

## انواع سنسورهای موقعیت و جابجایی

سنسور موقعیت (Position Sensor) را مانند سایر انواع سنسورها، در گروه ادوات ورودی طبقه‌بندی می‌کنند. همان طور که از نام آن‌ها مشخص است، سنسورهای موقعیت مکان اشیا را تشخیص می‌دهند، به این معنی که برای یک نقطه ثابت به عنوان مرجع عمل می‌کنند. این نوع از سنسورها می‌توانند فیدبکی از موقعیت را فراهم کنند. در این مطلب می‌خواهیم با انواع مختلف سنسورهای موقعیت آشنا شویم و اصول کاری آن‌ها را بررسی کنیم.

پتانسیومتر بعنوان سنسور موقعی

سنسور موقعیت القایی

سنسور موقعیت مجاورتی القایی

انکودر های چرخشی

یک روش اولیه برای تعیین موقعیت این است که از معیار فاصله استفاده کنیم. مقدار فاصله می‌تواند بر اساس مسافت بین دو نقطه (مانند مسافت پیموده شده از یک نقطه ثابت تا یک نقطه دیگر) و یا بر حسب مقدار چرخش تعیین شود. به عنوان مثال، می‌توان از گردش چرخ‌های ربات برای تعیین مسافت پیموده شده در سطح زمین استفاده کرد. در هر دو حالت ذکر شده، سنسور موقعیت می‌تواند حرکت اشیا در یک خط راست را با سنسورهای خطی (Linear Sensor) سنجیده و حرکت زاویه‌ای (Angular Movement) آن‌ها را با سنسورهای چرخشی (Rotational Sensors) اندازه بگیرد.

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : [ALLAUTOMATION.IR](http://ALLAUTOMATION.IR)



## پتانسیومتر به عنوان سنسور موقعیت

**پتانسیومتر** را می توان یکی از پرکاربردترین انواع سنسورهای موقعیت دانست؛ زیرا این المان قیمت بسیار پایین و نیز کاربرد بسیار ساده ای دارد. پتانسیومتر دارای یک اتصال لغزان با یک شفت مکانیکی است که می تواند حرکت زاویه ای (چرخشی) و یا خطی (در نوع لغزنده) داشته باشد. در پتانسیومتر، مقاومت بین تیغه لغزان و مسیر مقاومتی در اثر حرکت تغییر می کند و می تواند یک **سیگنال الکتریکی** خروجی را تولید کند. در یک پتانسیومتر، رابطه نسبی بین محل قرارگیری تیغه لغزان بر روی مسیر مقاومتی و مقدار **مقاومت** وجود دارد که سیگنال خروجی هم به صورت متناسب با این مقادیر تغییر می کند. به عبارت دیگر می توان گفت که مقاومت در یک پتانسیومتر متناسب با موقعیت است. در تصویر زیر نمایی از یک پتانسیومتر را می توان مشاهده کرد.



پتانسیومتر

پتانسیومترها در بازه وسیعی از اندازه و نیز طراحی های مختلف تولید می شوند. متداول ترین نوع پتانسیومترها، نوع گرد و چرخشی است، اما انواع مسطح با لغزنده خطی نیز موجود هستند. زمانی که از پتانسیومترها به عنوان سنسور موقعیت

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

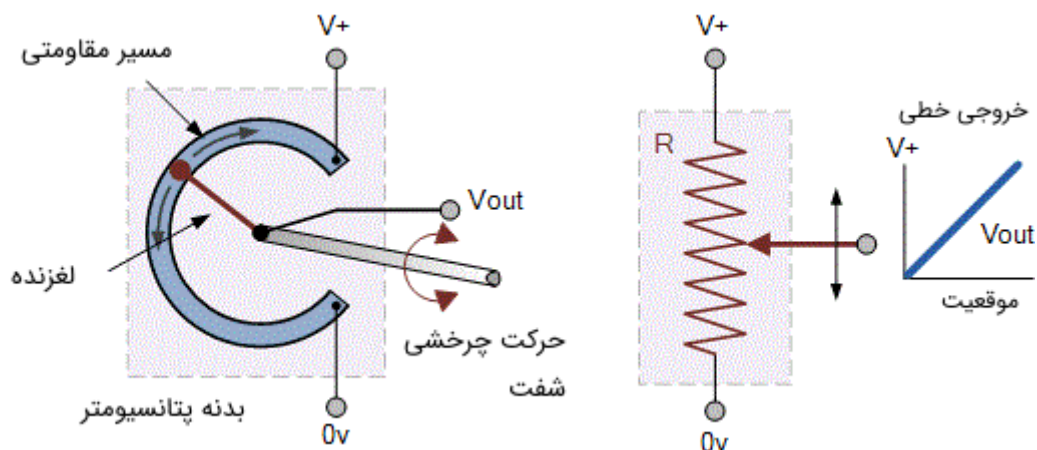
ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**



استفاده شود، جسم متحرک را مستقیماً به شفت گردان یا لغزنده پتانسیومتر متصل می‌کنیم. اعمال یک ولتاژ مرجع DC به دو پایه ثابت خارجی پتانسیومتر، سبب ایجاد یک المان مقاومتی می‌شود. سیگنال ولتاژ خروجی، از ترمینال اتصال لغزان گرفته می‌شود. تصویر زیر نمایی از ساختار داخلی در یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد.



ساختار داخلی در یک

پتانسیومتر

این پیکربندی سبب ایجاد یک مدار از نوع مقسم ولتاژ می‌شود که متناسب با موقعیت شفت خروجی عمل می‌کند. بنابراین اگر به عنوان مثال، یک ولتاژ ۱۰ ولت را به المان مقاومتی پتانسیومتر اعمال کنیم، آن‌گاه بیشینه ولتاژ خروجی برابر با ولتاژ تغذیه ۱۰ ولت و کمینه ولتاژ خروجی برابر با ۰ ولت خواهد بود. پس تیغه لغزان پتانسیومتر می‌تواند سیگنال خروجی را از ۰ تا ۱۰ ولت تغییر دهد و بر همین اساس مقدار خروجی ۵ ولت نشان می‌دهد که تیغه لغزان در موقعیت وسط یا مرکزی قرار گرفته است.

سیگنال خروجی  $V_{out}$  در پتانسیومتر از اتصال تیغه لغزان مرکزی در حال حرکت بر روی مسیر مقاومتی دریافت می‌شود و با موقعیت زاویه‌ای شفت پتانسیومتر متناسب است. در مدار شکل زیر، نمونه‌ای از یک مدار ساده اندازه‌گیری موقعیت را می‌توان مشاهده کرد.

