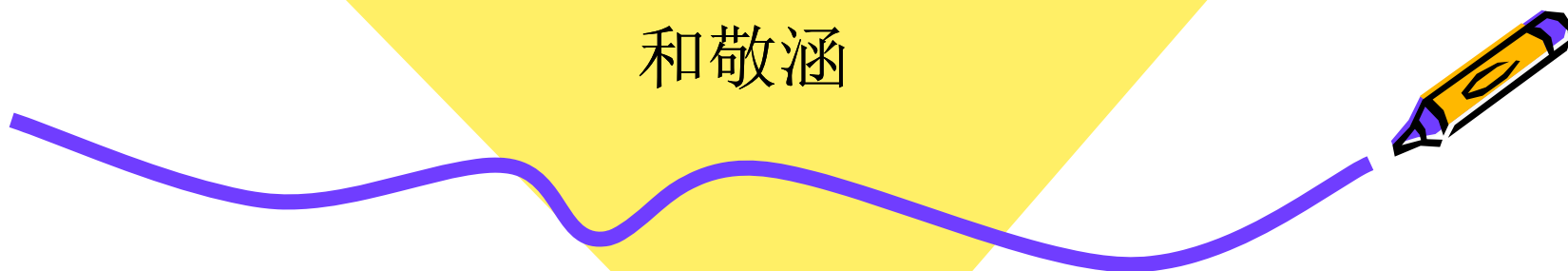




第二章 微型机保护的硬件原理

主讲人：
和敬涵

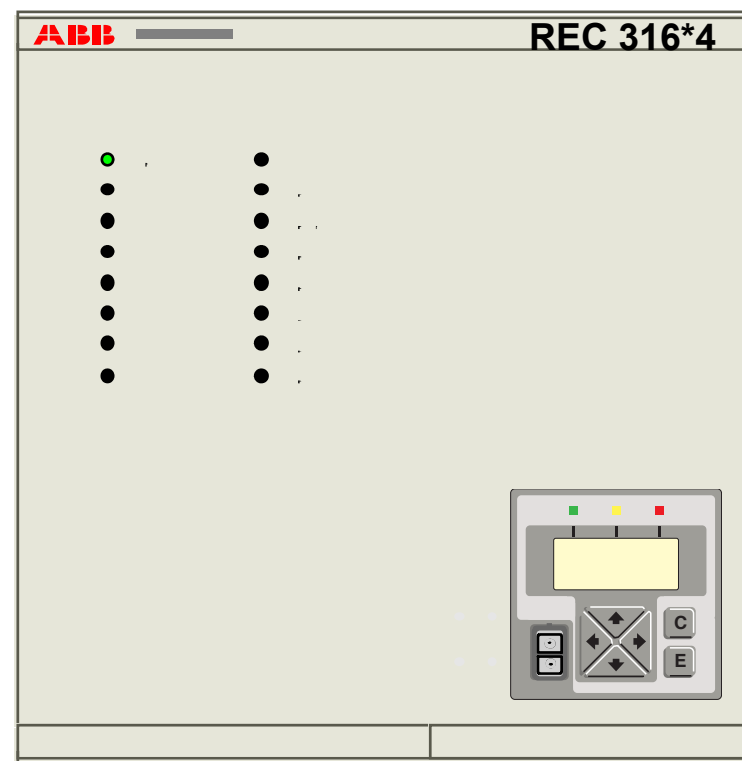


内容

- 硬件组成结构
- 数据采集系统
- 开关量输入及输出回路
- DSP技术的应用
- 网络化硬件电路
- 硬件技术的展望



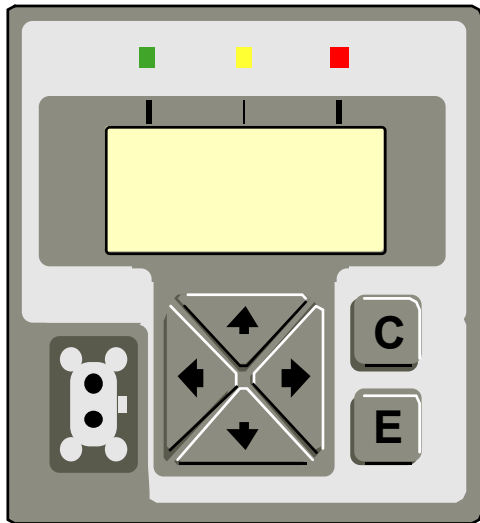
2-1 微机保护硬件基本组成



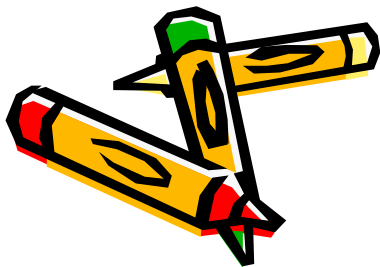
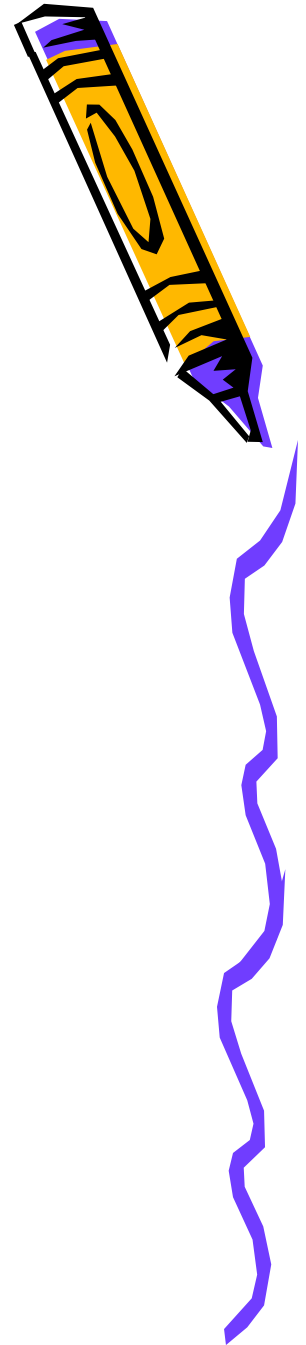
微机保护硬件结构示意框图



HMI functionality

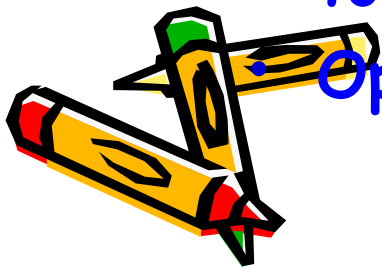
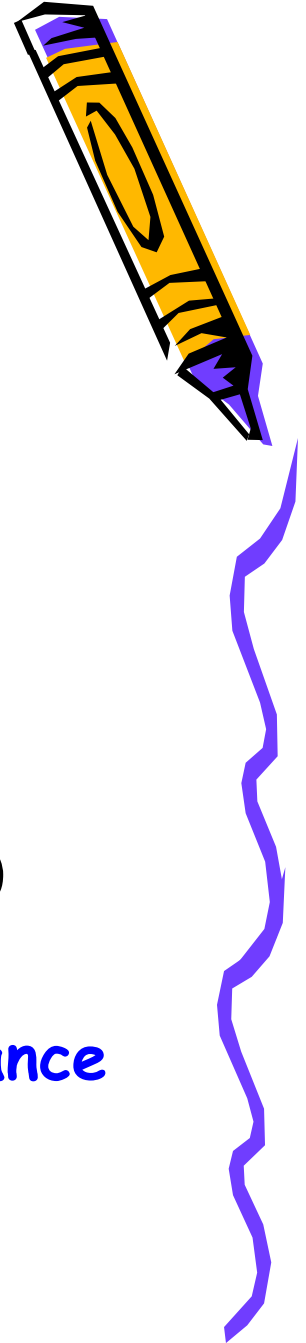


- LED-displays
- Measurand display
- Event list
- Operating instructions
- Disturbance recorded information
- Self supervision
- Acknowledgement functions
- Optical connector for external HMI



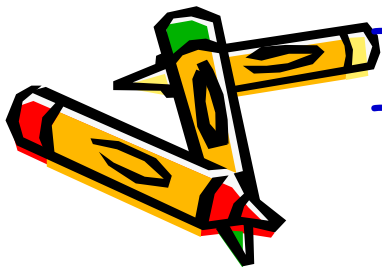
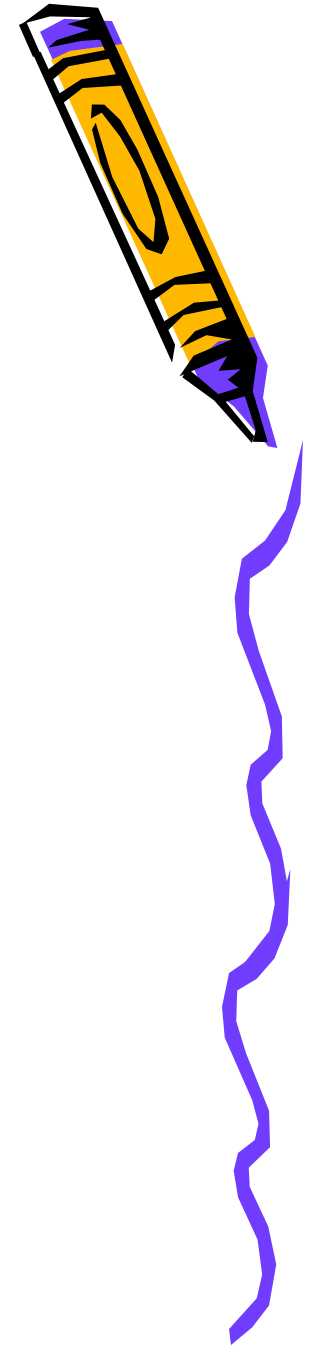
HMI functionality

- **LED indications**
 - Availability
 - Start
 - Operation
- **Measurand display**
 - Analog channels (amplitude, angle, frequency)
 - Functional measurands (e.g. differential current)
 - Binary signals (I/O signals, tripping)
- **Event list (tripping values only, e.g. distance to fault)**
- **Operating instructions**



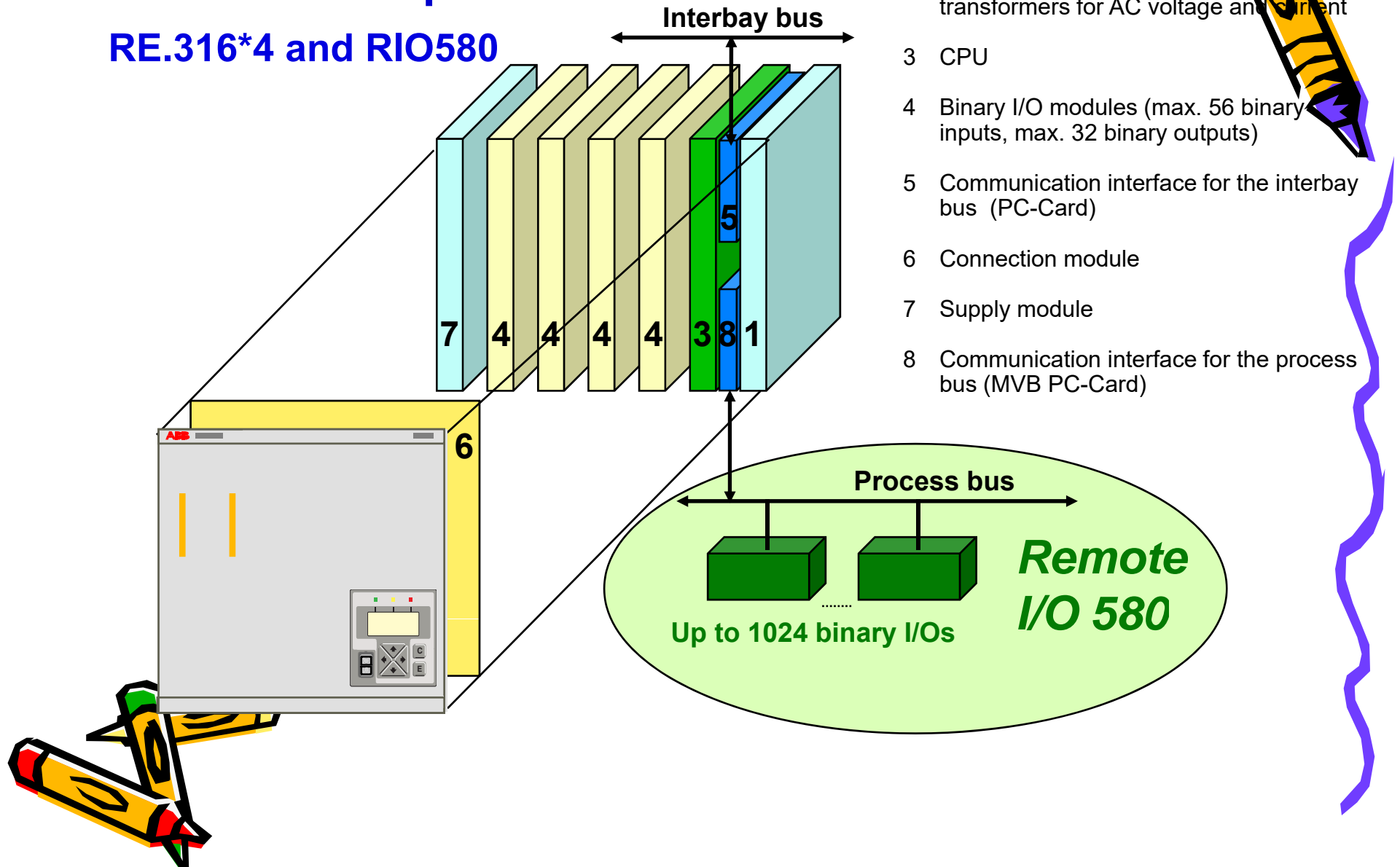
HMI functionality

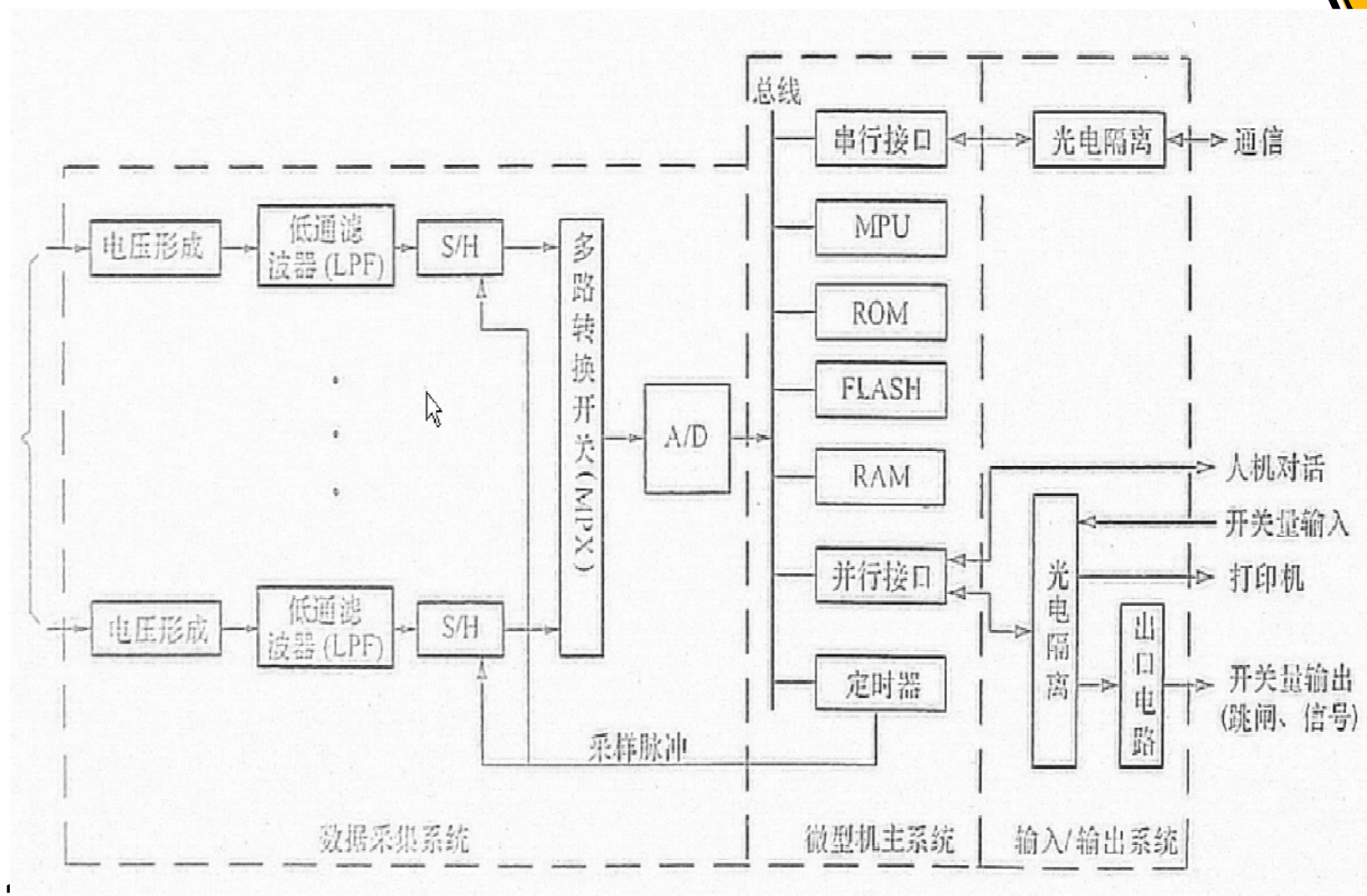
- **Disturbance recorder information**
 - Number of recorded events and date
- **Diagnostics**
 - Operating status of the unit
 - Operating status of the interbay bus
 - Operating status of the process bus
- **Acknowledgement functions**
 - Resetting the LED's
 - Resetting the latching outputs
 - Event erasing
 - Warm start



