

پروتکل انکودر های افزایشی به چند دسته تقسیم بندی می شود؟ سطح ولتاژ انکودر ها به چه صورت است؟ منطق خروجی انکودر ها چند نوع دارد؟ تفاوت HTL با TTL در چیست و هر کدام دارای چه مزایا و معایبی هستند؟ در صورت اتصال اشتباه تغذیه انکودر، چه اتفاقی رخ می دهد؟ آیا می توان در انکودرها سطوح ولتاژ مختلف را جایگزین نمود؟

در این مقاله تعریف کلی از انواع انکودر های افزایشی و مطلق و کاربرد آن ها، تاریخچه تکامل خروجی ولتاژ انکودر ها، مزایا و معایب هر کدام، انواع دسته بندی سطح ولتاژ و تفاوت بین آن ها، اتفاق اتصال اشتباه تغذیه و در نهایت نحوه تبدیل این پروتکل انکودر ها توضیح خواهیم داد.



انکودر یا اینکودر (Encoder) یکی از پرکاربردترین وسایل در سیستم های حرکتی می باشد که اگر بخواهیم به صورت موردی به کاربردهای آن اشاره کنیم می توانیم بگوییم در خطوط بسته بندی، فیدبک موتور، تعیین مکان محورها، رباتیک و غیره در زمینه های اتوماسیون، سیستم های الکترونیکی خانگی، دستگاه های صنعتی، پزشکی، نظامی و... کاربرد دارد. از جمله مواردی کلی کاربرد انکودر ها می توان به سه مورد اصلی زیر اشاره نمود.

- ✓ اندازه گیری سرعت
- ✓ اندازه گیری زاویه و کنترل موقعیت
- ✓ جهت چرخش شفت

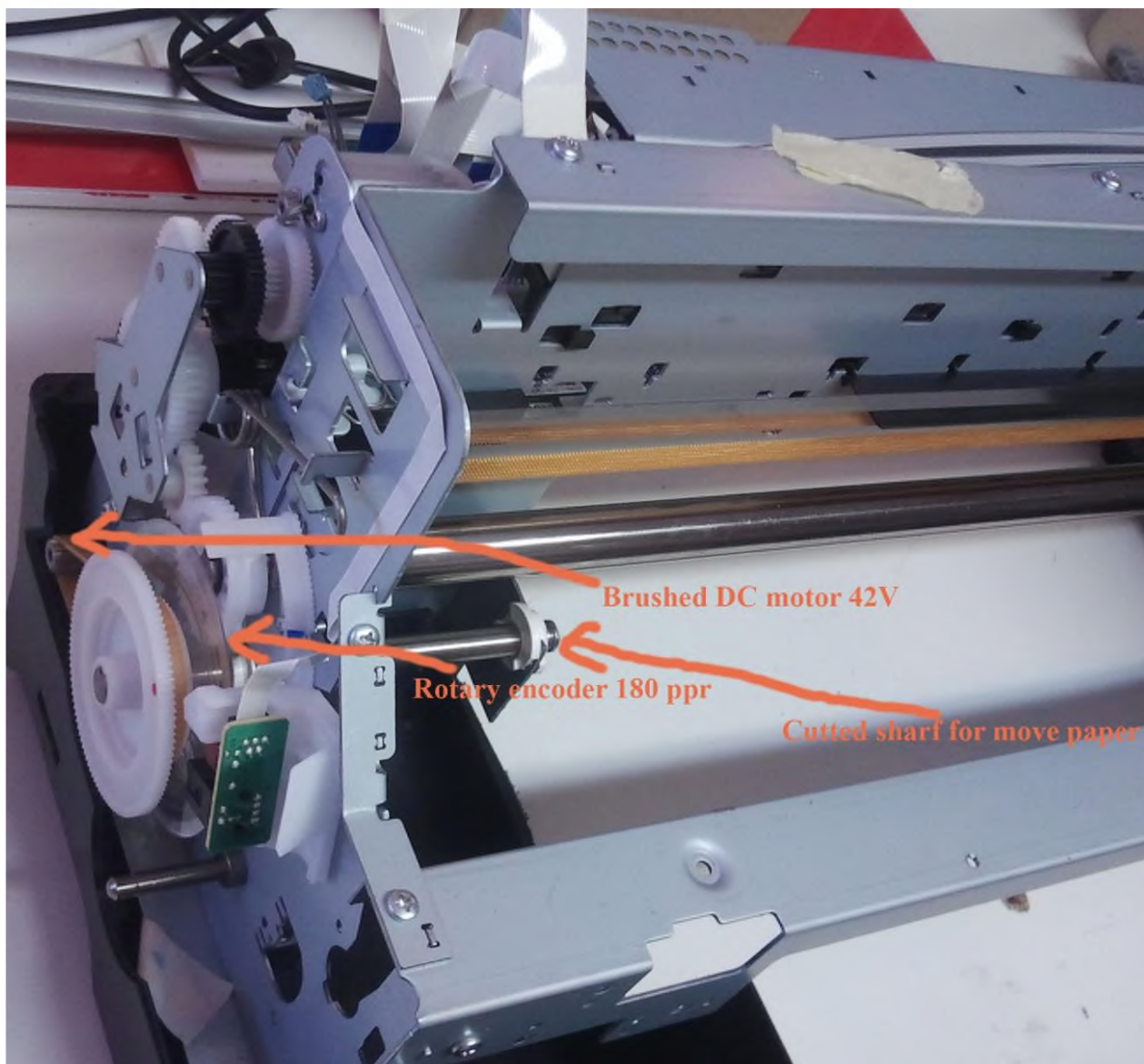
در نظر بگیرید که قصد دارید سرعت یک موتور الکتریکی AC و یا حتی DC را کنترل نمایید. اگر بتوانید فرمان ورودی موتور را از یک درایو یا اینورتر دریافت نمایید می توانید سرعت و یا حتی جهت گردش موتور مدنظر خود را تحت اختیار داشته باشید. اما این پروسه اتوماسیونی زمانی دچار چالش می گردد که شما نیاز داشته باشید سرعت موتور را به روی مقداری دقیق، ثابت نگه دارید. در این حالت نیاز به گرفتن فیدبک از موتور دارید. اما این سوال پیش می آید که آیا سرعت دقیق موتور همان عددی که شما به آن اعمال کرده اید هست یا نه؟ پس یکی از کاربردهای انکودر در اینجا به عنوان کنترل سرعت پدیدار می گردد.

