

سیستم های کنترل صنعتی مدرن (قسمت پنجم)

طراحی فیلدباس (Fieldbus Design)

تهیه کنندگان :

مرتضی محسنی

M_mohseni@nipc.net

محمد حسن موحدی

Movahed61@nipc.com

شرکت ملی صنایع پتروشیمی

امور نظارت بر مهندسی طرح ها

مهر ۸۵

چکیده:

نوشتار پیش رو سعی دارد در مورد طراحی سیستم های فیلدباس و تفاوت های عمده طراحی اینگونه سیستمها را با طراحی سیستمهای قدیمی از جمله DCS در مقدمه و سه بخش بیان دارد. بدینمنظور ابتدا در مقدمه ضمن اشاره به فناوری جدید و نحوه راه یافتن آن به کنترل صنعتی ذکر شده است. در بخش اول تدوین مدارک طراحی / مهندسی سیستم های کنترل مبتنی بر فیلدباس باختصار شرح داده شده است و در بخش دوم نحوه طراحی سخت افزار سیستم ذکر گردیده است. در پایان و در بخش سوم نیز طراحی نرم افزار و System Configuration تشریح شده است.

مقدمه :

فیلدباس - فن آوری جدید

Fieldbus که به بیانی ساده می توان آنرا شبکه^۲ در سایت^۳ نامید شامل یک زوج سیم دوطرفه کاملاً دیجیتال و هوشمند^۴ ولی با سرعت پایین (31.25 Kb/s) می باشد. در متون فنی، کلمه *Fieldbus* جایگزین نوع خاصی از یک پروتکل بنام *Foundation Fieldbus* شده که در این فنآوری قابلیت تعریف بلوکهای توابعی^۵ در تجهیزات ابزار دقیق^۶ موجود در سایت وجود دارد.

همگام با فنآوری و ساخت ریزپردازنده^۷ و همچنین راه یابی این پیشرفت ها در صنعت، شاهد افزایش حس گرهای^۸ هوشمند (از جمله ترانسدمیترها با پروتکل *HART*^۹ که ارتباطی یک طرفه از تجهیزات سایت به سیستم کنترل مرکزی مستقر در اطاق کنترل داشت) بوده ایم. بمرور زمان و با توجه به افزایش تعداد اطلاعات مورد استفاده، برای داشتن سرعت و دقت مورد اعتماد در تبادل اطلاعات، نیاز به ارتباطی دو طرفه بین تجهیزات سایت و سیستم کنترل مرکزی مشاهده گردید که موجب روی آوردن سازندگان و کاربران این نوع تجهیزات به فن آوری مبتنی بر فیلدباس شد. با توجه به تنوع تجهیزات و سازندگان و همچنین عدم انطباق محصولات یک سازنده با سازنده دیگر کمیته ای جهانی متشکل از سازندگان بزرگ و موسسات استاندارد تشکیل و در سال ۱۹۹۴ استاندارد *Fieldbus* با نام *Foundation Fieldbus* معرفی گردید و سازمانی با نام *Fieldbus Foundation* نیز متصدی بررسی انطباق محصولات تولیدی با استاندارد مذکور گردید. بدیهی است، با توجه به اختلاف بیشماری که این فنآوری با سیستمهای کنترل قبلی دارد، اعمال تغییرات عمده در طراحی و مهندسی مدارک و سخت افزار سیستمهای کنترل اجتناب ناپذیر است. پیرو تهیه و انتشار سلسله نوشتارهایی در همین راستا از جانب نویسندگان متن پیش رو، هدف از نگارش این مقاله پرداختن مختصر و در حد اشاره به تغییرات اجتناب ناپذیر در مدارک طراحی / مهندسی سیستم های کنترل مبتنی بر فیلدباس است.

۱- طراحی و مهندسی و نحوه تدوین مدارک سیستمهای مبتنی بر فیلدباس :

همانگونه که بکارگیری ویژگیهای فیلدباس در ادوات، سازندگان را وادار به اعمال تغییرات عمده در سخت افزار و نرم افزار آن نموده است، به تبع آن بدیهی است فنآوری فیلدباس بایستی به نحو مقتضی در تمامی مدارک مهندسی نیز وجوه متمایز خود را به نمایش بگذارد ضمن اینکه این اسناد برای سازنده

¹ TECHNOLOGY

² NETWORK

³ SITE (مکانی که فرآیند تولید در آن اتفاق می افتد و کلیه تجهیزات اندازه گیری و کنترل از جمله ترانسدمیترها و شیرهای کنترل در آن محل قرار دارد)

