



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

同步发电机的自动并列

自动并列装置的工作原理

主讲：崔跃华

# 目录

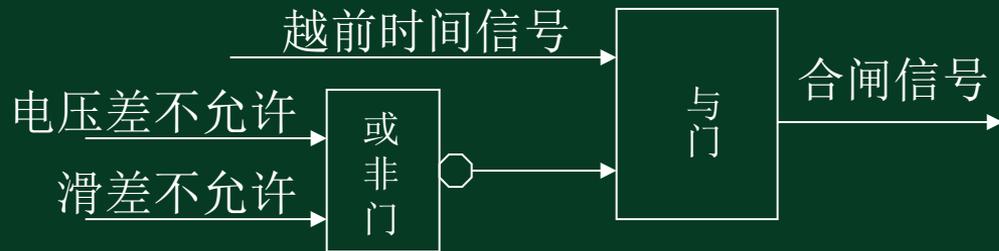


在线开放课程

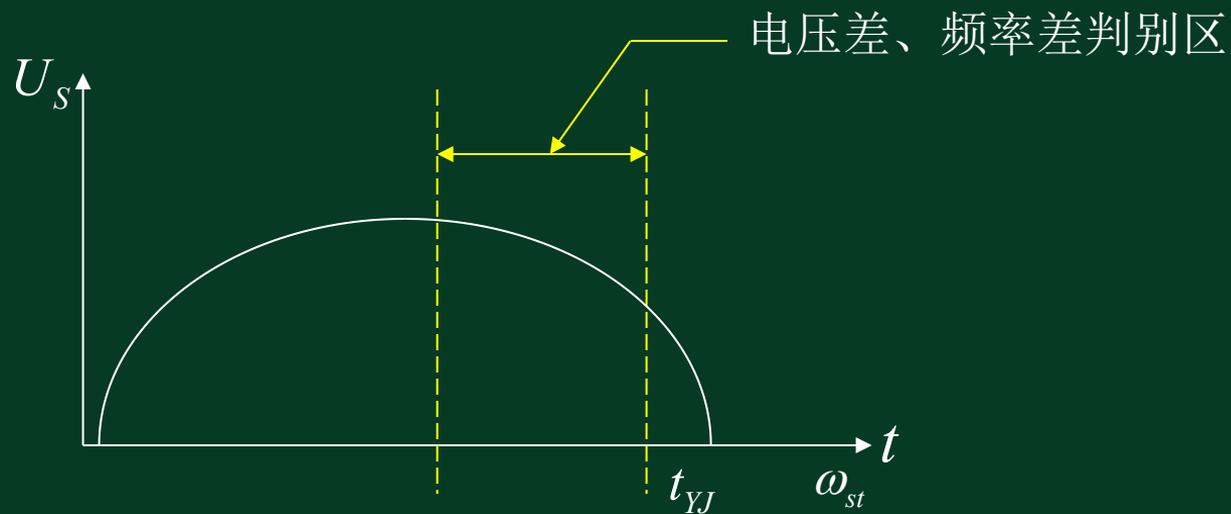
- 装置的控制逻辑
- 并列的检测信号
- 并列合闸控制

# 一、装置的控制逻辑

- 逻辑关系满足即可以合闸。



- 必须在  $t_{YJ}$  之前判定完毕。



## 二、并列的检测信号

两种方法  
应用于模  
拟式并列  
装置中，  
实现检测。

### 正弦整步电压法

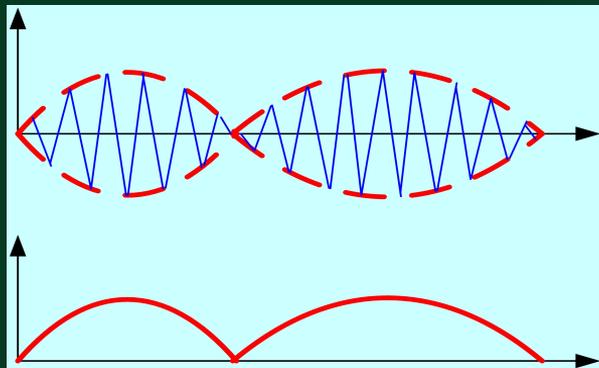
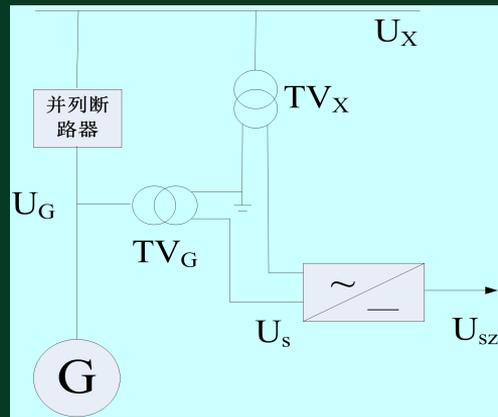
采用  $\dot{U}_G$  与  $\dot{U}_X$  直接做差，得到正弦性的包络线来判别。误差较大。