همچنین تصور نمایید نوار نقاله یک خط تولید در کارخانه ای را می خواهید کنترل نمایید. در نظر دارید که این نقاله بعد از حرکت در نقطه ای متوقف شده و پروسه ای روی محصولات آن انجام و دوباره حرکت نماید. به طور مثال واحد پرکن های بطری و یا بسته بندی محصولات تولیدی. برای این عملکرد نیز می توانید از انکودر به عنوان سنسور جهت تشخیص مسیر طی شده، استفاده نمایید. این کاربرد انکودر به عنوان تعیین موقعیت می باشد.

اگر بخواهیم محل کاربرد انکودر ها را به طور خلاصه نام ببریم به موارد زیر می توان اشاره نمود:

۱. اتوماسیون : تعیین سرعت و موقعیت یک جسم در حال حرکت
۲. الکترونیک خانگی : دستگاه هایی مثل پرینترها و اسکنرهای خانگی
۳. دستگاه های صنعتی : ماشینهای چسباندن لیبل، درب پر کردن بطری و هر خط تولیدی مشابه دیگر، پرینتر های چند بعدی، همچنین دستگاه های ساخت و تولید مانند CNC ها، RP ها و...

در شکل زیر یک پرینتر دو بعدی را ملاحظه می کنید که انکودر دورانی آن به غلطک متصل می باشد و غلطک تشخیص می دهد که با چه سرعتی و چقدر حرکت کند. نوع این انکودر افزایشی نوری است و دو گیرنده دارد. در واقع غلطک در چاپ عکس نقش محور Y را دارد محور X توسط یک انکودر خطی حرکت می کند.



۴. پزشکی : در میکروسکوپ ها، اسکنرها و ...

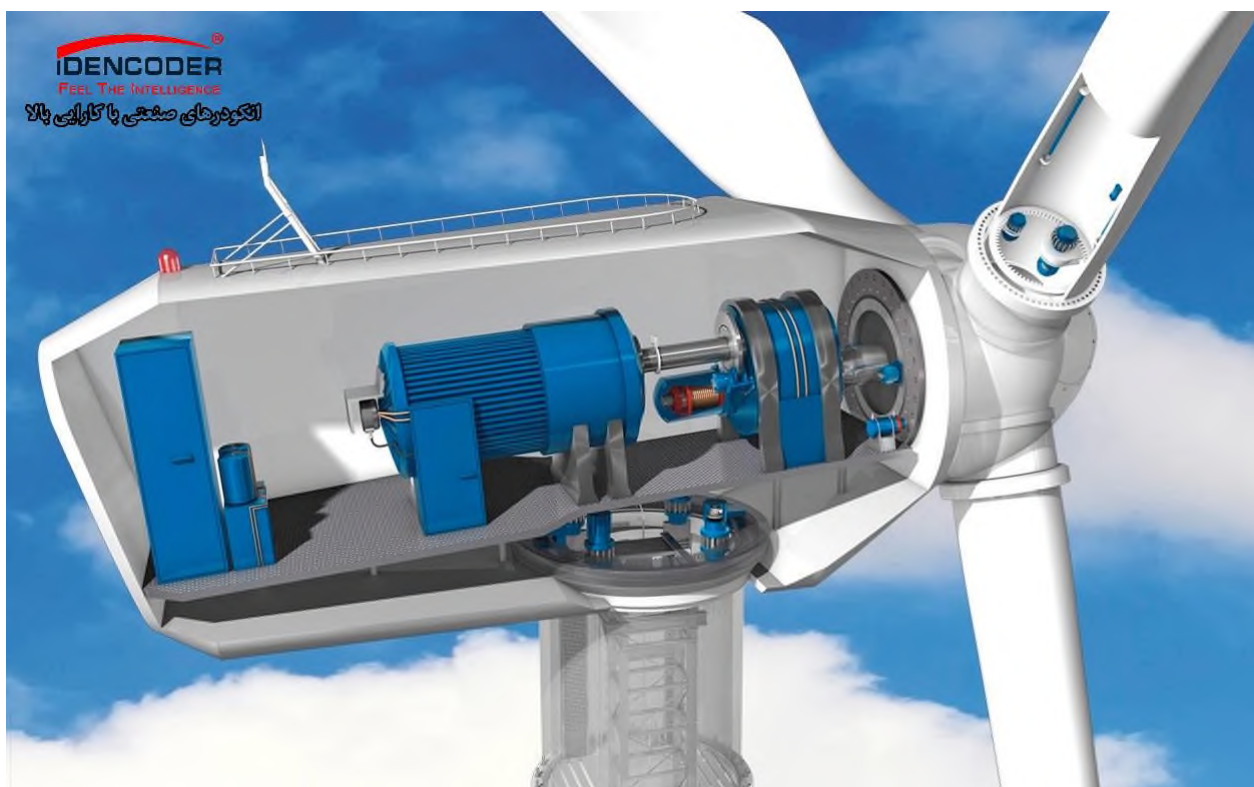
۵. نظامی : در آنتن های موقعیت یابی و رادارها ، تلسکوپ ها و ...

تصویر سمت چپ انکودر مورد استفاده است. این انکودر بسیار دقیق با رزولوشن بسیار بالا (در حد ۴۰ بیت) می باشد. این انکودر روی مفصل پایینی و کوپل شده رادار با موتور قرار می گیرد و به شکل بسیار حساسی برای فیدبک اصلاحی کلوز لوپ و همچنین سنجش موقعیت رادار به کار می رود.