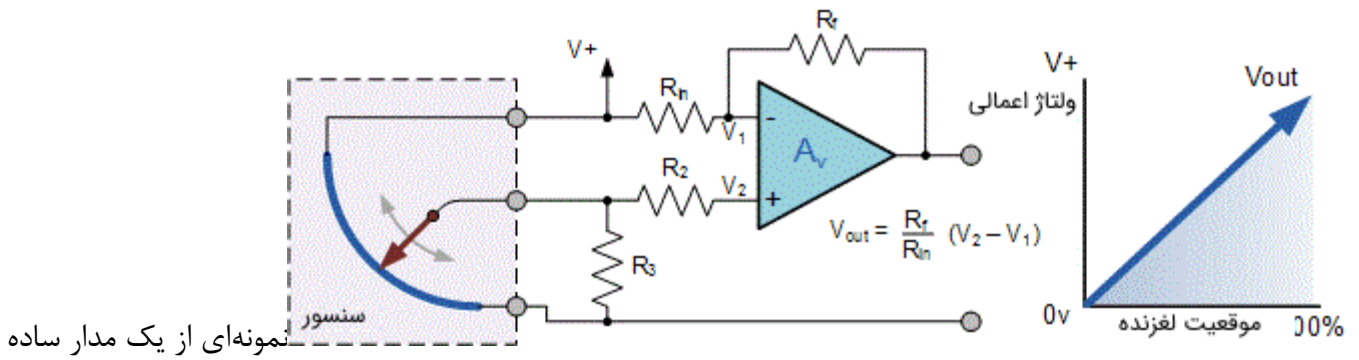
گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**





برای اندازه‌گیری موقعیت

اگر چه مدارات اندازه‌گیری موقعیت با استفاده از پتانسیومتر، دارای مزایای زیادی مانند قیمت پایین، تکنولوژی ساده و کاربرد راحت هستند، اما این مدارات معایبی مانند دقت پایین، پاسخ فرکانسی محدود، تکرارپذیری پایین و خوردگی در اثر وجود قطعات متحرک نیز دارند. البته استفاده از پتانسیومتر به عنوان سنسور موقعیت یک عیب بزرگ‌تر نیز دارد. بازه حرکت تیغه لغزان در این ادوات و در نتیجه سیگنال خروجی به دست آمده، بر حسب اندازه پتانسیومتر مورد استفاده، دارای محدودیت است.

به عنوان مثال، یک پتانسیومتر چرخشی تک دور (Single Turn) معمولاً دارای چرخش مکانیکی ثابت، بین ۰ درجه تا ماکزیمم ۲۴۰ یا ۳۳۰ درجه است. البته نوع چند-دور (Multi-Turn) پتانسیومترها دارای بیشینه چرخش مکانیکی ۳۶۰۰ درجه (360\*10) هستند. اکثر انواع پتانسیومترها، از فیلم کربن برای مسیر مقاومتی خود استفاده می‌کنند. اما عیب این نوع از پتانسیومترها در نویز بالا و طول عمر مکانیکی پایین این ادوات است.

برای کاربردهای با دقت بالا و نویز پایین این امکان وجود دارد که از المان مقاومتی با پلاستیک رسانا نوع فیلم پلیمری یا سرامیکی استفاده کرد. این نوع از ادوات دارای مسیر مقاومتی خطی الکتریکی نرم با اصطکاک پایین هستند و به همین دلیل این ویژگی را دارند که نویز بسیار کمی را تولید می‌کنند و همچنین طول عمر مکانیکی بالاتری دارند. این ادوات مقاومتی هم دارای دو نوع تک دور و چند دور هستند. کاربرد متداول برای این نوع از سنسورهای موقعیت دقت بالا، در دسته‌های بازی کامپیوتری، چرخ‌های فرمان، ربات‌ها و کاربردهای صنعتی است.

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation



# سنسور موقعیت القایی

سنسورهای موقعیت نوع القایی، نوعی دیگر از سنسورهای موقعیت هستند.

## ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی

نوعی از سنسور موقعیت که فاقد مشکل خوردگی مکانیکی و در نتیجه نویز و اصطکاک بالا است، ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی (Linear Variable Differential Transformer) و یا به اختصار LVDT است. این ادوات در واقع سنسورهای موقعیت نوع القایی هستند که اصول کاری بسیار شبیه به [ترانسفورمرهای](#) جریان متناوب یا AC دارند و برای اندازه‌گیری موقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع از سنسورهای موقعیت دارای عملکرد بسیار دقیقی برای اندازه‌گیری جابه‌جایی خطی هستند. خروجی سنسورهای LVDT با موقعیت هسته متحرک در آن‌ها متناسب است.

ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی از سه سیم‌پیچ در یک قالب لوله‌ای توخالی تشکیل شده است. یکی از سیم‌پیچ‌ها، سیم‌پیچ اولیه نام دارد و دو سیم‌پیچ دیگر نیز سیم‌پیچ‌های ثانویه مشابهی را تشکیل می‌دهند که با هم سری هستند و ۱۸۰ درجه الکتریکی با سیم‌پیچ اولیه اختلاف فاز دارند.

یک هسته [فرومغناطیس](#) آهنی نرم که گاهی آرمیچر نیز گفته می‌شود، به شی‌مورد اندازه‌گیری متصل می‌شود و درون لوله توخالی LVDT به سمت بالا و پایین می‌لغزد یا حرکت می‌کند. یک ولتاژ مرجع AC کوچک که سیگنال تحریک نام دارد، به سیم‌پیچ اولیه اعمال می‌شود. سیگنال ولتاژ مقداری در حدود ۲ تا ۲۰ ولت rms و [فرکانس](#) ۲ تا ۲۰ هرتز دارد. اعمال سیگنال تحریک باعث می‌شود یک سیگنال EMF در دو سیم‌پیچ ثانویه مجاور القا شود.

اگر هسته مغناطیس از جنس آهن نرم، دقیقاً در وسط لوله توخالی LVDT قرار داشته باشد، آن‌گاه EMF های القایی در دو سیم‌پیچ ثانویه همدیگر را خنثی می‌کنند؛ زیرا این دو مقدار با یکدیگر ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند. بنابراین، ولتاژ حاصل در خروجی برابر با صفر ولت می‌شود. این نقطه را موقعیت خنثی (Null Position) یا صفر ترانسفورمر می‌گویند. در اثر

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: [ALLAUTOMATION.IR](http://ALLAUTOMATION.IR)



حرکت هسته آهنی از نقطه خنثی به دو سمت دیگر در لوله خالی، ولتاژ القایی تولید شده در یکی از دو سیم پیچ ثانویه بزرگ تر از ولتاژ القایی در سیم پیچ ثانویه دیگر خواهد شد و در نتیجه ولتاژ در خروجی ایجاد می شود.

پلاریته سیگنال ولتاژ خروجی به جهت و نیز جابه جایی هسته متحرک بستگی دارد. هر چه مقدار جابه جایی هسته آهنی از نقطه صفر خنثی بزرگ تر باشد، سیگنال ولتاژ بزرگ تری در خروجی تولید می شود. در نتیجه این مدار قادر است یک ولتاژ تفاضلی در خروجی تولید کند که به صورت خطی با موقعیت هسته تغییر می کند. سیگنال خروجی از این نوع سنسور موقعیت دارای هم دامنه و هم پلاریته است. همان طور که گفتیم، دامنه این سیگنال یک تابع خطی از جابه جایی هسته در سنسور حرکتی است، اما پلاریته سیگنال نشان دهنده جهت جابه جایی در نظر گرفته می شود. در تصویر زیر نمایی از ساختار داخلی یک ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی به همراه خروجی آن را می توان مشاهده کرد.