### 线性整步电压法

采用三角波（线性）的整步电压。不考虑电压差，只考虑相角差。精度较好。

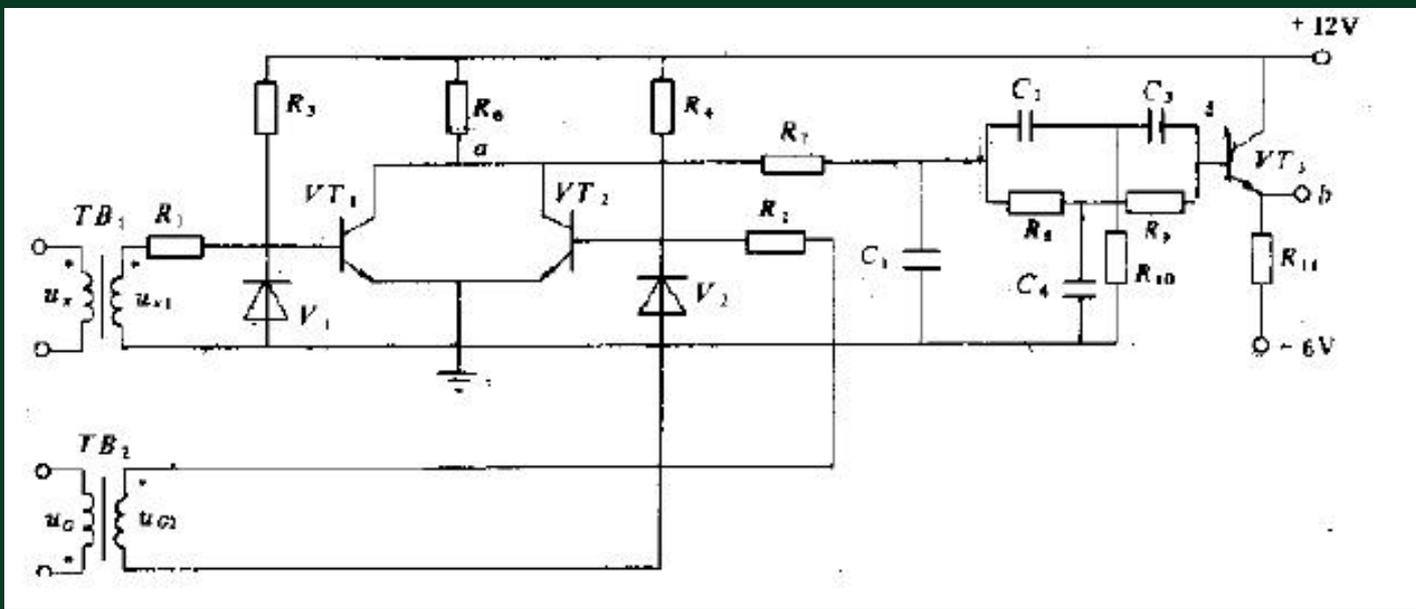
# (一) 整步电压

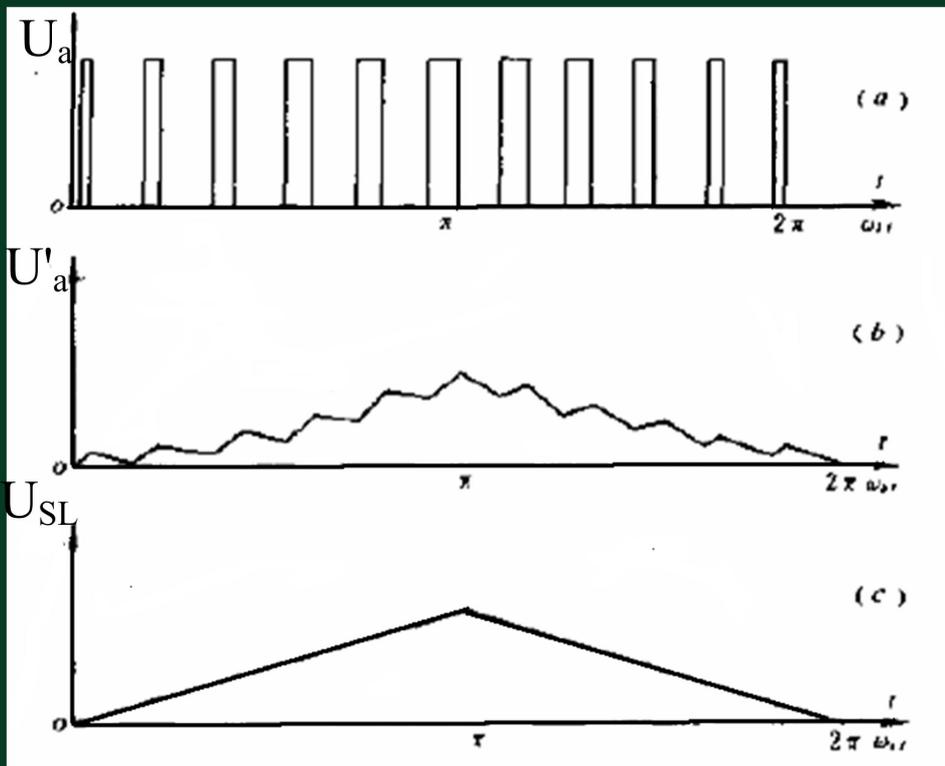
- 1、正弦整步电压法
- 由图可知 $U_{SZ}$ 不仅是相角差的函数，而且还与电压差值有关。这就使得利用 $U_{SZ}$ 检测并列条件的越前时间信号和频差检测信号受电压影响，尤其是造成越前时间信号的时间误差，成为合闸误差的主要原因之一。因此，此方法被线性整步电压的方法所代替。



