

کد درس:

آزمایشگاه کنترل صنعتی

استاد آموزشی:

مهندس امین

هدف کلی درس: آشنایی با سنسورها، رله های قابل برنامه ریزی و کار با آنها و آشنایی اولیه با PLC

سرفصل آموزشی و رئوس مطالب

تاریخچه کنترل و اتوماسیون صنعتی

اجزاء کنترل صنعتی

اصول و مبانی مدارهای منطقی

PLC کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی

منابع درسی

عنوان منبع

کنترل صنعتی

اصول و اجزاء کنترل صنعتی

کاردانی به کارشناسی ابزار دقیق

آموزش PLC STEP مقدماتی و پیشرفته

مرجع کامل PLC کتابهای مثلث نارنجی

مؤلف

سورنا مرات

سید حجت سبزیپوشان

یاسر قاسم نیا و محمد کامرانی

نوید نیک بخش ذاتی

فرید قابوسی

ابزار دقیق و کاربرد PLC

هدف از یک سیستم کنترل اتوماتیک این است که تعدادی از متغیرهای تحت کنترل مانند دما یا فشار برخی از نقاط، در یک محدوده معین (یا در یک مقدار خاص) قرار گیرند و یا یک سری عملیات به ترتیب و تحت شرایط خاصی انجام شود.

کنترل اتوماتیک موجب بالا رفتن کیفیت و کمیت تولید محصول شده و همچنین ایمنی محیط های صنعتی را بطور چشمگیری افزایش می دهد. این عملیات توسط وسایلی به نام ابزار دقیق (INSTRUMENT) انجام میشود.

ابزار دقیق به مجموعه ای از قطعات و دستگاههایی گفته میشود که در اندازه گیری، جمع آوری و نگهداری اطلاعات و کنترل مقدار یا وضعیت متغیرهای تحت کنترل مورد استفاده قرار گیرند.

هر فرآیند تولیدی نیاز به یک سیستم کنترل کننده است تا روند تولید را تحت نظر داشته و عملکرد صحیح سیستم ها و دستگاههای گوناگون را تضمین نماید.

در هر فرآیند تولید متغیرهای زیادی وجود دارد مانند دما، فشار، ارتفاع مایعات، فلوی سیال، لرزش وسایل دوار، سرعت و... که باید کنترل شود. که ممکن است در هر سیستم کنترلی از یک یا چند حلقه کنترلی (CONTROL LOOP) تشکیل شده باشد.

در یک حلقه کنترل هدف رساندن کمیت خروجی (مانند فشار، دما و...) به مقدار مطلوب (SET POINT) می باشد. این عمل توسط تنظیم عمل کننده ها (ACTUATORS) انجام می گیرد.

در یک سیستم کنترل اتوماتیک سنسورها اطلاعات فرآیند یا دستگاه تحت کنترل (دما، فشار، دور توربین و...) را بکمک مبدل به سیگنال مناسب تبدیل و به کنترل کننده اعلام می نماید. سپس کنترل کننده این اطلاعات دریافتی را با مقدار مطلوبی که از مشخص شده مقایسه نموده و نتیجه را به صورت فرمان هایی به عمل کننده ها ارسال میکند تا فرآیند تحت کنترل به حالت دلخواه درآید.

انواع روش های کنترلی

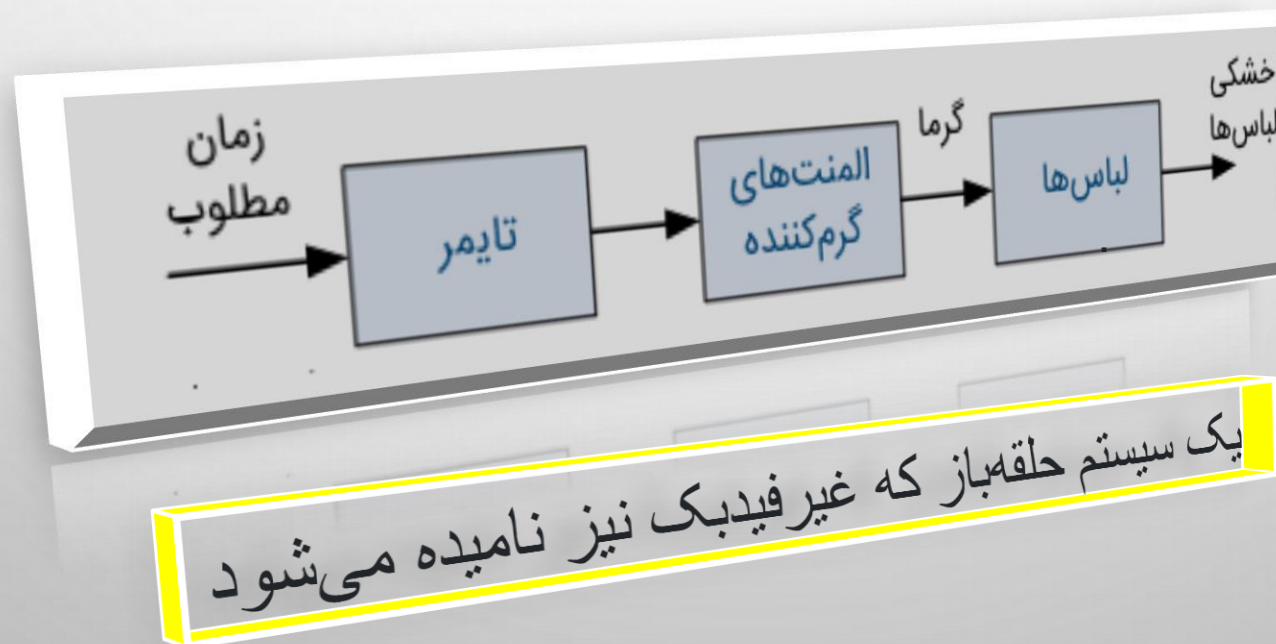
سامانه کنترل حلقه باز یا کنترل گر حلقه باز: OPEN-LOOP CONTROLLER:

- به سیستم بدون پسخورد نیز نامیده می شود، سیستم کنترلی است که در آن خروجی بر عمل کنترل تأثیری ندارد. در سیستم کنترل حلقه باز خروجی با ورودی مقایسه نمی شود. بنابراین خروجی نه اندازه گیری می شود و نه پسخورانده.



- در سیستم های کنترل حلقه باز خروجی با ورودی مبنا مقایسه نمی شود. بنابراین برای هر ورودی مبنا شرط عمل خاصی وجود دارد. از این رو دقت سیستم به کالیبراسیون آن بستگی دارد. سیستم های کنترل حلقه باز باید به دقت کالیبره شوند و در صورتی مفیدند که این کالیبراسیون را حفظ کنند. چنانچه اغتشاشاتی به وجود آید، سیستم حلقه باز وظیفه مطلوب را انجام نخواهد داد. سیستم حلقه باز فقط در صورتی می تواند به کار آید که رابطه میان ورودی و خروجی معلوم و هیچگونه اغتشاش درونی یا برونی وجود نداشته باشد. چنین سیستم هایی از نوع کنترل پسخوردی نیستند.

- اجزای سیستم کنترل حلقه باز را معمولاً می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: کنترل‌کننده و فرایند کنترل‌شونده. سیگنال ورودی یا فرمان به کنترل‌کننده اعمال می‌شود. خروجی کنترل‌کننده سیگنال کارانداز است که فرایند کنترل‌شونده را کنترل می‌کند. به این ترتیب متغیر کنترل‌شونده بر اساس استاندارد از پیش تعیین شده‌ای عمل خواهد کرد.
- نمونه ماشین خشک کن لباس: خشک کن لباس یک سیستم حلقه‌باز (OPEN-LOOP) است، زیرا سیگنال خروجی (میزان رطوبت و یا خشکی لباس‌ها) را پایش یا اندازه‌گیری نمی‌کند. در نتیجه، دقت فرایند خشک کردن لباس یا موفقیت در انجام آن، به تجربه کاربر یا شخصی که از دستگاه استفاده می‌کند بستگی خواهد داشت



سیستم کنترل حلقه بسته :CLOSE-LOOP CONTROLLER

- در اینگونه سیستم ها یک (یا چند) مسیر برگشت از خروجی به ورودی سیستم پروسه وجود دارد و بنابراین ورودی پروسه در هر لحظه، تحت تأثیر اختلاف خروجی با مقدار مطلوب می باشد. در سیستم های حلقه بسته، حاصل مقایسه خروجی واقعی پروسه با مقدار مطلوب، سیگنال خطا است. سیستم کنترل دمای اتاق (یخچال) نمونه ای از چنین سیستمی است. ترموستات با اندازه گیری دمای اتاق و مقایسه آن با یک درجه حرارت مرجع (دمای مطلوب) وسیله گرمایش یا سرمایش را بکار می اندازد یا آن را قطع می کند تا دمای اتاق مقدار مطلوبی داشته باشد.



- در این نوع کنترل برای جبران اثر اختلال، خروجی سیستم اندازه گیری می شود و در صورتی که خروجی از مقدار مطلوب فاصله داشته باشد، تدابیر کنترلی مناسب برای جبران آن اعمال می شود. به این صورت که خروجی سیستم اندازه گیری شده و تفاوت آن با مقدار مطلوب محاسبه می گردد. تفاوت بین این دو کمیت به کنترل کننده داده شده و کنترل کننده با توجه به میزان این خطا، فرآیند را کنترل می کند.

$$(سیگنال خطا) E = (نقطه تنظیم) SP - (میزان اندازه گیری شده) MV$$

- توجه نمایید که صفر نمودن خطا در عمل امکان پذیر نیست و در هر سیستم کنترلی همیشه تفاوت ناچیزی بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی وجود خواهد داشت، اما تا زمانی که این خطا تا حد قابل قبول باشد از آن چشم پوشی می گردد. سیستم های کنترل فیدبک دار را غالباً سیستم های کنترل حلقه بسته مینامند. در عمل سیستم های کنترل حلقه بسته و سیستم های کنترل فیدبک دار به یک معنی بکار می روند. در سیستم کنترل حلقه بسته، سیگنال خطا که تفاضل سیگنال ورودی و سیگنال فیدبک شده است، برای کاهش خطا و رساندن خروجی به مقدار مطلوب، به کنترل کننده داده میشود و سیگنال فیدبک شده می تواند خود خروجی، یا تابعی از خروجی و مشتق و انتگرال آن باشد.

