

转速检测的数字化

主讲人：张敬南 副教授

主要内容

01 旋转编码器的工作原理与分类

02 基于旋转编码器的转速确定方法

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

旋转编码器
为速度和位移
反馈的传感器。



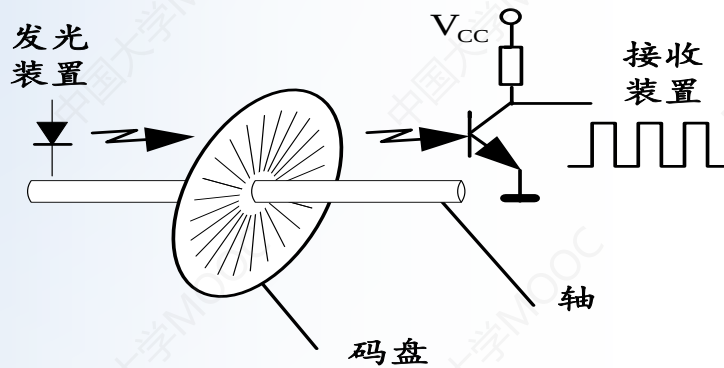
①增量式旋转编码器

②绝对式旋转编码器

旋转编码器实物图

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

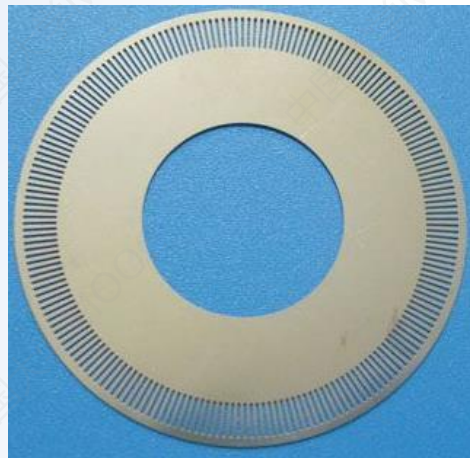
(1) 增量式旋转编码器



增量式旋转编码器示意图

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

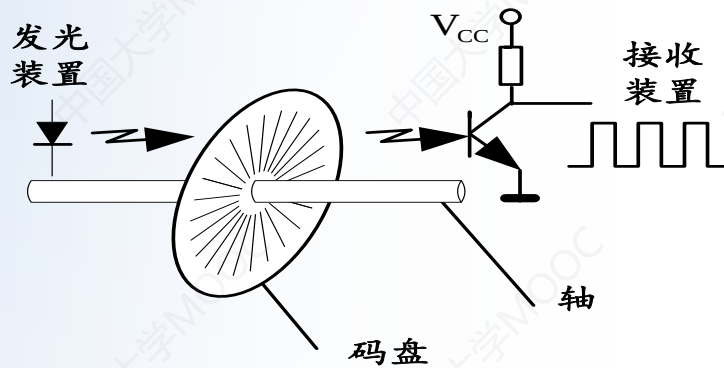
(1) 增量式旋转编码器



增量式码盘

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

(1) 增量式旋转编码器



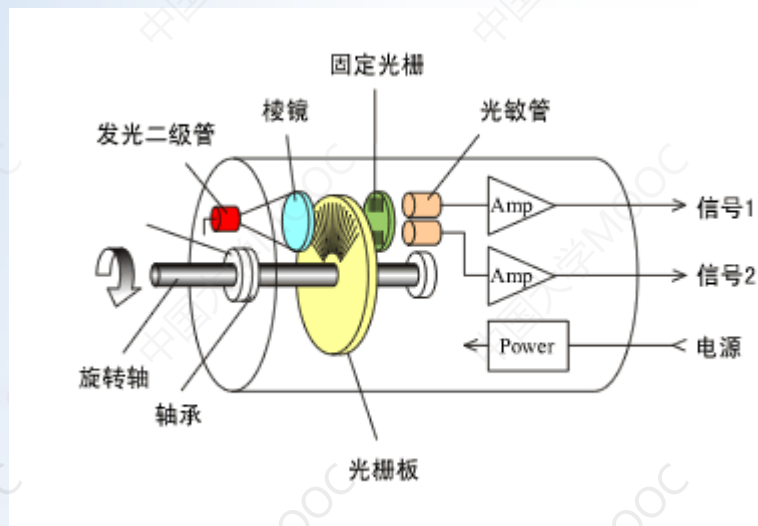
增量式旋转编码器示意图

增量式编码器每转过一个单位，编码器就输出一个脉冲，故称为增量式。

(一) (光电式) 旋转编码器

(1) 增量式旋转编码器

思考：转速方向的获得。



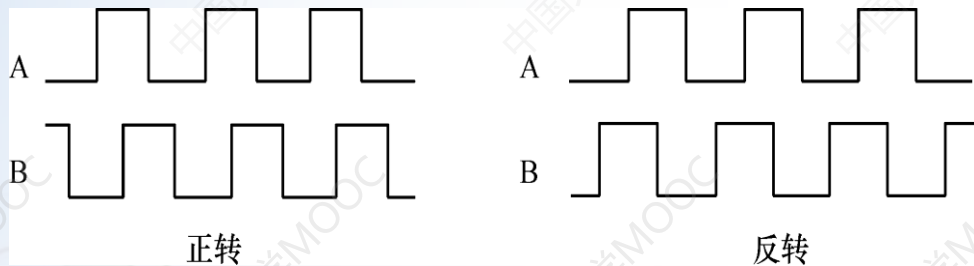