## 2、线性整步电压法

- (1) 半波线性整步电压



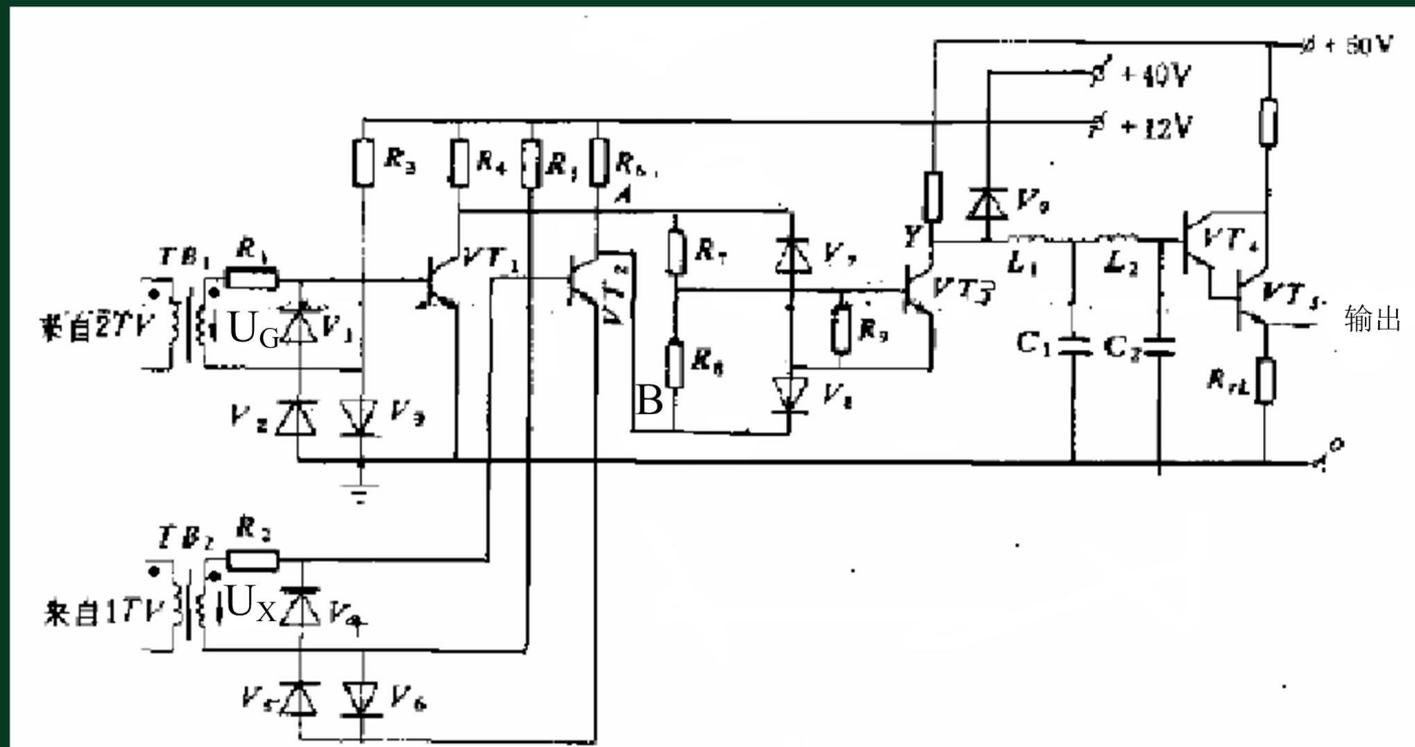


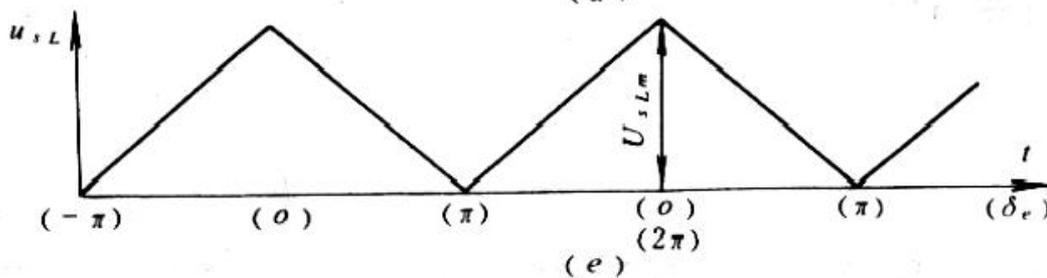
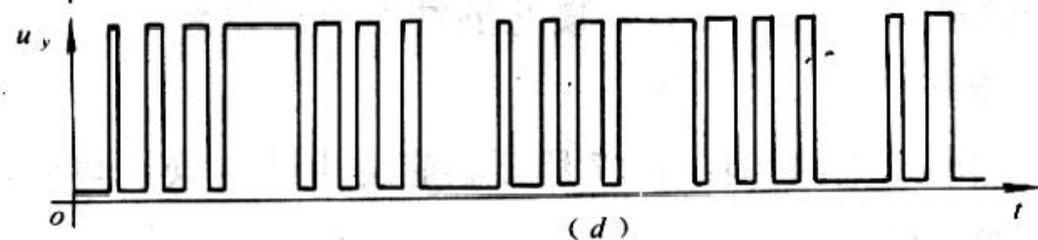
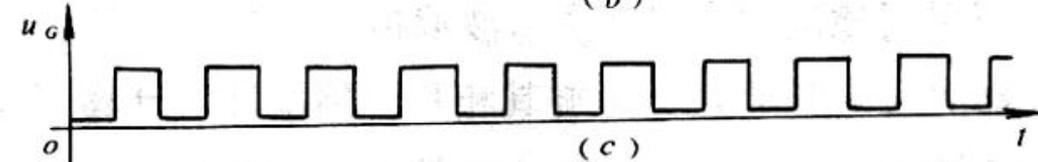
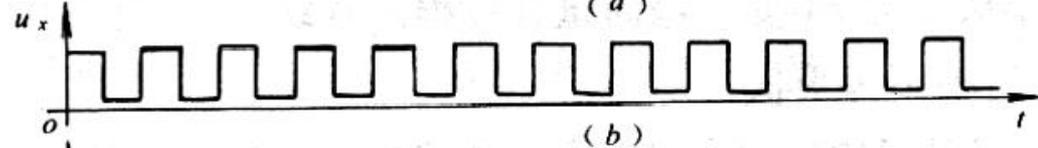
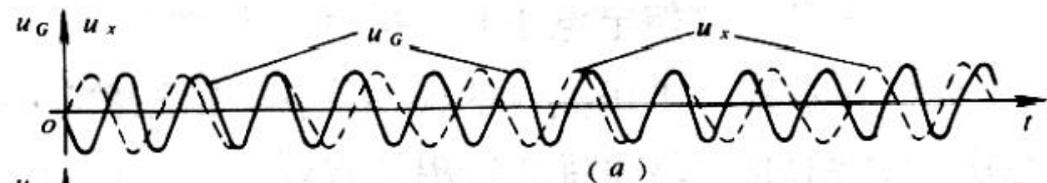
# 半波线性整步电压讨论：

- 只反映了发电机端电压与系统线电压间的相角差特性，而与它们的幅值无关，从而使越前时间信号和频率差的检测不受电压幅值的影响，提高了并列装置的性能；而电压差的检测另设专门电路完成。
- 半波线性整步电压采用滤波器把高次谐波滤掉，在完全理想的情况下才获得较为平滑特性，故滤波器的时间常数将会影响其相移，且滑差角频率的变化对其也有一定的影响，从而使控制合闸时间引入误差。

