



Industrial Automation IA

shahrooz habibeigy

Assistant Professor, Electrical & Mechanical Eng. Department

1 Introduction

- 1.2 Examples of automation
- 1.3 Plants and controls
- 1.4 Automation hierarchy
- 1.5 Control System Architecture

2 Programmable logic controllers

- 2.1 Instrumentation
- 2.2 Continuous Control
- 2.3 Programmable Logic Controllers

3 Field Busses

- 3.1 Field Bus Principles
- 3.2 Field Bus Operation
- 3.3 OSI model in industrial communication systems
- 3.4 Field Bus Standards
- 3.5 Field Bus Case Study: MVB

4 Application protocols

- 4.1 Device Management Protocols
- 4.2 Manufacturing Message Specification (MMS)
- 4.3 OPC (Open Process Control)

اهداف درس

Raise interest for industrial automation systems

Understand industrial control systems, their purpose and structure.

Understand the methods and trade-offs in real-time systems

Understand the terms used in publications and standards

Be able to analyze a plant and propose automation solutions

Compare the solutions used in automation with other domains

Become rapidly productive in an industrial company or public utility service.

1- Introduction

تعریف اتوماسیون:

اصطلاح اتوماسیون به فرایندی اطلاق میشود که در آن در فرایندهایی که پیش از آن به نظارت ، کنترل و دخالت انسان نیازمند بودند توسط سیستمهای جدید اداره میشوند. (دهه ۱۹۴۰)

حوزه اتوماسیون:

۱- اتوماسیون خدمات (اداری)

۲- اتوماسیون تولید (اتوماسیون صنعتی)

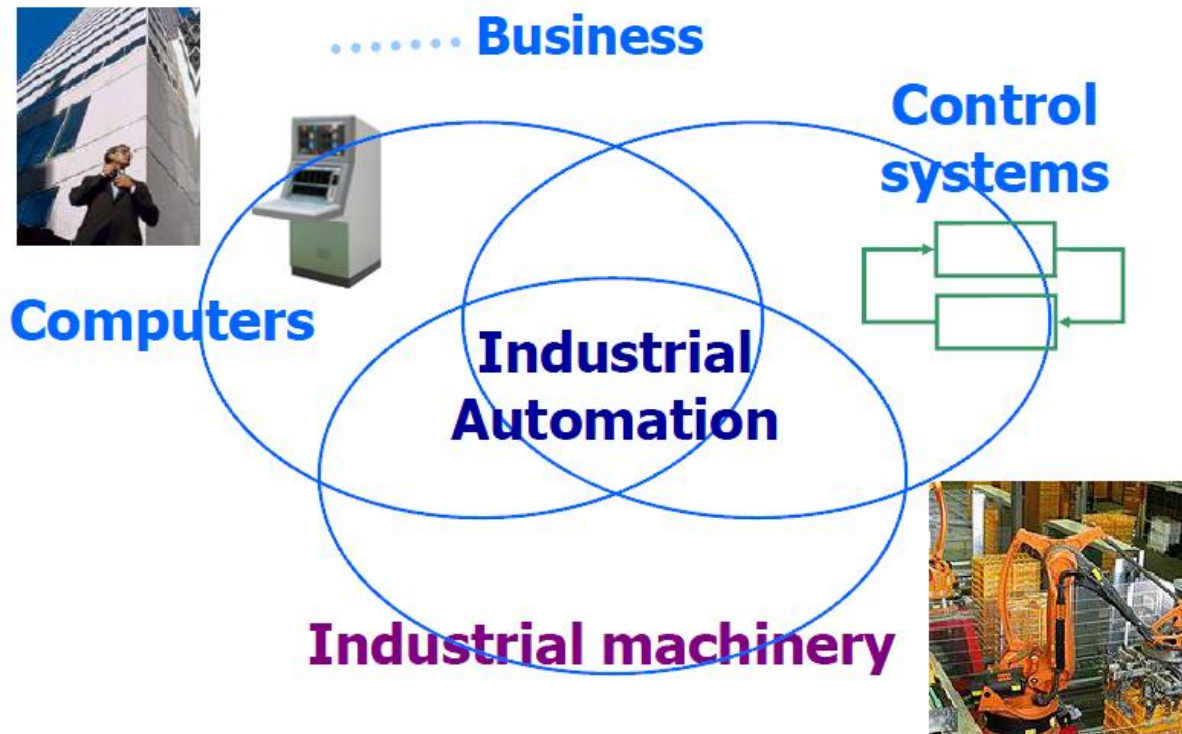
دسته بندی اتوماسیون:

الف) اتوماسیون بدون تغییر^۱؛ که در واقع استفاده از ابزارهای متداول مهندسی برای اتوماتیک کردن یک روند ثابت از فرایندها یا عملیات سرهم بندی (مونتاژ) را مدنظر دارد. این نوع اتوماسیون برای تولید با حجم بالا بسیار مناسب است و معمولاً اجرای هرگونه تغییر در طرح تولید بسیار سخت است. این نوع اتوماسیون گاهی اوقات اتوماسیون سخت (hard Automation) نیز نامیده می‌شود.

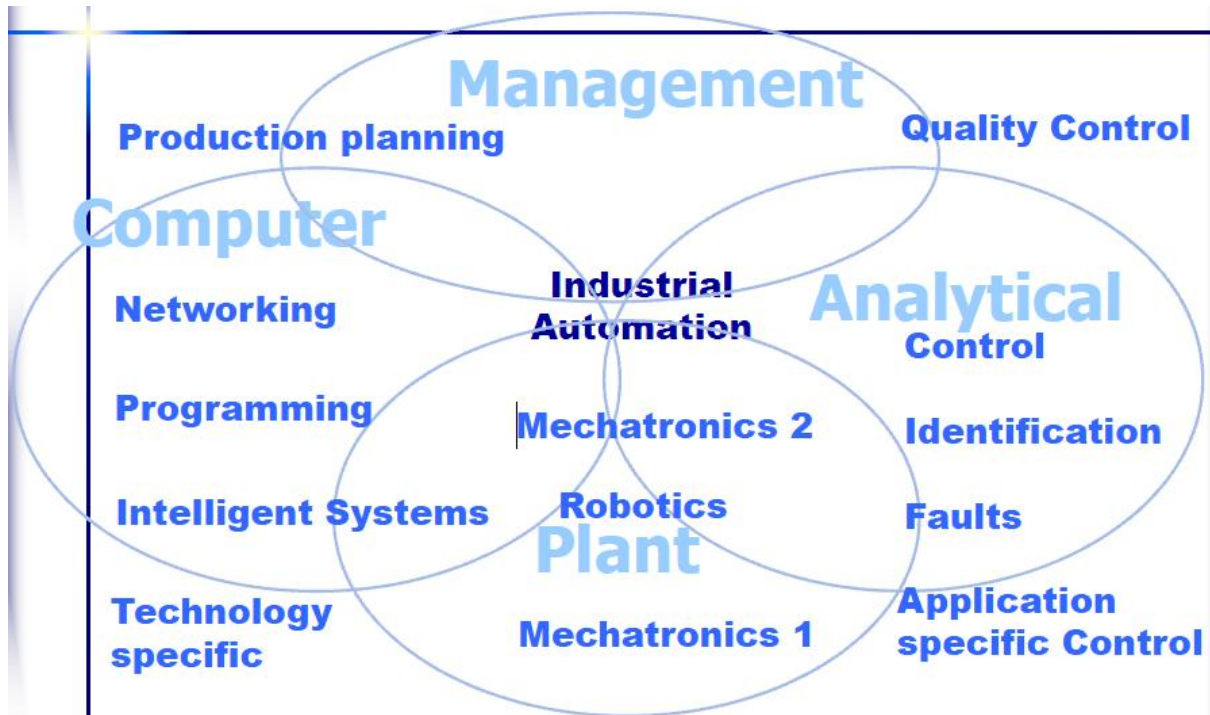
ب) اتوماسیون قابل برنامه ریزی^۲؛ در اتوماسیون قابل برنامه ریزی ابزار آلات به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا هر نوع تغییر خاصی در چرخه تولید محصول، قابل اعمال باشد که این تغییر می‌تواند از طریق تغییر برنامه ورودی اعمال گردد. پس از تولید حجم معینی از یک سری تولید، با تغییر برنامه نمونه جدیدی را برای یکسری جدید تهیه می‌نمود. نمونه امروزی آن را می‌توان دستگاه‌های تراش CNC نام برد.