增量式旋转编码器示意图

(一) (光电式) 旋转编码器

(1) 增量式旋转编码器

思考：转速方向的获得。

需要增加一套发光与接收装置，使两套发光与接收装置错开了 $1/4$ 个光栅节距。



区分旋转方向的A、B两组脉冲序列示意图

(一) (光电式) 旋转编码器

(1) 增量式旋转编码器

优点：没有转动圈数限制；

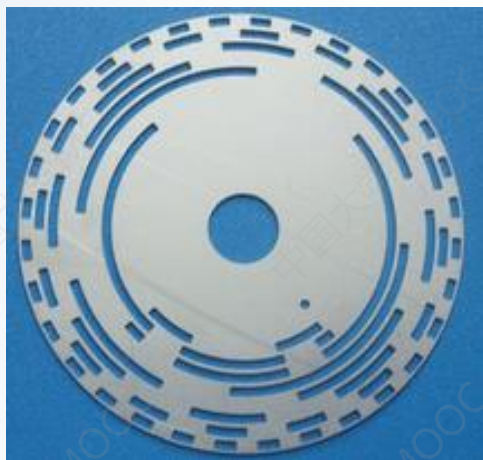
缺点：一旦断电，就失去角度的记忆，送电后需要重新找零点。

增量式旋转编码器适合速度控制。

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

(2) 绝对式旋转编码器

绝对型编码器可以给每一个角度都有一个唯一的编码。



绝对式码盘

(一) (光电式) 旋转编码器工作原理

(2) 绝对式旋转编码器

优点：断电不会失去角度的记忆，
送电后不需要重新找零点；

缺点：有转动圈数限制。

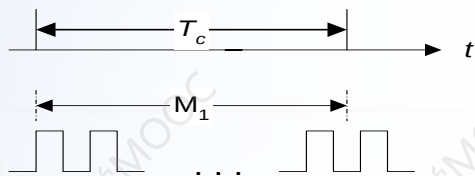
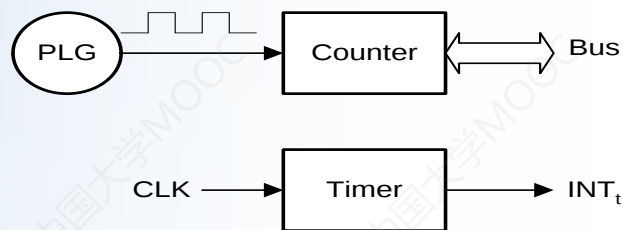
绝对式旋转编码器适合位置控制。

思考：转速方向的获得。

(二) 转速的确定

(1) M法测速

利用在规定时间间隔内高速计数器的累加值计算速度值。

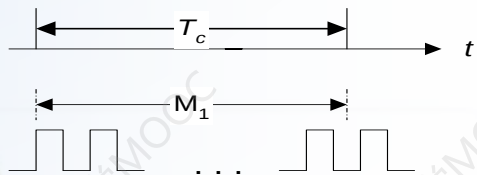
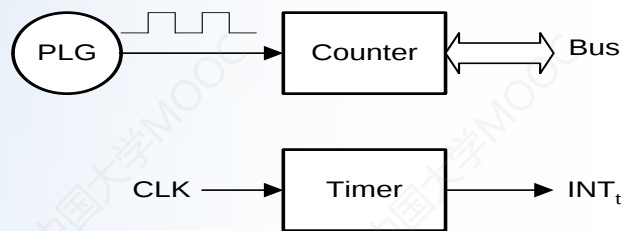


