

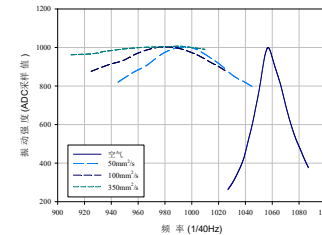
## 激励和检测线圈的粘度测量应用

- 振动式液体粘度测量系统的设计与实现
- 采用电磁激励和检测线圈，通过51单片机的DAC和ADC以及功放和检测电路，设计了振动式粘度测量传感器。对不同粘度样品保持**振动强度**不变，用所需的**驱动力**代表粘阻力，进而测量粘度。其中量程为0-6000（比重为1时），精度为量程的1%，重复精度为0.4%，测量开始至可以读数时间小于15s。

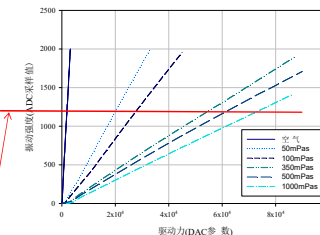


## 激励和检测线圈的粘度测量应用

振臂在不同介质中的谐振频率测量



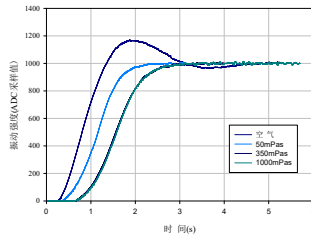
振动强度与驱动力的关系测量



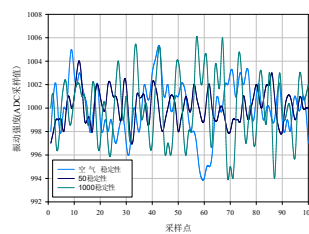
平衡式测量（**保持振动强度不变**）的优势可以测量较大范围的粘度变化；需要研究控制系统的响应速度和稳定性。

## 激励和检测线圈的粘度测量应用

样品中的目标振动控制的阶跃响应



振动控制的稳定性测试

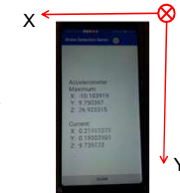


粘性阻力测量性能指标

mPas	空气	50	1000
平均值	1013.22	11344.5	54466.12
标准差	0.6788	15.70	81.05
波动比例	0.067%	0.14%	0.15%
总时间(s)	598	430	709
单次时间(s)	11.96	8.6	14.18

## 加速度检测

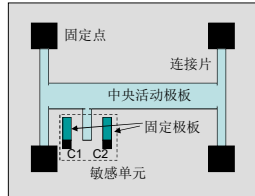
- 加速度测量系统是（质量/弹簧/阻尼）的二阶系统
- 在  $(\omega \ll \omega_0)$  条件下，用质量块的相对位移代表加速度，此时加速度测量的灵敏度为  $(1/\omega_0^2 = m/k)$ ，与k有关。
- 平衡式加速度测量的灵敏度为  $(mR/Sf)$ ，与k无关。
- 加速度传感器的种类很多，相对位移检测方法各不相同。
- 加速度有静态和动态分量，请看演示实验
  - 摆放的姿态与三轴加速度的关系
  - 三个方向上摇动手机的最大加速度



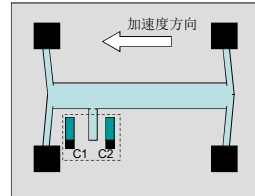
- 静态加速度输出可成为倾角传感器。
- 其他，有交叉灵敏以及加速度方向突然变化时的响应等问题。

## 叉指电容式MEMS加速度传感器

静止状态:  $C1=C2$



活动状态:  $C1 \neq C2$



ADXL50的性能和技术指标

满刻度量程:  $\pm 50g$ ;

单电源:  $+5V$ ;

输出电源范围:  $0.25-4.75V$

灵敏度:  $20mV/g$ ;

能承受:  $2000g$ 的冲击;

用户设定输出放大器的倍数, 调节 $0g$ 的电平;

可改变带宽:  $DC-1KHz$ ;

谐振频率:  $24KHz$

采用闭环反馈力平衡技术;

→ 保持极板在中间位置平衡

→ 消除横梁非线性老化的影响

## 叉指电容式MEMS加速度传感器

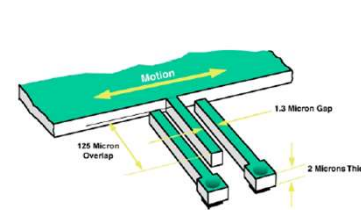


Figure 1. Beam Dimensions for a Single Finger.