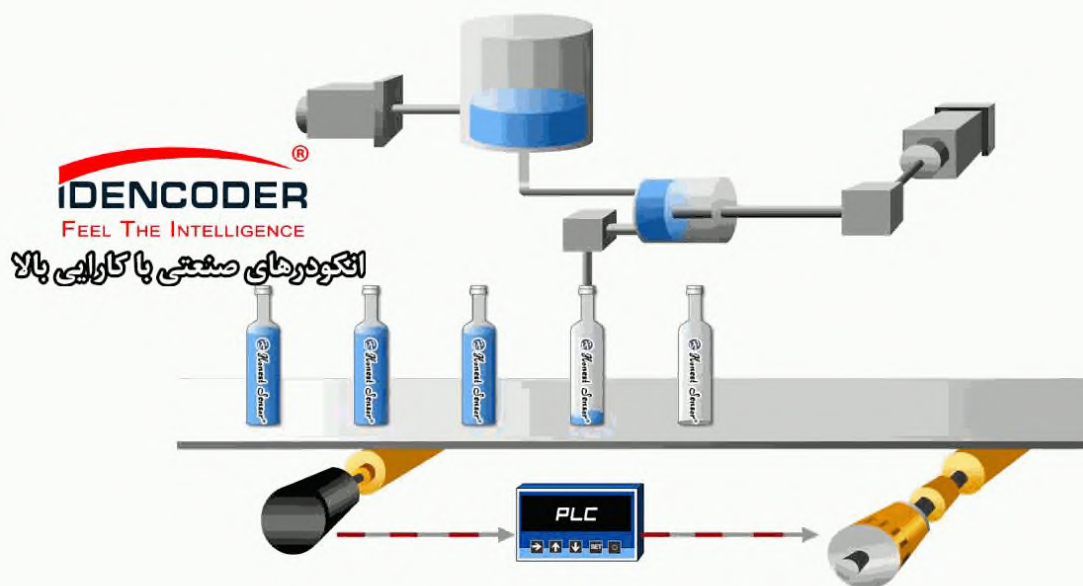


۶. تولید انرژی پاک : در دکل های توربین های بادی (شکل شماره) و جهت تشخیص پنل های خورشیدی و

...



انکودر مورد استفاده در خط تولید بطری با موتور، عمود بر جهت حرکت مسیر تولید قرار می گیرد و با تسمه تایم این حرکت دورانی را به خطی تبدیل می کند. محاسبات این تبدیل حرکت و همچنین مقدار نمایش داده شده توسط انکودر به ما کمک می کند کنترل موقعیت داشته باشیم و توقف ها و حرکت ها در مسیر صحیح انجام شود. این سیستم را کلوژ لوپ (Close Loop) می نامند. در این حالت انکودر در مسیر فیدبک است و در صورت حرکت بیش از حد یا کمتر تلاش در جبران سیگنال خطا دارد. در عکس متحرک زیر می توانید روند این خط تولید را مشاهده نمایید.



اما برای توضیحی در مورد سطوح ولتاژ ورودی و خروجی انکودر ها لازم می باشد توضیح اولیه و کلی از انواع آن ارائه نماییم و در ادامه تمامی آن پروتکل ها را اشاره نماییم.

انکودر افزایشی (Incremental Encoder) چیست؟

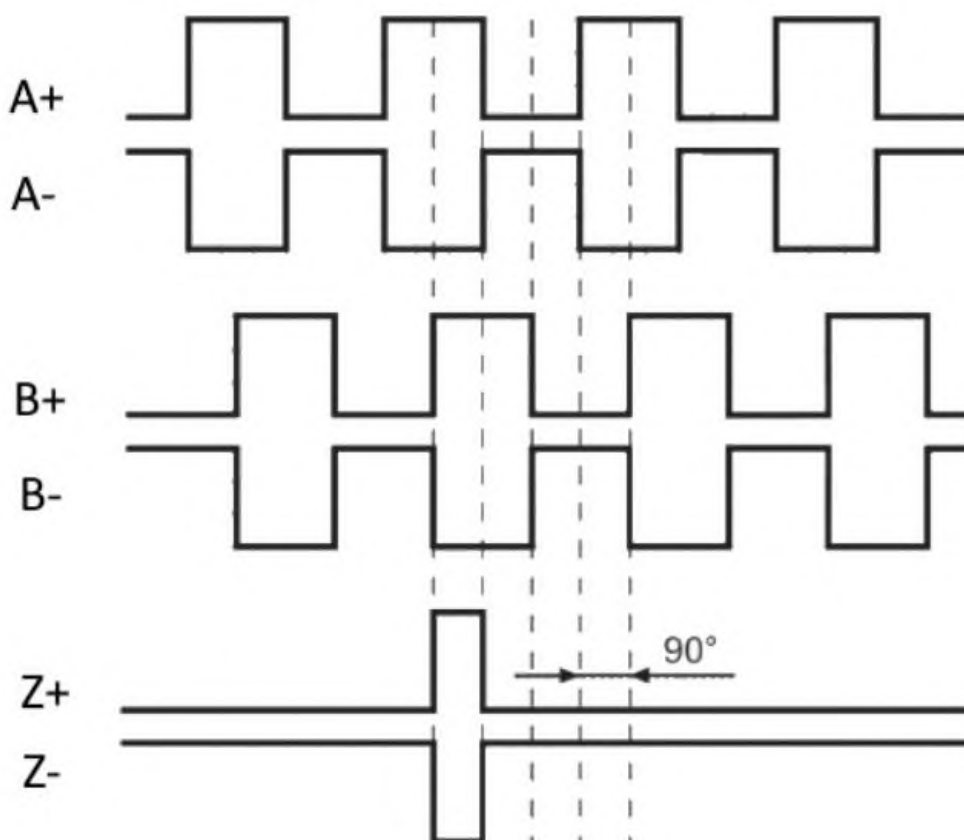
معنای انکودر های افزایشی از نحوه شمارش و پالس اندازی آن نشأت می گیرد. نحوه عملکرد این انکودر بدین صورت می باشد که انکودر از طریق کولپینگ به عامل گردنده ای که می خواهیم حرکت آن را کنترل کنیم متصل می نماییم. به ازای چرخش انکودر، پالس و سیگنال مربوطه به کنترلر ارسال می گردد. لذا به ازای شمارش این پالس ها در زمان میزان جا به جایی و سرعت محاسبه و خواسته ما از کنترلر تحقق می گردد. اما اگر در این میان تغذیه انکودر یا کنترلر قطع یا بازنشانی گردد، انکودر موقعیت فعلی خود را فراموش کرده و شمارش از ابتدا شروع می گردد. لذا این یکی از اصلی ترین معایب انکودر های افزایشی به شمار می آید. به این دلیل معمولاً این انکودر ها دارای قیمت ارزانتری نسبت به رقیب خود یعنی انکودر های مطلق دارد.

