BUS MODE** مشخص می کند **LCD**. به صورت ۸ بیتی یا ۴ بیتی کار کند.

**OPTIONS PROGRAMMER**: در این منو می توانیم **PROGRAMMER** مورد نظر را انتخاب کنیم.

بدنه ی یک برنامه در محیط **BasCome**

بدنه ی یک برنامه ی بیسیک در محیط **BasCome** شامل تعیین میکرو، کریستال، پایان و گزینه های اختیاری دیگر است .

معرفی میکرو

برای شروع یک برنامه در محیط **Bas Come** ابتدا باید میکرو مورد نظر تعریف شود که از دستور زیر استفاده می کنیم: **\$REGFILE=**نوح چیپ



## کریستال

برای مشخص کردن فرکانس استفاده شده برحسب هرتز از دستور \$CRYSTAL=X استفاده می کنیم که X فرکانس کریستال استفاده شده برحسب هرتز است.

## پایان برنامه

این دستور در انتهای برنامه قرار می گیرد و اجرای برنامه را متوقف می کند. با دستور End برنامه به پایان می رسد.

## دستور CONDT

جدای تعریف یک ثابت از این دستور استفاده می شود.

## دستور INCR

این دستور یک واحد به متغیر ما اضافه می کند.

دستور DECR این دستور یک واحد از متغیر ما کم می کند .

## دستور SWAP

با اجرای این دستور محتوای متغیر اول در متغیر دوم و محتوای متغیر دوم در محتوای متغیر اول قرار می گیرد .

## عملکردهای ریاضی

از عملکردهای زیر در محیط BasCome استفاده می کنیم .علامت ضرب \* علامت تساوی = علامت جمع + علامت بزرگتر از > علامت تفریق - علامت توان ^ علامت کوچکتر یا مساوی با <= علامت تقسیم / علامت بزرگتر یا مساوی با <= علامت کوچکتر از < علامت مخالف > < .

## عملکردهای منطقی

نماد عملکردهای منطقی در Bas come ،AND ،OR ،XOR و NOT است .تابع ABS :این دستور به معنای ریاضی قدر مطلق است A=ABS (B) .

## دستورهای حلقه و پرسش. دستور GOTO و JMP

با این دستور می توان به label پرش کرد Label باید با علامت: پایان یابد و می تواند تا ۳۲ کاراکتر طول داشته باشد.

دستور: D0- Loop

فرم کلی دستور D0- Loop به صورت زیر است.

توضیحات Loop [UNTIL]

D0- Loop یک حلقه ی بی نهایت است که با EXIT DO می توان از درون حلقه خارج شد و اجرای برنامه در خط بعد از حلقه ادامه پیدا می کند.

دستور WHILE- WEND: دستور فوق تشکیل یک حلقه تکرار می دهد که تکرار این حلقه تا زمانی ادامه می یابد که عبارت به کار گرفته شده غلط باشد دستور While به صورت ورود به حلقه با شرط می باشد ، یعنی قبل از ورود به حلقه شرط امتحان می شود در صورت درست بودن به حلقه وارد می شود .

شرط While

دستورها WEND

مثال :

Dim a as byte

A=1

While A<10

PRINT a

INCR a

Wend

دستور: IF

عملیات then شرط If

دستور عملیات زمانی اجرا می شود که عبارت شرط درست باشد.

ایجاد تاخیر در برنامه

دستور DELAY

برای ایجاد تاخیر در برنامه از این دستور استفاده می شود.

دستور: WAITUS:

اجرای برنامه به مدت میکرو ثانیه متوقف می شود پس از گذشت زمان مشخص شده برنامه از خط بعد ادامه می یابد. میکرو ثانیه می تواند اعداد بین (۲۵۵-۱) باشد.

مثال:

Waitus 10

Print " bascom"

End

دستور WAITMS A: اجرای برنامه به مدت A میلی ثانیه متوقف می شود پس از سپری شدن زمان مشخص شده اجرای برنامه از خط بعد ادامه پیدا می کند A می تواند اعداد بین ۶۵۳۵-۱ باشد .

دستور: WAIT:

WAIT A: اجرای برنامه به مدت A ثانیه متوقف می شود بعد از سپری شدن زمان مشخص شده اجرای برنامه از خط بعد ادامه می یابد.

پیکربندی و کار با امکانات AVR در BASCOM

Config Portx = State

برای تعیین جهت پایه ی پورت ها از پیکره بندی زیر استفاده می کنیم .

X بسته به میکرو می تواند به ترتیب پایه های ۰ تا ۷ پورت های میکروهای مختلف باشد State نیز می تواند یکی از گزینه های زیر باشد:

INPUT یا ۰: در این حالت رجیستر جهت داده پایه یا پورت انتخاب شده صفر می شود و پایه یا پورت به عنوان ورودی استفاده می شود.

OUT PUT یا ۱: در این حالت رجیستر جهت داده پایه یا پورت انتخاب شده یک می شود و پایه یا پورت به عنوان خروجی استفاده می شود.

پایه های LCD برای اتصال به پایه های میکرو به صورت زیر می باشند:

Config LCD Pin = Pin, DB5=PN, DB6 = PN, DB7= PW

E = PN, RS = PN

که PN پایه ی دلخواهی از میکرو است که پایه ی LCD به آن اتصال می یابد.

مثال:

Config LCD Pin = PIN , DB4 = Port B.4 , SB5 = Port B.5 , DB6= Port B.6

DB7= Port B.7 , E= Port B.3 , RS= Port B.2

تعیین نوع LCD: برای تعیین نوع نمایشگر LCD از دستور زیر استفاده می کنیم:

ConFig LCD = نوع LCD

نوع LCD ما می تواند دارای انواع زیر باشد 40x4: دارای 40 ستون و 4 سطر می باشد 2x16: دارای 16 ستون و 2 سطر است .

Config LCD = 40\*4

LCD "Hello"

Fourth Line

LCD "4"

End

دستورات و توابع مربوط به LCD

دستور LCD: این دستور یک یا چند عبارت ثابت یا متغیر را بر روی LCD نمایش می دهد. برای مثال

LCDx متغیر x را بر روی LCD نمایش می دهد و LCD "Salam" ، salam که یک کلمه ی

ثابت است را نمایش می دهد. برای نمایش چند عبارت پشت هم باید بین آنها علامت ؛ قرار دهیم.