ج) اتوماسیون انعطاف پذیر^۳؛ در این اتوماسیون، ابزارآلات به گونه‌ای طراحی می‌شوند که محصولات گوناگونی را تولید می‌کنند و زمان اندکی برای انجام تغییرات، برای عوض کردن نوع محصول صرف می‌شود. پس یک سیستم تولید انعطاف پذیر برای تولید ترکیبات گوناگونی از محصولات براساس هر گونه برنامه معینی قابل استفاده است. این نوع اتوماسیون به تولید کننده این توانایی را می‌دهد که چند محصول را به جای یک محصول به صورت ارزان قیمت تولید کند.

حوزه اتوماسیون صنعتی:



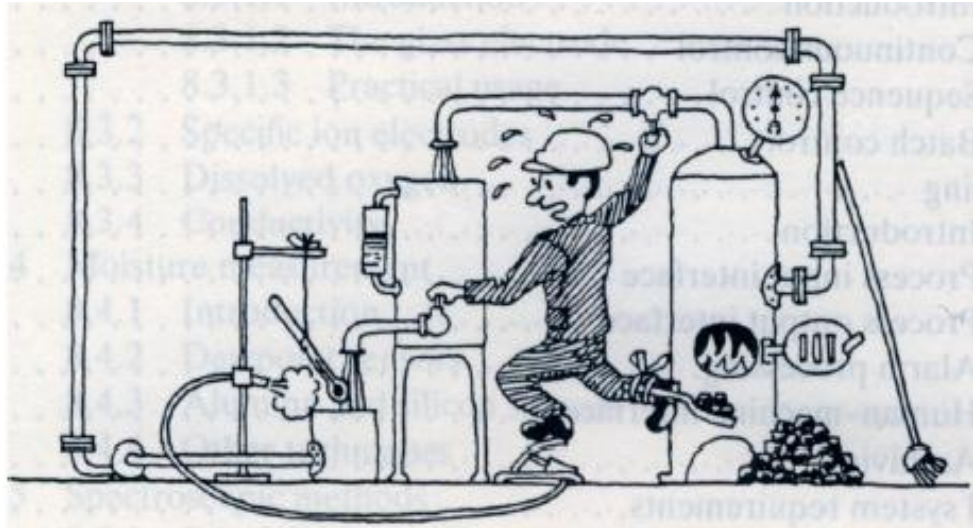
جایگاه درس اتوماسیون صنعتی در رشته مکاترونیک:



اهمیت اتوماسیون:

- Requirements on quality, safety and environmental issues
- much more constraints, goals and measurements than before
- Some new products cannot be produced without automation
- Complex products, ...
- Competition: Fast response to market

مزایای استفاده از اتوماسیون:



Doing complex functions with large amount of information

Costs ↓

Productivity ↑

Quality ↑

Flexibility ↑

Safety ↑

– Difficult/dangerous tasks with less error

History

1960s : Introduction of **PLC s**

1970s : **DCS, Field communication**

1980-90s : Standardizations, SCADA Programmable devices

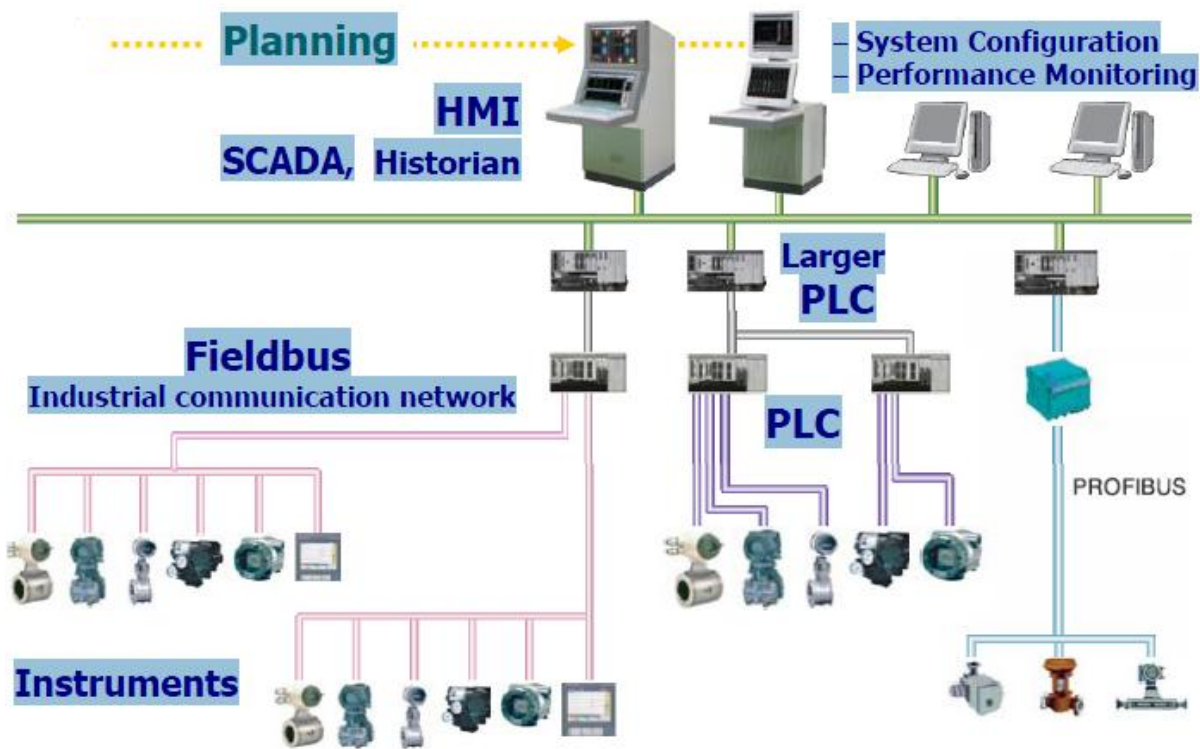
2000s : Comm.: Wireless, Internet, ADSL, ..., Software technologies, protocols ...

Two Notes:

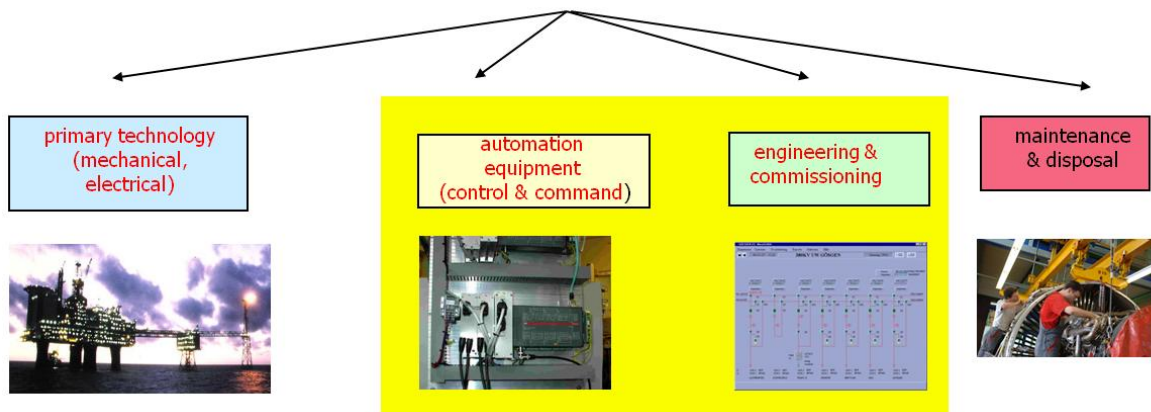
All automation systems share a common structure