⁴ SMART

⁵ FUNCTION BLOCK

⁶ INSTRUMENT DEVICES

⁷ MICROPROCESSOR

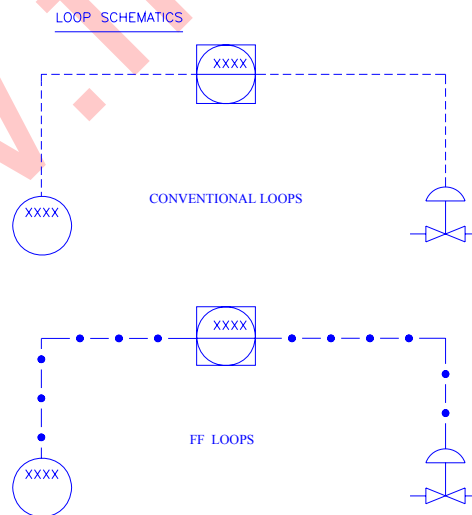
⁸ SENSOR

⁹ Highway Addressable Remote Transducer

سیستم / مجری طرح و در نهایت کاربر¹⁰ (برای زمان بهره برداری و تعمیرات) به راحتی بتواند قابل مفهوم و استفاده باشد . لذا در این بخش تفاوت‌های طراحی مدارکی از قبیل فلسفه کنترل ، P&ID ها ، Instrument List و Instrument Location در سیستم‌های مبتنی بر تکنولوژی فیلدباس با سیستم‌های DCS معمولی بررسی می گردد.

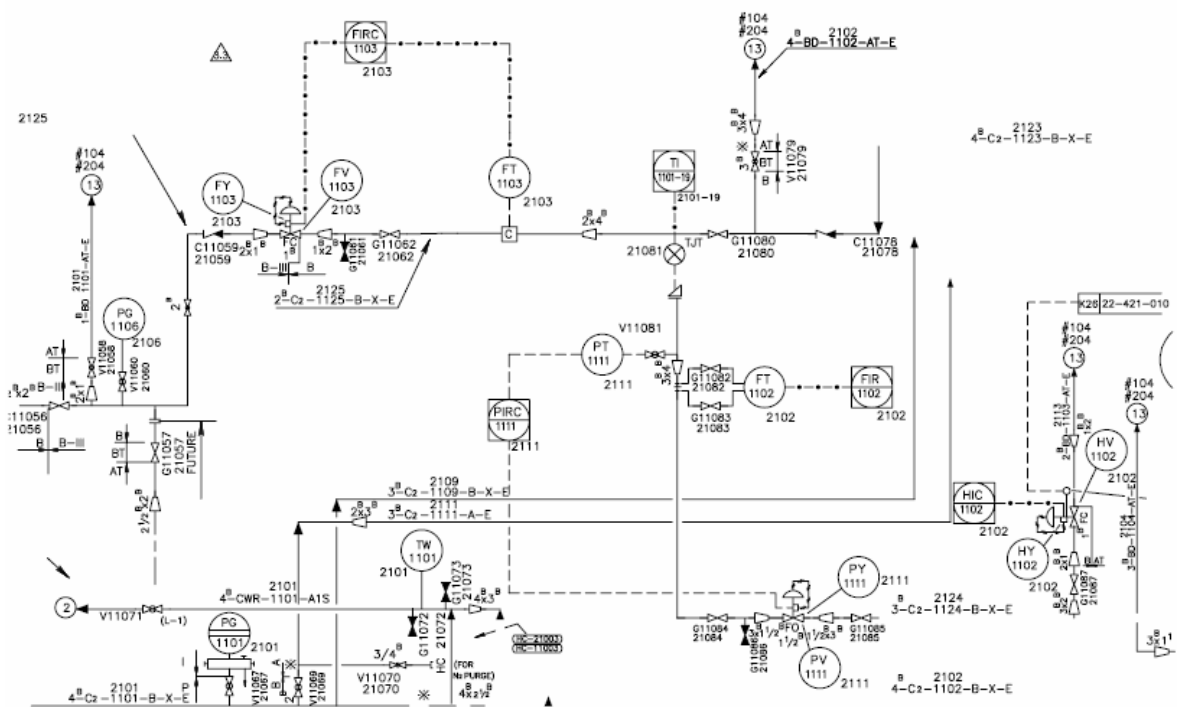
۱ - ۱ - نمایش تجهیزات و ادوات سیستم فیلدباس در P&ID:

در حال حاضر استاندارد خاصی برای نمایش تجهیزات فیلدباس ، نمایش حلقه های کنترل فیلدباس و نمایش ارتباط بین تجهیزات و سیستم کنترل مرکزی مبتنی بر فیلدباس وجود ندارد. همچنین نمایش نحوه ارتباط تجهیزاتی که بر روی یک Segment قرار دارند نیز دارای استاندارد خاصی نمی باشند. هم اکنون جهت نمایش یک تجهیز ابزار دقیق از یک دایره توخالی که درون آن Tag No. دستگاه حک شده ، استفاده میگردد و بین نمایش تجهیزات فیلدباس و غیر فیلدباس اختلاف خاصی وجود ندارد. ضمناً نحوه نمایش کنترل کننده نیز ترسیم دایره ای درون مربع می باشد ولی در اینجا وجه تمایزی برای نمایش اینکه عمل کنترل در درون تجهیز صورت می پذیرد و یا در سیستم کنترل اصلی وجود ندارد و کاربر از روی P&ID نمی تواند آنرا تشخیص دهد هرچند از روی Engineering Station این امر قابل دستیابی است . تعدادی از مشاورین و مهندسین طراح در P&ID های خود برای نمایش ارتباط تجهیزات فیلدباس و نمایش تفاوت فیلدباس با تجهیزات غیر فیلدباس معمولاً از Legend هایی که خود تعریف کرده اند استفاده می نمایند که ذیلاً نمونه ای از این Symbol ها آمده است :



شکل - ۱ - نحوه نمایش ادوات مبتنی بر فیلدباس روی P&ID

¹⁰ USER



شکل ۲ - نمایش بخشی از یک P & ID

۱-۲ - مدرک Instrument Schedule (یا Instrument Index) :

با توجه به اینکه تجهیزات فیلدباس دارای تعداد مشخصات مفصل تری نسبت به تجهیزات غیر فیلدباس می باشند لذا این مدرک در سیستمهای مبتنی بر فیلدباس بسیار متفاوت تر از سیستمهای معمولی می باشد. از جمله اطلاعاتی که در این مدرک اضافه می شوند می توان به Segment No.، Spur No. و Power Consumption اشاره نمود.

۱-۳ - مدرک Data Sheet :

این مدرک نیز در سیستمهای مبتنی بر فیلدباس با سیستمهای معمولی بسیار متفاوت است ، در این مدرک کلیه محدودیتهای تجهیز از نظر زمان انجام یک عمل خاص ، میزان مصرف جریان و تعداد بلوک های تابعی می بایست مشخص گردد. معمولاً در تجهیزات مبتنی بر فیلدباس یک صفحه از اطلاعات خاصی به Data Sheet اولیه اضافه می گردد که نمونه آن ذیلا آمده است.