خصوصیات سیستم کنترل حلقه بسته

• مزایا:

مزایای کنترل حلقه بسته عبارتند از:

- ۱- باعث رسیدن کمیت تحت کنترل به مقدار مطلوب می شود.
- ۲- اثر اغتشاشات روی پاسخ سیستم (متغیر تحت کنترل) را می تواند حذف نموده یا به حداقل برساند. ۳- می تواند اثر تغییرات پارامترهای حلقه، روی پاسخ سیستم را حذف کند یا به حداقل برساند.
- ۴- بوسیله کنترل حلقه بسته می توانید سیستمهای ناپایدار را پایدار نمایید.

معایب:

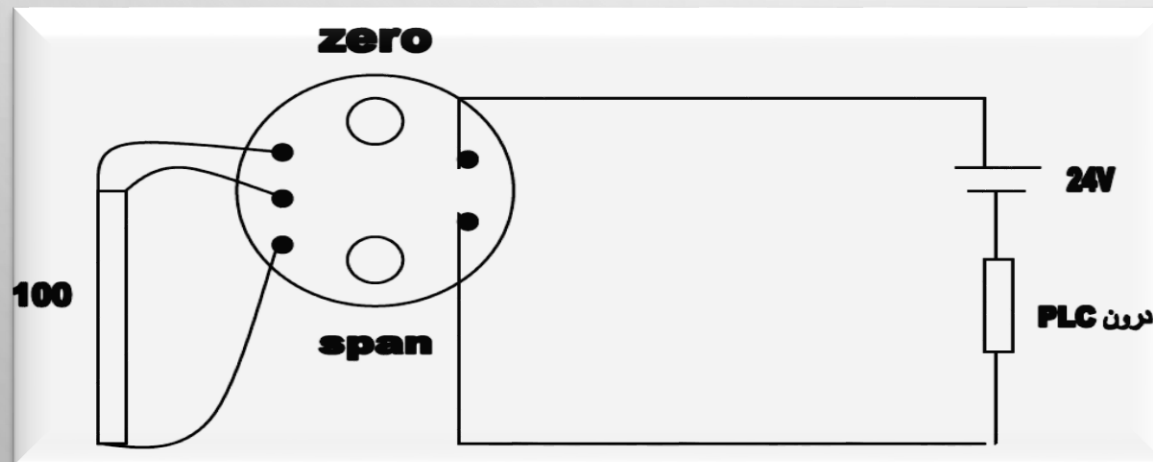
معایب کنترل حلقه بسته عبارتند از:

- ۱- به سبب نیازمندی به عناصر مسیر فیدبک (اندازه گیری هزینه و پیچیدگی کنترل سیستم افزایش می یابد.
- ۲- کنترل حلقه بسته بعلت تأثیر گذاری روی محل قطب های سیستم ممکن است باعث ناپایداری سیستم شود

ترانسمیترها:

در واحدهای بزرگ صنعتی که عملیات در حیطه گسترده ای انجام میگیرد، ادوات و دستگاههای کنترل یا اندازه گیری را بطور متمرکز در محلی بنام اتاق فرمان یا اتاق کنترل قرار میدهند بطوری که امکان مشاهده و کنترل متغیرها در سراسر کارخانه و محوطه توسط اپراتور در هر لحظه فراهم باشد. در چنین حالتی لازم است تمام متغیرهای تحت کنترل مانند دما، فشار و... به سیگنال های قابل ارسال برای اتاق کنترل تبدیل شود برای این منظور از وسایلی بنام ترانسمیتر استفاده میشود.

ترانسمیتر از سه قسمت اصلی سنسور ، مبدل و تقویت کننده تشکیل میگردد و وظیفه آن تبدیل و ارسال اطلاعات مربوط دما و فشار و... به صورت سیگنال قابل ارسال مانند ولتاژ و جریان الکتریکی در یک محدوده معین است.



شکل ظاهری ترانس میتر :

برای ارسال مقادیر آنالوگ (متغیر) مربوط به حرارت، فشار، فلو ... از جریان ۴ تا ۲۰ میلی آمپر استفاده میشود.

استفاده از جریان ۴ میلی آمپر به جای صفر میلی آمپر این مزیت را ایجاد می کند که حالت پارگی سیم و قطعی ارتباط را مشخص می کند. همچنین استفاده از جریان بجای ولتاژ مشکل افت ولتاژ در سیم ارتباطی از مبدا تا مقصد و خطای احتمالی را به همراه نداشت.

در سیستم های کنترل پنوماتیکی از فشار هوای بین 3PSI تا 5PSI برای ارسال سیگنال های اطلاعات یا فرمان استفاده میشود.

برای ارسال مقادیر ON یا OFF جهت تشخیص حالت وصل یا قطع در سنسورهای دو وضعیتی مانند ترموستات یا لیمیت سویچ و یا ارسال فرمان قطع یا وصل برای عمل کننده های دو وضعیتی مانند شیر برقی از ولتاژ ۰ تا ۲۴ ولت DC استفاده میشود. این سنسورها یا سوئیچ های دو وضعیتی به دو نوع میباشد. در یک نوع از آنها چنانچه حرارت یا فشار و... از یک حدی بیشتر شوند ۲۴ ولت و در غیر اینصورت در حالت عادی ۰ ولت تولید میکنند و برای آشکار کردن حد بالایی یک متغیر بکار می روند.

به عنوان مثال سنسور سطح مایعات بنام L MAX از مقدار مشخص شده بیشتر شود ۲۴ ولت تولید می کند و پر شدن مخزن را مشخص میکند.

در نوع دوم چنانچه مقادیر حرارت یا فشار و... از یک حدی کمتر شود ۲۴ ولت و در غیر اینصورت ۰ ولت تولید میکند و برای آشکار کردن حد پائین یک متغیر بکار می رود.

