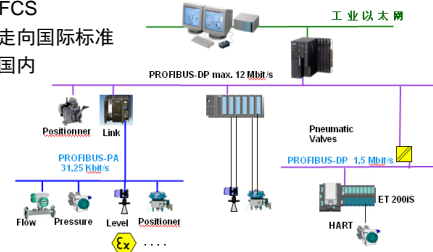


第6章 现场总线技术基础

现场总线——连接智能现场设备和自动化系统的全数字、双向传输、多分支结构的通信网络。

现场总线：

- 从集中控制走向分散控制
- 从DCS走向FCS
- 从集团协议走向国际标准
- 从国外走向国内



机械与电气工程学院

现场总线技术

现场总线的出现，为自动化系统实现控制功能的彻底分散，保证各节点之间的实时、可靠的数据通信提供了强有力的技术支持。

本章内容：

- 现场总线概述
- 现场总线结构
- 现场总线的核心与基础
- 现场总线的应用

一、现场总线概述

1. 定义

有多种不同的定义：

- 应用于现场的控制系统与现场检测仪表、执行装置之间进行双向数字通信的串行总线。
- 应用于现场仪表与控制室主机间的一种开放式、数字化、多点通信的底层控制网络技术。

关键词：开放、数字化、串行通信

★ICE 61158中的定义：

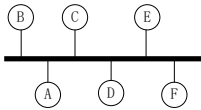
现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点、双向通信的数据总线。

机械与电气工程学院

现场总线通信的关键特征

➢ 多点分布

一对N的连接结构：在一根总线电缆上连接多个自动化智能设备。



➢ 全数字化

现场总线用数字信号通信代替4~20mA的模拟通信。

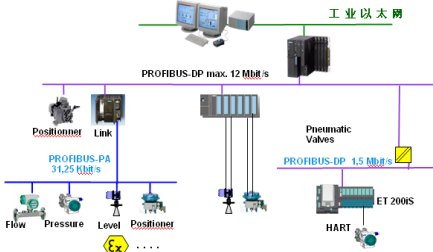
➢ 双向传输

传统的模拟信号传输方式只能在一条信号线上传递一路信号；现场总线设备则在一条线上既可以向上传递来自各类传感器的检测信号，又可以向下传递执行器的控制信号。

机械与电气工程学院

总结

简单地讲，现场总线是以数字信号代替传统的4~20mA模拟信号及普通开关信号的一种通信技术，其核心设计思想是通过给智能现场设备增加串行通信接口部件，使所有现场设备采用统一的协议标准进行通信，控制器通过一根通信电缆(两线或四线)即可将分布在各处的现场设备连接起来，完成对整个工厂设备的控制与监控。



机械与电气工程学院

2. 现场总线标准的现状

1) IEC 61158标准

➢ 形成历史：

- 1984年 → IEC成立指定现场总线统一标准的工作组 (IEC/SC65C/WG6)
- 1999年 → TS 61158技术报告：推荐一种以Foundation Fieldbus总线和WorldFIP总线为基本技术，并严格按照IEC定义制定现场总线标准。
- 2000年 → IEC 61158第二版，包括8中现场总线：
 - TS 61158技术报告
 - ControlNet现场总线
 - Profibus现场总线
 - P-Net现场总线
 - FF-HSE(High Speed Ethernet)
 - SwiftNet现场总线
 - WorldFIP现场总线
 - Interbus现场总线
- 2003年(8+2)
- 2007年(10+10)

Technical Specification, 技术规范

机械与电气工程学院

各现场总线标准的简单比较

Fieldbus	Bus power	Cabling redundancy	Max devices	Synchronisation	Sub millisecond cycle
AFDX	No	Yes	Almost unlimited	No	Yes
AS-Interface	Yes	No	62	No	No
CANopen	No	No	127	Yes	No
CompoNet	Yes	No	384	No	Yes
ControlNet	No	Yes	99	No	No
CC-Link	No	No	64	No	No
DeviceNet	Yes	No	64	No	No
EtherCAT	Yes	Yes	65,536	Yes	Yes
Ethernet Powerlink	No	Optional	240	Yes	Yes
EtherNet/IP	No	Optional	Almost unlimited	Yes	Yes
Interbus	No	No	511	No	No
LonWorks	No	No	32,000	No	No
Modbus	No	No	246	No	No
PROFIBUS DP	No	Optional	126	Yes	No
PROFIBUS PA	Yes	No	126	No	No
PROFINET IO	No	Optional	Almost unlimited	No	No
PROFINET IRT	No	Optional	Almost unlimited	Yes	Yes
SERCOS III	No	Yes	511	Yes	Yes
SERCOS Interface	No	No	254	Yes	Yes
Foundation Fieldbus H1	Yes	No	240	Yes	No
Foundation Fieldbus HSE	No	Yes	Almost unlimited	Yes	No
RAPIDnet	No	Yes	256	Under Development	Conditional