این نکته نیز قابل ذکر می باشد جهت بررسی دقیق تر انکودر های افزایشی، می توانید مقاله [انکودر افزایشی چیست؟ کاربرد انکودر های افزایشی در کجاست؟ تفاوت انکودر افزایشی و انکودر مطلق در چیست؟](#) را مطالعه نمایید.

نوع افزایشی انکودر ها که توانایی آنها اندازه گیری میزان فاصله، زاویه و تعیین جهت حرکت می باشد دارای دو کانال خروجی A و B به عنوان سیگنال های اصلی و یک خروجی Z برای نقطه مرجع می باشند. دستگاه هایی که از انکودر افزایشی استفاده می کنند برای شناخت موقعیت در آغاز کار به صورت اتوماتیک به نقطه ی

مرجع می روند تا حرکت جدید را نسبت به نقطه ی شروع انجام دهند. انکودر های افزایشی تغییرات موقعیت زاویه ای را به صورت لحظه ای نشان می دهند. در مورد زاویه یا همان موقعیت مطلق دیتایی وجود ندارد مگر آنکه هر بار پس از روشن شدن از صفر شمارش انجام گردد. در صورت خطا در شمارش، ادامه شمارش هم با اشتباه رو به رو خواهد شد. پهنای باند این نوع انکودر ها برای ارتباط با میکرو کنترلر به علت کم بودن خروجی ها کوچک می باشد. قیمت این انکودر ها از انکودر های مطلق بسیار ارزان تر است و در صنعت بیشتر استفاده می شوند.

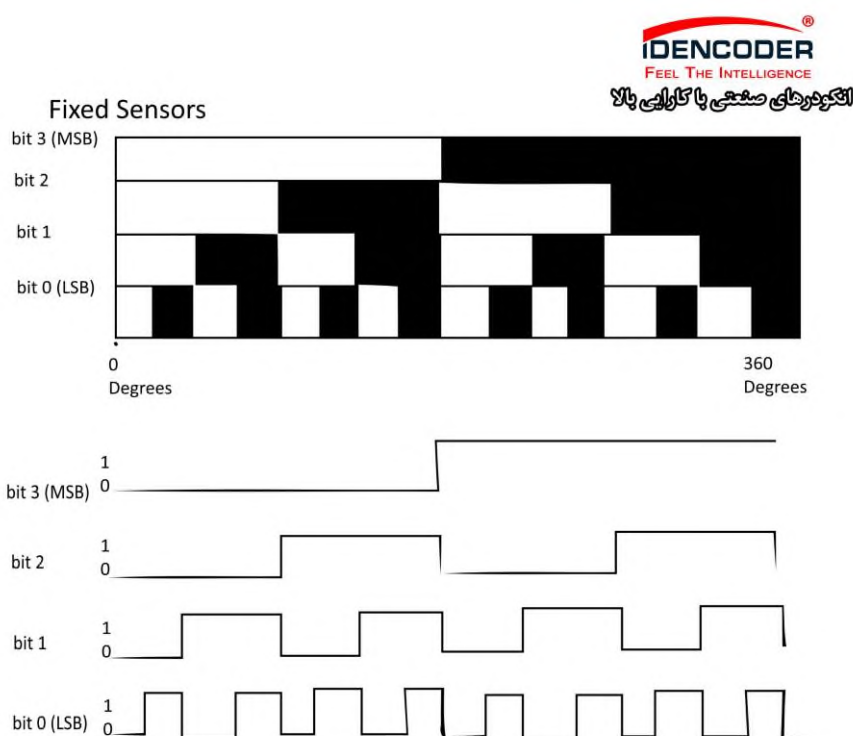
سیگنال های خروجی انکودر افزایشی



انکودر مطلق (Absolute Encoder) چیست؟

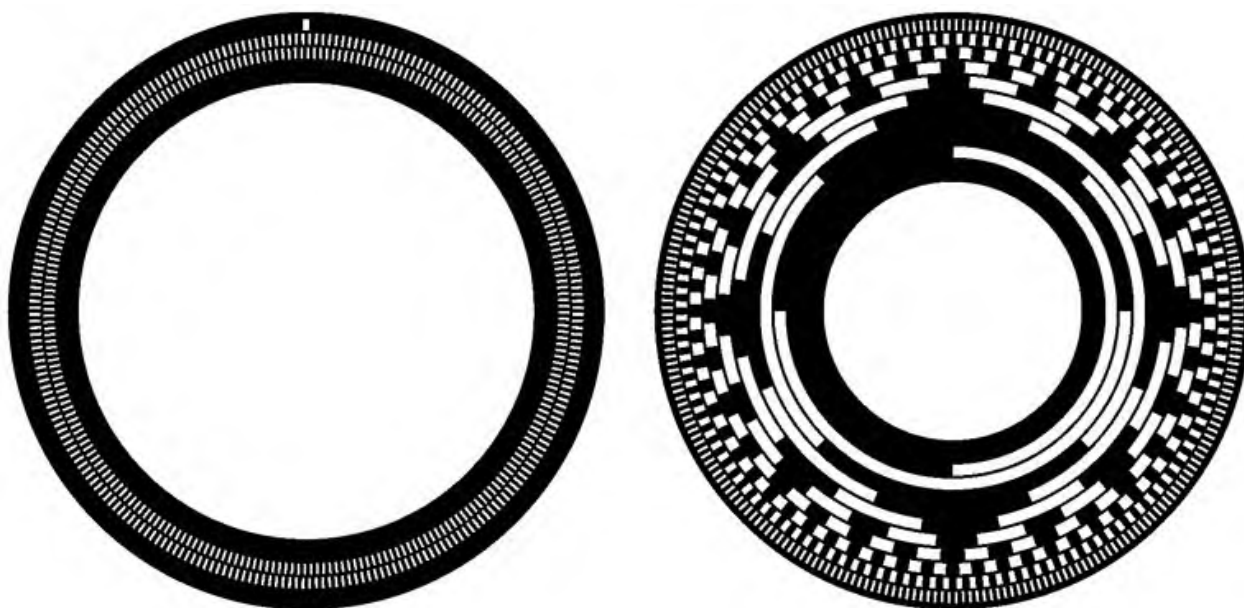
کلمه مطلق همانطور که مشخص است از معنای محض می آید و در انکودر به معنای کاملاً یونیک می باشد. در انکودر های مطلق هر مکان کاملاً منحصر به فرد می باشد به گونه ای که یک عدد باینری یا BCD یا حتی گری و ... عدد زاویه ای انکودر را از ۰ تا ۳۶۰ درجه نمایش می دهد. تعداد طول رشته عدد باینری بستگی به لایه های دیسک انکودر یا تعداد سنسور های گیرنده و فرستنده است. برای هر موقعیت یک کد باینری متفاوت