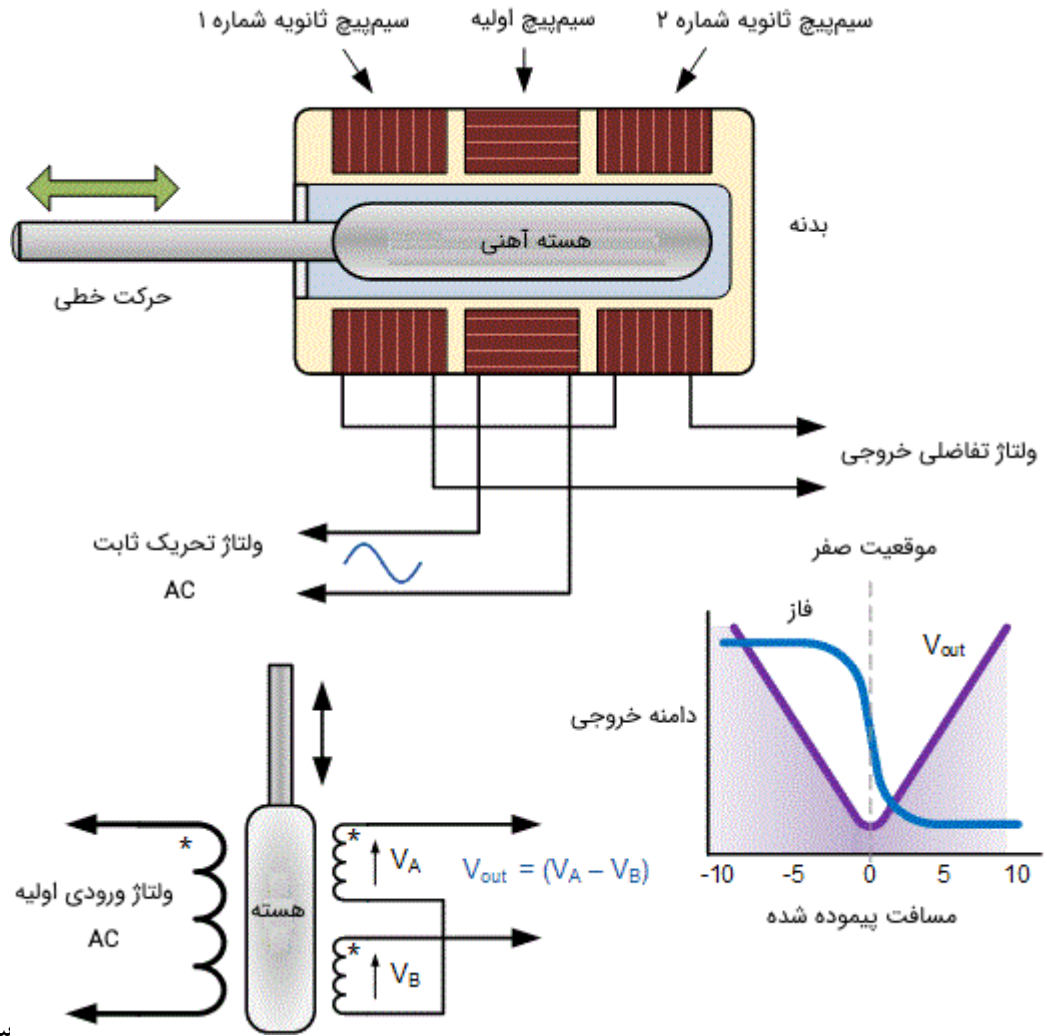
گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**





ساختار یک ترانسفورمر

تفاضلی متغیر خطی و خروجی آن

فاز سیگنال خروجی را می‌توان با فاز تحریک سیم پیچ اولیه مقایسه کرد و یک مدار الکترونیکی مناسب

مانند **تقویت کننده** سنسور AD592 LVDT را فراهم آورد و با این روش تشخیص داد که هسته آهنی در کدام نیمه از مسیر حرکت قرار دارد. مزیت چنین مداری در این است که جهت حرکت به سادگی به دست می‌آید.

زمانی که آرمیچر از یک سمت لوله به موقعیت خنثی و سپس به سمت دیگر حرکت می‌کند، ولتاژ ابتدا از بیشینه به صفر می‌رود و سپس دوباره به مقدار بیشینه باز می‌گردد، اما در طول این فرایند فاز خود را نیز ۱۸۰ درجه عوض می‌کند. این

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
 با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ- تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**



ویژگی، LVDT را قادر می‌سازد که یک سیگنال ولتاژ AC در خروجی تولید کند که دامنه این ولتاژ مقدار جابه‌جایی را نشان می‌دهد و زاویه فاز آن هم نشان‌دهنده جهت حرکت شی متصل به سنسور است.

یک کاربرد متداول سنسور ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی به عنوان **ترانسدیوسر فشار** است. در یک ترانسدیوسر فشار، **فشار مورد اندازه‌گیری** به یک دیافراگم وارد می‌شود تا نیرویی را تولید کند. سپس این نیرو توسط سنسور به یک سیگنال ولتاژ تبدیل می‌شود که قابل خوانده شدن است.

مزایای سنسور ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی یا LVDT نسبت به پتانسیومترهای مقاومتی، در خطی بودن عملکرد LVDT است. به همین دلیل است که ولتاژ خروجی در اثر جابه‌جایی دارای دقت، رزولوشن و حساسیت بالایی است و عملکرد سنسور تقریباً بدون اصطکاک است. از این سنسورها همچنین می‌توان در محیط‌های سخت نیز استفاده کرد.

نوعی سنسور هستند که برای محاسبه مکان یا سرعت استفاده می‌شوند. اکثراً تمام سنسورهای سلفی بر اساس اصول [2] سنسورهای سلفی ترانسفورماتور و جریان‌های الکتریکی متناوب کار می‌کنند. این سنسورها از جریانی استفاده می‌کنند که توسط میدان مغناطیسی اعمال شده است، که به آن‌ها کمک می‌کند اشیای فلزی نزدیک را شناسایی کنند. سنسور سلفی از یک سیم‌پیچ تشکیل شده است که معمولاً القایی است. سیم پیچ امکان ایجاد میدان مغناطیسی با فرکانس بالا را فراهم می‌کند. وقتی شیء فلزی نزدیک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، در داخل شیء جریان ایجاد می‌شود. جریان ایجاد شده، یک میدان مغناطیسی جدید ایجاد می‌کند که با میدان اول مخالف است. در نهایت، اثر خالصی که باقی می‌ماند برابر است با تغییر اندوکتانس در سنسور سلفی. مفهوم کوپل مغناطیسی بین سیم‌پیچ‌های مختلف مبنای کار تمام سنسورهای القایی است.

ترانسفورماتور دیفرانسیلی متغیر خطی

#### LVDT مقدمه‌ای بر

نوعی ترانسدیوسر الکترومکانیکی است که کمک می‌کند حرکت خط راست جسم به سیگنال الکتریکی تبدیل شود. به عبارت ساده، LVDT برای محاسبه جابه‌جایی استفاده می‌شود. حرکت مستطیلی جسمی را به سیگنال الکتریکی معادل آن تبدیل می‌کند. بنابراین، LVDT کنترل می‌شود، پس هیچ عنصر الکترونیکی در داخل آن وجود ندارد، و دمای کار آن نیز بسیار کم است. وقتی انرژی AC به صورت LVDT بر اساس کوپل LVDT مکانیکی به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود، اطلاعات فاز و دامنه دستگاه را نیز فراهم می‌کند. کل عملیات نیز گفته می‌شود [3] الکترومغناطیسی است، که به آن همچنین مفاهیم القای متقابل

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: ALLAUTOMATION.IR





## LVDT ساختار

LVDT چند جزء اصلی دارد که عبارتند از ترانسفورماتور، هسته و سلف. ترانسفورماتور (هسته) شامل سه سلف سیم‌پیچی شده در فضای خلاء می‌شود. دو سیم پیچ اولیه و یک سیم‌پیچ ثانویه وجود دارد. این سیم‌پیچ‌ها متقارن بوده و به صورت سری متصل شده‌اند، اما جهت آن‌ها مختلف است. هسته از ماده‌ای تشکیل شده است که از نظر مغناطیسی نفوذپذیر است، و می‌تواند به راحتی در داخل ترانسفورماتور حرکت کند. بازه‌ی ولتاژ تحریک AC اعمالی بین 5 الی 12 ولت است و فرکانس باز شدن آن نیز بین 50 الی 400 هرتز متغیر است.