جدول ۲ - نمونه ای از سند Data Sheet

Fieldbus Data Sheet	
Tag Number: _____	
Basic Fieldbus Function Blocks	Segment Information
1 Analog Input (AI) _____ Number _____ Execution Time (msec)	20 Arithmetic (AI) _____ Execution Time (msec) Digital Alarm (DA) _____ Execution Time (msec)
2 Discrete Input (DI) _____ Number _____ Execution Time (msec)	21 Calculate (C) _____ Execution Time (msec) Analog Alarm (AA) _____ Execution Time (msec)
3 Bias (B) _____ Number _____ Execution Time (msec)	22 Deadline (D) _____ Execution Time (msec)
4 _____ Manual Loader (ML) _____ Execution Time (msec)	23 _____ Complex Analog Output (CAO) _____ Execution Time (msec)
5 _____ Proportional / Integral / Derivative (PID) _____ Execution Time (msec)	24 Step Output PID (SOPID) _____ Execution Time (msec)
6 Analog Output (AO) _____ Number _____ Execution Time (msec)	25 _____ Setpoint Ramp Generator (SPG) _____ Execution Time (msec)
7 Discrete Output (DO) _____ Number _____ Execution Time (msec)	26 _____ Signal Characterizer (SC) _____ Execution Time (msec)
8 _____ Control Selector (CS) _____ Execution Time (msec)	27 _____ Digital Human Interface (DHI) _____ Execution Time (msec)
9 _____ Proportional / Integral / Derivative (PID) _____ Execution Time (msec)	28 _____ _____ Execution Time (msec)
10 Ratio (RA) _____ Execution Time (msec)	Device:
Advanced Function Blocks	Segment #:
11 Pulse Input (PI) _____ Execution Time (msec)	29 Link Master (LAS) Capable: YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
12 _____ Complex Discrete Output (CDO) _____ Execution Time (msec)	30 Device Current Drain (mA): Device In-rush Current (mA): Device (Lift off) Minimum Voltage:
13 _____ Device Control (DC) _____ Execution Time (msec)	31 Device Capacitance: Polarity Sensitive: YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
14 _____ Integrator / Totalizer (IT) _____ Execution Time (msec)	32 Segment Terminator Location: ITK revision that Device was tested with:
15 _____ Analog Human Interface (AHI) _____ Execution Time (msec)	VCR's: DD Revision:
16 Input Selector (IS) _____ Execution Time (msec)	OPF Revision: Notes:
17 _____ Lead Lag Controller (LL) _____ Execution Time (msec)	Vendor to enter here all Non-standard or Enhanced function block data:
18 _____ Output Splitter (OS) _____ Execution Time (msec)	Vendor to enter here all unique Vendor Diagnostic / Advanced Diagnostics capabilities:
19 Timer (TMR) _____ Execution Time (msec)	1. All Foundation Fieldbus devices will be <u>Factory Configured</u> with the Instrument Tag Number as the <u>Device Tag</u> .
<p>Note:</p> <p><u>This Form Will Be Filled After Vendor Collection.</u></p>	

۱-۴ - مدرک Segment allocation یا Segment assignment:

این مدرک فقط در سیستمهای مبتنی بر فیلدباس کاربرد داشته و در آن اطلاعات مربوط به هر Segment از قبیل تعداد تجهیز اختصاص داده شده به Segment / نام تجهیزات / طول Trunk و همچنین طول Spur وارد می شود.

جدول ۱ - نمونه ای از سند Segment Allocation

TRUNK NO.	TRUNK LENGTH (m)	DESCRIPTION	F.B NO.	INSTR. LAYOUT (AREA NO.)	ALLOCATED INSTRUMENTS TAG NO.	SPUR LENGTH (m)	TYPE OF INSTRUMENT	DEVICE MFR. / MODEL NO.	REMARKS	REV
IF(n)-1001/1	75	-		-	-	-	SEE BELOW			3
		FROM D-1106 TO OLEFIN	FBIF-1001/1A	AREA-(10)	FT-1103A	15	D.P TRANSM			3
-	-	FROM D-1106 TO OLEFIN	FBIF-1001/1A	AREA-(10)	FT-1103B	15	D.P TRANSM			3
-	-		FBIF-1001/1A	AREA-(10)	FY-1103	20	F/P POSITIONER			3
-	-		FBIF-1001/1A	-	SPARE	-	-	-		3
-	-	D-1106 TO D-1101	FBIF-1001/1B	AREA-(10)	FT-1102	20	D.P TRANSM			3
-	-	D-1106 TO D-1101	FBIF-1001/1B	AREA-(10)	HY-1102	15	F/P POSITIONER			3
			FBIF-1001/1B	AREA-(10)	TJT-1001	20	MULTI CHANEL TEMP TRANSM			3

۲- طراحی سخت افزار سیستمهای مبتنی بر فیلدباس:

در طراحی سیستمهای مبتنی بر تکنولوژی فیلدباس می بایست چهار عنوان اصلی سیستم کنترل مرکزی / تجهیزات و ادوات داخل سایت / نوع توپولوژی و در نهایت تخصیص LAS¹¹ در اسناد فنی نظر گرفته شود:

۲-۱- طراحی سیستم مرکزی (Host System Design):

در اینجا طراحی سیستم مرکزی و شبکه مورد استفاده، شبیه سیستمهای DCS معمولی بوده و تنها موارد ذیل می بایست در نظر گرفته شود:

- اولین اختلاف بین دو سیستم ناشی از سیم بندی (Wiring) بین تجهیزات و سیستم کنترل مرکزی می باشد. در سیستم های معمولی (4 ~ 20 mA) سیم بندی بصورت نقطه به نقطه (Point to Point) بوده و هر تجهیز به یکی از کانالهای کارت ورودی /

¹¹ LAS = Link Active Scheduler

خروجی وصل می گردد ولی در سیستمهای فیلدباس ، مطابق با طراحی چندین تجهیز در سطح سایت توسط یک زوج سیم به کارت HI سیستم مرکزی وصل می گردد.