برای مثال " Salam" ؛ LCDx

دستور cls: این دستور مخفف کلمه ی Clear screen است که باعث پاک شدن تمام صفحه ی

نمایش LCD می شود .

دستور Display: توسط این دستور می توانید صفحه ی نمایش را روشن (on) یا خاموش (off) کنید.

Dim a as byte

a = 255

LCD a

Wait 1

Display off

Wait 1

Display on

End

دستور **CURSOR**: توسط این دستور می توان مکان نمای **LCD** را تنظیم کرد .

**CURSOR on/off BLInu / no Blinu**

ما می توانیم نشانه گر **LCD** را روشن (**on**) یا خاموش (**off**) و چشمک زن (**Blink**) یا چشمک نزدن (**no Blink**) را تنظیم کنیم. اگر تنظیم نکنیم به صورت پیش فرض مکان نما در حالت روشن و چشمک نزدن است.

مثال :

Dim a as byte

az 255

LCD a

Cursor off

Wait 1

Cursor on blink

End

دستور **LOCATE**: این دستور مکان نما را به مکان دلخواه در صفحه **LCD** می برد .

Locate x, y: این دستور مکان نما را به مکان دلخواه LCD می برد . که X مشخص کننده ی سطر و Y مشخص کننده ی ستون LCD است.

### تایمر / کانتر:

یک تایمر/ کانتر ۱۶ بیتی می تواند کلاک خود را از سیستم ، تقسیمی از کلاک سیستم و یا از پایه ی خروجی T1 تأمین کند. زمانی که تایمر/ کانتر از پایه ی خروجی کلاک دریافت می کند، سیگنال خروجی با فرکانس اسیلاتور CPU سنکرون می شود. کلاک خروجی در لبه ی بالا رونده کلاک داخلی CPU سنکرون می شود. کلاک خروجی در لبه ی بالا رونده کلاک داخلی CPU نمونه برداری می شود .

پیکره بندی تایمر /کانتر در محیط Bas Com:

Config Timer 1= Timer , Pnfscale= X

که X می تواند یکی از عدد ۱، ۸، ۶۴، ۲۵۶، ۱۰۲۴ باشد. با دستور Start timer 1 ، تایمر راه اندازی می شود و با دستور Stop timer متوقف می شود.

### برنامه پیاده شده بر روی میکروکنترلر:

برنامه ای که در این قسمت آورده شده است به زبان Basic و در محیط بسکام پیاده سازی شده است.

```
$regfile = "m32def.dat"
```

```
$crystal = 8000000
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 ,
```

```
Db7 = Portb.7 , E = Portb.3 , Rs = Portb.2
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Config Timer0 = Timer , Prescale = 1024
```

Enable Interrupts

Enable Timer0

On Ovf0 Temp\_sample

Config Adc = Single , Prescaler = Auto

Enable Adc

Config Timer1 = Timer , Prescale = 8

Enable Timer1

On Ovf1 Ovflimit

Config Pinc.1 = Output

Portc.1 = 0

Cls

Config Pind.0 = Output

Config Pind.1 = Input

Portd.1 = 1

Dim Limitbit As Byte

Dim Datareadtimer As Word

Begining:

Do

Gosub Ultratest

Waitms 300

Loop

Ultratest:

Limitbit = 0

Ultrasonicen = 1

Timer1 = 0

Start Timer1

Waitus 300

Ultrasonicen = 0

Waitus 500

While Ultrasonicecho = 1

    If Limitbit = 1 Then

        Stop Timer1

        Cls

        Locate 1 , 1

        Lcd "Too Far"

        Limitbit = 0

        Gosub Endprg

    End If

Wend

Stop Timer1



Datareadtimer = Timer1

Datareadtimer = Datareadtimer / 65

Cls

Locate 1 , 1

Lcd Datareadtimer ; " cm"

Gosub Temp\_sense

Endprg:

Return

Ovflimit:

Stop Timer1

Limitbit = 1

Timer1 = 0

Return

Temp\_sense:

Dim Sample As Byte , Temp As Word , Sum As Word , Vo As Word

Cursor Off

Start Adc

Stop Timer0

Timer0 = 0

Start Timer0

Cls

Do

Loop

Temp\_sample:

Stop Timer0

Timer0 = 0

Incr Sample

Temp = Getadc()

Sum = Sum + Temp

If Sample = 30 Then

Sample = 0

Stop Timer0

Vo = Sum / 30

Vo = Vo \* 4.8875

Sum = 0

Gosub Final

End If

Start Timer0

Return

Final:

Dim X As Long , Z As Long , U As Long , V As Long , Vx As Long

Dim Temp\_final As Long

Stop Timer0

Vx = 0

```
For Temp_final = 0 To 100
```

```
  X = 0.85 * Temp_final
```

```
  Z = 33.4 - X
```

```
  U = Datareadtimer * Z
```

```
  V = Vx + U
```

```
  If V = Vo Then
```

```
    Locate 1 , 2
```

```
    Lcd Temp_final ; " " ; "c "
```

```
    Gosub Ending
```

```
  End If
```

```
  Vx = Vx + 45
```

```
Next Temp_final
```

```
Ending:
```

```
Gosub Begining
```

```
End
```

```
'end program
```

نتیجه گیری :

به طور کلی سیستم های اندازه گیری غیرتماسی دما به دو دسته رنگی و مادون قرمز تقسیم می شوند. سیستم های رنگی که یک دیتا بیس مشخص از رنگ آلیاژهای مختلف در دماهای مختلف دارند و به کمک مقایسه رنگ جسم با دیتا بیس دمای آن را تشخیص می دهند. سیستم های دماسنجی تشعشعی که با استفاده از تحلیلی تابش مادون قرمز جسم دما را محاسبه می کنند و به رنگ جسم ارتباطی ندارند و این دستگاه از نوع دوم است.

