

سری مقالات آموزشی ابزار دقیق

معرفی ترموکوپل و تجهیزات مورد نیاز آن جهت خواندن دما

منبع : سایت ElectroPol.ir

در این مقاله قصد داریم سنسور دمایی ترموکوپل را خدمت علاقه‌مندان توضیح دهیم و نکات استفاده از این سنسور را به همراه مزایا و معایبش باهم بررسی کنیم. همچنین تجهیزاتی که می‌تواند اطلاعات دمایی سنسور ترموکوپل را خوانده و به ما تحویل دهد تا بتوانیم در برنامه خود از آن استفاده کنیم را خدمتان توضیح دهیم.



شکل ۱ - سنسور ترموکوپل

ترموکوپل چیست ؟

ترموکوپل یکی از پرمصرف‌ترین و پرکاربردترین سنسورهای دمایی محسوب می‌شود که در صنایع‌های بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترموکوپل جزو سنسورهای تماسی در اندازه‌گیری دما محسوب می‌شود. چراکه ما سنسورهای غیر تماسی دمایی نیز داریم که بدون نیاز به اتصال یا تماس با محیط مورد نظر می‌توان کمیت فیزیکی دما را با آن‌ها اندازه‌گیری نمود. این سنسورها مانند سنسورهای لیزری که معمولاً با IR یا مادون قرمز کار می‌کنند و یا ترمال ویژن‌ها که دوربین‌های حرارتی هستند و با استفاده از آن‌ها می‌توان میزان حرارت نقطه‌ای از تصویر را با استفاده از دوربین بخصوصی اندازه‌گیری کرد.

این مطلب از قسمت مقالات آموزشی سایت الکتروپل دانلود شده است.

نمودار زیر میزان ولتاژ برحسب دمای انواع ترموکوپل ها را نشان می دهد که بیانگر رفتار غیرخطی ترموکوپل نیز است:

*** ویژگی های ترموکوپل :**

رنج دمایی وسیع:

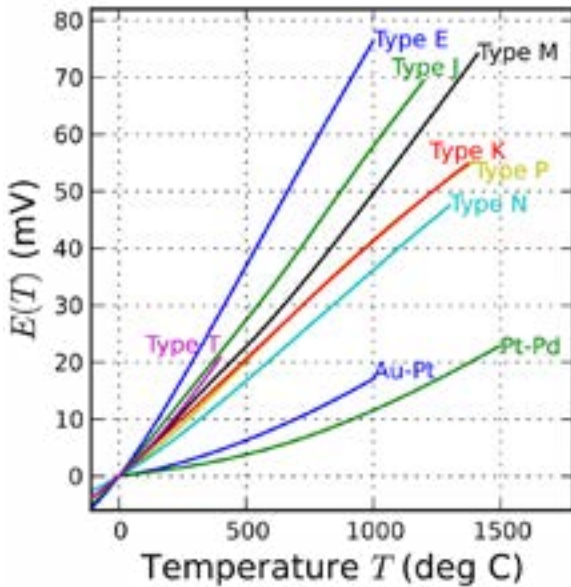
یکی از علت هایی که سنسورهای ترموکوپل بسیار پرکاربرد هستند این است که رنج دمایی وسیعی را می توان با Type های مختلف آن برای اندازه گیری دمت پوشش داد (مثلاً ۱۷۰۰ درجه سانتی گراد) که البته سنسور دمایی تماسی دیگری را نمی توان یافت که تا این رنج دما را بتواند اندازه گیری کند.

قیمت، دقت، سرعت پاسخ دهی:

از علت های دیگر محبوبیت این سنسور، قیمت مناسب و دقت بالای آن است. و همچنین سرعت پاسخ آن در شرایطی که سرعت تغییرات دمایی برای ما مهم است بالاست.

غیر خطی بودن ترموکوپل:

یکی از معایبی که این سنسورها دارند غیرخطی بودن آن ها است که البته این موضوع عیب نیست، بلکه ذات این سنسور است و اگر چنین نبود نمی توانست رنج وسیع دمایی را برای ما پوشش دهد. اما از آنجا که در قدیم راه اندازی آن نسبت به سنسورهای خطی بسیار دشوار بود این موضوع را به عنوان عیب این سنسور مطرح می کردند و تا به امروز این لفظ روی این سنسور مانده است. ولی در ادامه همین مقاله خدمت شما توضیح خواهیم داد که با چه روش هایی می توان این سنسورهایی را که زمانی راه اندازی سختی داشتند، امروز با چه تجهیزات و روش هایی بسیار ساده و راحتی با دقت بسیار بالا اندازه گیری کرد.