They differ in the type of plant controlled, quantity of information, geographical distribution

A look at an IA system

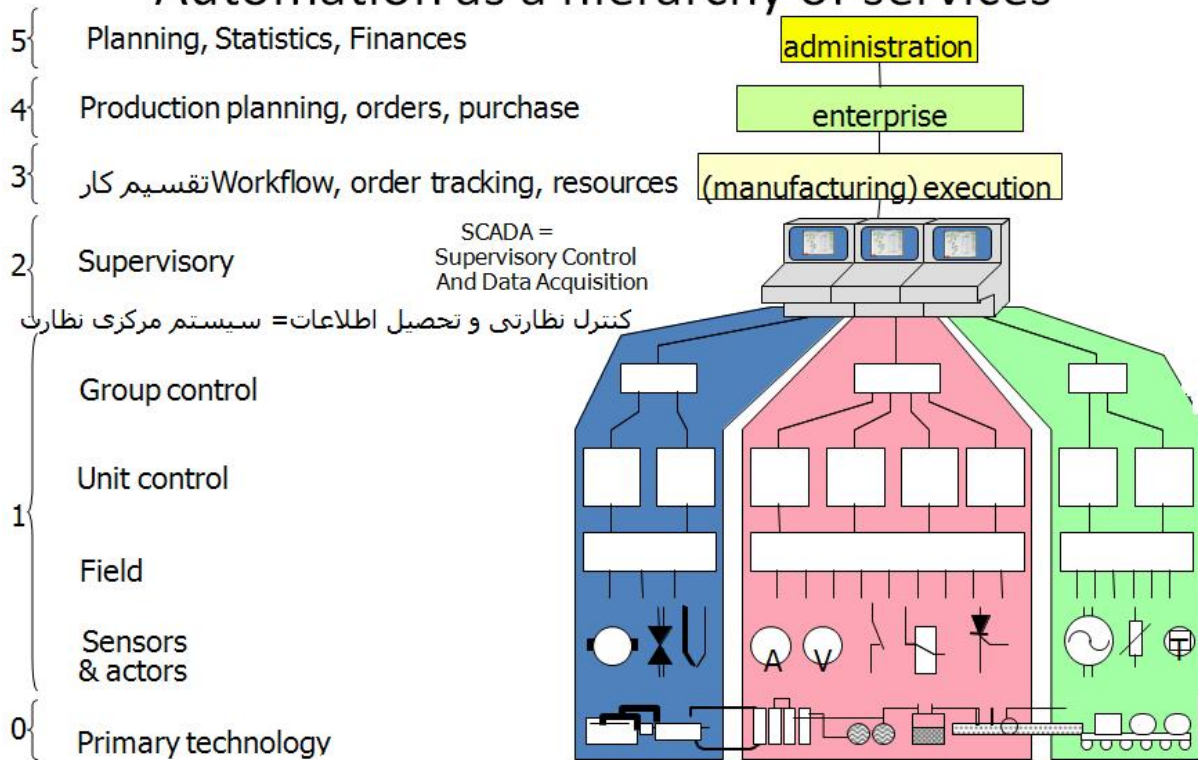


Four distinct businesses مهم



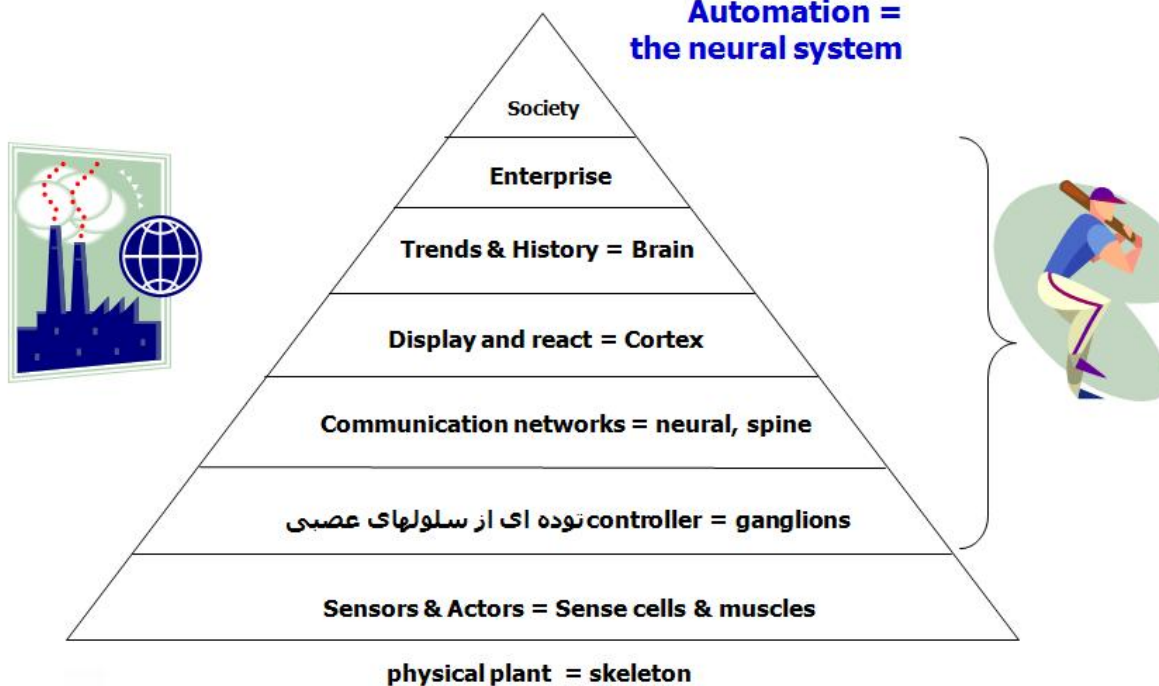
seldom offered by the same company

Automation as a hierarchy of services

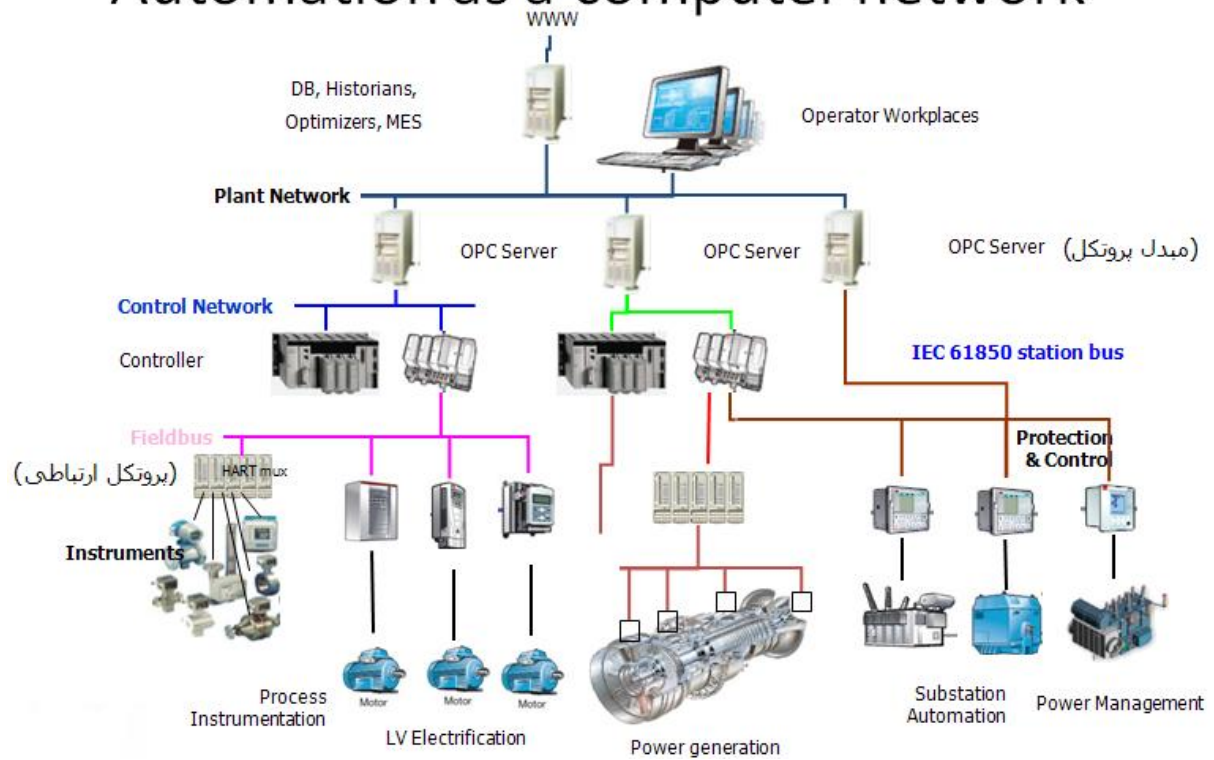


Automation

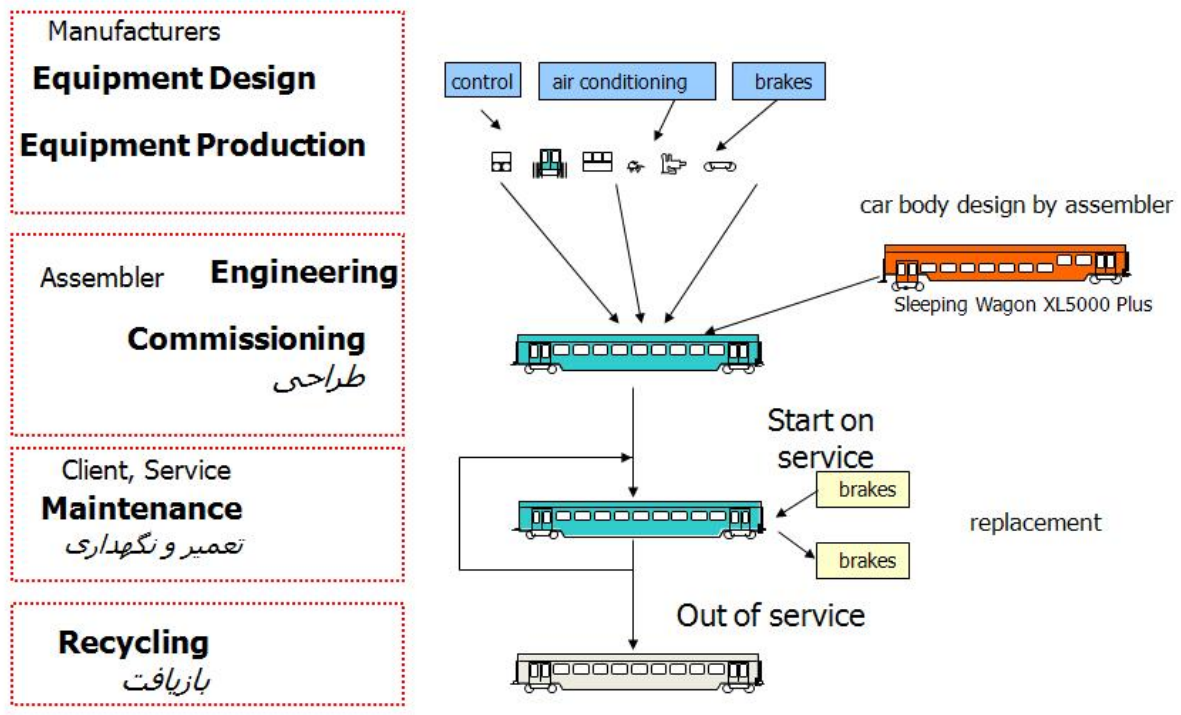
Automation = the neural system



Automation as a computer network



Life-phases of a Plant (Example: Rail Vehicle)



Automation Systems - World Players

Company	Local	Major mergers از به هم پیوستن
ABB	CH-SE	Brown Boveri, ASEA, CE, Alfa-Laval, Elsq-Bailey
Alstom-Schneider-Areva	FR	Alstom, GEC, CEGELEC, Telemécanique,..
Emerson	US	Fisher Rosemount
General Electric	US	
Hitachi - Yokogawas	JP	
Honeywell	US	
Rockwell Automation	US	Allen Bradley, Rockwell,..
Invensys	UK	Foxboro, Siebe, BTR, Triconex,..
Siemens	DE	Plessey, Landis & Gyr, Stäfa, Cerberus,..

€ 80 billion / year business
(depends on viewpoint),
growing 5 % annually

Automation Levels