وجود دارد. دستگاه هایی که از این انکودر ها استفاده می کنند در هنگام قطع منبع تغذیه نیاز به راه اندازی مجدد ندارند (پیدا کردن نقطه مبدا) چون مکان از بین نمی رود و هر نقطه از انکودر دارای کد مشخصی است. نوع چیدمان دیسک انکودر نوری مطلق نیز متفاوت می باشد. به طور مثال برای Gray Code مزیت این کد این است که فقط یک بیت در یک زمان تغییر می کنند. رزولوشن انکودر مطلق توسط بیت ها در خروجی آن تعیین می شود. به عنوان مثال یک انکودر مطلق دوار 8 بیتی 256 مکان منحصر به فرد در هر دوران دارد. در انکودر های مطلق نیاز به نقطه ی ریفرنس نمی باشد چرا که کدهای هر نقطه شناخته شده و مختص آن نقطه می باشد به همین علت دارای پهنای باند بزرگتری برای ارتباط با میکرو کنترلر هستند. پس باید صفحه مدرج انکودر ها به شکلی خاص خط کشی شوند تا بتوان در هر ناحیه یک کد متفاوت دریافت کرد. برای مثال در شکل زیر نوع خط کشی صفحه مدرج یک انکودر 4 بیتی را با شکل پالس های آن می بینید.



مهم ترین مزیت انکودر مطلق نسبت به افزایشی این است که انکودر مطلق همانطور که از اسم آن برداشت می شود، موقعیت شفت را بصورت مطلق و بدون نیاز به نقطه مرجع اعلام می کند. موقعیت (Position) در انکودر های مطلق به صورت منحصر به فرد (Unique) می باشد و محل مورد نظر براساس شمارش بیت دیسک آن مشخص می گردد. در این روش برای خواندن یک زاویه از دیتای کد شده اطلاعات را استخراج می کنیم . چون هر موقعیتی منحصر به فرد (Unique) است لذا بعد از شروع موقعیت سنجی شمارش و روشن شدن دیود های انکودر از آخرین توقف به بعد صورت می گیرد و نیازی به شروع از ابتدا نیست . مشکل اصلی این انکودر گران بودن آن در ساخت و نحوه استفاده مثلا دیکود کردن است نکته دیگر اینکه انکودر مطلق همواره پالس می دهد اما انکودر افزایشی فقط هنگامی انکودر شروع به حرکت نماید پالس اندازی آغاز می گردد. به همین دلایل انکودر های مطلق در مقایسه با انکودر های افزایشی گرانترند.

در عکس متحرک زیر مقایسه بین یک انکودر افزایشی با مطلق با یک رزولوشن را مشاهده می نمایید:



تفاوت ساختاری انکودر Absolute نسبت به Incremental :

در یک مثال ساده می توانیم تفاوت بین انکودر مطلق را با انکودر افزایشی برای شما توضیح دهیم تا برای شما تفاوت آن ها قابل لمس باشد. یک ساعت بزرگ را تصور نمایید که دارای ثانیه شمار و دقیقه شمار است. انکودر افزایشی مانند تیک تیک عقربه ثانیه شمار است. ما تعداد چرخش عقربه ثانیه شمار را نمی بینیم اما می توانیم تیک تیک را بشماریم و اگر زمان اولیه را بدانیم همه زمان های بعدی را می توانیم از مسیر طی شده بررسی نماییم. اما انکودر مطلق مانند عقربه های ثانیه شمار و دقیقه شمار می باشد. بعد از هر بار گردش می توانید تعداد دفعه چرخیدن را ببینید و محاسبه نمایید. عکس زیر مشابه این گفتار را به تصویر کشیده است:



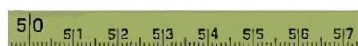
پالس

انکودر افزایشی



دیتا

انکودر مطلق



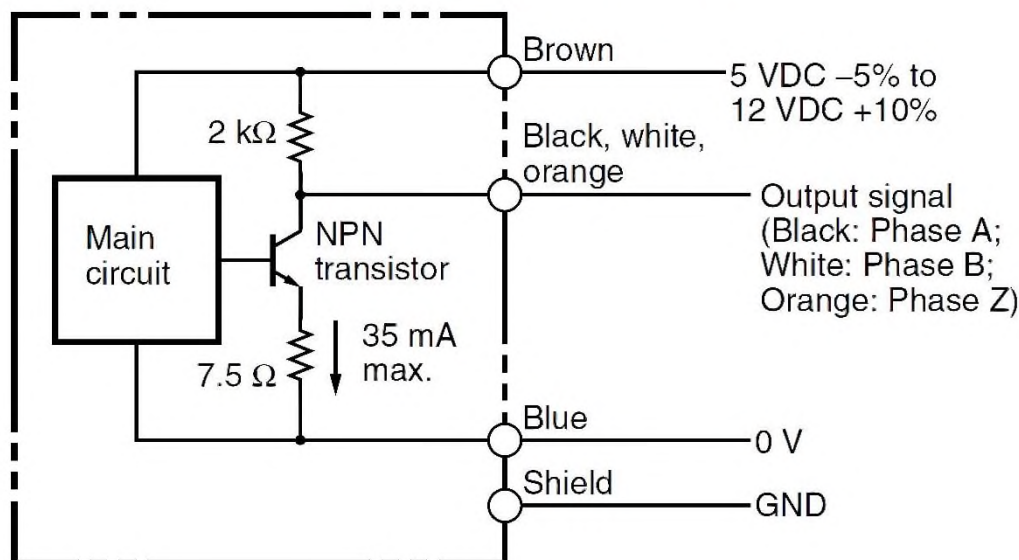
اما حالا که تفاوت اصلی این دو دسته انکودر را مشاهده نمودین، باید به بررسی تنوع خروجی انکودر ها بپردازیم. قبل از شروع به بررسی باید این نکته را اشاره نمود که به دلیل رشد تکنولوژی و پیشرفت علم در ساخت تجهیزات الکتریکی، در حال حاضر در مورد انکودر ها فقط دو پروتکل کلی وجود دارد که تمامی موارد زیر، زیر مجموعه این دو استاندارد می باشند. اولی پروتکل TTL (Transistor Transistor Logic) و دومی HTL (High Threshold Logic) می باشد. در واقع این دو جای تمامی موارد زیر در مورد درایور ها را گرفته اند. و اما دسته بندی ورودی/ خروجی انکودر ها:

۱. دسته بندی اول مربوط به انکودر های افزایشی (Incremental Encoders Output) می باشد:

Voltage Output (a)

این خروجی اولین پروتکل انکودر ها بوده است و از رده تولید خارج و منسوخ گردیده است. همانطور که از عکس زیر مشخص می باشد خروجی از طریق یک ترانزیستور NPN ارسال می گردد که موارد زیر جایگزین این پروتکل گردیده اند.

Voltage Output

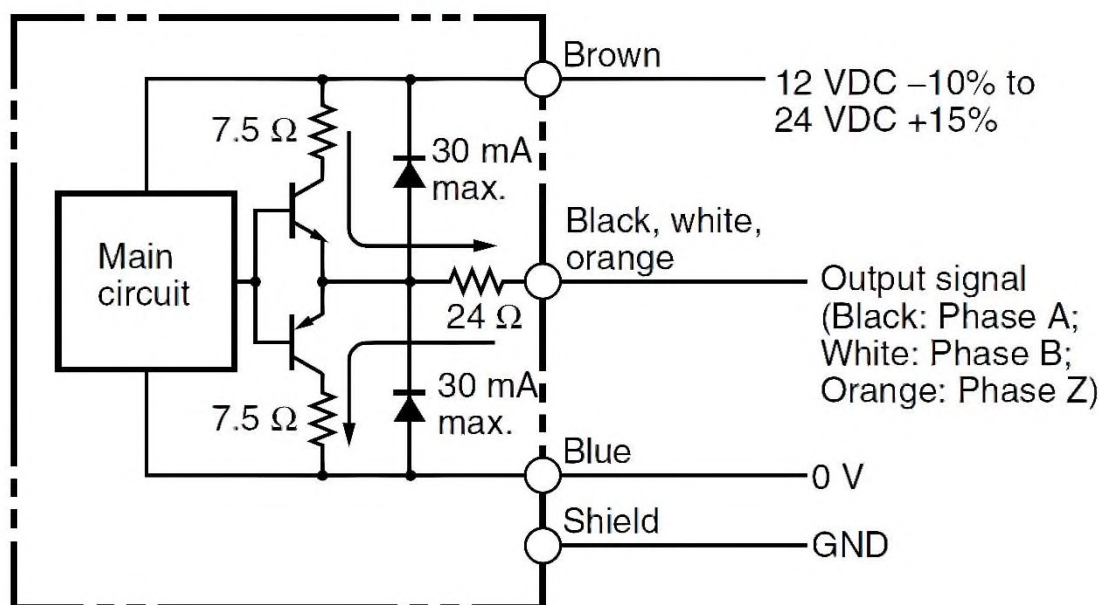


:Complementary Output (b)

به این مدار گاهی اوقات Totem-Pole یا Push-Pull گفته می شود. در واقع خروجی این مدار ترکیب دو مدار PNP-NPN ترانزیستوری بوده که خروجی آن به صورت Sinking و Sourcing می باشد. البته خود این مدار قبلاً به صورت مستقل نیز بوده است. یعنی مدار راه انداز خروجی NPN Open-Collector و مدار راه انداز خروجی PNP Open-Collector که با گذشت زمان با هم ترکیب شده است. همانطور که مستحضر می باشید این خروجی سنسورهای صنعتی می باشد که به صورت القایی یا نوری و ... ساخته می شوند. در زمانی که سیگنال خروجی در وضعیت کمترین (Low) باشد جریان به صورت Sinking و زمانی که خروجی در وضعیت بیشترین (High) باشد جریان به صورت Sourcing می باشد. البته این خروجی با نام Pull-Up نیز شناخته می شود. این خروجی زمانی که یک شمارنده یا PLC در اتوماسیون بود، استفاده می شده است. این خروجی ها اکثراً در AVR ها، PLC ها و مدارات الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد.

این نوع خروجی در اروپا بسیار محبوب بوده و در آمریکا هم استفاده زیادی از آن می شود ولی مشکل اصلی آن نویز پذیری آن می باشد. بدان معنا که قبلاً این پروتکل فقط امکان ارائه سه کانال A، B و Z را داشته و امکان ارائه معکوس ها میسر نبوده است. لذا نویز به روی آن بسیار تاثیر گذار بوده است. اما در حال حاضر شرکت های معروف، انکودرهای خود را به همراه هر ۶ کانال تولید و ارائه می نمایند. جایگزین تمامی خروجی های PNP Open-Collector، NPN Open-Collector، Complementary Output، Pull-Up، Totem-Pole یا Push-Pull، پروتکل HTL می باشد. سطح سیگنال این پروتکل برابر با ولتاژ ورودی V_{ss} و مقدار ۸ الی ۳۰ ولت می باشد.