انواع سیستم های کنترل

- بطور کلی انواع سیستم های کنترل به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

- ۱- سیستم کنترل مستقیم (DIRECT DIGITAL CONTROL یا **DDC**)

- ۲- سیستم کنترل توزیع شده (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM یا **DCS**)

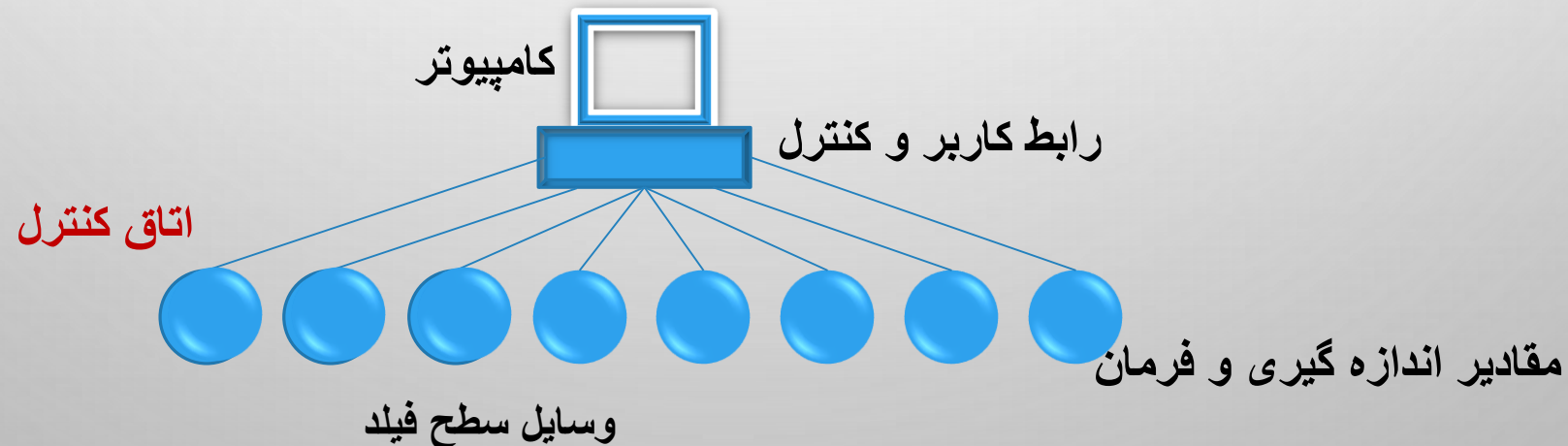
- ۳- سیستم کنترل کننده های برنامه پذیر (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS یا PLC)

- ۴- سیستم کنترل میدان (FIELD BUS CONTROL SYSTEMS یا FCS)

در این میان سیستم کنترل متمرکز یا DDC که روی هر ورودی یا خروجی از طریق کامپیوتر کنترل مستقیم دارد، بطور کلی منسوخ شده است.

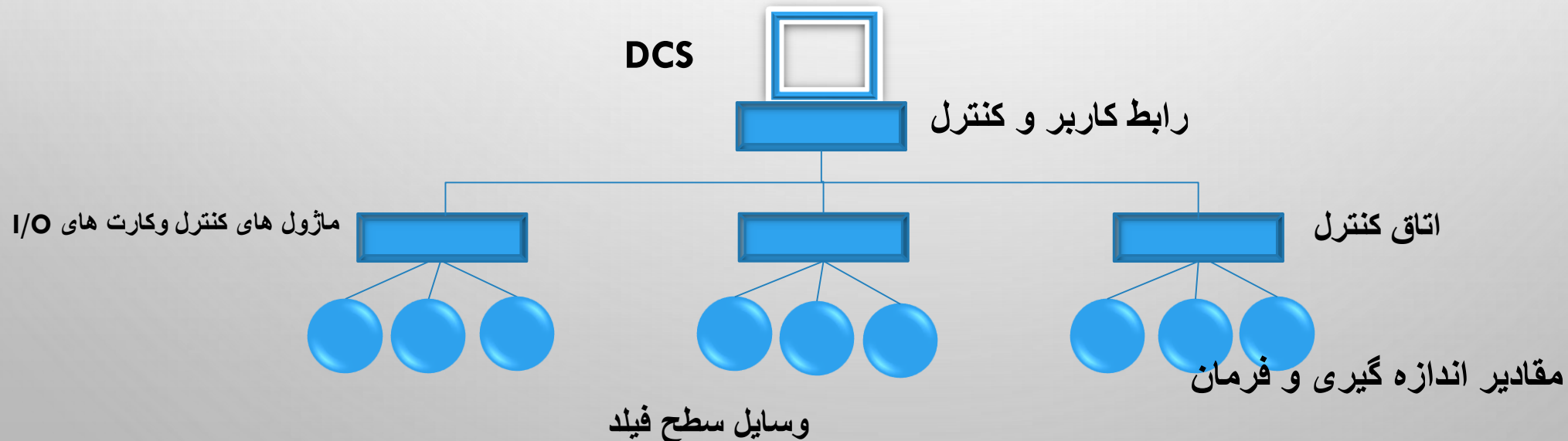
سیستم کنترل مستقیم (DDC(DIRECT DIGITAL CONTROL))

