آزمایشگاه سنسور

مدل: LE110-01

- آشنایی سریع و ساده با چگونگی استفاده از انواع سنسورها
- قابل استفاده برای انواع سنسور آنالوگ و دیجیتال
- مشاهده مقدار اندازه‌گیری شده توسط سنسور
- امکان رسم نمودار در محیط نرم افزار
- امکان نمونه برداری پیوسته جهت استفاده در دیگر نرم افزارها نظیر MATLAB و EXCEL

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست شکل‌ها ..... ب

فهرست جدول ها ..... ج

مقدمه **۱**

آزمایشگاه سنسور چگونه کار می کند؟ ۱

آشنایی با سخت‌افزار **۳**

آشنایی با نرم‌افزار **۴**

ذخیره داده‌های اندازه‌گیری و رسم نمودار ۶

سنسورهای آنالوگ **۸**

سنسور دما LM35 ..... ۸

سنسور اثر هال UGN3503 ..... ۸

سنسورهای مقاومتی **۱۰**

سنسور PT100 ..... ۱۱

سنسور فتوسل (LDR) ۱۱

سنسور لودسل ۱۲

سنسورهای دیجیتال **۱۴**

سنسور دما LM75 ..... ۱۴

سنسور دما DS1820 ..... ۱۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱ پنجره نخست نرمافزار ۴
شکل ۲ پنجره انتخاب سنسور ۵
شکل ۳ اتصال به سخت افزار ۵
شکل ۴ پنجره اندازهگیری برای سنسور انتخابی ۶
شکل ۵ ذخیره دادههای درحال اندازهگیری ۷
شکل ۶ رسم نمودار دادههای ذخیره شده ۷
شکل ۷ نمایش نمودار دادههای ذخیره شده ۷
شکل ۸ سنسور UGN3503 ..... ۹
شکل ۹ کاربردهای مختلف سنسور اثر هال ۹
شکل ۱۰ پل وتستون ۱۰
شکل ۱۱ سنسور **PT100** به صورت مجزا و به همراه روکش و کابل ۱۱
شکل ۱۲ فتوسل یا **LDR** ۱۱
شکل ۱۳ چگونگی عملکرد STRAIN GAUGE ۱۲
شکل ۱۴ ساختار یک لودسل ۱۳
شکل ۱۵ مدار داخلی یک لودسل ۱۳
شکل ۱۶ پایه‌های سنسور **LM75** ۱۴

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱ نحوه اتصال پینها ۳
جدول ۲ راهنمای اتصال سنسورها ۳

مقدمه

یکی از مهمترین مراحل انجام هر تحقیق میدانی، استخراج و جمع آوری مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده است. کیفیت انجام این مرحله بیش از آنکه به کیفیت ابزار اندازه‌گیری بستگی داشته باشد، به کیفیت بکارگیری آن ابزار اندازه‌گیری بستگی دارد. از سوی دیگر چگونگی ثبت و جمع آوری اطلاعات اندازه‌گیری شده یکی از مهمترین مراحل در آزمایش‌های میدانی است چرا که در این مرحله خطاهای انسانی مانع از انجام دقیق این کار است.

"آزمایشگاه سنسور" با هدف توسعه دانش استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری ابزار دقیق با در اختیار قرار دادن بسیاری از امکانات مورد نیاز یک دانشجو در تلاش است ضمن آموزش چگونگی عملکرد انواع سنسورهای اندازه-گیری، به عنوان ابزاری در جهت نمونه‌برداری از سیگنال‌های اندازه‌گیری شده ایفای نقش نماید.

بر همین اساس شرکت فن آوران صنعت لوتوس در این جزوه آموزشی ضمن معرفی برخی از سنسورهای پرکاربرد صنعتی چگونگی اتصال و استفاده از "آزمایشگاه سنسور" را تشریح نموده و امیدوار است توانسته باشد بخش کوچکی از نیازهای آموزشی کشور را پاسخگو باشد.

آزمایشگاه سنسور چگونه کار می کند؟

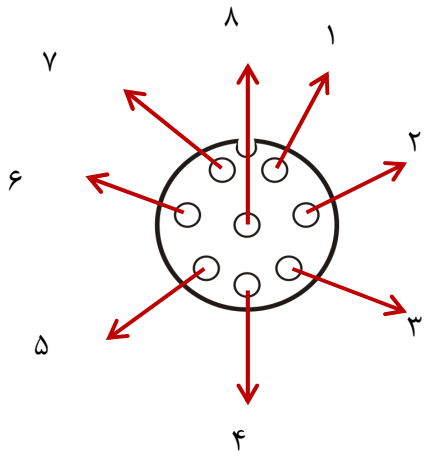
آزمایشگاه سنسور از دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل شده است. بخش سخت‌افزار شامل سنسور، کابل ارتباطی و دستگاه گیرنده الکترونیکی است که به درگاه USB کامپیوتر متصل می‌شود، بخش نرم‌افزار هم شامل برنامه کامپیوتری است که تنظیمات مربوط به نوع سنسور و سخت‌افزار رابط را از کاربر دریافت و اعمال می‌کند. بطور کلی سنسورها مبدل‌هایی هستند که کمیات فیزیکی را به سیگنال‌های قابل تشخیص توسط تجهیزات الکترونیک تبدیل می‌کنند. در برخی از سنسورها این سیگنال مستقیماً ساخته می‌شود مانند ترموکوپل که متناسب با حرارت اعمال شده به آن ولتاژ مشخصی را تولید می‌کند. در دیگر انواع سنسور تغییر مشخصات سنسور به گونه‌ای است که قابل تبدیل به سیگنال الکتریکی است. سنسورهای روشنایی LDR از این نوع هستند. این سنسورها در واقع یک نوع مقاومت هستند که متناسب با تغییرات نور تابیده شده به آن، مقاومت مختلفی از خود نشان می‌دهد، حال چنانچه از این مقاومت جریان مشخصی عبور داده شود، تغییرات مقدار ولتاژ آن متناسب با تغییرات مقدار مقاومت سنسور است و با استفاده از همین رابطه می توان مقدار شدت نور را بدست آورد. بر همین اساس ترموکوپل را **سنسور آنالوگ** می‌نامیم چرا که یک سیگنال آنالوگ تحویل می‌دهد و LDR را یک **سنسور مقاومتی** می‌نامیم چرا که با تغییر نور تابیده شده مقاومت آن تغییر می‌کند. در برخی دیگر از

سنسورها نظیر SMT160 که یک سنسور دما است، خروجی سنسور به صورت پالس های دیجیتال بوده و دما متناسب با عرض پالس سیگنال اعمال شده است. این نوع سنسور نیز **سنسور دیجیتال** شناخته می‌شوند.