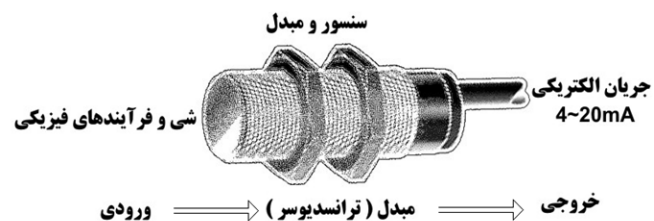
Automation Levels



SENSOR

سنسور چیست؟

- المان حس کننده ای که کمیت‌های فیزیکی را به کمیت‌های الکتریکی آنالوگ یا دیجیتال تبدیل می کند.
- هر کمیت فیزیکی معین را که باید اندازه گیری شود به شکل یک کمیت دیگر تبدیل می کند (تغییر می دهد) که می تواند پردازش شود.
- سنسور از کلمه لاتین sensorium، به معنی توانائی حس کردن یا sense به معنی حس، برگرفته شده است.



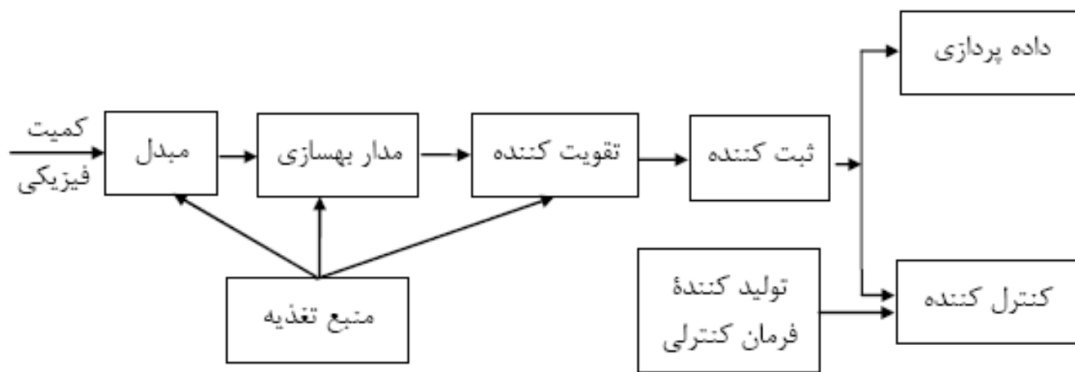
جایگاه سنسور در سیستم کنترل :

یکی از مهمترین تجهیزات استفاده شده در کنار PLC در بخش اتوماسیون صنعتی سنسورها هستند .

سنسورها در انواع دستگاههای اندازه گیری سیستمهای کنترل آنالوگ یا دیجیتال مانند PLC استفاده می شود.

نوع عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به این دستگاهها باعث شده اعضا جدانشدنی دستگاه کنترل اتوماتیک باشد.

بلوک دیاگرام عمومی یک سیستم ابزار دقیق:



سیستم ابزار دقیق:

مبدل(سنسور): این وسیله کمیت فیزیکی مورد اندازه گیری را به کمیت الکتریکی تبدیل می کند.

منبع تغذیه: انرژی الکتریکی لازم برای تحریک مبدل، مدار بهسازی و تقویت کننده را تولید می کند. با توجه به نوع مبدل و مدار بهسازی می توان از منابع تغذیه AC یا DC استفاده نمود.