پیشنهاد :

می توان یک امکان دیگری برای این پروژه در نظر گرفت بدین صورت که هم اکنون با تغییر فاصله بین سنسور و جسم مورد نظر، مادون قرمز دریافتی توسط سنسور تغییر می کند و سبب خطا در اندازه گیری می شود. این مشکل با به کار گیری نوعی عدسی که فقط طیف مادون قرمز را از خود عبور می دهد و نیز فاصله کانونی خارجی نسبت به مرکز عدسی بیش از فاصله کانونی داخلی نسبت به مرکز عدسی می باشد، از بین می رود ولی از آنجایی که در کشورمان دسترسی به عدسی هایی از این قبیل تقریبا غیرممکن است ، می توان این مشکل را به صورت الکترونیکی رفع کرد. برای این منظور از یک فاصله سنج اولتراسونیک ( Ultrasonic Distance Meter ) با هدف اندازه گیری فاصله ی جسم تا سنسور و دخیل کردن آن در محاسبات مربوط به بخش میکروکنترلر می شود این امکان را فراهم آورد.

## SMTIR9901/02 INFRARED SENSORS

### Typical applications

contactless measurement of surface temperatures or Infrared radiation  
temperature measurement on moving objects.  
continuous temperature control of manufacturing.  
thermal alarm systems  
climate control  
medical instruments  
home appliances.

### Features

High accuracy  
High sensitivity (110 V/W)  
Low resistance (50 K $\Omega$ ) and therefore  
Very good signal-to-noise-ratio  
Good response time (40 ms)  
Low cost thin film technology

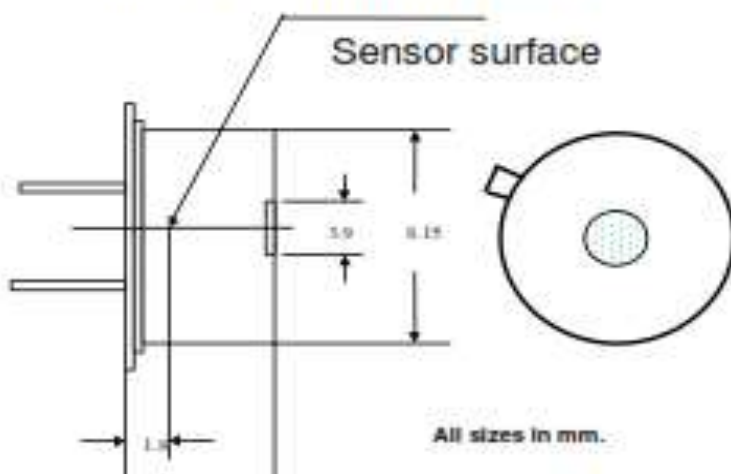


### Introduction

The Smartec infrared sensor SMTIR9901 and SMTIR9902 are sophisticated full silicon infrared sensors. The sensors can be used in measuring the radiation temperature without any contact. For the different radiation temperature ranges various filters are available. The sensor type SMTIR9902 contains a temperature sensor for measuring the temperature of the sensor itself. The temperature range of the sensor-element is between - 40 to 100 °C. The sensor is available in a standard TO-05 encapsulation and with a 5.5  $\mu$ m. high pass filter.

Easy and accurate measuring of the sensors temperature by means of a built-in temperature sensor (only for type SMTIR9902).

### Pin-out and housing (TO 5)

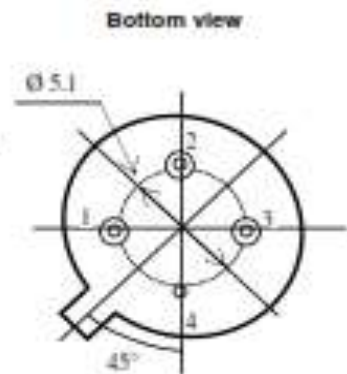


#### SMTIR9902

1 = det -  
2 = det +  
3 = NI1000  
4 = NI1000/GND

#### SMTIR9901

1 = det -  
2 = det +  
3 = N.C.  
4 = GND



## Product description.

Thermopiles are based on the Seebeck effect, which can be considered ever since a long time as standard for conventional thermocouples. The application of thin film technology allows the production of miniaturized and low cost sensor elements.

A series connection of thermo junctions deposited on a silicon substrate forms the thermopile. The hot junctions are thermally isolated from the cold junctions on the substrate by etching an extremely thin membrane. A black absorbing layer on the hot junctions transforms the incoming radiation into heat. A voltage proportional to the radiation is generated by the thermoelectric effect.

The used thermopiles are processed on 400  $\mu\text{m}$  silicon substrates using BiSb and NiCr for the thermo junctions.

For different radiation spectra various filters are available to find the optimal solution.

## Specifications

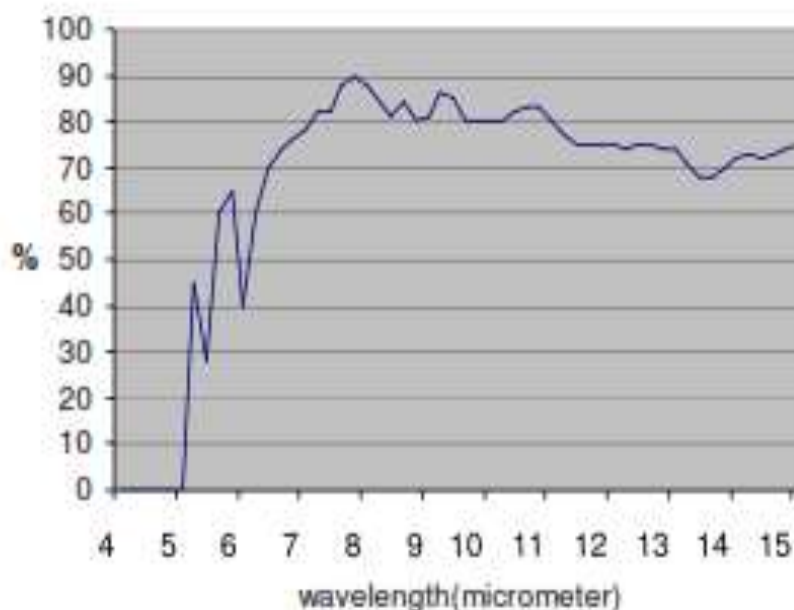
Parameters	typical	units
Number of thermojunctions	100	
Active area	0.50	mm <sup>2</sup>
Die Size	2.2 * 2.2	mm <sup>2</sup>
Resistance of thermopile	50 $\pm$ 15	K $\Omega$
Sensitivity	110 $\pm$ 20	v/w <sup>1)</sup>
Temp. Coeff.of sensitivity	-0.52 $\pm$ 0.08	%/K
Specific Detectivity	2.1 * 10e8	cm.Hz <sup>1/2</sup> /W <sup>1)</sup>
Noise equivalent power	0.35	nW <sup>1)</sup>
Noise voltage	37	nV/Hz <sup>1/2</sup>
Time Constant	40 $\pm$ 10	ms (63%)
Temperature range (sensor)	-20 - 100	°C
Storage temperature	-40 - 100	°C
Filter (high Pass)	5.5	$\mu\text{m}$