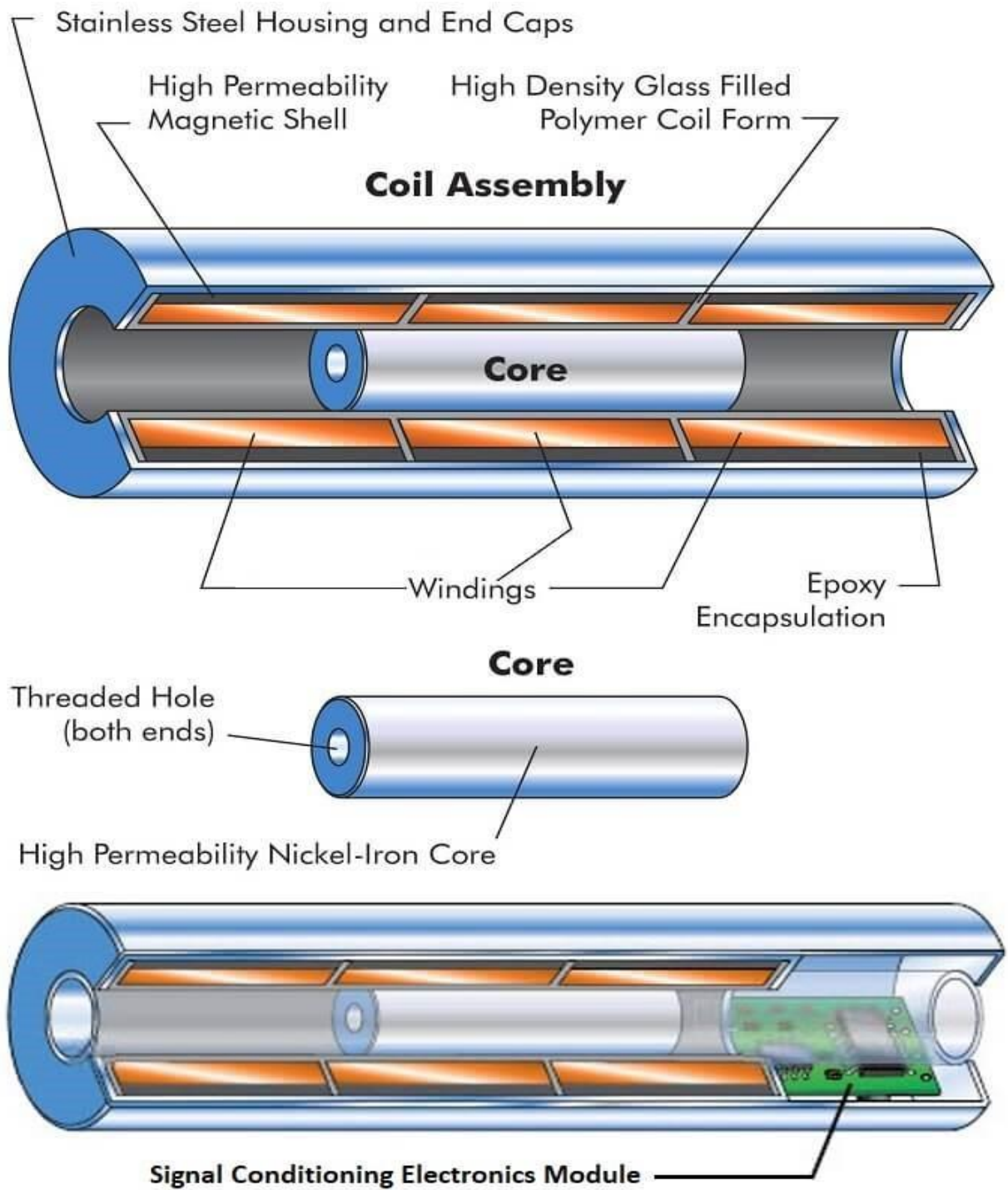
گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**





گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
 با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

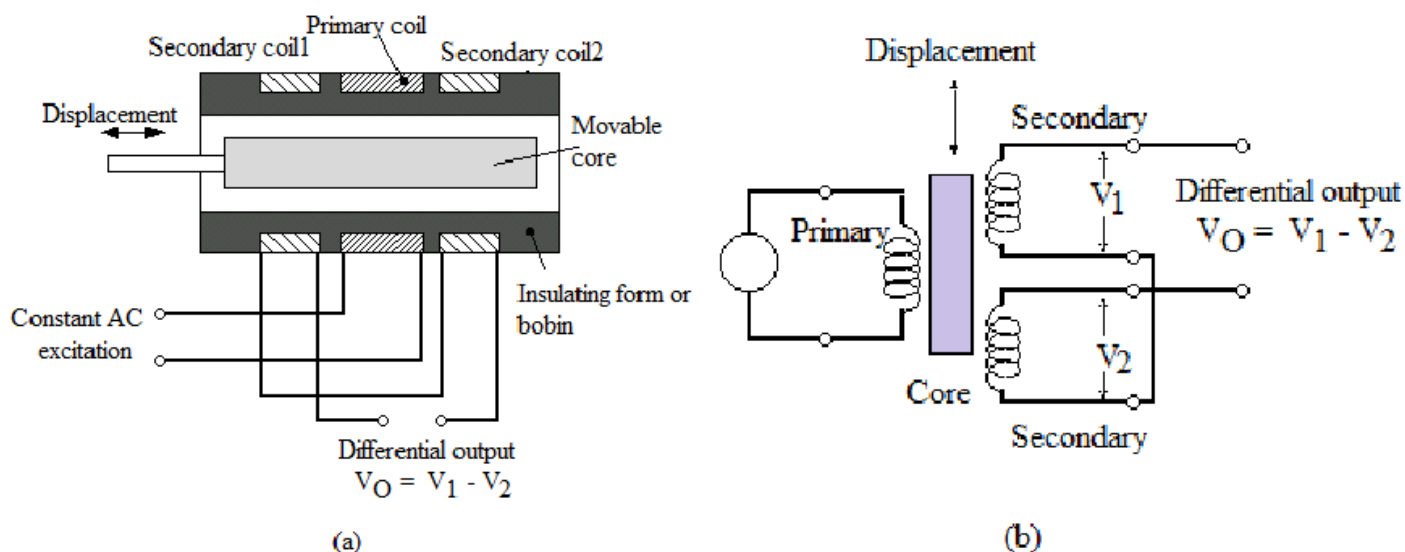
اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : [ALLAUTOMATION.IR](http://ALLAUTOMATION.IR)



## کارکرد LVDT

LVDT بر اساس اصول القای متقابل کار می‌کند. کل کار به سه حالت تقسیم می‌شود، که به جایگاه هسته آهنی وابسته است.



(نحوه کار LVDT؛ P سیم پیچ اولیه است که با منبع AC تغذیه می‌شود S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> سیم پیچ‌های ثانویه هستند) حالت اول: وقتی هسته به سوی S<sub>1</sub> حرکت می‌کند، سلف ثانویه در آن سمت با قدرت بالا به هسته کوپل می‌شود. پس E<sub>1</sub> ولتاژ القایی سلف S<sub>1</sub> است که از ولتاژ القایی E<sub>2</sub> سلف ثانویه دوم S<sub>2</sub> بیشتر است. بنابراین، اختلاف ولتاژ برابر است با E<sub>1</sub> - E<sub>2</sub>، که مقدار جابه‌جایی هسته را توضیح می‌دهد. در اینجا، E<sub>1</sub> سیم پیچ ثانویه با ولتاژ اولیه هم‌فاز است، که نشانگر جهت حرکت است.