مدار بهسازی: اصلاحات خطای سیستم با این مدار از بین می رود.

تقویت کننده: این بخش از سیستم زمانی بکار گرفته می شود، که ولتاژ خروجی مبدل بقدر کافی قوی نباشد . گاهی این مدار با مدار بهسازی ترکیب می شود .

ثبت کننده: وسایل اندازه گیری ولتاژ الکتریکی که کمیت مورد اندازه گیری را به نحو مقتضی در معرض نمایش کاربران قرار می دهند.

معرفی پارامترهای مهم در سنسورها:

⑧ فرکانس سوئیچینگ:

حداکثر تعداد قطع و وصل یک سنسور در ثانیه.

⑧ فاصله سوئیچینگ (S):

فاصله بین قطعه استاندارد و سطح حساس سنسور به هنگام عمل سوئیچینگ.

⑧ فاصله سوئیچینگ نامی (Sn):

فاصله در حالت متعارف و بدون در نظر گرفتن پارامترهای متغیر از قبیل درجه حرارت، ولتاژ تغذیه و

⑧ فاصله سوئیچینگ موثر (Sr):

فاصله سوئیچینگ تحت شرایط ولتاژ نامی و حرارت 20 درجه سانتی گراد. در این حالت تolerانس ها و پارامترهای متغیر نیز در نظر گرفته شده است.

$$(Sn < Sr < 1.1Sn, 9)$$

⑧ هیستریزیس (H):

فاصله بین نقطه وصل شدن (هنگام نزدیک شدن به سنسور) و نقطه قطع شدن (هنگام دور شدن از سنسور) می باشد. حداکثر این مقدار ۱۰٪ فاصله نامی می باشد.

⑧ خطی بودن:

در صورتی که تغییرات ورودی خروجی از یک خط پیروی کند یعنی نسبت ان خطی باشد

⑧ ظرفیت یا دامنه متحرک:

دامنه سیگنالهای فیزیکی داخلی که توانایی معکوس کردن به سیگنالهای الکتریکی با سنسور را دارد (بازه)

⑧ Precision یا دقت:

میزان آزادی عمل ابزار نسبت به خطاهای رندم

⑧ Accuracy یا صحت (درستی):

میزان نزدیک بودن مقدار خوانده شده از ابزار با مقدار واقعی کمیت اندازه گیری.

⑧ Repeatability یا تکرارپذیری:

بیان کننده ی میزان فاصله خروجی ها با ورودی های یکسان، که به صورت پشت سر هم و با فاصله زمانی کم و با شرایط اندازه گیری کاملاً یکسان، ابزار یکسان، مکان یکسان و روش اندازه گیری یکسان انجام گرفته است.

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} \times 100\%.$$

- معمولاً به صورت % از FS بیان می شود:

⑧ Reproducibility یا قابلیت تکرار:

بیان کننده میزان فاصله خروجی ها با ورودی های یکسان می باشد وقتی شرایط اندازه گیری از قبیل روش، مکان، ابزار، شرایط استفاده و ... تغییر کرده باشد.

★ Repeatability یا تکرار پذیری و Reproducibility قابلیت تکرار تقریباً هم معنی هستند ولی کاربرد متفاوت.

⑧ Resolution رزولوشن:

کمترین تغییر لازم در ورودی که می تواند در خروجی مشاهده شود.

اصلاحات استاتیکی:

Sensitivity-

حساسیت سنسور عبارتست از نسبت تغییرات خروجی به واحد تغییرات در کمیت مورد اندازه گیری

Spam-

دامنه ی سیگنالهای فیزیکی داخلی که توانایی معکوس کردن به سیگنالهای الکتریکی با سنسور را دارد.

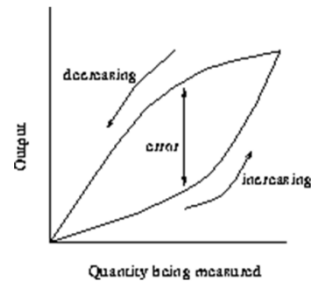
-Accuracy: متوسط خطایی که یک دستگاه دارد .

عمدتاً به عنوان خطای مورد انتظار زیاد بین واقعیت و سیگنال های خروجی مطلوب تعریف می شود.

خطا (Error)

تفاوت میان مقدار واقعی اندازه گیری شده و نتیجه بدست آمده.

-Hysteresis: اگر دما کمیتی در حال افزایش باشد از منحنی رفت در غیر اینصورت از منحنی برگشت بخواند.



-resolution: کوچکترین واحدی که سنسور می تواند اندازه گیری کند و به خطا نزدیک است.

به معنای تطابق مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی کمیت مورد اندازه گیری است. دقت بر حسب درصد خطا مشخص می شود.

-Repeatability: قابلیت سنسور در تکرار اندازه گیری یک کمیت.

تکرار پذیری در سنسورها به معنی نتیجه یکسان در اندازه گیری یک کمیت در شرایط ثابت می باشد. (خطای اندازه گیری ثابت می باشد)

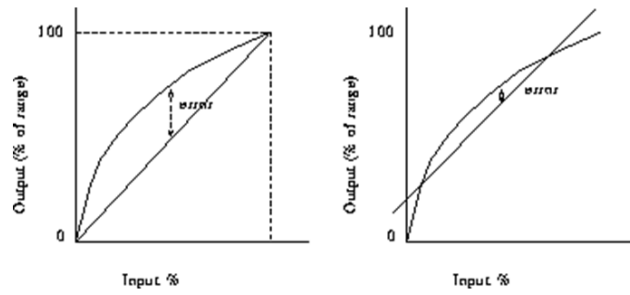
Stability (پایداری): بعد از یک مدت زمان جواب خروجی به جواب واقعی می رسد. بعضی از سنسورها به ازای یک ورودی ثابت در طول زمان مقادیر آنها تغییر می کند.

توانایی سنسور به دادن خروجی مشابه (ثابت) هنگام اندازه گیری یک ورودی ثابت در طی یک دوره از زمان اندازه گیری.

-Dead band: محدوده مرده که سنسور در این بازه قابلیت اندازه گیری ندارد. در واقع اگر رابطه ای بین ورودی و خروجی باشد در این ناحیه شیب منحنی نزدیک به صفر است.

خطی بودن (Linearity):

خطی بودن به معنای ثابت بودن شیب ورودی - خروجی است ولی در عمل اکثر سنسورها مشخصه خطی ندارند.



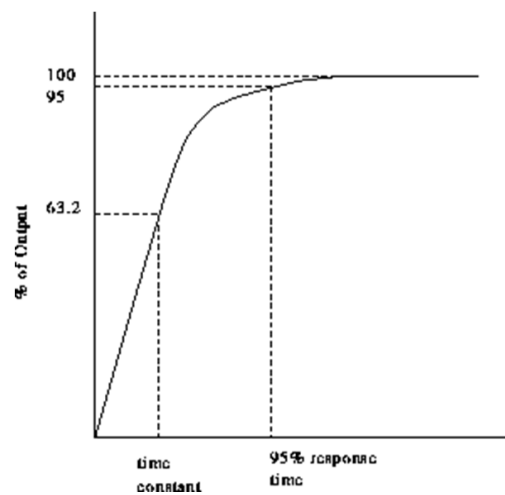
اصطلاحات دینامیکی:

Response time

- * زمان پاسخ گویی موثر روی سرعت (زمانی که طول می کشد تا خروجی از مقداری که بوده به ۹۵ درصد مقدار واقعی برسد) هر چه سیستم کند تر باشد امکان ناپایداری بیشتر است

Time constant

- * زمانی که لازم است تا به ۶۳ درصد مقدار نهایی برسد.
- * مدت زمانی که طول می کشد که از ۱۰ درصد به ۹۵ درصد افزایش پیدا کند.
- * مدت زمانی که طول می کشد از ۹۵ درصد به ۱۰ درصد برسد.
- * کل این ثابتها سرعت عملکرد سنسور را نشان می دهد .