• یکی از انواع سیستم های کنترل، سیستم کنترل مستقیم یا DDC است که از ابتدای دهه ۱۹۶۰ برای پشتیبانی از سیستم های آنالوگ بکار گرفته شد. در سیستم های DDC اپراتور توسط یک صفحه کلید و نمایشگر با سیستم ارتباط برقرار می کند. در این سیستم، تمامی اجزاء شامل انواع سنسورها و عملگرها به صورت مستقیم به کامپیوتر مرکزی متصل می شوند و تمامی آنها سیگنال های ارتباطی خود را از کامپیوتر دریافت یا به آن ارسال می کنند. کامپیوتر مرکزی قابلیت پردازش حجم زیادی از متغیرها را دارد، ولی با افزایش بیش از حد اطلاعات و به وجود آمدن حلقه های پیچیده، سرعت و کارایی کامپیوتر پایین آمده و مشکل عمده تر دیگر این است که چنانچه کنترل کننده مرکزی دچار اشکال شود کل سیستم کنترل از کار افتاده و قابل استفاده نخواهد بود.



سیستم کنترل توزیع شده DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM)

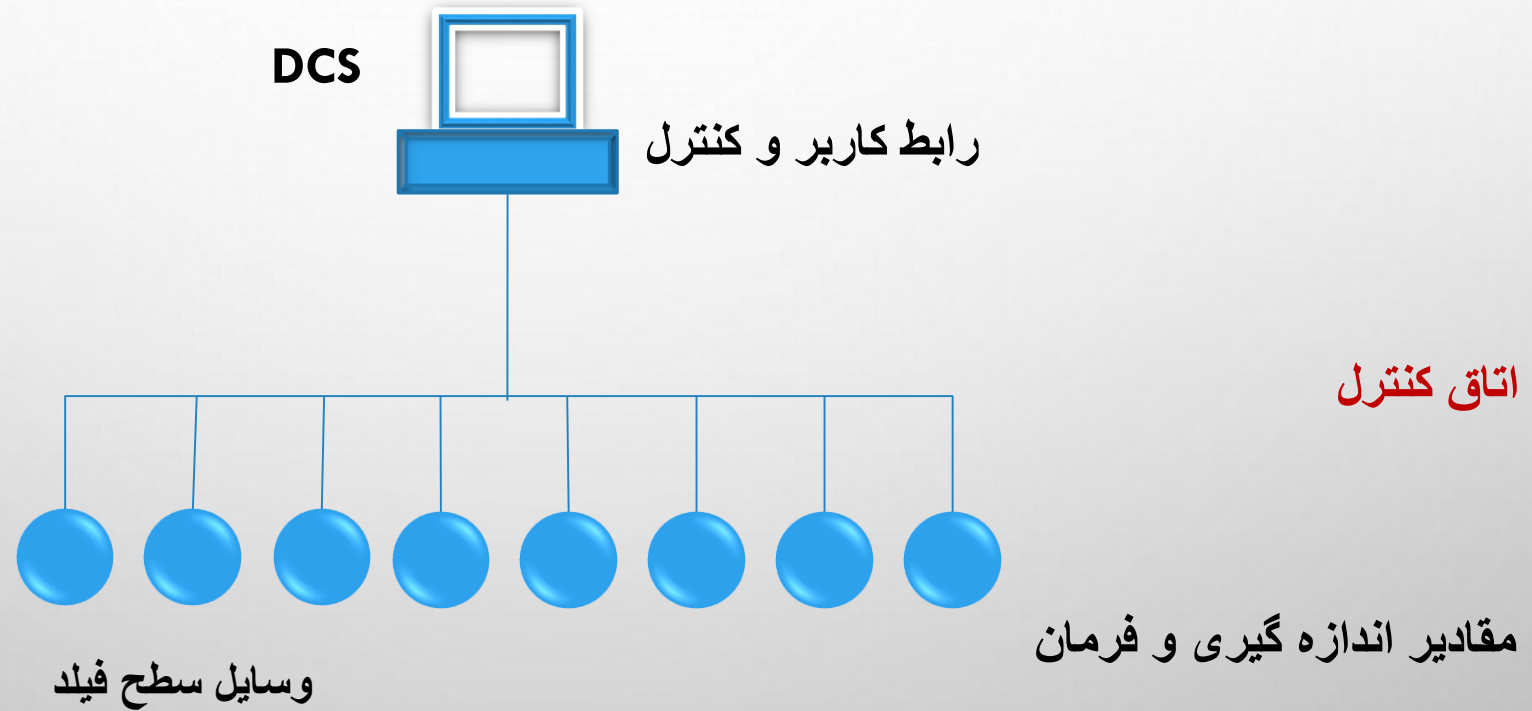
- سیستم کنترل توزیع شده یا DCS در دهه ۱۹۶۰ وارد عرصه کنترل فرایند شد و سیستم های DDC را تکمیل کرد. یک سیستم کنترل توزیع شده، یکی از انواع سیستم های کنترل است که عملکرد آن بجای اینکه در یک نقطه متمرکز باشد، به صورت پراکنده است.
- یک سیستم کنترل توزیع شده از تعدادی ماژول های میکرو پروسسوری تشکیل شده است که با همکاری یکدیگر عملکرد یک سیستم را کنترل و مانیتور می کنند. کامپیوترها با توجه به جغرافیای محل، توزیع می شوند بنابراین این مسئله باعث کاهش هزینه نصب و سیم کشی می گردد.
- DCS یک شبکه کامپیوتری است، اما با شبکه های خانگی و یا اداری موجود تفاوت دارد، زیرا در DCS، برخلاف آنچه در پردازش های دسته ای در کامپیوترهای اداری با خانگی دیده می شود، مسئله پردازش REAL TIME مطرح است