به این ترتیب برای استفاده از هر نوع سنسوری بایستی بتوان سیگنال ولتاژ تولیدی آن را اندازه‌گیری نمود. آزمایشگاه سنسور، نیازمندی‌های ابتدایی برای اندازه‌گیری سنسور را در اختیار دانشجو قرار می‌دهد تا دانشجو بتواند بر روی سایر امور تحقیقاتی خود متمرکز شود. در این دفترچه ابتدا بخش سخت‌افزار تشریح شده و سپس چگونگی استفاده از نرم‌افزار بیان شده است. برای آشنایی بیشتر دانشجو با امکانات این آزمایشگاه، چندین نمونه سنسور پرکاربرد صنعتی تشریح شده و چگونگی تنظیم اتصالات آن بیان شده است. با توجه به تقسیم‌بندی سنسورها به سه گروه یاد شده این امکان برای دانشجو وجود دارد که سنسورهای مختلف مورد نیاز خود را با استفاده از این آزمایشگاه بررسی و مورد استفاده قرار دهد.

آشنایی با سخت‌افزار

سخت‌افزار آزمایشگاه سنسور شامل یک برد الکترونیکی است که کلیه تنظیمات آن از طریق کامپیوتر انجام می‌گیرد. لذا برای استفاده از آن تنها کافیست با توجه به شماره پین‌های کانکتور ورودی آن، سنسور مورد نظر را متصل نمائیم.



جدول ۱ نحوه اتصال پین‌ها

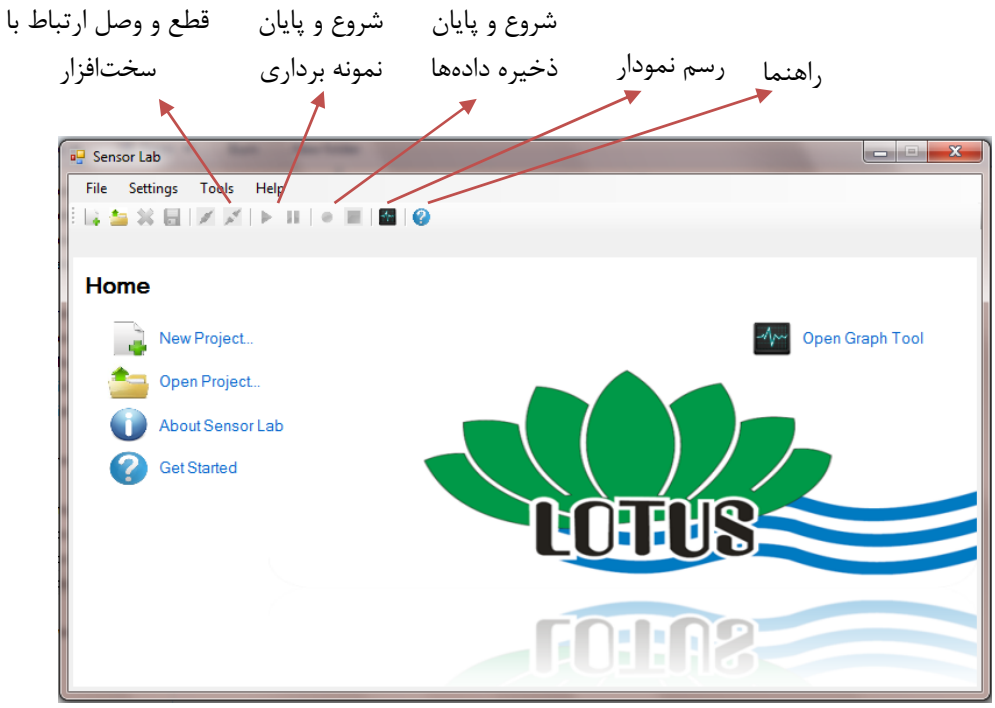
پین	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
نوع سیگنال	GND	۱۲ ولت	Analog or Digital	Digital	(Exc+) ۵ ولت	(Exc-)	(Sig+)	(Sig-)

جدول ۲ راهنمای اتصال سنسورها

سنسورهای آنالوگ	پین‌های ۱ و ۳	
سنسورهای مقاومتی	سنسورهای پل مانند لودسل	پین‌های ۵ و ۶ و ۷ و ۸
	سایر سنسورهای مقاومتی	پین‌های ۷ و ۸
سنسورهای دیجیتال	I2C ها	پین‌های ۱ و ۴ و ۵
	1-wire ها	پین‌های ۱ و ۳ و ۴ و ۵