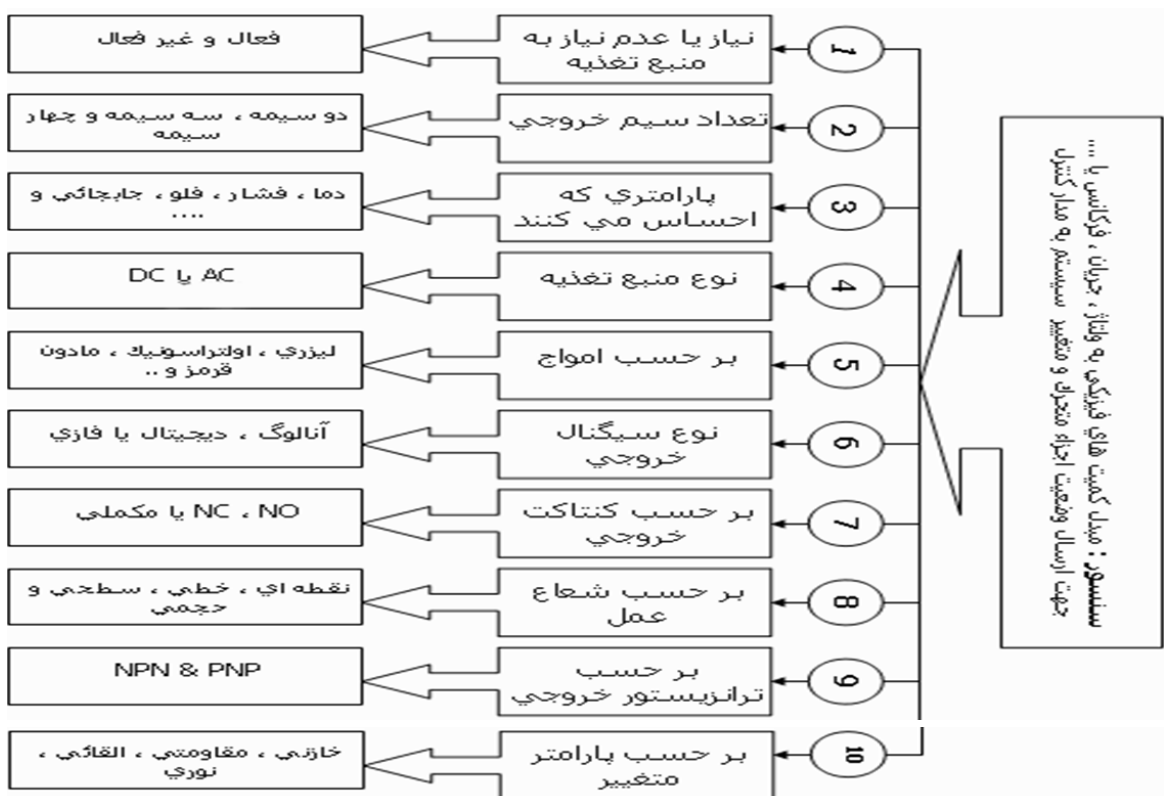


نکاتی در مورد انتخاب سنسور

*کمیت فیزیکی مورد نیاز چیست؟

*برای اندازه گیری این کمیت چه سنسوری نیاز است؟

دسته بندی سنسورها



۱. سنسورهای گرمایی:

سنسورهای دمایی که نسبت به درجه حرارت حساس هستند مانند ترمومتر.

۲. سنسورهای الکتریکی :

سنسور مقاومت (اهم متر) سنسور جریان (آمپر متر) سنسور ولتاژ(ولت‌متر)، سنسورهای فلزیاب و رادار.

۳. سنسورهای مکانیکی:

سنسورهای فشار (التی متر ، بارو متر و ...).

سنسورهای اندازه گیری چگالی، چسپندگی و سیالی گازها و مایعات.

سنسورهای مکانیکی برای تشخیص موقعیت، شتاب، استحکام اجسام .

۴. سنسورهای شیمیایی:

سنسورهای تشخیص گازهایی مانند اکسیژن ، منو اکسید کربن و سنسورهای تشخیص بو.

۵. سنسورهای نوری:

سنسورهای نور شامل نیمه هادی هایی چون سلول های نوری ، فوتو دیود، فوتو سنسورهای مادون قرمز، سنسورهای فیبر نوری و

۶. سنسورهای اکوستیک:

سنسورهای به کار رفته در میکروفون ، هدفون و همچنین کاربرد در ساخت روبات.

۷. سنسورهای بیولوژیکی:

- مکانیزمی شبیه به سنسور های مکانیکی دارند.

- بسیاری از این سلول های خاص به دما، نور، حرکت، میدانهای مغناطیسی، ارتعاشات ، فشار و کمیت های مختلف فیزیکی حساسند.

- بیوسنسورها ، سنسورهای مصنوعی زیستی.

۸. سنسورهای وابسته به پدیده های درون اتمی.

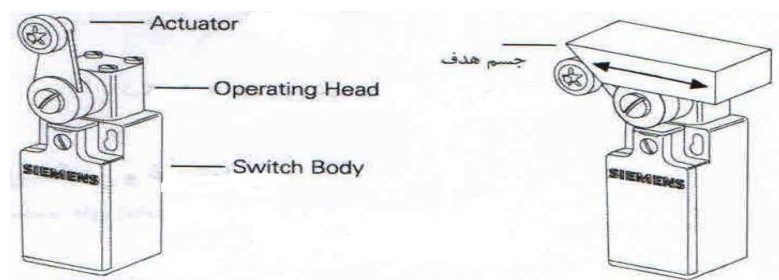
دسته بندی کلی سنسورها بر حسب تماس

۱. سنسورهای تماسی (Contact).

لیمیت سوئیچ و سنسورهای نیرو-فشار

لیمیت سوئیچ

لیمیت سوئیچ یک وسیله ی الکترومکانیکی است که شامل یک عملگر می باشد و به طور مکانیکی به یک مجموعه از کنتاکت ها (سوئیچ) متصل شده است. زمانی که یک شی با عملگر آن برخورد می کند، لیمیت سوئیچ عمل نموده و کنتاکت های آن تغییر وضعیت می دهند که این عمل می تواند قطع یا وصل جریان الکتریکی را انجام دهد.



سنسورهای نیرو-فشار

فشار گاز بر صفحه داخلی کلید نیرویی وارد می کند که باعث تحریک کلید شده و یک کنتاکت باز را بسته و یا کنتاکت بسته ای را باز می نماید. حرکت برگشت را می توان توسط فنر تامین نمود.

Differential Pressure Switch

Pressure and differential pressure switch

Pressure and differential pressure switch for air, smoke and flue gases



۲. سنسورهای بدون تماس (Proximity).

سنسورهائی هستند که با نزدیک شدن یک قطعه وجود آن را حس کرده و فعال می شوند. این عمل به نحوی است که می تواند باعث جذب یک رله، کنتاکتور و یا ارسال سیگنال الکتریکی به طبقه ورودی یک سیستم گردد. انواع مختلفی از سنسورهای بدون تماس وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

القایی ، خازنی ، نوری ، اثر هال ، اولتراسونیک

مزایای سنسورهای بدون تماس

- ⑤ عدم نیاز به نیرو و فشار:
با توجه به عملکرد سنسور هنگام نزدیک شدن قطعه، به نیرو و فشار نیازی نیست.
- ⑤ قابل استفاده در محیطهای مختلف با شرایط سخت کاری:
در محیطهای با فشار زیاد، دمای بالا، اسیدی، روغنی، آب و ... قابل استفاده می باشند.
- ⑤ عدم ایجاد نویز در هنگام سوئیچینگ:
به دلیل استفاده از نیمه هادی ها در طبقه خروجی، نویزهای مزاحم ایجاد نمی شود.

سنسورهای القایی

* سنسورهای بدون تماس هستند که تنها در مقابل فلزات عکس العمل نشان می دهند. می توانند فرمان مستقیم به رله ها، شیرهای برقی، سیستمهای اندازه گیری و مدارات کنترل الکتریکی ارسال نمایند.