<sup>1)</sup> at 500 K.D.C

### Reference Thermistor (SMTIR9902 only)

Resistance	1.000 $\pm$ 0.004	K $\Omega$ (@ 0°C)
------------	-------------------	--------------------

## FILTER (characteristic)



## Understanding the specifications

### Sensitive area.

The sensitive area is a square of  $0.5 \text{ mm}^2$ . By using the distance between the sensor element and the glass filter and its diameter the field of view can be determined. The field of view can be changed by using special lenses. In case lenses are used the emissivity and the spectrum has to be considered.

### Filter.

The sensors are standard wise equipped with a high pass filter. From the theory it is well known that each body has a radiation at a certain temperature. This radiation temperature has a frequency related to that temperature. For general use the filter used is a high pass filter with a cut-off wavelength of  $5.5 \mu\text{m}$ .

### Sensor resistance.

It must be clear that this type of thermopile has a reasonable output resistance. This resistance has to be considered when designing the input amplifier to prevent off-sets, etc.

### Time constant.

The time constant is the time needed to reach an output voltage of 63 % of the final signal level. This time constant only depends on the physical construction.

### Temperature reference resistor (SMTIR9902).

It is well known that for application on an infrared sensor the temperature of the sensor must be considered in the calculation of the radiation temperature. The used resistor is a standard Ni resistor with a value of 1000  $\Omega$  @ 0 °C.

The relation between the resistance value of the temperature sensor and the temperature is given below:

$$R(T)=R0*(1+A*T+B*T^2+C*T^4+D*T^6) \quad \text{tolerance class B}$$

$$R0 = \text{resistance @ } 0^\circ\text{C} = 1000 \Omega$$

$$T = \text{Temperature in } ^\circ\text{C}$$

$$A = 5.485 * 10^{-3}$$

$$B = 6.650 * 10^{-6}$$

$$C = 2.805 * 10^{-11}$$

$$D = -2.000 * 10^{-17}$$

### Ordering information

SMTIR9901	Infrared sensor without Ni temperature sensor
SMTIR9902	Infrared sensor with Ni temperature sensor





# Ultralow Offset Voltage Operational Amplifiers

## OP07

### FEATURES

- Low  $V_{OS}$ : 75  $\mu\text{V}$  Max
- Low  $V_{OS}$  Drift: 1.3  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  Max
- Ultra-Stable vs. Time: 1.5  $\mu\text{V}/\text{Month}$  Max
- Low Noise: 0.6  $\mu\text{V}$  p-p Max
- Wide Input Voltage Range:  $\pm 14$  V
- Wide Supply Voltage Range: 3 V to 18 V
- Fits 725, 108A/308A, 741, AD510 Sockets
- 125°C Temperature-Tested Dice

### APPLICATIONS

- Wireless Base Station Control Circuits
- Optical Network Control Circuits
- Instrumentation
- Sensors and Controls
  - Thermocouples
  - RTDs
  - Strain Bridges
  - Shunt Current Measurements
- Precision Filters

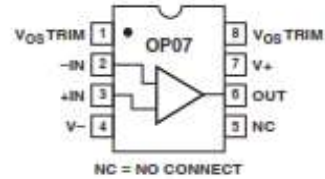
### GENERAL DESCRIPTION

The OP07 has very low input offset voltage (75  $\mu\text{V}$  max for OP07E) which is obtained by trimming at the wafer stage. These low offset voltages generally eliminate any need for external nulling. The OP07 also features low input bias current ( $\pm 4$  nA for OP07E) and high open-loop gain (200 V/mV for OP07E). The low offsets and high open-loop gain make the OP07 particularly useful for high-gain instrumentation applications.

The wide input voltage range of  $\pm 13$  V minimum combined with high CMRR of 106 dB (OP07E) and high input impedance provides high accuracy in the noninverting circuit configuration. Excellent linearity and gain accuracy can be maintained even at

### PIN CONNECTIONS

- Epoxy Mini-Dip (P-Suffix)
- 8-Pin SO (S-Suffix)



high closed-loop gains. Stability of offsets and gain with time or variations in temperature is excellent. The accuracy and stability of the OP07, even at high gain, combined with the freedom from external nulling have made the OP07 an industry standard for instrumentation applications.

The OP07 is available in two standard performance grades. The OP07E is specified for operation over the  $0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$  range, and OP07C over the  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$  temperature range.

The OP07 is available in epoxy 8-lead Mini-DIP and 8-lead SOIC. It is a direct replacement for 725, 108A, and OP05 amplifiers; 741-types may be directly replaced by removing the 741's nulling potentiometer. For improved specifications, see the OP177 or OP1177. For ceramic DIP and TO-99 packages and standard micro circuit (SMD) versions, see the OP77.