- تفاوت این دو روش (DCS & DDC) پردازش در نحوه اجرای برنامه های آنها است. در کامپیوترهای معمولی، نحوه پردازش به این صورت است که در یک زمان، تنها یک برنامه اجرا می شود، بطوری که این برنامه با یک سری داده های ثابت و مشخص شروع به محاسبات پیچیده نموده و در نهایت به نتایج مطلوب ختم می گردد و هنگامی که پردازش تمام شد برنامه متوقف شده تا برای اجرای مجدد با یک سری داده جدید فرمان بگیرد.
- در روش پردازش REAL TIME در سیستم کنترل توزیع شده نیز پردازش با یک سری داده ثابت شروع می شود، با این تفاوت که اجرای همان برنامه بطور مداوم تکرار شده و داده ها را با توجه به داده های مرحله قبل تازه می کند. بعنوان مثال می توان از کنترل اتوماتیک سرعت ماشین به عنوان یک عملکرد REAL TIME نام برد. کنترل با داده ثابت سرعت شروع و در هر مرحله سرعت ماشین نمونه برداری می شود و با توجه به اختلاف آن با سرعت مطلوب، سیگنال های کنترلی مبنی بر باز و بسته شدن دریچه بنزین اعمال می گردند. یک کنترلر DCS نیز بدین طریق عمل می کند، یعنی به طور مداوم از صدها یا هزاران سیستم تحت کنترل نمونه برداری کرده و محاسباتی را بر مبنای یک طرح مشخص برای سیستم های مربوطه تکرار می کند.

سیستم کنترل میدان (FIELDBUS CONTROL SYSTEMS یا FCS)

- امروزه سیستم فیلدباس به عنوان یکی از انواع سیستم کنترل، انقلابی در صنایع مختلف ایجاد کرده است. به علاوه، این سیستم به عنوان نسخه بعدی و پیشرفته تری از DCS شناخته می شود. در این روش تعداد زیادی از وسایل ابزار دقیق در سطح فیلد را می توان فقط با یک کابل رابط به کنترل کننده ها وصل نمود و حجم کابل کشی را بسیار کاهش داد.



در سیستم کنترل میدان یا فیلدباس (FCS) فرق های اساسی زیر را با DCS دارد:

- DCS یک سیستم نیمه توزیع یافته است در حالیکه فیلد باس کاملاً توزیع یافته است.
- DCS یک سیستم نیمه دیجیتال است در حالیکه فیلد باس کاملاً دیجیتال است.
- فیلد باس یک معماری کامل برای کنترل فرآیند بوده و نسبت به DCS از پیچیدگی کمتری برخوردار است.

• مزایای سیستم کنترل میدان:

• قابلیت خطایابی

• ابزارهای کمتر

• دلیل دیجیتال بودن سیگنال ها قابلیت اطمینان سیستم از عیب یابی افزایش می یابد

• استفاده ساده تر و آسان تر

• سرعت اطلاعات مناسب ((DATA RATE))

واحدهای مختلف حافظه

BIT بیت : بیت کوچکترین واحد حافظه است که فقط دو مقدار صفر (۰) یا یک (۱) را می‌توان در آن ذخیره کرد.

(NIBBLE) نیبل: معمولاً به مجموعه‌ی ۴ بیت که کنار هم قرار گرفته باشند یک نیبل گفته می‌شود.

(BYTE) بایت: هر بایت معمولاً برابر ۸ بیت است، معمولاً حجم هر نویسه‌ی غیر یونی‌کد (نویسه یعنی رقم‌ها، حروف یا علامت‌ها) برابر یک بایت است، به عبارتی هر نویسه‌ی ساده یک بایت فضا اشغال می‌کند. بایت ورودی با IB و بایت خروجی با QB مشخص می‌شود.

(KB) کیلوبایت: هر کیلوبایت برابر ۱۰۰۰ بایت است.

کلمه (WORD) : به مجموعه متشکل از ۱۶ بیت یا دو بایت، یک کلمه می‌گویند. برای مشخص کردن یک کلمه ورودی از IW و برای مشخص کردن یک کلمه خروجی از QW بکار می‌رود.

دو کلمه (DOUBLE-WORD) : به مجموعه متشکل از دو کلمه یا ۴ بایت یا ۳۲ بیت می‌گویند. برای آدرس دو کلمه‌ای ورودی از ID و برای خروجی از QD استفاده می‌شود.

انواع حافظه الکترونیکی:

- ۱- ROM (READ ONLY MEMORY) : حافظه فقط خواندنی و غیر قابل تغییر می باشد.
- ۲- RAM (RANDOM ACCESS MEMORY) : حافظه قابل خواندن و نوشتن است و با قطع برق اطلاعات آن از بین می رود مگر اینکه RAM از یک باتری پشتیبان استفاده نماید.
- ۳- EEPROM (ELECTRICALLY ERASABLE PROGRAMMABLE ROM) : حافظه ای است که با استفاده از ولتاژ الکتریکی می تواند پاک یا برنامه ریزی مجدد شود و با قطع برق اطلاعات آن از بین نمی رود.