## (2) 全波线性整步电压

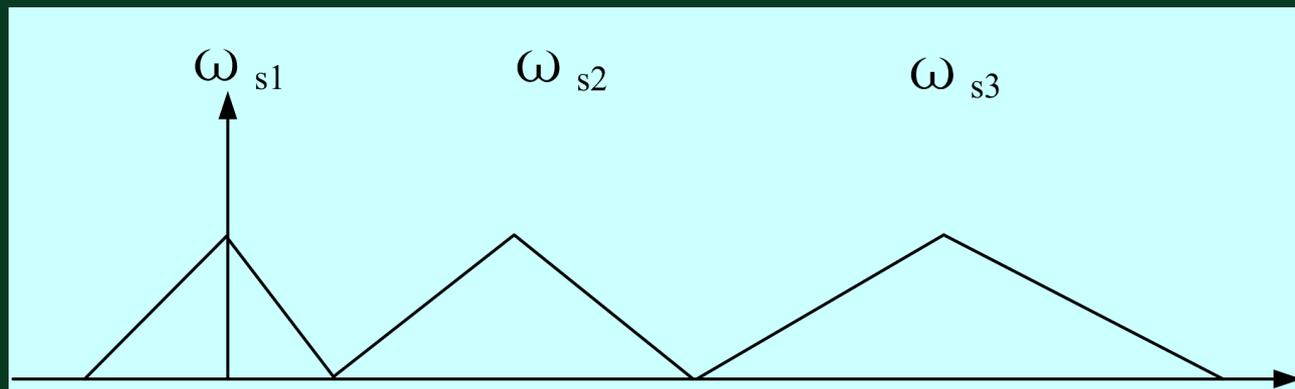
- 由整形电路、相敏电路、滤波电路和射极跟随器输出组成





- 其比半波多了一倍矩形脉冲，因而可适当减小滤波器时间常数，使它们的性能有所改善，一般采用全波方案。

- 滑差角频率  $\omega_s$  值不同时，三角波电压是可以检测  $\omega_s$  的大小，以及求得相位重合前的恒定越前时间信号。



$$\omega_{s1} > \omega_{s2} > \omega_{s3}$$

## (二) 相角差

- 矩形波的宽度与并列电源波形的相角差相对应。
- 矩形波宽度（对应于相角差）实时记录轨迹，对应着相角差的运动轨迹。
- 矩形波宽度轨迹载有除电压幅值外极其丰富的并列条件信息，其作用与整步电压相似。
- 在数字式准同期装置中采用。