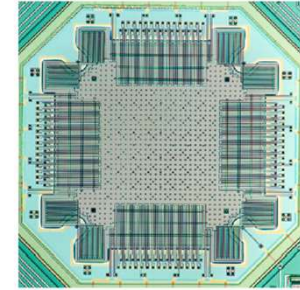
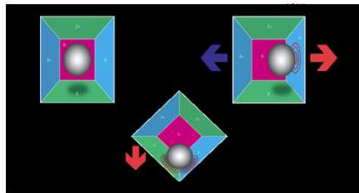


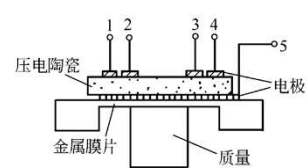
Figure 2. ADXL202 Beam Structure.

## 压电式加速度传感器

• 压电式三轴加速度计:



• 压电陶瓷膜片:

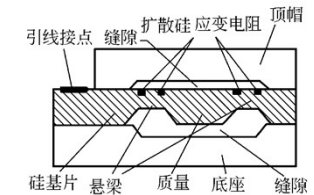
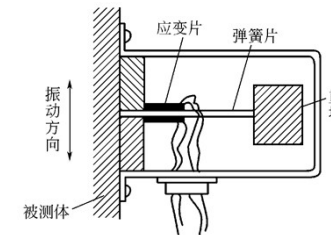


可在膜片圆周上布置多个电极, 检测加速度方向。

## 压阻式加速度传感器

• 应变片检测振动加速度

• MEMS压阻膜片检测加速度



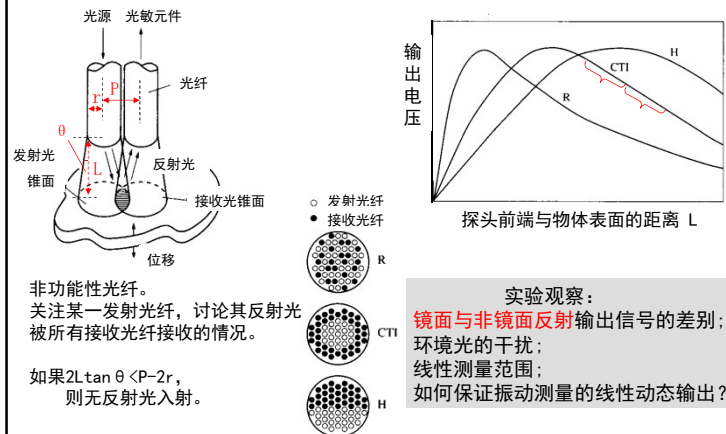
## 加速度传感器—思考题

- 4-11 手机中的加速度传感器都有哪些应用？
- 4-12 如果你可以拿到手机中的加速度传感器数据，你想做什么样的实验研究或应用开发？
- 4-13 为什么计步器明显有测量误差？误差与哪些因素有关？