Hardware concept

RE.316*4 and RIO580



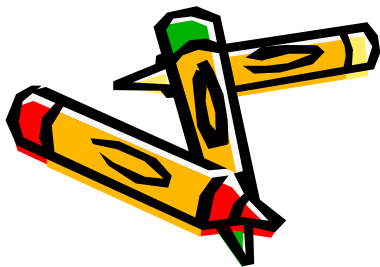


微机保护硬件结构示意框图

微机保护硬件一般包括三大部分：

1. 数据采集系统（模拟量输入系统）

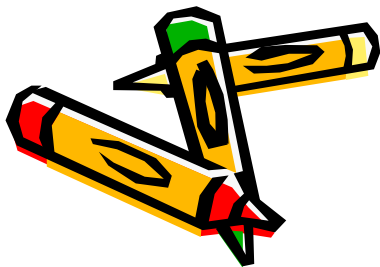
包括电压形成、模拟滤波、采样保持（S/H）、多路转换（MPX）以及模数转换（A/D）等功能模块，完成将模拟输入量准确地转换成微机保护能够识别的数字量。



2.微机主系统

包括微处理器（MPU）、ROM、FLASH、RAM、定时器、并行接口以及串行接口等。

执行编制好的程序，对数据采集系统输入至RAM区的原始数据进行分析、处理，完成各种继电保护的测量、逻辑和控制功能。



3.开关量（或数字量）输入/输出系统

包括并行接口（PIO）、光电隔离器件及有触点的中间继电器等。

完成各种保护的出口跳闸、信号、外部触点输入、人机对话及通信等功能。

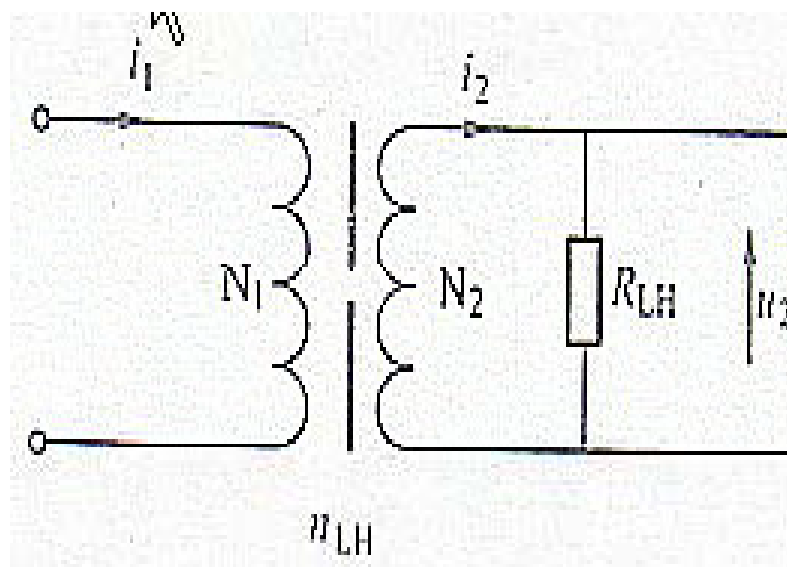


2-2 数据采集系统

一、电压形成回路

将CT、PT的电流、电压转变为微机系统可接受的电压信号

例：电流变换
电流中间变换器



数据采集系统

1、电压形成回路采用电抗变换器

优点：

线性范围较大，铁芯不易饱和，有移相作用，另外，其抑制非周期分量的作用在某些应用中也可能成为优点

缺点：

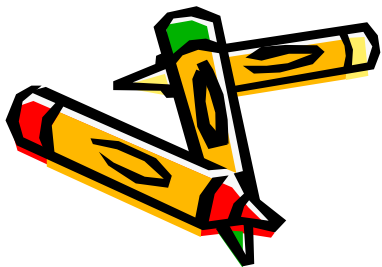
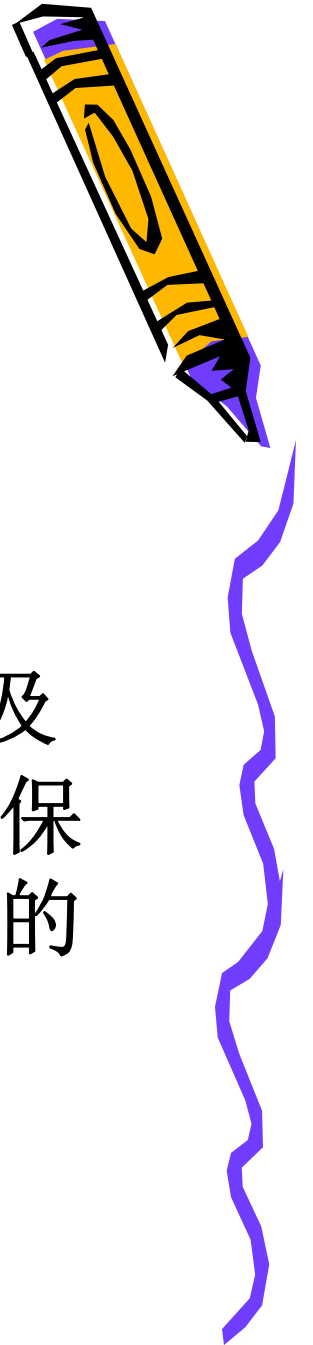
阻止直流，放大高频分量的作用，因此当一次流过非正弦电流时，其二次电压波形将发生严重的畸变



数据采集系统

2、电压形成回路采用电流中间变换器 并在其二次侧并电阻以取得所需电压 优点：

只要铁芯不饱和，则其二次电流及
并联电阻上的二次电压的波形可基本保
持与一次电流波形相同且同相，即它的
传变可使原信息不失真。



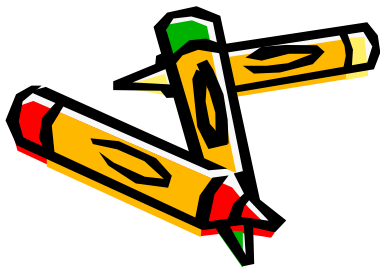
数据采集系统

二、采样保持(S / H)电路

1、作用：

在一个极短的时间内测量模拟输入量在该时刻的瞬时值，并在模拟—数字转换器进行转换的期间内保持其输出不变。

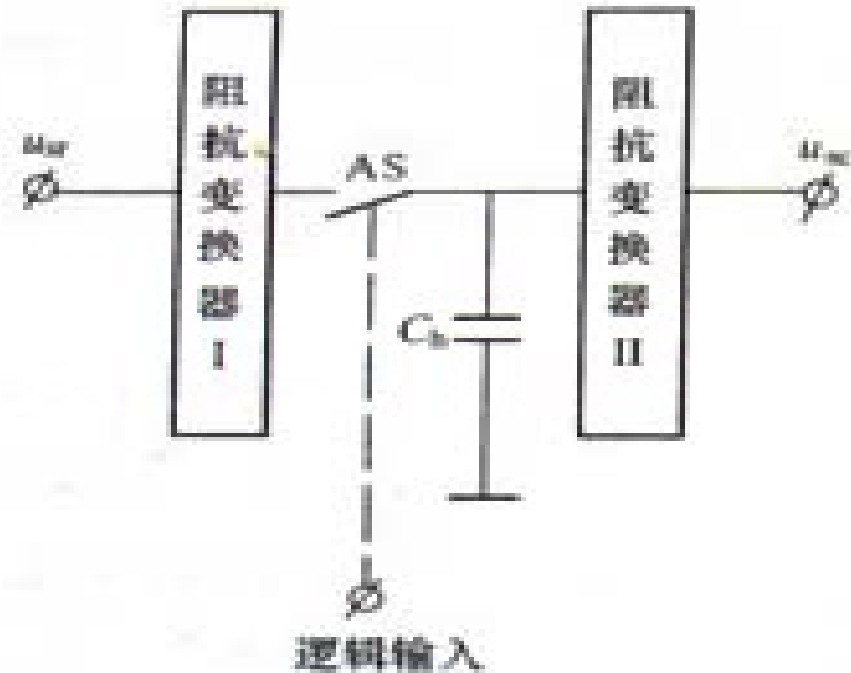
可保证模拟量的同步采集



数据采集系统

2、原理：

由一个电子模拟开关
As，电容**Ch**以及两
个阻抗变换器组成。



1) 采样：

逻辑输入端在高电平时**As**闭合，

此时，电路处于采样状态。**Ch**变化到**Uxr**输入电压值。显然这个变化时间越短越好，因而应用阻抗变换器**I**，它在输入端呈现高阻抗，而输出阻抗很低

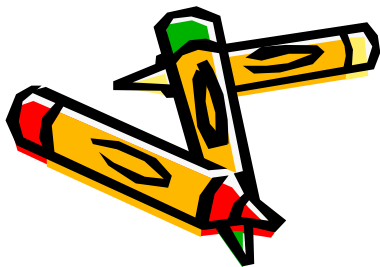
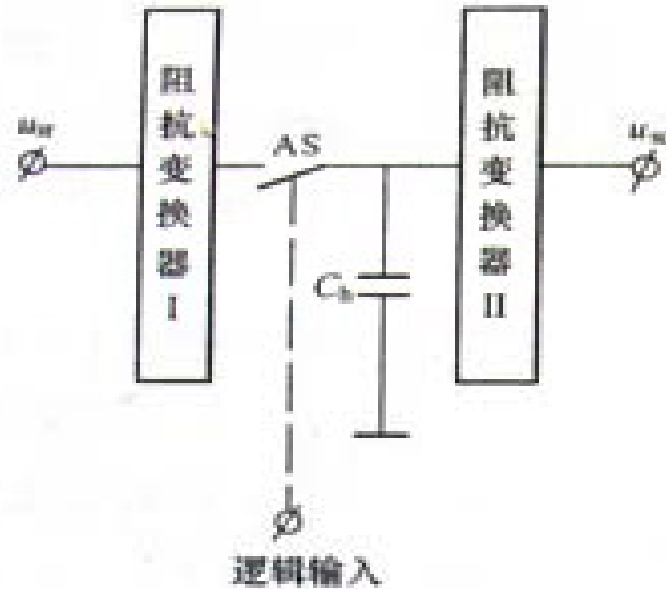


数据采集系统

2) 保持:

逻辑输入端在低电平时**AS**打开，电容**Ch**上保持住**AS**打开瞬间的电压，电路处于保持状态；

为了提高保持能力，电路中应用了另一个阻抗变换器，它对**Ch**呈现高阻抗，而输出阻抗(**Usc**侧)很低，以增强带负载能力

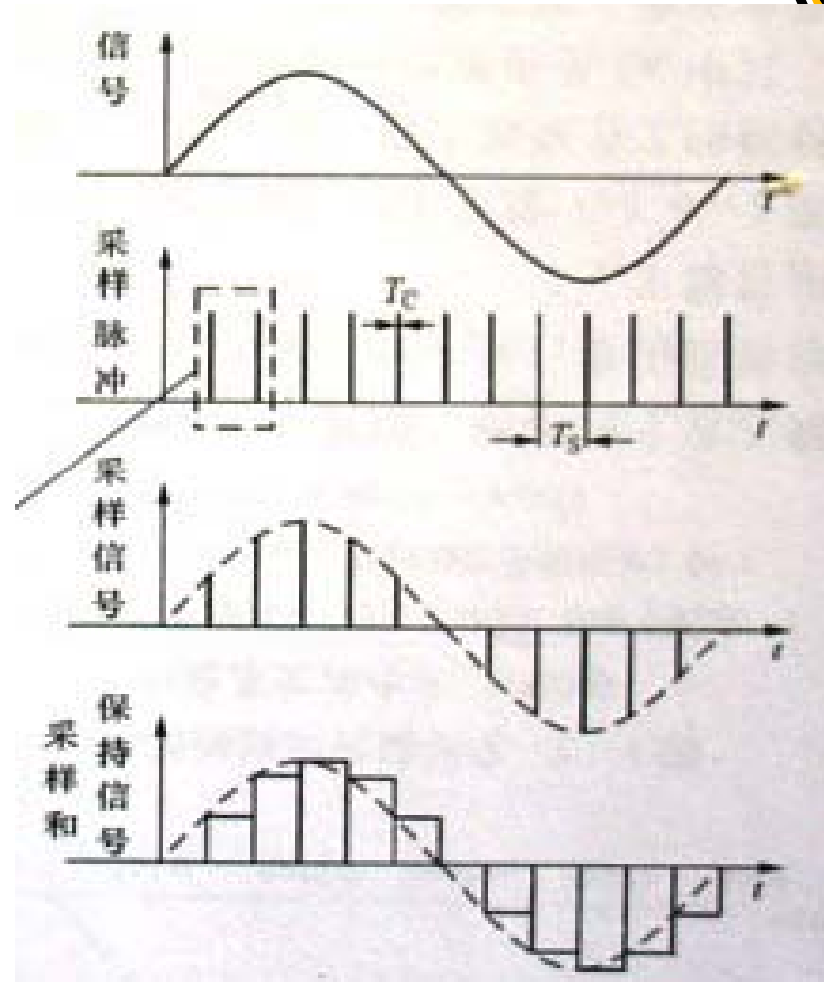
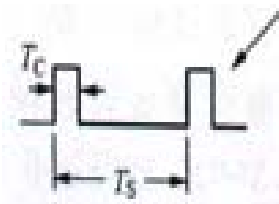


数据采集系统

3、采样保持的过程

T_c 为采样脉冲宽度， T_s 为采样周期（或称采样间隔）

采样脉冲



在保持阶段，无论何时进行模数转换，其转换结果都反映采样时刻的信息

数据采集系统

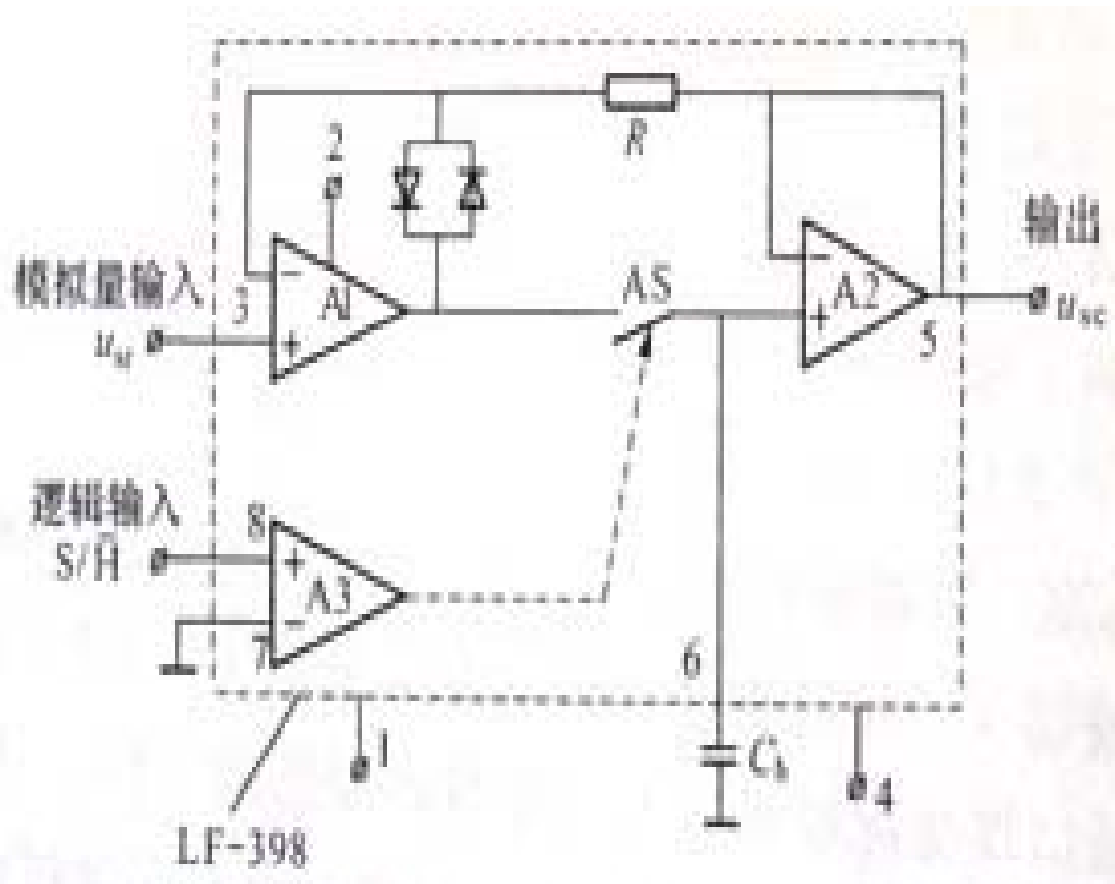
4、对采样保持电路的要求

- 1)使 C_h 上电压按一定的精度(例如误差小于0.1%)跟踪上 U_{sr} ，能准确的反映某一时刻的 U_{sr} 值;
- 2)保持时间要长（通常用下降率来表示保持能力）；
- 3)模拟开关的动作延时、闭合电阻和开断时的漏电流要小。