- 矩形波宽度轨迹载有丰富的并列条件信息

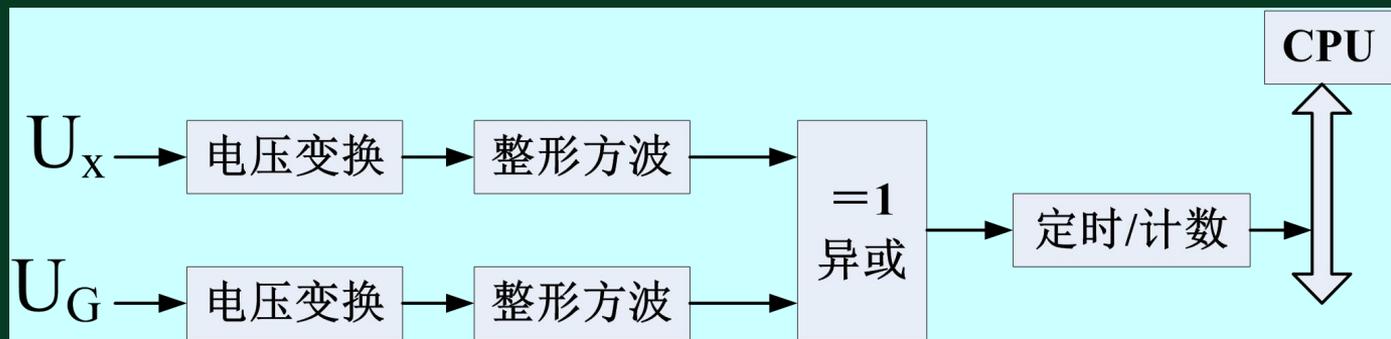
当前相角差:  $\delta_{e0}$

滑差角频率:  $\omega_s = \left(\frac{\Delta\delta_e}{\Delta t}\right)$

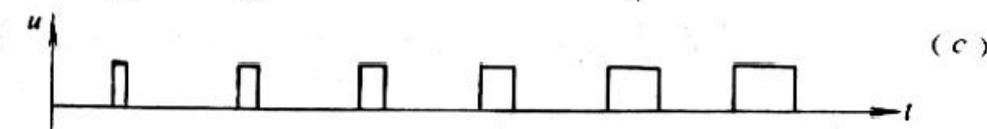
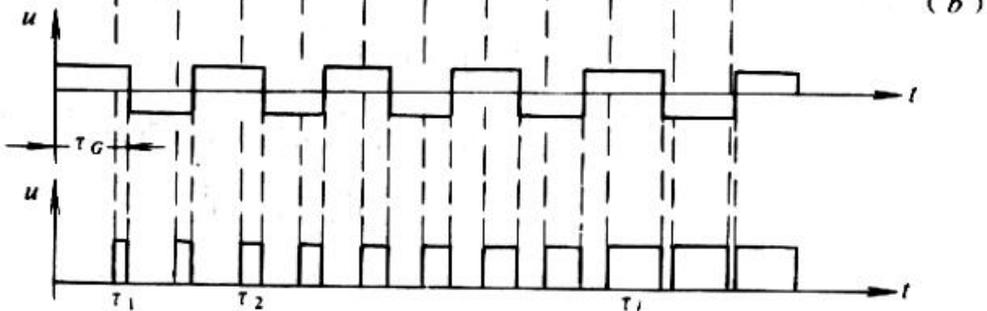
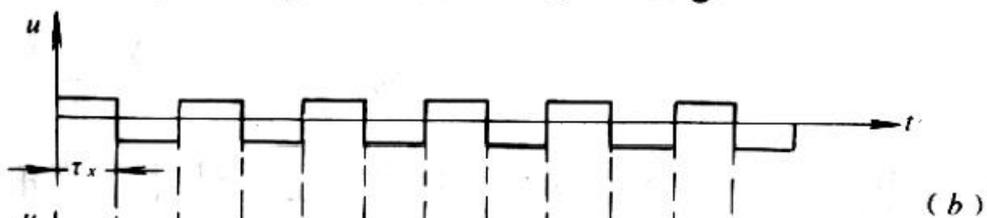
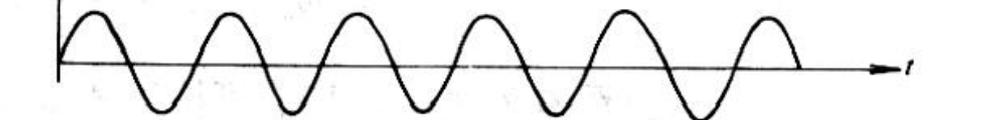
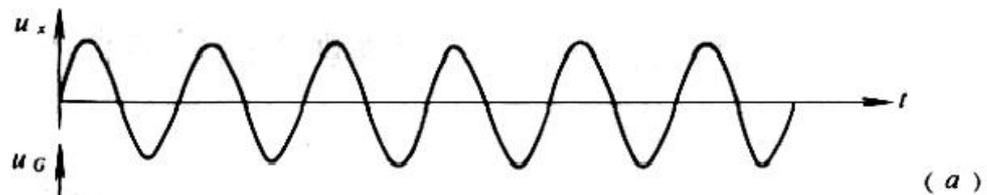
相角差加速度:  $\frac{\Delta\omega_s}{\Delta t}$

恒定越前时间的最佳合闸导前相角差:  $\delta_{YJ}$

- 数字式并列装置可以充分利用高速运算的优势，充分利用相角差信息，提高并列装置的合作控制技术水平。



- 方波输入电平不同时，异或门的输出为高电平，用于控制可编程定时计数器的计数时间，其计数值 $N$ 即与两波形的相角差相对应。
- CPU可读取矩形波的宽度 $N$ 值，求得两电压间相角差的变化轨迹。



# 三、并列合闸控制

- (一) 恒定越前时间
- **电子模拟式自动并列装置**，用电阻、电容元件作为比例、微分的运算器件，在线性整步电压作理想化假设条件下，求解两电压相量重合之前的恒定越前时间。
- 由于实际电路偏离理想条件，在实际应用中就难免引入误差。
- **微机型数字式自动并列装置**利用轨迹，利用较严密的数学模型，计算求得的恒定越前时间。
- 求得的恒定越前时间较符合脉动电压的实际规律，具有相当准确性。