## 距离测量

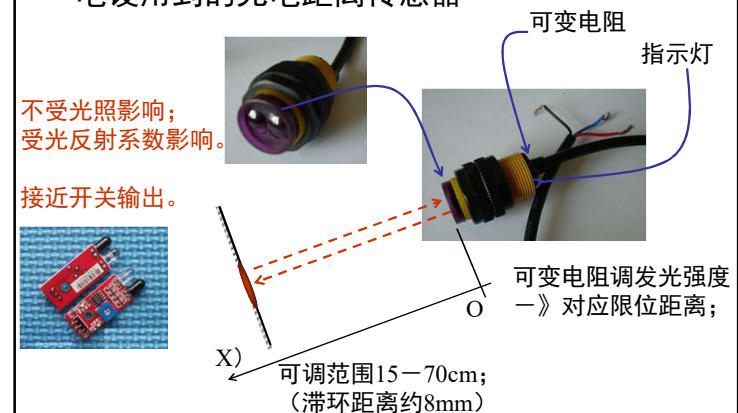
- 光纤位移检测、光电测距传感器
- 光栅标尺、莫尔条纹、磁标尺
- 鉴向和计数
- 测长的点/阵列传感器
- 二维码定位系统
- PSD测距
  - 位置敏感器件原理
  - 三角测量原理
  - 光电检测的抗干扰问题
  - 同步积分原理

## 反射式光纤位移传感器

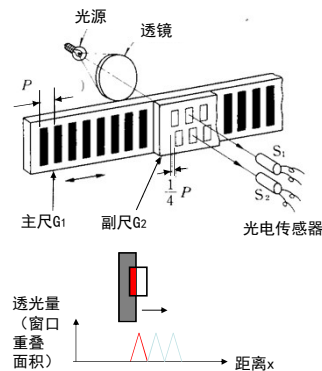


## 光电测距（开关）传感器

- 电设用到的光电距离传感器



## 光栅标尺位移传感器



- 应用：数字机床等长达几米。
- 主尺和副尺光栅相迭
- 栅距P一定，小至微米级
- 光电传感器检测透射光强
- 输出信号为平滑的三角波
- 上下栅格相位差 $1/4$ 栅距
- 鉴相判断移动方向
- 正向和反向分别计数

多选题 1分

设置

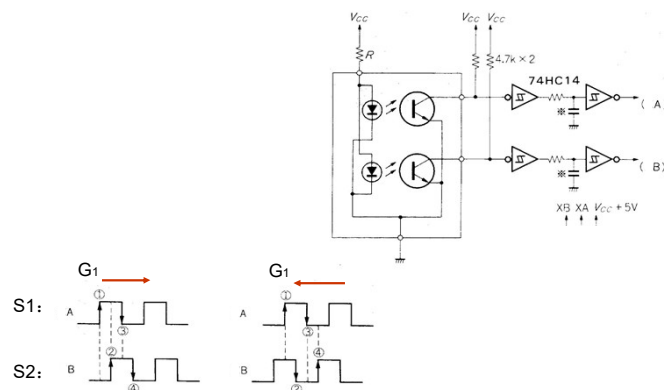
此题未设置答案，请点击右侧设置按钮

光栅标尺的主尺上有透光窗口，如果副尺上  
不设窗口，只设光电传感器似乎也能得到光脉冲  
信号，这样做行不行？为什么？

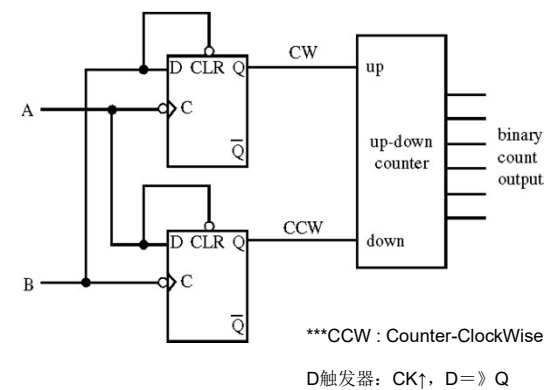
- ☐ A 行
- ☐ B 不行
- ☐ C 传感器不能输出对应栅格的脉冲
- ☐ D 传感器输出变化不明显
- ☐ E 传感器比栅格宽