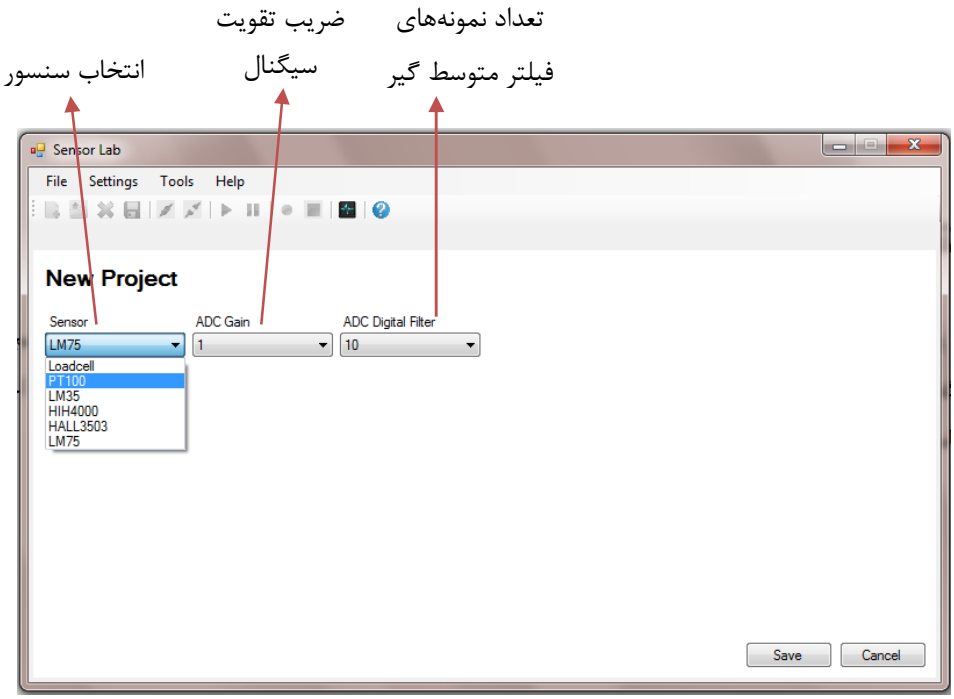
آشنایی با نرم‌افزار

یکی از متعلقات آزمایشگاه سنسور، یک حلقه CD شامل نرم‌افزار، فایل الکترونیکی این دفترچه و همچنین برگه اطلاعات بسیاری از سنسورهای پرکاربرد صنعتی است که توسط این آزمایشگاه پشتیبانی می‌شود. اجرای برنامه نیاز به نصب ندارد و در زمان اجرا پنجره شکل ۱ ظاهر می‌شود. در نوار ابزار این نرم‌افزار، دکمه‌های مختلفی وجود دارد که عملکرد هر یک در شکل مشخص شده است. پیش از انجام هر کاری بایستی ابتدا یک پروژه ایجاد نمود. برای ایجاد پروژه جدید گزینه New Project… بایستی انتخاب شود، در غیر اینصورت پروژه های قبلی را می‌توان با گزینه Open Project… مجدد استفاده نمود.



شکل ۱ پنجره نخست نرم‌افزار

با انتخاب گزینه New Project… پنجره شکل ۲ ظاهر می‌شود. در این پنجره کاربر بایستی نوع سنسور، ضریب تقویت مورد نیاز برای سیگنال خروجی سنسور و همچنین مشخصات فیلتر دیجیتال اعمالی بر روی سیگنال سنسور را مشخص نماید. پس از تعیین مشخصات مذکور کاربر می‌تواند تنظیمات خود را با انتخاب دکمه SAVE، ذخیره نماید.



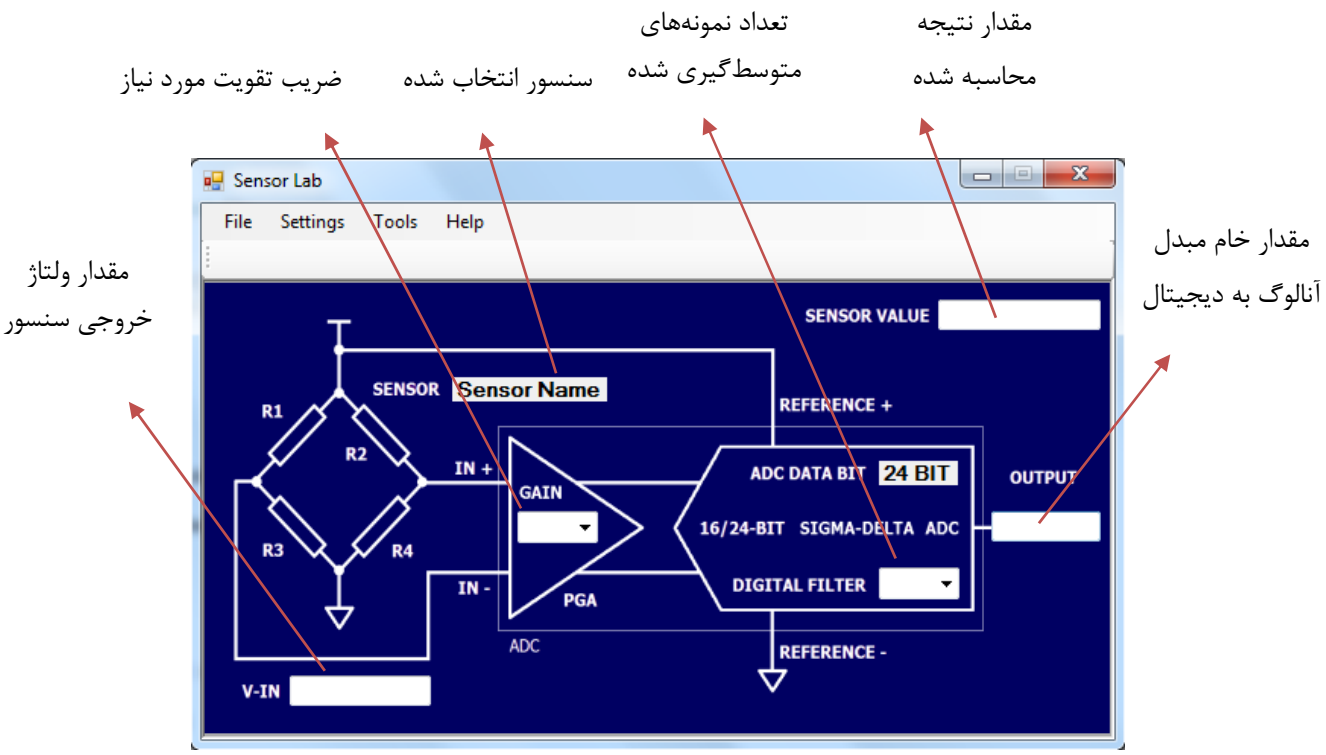
شکل ۲ پنجره انتخاب سنسور

پس از انتخاب سنسور، چنانچه سخت‌افزار به کامپیوتر متصل شده باشد، ابزار ارتباط با سخت‌افزار فعال شده و کاربر ابزار Connect to Device را که در شکل ۳ نشان داده شده را انتخاب و بسته به نوع سنسور، پنجره‌ای مانند شکل ۴ ظاهر می‌شود.