۲- در سیستم های فیلدباس با توجه هوشمند بودن تجهیزات ، هر تجهیز می بایست دارای یک شماره شناسایی فیزیکی منفرد و همچنین یک شناسه منفرد بر روی شبکه باشد.

۳- بلوک های تابعی کنترل و دیگر بلوکهای توابعی در تجهیزات مبتنی بر فیلدباس داخل سایت قابل تعریف خواهد بود که این امر موجب کاهش Rack ها و در نتیجه کابینتهای سیستم کنترل مرکزی می گردد.

۲-۲- طراحی توپولوژی (Segment Allocation) :

پس از تعریف سیستم مرکزی ، نوبت به تعیین نوع توپولوژی می گردد. در طراحی این سند نوع توپولوژی ، تعداد تجهیز مجاز برای هر Segment ، نوع کابل ، طول مسیر های مجاز هر Spur و هر Trunk ، محل قرار گیری Terminator ها ، مدل ناحیه خطر و محل قرار گیری Barrier ها (سایت یا اطاق کنترل ، اگر تجهیز در ناحیه خطر واقع باشد) مشخص می گردند (جهت اطلاعات بیشتر به مقاله سیستم های کنترل صنعتی مدرن - Field Control System - نشریه تجهیزات صنعت نفت شماره ۱۰ - شهریور ۸۳ مراجعه شود) .

۲-۳- طراحی تجهیز (Device Configuration) :

پس از اتمام طراحی سخت افزاری سیستم کنترل مرکزی و طراحی Segment ها ، نوبت به انتخاب تجهیزات ابزار دقیق سایت و تعریف بلوکهای توابعی مورد نیاز هر تجهیز می گردد. از جمله می توان تعریف بلوک ورودی آنالوگ (Analog Input Function Block) در ترانسمیترها و همچنین بلوک خروجی آنالوگ (Analog Output Function Block) در پوزیشنرها را نام برد. ضمن آنکه تجهیزاتی که می بایست در آن بلوک تابعی کنترل تعریف گردد مشخص می شود. در این بخش اقلامی مانند نام تجهیز ، Tag No. حلقه کنترلی که تجهیز در آن قرار دارد نیز تعریف می گردند.

لازم بذکر است Resource Block که شامل نوع تجهیز ، نسخه نرم افزار ، شماره شناسایی سازنده و شماره سریال می باشد قبلا توسط سازنده تعریف گردیده است.

۲-۴- تخصیص LAS (Link Active Scheduler Assign) :

در این قسمت Link Master اصلی و یدکیها تعیین می گردند. LM جهت کنترل تبادل اطلاعات در باس بکار می رود و این کار با برنامه ریزی و طی جدول بندی خاص انجام می پذیرد. هر شبکه فیلدباس حداقل به یک عدد نیازمند است که معمولا بعنوان یک دستگاه مستقل دیده نمی شود بلکه

می تواند در یکی از تجهیزات سایت و یا در سیستم کنترل مرکزی تعریف گردد و به آن LAS گفته می شود. یکی از فوائد تعریف آن در تجهیزات سایت ، مستقل نمودن باس از اطاق کنترل می باشد. لازم بذکر است جهت تعریف LAS در تجهیزات داخل سایت این قابلیت می بایست توسط سازنده برای تجهیز تعریف شده باشد در غیر اینصورت امکان برقراری ارتباط بین شبکه و Device میسر نخواهد بود .

LAS شامل لیستی است که شامل زمان ارسال اطلاعات کلیه تجهیزات می شود و این اطلاعات می بایست با زمانبندی خاصی ارسال گردد. زمانی که نوبت ارسال اطلاعات یک تجهیز فرا می رسد ، LAS یک پیغام برای تجهیز مورد نظر فرستاده و این تجهیز به محض دریافت پیغام اطلاعات خود را برای استفاده دیگر تجهیزات بر روی باس قرار می دهد. در این زمان Device مورد نظر که به اطلاعات فوق نیاز دارد به Bus متصل و این اطلاعات را دریافت می کند. بعنوان نمونه می توان به اطلاعات حلقه های کنترل بعنوان اطلاعاتی که می بایست بصورت زمانبندی خاص ارسال گردد اشاره نمود. لازم بذکر است که LAS بنا به ضرورت هماهنگی های لازم جهت ارسال و دریافت اطلاعات خارج از زمانبندی را نیز انجام می دهد.