提交

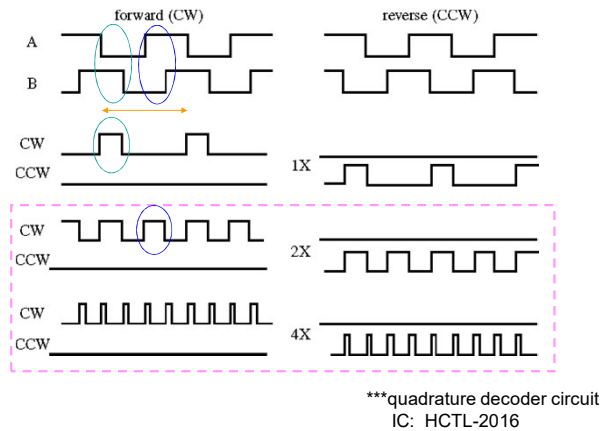
## 光电传感器输出波形的整形



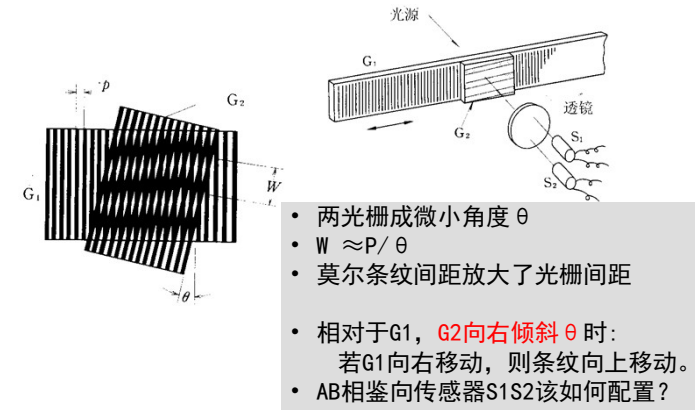
## 分辨正反向的正交译码电路



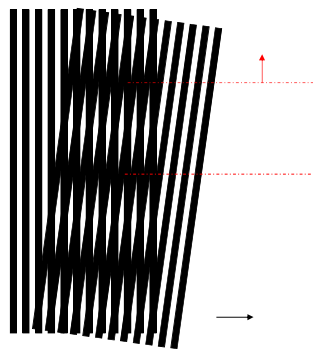
## 正反方向的检测和分辨率的提高



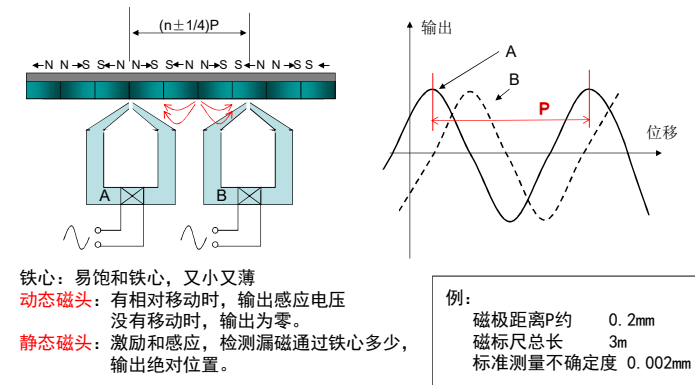
## 莫尔条纹标尺



## 莫尔条纹移动示意

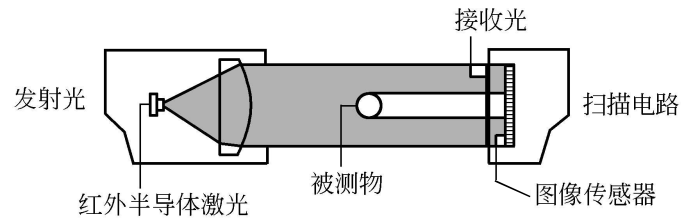


## 磁标尺位移传感器



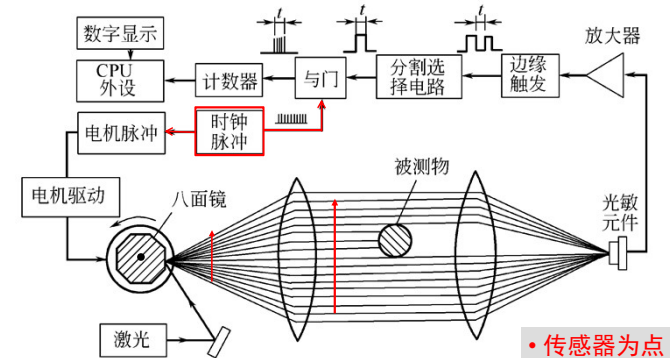
磁栅式传感器 <http://wenku.baidu.com/view/685fb753964bcf84b9d57b58.html>

## CCD/CMOS图像传感器测长



- 传感器为线阵或面阵
- 电子式扫描

## 激光扫描测长



- 传感器为点
- 机械式扫描

Q1: 长度标定方法?