شکل ۳ اتصال به سخت افزار

در شکل ۴ علاوه‌بر اینکه ساختار و روش اندازه‌گیری به صورت شماتیک نشان داده شده است، به منظور افزایش بار آموزشی، مقادیر مختلفی نظیر، مقدار ولتاژ آنالوگی که به مبدل آنالوگ به دیجیتال متصل شده است، مقدار ضریب بهره انتخاب شده در تنظیمات، مقدار نتیجه بدست آمده از مبدل آنالوگ

به دیجیتال و همچنین مقدار نتیجه با احتساب ضرایب و مشخصات کالیبراسیون سنسور نمایش داده شده است.



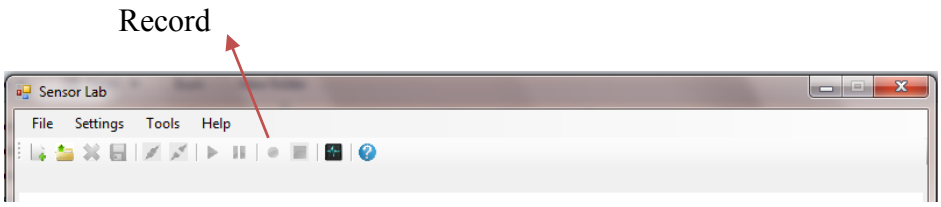
شکل ۴ پنجره اندازه‌گیری برای سنسور انتخابی

محیط نرم‌افزار برای سنسورهای مختلف مشابه می‌باشد و کاربر به سادگی می‌تواند عملکرد سنسور را در آن بررسی و مشاهده نماید.

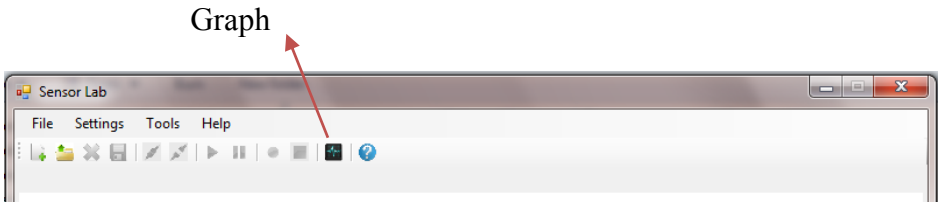
ذخیره داده‌های اندازه‌گیری و رسم نمودار

اطلاعات بدست آمده حاصل از اندازه‌گیری زمانی مفید است که بتوان آن را بر روی نمودار مشاهده و مقایسه نمود. پس از شروع داده برداری، کاربرد می‌تواند طبق شکل ۵ با انتخاب ابزار ذخیره، شروع به ذخیره اطلاعات نماید. داده‌های ذخیره شده را می‌توان با استفاده از ابزار رسم نمودار که در شکل ۶ با Graph مشخص شده است، رسم نمود که در نهایت نمودار مانند شکل ۷ ظاهر می‌شود. همچنین فرمت

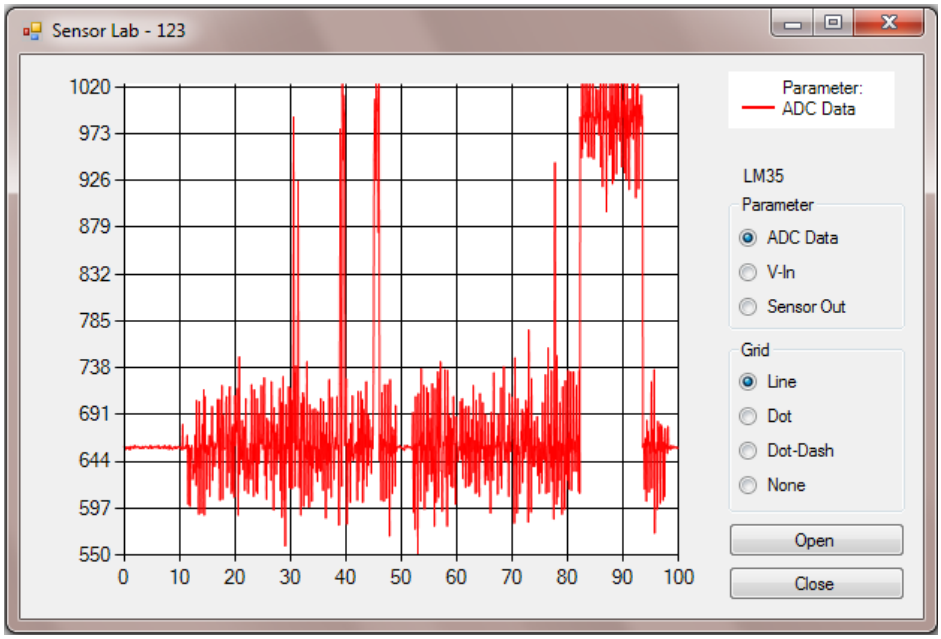
ذخیره این اطلاعات بگونه‌ای است که می‌تواند در نرم‌افزارهایی نظیر MATLAB و EXCEL نیز استفاده شود.



شکل ۵ ذخیره داده‌های درحال اندازه‌گیری



شکل ۶ رسم نمودار داده‌های ذخیره شده



شکل ۷ نمایش نمودار داده‌های ذخیره شده

سنسورهای آنالوگ

همانطور که در بالا اشاره شد سنسورهای آنالوگ سنسورهایی هستند که خروجی ولتاژ یا جریانی تولید می-کنند. از آنجا که سیگنال‌های جریانی نیز در مرحله اندازه‌گیری به ولتاژ تبدیل می‌شوند[1] می‌توان گفت سنسورهای آنالوگ سنسورهایی هستند که خروجی ولتاژی دارند. در این کیت آزمایشگاهی برای این نوع سنسورها محدوده قابل اندازه‌گیری در بازه صفر تا ۲/۵ ولت در نظر گرفته شده است. سنسورهای آنالوگ بی‌شماری در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند که بررسی تمام آن‌ها قطعاً امکانپذیر نیست، اما از آنجا که روش استفاده از آن‌ها مشابه است، لذا در اینجا تنها دو نمونه از این سنسورها معرفی شده است.