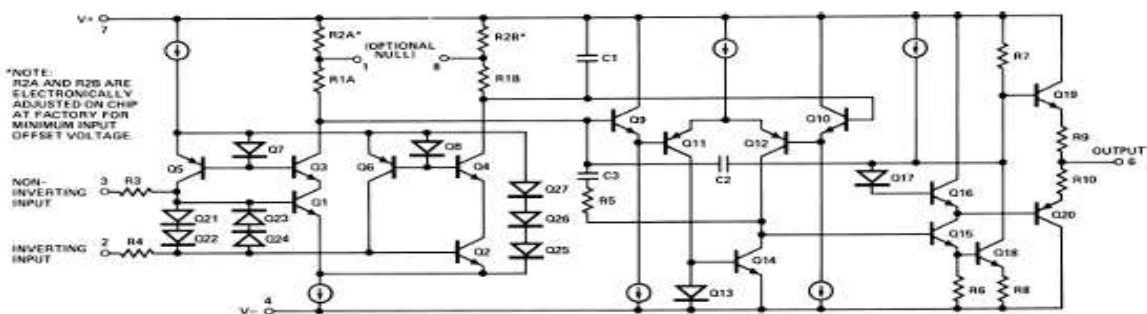


Figure 1. Simplified Schematic

### REV. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
 Tel: 781/329-4700  
 Fax: 781/326-8700  
[www.analog.com](http://www.analog.com)  
 © Analog Devices, Inc., 2002

# OP07—SPECIFICATIONS

## OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_S = \pm 15\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT CHARACTERISTICS</b>						
Input Offset Voltage <sup>1</sup>	$V_{OS}$			30	75	$\mu\text{V}$
Long-Term $V_{OS}$ Stability <sup>2</sup>	$V_{OS}/\text{Time}$			0.3	1.5	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	$I_{OS}$			0.5	3.8	nA
Input Bias Current	$I_B$			$\pm 1.2$	$\pm 4.0$	nA
Input Noise Voltage	$e_n$ p-p	0.1 Hz to 10 Hz <sup>3</sup>		0.35	0.6	$\mu\text{V p-p}$
Input Noise Voltage Density	$e_n$	$f_0 = 10\text{ Hz}$		10.3	18.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ <sup>3</sup>		10.0	13.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		9.6	11.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	$I_n$ p-p			14	30	$\text{pA p-p}$
Input Noise Current Density	$I_n$	$f_0 = 10\text{ Hz}$		0.32	0.80	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ <sup>3</sup>		0.14	0.23	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		0.12	0.17	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance—Differential Mode <sup>4</sup>	$R_{IN}$		15	50		m $\Omega$
Input Resistance—Common-Mode	$R_{INCM}$			160		G $\Omega$
Input Voltage Range	IVR		$\pm 13$	$\pm 14$		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	106	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$		5	20	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	$A_{VO}$	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = \pm 10\text{ V}$	200	500		V/mV
		$R_L \geq 500\text{ }\Omega$ , $V_O = \pm 0.5\text{ V}$ , $V_S = \pm 3\text{ V}$ <sup>4</sup>	150	400		V/mV
<b>OUTPUT CHARACTERISTICS</b>						
Output Voltage Swing	$V_O$	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	$\pm 12.5$	$\pm 13.0$		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	$\pm 12.0$	$\pm 12.8$		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$	$\pm 10.5$	$\pm 12.0$		V
<b>DYNAMIC PERFORMANCE</b>						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ <sup>3</sup>	0.1	0.3		V/ $\mu\text{s}$
Closed-Loop Bandwidth	BW	$A_{VOL} = 1$ <sup>5</sup>	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	$R_O$	$V_O = 0$ , $I_O = 0$		60		$\Omega$
Power Consumption	$P_d$	$V_S = \pm 15\text{ V}$ , No Load		75	120	mW
		$V_S = \pm 13\text{ V}$ , No Load		4	6	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 20\text{ k}\Omega$		$\pm 4$		mV

### NOTES

<sup>1</sup>Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.

<sup>2</sup>Long-term input offset voltage stability refers to the averaged trend time of VOS vs. Time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in VOS during the first 30 operating days are typically 2.5  $\mu\text{V}$  refer to the typical performance curves. Parameter is sample tested.

<sup>3</sup>Sample tested.

<sup>4</sup>Guaranteed by design.

<sup>5</sup>Guaranteed but not tested.

Specifications subject to change without notice.

**OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT CHARACTERISTICS</b>						
Input Offset Voltage <sup>1</sup>	$V_{OS}$			60	150	$\mu\text{V}$
Long-Term $V_{OS}$ Stability <sup>2</sup>	$V_{OS}/\text{Time}$			0.4	2.0	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	$I_{OS}$			0.8	6.0	nA
Input Bias Current	$I_B$			$\pm 1.8$	$\pm 7.0$	nA
Input Noise Voltage	$e_n$ p-p	0.1 Hz to 10 Hz <sup>3</sup>		0.38	0.65	$\mu\text{V p-p}$
Input Noise Voltage Density	$e_n$	$f_O = 10\text{ Hz}$		10.5	20.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 100\text{ Hz}^3$		10.2	13.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 1\text{ kHz}$		9.8	11.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	$I_n$ p-p			15	35	$\text{pA p-p}$
Input Noise Current Density	$I_n$	$f_O = 10\text{ Hz}$		0.35	0.90	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 100\text{ Hz}^3$		0.15	0.27	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 1\text{ kHz}$		0.13	0.18	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance- Differential Mode <sup>4</sup>	$R_{IN}$		8	33		m $\Omega$
Input Resistance- Common-Mode	$R_{INCM}$			120		G $\Omega$
Input Voltage Range	IVR		$\pm 13$	$\pm 14$		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	100	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	$A_{VO}$	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = \pm 10\text{ V}$	120	400		$\text{V}/\text{mV}$
		$R_L \geq 500\ \Omega$ , $V_O = \pm 0.5\text{ V}$ , $V_S = \pm 3\text{ V}^4$	100	400		$\text{V}/\text{mV}$
<b>OUTPUT CHARACTERISTICS</b>						
Output Voltage Swing	$V_O$	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	$\pm 12.0$	$\pm 13.0$		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	$\pm 11.5$	$\pm 12.8$		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$		$\pm 12.0$		V
<b>DYNAMIC PERFORMANCE</b>						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega^3$	0.1	0.3		$\text{V}/\mu\text{s}$
Closed-Loop Bandwidth	BW	$A_{VOL} = 1^5$	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	$R_O$	$V_O = 0$ , $I_O = 0$		60		$\Omega$
Power Consumption	$P_d$	$V_S = \pm 15\text{ V}$ , No Load		80	150	mW
		$V_S = \pm 13\text{ V}$ , No Load		4	8	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 20\text{ k}\Omega$		$\pm 4$		mV

Specifications subject to change without notice.