Q2: 如果电机转速发生变化, 还能否测长?

投票 最多可选5项

设置

投票符合自己的情况或正确的表述。

- ☐ A 使用图像传感器读出过各像素的数据。
- ☐ B 处理过图像传感器的像素数据。
- ☐ C 图像传感器的帧速率有可能达到1000帧每秒。
- ☐ D 图像传感器是并行处理器件。
- ☐ E 听说过CCD图像传感器。

提交

## 光栅编码尺和位置传感器

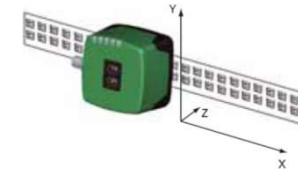


## 倍加福公司的DM二维码和位置传感器

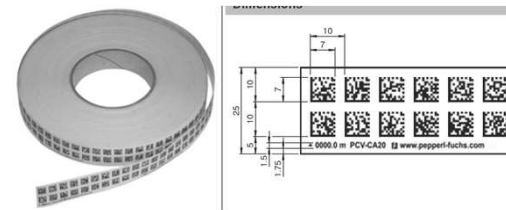


## DM二维码和读码器

- 读码器:

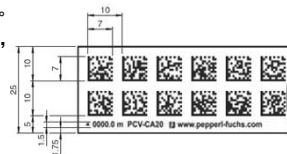


- 条码:



## 倍加福公司的DM二维码和读码器

- 读码器: RS485读码器输出24位二进制码;  
精度可设置为10mm, 1mm, 0.1mm。
- 精度设为1mm时, 读码器每向前移动1mm, 位置值自动加1。  
测距总长:  $2^{24} = 16777216 \text{mm} = 16.77 \text{km}$
- 利用窗口内条码的冗余性, 模糊的码带最长可到20mm。  
(至少有一个清晰可读)  
读取区域小, 能保证最小的轨道弯曲半径。
- 条码: 标准两行, 可用多行, 可测多行。  
可以粘贴标记码带并参数化设置,  
用来产生控制信号。



### 多选题 1分

设置

此题未设置答案, 请点击右侧设置按钮

关于DM码定位和光栅条纹定位, 请投票正确的描述

- ☐ A DM码定位的关键技术是快速图像处理。
- ☐ B 一边高速移动一边拍摄DM码, 为了清晰拍照要大光圈、短时曝光。
- ☐ C DM码定位比光栅标尺定位实时性好。
- ☐ D 定位容错高的是DM码的方法。
- ☐ E DM码测距的精度取决于单个码的宽度。

提交



## 思考题

- 5-1 反射式光纤位移传感器的位移特性由上升和下降两段组成，非单调性变化，为什么？用该传感器测量反射面振动时应注意什么？
- 5-2 填空：  
光栅标尺由栅距同为P的（ ）和（ ）构成。  
光电传感器检测透过两窗口的光强，理想输出波形是（ ）波形。  
A相和B相传感器窗口相距（ ）个栅距，输出信号相差（ ）rad。
- 5-3 车床上的活动部件来回不确定地滑动，为检测部件绝对位置，需要同时检测（ ）和（ ）。
- 5-4 利用D触发器和A、B相传感器脉冲输出，设计鉴向电路，并绘制鉴向时序图。为得到栅距1/2倍和1/4倍的测量分辨率，应如何设计电路？
- 5-5 设动态磁栅标尺的磁极距离为0.2mm，磁标尺总长为3m，位移测量的标准测量不确定度为0.002mm。问传感器输出电压的分辨率至少应为多少V<sub>pp</sub>，才能达到0.002mm的测量不确定度？
- 5-6 在立体仓库应用中，DM二维码定位系统的关键技术有哪些？1cm大小的DM码定位，精度可以有10mm、1mm、0.1mm可选，如何做到的？