سنسور دما LM35

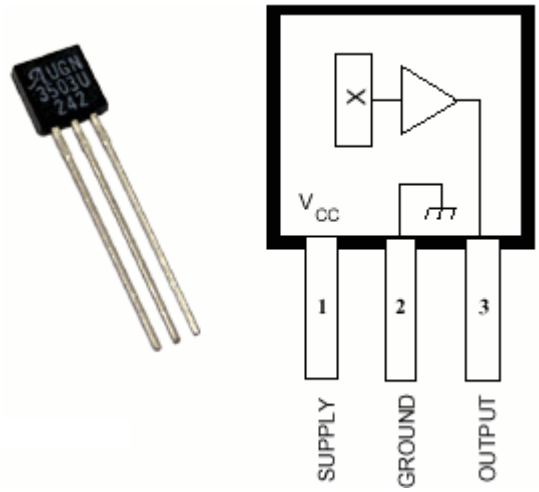
خروجی سنسور lm35 به صورت خطی متناسب با دما بر حسب سانتیگراد است. این سنسور در دمای اتاق دارای دقت $0.5^{\circ}C$ بوده و به هیچ کالیبراسیون خارجی نیاز ندارد . از آنجا که جریان مصرفی این سنسور تنها ۶۰ µA است، لذا خود گرمایشی (self-heating) بسیار کمی دارد. این سنسور قادر است در بازه دمایی ۵۵- تا ۱۵۰+ درجه سانتیگراد دما را اندازه‌گیری کند.

سنسور اثر هال UGN3503

اثری که یک میدان مغناطیسی بر روی یک جریان الکتریکی می‌گذارد و منجر به ایجاد اختلاف ولتاژ در هادی جریان می‌گردد، اساس کار حسگرهای "اثر هال" است. از آنجا که این اختلاف ولتاژ بسیار ناچیز و کوچک است نیاز به تقویت دارد، لذا ترکیبی از مدارهای تقویت کننده و حسگر میدان مغناطیسی، یک سنسور اثر هال نامیده می‌شود.

---

[1] - اصولاً سیگنال‌های جریانی نسبت به سیگنال‌های ولتاژی ارجح هستند، چراکه سیگنال‌های جریانی از آنجا که دو سیمه (مسیر رفت و برگشت) منتقل می‌شوند، نسبت به نویزهای القایی مصون هستند. به همین دلیل چنانچه فاصله بین محل نصب سنسور و سیستم اندازه‌گیری طولانی باشد، ترجیح داده می‌شود ابتدا خروجی سنسور توسط مدارهای واسطی که signal conditioner نامیده می‌شوند به سیگنال جریان تبدیل شده و سپس منتقل شوند.

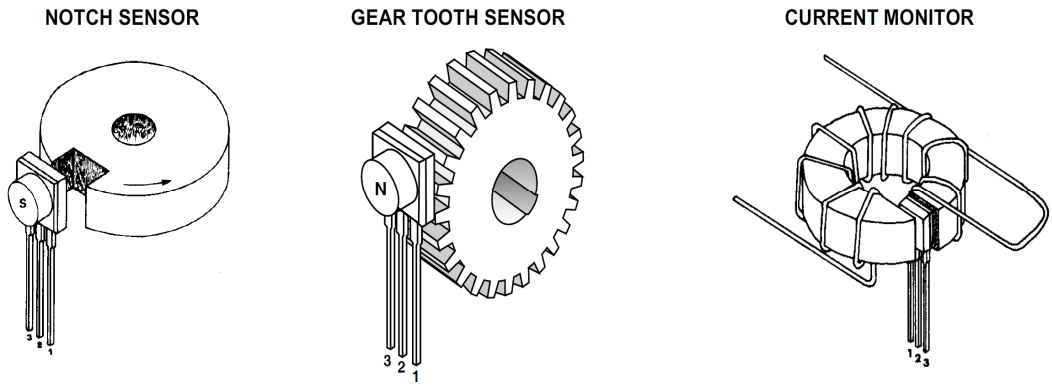


شکل ۸ سنسور UGN3503

سنسور UGN3503 که به اختصار به نام ۳۵۰۳ نیز شناخته می‌شود، دارای ۳ پین و ظاهری مانند ترانزیستور است که در شکل ۸ آمده است. این سنسور در شرایط میدان مغناطیسی با شدت صفر نصف ولتاژ تغذیه خود را در پین خروجی (پایه ۳) قرار میدهد و چنانچه میدان مغناطیسی به گونه‌ای باشد که قطب جنوب مغناطیسی سمت چاپ شده سنسور باشد (خطوط میدان از سطح چاپ شده خارج شوند) بر مقدار ولتاژ پایه ۳ افزوده شده و چنانچه جهت میدان عکس شود، از این مقدار کاسته می‌شود.

لذا مقدار ولتاژ پایه ۳ بیانگر شدت میدان در راستای عمود بر سطح چاپ شده سنسور است.

این سنسور کاربردهای مختلفی در صنعت دارد که سه مورد اصلی آن در شکل ۹ آمده است. کاربرد شماره ۱ و ۲ که نسبتاً مشابه هستند به عنوان تشخیص دهنده لبه‌ها و به عنوان تعیین موقعیت و سرعت اجسام دوار کاربرد دارد و در واقع خروجی سنسور به صورت پالس‌هایی با فرکانس و پهنای پالس وابسته به شکل ظاهری و سرعت چرخش جسم می‌باشد. در کاربرد سوم خروجی سنسور به صورت خطی وابسته به شدت میدان ایجاد شده در سیم‌پیچ است و به عنوان سنسور جریان بسیار پرکاربرد است.