* اساسا بر مبنای مدارهای مغناطیسی بنا نهاده شده اند و به آنها سنسورهای الکترومغناطیسی نیز می گویند.

ساختمان سنسورهای القایی

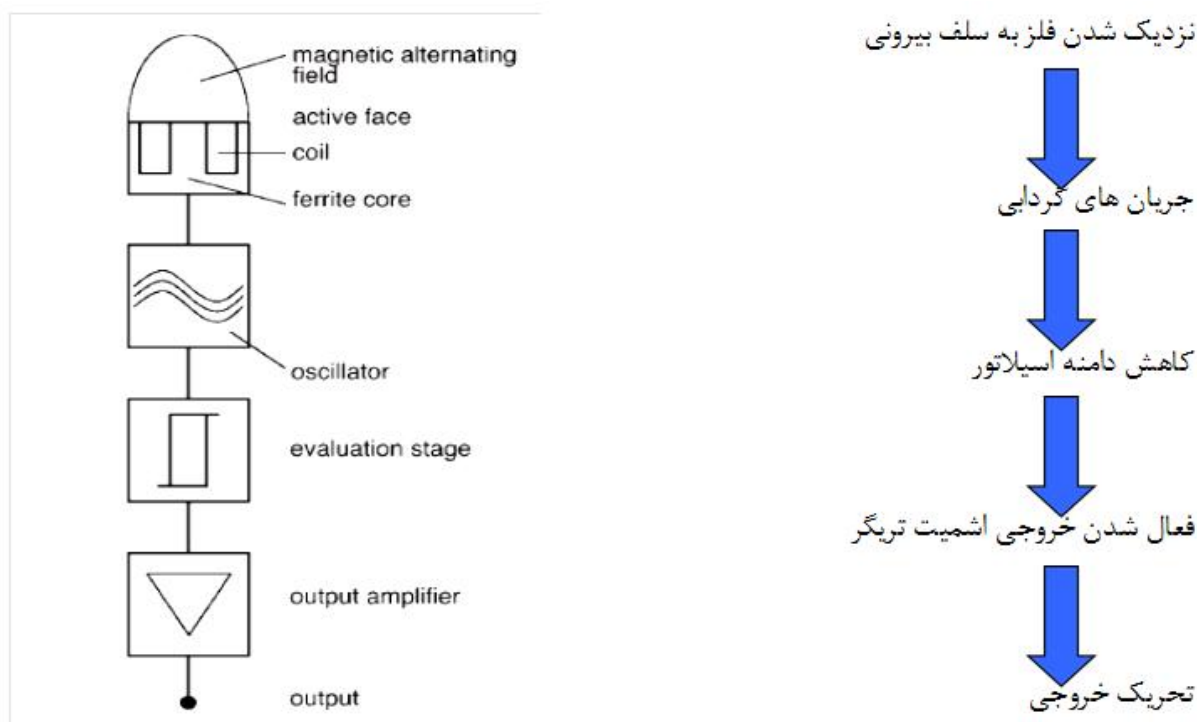
ساختمان این سنسورها از سه طبقه تشکیل می شود:

۱- اسیلاتور

۲- اشmitt تریگر

۳- تقویت خروجی

اسیلاتور وظیفه ی تولید یک سیگنال را برعهده داشته و با نزدیک شدن یک جسم فلزی به سنسور باعث می شود یک جریان گردابی در داخل سلف (سیم پیچ) بالای سنسور ایجاد شود که این جریان با سیگنال تولید شده در اسیلاتور مخالفت کرده و باعث کاهش دامنه ی آن می شود. حال اشمیت تریگر این کاهش دامنه را حس کرده و یک پالس به قسمت تقویت کننده خروجی ارسال می کند که در این قسمت سیگنال تقویت شده و جهت استفاده و ارسال به کنترل کننده ها مانند plc آماده می باشد و تازمانی که قطعه از جلو سلف ها دور شوند دامنه ی سیگنال اسیلاتور مجدد افزایش و اشمیت تریگر سیگنالی برای قسمت تقویت کننده ارسال نمی کند و خروجی سنسور تغییر خواهد کرد و به حالت اولیه بر می گردد که در اینجا با توجه به nc و nola بودن سنسور خروجی هنگام نزدیک شدن جسم فلزی به سنسور، متفاوت می باشد.



سنسورهای خازنی

شکل ظاهری آنه همانند سنسورهای القایی بوده و تنها ساختار داخلی آنها متفاوت است. در سنسور های القایی همانطور که از نامشان مشخص است براساس میدان مغناطیس کار می کنند اما سنسورهای خازنی براساس ظرفیت خازنی .

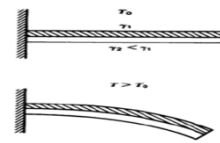
نسبت به سنسورهای القایی این مزیت را دارند که علاوه بر اجسام هادی ، اشیاء عایق را نیز حس می کنند.

دیگر دسته بندی ها و انواع سنسورها

سنسورهای اندازه گیری دما:

۱. سنسور ترموستات

کارکرد این نوع سنسور بر اساس اختلاف در تغییر طول دو فلز از دو جنس مختلف است که با چسباندن دو فلز به هم میزان انحراف آن ها نشان دهنده دما می تواند باشد. به این نوع سنسور ترموستات گفته می شود



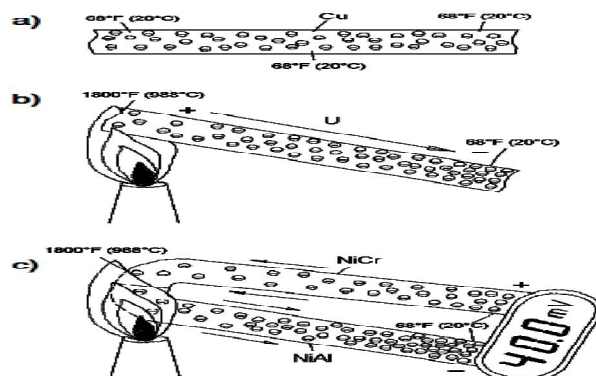
۲. ترمومترهای مقاومتی : که به RTD معروف هستند. مقاومت یک ماده ی فلزی که معمولا پلاتین است که به ازای افزایش دما مقاومت زیاد می شود.

۳. ترمیستورها: شبیه RDT ها هستند ولی درضرایب تغییرات بیشتر است و برای اندازه گیری دقیق استفاده نمی شوند و در دو نوع RDT منفی (با افزایش دما مقاومت کم می شود) و RDT مثبت (با افزایش دما مقاومت بیشتر می شود) می باشند.

۴. ترموکوپل

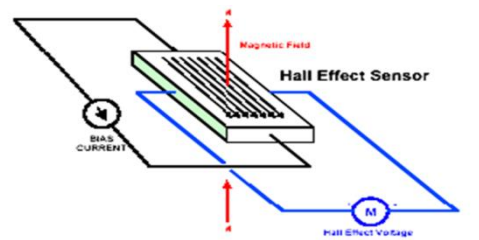
پر کاربردترین وسیله اندازه گیری دما هستند.

اساس ساختمان آنها دو هادی الکتریکی با خواص ترمودینامیکی متفاوت بوده که در درجه حرارت باعث ایجاد پتانسیل الکتریکی می شوند.



سنسورهای اثر هال

اگر یک ماده هادی یا نیمه هادی که حامل جریان الکتریکی است در یک میدان مغناطیسی عمود بر جریان قرارگیرد، ولتاژی در عرض ماده پدید می آید.



سنسورهای اولتراسونیک

- اصطلاح ما فوق صوت بوده و برای موجهای الاستیکی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز بکار می رود.
- این سنسور برای تشخیص فاصله از امواجما فوق صوت بهره می گیرد.
- اساس کار سنسورهای صوتی برپایهٔ ایجاد، فرستادن و سپس دریافت انعکاس امواج صوتی می باشد.
- انعکاس بر اثر برخورد این امواج به سطح اجسام ایجاد می گردد و معمولا جهت اندازه گیری ضخامت مورد استفاده قرار می گیرند. فاصله زمانی مابین ارسال امواج تا دریافت سیگنال اکو را اندازه می گیرند و با توجه به سرعت صوت در آن محیط فاصله تا مانع را بر آورد می کنند و همینطور ضخامت مانع را.