شکل ۲ - رفتار غیر خطی نمودار انواع ترموکوپل

ساختار ترموکوپل :

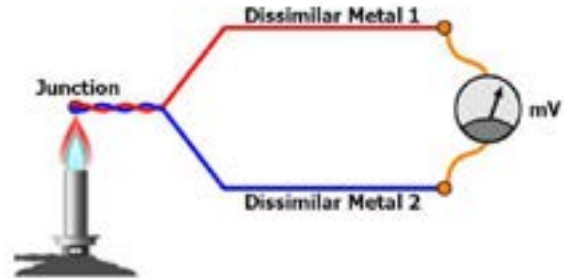
حال اجازه بدهید تا به بررسی ساختاری این سنسور بپردازیم تا بیشتر با آن آشنا شویم. ساختار ترموکوپل بدین گونه است که دو فلز ناهم جنس را در نقطه ای به هم کوپل کرده که با ایجاد حرارت در این نقطه بارهای الکتریکی داخل این دو فلز یا آلیاژ ناهم جنس به حرکت درآمده و در سر آزاد این فلزها ولتاژی در حد میلی ولت ایجاد می شود. این پدیده را با عنوان های مختلفی از جمله پدیده ترموالکتریک و پدیده Seebeck معرفی می کنند. نکته قابل توجه اینجاست که مقدار جابجایی بار در فلزها و در نهایت میزان میلی ولتی که در سر آزاد این جنس فلزها در ترموکوپل تولید می گردد به جنس فلز بکار رفته شده در آن بستگی دارد. تمامی این اتصالات و انتخاب جنس فلزها و غیره طبق یکسری استاندارد مانند استاندارد EN 60 584 و DIN 43 710 پیاده سازی می گردد که چون خارج از حوصله این بحث است از آن عبور می کنیم.

حالت عادی بالاست ولی زمانی که از این غلافها جهت محافظت از نقطه کوپل استفاده می شود سرعت پاسخدهی تا حدودی پایین می آید.

قابل ذکر است که سنسور ترموکوپل در Type های مختلفی در بازار موجود است که این Type ها بر اساس جنس فلزهای بکار رفته در سنسور ترموکوپل برای اندازه گیری رنج های دمایی مختلف تقسیم بندی شده اند. این Type ها عبارتند از :

ترموکوپل نوع K, J, T, E, N, S, R, B که هر کدام رنج دمایی خاصی را پوشش می دهد که متناسب با پروژه خود می توانید یکی از این نوعها را انتخاب نمایید.

در شکل زیر انواع ترموکوپل را با رنگ بندی سیمها - جنس فلز و آلیاژ بکار رفته در آن - رنج دمایی هر یک با استاندارد آمریکایی می توانید مشاهده کنید.



شکل ۳ - نحوه عملکرد سنسور ترموکوپل

غلاف ترموکوپل :



خود سنسور ترموکوپل سنسور بسیار کوچکی است که دقیقاً در حد نقطه کوپل شدن ۲ فلز ناهم جنس است ولی از آنجایی که این سنسور جزو سنسورهای تماسی است برای مصارف مختلف نیاز به یک اساتراکچر مناسب برای محل نصب خواهیم داشت که به آن غلاف می گویند. این غلاف در سایزهای مختلف در بازار موجود است که هنگام خرید می توانید سازهای مختلف مورد نظر را به فروشنده اعلام کنید تا برای شما آماده کند. مثلاً غلاف ۵ سانتی ، غلاف ۱۰ سانتی و ...

علاوه بر این یکی از علت هایی که از غلاف برای ترموکوپلها استفاده می شود محافظت از نقطه کوپل در برابر تنش و شوک های مکانیکی است. در کنار این موضوع که این غلاف محافظ خیلی خوبی برای ترموکوپل است باید به این نکته نیز توجه داشت که سرعت پاسخدهی خود ترموکوپل در