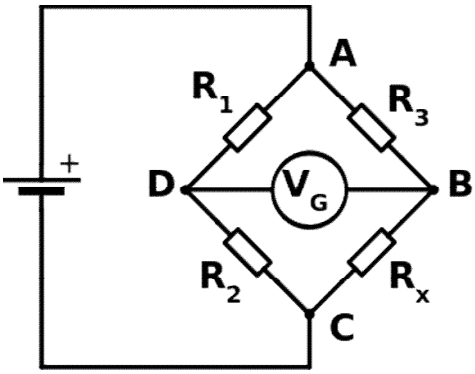


۱ ۲ ۳

شکل ۹ کاربردهای مختلف سنسور اثر هال

سنسورهای مقاومتی

همانطور که می‌دانیم مقاومت یک هادی به پارامترهای فیزیکی مختلفی بستگی دارد. این پارامترها برای یک هادی با توجه به رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$ به جنس ماده، ابعاد فیزیکی نظیر طول و سطح مقطع عبور جریان الکتریکی بستگی دارد. از سوی دیگر موار رسانا با توجه به جنس ماده تشکیل دهنده آن‌ها نسبت به تغییرات دما رفتارهای مختلفی از خود نشان می‌دهند. برخی از آن‌ها در برابر افزایش دما رفتار مثبت نشان داده و مقاومت آن‌ها افزایش می‌یابد و برخی رفتار منفی نشان داده و مقاومت آن‌ها کم می‌شود. بر اساس این اثرپذیری مواد هادی، می‌توان تغییرات مقاومت را ملاک شدت تغییر در هر یک از پارامترهای مذکور درنظر گرفت. از آنجا که تغییر هر یک از پارامترهای ذکر شده به ازای پدیده‌های فیزیکی مختلف محدود است، لذا اندازه‌گیری خود مقاومت برای بررسی این پدیده باید با دقت بالایی صورت بگیرد که در صنعت اجرایی نیست. به همین دلیل برای بررسی تغییرات مقاومت از پل وتستون استفاده می‌شود.



شکل ۱۰ پل وتستون

پل وتستون آرایش خاصی از چهار مقاومت الکتریکی است که برای تعیین مقدار مقاومتی مجهول بکار می‌رود. در شکل ۱۰ ساختار این پل نشان داده شده است. وقتی مدار در حالت تعادل باشد، ولت‌سنج اختلاف پتانسیلی را نشان نخواهد داد. بنابراین نقاط B و D هم‌پتانسیل خواهند بود. از این رو افت پتانسیل دو سر R_1 و R_3 باید برابر باشد. همچنین افت پتانسیل دو سر R_2 و R_X یکسانند. علاوه بر این، چون جریانی بین نقاط B و D برقرار نیست، جریان گذرنده از R_3 و R_X یکسان است.

همچنین جریان گذرنده از R_1 و R_2. بر همین اساس در پل وتستون یک ولتاژ بین نقاط A و C اعمال می‌شود که به ولتاژ تحریک مشهور است و از سوی دیگر ولتاژ بین نقاط D و B خوانده می‌شود. با استفاده از این ولتاژ، میزان اختلاف بین مقاومت R_x و سایر مقاومت‌ها مشخص می‌گردد.

سنسورهای مقاومتی با استفاده از این پدیده شکل گرفته‌اند که در ادامه به معرفی چند نمونه پرکاربرد از این سنسورها پرداخته شده است.

سنسور PT100

این سنسور رایج ترین سنسور حرارتی مقاومتی مورد استفاده در صنعت است. این سنسور در دمای صفر دارای مقاومت ۱۰۰ اهم بوده و از پلاتین که دارای مقاومت دقیقی در دماهای مختلف است ساخته شده است.

از آنجایی که جدول دقیق تغییرات مقاومت بر اساس تغییرات دما در دسترس میباشد روش مرسوم برای کالیبراسیون آن استفاده از آن جدول است. توجه شود که دو نوع خطا وجود دارد ، یکی خطای آفست (مثلاً در دمای ۰ چقدر خطا وجود دارد) و دیگری اسپن یا ضریب خطا (میزان تغییرات مقاومت با دما در مقایسه با منحنی تغییرات در تئوری). خطای بهره بستگی به خطای آفست و ناخالصی های موجود در پلاتین دارد.

شکل ۱۱ سنسور **PT100** به صورت مجزا و به همراه روکش و کابل

این سنسورها در مقاومتهای ۲۰۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ اهم نیز ساخته میشوند. اگر چه این سنسورها کم به فروش میرود، معمولاً آنها همراه با پروب از جنس استیل برای نصب در محیطهای صنعتی استفاده می‌شود. روش استفاده از این سنسور نیز مشابه سایر سنسورهای مقاومتی به روش پل وتستون می‌باشد.

سنسور فتوسل (LDR)

مقاومت نوری یا (Light Dependent Resistor) (LDR) نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن بر اثر افزایش شدت نور تابیده‌شده بر آن کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر از خود فوتورسانندگی نمایش می‌دهد.

مقاومت‌های نوری از یک نیمه‌رسانای دارای مقاومت بالا تشکیل شده‌اند و در صورتی که نور تابیده شده بر روی آن از بسامد کافی برخوردار باشد، فوتون‌های جذب‌شده توسط نیمه‌رسانا به الکترون‌های وابسته‌اش انرژی کافی برای جهش به نوار رسانش را می‌دهند. الکترون آزاد به دست آمده و حفره‌های حاصل جریان الکتریکی را هدایت می‌کنند و به این شکل مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد.

لوکس (lux)، یکای شدت روشنایی در سیستم SI است که به صورت شارنوری بر واحد سطح تعریف می‌شود.