2) 特殊行业的现场总线标准

除了IEC 61158外，IEC及ISO还制定了一些特殊行业的现场总线国际标准，如：

- ISO公路车辆技术委员会电气电子分委员会发布的用于高速通信的**公路车辆-数字信息交换系统**的CAN总线；
- IEC铁路电气设备技术委员会发布的国际标准IEC 61375**列车通信网**；
- IEC 低压配电与控制装置分委员会发布的国际标准IEC 62026 **低压配电与控制装置-控制器与设备接口**；
- IEC机械设备电气安全技术委员会发布的IEC 61491**工业机械电气设备-控制单元与驱动装置之间的实时通信串行数据链路**，主要用于对机床驱动等运动控制系统中对位置、速度、扭矩等的控制。

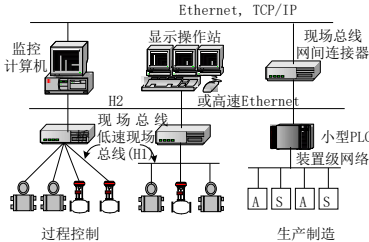
多种现场总线标准将会在较长的时期内共存。

机械与电气工程学院

二、现场总线结构

1. 现场总线的基本结构

IEC推荐的通用现场总线网络结构如下：



两种基本结构形式：星型、总线型

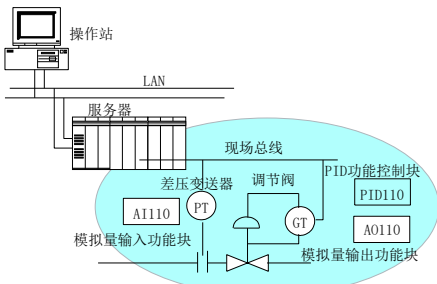
? 思考：特点、应用场合

机械与电气工程学院

现场总线技术特点

特点：

- 1.现场通信网络
- 2.互操作性
- 3.开放性
- 4.分散功能块
- 5.通信线供电
- 6.可组态性
- 7.可控性

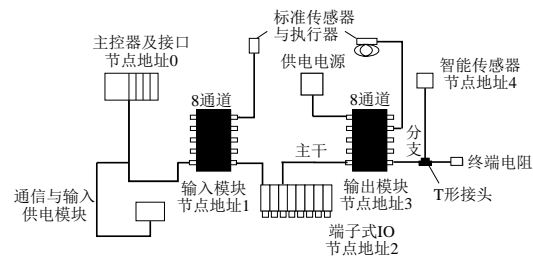


FCS的分散功能块控制方案

机械与电气工程学院

2. FCS典型硬件连接形式

现场总线系统的一般物理连接形式如下：



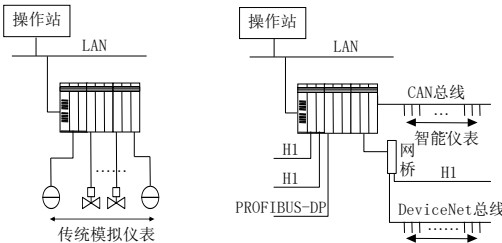
系统中**总线设备**包括主控器、总线接口、电源、总线电缆、终端电阻、输入输出模块、设备分接器等。

机械与电气工程学院

3. FCS的集成结构

DCS**典型集成结构**是“三站一线”：工程师站、操作员站、过程控制站和通信网络。

FCS的**典型集成结构**是“工作站—现场总线智能现场仪表”