سیستم های عددی:

۱- سیستم عددی دهدهی (DECIMAL):

اعداد اعشاری DECIMAL یا مبنای ۱۰ از ارقام صفر تا ۹ تشکیل می شوند. در یک عدد هر رقم به توانی از ۱۰ مرتبط است که نشان دهنده ارزش مکانی رقم در عدد است. ارزش مکانی ارقام از سمت راست به سمت چپ افزایش می یابند. مثال: ۱، ۱۰، ۱۰۰ اعداد در مبنای ۱۰ عبارتند از: ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹. بنابر این هر رقم می تواند ده حالت مختلف داشته باشد.

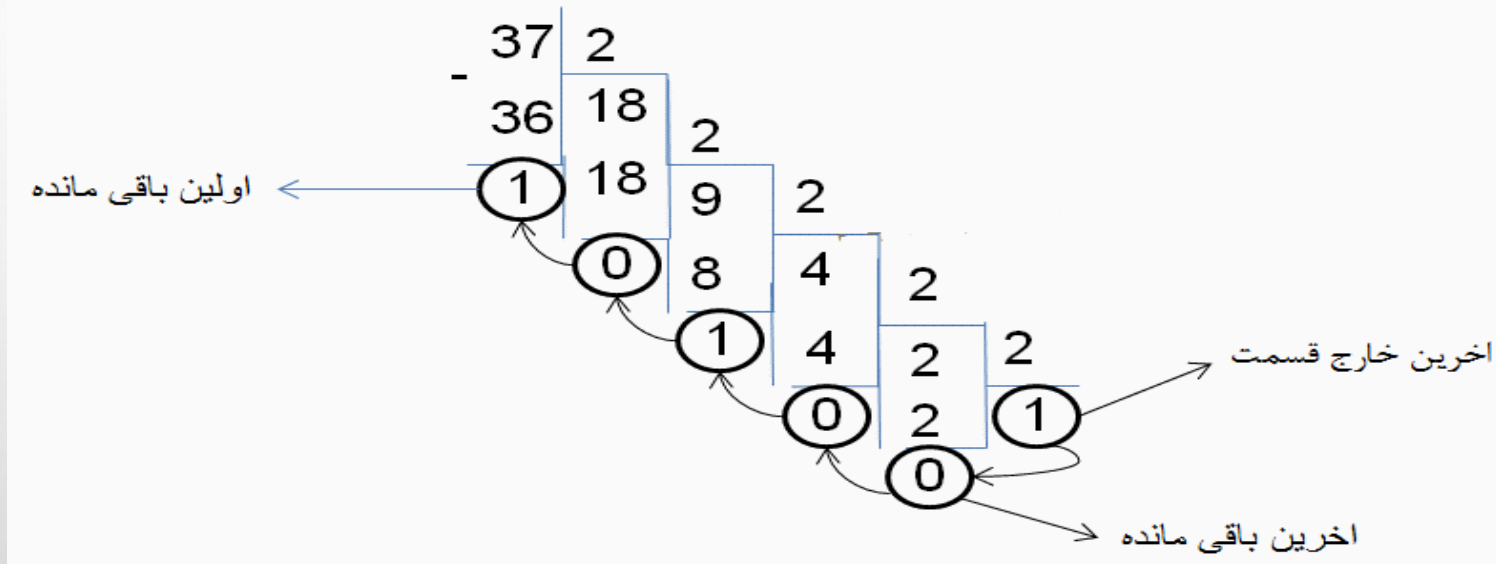
سیستم های عددی باینری (BINARY) دودویی:

سیستم های عددی در مبنای دو همان صفر و یک مورد استفاده در رایانه ها می باشد اعداد در این سیستم فقط صفر و یک می باشند. ارزش مکانی ارقام در مبنای دو از سمت راست به سمت چپ افزایش پیدا می کنند.

تبدیل مبنای ۱۰ به مبنای ۲:

برای اینکه بتوانیم اعداد مبنای ۱۰ را به مبنای ۲ تبدیل کنیم، از روش تقسیم متوالی استفاده می کنیم به این صورت که عدد مبنای ۱۰ را آنقدر بر ۲ تقسیم می کنیم که خارج قسمت بدست آمده از ۲ کوچکتر شود سپس آخرین خارج قسمت و به دنبال آن آخرین باقی مانده را تا اولین باقی مانده یادداشت می کنیم، عدد بدست آمده مبنای دو خواهد بود.

در شکل زیر عدد ۳۷ مبنای ۱۰ به مبنای دو تبدیل شده است.
 ۳۷ در مبنای ۱۰ برابر ۱۰۰۱۰۱ در مبنای دو می شود



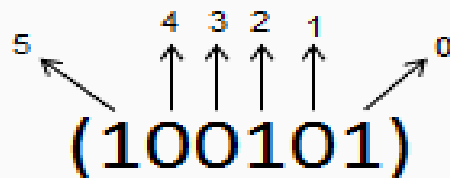
ابتدا عدد ۳۷ را بصورت متوالی بر ۲ تقسیم تا زمانی که خارج قسمت از دو کمتر شود.
 سپس آخرین خارج قسمت و به دنبال آن آخرین باقی مانده را تا اولین باقی مانده یادداشت می کنیم، عدد بدست آمده مبنای دو خواهد بود.

تبدیل مبنای ۲ به مبنای ۱۰:

برای اینکه بتوانیم اعداد در مبنای ۲ را به مبنای ۱۰ تبدیل کنیم، هر رقم را در ارزش مکانی آن ضرب می کنیم سپس اعداد بدست آمده را با هم جمع می کنیم، پاسخ بدست آمده در مبنای ۱۰ خواهد بود.