شکل ۱۲ فتوسل یا **LDR**

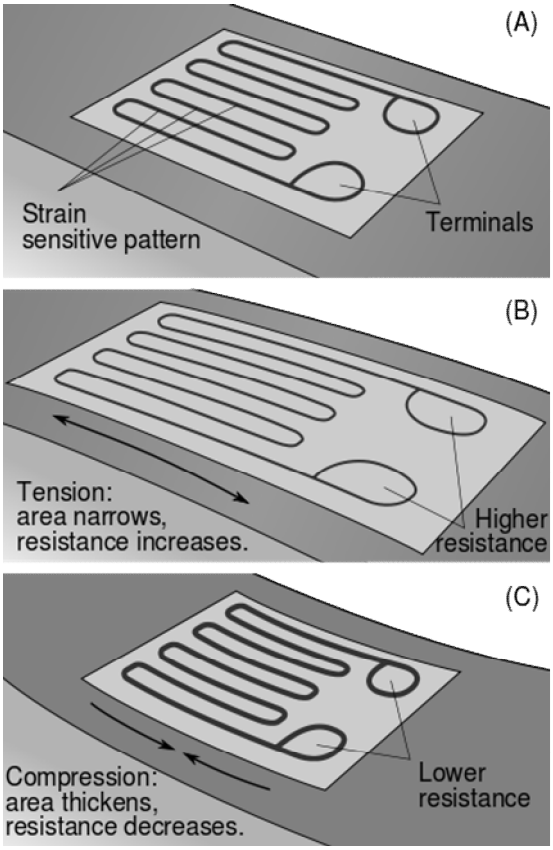
در علوم نورسنجی، لوکس به عنوان مقیاسی برای سنجش شدت نوری که بوسیله چشم انسان درک می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. در لوکس هر طول موج یک ظریب وزنی دارد که طبق تابع درخشندگی محاسبه می‌شود. تابع درخشندگی یا منحنی حساسیت چشم یا تابع بازده نوری، یک تابع یا منحنی است که میانگین حساسیت چشم انسان‌ها به نور را در طول موجهای مختلف مشخص می‌کند.

MLG12527 یک نمونه فتوسل است که در شدت نور ۱۰ لوکس مقاومت آن بین ۱۰ تا ۲۰ کیلواهم و در شدت نور ۱۰۰ لوکس مقاومت آن بین ۲ تا ۴ کیلواهم و در تاریکی مقاومت آن حدود ۱ مگا اهم است. برای مقایسه می‌توان گفت شدت نور در طلوع و غروب آفتاب حدود ۴۰ لوکس است.

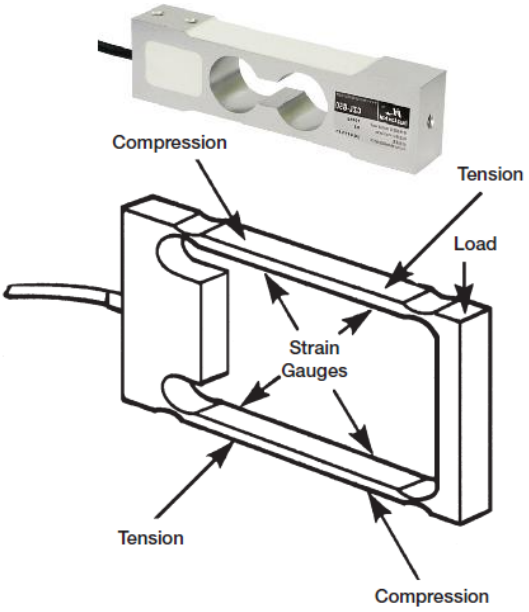
سنسور لودسل

یکی از اثرات فیزیکی که منجر به تغییر مقدار مقاومت یک هادی می‌شود، تغییر طول آن است. با استفاده از این خاصیت در صنعت مقاومت خاصی ساخته می‌شود که قادر است تغییر طول را به دفعات متعدد تجربه نموده و بدون آنکه آسیب ببیند به حالت ابتدایی خود بازگردد. این المان که Strain Gauge یا کرنش سنج نام دارد در اثر نیروی وارد شده بر آن کشیده و یا جمع شده و به این ترتیب با تغییر مقاومت میزان نیروی اعمال شده به خود را اعلام می‌کند. در شکل ۱۳ این رفتار نشان داده شده است.

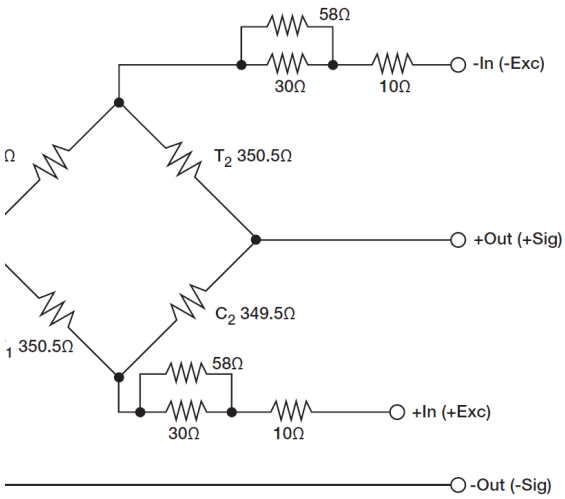
یک لودسل از تعدادی از این Strain Gauge ها تشکیل شده است. در شکل ۱۴ موقعیت قرار گرفتن آن‌ها در یک لودسل نشان داده شده است. در شکل ۱۵ مدار الکتریکی حاصل از قرارگرفتن مقاومت‌ها نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود علاوه‌بر مقاومت‌های Strain Gauge مقاومت‌های دیگری وجود دارد که عموماً به دلیل کالیبراسیون داخلی توسط سازنده ایجاد می‌شود.



شکل ۱۳ چگونگی عملکرد Strain Gauge



شکل ۱۴ ساختار یک لودسل



شکل ۱۵ مدار داخلی یک لودسل

همانطور که در شکل ۱۴ مشخص شده است در این لودسل با اعمال نیرو برخی از Strain Gauge ها در حالت کشیده شده (Tension) قرار گرفته و مقاومتشان افزایش یافته و برخی در حالت فشرده شده (Compression) قرار می‌گیرند و مقاومتشان کاهش می‌یابد. در شکل ۱۵ این مقاومت‌ها مشخص شده است، در این شکل که مقدار نامی مقاومت‌ها ۳۵۰ اهم بوده است، ملاحظه می‌شود مقاومت‌هایی که تحت کشش قرار داشته‌اند با حرف T نامگذاری شده‌اند و مقدارشان ۳۵۰/۵ اهم شده است و مقاومت‌هایی که در حالت فشرده شدن قرار دارند با حرف C مشخص شده و مقدارشان به ۳۴۹/۵ اهم کاهش یافته است.