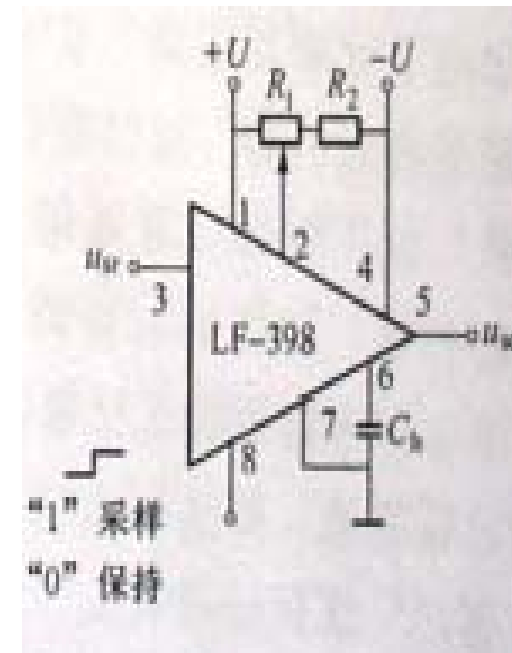


数据采集系统

5、采样保持芯片LF-398



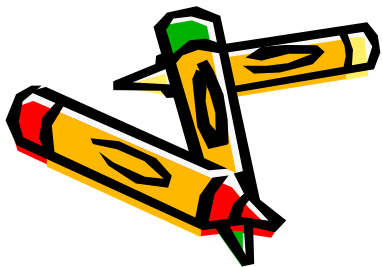
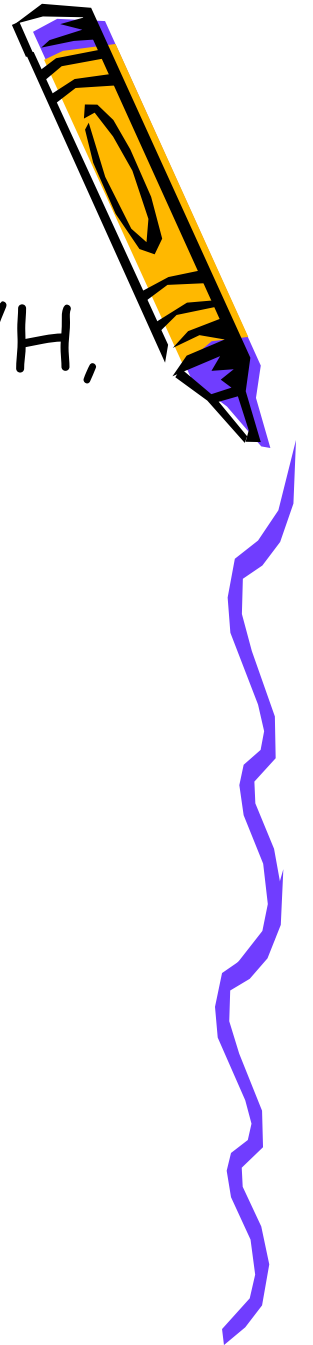
原理图



实用接线

数据采集系统

- 目前有些模数转换芯片内部已包含S/H, 如AD7865, MAX125;



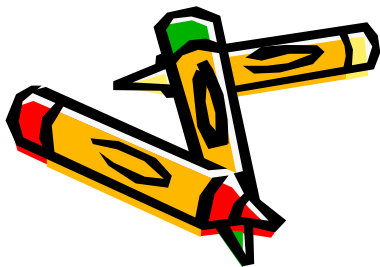
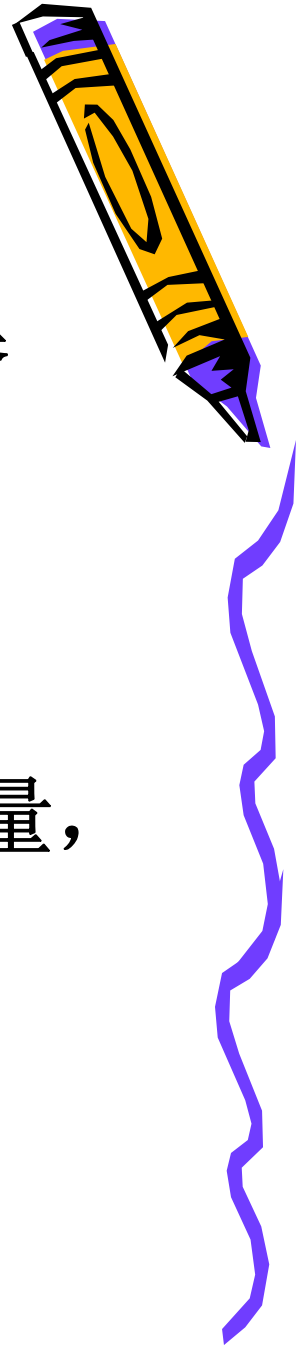
数据采集系统

三、采样频率的选择和模拟低通滤波器(ALF)

1、采样频率的选择

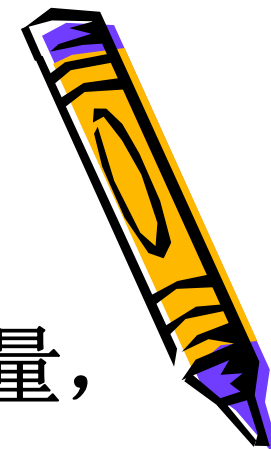
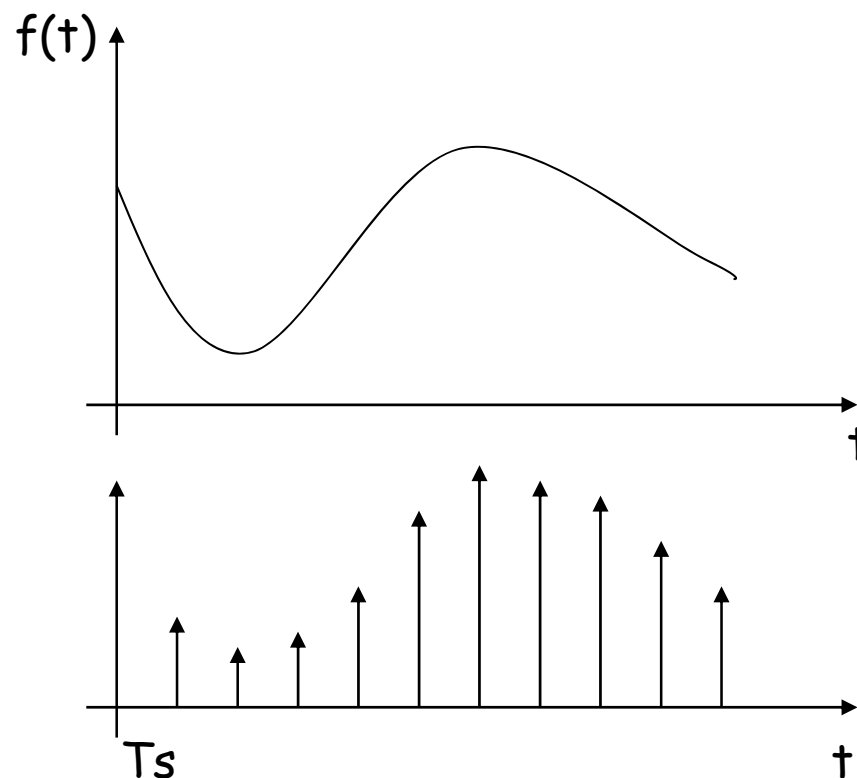
- 采样

在给定的时刻对连续的信号进行测量，称为对连续信号的采样。



- 理想采样

每隔一个相同时间间隔进行一次测量，
称为理想采样。



- 采样周期 T_s
- 采样频率

采样间隔 T_s 的倒数称为采样频率 f_s

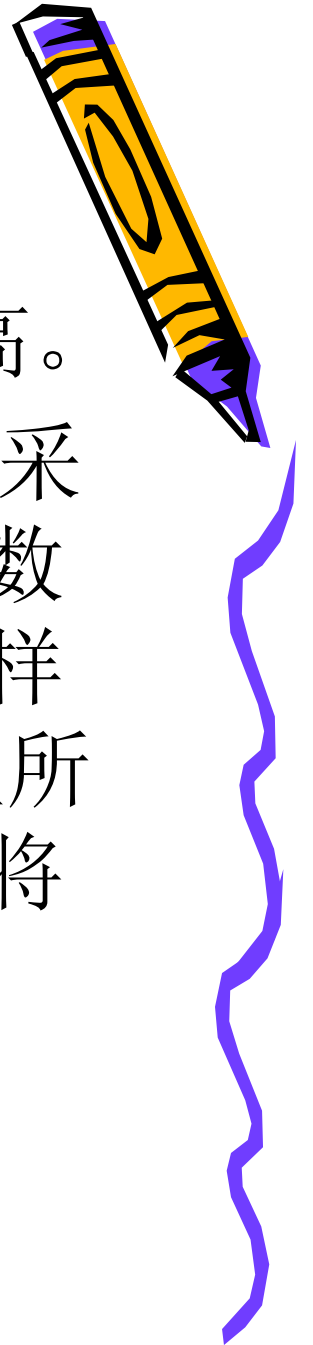
$$f_s = 1/T_s$$



数据采集系统

1) 采样频率越高，要求CPU的速度越高。

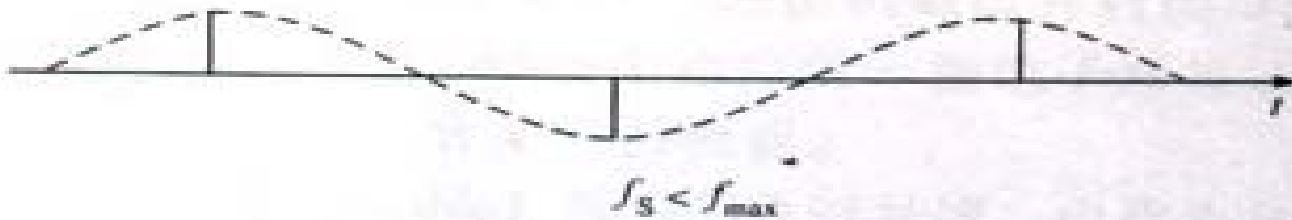
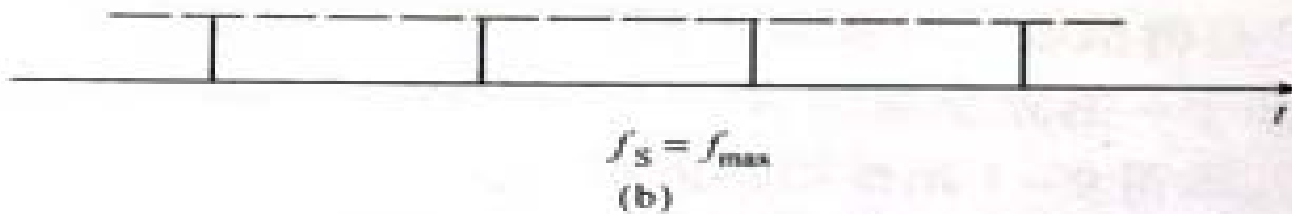
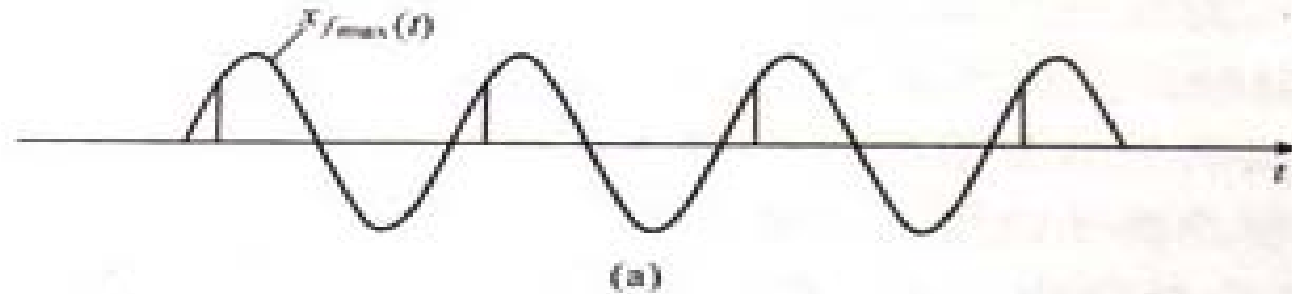
因为微机保护是一个实时系统，数据采集系统以采样频率不断地向CPU输入数据，CPU必须要来得及在两个相邻采样间隔时间 T_s 内处理完对每一组采样值所必须作的各种操作和运算，否则CPU将跟不上实时节拍而无法工作。



数据采集系统

2) 采样频率过低:

不能真实地反映被采样信号的情况

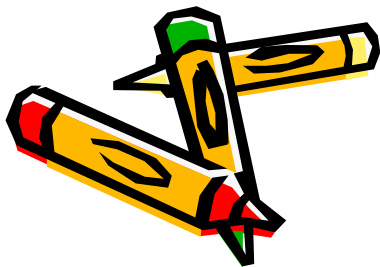
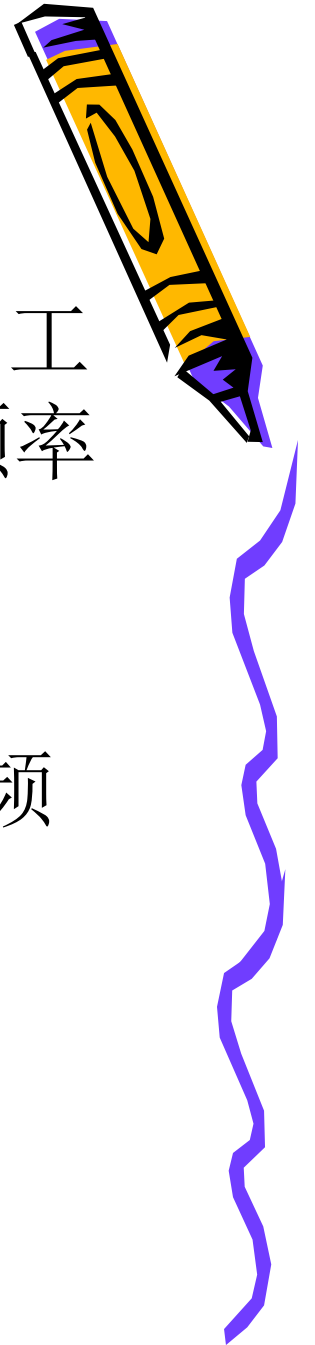


数据采集系统

3) 采样频率 f_s 必须大于 f_{\max} 的二倍（工程中一般取2~3倍），否则将造成频率混叠（采样定理）

f_{\max} 为被采样信号 $x(t)$ 中含有的最高频率

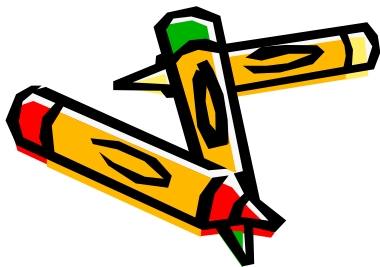
常用： $T_s = 5/3\text{ms}$, 相当工频 30°



数据采集系统

讨论:

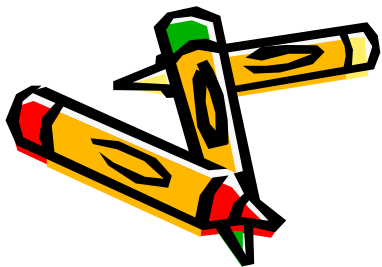
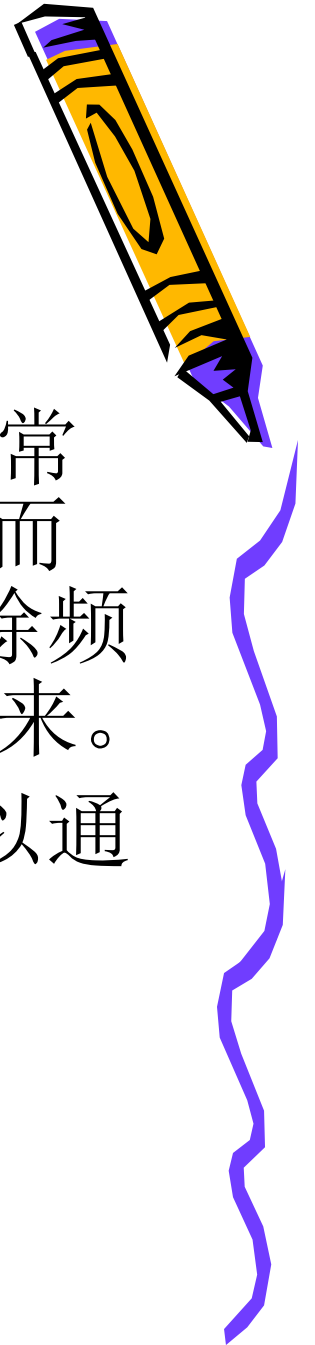
- 对微机保护系统来说, 在故障初瞬, 电压、电流中可能含有相当高的频率分量(例如2kHz以上), 为防止混叠, f_s 将不得不用得很高, 从而对硬件速度提出过高的要求
- 目前大多数的微机保护原理都是反映工频量的, 可以在采样前用一个低通模拟滤波器(ALF)将高频分量滤掉, 这样就可以降低 f_s , 从而降低对硬件提出的要求



数据采集系统

2、模拟低通滤波器(ALF)