( $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

**OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT CHARACTERISTICS</b>						
Input Offset Voltage <sup>1</sup>	$V_{OS}$			85	250	$\mu\text{V}$
Voltage Drift without External Trim <sup>2</sup>	$TCV_{OS}$			0.5	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim <sup>3</sup>	$TCV_{OSN}$	$R_p = 20\text{ k}\Omega$		0.4	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{OS}$			1.6	8.0	nA
Input Offset Current Drift	$TCI_{OS}$			12	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$I_B$			$\pm 2.2$	$\pm 9.0$	nA
Input Bias Current Drift	$TCI_B$			18	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		$\pm 13$	$\pm 13.5$		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	97	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$		10	51	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	$A_{VO}$	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = \pm 10\text{ V}$	100	400		$\text{V}/\text{mV}$
<b>OUTPUT CHARACTERISTICS</b>						
Output Voltage Swing	$V_O$	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	$\pm 11$	$\pm 12.6$		V

NOTES

<sup>1</sup>Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.

<sup>2</sup>Guaranteed by design.

<sup>3</sup>Sample tested.

Specifications subject to change without notice.

**OP07**

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Supply Voltage ( $V_S$ )	±22 V
Input Voltage*	±22 V
Differential Input Voltage	±30 V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature Range	
S, P Packages	-65°C to +125°C
Operating Temperature Range	
OP07E	0°C to 70°C
OP07C	-40°C to +85°C
Junction Temperature Range	150°C
Lead Temperature Range (Soldering, 60 sec)	300°C

\*For supply voltages less than ±22 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Package Type	$\theta_{JA}$ *	$\theta_{JC}$	Units
8-Lead Plastic DIP (P)	103	43	°C/W
8-Lead SOIC (S)	158	43	°C/W

\* $\theta_{JA}$  is specified for worst case conditions, i.e.,  $\theta_{JA}$  is specified for device in socket for P-DIP package,  $\theta_{JA}$  is specified for device soldered to printed circuit board for SO package.

**ORDERING GUIDE**

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option	Branding Information
OP07EP	0°C to 70°C	8-Lead Epoxy DIP	P-8	
OP07CP	-40°C to 85°C	8-Lead Epoxy DIP	P-8	
OP07CS	-40°C to 85°C	8-Lead SOIC	S-8	

**CAUTION**

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the OP07 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high-energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



## OP07—SPECIFICATIONS

### OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_S = \pm 15$ V, $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT CHARACTERISTICS</b>						
Input Offset Voltage <sup>1</sup>	$V_{OS}$			45	130	$\mu\text{V}$
Voltage Drift without External Trim <sup>2</sup>	$\text{TCV}_{OS}$			0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim <sup>3</sup>	$\text{TCV}_{OSSN}$	$R_p = 20 \text{ k}\Omega$		0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{OS}$			0.9	5.3	nA
Input Offset Current Drift	$\text{TCI}_{OS}$			8	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$I_B$			±1.5	±5.5	nA
Input Bias Current Drift	$\text{TCI}_B$			13	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		±13	±13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13$ V	103	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3$ V to ±18 V		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	$A_{VO}$	$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$ , $V_O = \pm 10$ V	180	450		V/mV
<b>OUTPUT CHARACTERISTICS</b>						
Output Voltage Swing	$V_O$	$R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	±12	±12.6		V



# Precision Low-Voltage Micropower Operational Amplifier

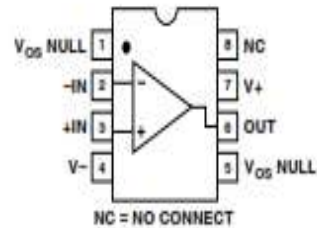
## OP90

### FEATURES

- Single/Dual Supply Operation: 1.6 V to 36 V,  $\pm 0.8$  V to  $\pm 18$  V
- True Single-Supply Operation; Input and Output Voltage Ranges Include Ground
- Low Supply Current: 20  $\mu$ A Max
- High Output Drive: 5 mA Min
- Low Input Offset Voltage: 150  $\mu$ V Max
- High Open-Loop Gain: 700 V/mV Min
- Outstanding PSRR: 5.6  $\mu$ V/V Max
- Standard 741 Pinout with Nulling to V-

### PIN CONNECTIONS

- 8-Lead Epoxy Mini-DIP (P-Suffix)
- 8-Lead SO (S-Suffix)



### GENERAL DESCRIPTION

The OP90 is a high performance, micropower op amp that operates from a single supply of 1.6 V to 36 V or from dual supplies of  $\pm 0.8$  V to  $\pm 18$  V. The input voltage range includes the negative rail allowing the OP90 to accommodate input signals down to ground in a single-supply operation. The OP90's output swing also includes a ground when operating from a single-supply, enabling "zero-in, zero-out" operation.

The OP90 draws less than 20  $\mu$ A of quiescent supply current, while able to deliver over 5 mA of output current to a load. The input offset voltage is below 150  $\mu$ V eliminating the need for

external nulling. Gain exceeds 700,000 and common-mode rejection is better than 100 dB. The power supply rejection ratio of under 5.6  $\mu$ V/V minimizes offset voltage changes experienced in battery-powered systems.

The low offset voltage and high gain offered by the OP90 bring precision performance to micropower applications. The minimal voltage and current requirements of the OP90 suit it for battery and solar powered applications, such as portable instruments, remote sensors, and satellites.