Color	Alloy Combination		Thermocouple Color Codes		Maximum Temperature & Typical Range	EMF (mV) Over Max. Temperature Range	Limits of Error** (With Error in Grades)	
	+Lead	-Lead	Electrode & Grade	Extension Grade			Standard	Special
Black	IRON Fe	CONSTANTAN COPPER NICKEL Cu-Ni			0 to 750°C (0 to 1382°F) Typical Grade 0 to 300°C (0 to 572°F) See Grade	-4.28 to -28.94	0.5 to 1.0°C or 0.5 to 1.8°C 1.7°C or 3.1°C	0.5% 0.5%
Yellow	NICKEL CHROMIUM Ni-Cr	NICKEL ALUMINUM Ni-Al			0 to 1300°C (0 to 2372°F) Typical Grade 0 to 800°C (0 to 1472°F) See Grade	-4.49 to -34.08	0.75 to 1.25°C or 1.35 to 2.25°C 1.7°C or 3.1°C	0.5% 0.5%
Blue	COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER NICKEL Cu-Ni			0 to 300°C (0 to 572°F) Typical Grade 0 to 100°C (0 to 212°F) See Grade	-4.02 to -28.02	1.0°C or 1.7°C 1.7°C or 3.1°C	0.5% 0.5%
Purple	NICKEL CHROMIUM Ni-Cr	CONSTANTAN COPPER NICKEL Cu-Ni			0 to 800°C (0 to 1472°F) Typical Grade 0 to 300°C (0 to 572°F) See Grade	-4.88 to -38.23	0.75 to 1.25°C or 1.35 to 2.25°C 1.7°C or 3.1°C	0.5% 0.5%
Orange	WOLFRAM W-Cr-Si	NI-Si			0 to 1300°C (0 to 2372°F) Typical Grade 0 to 200°C (0 to 392°F) See Grade	-4.38 to -47.57	1.25 to 2.25°C or 2.25 to 4.0°C 3.1°C or 5.5°C	0.5% 0.5%
Green	PLATINUM 10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM Pt			0 to 1600°C (0 to 2912°F) Typical Grade 0 to 700°C (0 to 1292°F) See Grade	-0.28 to -21.70	0.5 to 1.0°C or 0.9 to 1.8°C 1.7°C or 3.1°C	0.25% 0.1%
Dark Green	PLATINUM 6% RHODIUM 3% IRIUM Pt-6% Rh-3% Ir	PLATINUM Pt			0 to 1800°C (0 to 3242°F) Typical Grade 0 to 700°C (0 to 1292°F) See Grade	-0.28 to -18.88	0.5 to 1.0°C or 0.9 to 1.8°C 1.7°C or 3.1°C	0.25% 0.1%

نقطه سرد یا CJC:

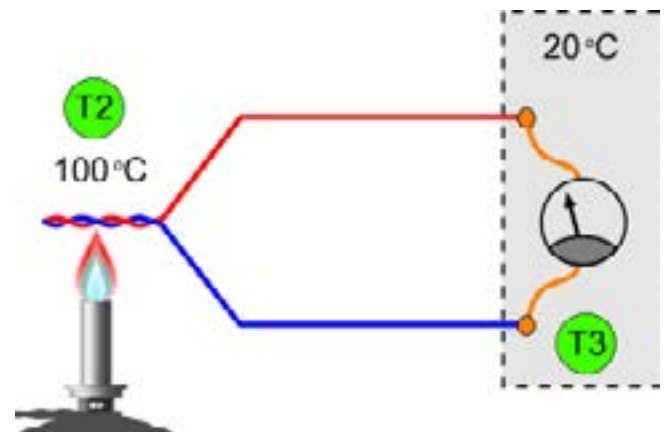
در شکل فوق دمای T2 دمای نقطه کو پل شدن دو آلیاژ ناهم جنس است که دقیقاً دمای اندازه گیری ترموکوپل ماست و نقطه T3 دمای نقطه مرجع - نقطه اتصال - نقطه سرد یا CJC ما است که در واقع همان جایی است که ما اتصال ترموکوپل را به تجهیز مورد نظر مانند کارت های DAQ وصل می کنیم تا دمای ترموکوپل را بتوانیم اندازه گیری نماییم.