۳. طراحی نرم افزار سیستمهای مبتنی بر فیلد باس

همانگونه که ذکر گردید یک سیستم کنترل مبتنی بر فیلد باس (FCS) سیستمی است که جهت تبادل اطلاعات بین حس گرهای یا سیستم های اندازه گیر هوشمند و آخرین عنصر کنترل و همچنین تجهیزات سیستم کنترل از یک ارتباط دو طرفه دیجیتال استفاده نموده و برای تبادل اطلاعات بین سطوح بالاتر از قبیل ایستگاههای مهندسی و بهره برداری نیز از یک شبکه محلی (LAN) استفاده می نماید. با عنایت به اینکه سیستمهای کنترل متمرکز (DCS) این قابلیت را یافته اند که با اضافه نمودن یک کارت HI (سیستم های هایبرید) و یا اضافه نمودن یک Linking Device (LD) بعنوان یک سیستم FCS بکار رفته و از کلیه تجهیزات مبتنی بر فیلد باس بتوانند جهت نمایش و کنترل استفاده نمایند و همچنین کلیه بلوک های فیلد باس تجهیزات را برای کنترل کننده هایشان استفاده بنمایند لذا طراحی نرم افزار سیستمهای FCS دارای تشابهات طراحی زیادی (از نظر Configuration) در مقایسه با سیستمهای کنترل غیر متمرکز (DCS) می باشد.

البته مواردی نیز وجود دارد که می بایست در طراحی نرم افزار (Configuration) سیستمهای

مبتنی بر فیلد باس در نظر گرفته شود. بعضی از این موارد به شرح ذیل می باشد.

۳-۱- تعریف بلوک کنترل:

بلوک کنترل در سیستمهای FCS، هم می تواند در تجهیزات داخل سایت تعریف شود و هم در کنترل کننده های سیستم مرکزی. لذا با توجه به خواسته کاربر / توصیه سازنده و محدودیت های احتمالی، در زمان Configuration سیستم این موضوع می بایست مد نظر قرار گیرد.

۳-۲- تعریف بلوکهای مهندسی:

در سیستم کنترل مرکزی، ایستگاهی بنام AMS^{۱۲} و یا PRM^{۱۳} تعریف می گردد که بوسیله آن می توان تجهیزات داخل سایت را کالیبره نمود و یا با استفاده از اطلاعات دریافتی سیستمهایی نظیر PM^{۱۴} را طراحی نمود.

۳-۳- طراحی Segment:

یکی دیگر از مواردی که در زمان Configuration سیستمهای کنترل مبتنی بر فیلدباس می بایست در نظر گرفته شود طراحی Segment ها و تعریف تجهیزات سایت مربوط به هر یک از Segment ها می باشد. در اینجا بایستی به پراکندگی Device ها در سایت / Zone تعریف شده برای محل نصب دستگاهها و محدودیت های احتمالی موجود در مورد ادوات (جریان مجاز / محدودیت های طراحی توصیه شده از طرف سازنده و یا استانداردهای موجود) دقت شود.

۳-۴- تعریف سطح بحرانی هر یک از حلقه ها (Critical Loop Definition):

هر یک از سیستم های کنترل حلقه بسته، در سه سطح (Level 1 to Level 3) ممکن است تعریف شود که بسته به اهمیت لوپ و بحرانی بودن آن یکی از سطوح یک تا سه به آن نسبت داده می شود. بدیهی است قبل از انجام کار طراحی نرم افزار سیستم کنترل، در طراحی سیستم بایستی این سطوح برای هر کدام از حلقه های کنترل مشخص شده باشد.

¹² Asset Management System

¹³ Plant Resource Management

¹⁴ Preventive Maintenance

منابع و مأخذ:

1. *Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, ISA S50.02.*
2. *Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, IEC 61158:2000 (ED 2.0).*
3. *FOUNDATION Fieldbus Specifications, Fieldbus Foundation, 1994-1998.*
4. *Technical Overview FOUNDATION™ Fieldbus, Compliments of: The Fieldbus Foundation, FD-043 Rev 3.0*
5. *FOUNDATION Fieldbus Application Guide 31,25 kbit/s Intrinsically Safe Systems AG-163 Revision 2.0*
6. *Fieldbus – Engineering Solutions for New Instrument technology, integrated Life Cycle Engineering.*

www.fieldbus.org