در برگه اطلاعات لودسل‌ها که نمونه آن در پیوست آمده است، در میان اطلاعات داده شده، پس از مقدار ظرفیت نیروی نامی لودسل که برحسب kgf[1] مشخص شده است، سه پارامتر مهم مورد نیاز است. نخست مقدار ولتاژ تحریک پیشنهادی است که در شکل ۱۵ بین (+Exc) و (-Exc) اعمال می‌شود. که عموماً کمتر از ۱۵ ولت است و در این کیت آزمایشگاهی به منظور سادگی و هماهنگی با سایر سنسورها ۵ ولت انتخاب شده است. کمیت دوم مقدار نامی ولتاژ خروجی است که برای بار نامی و برحسب مقدار ولتاژ تحریک داده می‌شود. مقدار ولتاژ خروجی عموماً ۲ میلی ولت به ازای هر ۱ ولت ولتاژ تغذیه است. این کمیت به صورت 2mV/V بیان می‌شود. بنابراین چنانچه ما یک لودسل ۳۰ کیلوگرم نیرو را با ۵ ولت تغذیه کنیم و آن را تحت نیروی ۳۰ کیلوگرم قرار دهیم سیگنال خروجی که با توجه به شکل ۱۵ بین (+Sig) و (-Sig) قابل اندازه‌گیری است برابر با $2\,mV/V \times 5V = 10mV$ خواهد بود.

۱ - kgf مخفف kilogram-force است. یک kgf معادل نیرویی است یک وزنه یک کیلوگرمی در شتاب گرانش g=9.80665 به سطح زیر خود وارد می‌کند یعنی معادل ۹/۸۰۶۶۵ نیوتن.

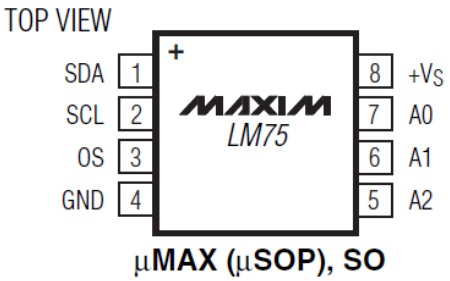
سنسورهای دیجیتال

همانطور که در دیگر انواع سنسور ملاحظه شد، برای قرائت مقادیر این سنسورها به مدارهای الکترونیکی جانبی نیاز است. در سنسورهای دیجیتال این مدارها در نزدیکترین فاصله ممکن نسبت به حسگرها قرارگرفته و به این ترتیب علاوه‌بر فراهم کردن این مدارهای جانبی، امکان نویزپذیری و خطاهای ارتباطی به حداقل رسیده است. در میان این سنسورها، از ساده‌ترین نوع که تنها با تغییر پهنای پالس مقدار حسگر را اعلام می‌کند وجود دارد تا انوع پیشرفته‌تر که برای خواندن سنسور نیاز به پیاده سازی پروتکل‌های پیشرفته ارتباطی نظیر 1wire و I2C و ... است.

علاوه‌بر مزیتی که در بالا برای این نوع سنسورها ذکر شد، برخی از سنسورهای دیجیتال که با پروتکل‌های ارتباطی کار می‌کنند دارای این قابلیت هستند که می‌توان با استفاده از همان کابل ارتباطی که برای یک سنسور استفاده می‌شود تعداد سنسور دیگری را نیز قرائت کرد چرا که چنین سنسورهایی هر کدام دارای آدرس و شناسه منحصر بفرد هستند و با استفاده از پروتکل ارتباطی مورد استفاده در هر لحظه می‌توان سنسور مورد نظر برای اندازه‌گیری را انتخاب کرد. در اینجا هدف بیان چگونگی پیاده‌سازی این پروتکل‌ها نیست و تنها با ذکر چند نمونه از این نوع سنسورها چگونگی استفاده از آن‌ها بیان شده است.

سنسور دما LM75

این سنسور یک سنسور دیجیتال از نوع I2C است. همانطور که در شکل ۱۶ مشخص شده است این سنسور علاوه‌بر دو پایه ۸ و ۴ که پایه های تغذیه آن هستند دو پایه ۱ و ۲ را برای ارتباط نیاز دارد. پایه‌های ۵، ۶ و ۷ برای مشخص کردن شناسه سنسور هستند که بر این اساس، ۸ حالت مختلف را می‌توان تنظیم نمود. در پروتکل I2C پردازنده‌ای که قصد گرفتن اطلاعات دارد Master نامیده شده و بایستی پالس‌های کلاک را برای سنسورها بفرستد. در این سنسور پایه ۲ (SCL) گیرنده کلاک است.

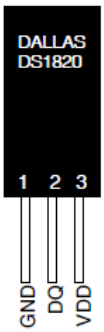


شکل ۱۶ پایه‌های سنسور LM75

در پروتکل I2C مانند بسیاری دیگر از پروتکل‌های ارتباطی ممکن است همزمان بخش ارتباطی سنسورهای مختلفی به یکدیگر وصل باشند. در این پروتکل همزمان با ارسال کلاک، Master نوع درخواست خود را همراه با شناسه گیرنده به پایه ۱ (SDA) همه سنسورها می‌فرستد و همه پس از دریافت درخواست آن را بررسی می کنند. همواره بخشی از درخواست در برگیرنده شناسه سنسور مورد نظر توسط Master است. سنسوری که شناسه‌اش تعیین شده باشد شروع به ارسال اطلاعات خود که شامل مقدار اندازه‌گیری شده کمیت که در اینجا

دما می‌باشد نموده و باقی سنسورها کاری انجام نمی‌دهند. برای آشنایی بیشتر با مشخصات این سنسور به برگه اطلاعات آن در پیوست رجوع شود.

سنسور دما DS1820



این سنسور یکی از محبوب‌ترین سنسورهای دمای دیجیتال است. استفاده از پروتکل 1-wire (One Wire) باعث شده است تا تنها با سه سیم بتوان تعداد زیادی سنسور را به یکدیگر متصل نمود یعنی دو سیم تغذیه و یک سیم دیتا که حتی سیم دیتا می‌تواند نقش تغذیه را نیز ایفا کرده و تعداد سیم مورد نیاز را به دو سیم برساند. حداکثر خطای اندازه‌گیری دمای این سنسور ۰/۵ درجه سانتی‌گراد است و در بازه دمایی ۱۲۵ تا ۵۵- درجه سانتی‌گراد قابل استفاده است.