传统DCS结构

FCS集成结构

机械与电气工程学院

4. FCS的技术优势

FCS克服了DCS系统中通信由封闭的专用网络实现所产生的缺陷，依靠现场智能设备本身实现基本控制功能，把**控制功能彻底下放到现场**。

FCS的**技术优势**主要体现在：

- 1. 节省硬件数量
- 2. 节省安装费用
- 3. 节省维护开销
- 4. 系统的准确性与可靠性更高
- 5. 更高的系统集成主动权



FCS与传统硬件配线形式的对比

机械与电气工程学院

三、现场总线的核心与基础

在第一章(概述)中提到：

- FCS的**核心**是总线协议
- FCS的**基础**是数字智能现场装置
- FCS的**本质**是信息处理现场化

1. 现场总线协议

一种总线，只要其**协议**一经确定，其相关的**关键技术**与有关的**软硬件设备**也就确定了，包括通信速度、节点容量、各系统相连的网关、网桥、人机界面、体系结构、现场智能仪表以及网络供电方式等。

目前现场总线协议并不统一，每一类总线都有最适用的领域，都有一套软件、硬件的支撑。但对于各种总线，其**协议的基本原理都是一样的**，都以解决串行双向数字化通信为基本依据。

机械与电气工程学院

2. 现场总线协议模型

IEC 61158现场总线协议模型一共包括**四层**：物理层、数据链路层、应用层和用户层。

		用户层	
应用层	7	应用层	4
表示层	6	(3-6) 层不用	
会话层	5		
传输层	4		
网络层	3		
数据链路层	2	数据链路层	2
物理层	1	物理层	1

OSI协议模型

现场总线协议模型

机械与电气工程学院

用户层

用户层把数据规定为特定的形式，具有**标准功能块** (FB) 和**装置描述** (DD) 功能，用以表达特定的功能和设备。

1) 标准功能块 (FB)

现场装置使用功能块**完成控制策略**，IEC制定了AI、AO、DI、DO、PID等32个标准功能块。

2) 装置描述 (DD)

DD可以看作是现场装置的一个**驱动程序**，包括所有必要的参数描述和主站所需的组态操作步骤，实现现场设备的互操作。

如PROFIBUS—DP行规：

- (1) NC/RC行规 (3.052)
- (2) 编码器行规 (3.062)
- (3) 变速传动行规 (3.071)
- (4) 操作员控制和过程监视行规，HMI (3.082)
- (5) 防止出错数据传输的行规 (3.092)

行规：

现场设备信息格式及功能描述规范

机械与电气工程学院

3.智能现场装置

智能现场装置是指内置**微处理器**，并具有数字计算、数字通信功能的现场设备，也叫现场总线仪表。

智能仪表采用**超大规模集成电路**设计，利用**嵌入式软件**协调内部操作，在完成输入信号的非线性补偿、温度补偿、故障诊断等基础上，还可以完成对工业过程的控制。

FCS中的各类现场仪表与DCS中使用的传统仪表的**主要区别**在于**通信机制**。

智能仪表除了在通信上配置相应的总线标准接口外，还需要：

- 必须与所处的现场总线控制协调有统一的总线协议
- 必须是多功能智能化的
 - 通信功能
 - 多变量监测
 - 复合控制功能
 - 提供诊断信息
 - 信息差错检测

机械与电气工程学院

智能现场装置分类

目前现场总线仪表包括多类工业产品，按功能可分为：

➢ **变送器类**

用于检测生产过程的变量，并将过程变量信号转换为现场总线信号，如压力、温度、流量、振动、转速等。

➢ **执行器类**

对生产过程进行操作和控制(大多带PID控制功能块)。

➢ **信号转换类**

主要用于原有模拟仪表的转换，如将4~20mA模拟信号转换为现场总线信号，或者将现场总线信号转换为4~20mA模拟电流信号或20~100kPa气压信号。

➢ **接口类**

用于与其它总线协调相连，如PCI总线、ISA总线、以太网等。

机械与电气工程学院

智能现场装置分类(续)