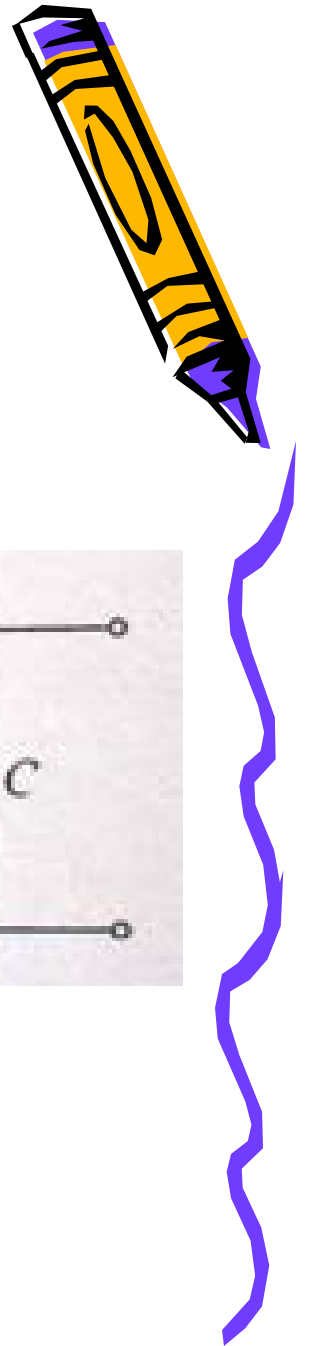
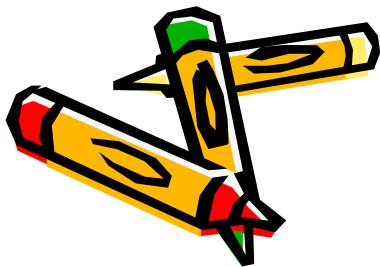
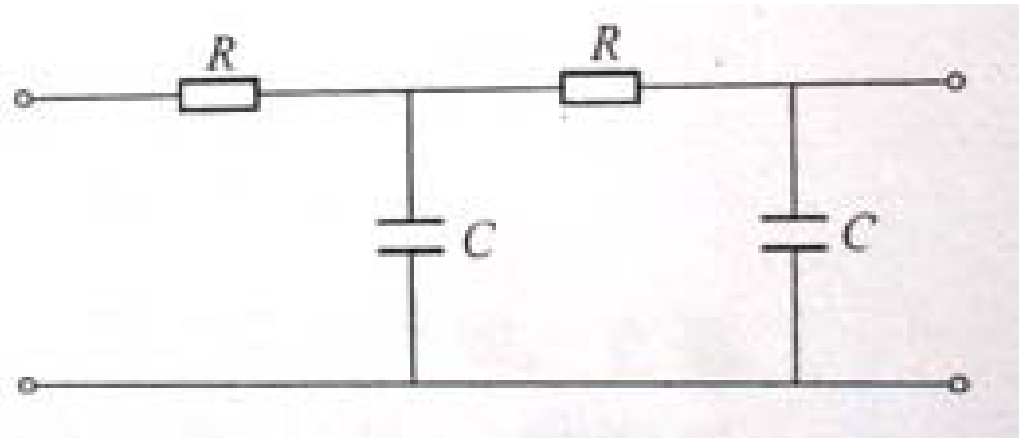
- 由于数字滤波器有许多优点，因而通常并不要求ALF滤掉所有的高频分量，而仅用它滤掉 $f_s / 2$ 以上的分量，以消除频率混叠，防止高频分量混到工频附近来。
- 低于 $f_s / 2$ 的其他暂态频率分量，可以通过数字滤波来滤除。



数据采集系统

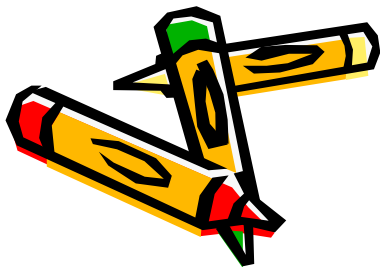
- 模拟低通滤波器(ALF)举例

RC低通滤波器



数据采集系统

- 采用**ALF**消除频率混叠问题后，采样频率的选择很大程度上取决于保护的原理和算法的要求，同时还要考虑硬件的速度问题。大多数微机保护的采样间隔 **T_s** 都在 **$0.5 \sim 2ms$** 的范围内
- 例如一种常用的采样频率是使采样间隔 **$f_s = 5 / 3ms$** ，这正好相当于工频 **30°** ，因而可以很方便地实现 **30°** ， **60°** ，或 **90°** 移相，从而构成负序滤过器等。



数据采集系统

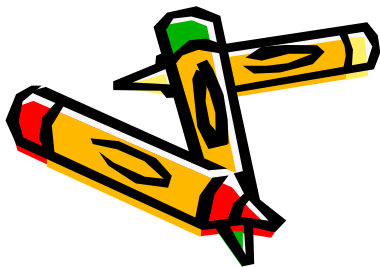
四、模拟量多路转换开关(MPX)

1) 作用:

在任意时刻, 只把一路模拟信号接入
A/D芯片的输入端, 进行模数转换。

实现: 所有采样保持器的逻辑输入端并联
后由定时器同时供给采样脉冲。在保持
期间, 经MPX轮流进行A/D转换后, 将
结果存入指定的存储区, 待计算。

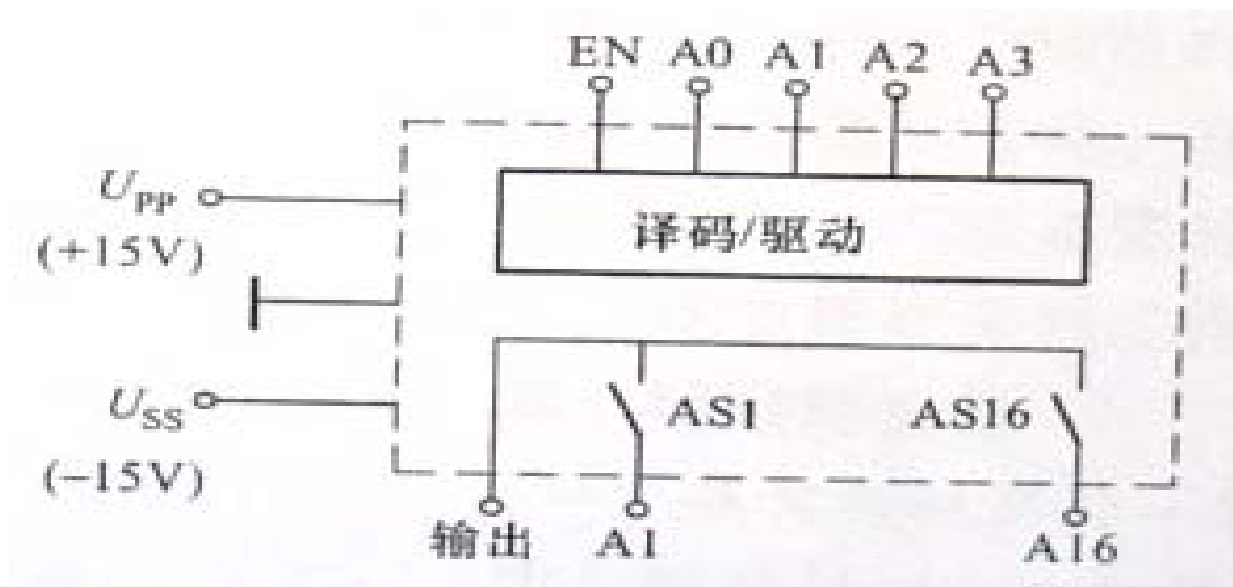
所有
同时



数据采集系统

2) 组成

多路转换开关包括选择接通路数的二进制译码电路和由它控制的各路电子开关



16路多路转换开关AD7506内部组成



数据采集系统

五、模数转换器(A / D转换器或称ADC)

由于计算机只能对数字量进行运算，而电力系统中的电流、电压信号均为模拟量，因此必须采用模数转换器将连续的模拟量变为离散的数字量。

模数转换器可以认为是一编码电路。它将输入的模拟量相对于模拟参考量的值经一编码电路转换成数字量输出



数据采集系统

1、基本原理

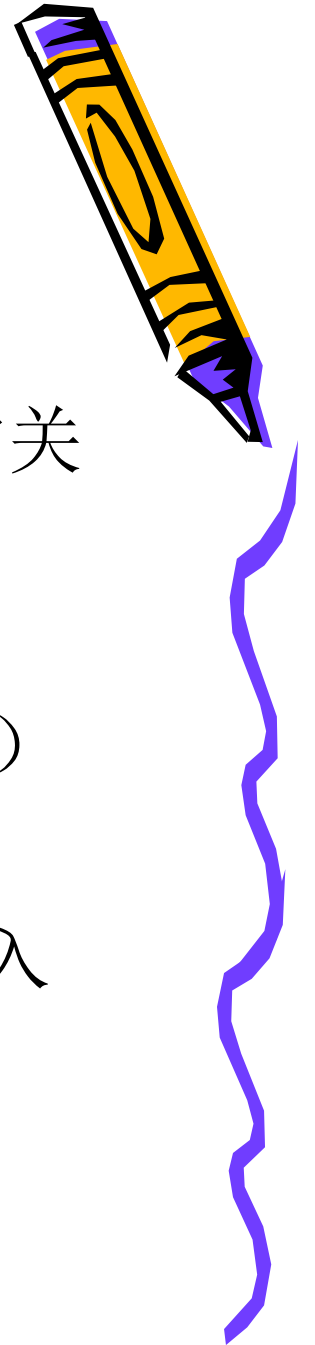
- 一个理想的 **A / D** 转换器，其输出与输入的关系式为：

$$D = U_{sr} / U_R$$

D: 小于**1**的二进制数（与**A/D**进位技术有关）

U_{sr}: 输入电压

U_R: 参考电压，也反映了模拟量的最大 输入
值



数据采集系统

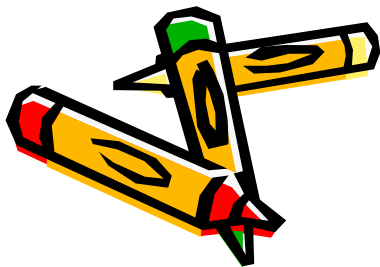
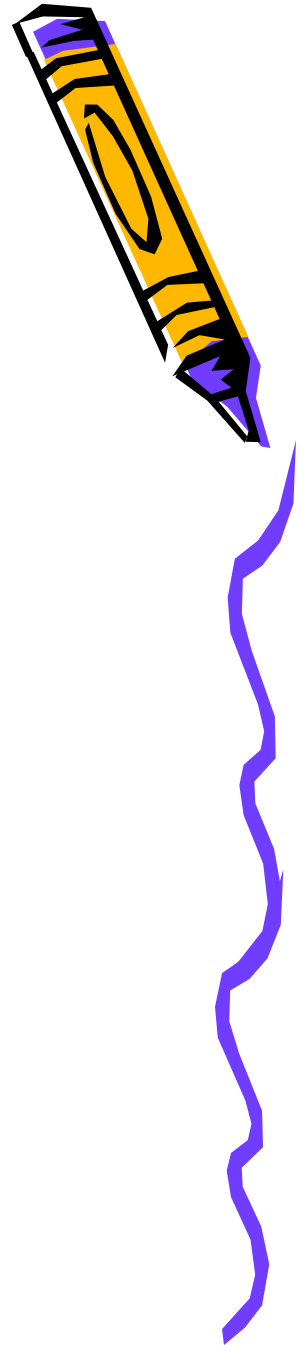
对于单极性的模拟量，D可表示为：

$$D = B_1 \times 2^{-1} + B_2 \times 2^{-2} + \dots + B_n \times 2^{-n}$$

B_1 为其最高位常用英文缩写MSB表示

B_n 为最低位，英文缩写为LSB

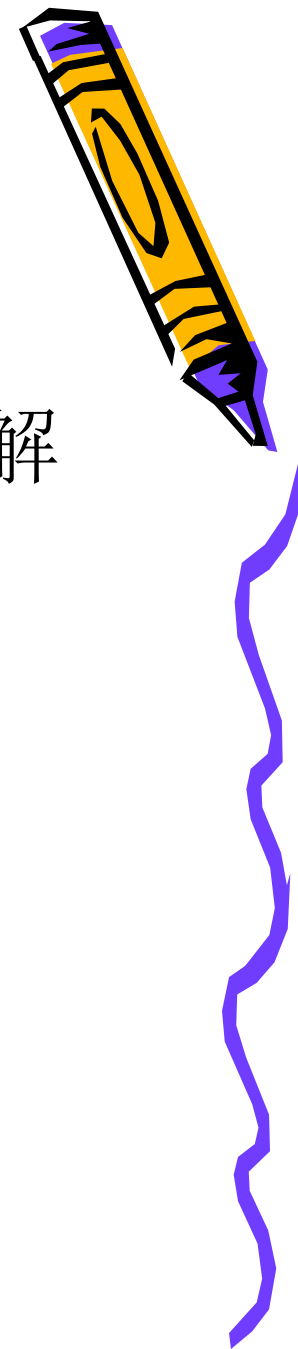
n 为ADC的位数， n 越大则误差越小
量化误差 $q = U_R / (2^n)$