## PSD(Position Sensitive Device)测距原理

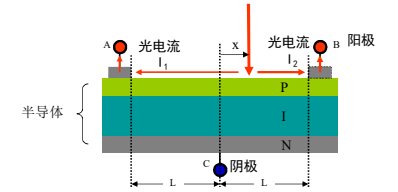
### (1) PSD元件

检测入射光点的位置  
P层:A、B两电极、  
N层:C电极

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L-x}{L+x}$$

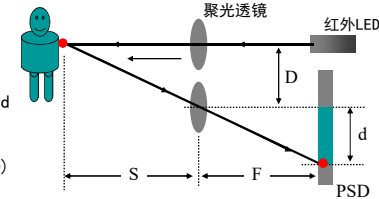
$$x = L \left( \frac{I_2 - I_1}{I_1 + I_2} \right)$$

：入射光线的重心

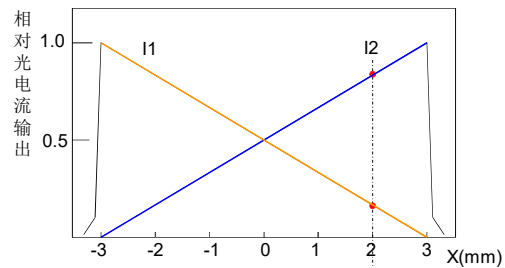


### (2) PSD三角测量

- 已知焦距F和基线长D，  
PSD输出漫反射光点的位置d
- 求距离S (S=FD/d)
  - 为了提高测距灵敏度，应如何设计D? (适当增大D)
  - 抗干扰光的措施？



## PSD输出电流特性

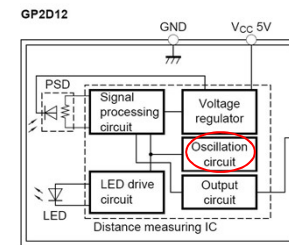


## PSD器件 SHARP GP2D12

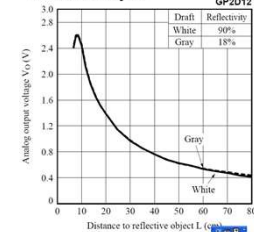
外观



内部电路结构



Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object



V<sub>0</sub> Analog output  
模拟电压输出



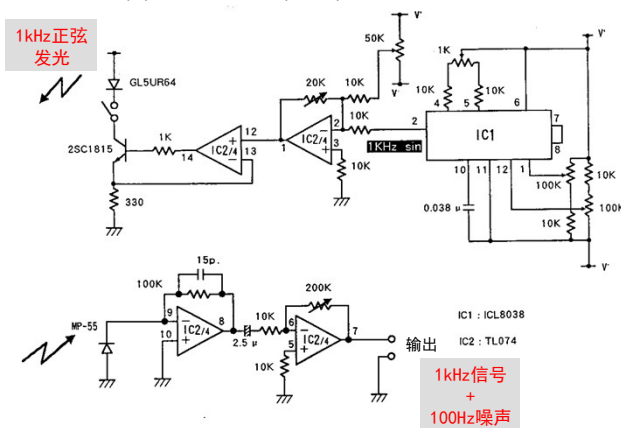
## 光电检测的特点

- 发光器件和收光器件同时存在  
主动发光，近距离发光；  
—》信号源
- 照明光和其他干扰光不可避免地存在  
—》干扰源
- 调制解调的信号处理方法  
—》传统的方法是提高信噪比

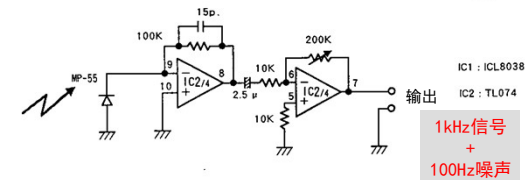
## 光电传感器的信号处理方法

- 提高SN比：
  - 放大信号（如：增大发光强度，利用红外LED）
  - 抑制噪声（如：远离或不正对干扰光）
- 调制发光：主动区别干扰光（调制频率已知）  
↓
- 解调信号的处理方法
  - 同步积分—》锁定放大器 (Lock-in Amp.)；  
(在接收信号中求调制频率成分的幅值)
  - 高通或带通滤波。