## (二) 频率差检测

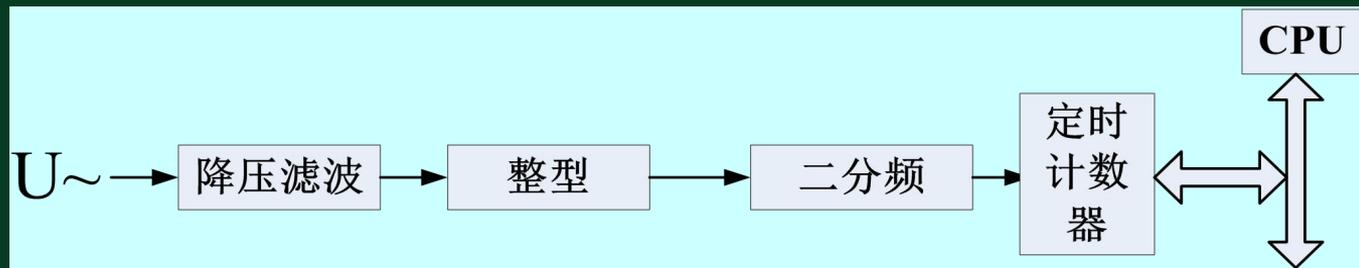
- 1. 间接检测:
- 利用相滑角差轨迹中含有滑差角频率信息检测。

$$\omega_{si} = \frac{\Delta \delta_i}{t} = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{2\tau_x}$$

- 滑差角频率可以每一工频周期（20ms）计算一次。
- 同时也可以计算滑差角频率的一阶导数，也就是变化速度。可以作为并列条件加以限制。（尤其对于启动水轮发电机要求快速并网的操作而言，就很有必要设置变化速度限制，作为防止操之过急的技术措施）

## 2. 直接检测

- 直接测量两并列电压频率，求得频率差值。
- 数字电路测量频率的方法是测量交流信号的周期。

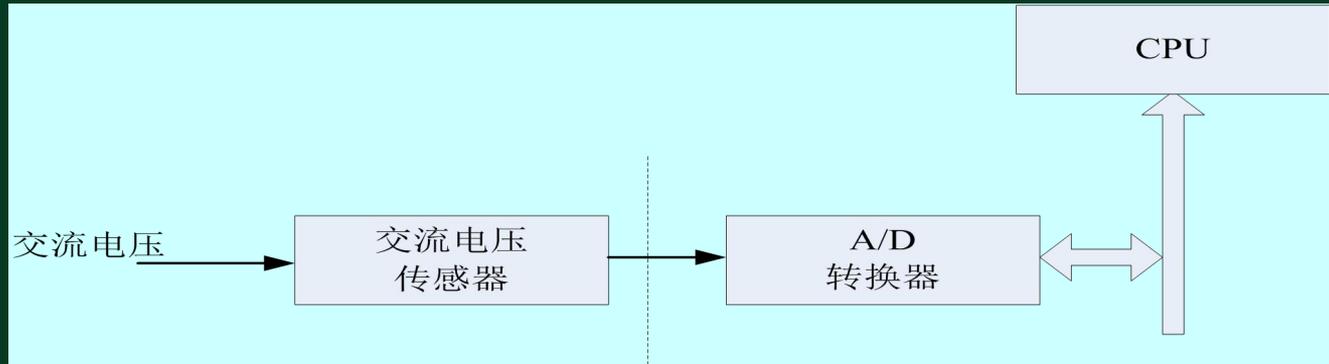


- 高电平开始计数，下降沿停止计算，读取计数值N。
- 可编程计数器的计数脉冲频率为 $f_c$ ：

$$T = \frac{1}{f_c} N, \text{ 即 } f = \frac{f_c}{N}$$

# (三) 电压差检测

- 1. 直接读入电压 $U_g$ 和 $U_x$ ，再进行比较



## • 2 直接对电压幅值差进行比较