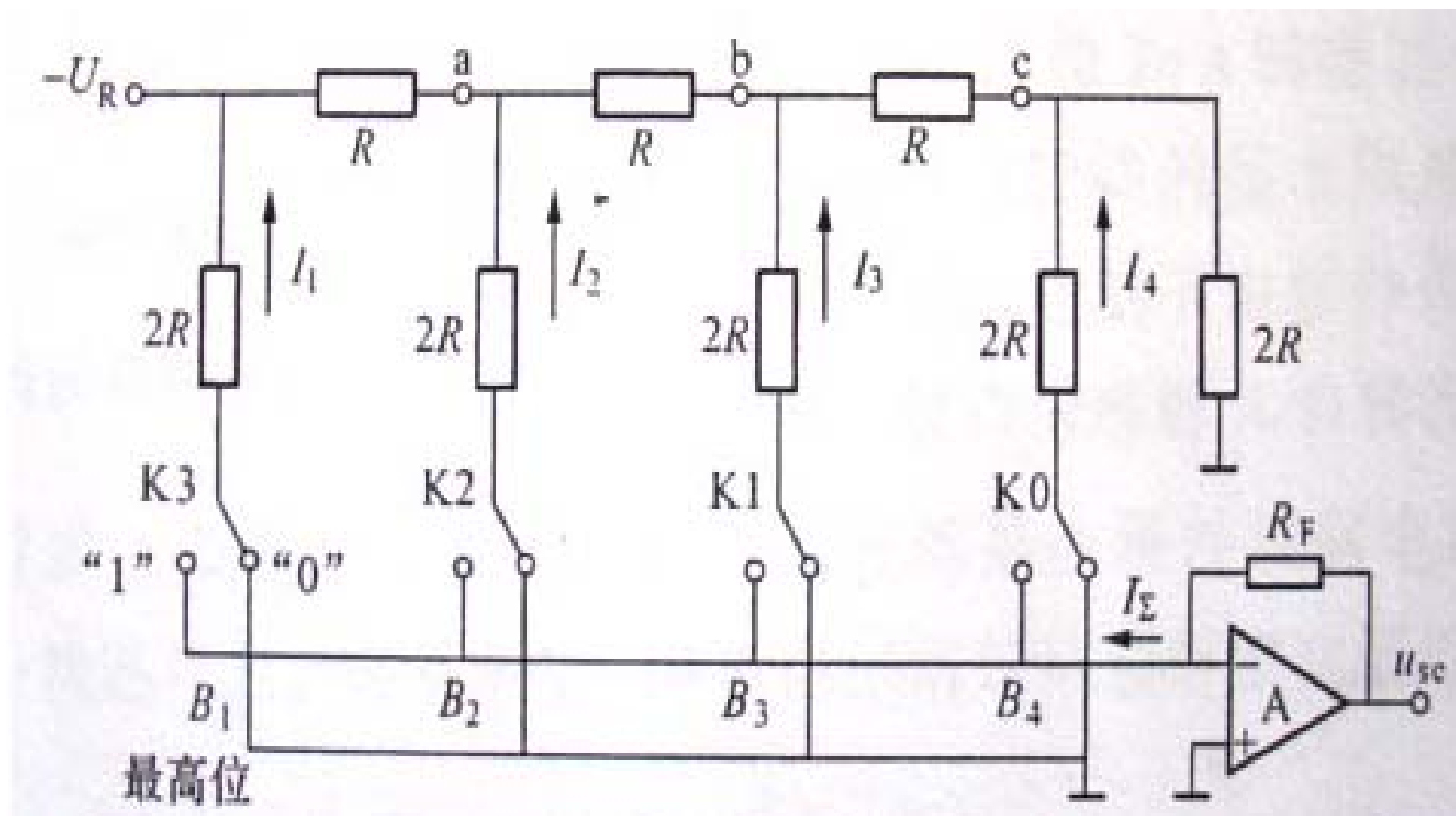
数据采集系统

2、DAC（数模转换）的基本原理

- 数模转换器的作用是将数字量 D 经一解码电路变成模拟电压输出



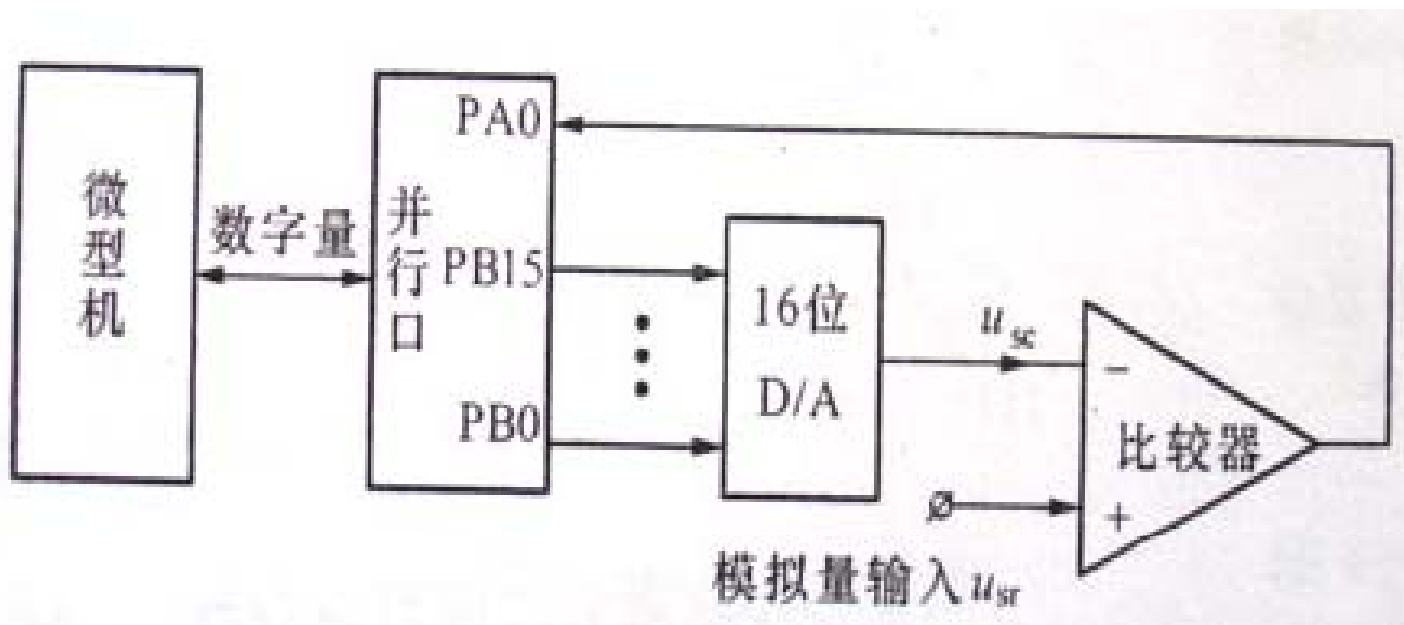
数据采集系统



4位数模转换器的原理图

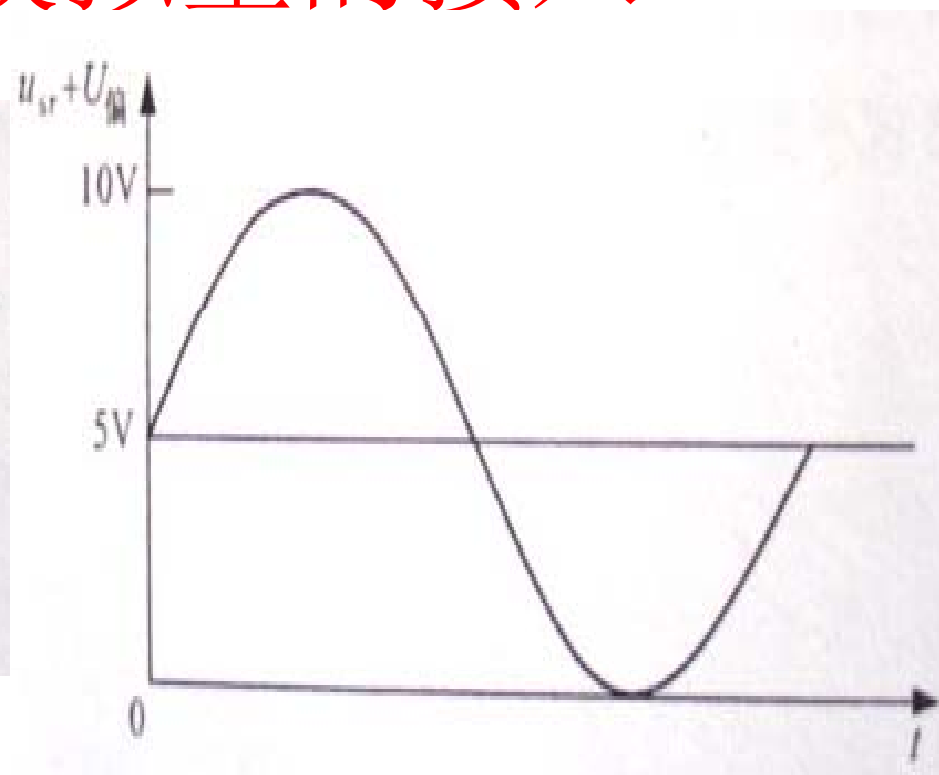
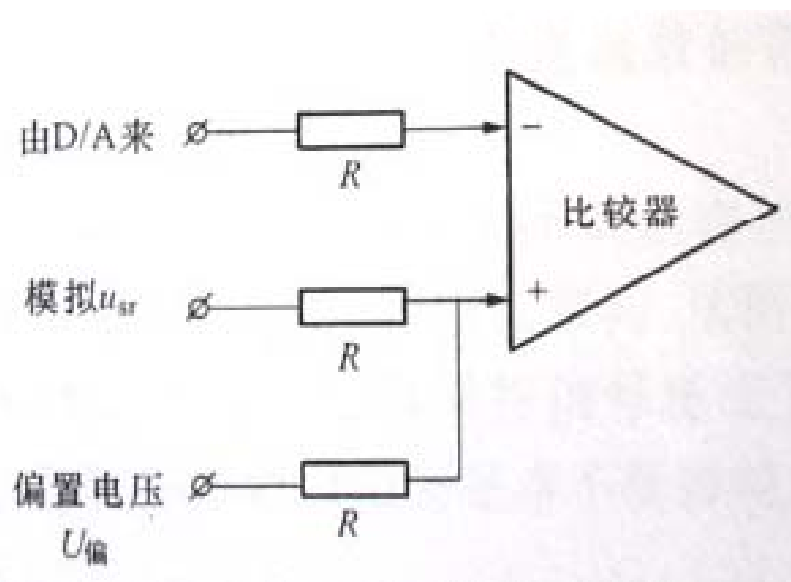
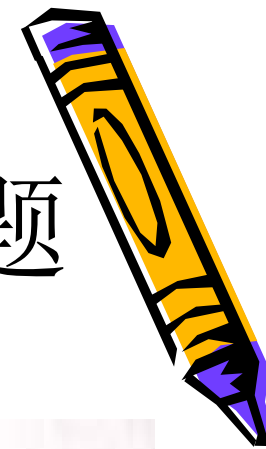
数据采集系统

3、逐次比较ADC的基本原理



数据采集系统

4、继电保护需特殊考虑的问题 --双极性模拟量的接入



单极性ADC的双
极性连接法

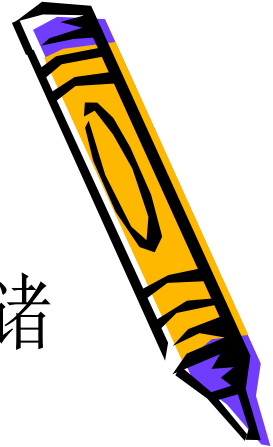
加偏置电压后输入双极性波形

数据采集系统

5、数据采集系统的控制和A/D数据存储

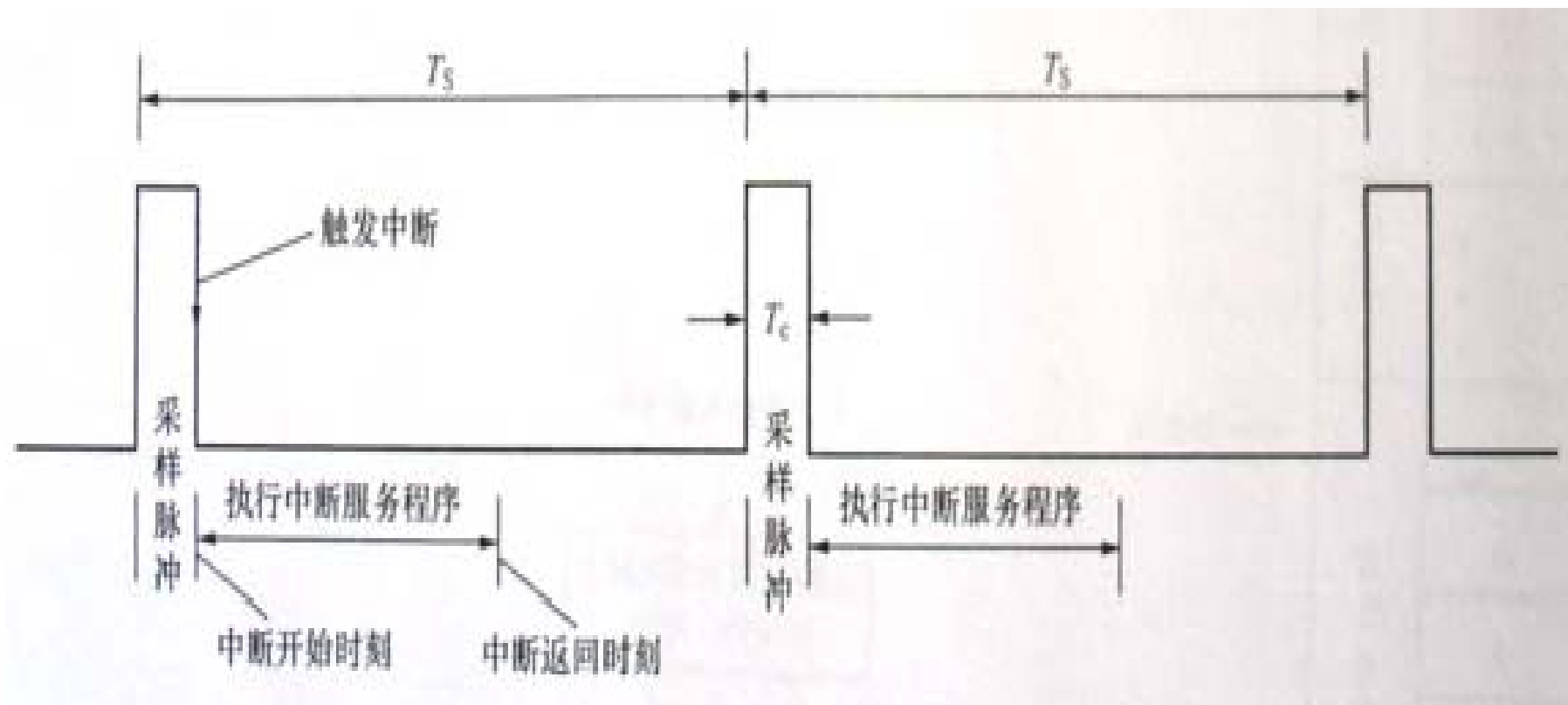
1) 采样中断:

- 采样脉冲由定时器产生;
- 利用采样脉冲的下降沿作为微型机的中断信号;
- 将完成数据采集系统功能的中断设置为优先级最高;
- 实时、快速数据采集与A/D数据存储并与采样脉冲同步;



数据采集系统

2) 采集系统与采样脉冲间的时序关系



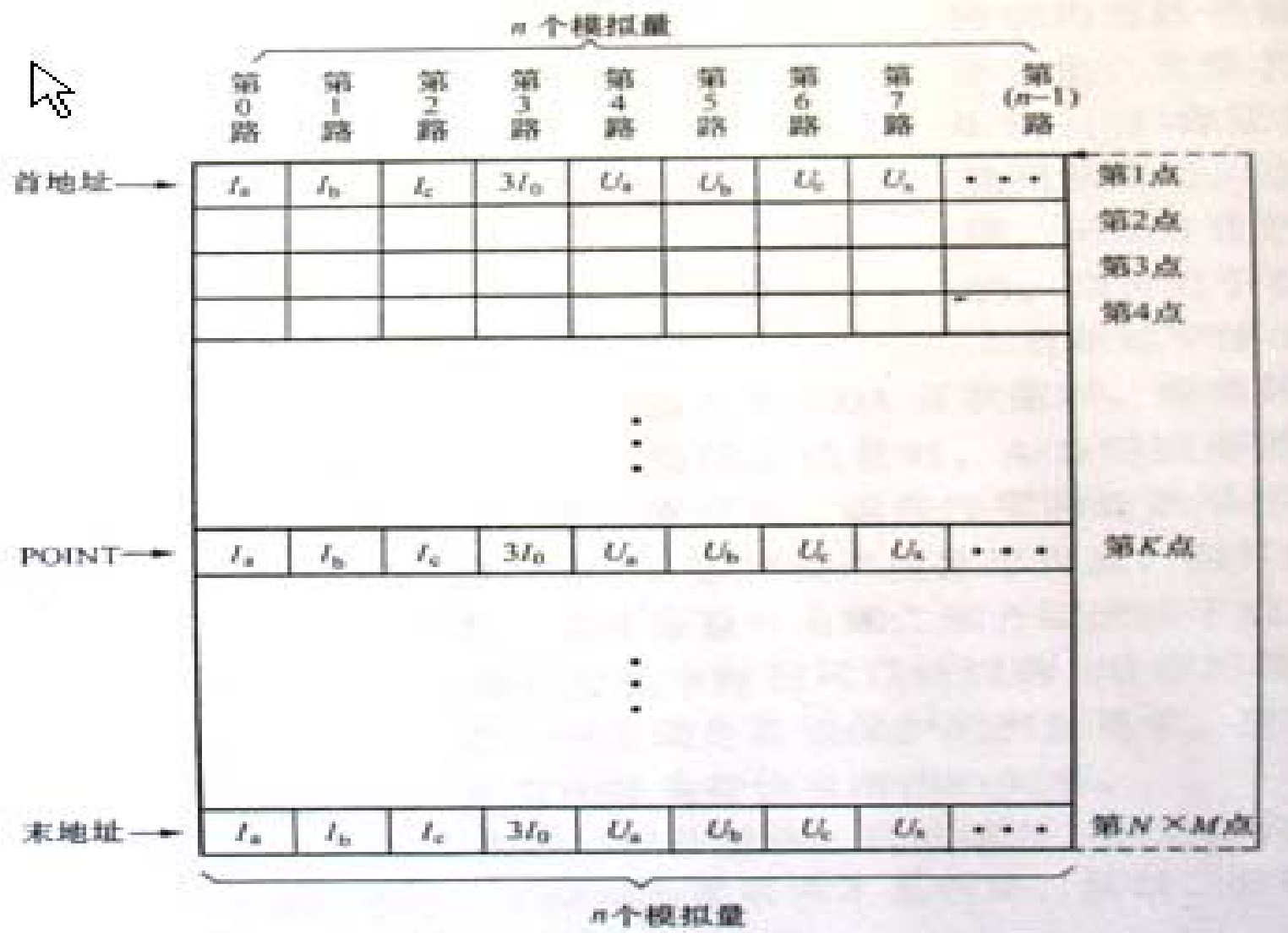
数据采集系统

- 每一个采样信号 T_c 到来时，由采样脉冲控制采样保持器，对所有模拟量同时采样，保持同时性；
- 采样信号结束时，采样脉冲下降沿触发一次中断，在中断服务程序中完成数据采集系统的控制和数据存储。



数据采集系统

3) 数据存储

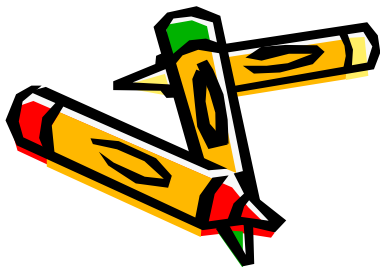
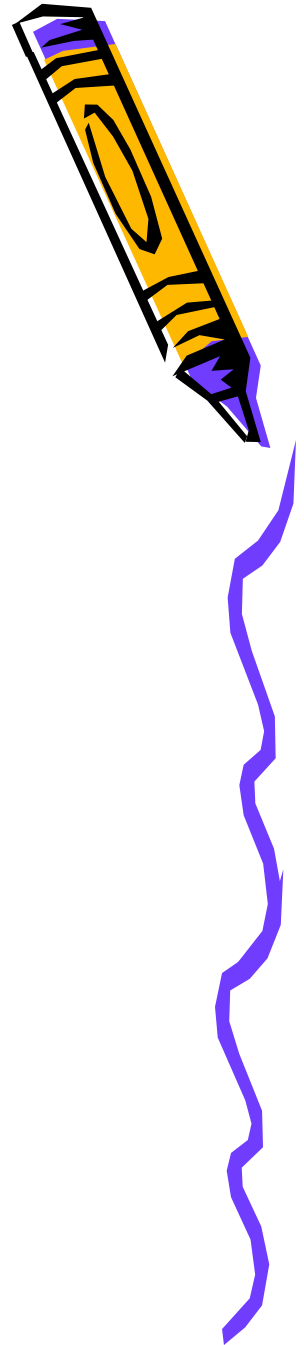


数据采集系统

6、微机保护对模数转换器的主要要求：

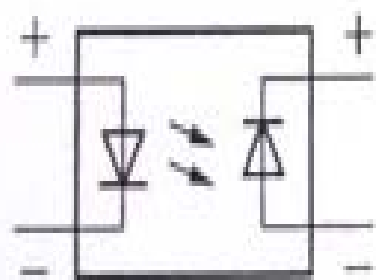
两个指标：

转换时间和数字输出的位数。

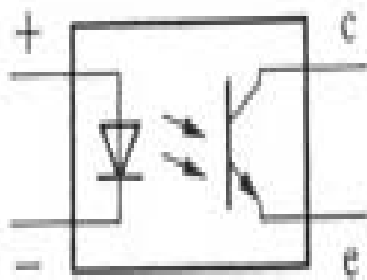


2-3 开关量输入及输出电路

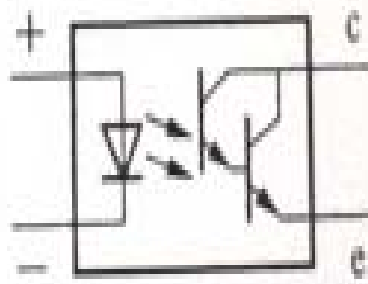
一、光电隔离



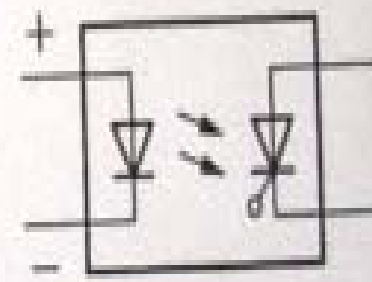
(a)



(b)



(c)



(d)