مثال: معادل دسیمال عدد باینری (۱۰۰۱۰۱) را محاسبه نمایید.

ابتدا ارقام را از راست به چپ شماره گذاری می کنیم.



- عدد ۲ را به توان ارزش مکانی تک تک ارقام می رسانیم.

- هر رقم را در ارزش مکانی ضرب می کنیم و اعداد بدست آمده را باهم جمع می کنیم، عدد بدست آمده در مبنای ۱۰ خواهد بود.

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & (100101) \\ & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \downarrow & \swarrow & \swarrow \\ (1 \times 2^5) & + & (0 \times 2^4) & + & (0 \times 2^3) & + & (1 \times 2^2) & + & (0 \times 2^1) & + & (1 \times 2^0) \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ 32 & + & 0 & + & 0 & + & 4 & + & 0 & + & 1 & = & (37) \end{array}$$

سیستم های عددی هگز (HEX):

در این مبنا ارزش مکانی ارقام از سمت راست به سمت چپ افزایش پیدا می کند به این صورت که ارزش مکانی رقم اول سمت راست ۱۶^۰، رقم دوم ۱۶^۱ و... می باشد.

ارقام در این مبنا می توانند ۱۶ حالت مختلف داشته باشند یعنی می تواند عددی بین ۰ تا ۱۵ باشد. اعداد بین ۱۰ تا ۱۵ دورقمی می باشند به همین دلیل بجای انها از حروف لاتین استفاده می شود.

تبدیل مبنای ۱۶ به مبنای ۱۰:

رای اینکه بتوانیم اعداد در مبنای ۱۶ را به مبنای ۱۰ تبدیل کنیم،

هر رقم را در ارزش مکانی آن ضرب می کنیم سپس اعداد بدست آمده

را با هم جمع می کنیم، پاسخ بدست آمده در مبنای ۱۰ خواهد بود.

عدد معادل	عدد باینری	عدد hex
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

تبدیل مبنای ۱۰ به مبنای ۱۶:

برای اینکه بتوانیم اعداد مبنای ۱۰ را به مبنای ۱۶ تبدیل کنیم، از روش تقسیم متوالی استفاده می‌کنیم به این صورت که عدد مبنای ۱۰ را آنقدر بر ۱۶ تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت بدست آمده از ۱۶ کوچکتر شود سپس آخرین خارج قسمت و به دنبال آن آخرین باقی مانده را تا اولین باقی مانده یادداشت می‌کنیم، عدد بدست آمده مبنای ۱۶ خواهد بود.

• در شکل زیر عدد ۱۷۷ در مبنای ۱۰ به مبنای ۱۶ تبدیل شده است.

$$\begin{array}{r|l} 16 & 177 \\ \hline & 176 \\ \hline & 1 \end{array}$$

11 برابر B می شود.

$(177)_{(Des)} = (B1)_{(Hex)}$

سیستم های عددی (BCD):

این مبنا تا حد زیادی شبیه به مبنای ۲ می باشد با این تفاوت که در این مبنا هر رقم مبنای ۱۰ بصورت یک عدد چهار رقمی مبنای دو نوشته می شود.

مثال 1

تبدیل عدد $(11001)_2$ به مبنای ده

$$\begin{aligned}(11001)_2 &= 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^4 \\&= 1 + 0 + 0 + 8 + 16 \\&= 25\end{aligned}$$

$$(11001)_2 = (25)_{10}$$

مثال 2

تبدیل عدد $(100010)_2$ به مبنای ده

$$\begin{aligned}(100010)_2 &= 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^5 \\&= 0 + 2 + 0 + 0 + 0 + 32 \\&= 34\end{aligned}$$

$$(100010)_2 = (34)_{10}$$

مثال 3

تبدیل عدد $(1111001)_2$ به مبنای ده

$$\begin{aligned}(1111001)_2 &= 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^6 \\&= 1 + 0 + 0 + 8 + 16 + 32 + 64 \\&= 121\end{aligned}$$

$$(1111001)_2 = (121)_{10}$$

تبدیل عدد $(1637)_8$ به مبنای ده

$$1637 = 7 \times 8^0 + 3 \times 8^1 + 6 \times 8^2 + 1 \times 8^3$$

$$= 7 + 24 + 384 + 512$$

$$= 927$$

$$(1637)_8 = (927)_{10}$$

تبدیل عدد $(927)_{10}$ به مبنای هشت

$$927 \div 8 = 115 \quad r_1 = 7$$

$$115 \div 8 = 14 \quad r_2 = 3$$

$$14 \div 8 = 1 \quad r_3 = 6$$

$$1 \div 8 = 0 \quad r_4 = 1$$

$$(927)_{10} = (1637)_8$$

تبدیل عدد $(25)_{10}$ به مبنای دو

$$25 \div 2 = 12 \quad r_1 = 1$$

$$12 \div 2 = 6 \quad r_2 = 0$$

$$6 \div 2 = 3 \quad r_3 = 0$$

$$3 \div 2 = 1 \quad r_4 = 1$$

$$1 \div 2 = 0 \quad r_5 = 1$$

$$(25)_{10} = (11001)_2$$

$$(3BA) = 10 \times 16^0 + 11 \times 16^1 + 3 \times 16^2$$

$$= 10 + 176 + 768$$

$$= 954$$

$$(3BA)_{16} = (954)_{10}$$

تبدیل عدد $(3BA)_{16}$ به مبنای ده