测速原理与波形图

(二) 转速的确定

(1) M法测速

注意：能否发现在应用上会有什么限制吗？



测速原理与波形图

(二) 转速的确定

(1) M法测速

转速计算公式:

$$\begin{aligned} n &= 60 \cdot \frac{M_1 / Z}{T_c} (\text{rpm}) \\ &= \frac{60M_1}{ZT_c} (\text{rpm}) \end{aligned}$$

式中, Z —— PLG每转输出的脉冲个数;

T_c —— 测速时间, 单位为秒;

M_1 —— T_c 秒的计数值。

(二) 转速的确定

(1) M法测速

测速的分辨率:

设被测转速由 n_1 变为 n_2 时, 引起测量计数值改变了一个字, 则测速装置的分辨率定义为 $Q = n_1 - n_2$ (转/分)。

$$\begin{aligned} Q &= \frac{60(M_1 + 1)}{ZT_c} - \frac{60M_1}{ZT_c} \\ &= \frac{60}{ZT_c} \end{aligned}$$

转速越低, 分辨率 Q 越小。

(二) 转速的确定

(1) M法测速

测速误差率（测速精度）：

常用测量值与实际值的相对误差来表示。M法的测速误差率的最大值为：

$$\begin{aligned}\delta_{\max} &= \frac{60M_1 / ZT_c - 60(M_1 - 1) / ZT_c}{60M_1 / ZT_c} \times 100\% \\ &= \frac{1}{M_1} \times 100\%\end{aligned}$$

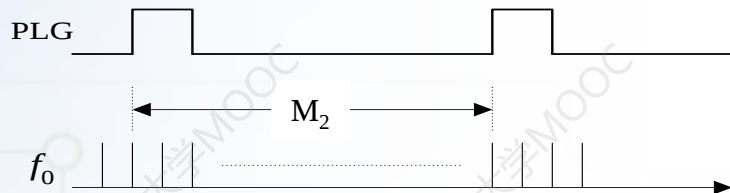
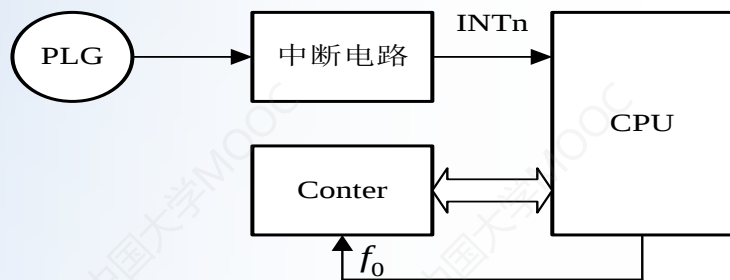
显然：转速愈低， M_1 愈小，误差率愈大。

M法测速只适用于高速段。

(二) 转速的确定

(2) T法测速

利用在相邻（不同）脉冲之间的计数时间来计算速度值。

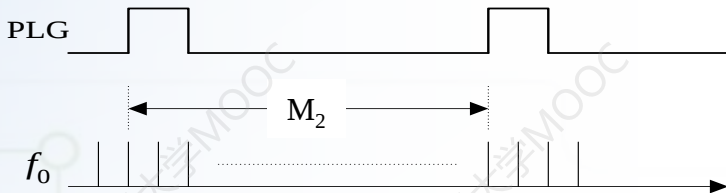
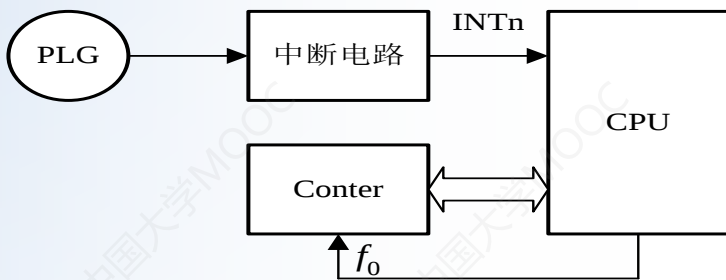


测速原理与波形图

(二) 转速的确定

(2) T法测速

注意：能否发现在应用上会有什么限制吗？



测速原理与波形图

(二) 转速的确定

(2) T法测速

转速计算公式：

$$\begin{aligned} n &= 60 \cdot \frac{1}{Z(M_2 / f_0)} \\ &= \frac{60 f_0}{Z M_2} \end{aligned}$$