حالت دوم: وقتی هسته به سمت دیگر ترانسفورماتور حرکت می‌کند، ولتاژ القایی E<sub>2</sub> سلف ثانویه با ولتاژ اولیه غیر هم‌فاز خواهد بود. چون فاز آن متفاوت است، حرکت هسته در جهت مخالف خواهد بود.

حالت سوم: وقتی سلف در حالت خنثی و بین S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> قرار گرفته است، شار برابری به هر دو سیم پیچ منتقل می‌شود. بنابراین ولتاژهای سلف‌های S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> نیز برابر با هم خواهد بود. پس در اینجا جابه‌جایی وجود نخواهد داشت.

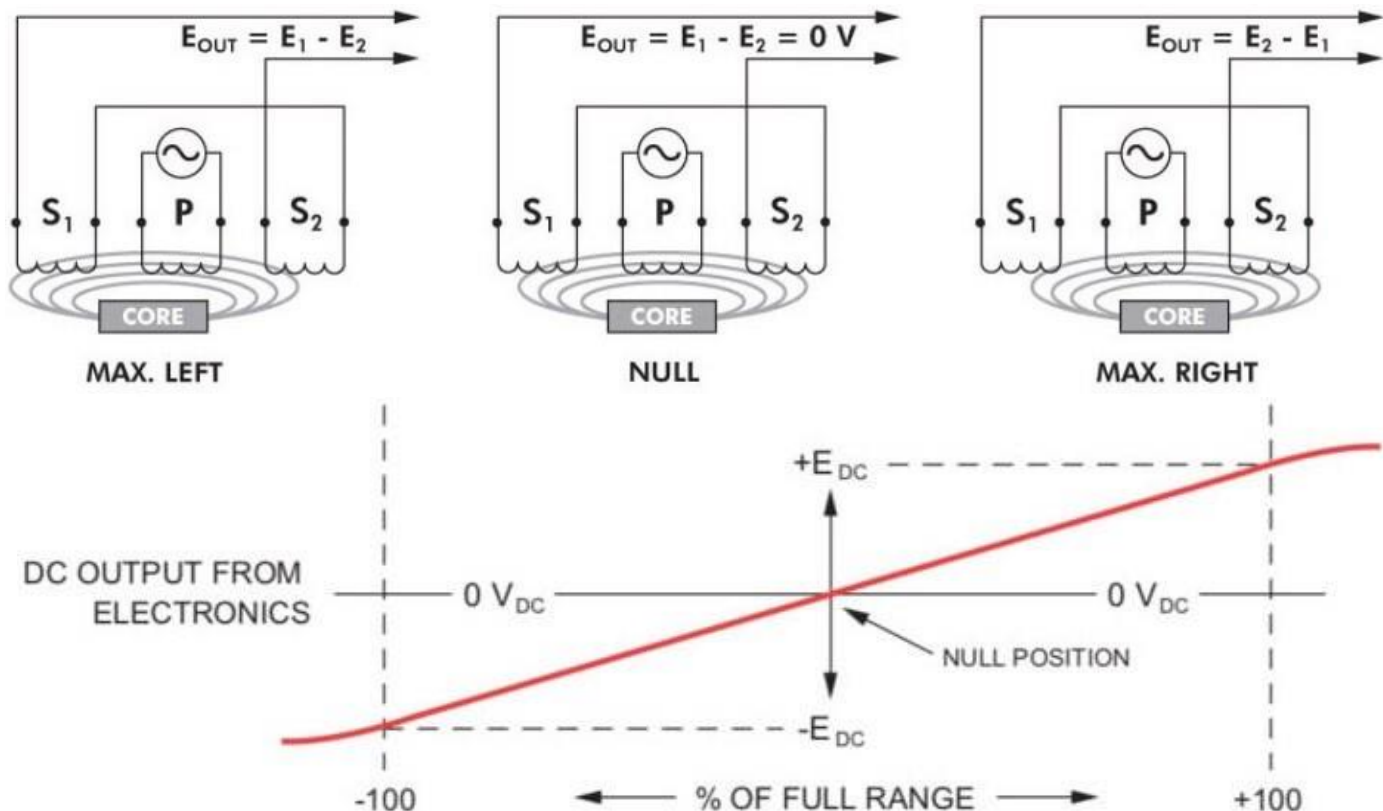
گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: [ALLAUTOMATION.IR](http://ALLAUTOMATION.IR)





در ادامه نمودار مشخصه LVDT آمده است. LVDT دارای یک تابع مستقیم و خطی برای بازه‌ی اندازه‌گیری مشخصی به نسبت ورودی است. این نمودار تابع غیر خطی LVDT را نشان می‌دهد که پس از عبور هسته از بازه عملیات رخ می‌دهد. تابع چند جمله‌ای را می‌توان برای یکسو کردن تابع غیر خطی به کار برد.

با اینکه می‌گوییم LVDT در داخل خود قطعه الکترونیکی ندارد، اما ممکن است قطعات خارجی با نام‌های شکل‌دهی سیگنال وجود داشته باشد. این شامل نوسان‌سازهایی می‌شود که برای تولید سیگنال استفاده می‌شود، یا دمدولاتور، تقویت‌کننده و فیلتر پایین‌گذر باشد که در تبدیل ولتاژ خروجی AC به سیگنال DC به کار برده می‌شود. در چند طرح، واحدهای شکل‌دهی سیگنال در داخل LVDT با نام DC LVDT شناخته می‌شوند.

#### مشخصه‌های LVDT

1. ویژگی خطی
1. مقیاس کامل (0.25 الی 0.20 + یا 0.025 الی 0.20 -) %
2. مقیاس کامل (20 الی 0.50 + یا 0.20 الی 0.20 -) %
3. مقیاس کامل (20 الی 0.90 + یا 0.50 الی 0.90 -) %

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**



4. مقیاس کامل و بالاتر (90 الی +٪ یا 0.90 الی -٪)

5. مقیاس کامل و بالاتر 90 الی ± %

2. دمای کار

1. 257°F, (175-257°F), (32 -175°F), (-32-32°F), -32°F و بالاتر

3. بازه اندازه گیری

1. 0.25± الی 750± میلی متر

#### مزیت ها و معایب LVDT

1. LVDT دارای خروجی بسیار بالا بوده و نیازمند افزونه‌ای دیگر نیست

2. LVDT هیستریزیس [4] بسیار کم از خود نشان می دهد

3. مصرف توان LVDT بسیار کم و تا حد 1 W است

4. تلفات اصطکاکی ندارد

5. بازه اندازه گیری در LVDT بین 25 mm الی 250 mm متغیر است

6. تغییرات دما و ویبره در عملکرد LVDT تأثیر می گذارد.

#### کاربردهای LVDT

1. LVDT برای اندازه گیری وزن، نیرو، فشار و جابه جایی استفاده می شود.

2. LVDT می تواند به عنوان ترانسدیوسر اولیه و ثانویه استفاده شود. برای مثال، در اندازه گیری فشار، وقتی تیوب باتون به عنوان ترانسدیوسر اولیه عمل می کند، کمک می کند

فشار به جابه جایی خطی تبدیل شود. پس از آن LVDT جابه جایی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. پس از کالیبراسیون نمایشگر، سیگنال الکتریکی مقدار فشار مایع را به دست می دهد.