➤ 电源类

包括现场总线电源调整器、供电电源等设备，这类设备一般不含微处理器。

➤ 附件类

属于现场总线的附属设备，如中继器、安全栅等，这类设备不含微处理器。

现在部分仪表同时具有在DCS和FCS中集成的功能。

机械与电气工程学院

现场总线差压变送器

3051DP智能差压变送器（上海工业自动化仪表有限公司）

现场总线差压变送器是测量差压、表压、绝压、液位和流量的一种**智能化变送器**，也是将差压、表压、绝压、液位和流量等过程变量转换为现场总线数字通信信号的**转换器**。

➤ 电容式传感器

平板电容：

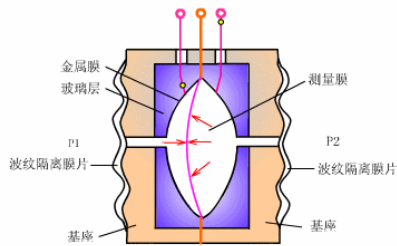
$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

压差：

$$\Delta p = p_h - p_l = k \Delta d$$

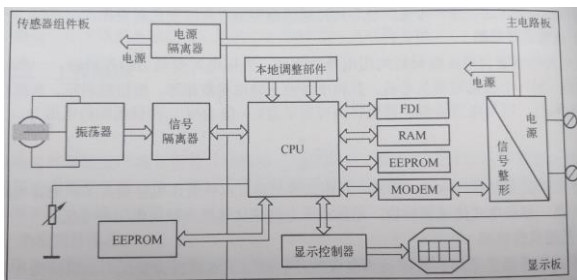
$$\frac{C_l - C_h}{C_l + C_h} = \frac{2 \Delta d}{d}$$

与电气工程学院



现场总线差压变送器

差压变送器电路工作原理：



机械与电气工程学院



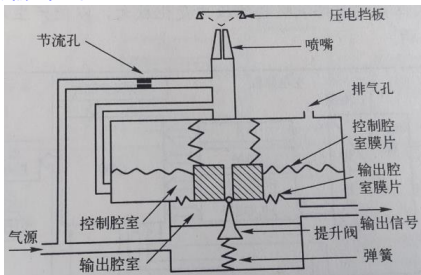
具有自诊断及故障报警输出功能。
4、4-20mA DC二线制信号传输，抗干扰能力强，传输距离远。
5、LED、LCD、指针三种指示表头，规格参数十分方便，可用于测量流量、液位和密度等介质。
带有EEPROM非易失性存储器，不怕断电丢失数据并具有您设定的故障报警功能。
通过HART手持器或软件对变送器进行组态、校准、设定及功能测试。

机械与电气工程学院

现场总线—气压转换器

现场总线—气压转换器是现场总线与气动执行器之间的**气动信号接口**，它将现场总线信号转换为20~100kPa气压信号，用于控制阀门等执行机构。

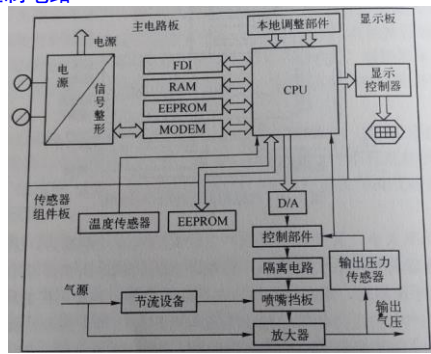
➤ 气动输出组件



工程学院

现场总线—气压转换器

➤ 控制电路



工程学院



四、现场总线的技术应用

1. 现场总线网络的应用特征

现场总线网络通信必须满足工业数据通信的要求，具有如下应用特征：

- 可采用各种通信介质
- 满足数据传输和系统响应的实时性要求
- 传输的是小批量数据信息
- 环境适应性与安全性要求高
- 可总线供电

机械与电气工程学院



2. 现场总线应用中的关键技术

现场总线涉及网络技术、仪表技术、计算机技术、自动化技术与制造技术等多学科知识。

具体来说，其关键技术包括：

- 基于现场总线智能仪表的开发
- 现场总线的实时通信技术
- 网络管理技术
- 实现不同现场总线的技术兼容

现场总线控制系统的架构很大部分工作是现场总线的选型及配置。

机械与电气工程学院



思考题

- 什么是现场总线？
- IEC 61158都包括哪些类型的现场总线？
- 现场总线的核心和基础是什么？
- 现场总线仪表应具备的基本功能包括哪些？

机械与电气工程学院

章节结束 谢谢！