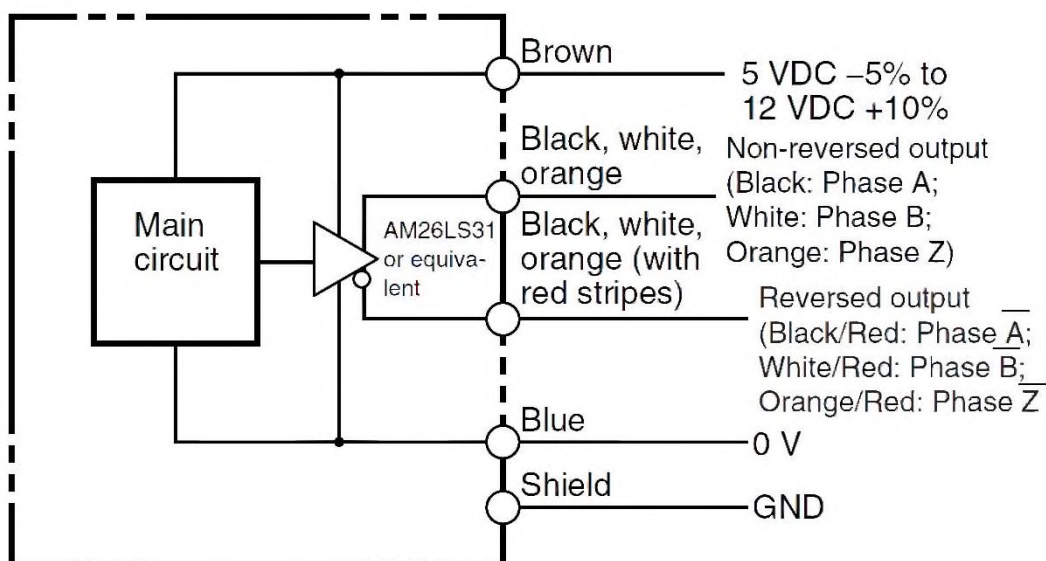
Complementary Output



Line Drive Output (c)

نام دیگر این مدار Differential Line Driver می باشد که این مدار الکتریکی در خروجی انکودر ها استفاده بسیار زیادی از آن می شود. این پروتکل اصلاح شده Push-Pull بوده که سیگنال معکوس هرکدام از خروجی ها هم ساخته می شود. به دلیل دیفرانسیلی یا معکوس بودن بودن این خروجی سیگنال، نویز پذیری پروتکل های قبلی حل شده و در برابر اختلالات محیطی استقامت بیشتری دارد. اما یک مشکل پا برجا می باشد و آن افت ولتژ بر اثر فاصله بین انکودر و کنترلر می باشد. اما این مشکل نیز در حال حاضر حل گردیده است. این خروجی به Line Drive Output معروف بوده که مطابقت با استاندارد RS-422 دارد که سطح ولتاژ در آن ها ۵ ولت مطلق و یا ۸ الی ۳۰ ولت است. این نکته نیز قابل ذکر می باشد که بعضی ها فکر میکنند ولتاژ ۵ ولت منحصرًا TTL می باشد. این جمله برای چند سال پیش درست بود. اما با پیشرفت تکنولوژی این پروتکل قابلیت ارائه ولتاژ های ۸ الی ۳۰ ولت را نیز دارا می باشد. جایگزین خروجی Differential Line Driver پروتکل TTL می باشد. در واقع TTL مدار مجتمعی می باشد که سرعت پاسخ دهی آن بسیار افزایش یافته و ولتاژی صاف را به کنترلر ارائه می دهد. زیر کامپیوتر های اولیه از دستگاه های TTL برای ورودی-خروجی و عملکرد های کنترلی استفاده می کردند. زیر کامپیوتر های جدید تر از CMOS به عنوان جایگزین استفاده می کنند.

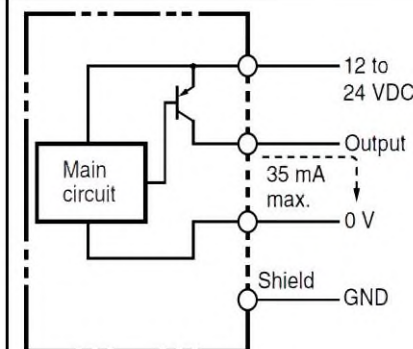
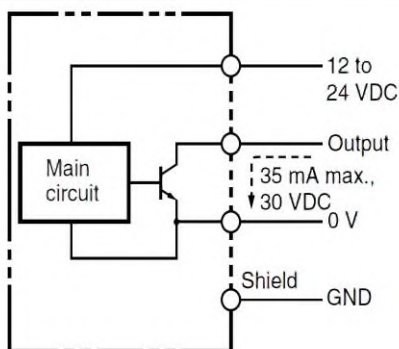
Differential Line Driver



۲. دسته بندی دوم مربوط به انکودر های مطلق (Absolute Encoders Output) می باشد:

A. خروجی نوع Open Collector به شکل های NPN یا PNP :

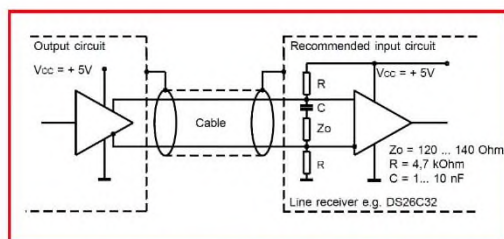
این نوع خروجی ها در میکروکنترلرها، plc ها و مدارات الکترونیکی وجود دارند که در صورتی که فعال شود در پایه خروجی عمل Current Sinking می افتد که به این معنا می باشد که جریان از مدار خروجی متصل و در حال تامین می باشد. این خروجی همانند پروتکل HTL در انکودر های افزایشی می باشد و سطح ولتاژ آن ها ۸ الی ۳۰ ولت می باشد.



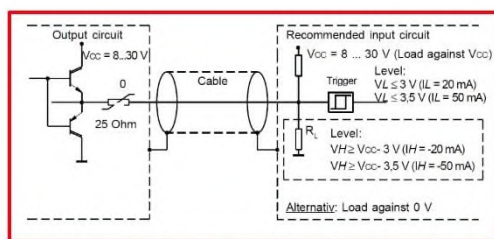
.B Line Drive Output

این نوع مدارات درواقع همان نوع TTL انکودر های افزایشی با همان سطح ولتاژ می باشد.