3. این قطعات را همچنین می توان در اتوماسیون صنعتی، ماهواره و هواپیمایی، هیدرولیک و توربین به کار برد.

#### [1] Linear Variable Differential Transformer

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**



# سنسور موقعیت مجاورتی القایی

سنسور موقعیت مجاورتی القایی (Inductive Proximity Sensors)، نوع دیگری از سنسور موقعیت القایی است که کاربرد زیادی دارد. این سنسور را سنسور جریان گردابی (Eddy Current Sensor) نیز می‌گویند. سنسورهای موقعیت مجاورتی القایی در واقع برای اندازه‌گیری جابه‌جایی یا چرخش زاویه‌ای مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، بلکه به منظور تشخیص حضور اشیا در مقابل یا در مجاورت آن‌ها به کار برده می‌شوند. نمایی از یک سنسور مجاورتی القایی در تصویر زیر دیده می‌شود.



نمایی از یک سنسور مجاورتی القایی

سنسور موقعیت مجاورتی القایی را می‌توان یک سنسور موقعیت غیر تماسی (Non-contact) دانست که از میدان مغناطیسی برای تشخیص اشیا استفاده کرده و نهایتاً یک کلید را فعال می‌کند. در هر سنسور القایی، یک سیم‌پیچ حول یک هسته آهنی با میدان مغناطیسی پیچانیده می‌شود تا یک حلقه القایی تشکیل شود.

زمانی که یک ماده فرومغناطیسی، مانند یک صفحه آهنی فرومغناطیسی یا پیچ آهنی، در معرض میدان جریان گردابی قرار گیرد که در اطراف سنسور موقعیت القایی تشکیل می‌شود، آن‌گاه اندوکتانس سیم‌پیچ به صورت چشمگیری تغییر می‌یابد. مدار آشکارساز سنسورهای مجاورتی، این تغییرات را تشخیص می‌دهند و یک ولتاژ خروجی را تولید می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت سنسور موقعیت مجاورتی القایی بر اساس قانون القای فاردادی (Faraday's Law of Inductance) عمل می‌کند. در تصویر زیر نمایی از ساختار یک سنسور مجاورتی القایی را می‌توان مشاهده کرد.

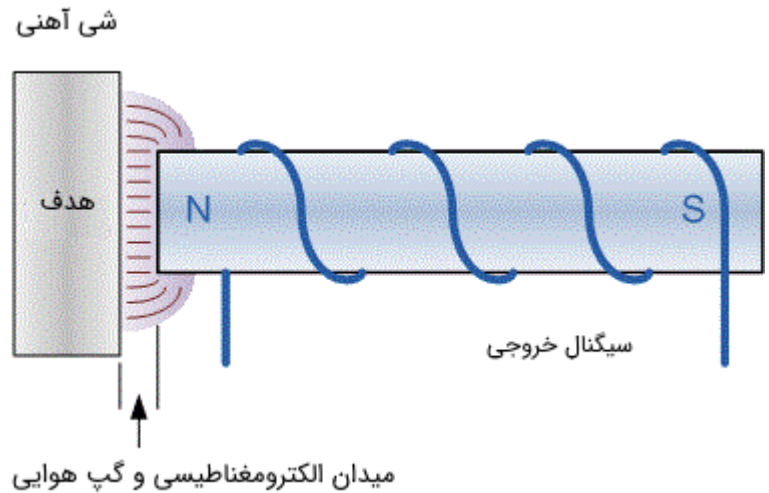
گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**





ساختار یک سنسور مجاورتی القایی

یک سنسور موقعیت مجاورتی القایی چهار قسمت اصلی دارد. قسمت اول، **اسیلاتور** یا نوسان گر است که یک میدان الکترومغناطیسی تولید می کند. سایر اجزا این مدار سیم پیچ، مدار آشکارساز و مدار خروجی هستند. سیم پیچ در این سنسور برای تولید **میدان مغناطیسی**، مدار آشکارساز به منظور شناسایی تغییرات میدان به وجود آمده در هنگام حضور اشیا در برد سنسور و مدار خروجی با هدف تولید سیگنال نهایی خروجی با اتصال Normally Open یا Normally Closed به کار برده می شوند. اتصال Normally Closed را به اختصار با NC و اتصال Normally Open را با NO نمایش می دهند.

سنسورهای مجاورتی القایی قادر هستند که حضور اشیا آهنی در مقابل سر سنسور را بدون وجود ارتباط فیزیکی با شی مورد اندازه گیری، تشخیص دهند. این ویژگی، سنسورهای مجاورتی القایی را برای کار در محیط های آلوده و مرطوب ایده آل می سازد. بازه اندازه گیری سنسورهای مجاورتی القایی معمولاً کوچک بوده و به صورت تقریبی از ۰.۱ میلی متر تا ۱۲ میلی متر در نظر گرفته می شود.

علاوه بر کاربردهای صنعتی، سنسورهای مجاورتی القایی در کاربردهایی نظیر کنترل جریان ترافیک نیز مورد استفاده قرار می گیرند. در این کاربرد، با استفاده از سنسورهای مجاورتی القایی، چراغ های راهنمایی در تقاطع ها و بزرگراه ها تغییر وضعیت می دهند. زمانی که خودروها و سایر وسایل حمل و نقل از مقابل سنسورهای مجاورتی القایی عبور می کنند، بدنه فلزی

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
 با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**



خودرو باعث ایجاد تغییر در اندوکتانس سنسور القایی می شود و خروجی را در سنسور فعال می کند. بنابراین کنترل کننده چراغ راهنمایی از حضور خودروها آگاه می شود.

یکی از بزرگترین معایب این نوع از سنسورهای موقعیت، همه جهته (Omni-directional) بودن آنها است. به عبارت دیگر، این سنسورها می توانند حضور یک شی فلزی را در بالا، پایین و یا طرفین خود تشخیص دهند. یکی دیگر از معایب سنسورهای مجاورتی القایی این است که نمی توانند حضور اشیاء غیرفلزی را در برابر خود آشکار کنند. البته سنسورهای مجاورتی خازنی (Capacitive Proximity Sensors) و سنسورهای مجاورتی مافوق صوت (Ultrasonic Proximity Sensors) نیز وجود دارند که می توانند تا حدی بر برخی از این مشکلات غلبه کنند. از سایر انواع سنسورهای موقعیت مغناطیسی متداول می توان به کلیدهای Reed، سنسورهای اثر هال و سنسورهای رلوکتانس متغیر اشاره کرد.

## انکودرهای چرخشی

انکودرهای چرخشی (Rotary Encoders) نوع دیگری از سنسورهای موقعیت هستند و شبیه به پتانسیومترهایی عمل می کنند که در قسمت قبل مورد بررسی قرار گرفتند. اما این نوع از سنسورهای موقعیت، ادوات غیر تماسی و نوری محسوب می شوند که برای تبدیل موقعیت زاویه ای یک شفت چرخان به کدهای آنالوگ یا دیجیتال مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر، این نوع از سنسورهای حرکتی قادر هستند که حرکت چرخشی مکانیکی را به سیگنال های الکتریکی (ترجیحاً دیجیتال) تبدیل کنند.