光隔离器的几种类型

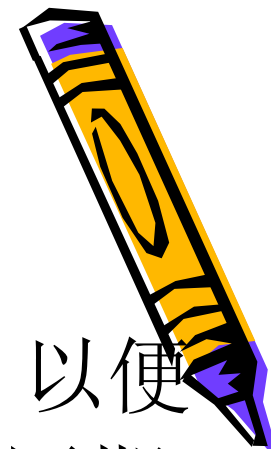
(a) 二极管型；(b) 三极管型；(c) 达林顿型；(d) 晶闸管驱动型

二、开关量输入回路（Digital Input）

用于识别运行方式、运行条件等，以便控制程序的流程。如：重合闸方式、同期方式、高频保护的收讯状态、变压器保护瓦斯动作状态、油温等。

微机保护装置的开关量输入，即接点状态（接通或断开）的输入可以分成以下两大类：

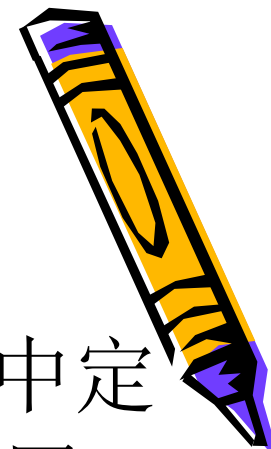
- 安装在装置面板上的接点。
- 从装置外部经过端子排引入装置的接点。

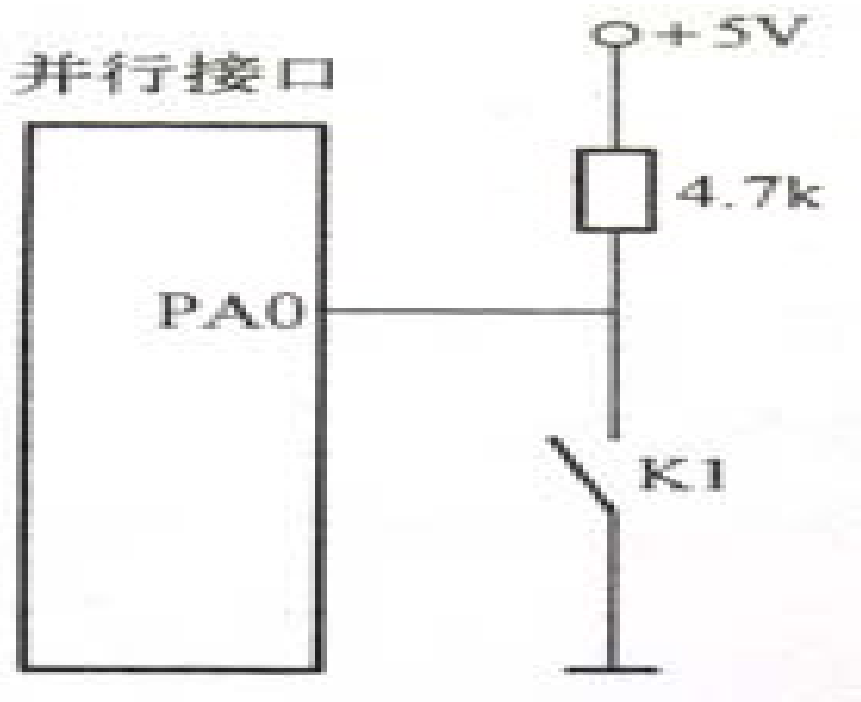


1、安装在装置面板上的接点。

用于人机对话（装置调试、运行中定期检查装置）的键盘接点以及切换装置工作方式用的转换开关等。

对于装在装置面板上的接点，可直接接至微机的并行接口，如图所示。只要在初始化时规定图中可编程的并行口的**PA0**为输入口，则**CPU**就可以通过软件查询，随时知道图中外部接点**K**的状态。

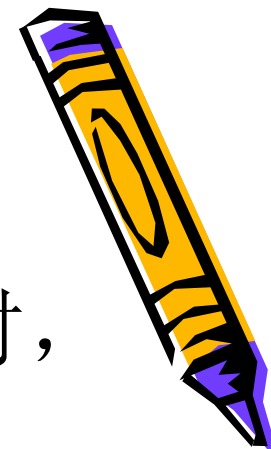




K1闭合时,
 $PA0=0$;

K1断开时,
 $PA0=1$

装置面板上的接点与微机接口连接图



2、从装置外部经过端子排引入装置的接点

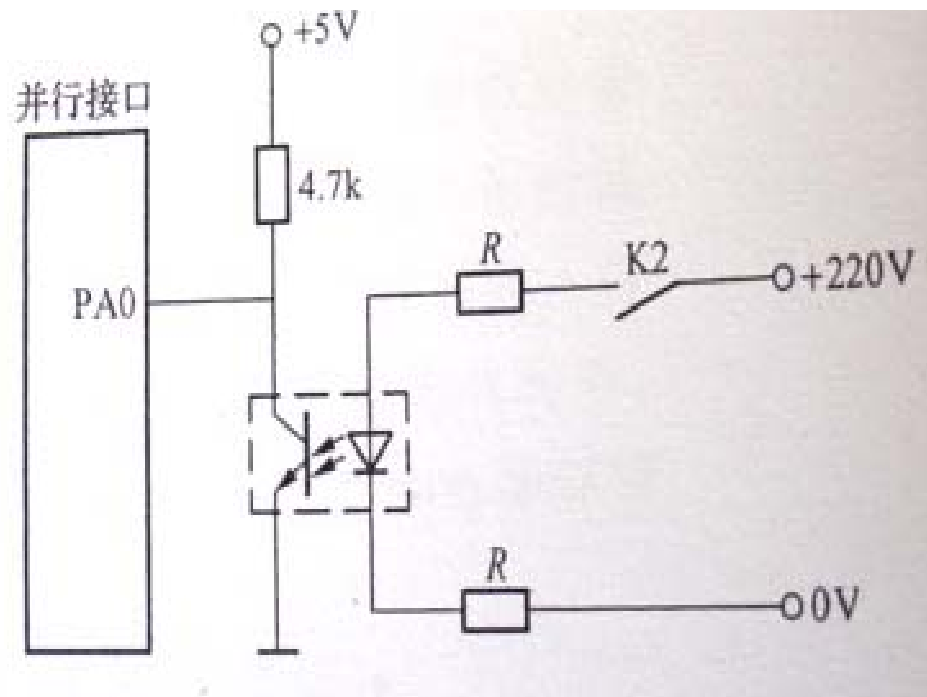
例如需要由运行人员不打开装置外盖而在运行中切换的各种压板，转换开关以及其它保护装置和操作继电器的接点等。

如也按上图接线将给微机引入干扰，故应经光电隔离如下图所示：



2、当外部接点**K2**接通时，有电流通过光电器件的发光二极管回路，使光敏三极管导通。**K2**打开时，则光敏三极管截止。

三极管的导通和截止完全反映了外部接点的状态，如同将**K2**接到三极管的位置一样。



利用光电耦合的性能与特点，既传递开关**K2**的状态信息，又实现两侧电气隔离，可大大削弱干扰。



三、开关量输出回路

1、保护的跳闸出口、本地和中央信号

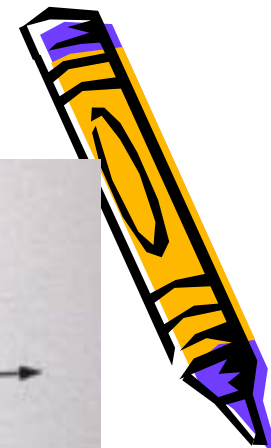
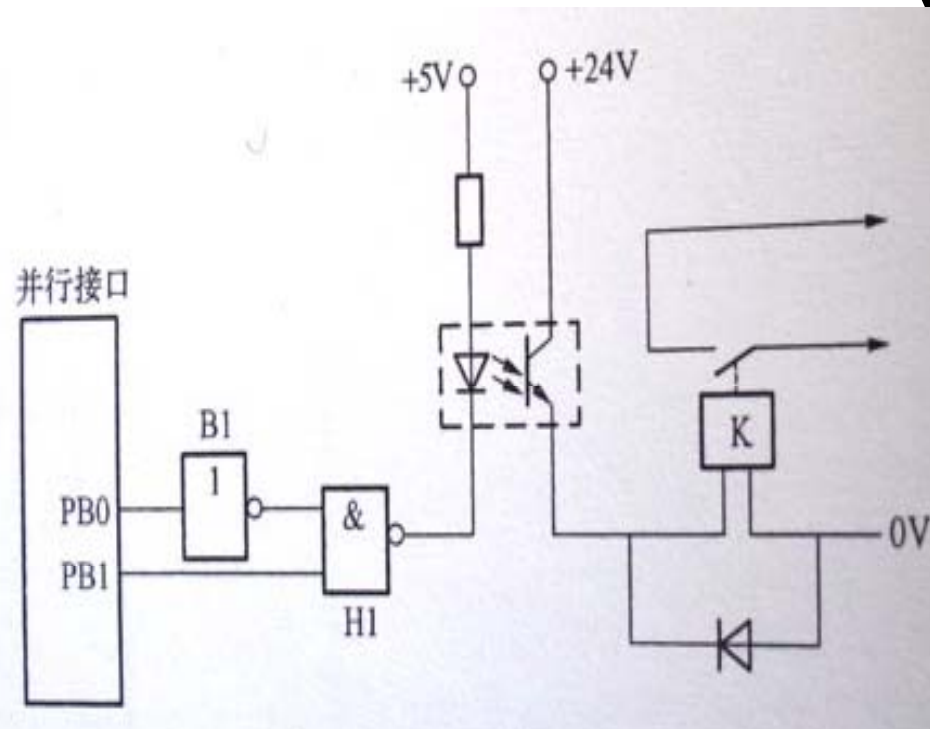
开关量输出主要包括保护的跳闸出口、本地和中央信号、通信接口、打印机接口等。

一般都采用并行接口的输出口来控制有接点继电器(干簧或密封小中间继电器)的方法，但为提高抗干扰能力，最好也经过一级光电隔离。



PB0输出“0”，
PB1输出“1”，
使与非门H1输出低电平，光敏三极管导通，继电器J被吸合。

在初始化和需要继电器J返还时，应使PB0输出“1”，PB1输出“0”。



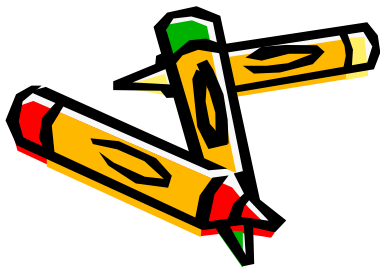
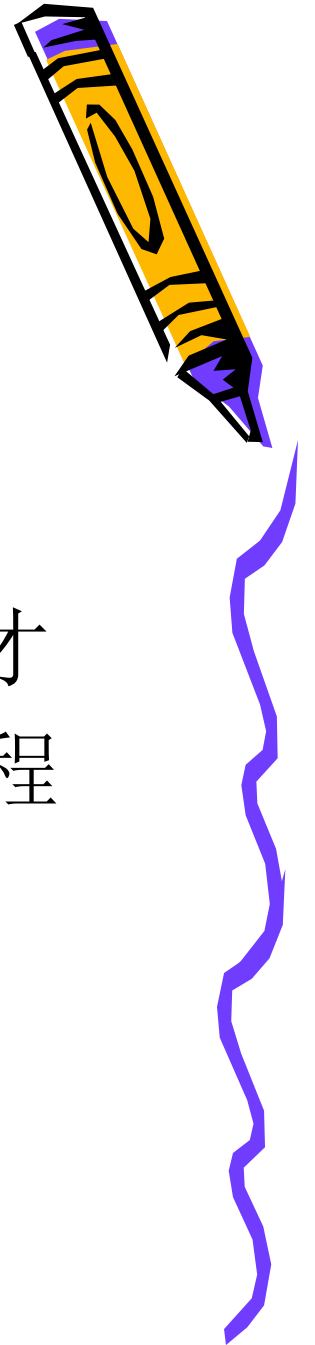
- 设置“反相器**B1**及与非门**H1**”的原因：

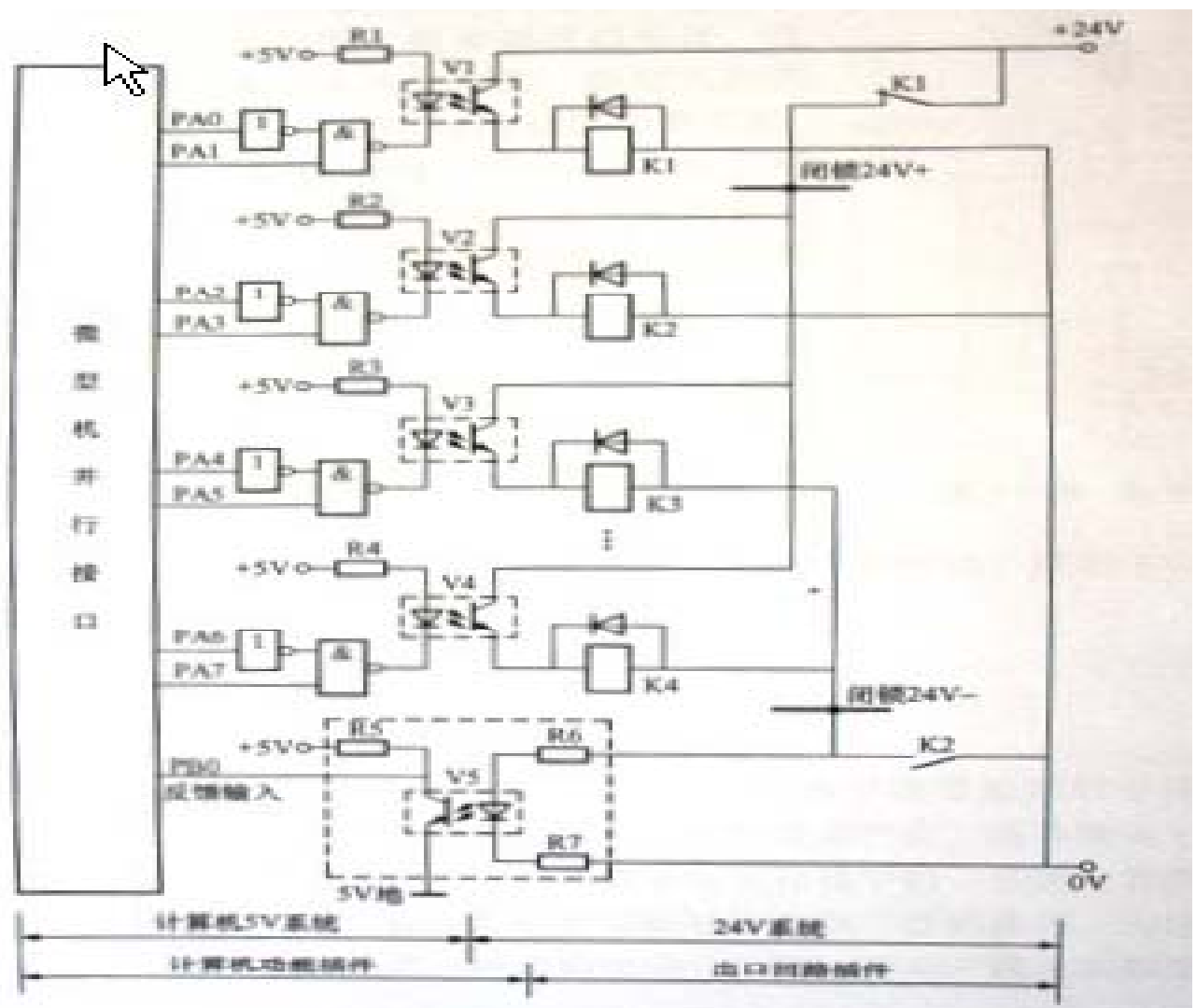
- 1) 增加并行口带负载能力

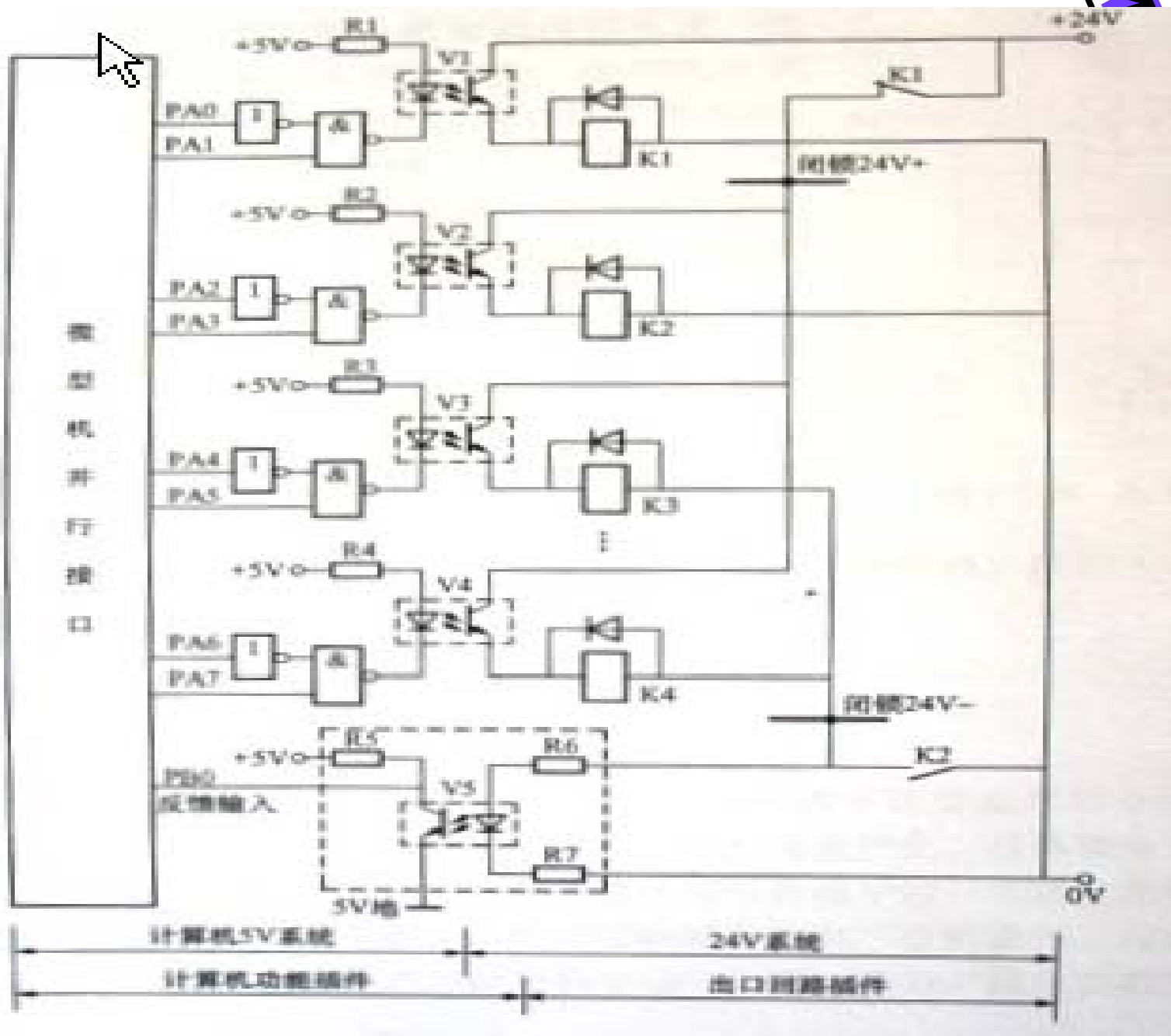
- 2) 增加抗干扰能力

因为采用与非门后要满足两个条件才能使**K**动作，可防止拉合直流电源的过程中继电器**K**的短时误动。

-

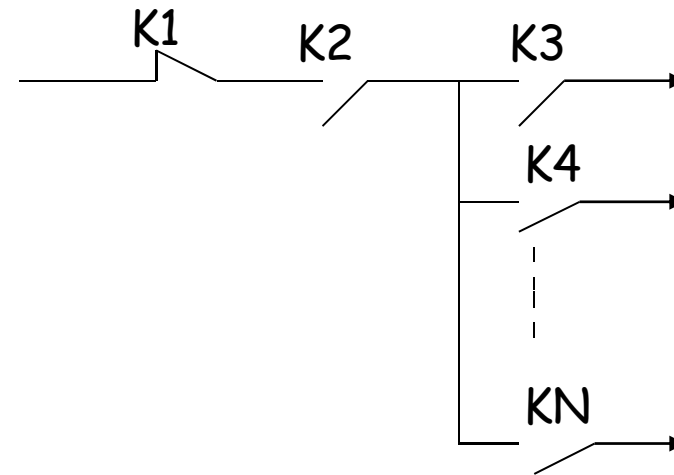






- K1:常闭接点
- K2.....KN: 常开接点;