انواع سنسورهای اولتراسونیک

- ۱- **دیفیوز (Diffuse)** : مد استاندارد سنسور.
- ۲- **رفلکس (Reflex)** : قرار دادن یک رفلکتور در رنج عملکرد سنسور، ایجاد موج برگشتی (اکو)، قطع سیگنال برگشتی توسط هدف، تغییر حالت سنسور.
- ۳- **تروبیوم (Thru-beam)** : شامل فرستنده و گیرنده، ورود هدف به فاصله میانی، تغییر حالت در گیرنده.

سنسورهای کنترل سطح

- ۱- **خازنی کنترل سطح** : به منظور تشخیص وجود مواد در مخازن فلزی
- ۲- **مغناطیسی کنترل سطح** : برای تشخیص سطح مایعات در یک یا چند نقطه مشخص
- ۳- **نوری کنترل سطح** : تشخیص سطح مایعاتی مثل الکل - اتر

سنسورهای اندازه گیری فشار

فشار در اینجا منظور نیرویی است که توسط یک محیط الاستیک مانند هوا یا روغن بر محیط دیگر اعمال می گردد است.

سنسورهای فشار معمولاً دو قسمت:

۱- تبدیل فشار به جابجایی یا نیرو

۲- تبدیل نیرو یا جابجایی به سیگنال الکتریکی

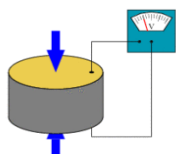
مبدل جابجایی پیزوالکتریک

ماده ای است که با اعمال فشار ایجاد ولتاژ و با ایجاد ولتاژ فشرده می شود.

از آن به عنوان سنسور برای اندازه گیری فشار (مستقیماً)، نیرو، شتاب و جابجایی مورد استفاده قرار می گیرد.

d جابجایی (میزان کشیدگی یا فشردگی)، A سطح مقطعی از پیزو که به آن نیرو وارد می شود، F نیرو و k ضریب خود پیزو و V ولتاژ است.

یکی دیگر از کاربردهای عمده آن به عنوان عملگر برای ایجاد جابجایی های بسیار کوچک و دقیق ($0.001/0$ و کمتر) استفاده می شود.



$$V = \frac{kFd}{A}$$

سنسورهای اندازه گیری سرعت:

سرعت خطی

۱. سنسورهای خطی اثر مغناطیسی :

شهرت بیشتر سنسورهای سرعت خطی (LVT) به این نوع از سنسورها می باشد.

این نوع از سنسورها شامل انواع هسته ثابت و سیم پیچ ثابت می باشد.

۲. اثر داپلر :

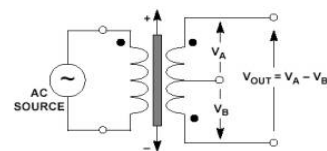
سنسورهای سنجش سرعت خطی هستند که از این اثر استفاده می کنند، و عموماً برای سنجش فواصل زیاد مورد استفاده قرار می گیرند .
این کار توسط فرستادن یک سیگنال به شئیء در حال حرکت و دریافت سیگنال برگشتی از آن صورت می گیرد.

سرعت چرخشی

۱. تاکومترها: تاکومتر ها در دو نوع نوری و الکترو مغناطیسی می باشند. در نوع الکترو مغناطیسی تاکو به قسمت گردان کوپل می شود که می تواند یک الکترو موتور باشد و تاکوژنراتور به میزان تعداد دور بر دقیقه ای که دارد یک ولتاژ تولید می کند که می تواند AC و یا DC باشد. ولتاژ تولید شده متناسب با دور موتور یا قسمت دوار می باشد.
در نوع نوری، از سنسور نور بر روی یک نقطه خاص از روتور که در حال حرکت است، فوکوس کرده و همچنین حساسه های نوری نیز بر روی روتور قرار دارد که در هر دور زدن یک بار نور را سنس می کند. با در نظر گرفتن این دور زدن ها در بازه زمانی می توان سرعت جسم چرخنده را بدست آورد.

۲. LVDT :

در زمان جنگ جهانی دوم، ترانسفورماتورهای متغیر خطی یا LVDT ها به عنوان یک سنسور در کنترل صنعتی شناخته شدند و در سیستم های نظامی و جنگ افزارها از آنها استفاده فراوانی شد .



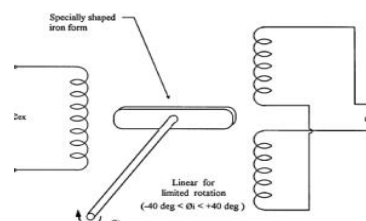
هسته ی سیم پیچ توسط یک واسط عایق به قسمت متحرک متصل است که با

چرخش هسته در وسط سیم پیچ ها جابجا و شار مغناطیسی تغییر و میزان سرعت چرخش اندازه گیری می شود.

۳. RVDT :

همانند LVDT هستند با این تفاوت که سیم پیچ ها اینبار به جسم متحرک کوپل می شوند

ولی در LVDT ها هسته ی سیم پیچ کوپل می شد.



۴. انکودرها : از انکودر ها برای اندازه گیری سرعت خطی و سرعت زاویه ای و همچنین میزان جابجایی خطی و دورانی استفاده کرد.
انکودر ها از نظر تکنولوژی و ایده های ساخت به سه دسته تقسیم می شوند.

۱- Mechanical Contact

۲- Magnetic

۳- Optical (Photoelectric)

اغلب انکودرهای خطی و زاویه ای که امروزه مورد استفاده قرار می گیرد بر اساس اسکن فتوالکتریکی خطوط بسیار نازک عمل می کنند.

اجزای اصلی این انکودرها به شرح زیر می باشد :

منبع نور (Light Source)

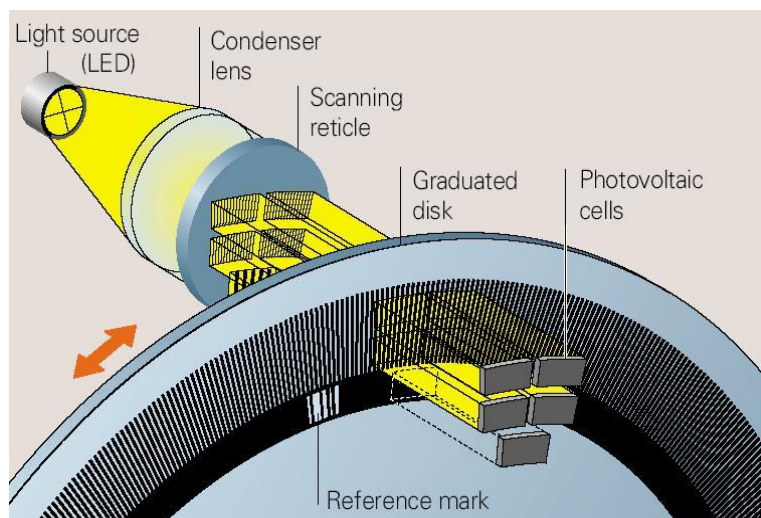
لنز متمرکز کننده پرتوهای نور (Condenser Lens)

بخش مشبک (Scanning Reticle)

دیسک مدرج (Graduated Disk)

سلولهای نوری (Photovoltaic Cells)

وقتی صفحه مدرج حرکت میکند خطوط مدرج بطور متناوب در مقابل منبع نور و فتوسل قرار میگیرند و دو موج سینوسی با اختلاف فاز ۹۰ درجه تولید می نمایند.



سنسور های نوری

۱. سنسور نوری یک طرفه

۲. سنسور نوری دو طرفه یا مقابل هم

۳. سنسور نوری رفلکتوری (آینه دار)