تمام انکودرهای نوری (Optical Encoders) بر اساس قاعده یکسانی عمل می کنند. نور منتشر شده توسط یک **LED** یا منبع نور **مادون قرمز** از یک دیسک کدگذاری شده چرخشی با رزولوشن بالا عبور می کند که حاوی الگوهای کدهای مورد نیاز است. این کدها می توانند کدهای **باینری**، کدهای گری (Gray) یا **کدهای BCD** باشند. آشکارسازهای نوری دیسک را هنگام چرخش اسکن کرده و یک مدار الکترونیکی کدهای دریافتی را به فرم دیجیتال پردازش کرده و نهایتاً یک رشته از پالس های خروجی باینری تولید می کند. این پالس های خروجی به یک کنترل کننده خارجی ارسال می شوند و کنترل کننده می تواند موقعیت زاویه ای شفت موتور را تعیین کند.

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

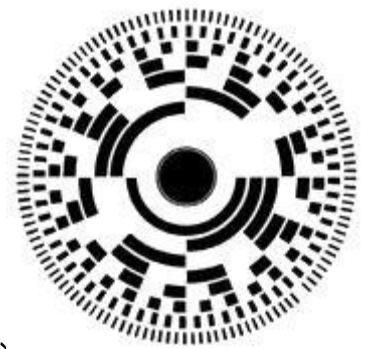
وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**





## انکودر موقعیت افزایشی

انکودر افزایشی (Incremental Encoder) را با عنوان انکودر تربیعی (Quadrature Encoder) یا انکودر گردان نسبی نیز می‌شناسند. این نوع از انکودرها سنسورهای موقعیت بسیار ساده‌ای محسوب می‌شوند. خروجی این سنسورها یک دنباله از پالس‌های مربعی است که توسط آرایشی از فتوسل به عنوان یک دیسک کدگذاری شده تولید می‌شود. سطح دیسک کدگذاری شده در واقع از ترکیب فضاهای شفاف و خطوط تیره‌ای تشکیل می‌شود که با فاصله معین از یکدیگر قرار گرفته‌اند و به هر کدام از آن‌ها سگمنت یا بخش گفته می‌شود. این صفحه دیسک در اطراف منبع نوری حرکت یا دوران می‌کند. انکودر قادر است که هنگام شمارش، رشته‌ای از پالس‌های موج مربعی را ایجاد کند که این پالس‌های تولیدی برای تشخیص موقعیت زاویه‌ای شفت گردان روتور مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمایی از دیسک در انکودر افزایشی و سگمنت‌های موجود روی آن را می‌توان در تصویر زیر مشاهده کرد.



دیسک در انکودر افزایشی و سگمنت‌های موجود روی آن

انکودرهای افزایشی دارای دو خروجی جداگانه هستند که به آن‌ها خروجی‌های تربیعی (Quadrature Outputs) گفته می‌شود. این دو خروجی با یکدیگر 90 درجه اختلاف فاز دارند. در واقع کاربرد اصلی خروجی‌های تربیعی این است که جهت گردش شفت از روی آن‌ها تعیین می‌شود. تعداد سگمنت‌های شفاف و تیره موجود روی دیسک یا به عبارت دیگر تعداد شکاف‌ها در انکودر به عنوان عامل تعیین کننده رزولوشن سنسور در نظر گرفته می‌شود. با افزایش تعداد خطوط تیره در الگوی دیسک، رزولوشن انکودر بر حسب درجه در چرخش نیز افزایش می‌یابد. دیسک‌های کدگذاری شده معمولی دارای رزولوشن بالاتر از ۲۵۶ پالس و یا ۸ بیت در هر چرخش هستند.

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

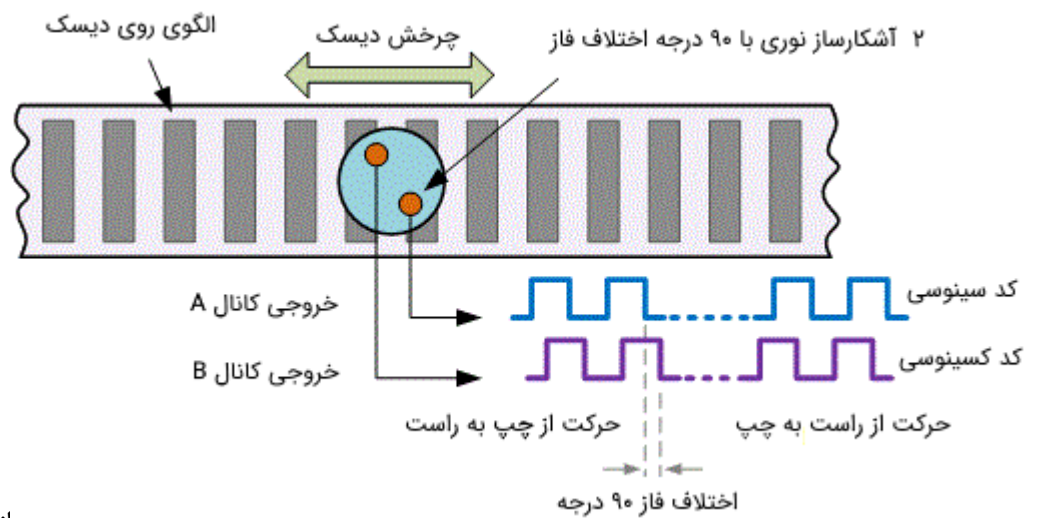
ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**



ساده‌ترین انکودر افزایشی تاکومتر (Tachometer) نام دارد. این نوع انکودر دارای یک خروجی موج مربعی تکی می‌باشد و معمولاً در کاربردهای تک‌جهته (Unidirectional) مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن فقط به اطلاعات ساده موقعیت یا سرعت نیاز است. انکودرهای تریبیعی یا موج سینوسی در صنعت متداول‌ترین نوع انکودر محسوب می‌شوند؛ زیرا این انکودرها دارای دو خروجی موج مربعی هستند که کانال A و کانال B نام دارند و قادرند جهت حرکت یا چرخش را نیز مشخص کنند. این نوع از انکودرها از دو آشکارساز نوری (Photo Detector) استفاده می‌کنند که ۹۰ درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند، بنابراین دو سیگنال خروجی سینوسی و کسینوسی تولید می‌کنند. نمایی از انکودر افزایشی و سیگنال‌های خروجی از آن را می‌توان در تصویر زیر مشاهده کرد.



انکودر افزایشی و سیگنال‌های

خروجی از آن

با استفاده از تابع ریاضی **آرک تانژانت** می‌توان زاویه شفت را بر حسب رادیان محاسبه کرد. معمولاً دیسک نوری که در انکودرهای موقعیت چرخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای شکل دایره‌ای هستند، بنابراین رزولوشن انکودر را می‌توان با استفاده از  $\theta = 360/n$  به دست آورد که در آن  $n$  برابر با تعداد سگمنت‌های موجود روی دیسک است.