نکته خیلی مهم:

زمانی که از سیم های جبران کننده برای اتصال آلیاژها به پایانه مورد نیاز مانند تجهیز اندازه گیری دما استفاده می کنیم، باید هنگام خرید ترموکوپل با توجه به فاصله اندازه گیری دمای نقطه مورد نظر از تجهیز مورد نیاز برای خواند و قرائت میزان دما، طول سیم ها را به فروشنده سفارش دهید. مثلاً بگویند ترموکوپل نوع K می خواهم با طول سیم ۲ متر و طول غلاف ۵ سانت. بسیار مهم است که با توجه به فاصله نقطه ای که می خواهید دما را اندازه گیری کنید تا نقطه ای که می خواهید ترموکوپل را به تجهیز اندازه گیری وصل نمایید طول سیم را سفارش دهید. چراکه اگر بعد از خرید ترموکوپل، خواستید اتصال آن را با تجهیز اندازه گیری برقرار نمایید و طول سیم های جبران کننده کافی نبود نباید هرگز به سیم های جبران کننده سیم دیگری اضافه کنید تا این کمبود فاصله را جبران نمایید. زیرا خود این اتصال یک نقطه کو پل دیگر محسوب می شود و میزان دمای اندازه گیری شده خطا هست. پس حتماً در انتخاب طول سیم در هنگام خرید دقت نمایید.

میزان تغییرات ولتاژ سر آزاد سیم ها در ازای اعمال حرارت در نقطه کو پل شدن دو آلیاژ ناهم جنس به میزان حرارت سرتاسر آلیاژها بستگی دارد. در نتیجه برای اینکه بتوانیم میزان حرارت را در نقطه کوپل شده بخوانیم می بایست سر آزاد این آلیاژها را با سیم هایی به عنوان سیم جبران کننده افزایش دهیم. انتهای آزاد آنها را در محلی که دمای آن معلوم است قرار دهیم. معمولاً به این نقطه، نقطه مرجع - نقطه سرد یا اتصال سرد میگویند که در بسیاری از تجهیزات اندازه گیری آن را با عنوان CJC بیان می کنند.

نکته مهم اینجاست که باید دمای نقطه سرد همیشه ثابت و معلوم باشد و اگر این نقطه سرد دمای ثابتی نداشت و ممکن بود تغییر کند حتماً باید مانند یک ترموستات، دمای آن را توسط یک سنسور دیگر مانند سنسور دمای LM35 بخوانیم.



شکل ۳ - نقطه سرد و نقطه گرم در راه اندازی ترموکوپل

تجهیز مناسب برای خواندن دمای ترموکوپل :

برای اینکه بتوانیم میزان دمای ترموکوپل را بخوانیم باید از یک تجهیز اندازه گیری مانند PLC ، کارت DAQ و میکروکنترلر و ... استفاده کنیم. همان طور که گفتیم در گذشته برای خواندن مقدار دمای ترموکوپل به خاطر رفتار غیرخطی آن با مشکلاتی روبرو بودند ولی امروزه با ماژول های بسیار مناسب و دقیق می توان مقدار دمای ترموکوپل را به راحتی خواند. به دو روش به صورت مرسوم می توان دمای ترموکوپل را خواند :

روش اول :

اتصال ترموکوپل به یک ترانسمیتر جهت تبدیل میلی ولت به ولت یا تبدیل میلی ولت به ۴ تا ۲۰ میلی آمپر جریانی و سپس اتصال آن به یک کارت ADC جهت خواندن میزان تغییرات ورودی آنالوگ و نوشتن یک فرمول برای تبدیل ولتاژ قرائت شده از ADC به کمیت دمایی جهت اندازه گیری دمای محیط مورد نظر در برنامه. توجه داشته باشید که در این روش سنسور دمایی مرجع را که دمای نقطه سرد شما را اندازه گیری می کند باید به صورت جداگانه در این سیستم قرار دهید و دمای قرائت شده آن را در فرمول فوق الذکر قرار دهید.

تجهیزات مورد نیاز برای تبدیل میلی ولت خروجی از سیم های ترموکوپل به رنج استاندارد صنعتی جهت اندازه گیری :

همان طور که گفته شد با اعمال حرارت به نقطه کوپل در سر آزاد آلیاژهای ناهم جنس یا سیم های جبران کننده اختلاف ولتاژی در حد میلی ولت ایجاد می گردد. برای اینکه این اختلاف ولتاژ را بتوانید در حد رنج ولتاژ یا جریان استاندارد صنعتی جهت اتصال به سیستم های اندازه گیری، باید این میزان میلی ولت را به ۰ تا ۱۰ ولت و یا ۴ تا ۲۰ میلی آمپر تبدیل کنید. برای این کار می بایست ترانسمیتر مخصوصی را متناسب با نوع ترموکوپل و رنج دمایی مورد نیاز خود از بازار خریداری نمایید. مثلاً اگر ترموکوپل نوع L داشتید و خواستید رنج ۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی گراد را اندازه گیری نمایید باید ترانسمیتری سفارش دهید که خروجی ۰ الی ۱۰ ولت یا ۴ الی ۲۰ میلی آمپر خروجی دهد. که در آن میزان ۰ درجه دمایی معادل ۰ ولت DC و یا ۴ میلی آمپر جریانی است به عنوان حد پایین، و مقدار ۷۵۰ درجه سانتی گراد دمایی آن معادل ۱۰ ولت DC و یا ۲۰ میلی آمپر جریانی به عنوان حد بالایی می باشد.