## SPECIFICATIONS

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_S = \pm 1.5$  V to  $\pm 15$  V,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	OP90G			Unit
			Min	Typ	Max	
INPUT OFFSET VOLTAGE	$V_{OS}$			125	450	$\mu\text{V}$
INPUT OFFSET CURRENT	$I_{OS}$	$V_{CM} = 0$ V		0.4	5	nA
INPUT BIAS CURRENT	$I_{II}$	$V_{CM} = 0$ V		4.0	25	nA
LARGE-SIGNAL VOLTAGE GAIN	$A_{VO}$	$V_S = \pm 15$ V, $V_O = \pm 10$ V		400	800	V/mV
		$R_L = 100$ k $\Omega$		200	400	V/mV
		$R_L = 2$ k $\Omega$		100	200	V/mV
	$A_{VO}$	$V_S = \pm 5$ V, $V_- = 0$ V,				
		$1$ V $< V_O < 4$ V		100	250	V/mV
		$R_L = 10$ k $\Omega$		70	140	V/mV
INPUT VOLTAGE RANGE <sup>3</sup>	IVR	$V_+ = 5$ V, $V_- = 0$ V	0/4			V
		$V_S = \pm 15$ V	-15/13.5			V
OUTPUT VOLTAGE SWING	$V_O$	$V_S = \pm 15$ V		$\pm 14$	$\pm 14.2$	V
		$R_L = 10$ k $\Omega$		$\pm 11$	$\pm 12$	V
		$R_L = 2$ k $\Omega$				
	$V_{OH}$	$V_+ = 5$ V, $V_- = 0$ V		4.0	4.2	V
	$V_{OL}$	$V_+ = 5$ V, $V_- = 0$ V			100	500
COMMON-MODE REJECTION	CMR	$V_+ = 5$ V, $V_- = 0$ V,	80	100		dB
	CMR	$0$ V $< V_{CM} < 4$ V	90	120		dB
		$V_S = \pm 15$ V,				
		$-15$ V $< V_{CM} < 13.5$ V				
POWER SUPPLY REJECTION RATIO	PSRR			3.2	10	$\mu\text{V/V}$
SLEW RATE	SR	$V_S = \pm 15$ V	5	12		V/ms
SUPPLY CURRENT	$I_{SY}$	$V_S = \pm 1.5$ V		9	15	$\mu\text{A}$
	$I_{SY}$	$V_S = \pm 15$ V		14	20	$\mu\text{A}$
CAPACITIVE LOAD STABILITY <sup>2</sup>		$A_V = 1$ No Oscillations	250	650		pF
INPUT NOISE VOLTAGE	$e_{npp}$	$f_O = 0.1$ Hz to 10 Hz				
		$V_S = \pm 15$ V		3		$\mu\text{V p-p}$
INPUT RESISTANCE DIFFERENTIAL MODE	$R_{IN}$	$V_S = \pm 15$ V		30		M $\Omega$
INPUT RESISTANCE COMMON-MODE	$R_{INCM}$	$V_S = \pm 15$ V		20		G $\Omega$

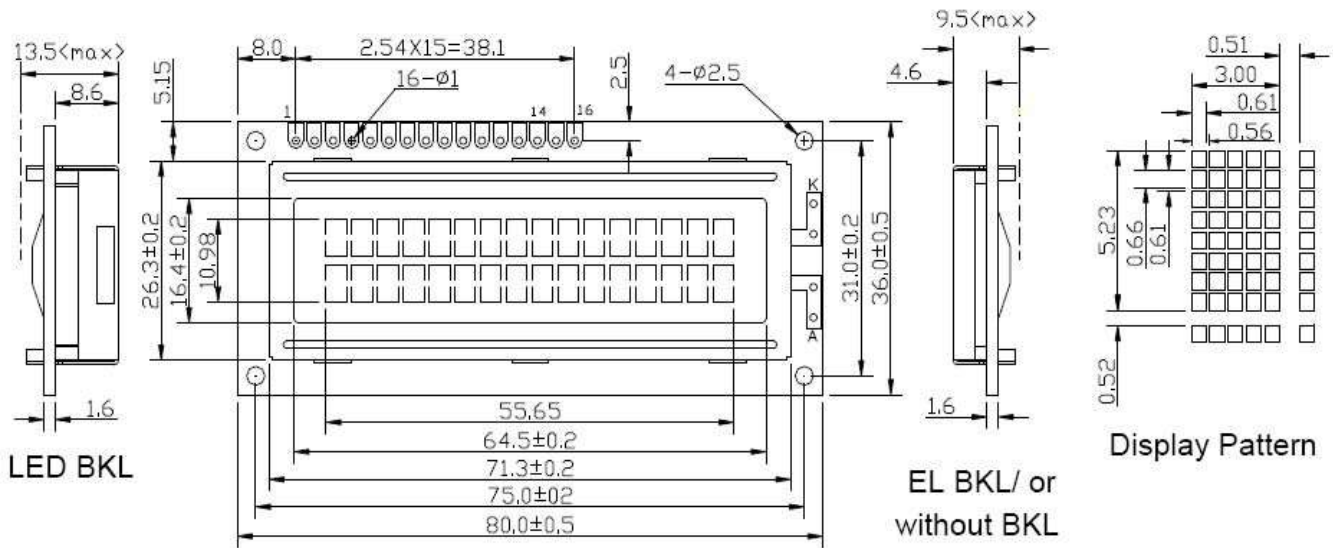
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_S = \pm 1.5 \text{ V to } \pm 15 \text{ V}$ ,  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT OFFSET VOLTAGE	$V_{OS}$			80	400	$\mu\text{V}$
AVERAGE INPUT OFFSET VOLTAGE DRIFT	$TCV_{OS}$			0.3	2.5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
INPUT OFFSET CURRENT	$I_{OS}$	$V_{CM} = 0 \text{ V}$		1.5	5	nA
INPUT BIAS CURRENT	$I_B$	$V_{CM} = 0 \text{ V}$		4.0	20	nA
LARGE-SIGNAL VOLTAGE GAIN	$A_{VO}$	$V_S = \pm 15 \text{ V}$ , $V_O = \pm 10 \text{ V}$ $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	225	400		V/mV
			125	240		V/mV
			50	110		V/mV
	$A_{VO}$	$V^+ = 5 \text{ V}$ , $V^- = 0 \text{ V}$ , $1 \text{ V} < V_O < 4 \text{ V}$ $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$	100	200		V/mV
			50	110		V/mV
INPUT VOLTAGE RANGE*	IVR	$V^+ = 5 \text{ V}$ , $V^- = 0 \text{ V}$ $V_S = \pm 15 \text{ V}$	0/3.5			V
			-15/13.5			V
OUTPUT VOLTAGE SWING	$V_O$	$V_S = \pm 15 \text{ V}$ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	$\pm 13.5$	$\pm 13.7$		V
			$\pm 10.5$	$\pm 11.5$		V
	$V_{OH}$	$V^+ = 5 \text{ V}$ , $V^- = 0 \text{ V}$ $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	3.9	4.1		V
	$V_{OL}$	$V^+ = 5 \text{ V}$ , $V^- = 0 \text{ V}$ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$			100	500
COMMON-MODE REJECTION	CMR	$V^+ = 5 \text{ V}$ , $V^- = 0 \text{ V}$ , $0 \text{ V} < V_{CM} < 3.5 \text{ V}$ $V_S = \pm 15 \text{ V}$ , $15 \text{ V} < V_{CM} < 13.5 \text{ V}$	85	105		dB
			95	115		dB
POWER SUPPLY REJECTION RATIO	PSRR			3.2	10	$\mu\text{V/V}$
SUPPLY CURRENT	$I_{SY}$	$V_S = \pm 1.5 \text{ V}$		15	25	$\mu\text{A}$
		$V_S = \pm 15 \text{ V}$		19	30	$\mu\text{A}$