به عنوان مثال، تعداد سگمنت‌های مورد نیاز برای داشتن یک انکودر افزایشی با رزولوشن ۱ درجه با استفاده از  $n = 360/\theta = 360/1 = 360$  محاسبه می‌شود. بنابراین تعداد پنجره‌ها برابر با  $n = 360$  به دست می‌آید. همچنین

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

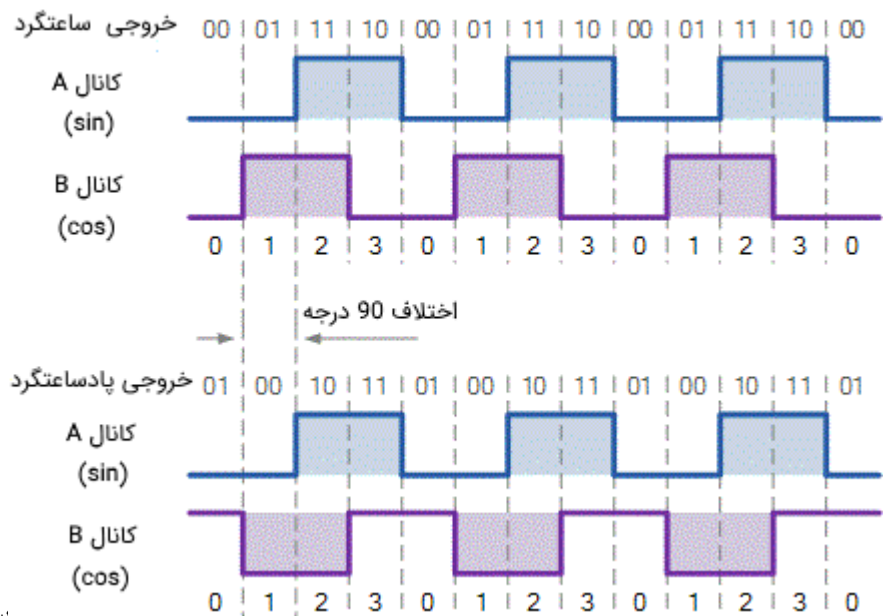
ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**



جهت چرخش را می‌توان با استفاده از این که کدام یک از کانال‌ها، کانال A یا کانال B، ابتدا خروجی را تولید می‌کنند، مشخص کرد. اگر A مقدم بر B باشد یا B مقدم بر A باشد، آن‌گاه دو جهت متفاوت برای چرخش وجود دارند. تصویر زیر نمایی از سیگنال‌های خروجی در یک انکودر افزایشی هنگام چرخش شفت در دو جهت مختلف را نشان می‌دهد.



سیگنال‌های خروجی در یک انکودر افزایشی

هنگام چرخش شفت در دو جهت مختلف

یکی از مهم‌ترین معایب انکودرهای افزایشی هنگام استفاده به عنوان سنسور موقعیت، این است که برای تعیین زاویه مطلق شفت در یک چرخش خاص به **شمارنده‌ها** (Counters) نیاز دارند. همچنین اگر تغذیه سنسور برای یک لحظه قطع شود و یا انکودر به دلیل کثیف بودن دیسک و یا نویز، یک پالس را از دست بدهد، اطلاعات زاویه‌ای تولید شده توسط سنسور مقدار اشتباهی را نشان می‌دهد. یک راه برای غلبه بر این مشکلات، استفاده از انکودرهای موقعیت نوع مطلق (Absolute Position Encoders) است.

## انکودر موقعیت مطلق

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

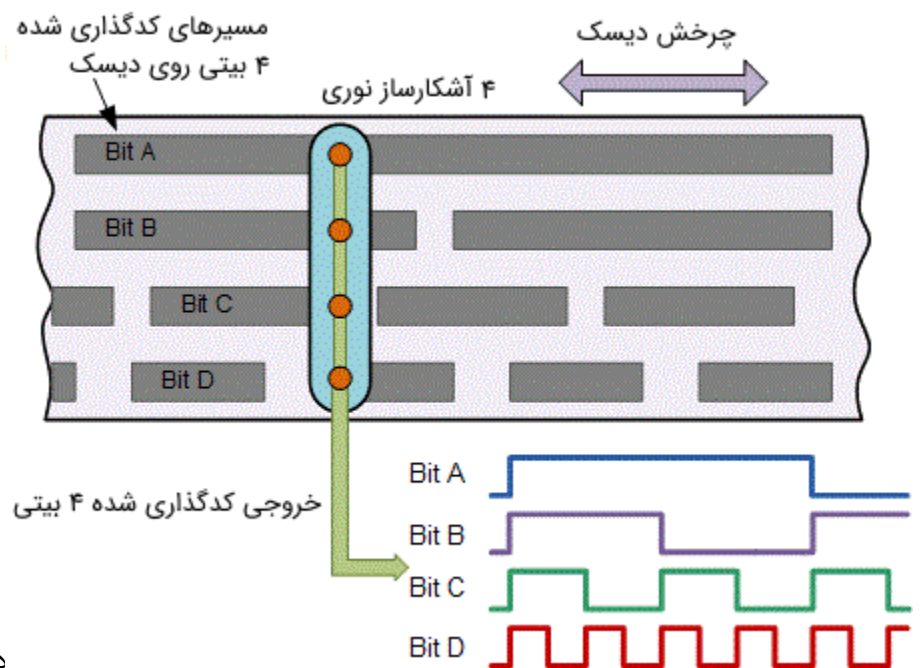
ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: **ALLAUTOMATION.IR**



انکودرهای موقعیت مطلق دارای ساختار پیچیده‌تری نسبت به انکودرهای افزایشی هستند. این نوع از انکودرها برای هر موقعیت چرخش یکتا، یک کد خروجی متمایز تولید می‌کنند که هم نشان‌دهنده موقعیت و هم تعیین‌کننده جهت چرخش است. دیسک کدگذاری شده در این انکودر، از چندین مسیر متمرکز از سگمنت‌های تاریک و روشن تشکیل شده است. هر مسیر با آشکارساز نوری خود مستقل است و می‌تواند به صورت آنی یک مقدار کدگذاری شده موقعیت را به ازای هر موقعیت زاویه‌ای بخواند. تعداد مسیرهای روی دیسک متناظر با بیت‌های رزولوشن باینری انکودر است. بنابراین، یک انکودر مطلق ۱۲ بیتی، دارای ۱۲ مسیر بر روی دیسک و در نتیجه ۱۲ مقدار کدگذاری شده است که هر کدام فقط یک بار در چرخش ظاهر می‌شوند. در تصویر زیر نمایی از یک دیسک کدگذاری شده باینری ۴ بیتی را می‌توان مشاهده کرد.



دیسک کدگذاری شده باینری ۴ بیتی

یکی از مزیت‌های اصلی انکودر مطلق، حافظه غیر فرار آن است که باعث می‌شود هنگام قطع تغذیه، موقعیت دقیق انکودر بدون نیاز به بازگشت به نقطه اولیه حفظ شود. اکثر انکودرهای چرخشی به عنوان ادوات تک دور (Single-Turn) در نظر گرفته می‌شوند، اما انکودرهای مطلق در انواع چند دور نیز موجود هستند که با استفاده از افزودن دیسک کدگذاری شده اضافی، از دوران‌ها فیدبک به دست می‌آورند.

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ - تماس 09154803075

اینستاگرام: @Novin\_Control\_Automation

وبسایت: ALLAUTOMATION.IR



کاربرد متداول انکودرهای موقعیت مطلق در هارد درایو کامپیوترها و درایوهای CD یا DVD است که موقعیت مطلق هد خواندن و نوشتن مورد نیاز است. همچنین در پرینترها و دستگاه‌های ترسیم‌کننده موقعیت دقیق هد ترسیم‌کننده بر روی کاغذ مورد نیاز است که با استفاده از انکودرهای مطلق می‌توان به آن دست یافت.

با تشکر - فنی مهندسی آروین نوین کنترل

گروه فنی مهندسی آروین نوین کنترل-ارائه دهنده خدمات نرم افزاری ، سخت افزاری و آموزشی PLC و اتوماسیون صنعتی در سراسر ایران  
با بهترین قیمت در کوتاهترین زمان

ترابی - 09354157234 تلگرام و واتساپ- تماس 09154803075

اینستاگرام : @Novin\_Control\_Automation

وبسایت : **ALLAUTOMATION.IR**