式中， Z ——PLG每转输出的脉冲个数；

f_0 ——高频时钟脉冲频率，Hz；

M_2 ——高频脉冲个数。

(二) 转速的确定

(2) T法测速

测速的分辨率:

$$Q = \frac{60 f_0}{Z(M_2 - 1)} - \frac{60 f_0}{ZM_2}$$

$$= \frac{60 f_0}{ZM_2(M_2 - 1)}$$

$$Q = \frac{Zn^2}{60 f_0 - Zn}$$

T法测速的分辨率与转速高低有关，
转速越低，Q值越小，分辨能力越强。

(二) 转速的确定

(2) T法测速

测速误差率（测速精度）：

$$\begin{aligned}\delta_{\max} &= \frac{\frac{60f_0}{Z(M_2-1)} - \frac{60f_0}{ZM_2}}{\frac{60f_0}{ZM_2}} \times 100\% \\ &= \frac{1}{M_2-1} \times 100\%\end{aligned}$$

显然：转速愈低， M_2 愈大，误差率愈小。

T法测速适用于低速段。

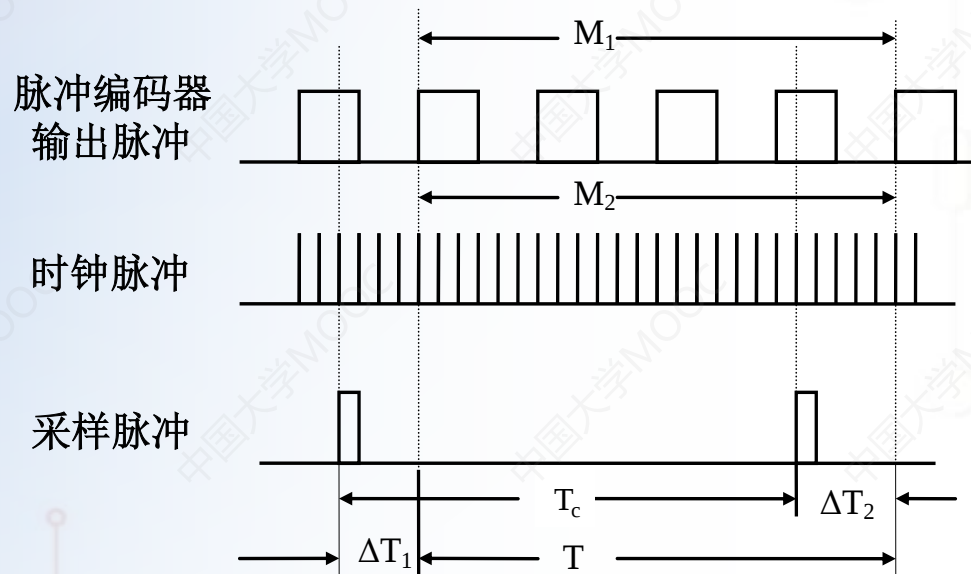
(二) 转速的确定

(3) M/T法测速

既检测 T_c 时间内旋转编码器输出的脉冲个数 M_1 ，又检测同一时间间隔的高频时钟脉冲个数 M_2 ，用来计算转速，称作M/T法测速。

(二) 转速的确定

(3) M/T法测速



M/T法测速原理示意图

注意：采样脉冲与编码器脉冲不同步问题。

(二) 转速的确定

(3) M/T法测速

转速计算公式：

$$n = \frac{60M_1}{ZT_c} \quad T_c = \frac{M_2}{f_0}$$

$$n = \frac{60M_1 f_0}{ZM_2}$$

式中， Z ——PLG每转输出的脉冲个数；

f_0 ——高频时钟脉冲频率，Hz；

M_1 —— $T = T_c - \Delta T_1 + \Delta T_2$ 的计数值。

M_2 ——高频脉冲个数。

(二) 转速的确定

(3) M/T法测速

测速的分辨率, $T \approx T_c$:

$$Q = \frac{60 f_0 (M_1 + 1)}{Z M_2} - \frac{60 f_0 M_1}{Z M_2} = \frac{60 f_0}{Z M_2}$$

取 $M_2 = f_0 T \approx f_0 T_c$,

$$Q = \frac{60}{Z T_c}$$

M/T法测速无论是在高速还是在低速都有较强的分辨能力。

(二) 转速的确定

(3) M/T法测速

检测时间是以脉冲编码器的输出脉冲的边沿为基准，计数值 M_2 最多产生一个时钟脉冲的误差， $M_2 = Tf_0$ 。

在中、高速时， $M_2 = Tf_0 \approx T_c f_0$ ；在低速时， $M_2 = Tf_0 > T_c f_0$ 。

其测速误差率为：

$$\delta_{\max} = \frac{1}{M_2 - 1} \times 100\%$$

显然，M/T法测速具有较高的测量精度。

主要内容

01 旋转编码器的工作原理与分类

02 基于旋转编码器的转速确定方法

转速检测的数字化

主讲人：张敬南 副教授