CPU将并口PA0~PA7设成输出方式; PB0
设为输入方式。

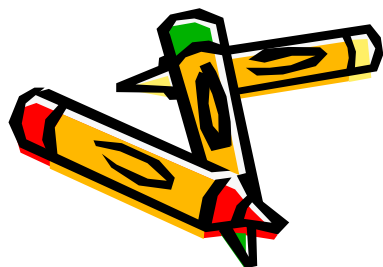


接点逻辑示意图



满足**4**个条件，出口继电器才动作：

- 告警继电器**K1**不动；
- 启动继电器**K2**动作；
- 出口继电器线圈所在回路的光隔导通；
- 在出口继电器线圈上施加动作值以上工作电压，且持续到继电器接点闭合。



几种出口继电器典型工作情况：

- 1) 装置正常，系统无短路
- 2) 设备异常
- 3) 系统发生短路
- 4) 出口回路自检

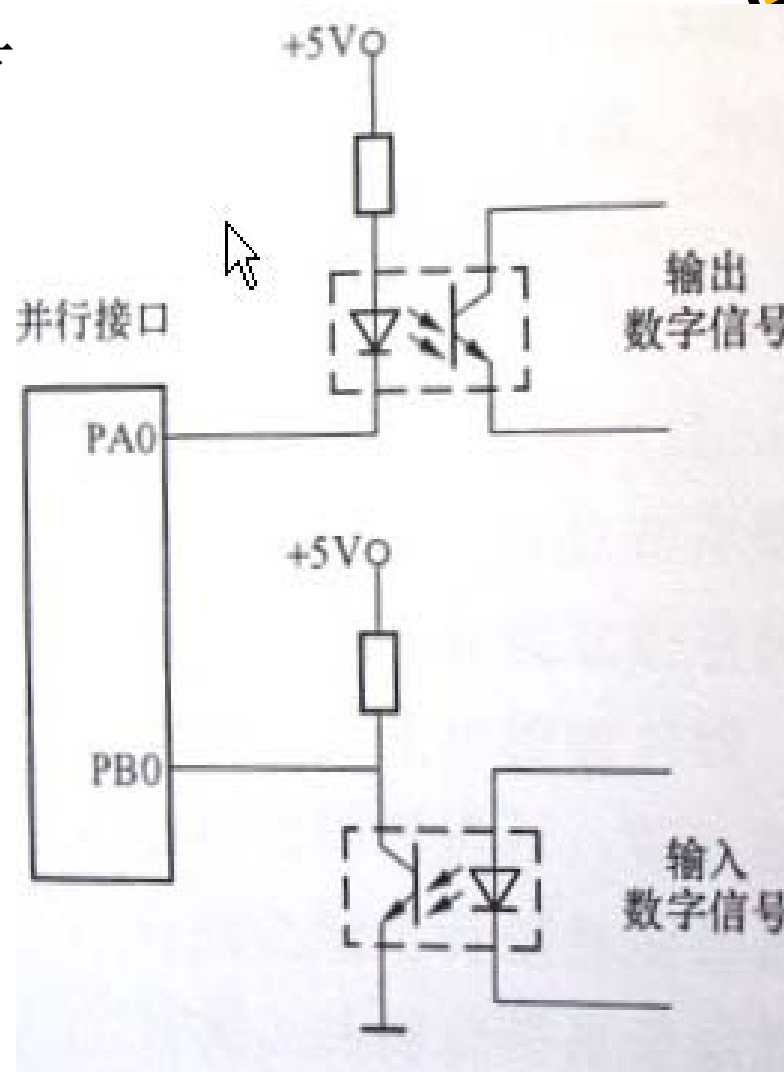


2、通信接口、打印机接口

输入和输出数字信号

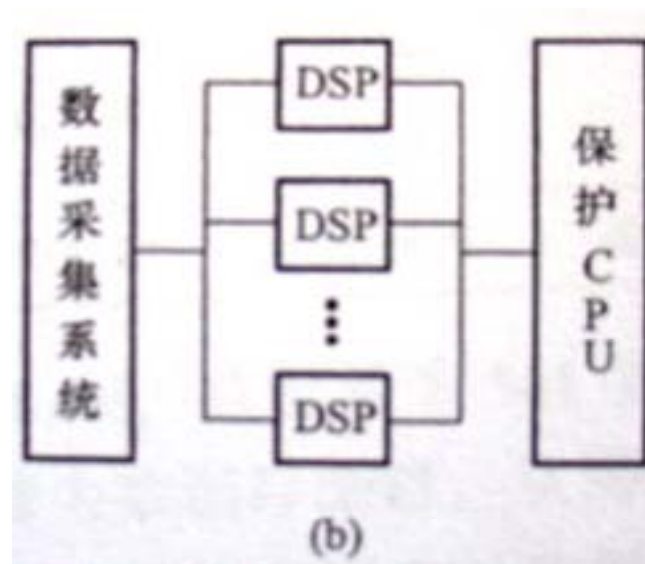
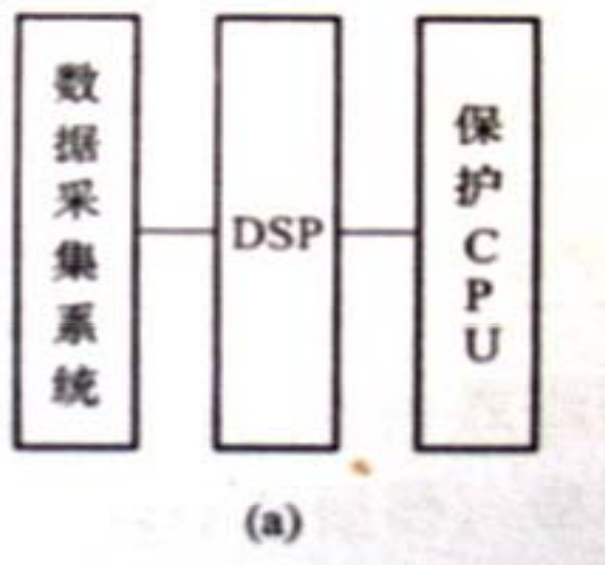
光耦作用：

实现两侧电气隔离，
提高抗干扰能力，
实现不同逻辑电平的
转换。



2.4 DSP 技术的应用

应用DSP技术后，保护模块的简要构成：



(a) 单DSP应用， (b)多DSP应用



DSP主要特点:

- 1) 哈佛结构
- 2) 管道式加快执行速度
- 3) 同时执行多个操作
- 4) 支持复杂的编址
- 5) 独立的硬件乘法器
- 6) 特殊的**DSP**指令
- 7) 多处理器接口



2.5 网络化硬件电路

一、问题：

1、继电保护种类很多

- 将不同功能软件装入一个完全通用的硬件实现所有保护的功能；
- 采用模块化思想，设计标准化插件模块，可根据功能、配置等不同要求，灵活方便的组合出需要的硬件电路；



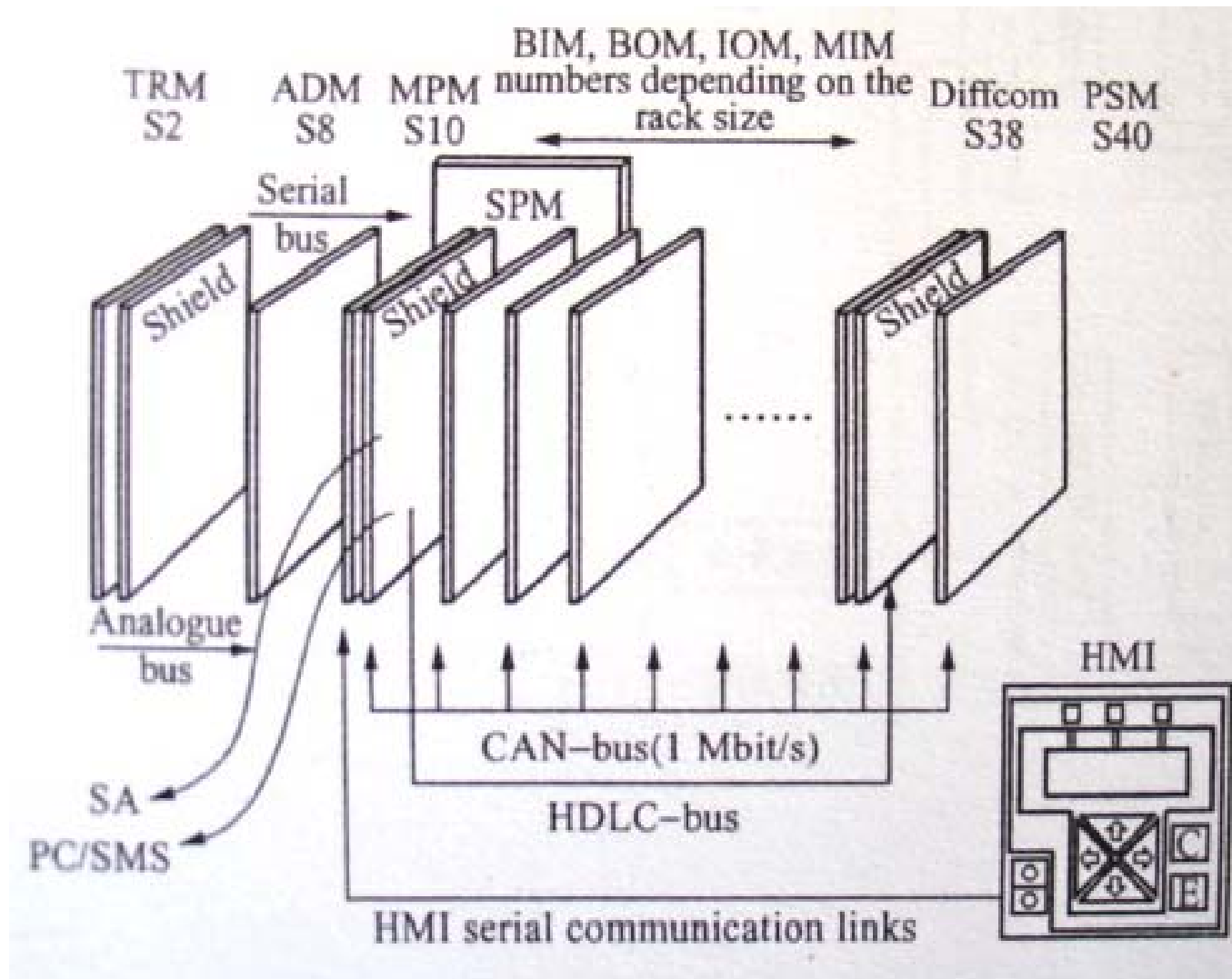
2、微机保护更新换代后，应保证保护装置对外的连接线基本保持不变。

3、保护功能插件（**CPU**）与开入、开出之间的连线受**CPU**插件的空间限制，很难做到开入、开出路数的方便扩展。



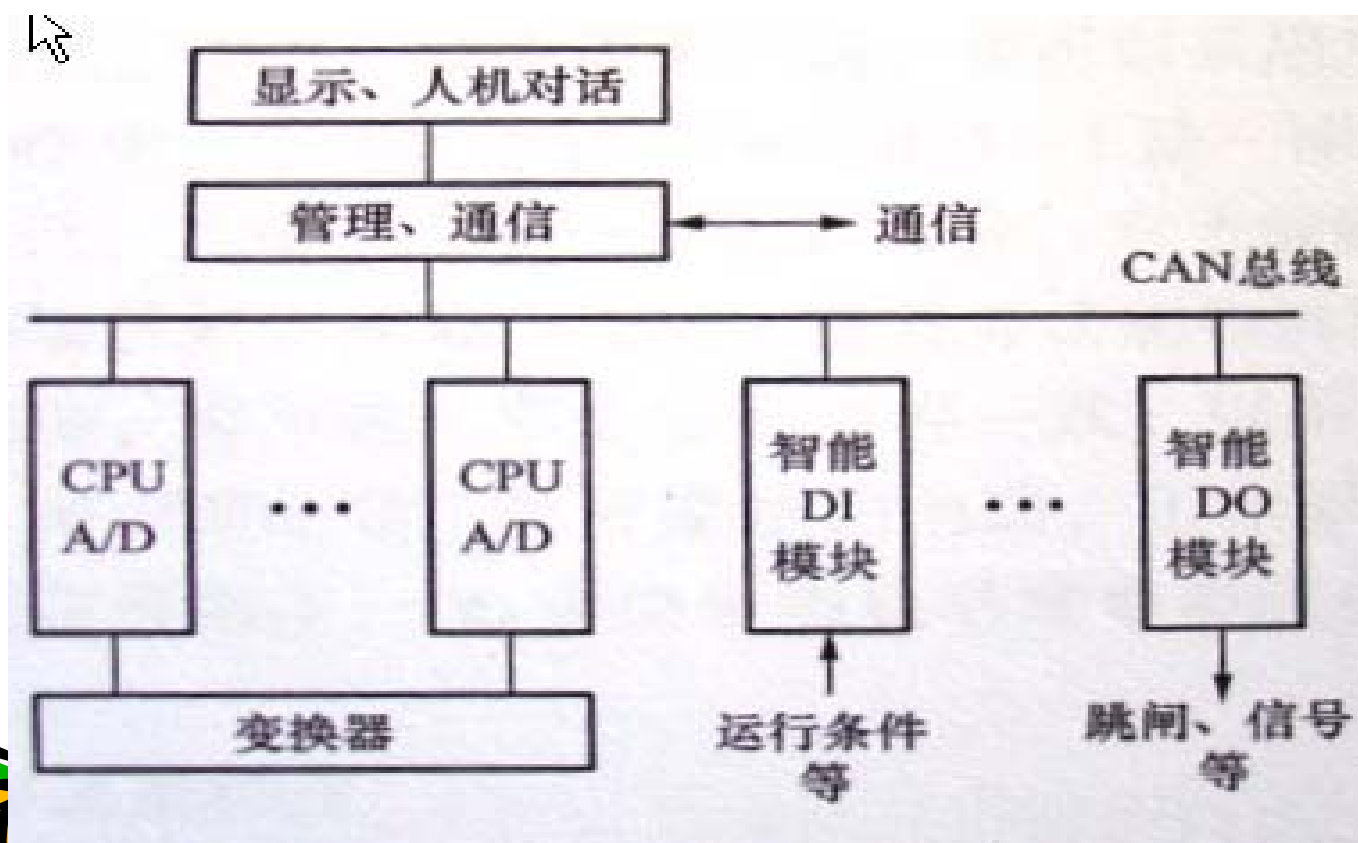
20世纪90年代中后期，GE、ABB公司等
已经在保护测控装置的设计中，将网络设计
思想引入装置内部硬件设计中。