**XIAMEN OCULAR**

**GDM1602K**



**Feature**

1. 5X8 dots with cursor
2. Built-in controller (KS0066U or Equivalent)
3. +5V power supply(Also available for +3.0V)
4. 1/16 duty
5. BKL to be driven by pin1,pin2,or pin15,pin16,or A,K
6. N.V.optional

PIN NO	Symbol	Fuction
1	VSS	GND
2	VDD	+5V
3	V0	Contrast adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read/Write signal
6	E	H/L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A	+4.2V for LED
16	K	Power supply for BKL(0V)

**Mechanical Data**

Item	Standard	Unit
Module dimension	80.0x36.0	mm
Viewing area	64.5x16.4	mm
Dot size	0.56x0.61	mm
Character size	3.00x5.23	mm

**Absolute Maximum Rating**

Item	Symbol	Standard			Unit
		Min	Typ	Max	
Power supply	VDD-VSS	-0.3	-----	5.5	V
Input voltage	VI	-0.3	-----	VDD	

**Electronical characteristics**

Item	Symbol	Condition	Standard			Unit
			Min	Typ	Max	
Input voltage	VDD	+5V	4.7	5.0	5.5	V
		+3.3V	2.7	3.0	5.3	
Supply current	I <sub>oo</sub>	VDD=5V	-----	1.5	4	mA
Recommended LCD riling voltage for normal temp version module	VDD-V0	-20°C	-----	-----	-----	V
		0 °C	4.7	5.0	5.5	
		25°C	4.3	4.5	4.7	
		50°C	4.1	4.3	4.5	
		70°C	-----	-----	-----	
LED forward voltage	VF	25°C	-----	4.2	4.6	V
LED forward current	IF	25°C	-----	120	160	mA
EL power supply current	I <sub>EL</sub>	V <sub>EL</sub> =110V AC 400Hz	-----	-----	-----	mA

**Display character address code:**

Display position

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0FH
DDRAM address	40	41	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4FH



# KA78XX/KA78XXA

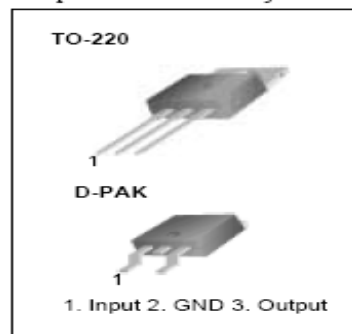
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

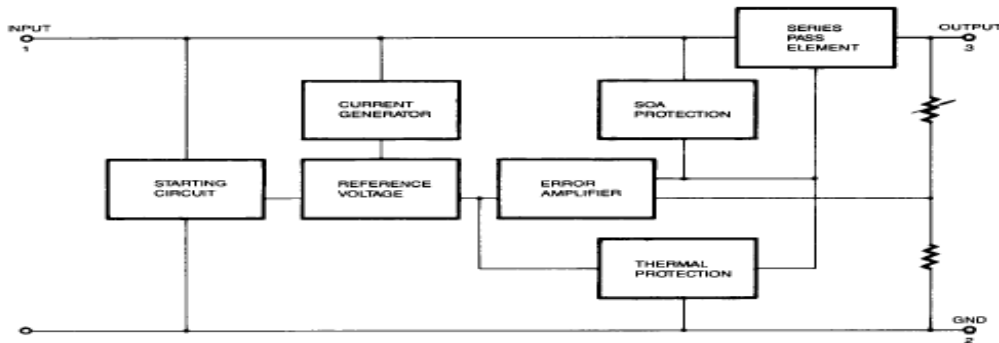
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	35	V
	$V_I$	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	$T_{OPR}$	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

## Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit ,  $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$ ,  $I_O = 500mA$ ,  $V_I = 10V$ ,  $C_I = 0.33\mu F$ ,  $C_O = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$ , $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10Hz$ to $100KHz$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	$V_{Drop}$	$I_O = 1A$ , $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	$r_O$	$f = 1KHz$	-	15	-	m $\Omega$	
Short Circuit Current	$I_{SC}$	$V_I = 35V$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	$I_{PK}$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

### Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

KA78XX/KA78XXA

## Electrical Characteristics (KA7805A)

(Refer to the test circuits.  $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 1\text{A}$ ,  $V_I = 10\text{V}$ ,  $C_I = 0.33\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.9	5	5.1	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$	4.8	5	5.2		
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 7.5\text{V to } 25\text{V}$ $I_O = 500\text{mA}$	-	5	50	mV	
		$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	-	3	50		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 7.3\text{V to } 20\text{V}$	-	5		50
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	-	1.5		25
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	9	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	9	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4	50		
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$ , $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8		
		$V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8		
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ , $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 8\text{V to } 18\text{V}$	-	68	-	dB	
Dropout Voltage	$V_{\text{Drop}}$	$I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	$r_O$	$f = 1\text{kHz}$	-	17	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	$I_{\text{SC}}$	$V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	$I_{\text{PK}}$	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

### Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.