شکل زیر نمونه ای از این ترانسمیترها را نشان می دهد:



شکل ۴ - ترانسمیتر دما برای ترموکوپل

روش دوم:

این روش راحت تر و دقیق تر است. در این روش با استفاده از برخی ماژول های صنعتی که اینترفیس مستقیمی را جهت اتصال ترموکوپل در خودشان دارند (یعنی نیاز به ترانسمیتر و تجهیزات جانبی نیست)، میزان دما را بسیار دقیق در حد ۰.۰۱ درجه سانتی گراد می توان اندازه گیری کرد. سنسور دمای مرجع یا همان CJC داخل خود این ماژول ها تعبیه شده و پروتکل ارتباطی این ماژول ها مدباس است که روی بستر RS485 و یا TCPIP داده های اندازه گیری شده را انتقال می دهد. حال شما با استفاده از این پروتکل می توانید داده اندازه گیری شده خود را به PLC و یا کامپیوتر خود انتقال دهید و برنامه پروژه خود را تکمیل نمایید. جهت آشنایی یکی از این ماژول ها را برای شما معرفی می کنیم.

یکی از ماژول هایی که با این تکنولوژی می توان استفاده کرد که ترموکوپل را مستقیماً و بدون واسطه به آن وصل نمود و دما را با دقت ۰.۰۱ درجه سانتی گراد اندازه گیری کرده و با پروتکل مدباس داده اندازه گیری شده را به PLC یا PC انتقال داد ماژول ADAM 4018+ یا ADAM 6018 ادونتک است.

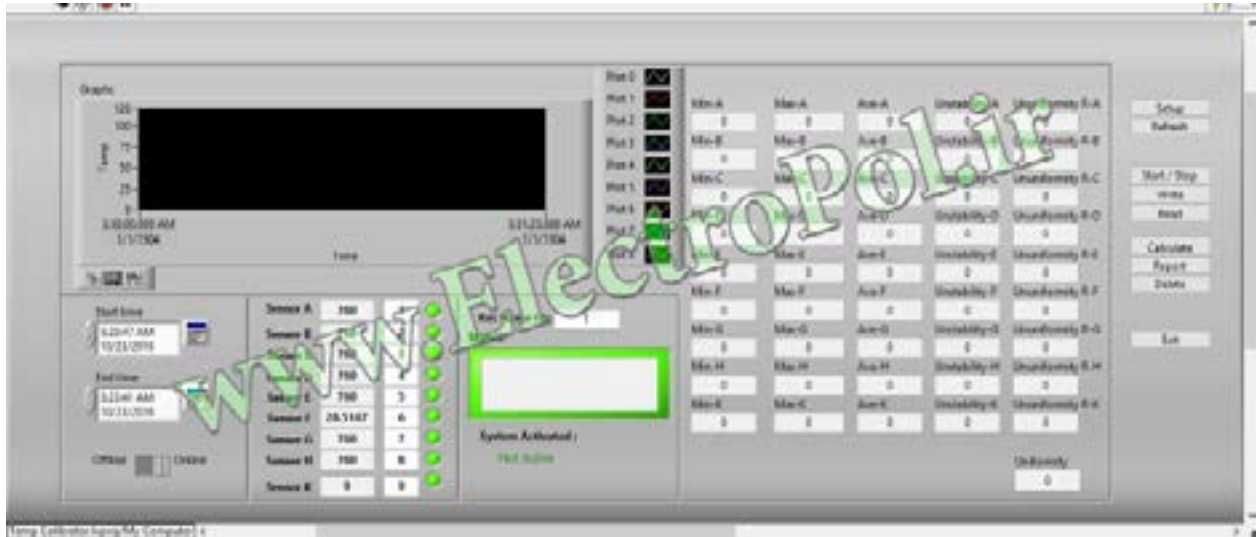
تفاوت آن ها در بستر ارتباطی آن هاست که ADAM 4018+ با پروتکل مدباس سریال و ADAM 6018 با پروتکل مدباس TCP کار می کند. حال کافی است در دستگاه Master که معمولاً یا PLC است و یا PC با این پروتکل ارتباط برقرار کرده و اطلاعات اندازه گیری شده دما را آنالیز کرده و متناسب با پروژه خود را برنامه را تکمیل نمایید.