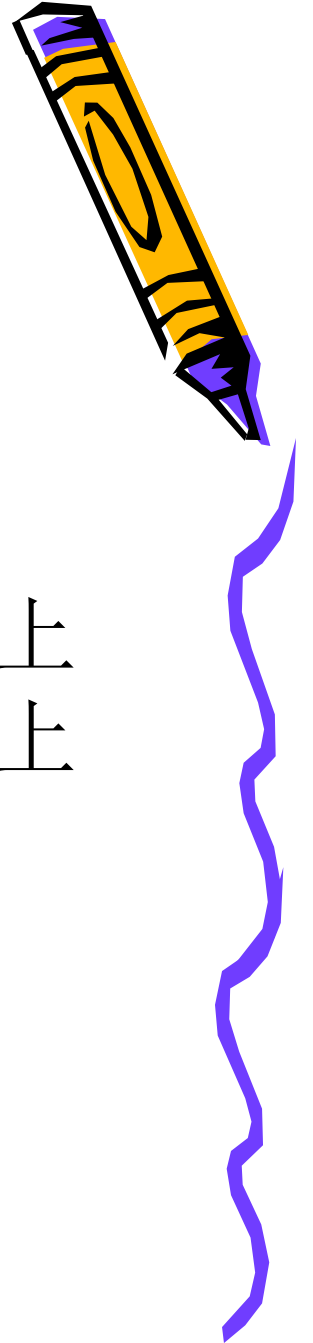


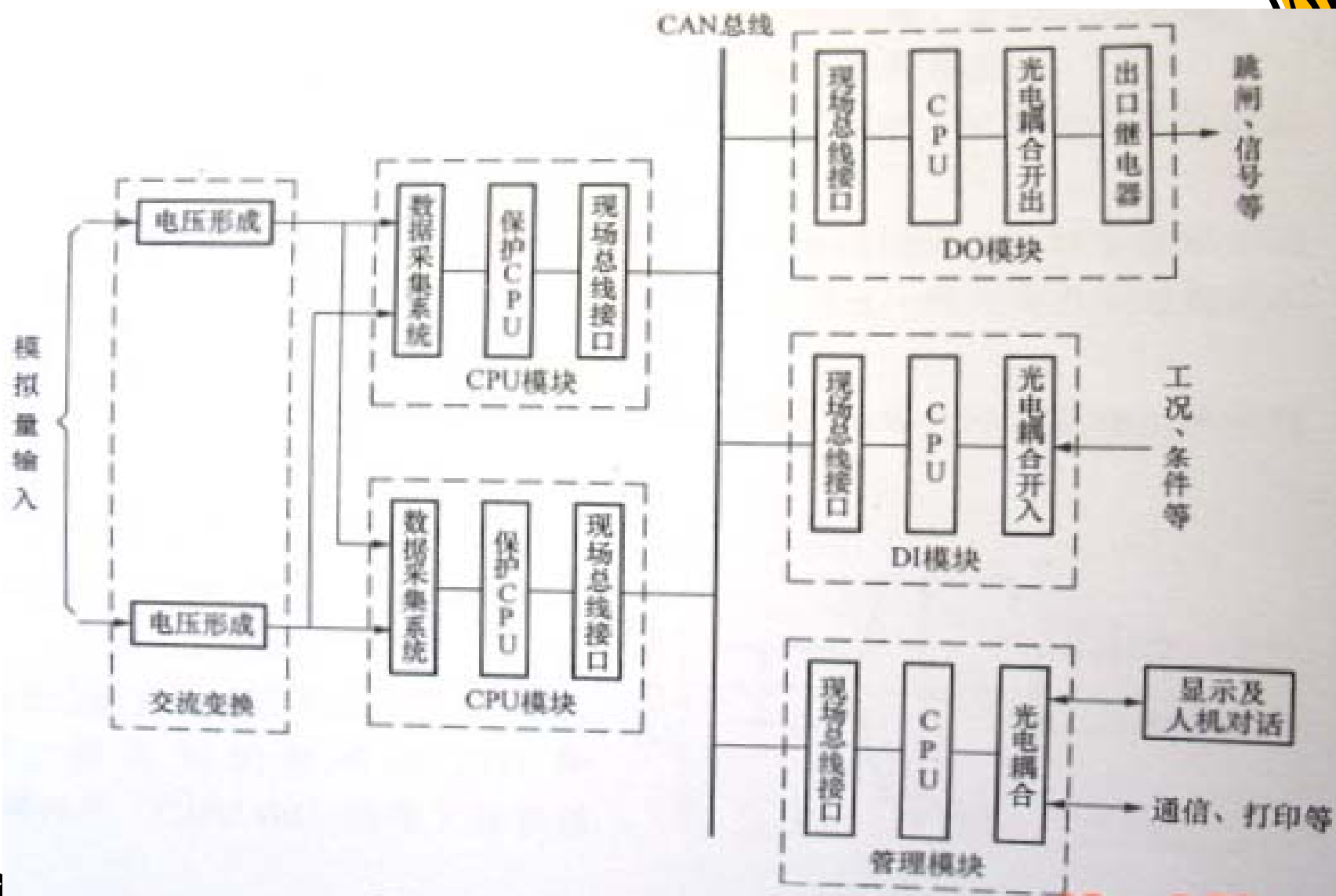
ABB公司的RExx5x

二、网络化的硬件电路



- 插件有CPU、DO、DI三种
- 每个插件均为智能插件（有CPU）
- 每个插件均为网络上一个节点
- 方便扩展因为每个插件只是网络总线上的一个节点，增加一个插件只是网络上增加了一个节点
- 网络常用CAN、LON等



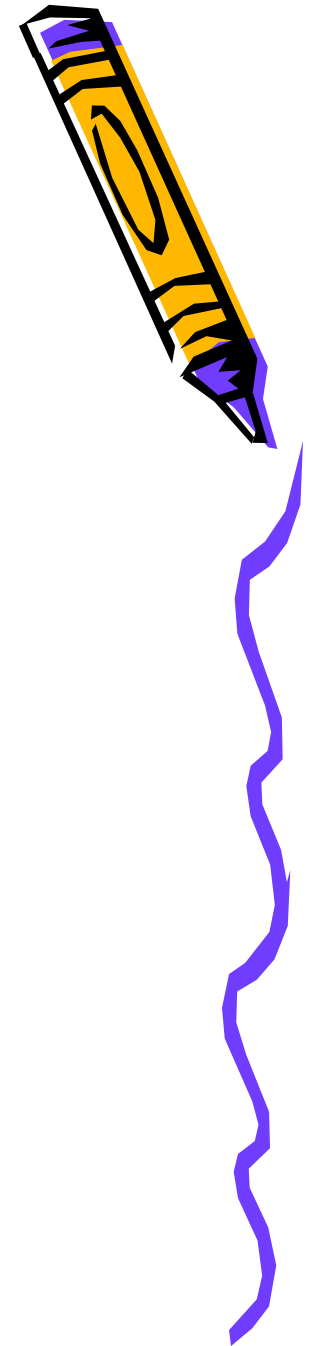


网络化的电路功能模块



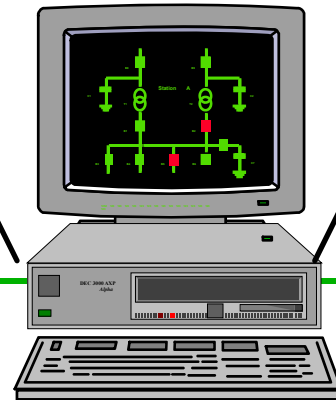
500 Series Terminals

SMS/SCS



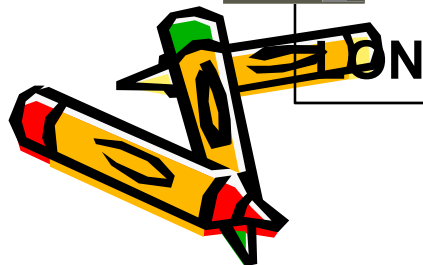
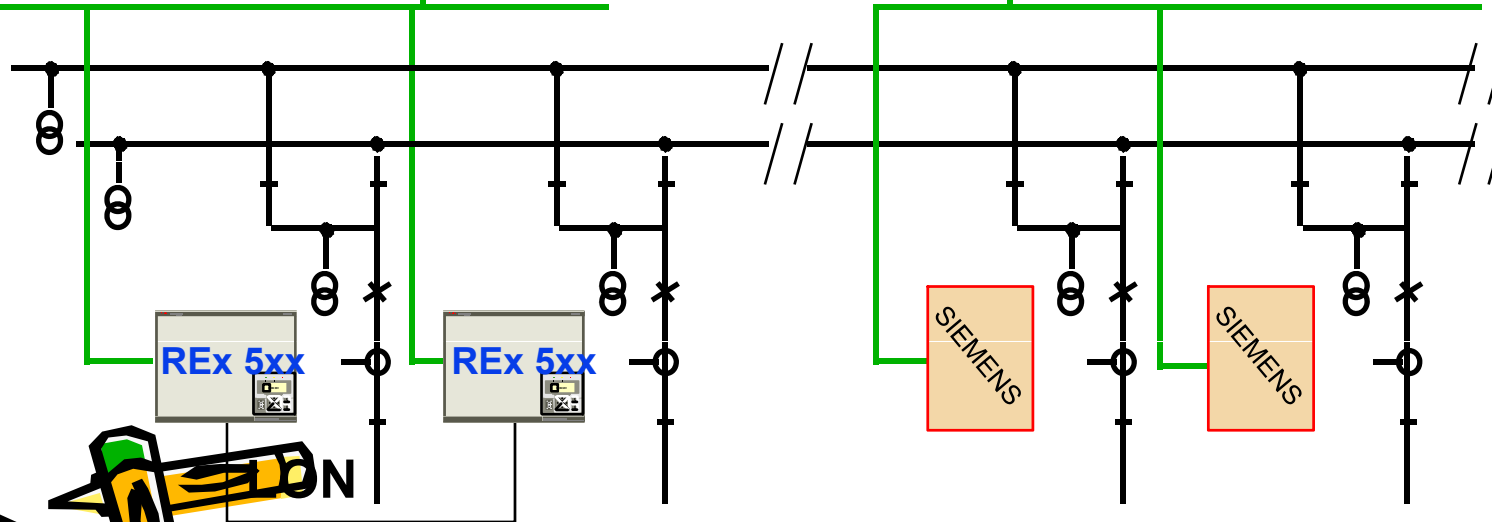
Control center

Engineering office



IEC 870-5-103

IEC 870-5-103

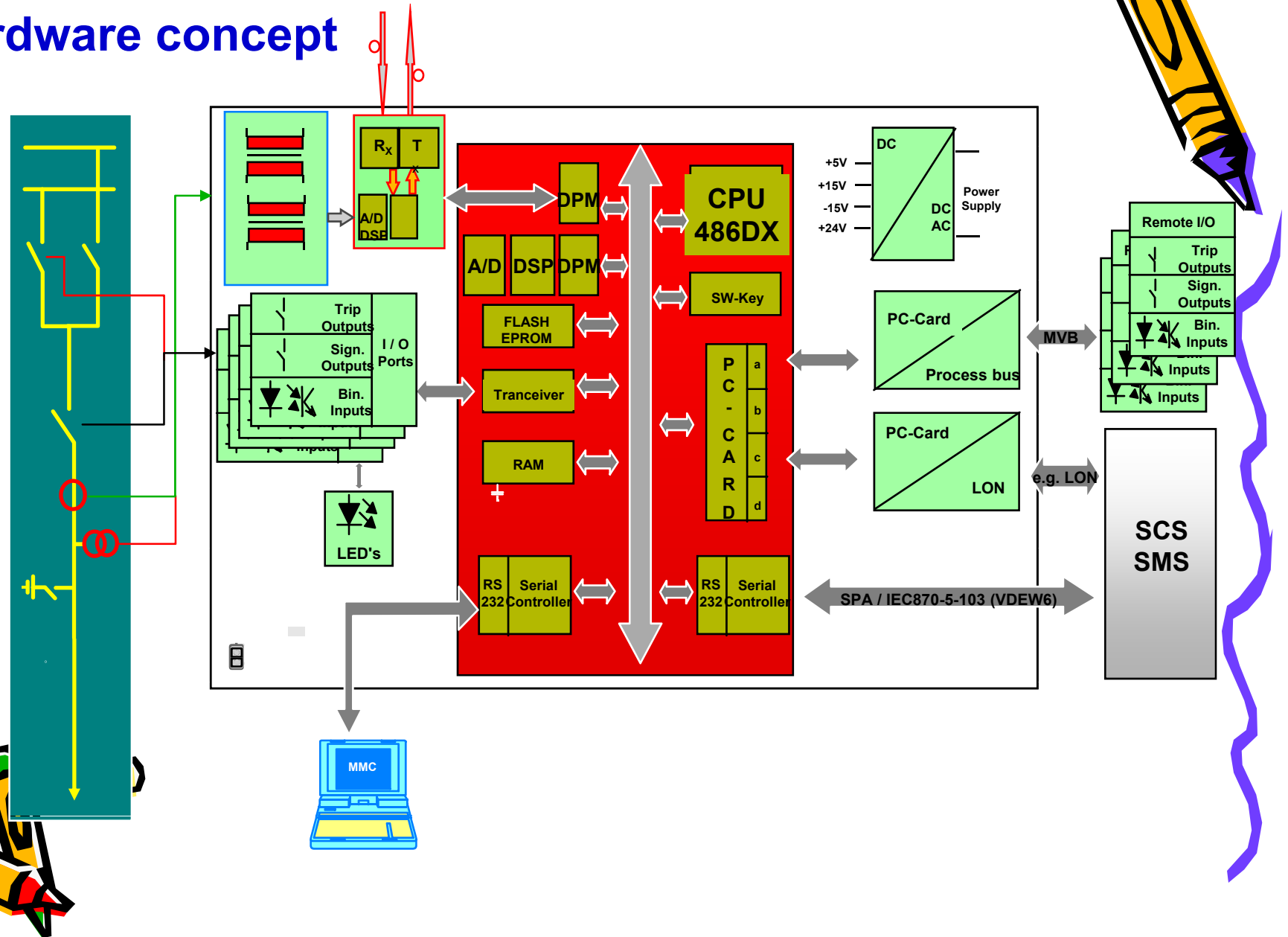


三、网络化硬件结构的特点

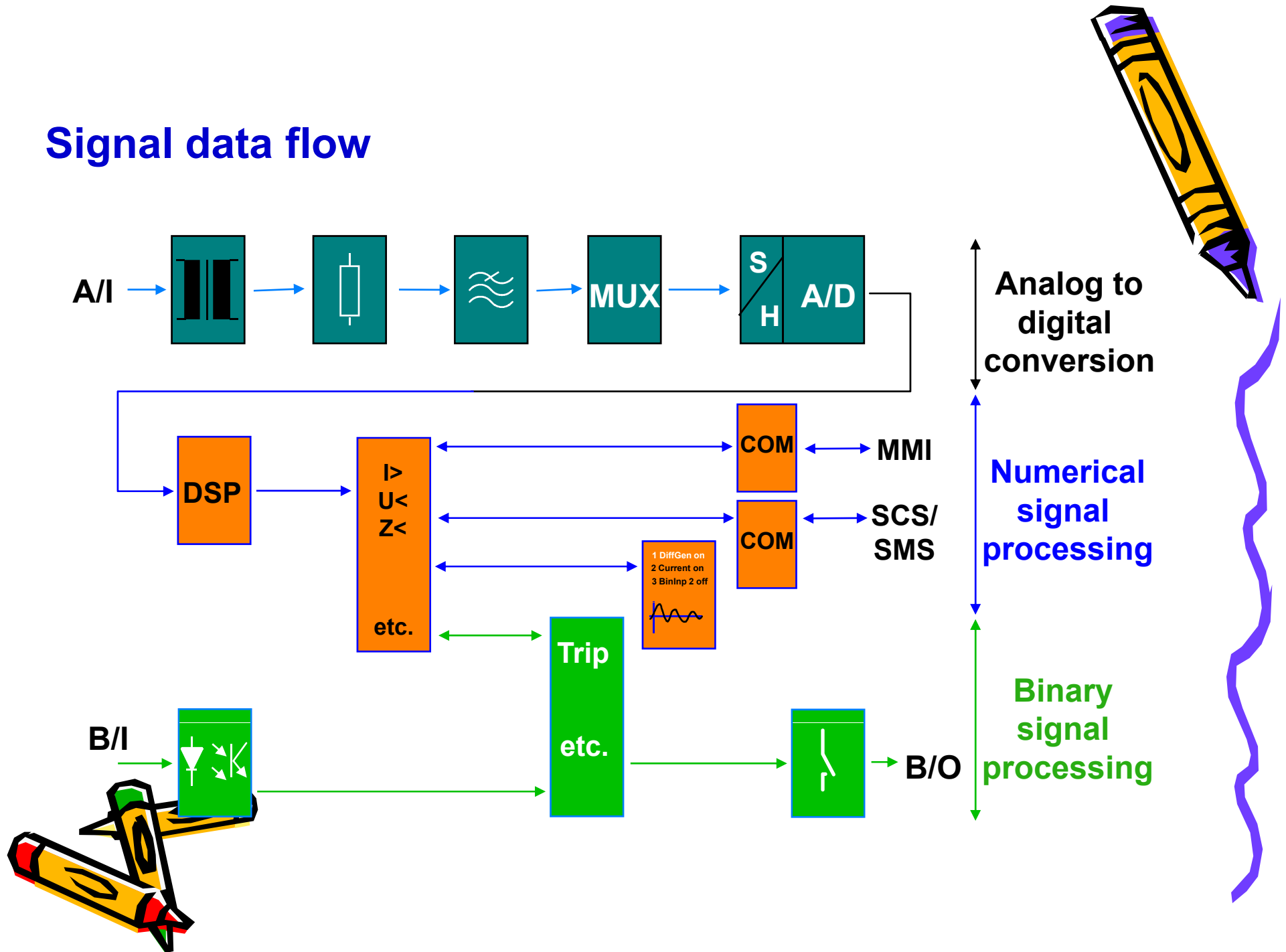
- 1、模块间连接简单方便
- 2、可靠性高、抗干扰能力强
- 3、扩展性好
- 4、升级方便
- 5、便于实现出口逻辑的灵活配置
- 6、降低了对微型机或微控制器并行口数量的要求



Hardware concept



Signal data flow



Typical tripping time