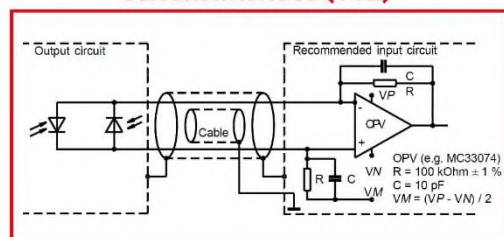
پس اگر بخواهیم تمامی مدارات خروجی انکودر ها را در یک نگاه داشته باشیم:



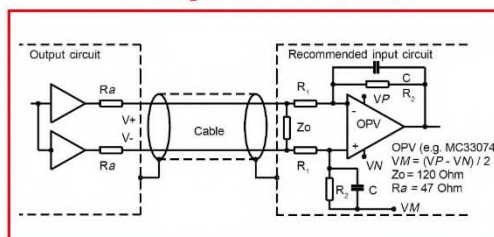
Line driver RS 422 A (TTL)



Push pull output (HTL)



Current interface (TTL)

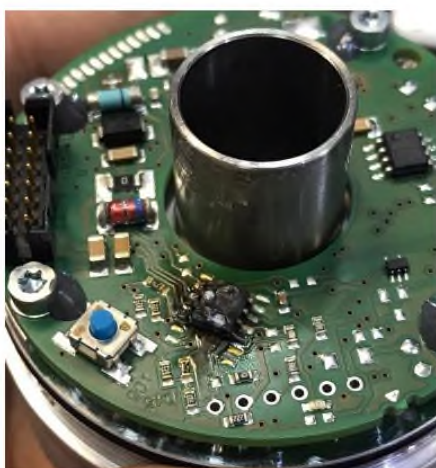
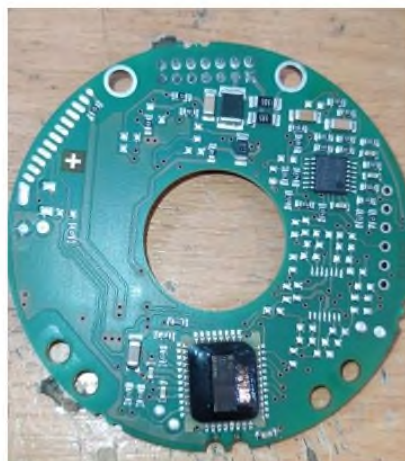


Voltage interface (HTL)

در صورت اتصال اشتباه تغذیه انکودر، چه اتفاقی رخ می دهد؟

همانطور که در بالا ذکر گردید، اتصال تغذیه انکودر جهت روشن شدن و شروع به عملکرد انکودر می باشد. این فرایند باید با دقت کافی و براساس دستور العمل کاتالوگ انکودر صورت گیرد. معمولا در کاتالوگ انکودر ها سیم بندی و نحوه اتصال انکودر به کویلینگ ها و طرز بهره برداری آن ها توضیح داده شده است. این نکته حائز اهمیت می باشد که سطح ولتاژ مربوطه به درستی به انکودر اعمال گردد چرا که عدم توجه کافی به این مورد باعث سوختن برد انکودر، لزوم بر تعمیر انکودر و تاخیر در فرایند تولید می گردد. در زیر یک نمونه از بی توجهی به اتصال درست تغذیه انکودر که منجر به هزینه تعمیر انکودر و صرف زمان گردید را مشاهده می نمایید.

اتصال اشتباه ولتاژ HTL به جای ولتاژ TTL



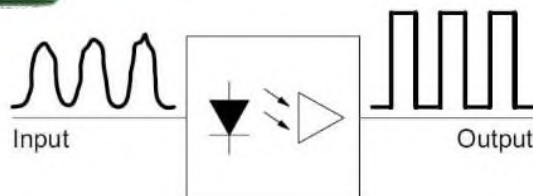
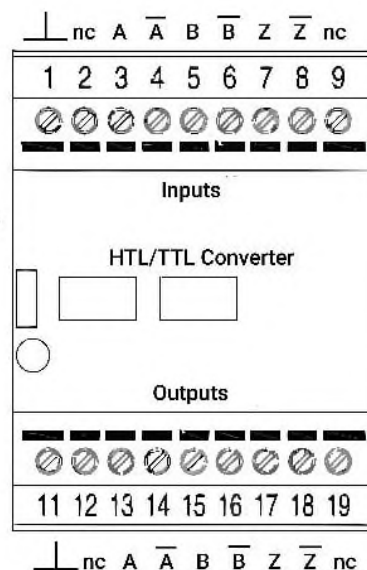
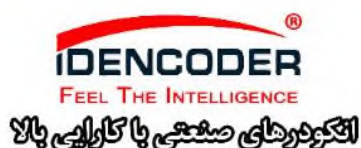
سوختن برد انکودر و هزینه مازاد تعمیر

نحوه تبدیل خروجی انکودر به چه صورت می باشد؟

در حال حاضر همراه با تولید انکودرهای متفاوت و گستردگی پروتکل های اتوماسیونی، ادواتی تولید و عرضه گردیده اند که امکان تبدیل خروجی انکودر ها به داده مورد نظر را دارند. این ادوات که به نام مبدل سیگنال انکودر (Converter Signal Encoder) معروف می باشند امکان تبدیل پروتکل های انکودر های افزایشی، از TTL به HTL و بر عکس و مبدل پروتکل های انکودرهای مطلق از اینترفیس های دیتایی (DATA) به اینترفیس های شبکه (Interface Network) همچون SSI / Analog / Parallel / Profi-Bus / Profi-Net / Can Open / ModBus / EtherCAT به همدیگر را دارند. حتی در بعضی موارد این مبدل ها به عنوان تکرار کننده سیگنال (Repeater Signal) نیز کاربرد دارند. یعنی در زمان هایی که فاصله بین انکودر تا کنترلر زیاد باشد و شکل سیگنال تغییر یابد، امکان بازبازی سیگنال و تبدیل به پالس مربعی را دارند. در زیر عکس مبدل سیگنال انکودر افزایشی با ورودی/ خروجی HTL/TTL را مشاهده می نمایید:



مبدل سیگنال های
خروجی انکودر افزایشی
HTL <-> TTL



کلام آخر

امیدواریم که مقاله بالا را مفید یافته باشید. جهت کسب اطلاعات بیشتر و مشاوره فنی و تخصصی در مورد انکودر ها، ریزولور ها، تاکوژنراتور ها و نحوه انتخاب آن ها [با مشاوران و مهندسين ما تماس](#) حاصل نمایید.

نویسنده و گردآورنده:

مهندس پدرام