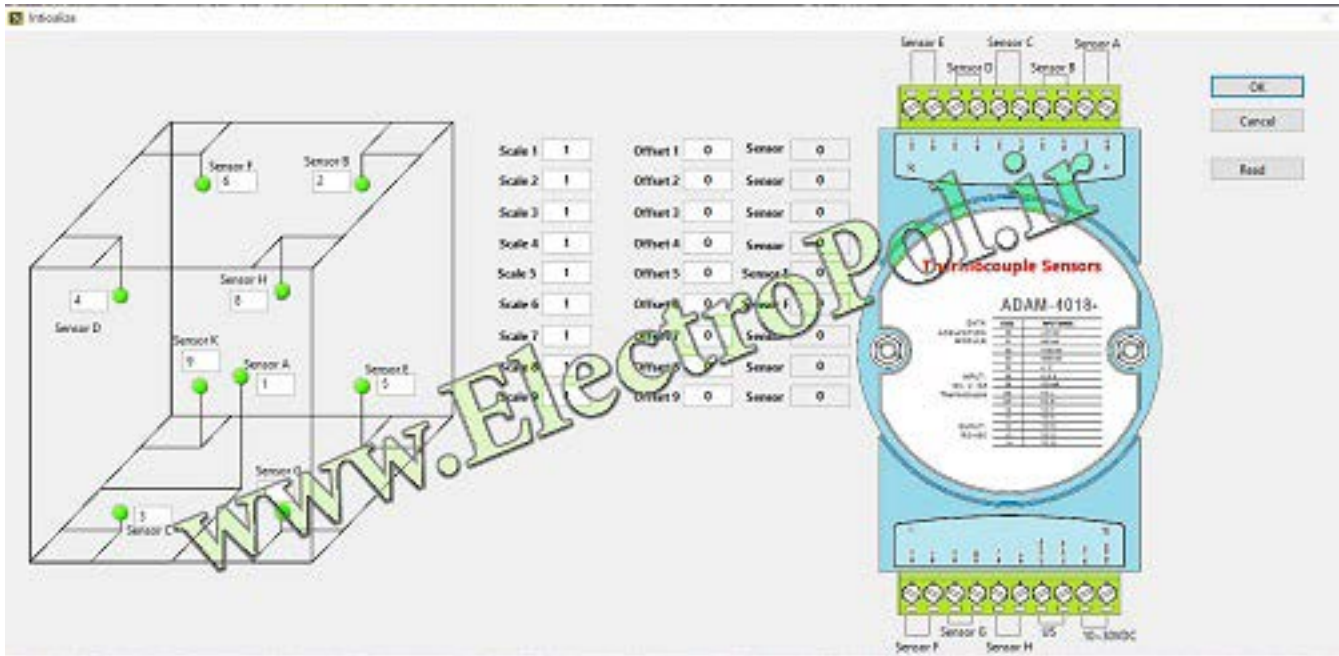
شکل ۵ - ماژول Remote I/O برای خواندن ترموکوپل

نمونه پروژه انجام شده:

در شکل زیر تصاویری از پروژه نوشته شده با LabVIEW را می بینید که اطلاعات دمایی ۸ عدد ترموکوپل را که برای ۸ نقطه اتاق دمایی در نظر گرفته شده را توسط ماژول ADAM 4018+ و برنامه LabVIEW که در PC نوشته شده می خوانیم و ذخیره می کنیم و سپس اطلاعات را به صورت آفلاین می توانیم فراخوانی کنیم و آنالیز آماری مورد نیاز از جمله میانگین، انحراف معیار و ... را در آن محاسبه کنیم.



شکل ۶ - صفحه اصلی پروژه جهت نمایش دمای ترموکوپل ها و محاسبه داده های آماری



شکل ۷ - صفحه تنظیمات برنامه جهت فعال یا غیر فعال کردن سنسورها در موقیعت های A,B,C,D و ... تنظیم Scale و Offset برای خواندن صحیح هر سنسور و نوع ترموکوپل و تخصیص شماره به سنسور