(1) 发光二极管(LED)正弦波发光电路



(2) 光敏二极管(PD) 信号放大电路



## 思考题

当1kHz闪光的LED (Signal) 和50Hz电灯 (Noise) 同时照射光电传感器时、画出下列各种情况下的输出信号波形。

- (1) LED光照强、电灯光照弱；
- (2) LED光照强、关闭照明电灯；
- (3) 关闭LED指示灯、电灯光照弱；
- (4) 关闭LED指示灯、电灯光照强；
- (5) LED光照弱、电灯光照强。

哪一种情况SN比最高？

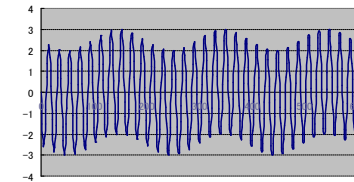
## 光电传感器输出信号

$$x(t) = A \sin(2\pi f_s t + \theta_1) + B \sin(2\pi f_n t + \theta_2),$$

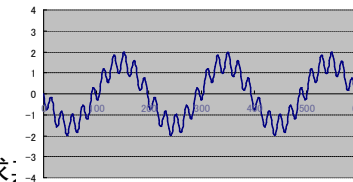
$$f_s = 1000 \text{ Hz}, \quad f_n = 100 \text{ Hz}$$

- (1)  $A=2.5\text{V}, B=0.5\text{V}$
- (2)  $A=2.5\text{V}, B=0$
- (3)  $A=0, B=0.5\text{V}$
- (4)  $A=0, B=1.5\text{V}$
- (5)  $A=0.5\text{V}, B=1.5\text{V}$

(1)  $A=2.5\text{V}, B=0.5\text{V}$



(5)  $A=0.5\text{V}, B=1.5\text{V}$



思考: 如何求; 值?

## 同步积分的原理

$$y(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t x(\tau) \cdot \sin 2\pi f_s \tau d\tau$$

设  $T = N / f_s$

$$x(t) = A \sin(2\pi f_s t + \theta_1) + B \sin(2\pi f_n t + \theta_2)$$

$$= A \cos \theta_1 \cdot \sin 2\pi f_s t + A \sin \theta_1 \cdot \cos 2\pi f_s t + B \sin(2\pi f_n t + \theta_2)$$

$$\text{则 } y(t) \approx \frac{A}{2} \cos \theta_1$$

接收信号与发光信号同步积分结果:

- 输出直流成分、与发光信号同频率同相成分的大小成比例。
- 主动改变  $\theta$  角—调出最大输出—求A。 (微弱信号检测)
- A不变—求  $\theta$  角: (相位差测量)

## 三角函数的正交性

设  $T = 2\pi / \omega_0$

$$\int_0^T \sin n\omega_0 t dt = 0,$$

$$\int_0^T \cos n\omega_0 t dt = 0;$$

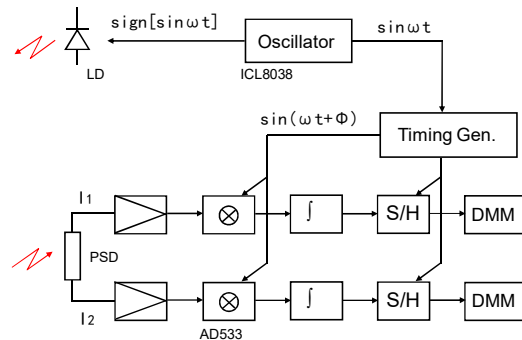
$$n \neq m \left\{ \begin{array}{l} \int_0^T \sin n\omega_0 t \sin m\omega_0 t dt = 0, \\ \int_0^T \cos n\omega_0 t \cos m\omega_0 t dt = 0; \\ \int_0^T \sin n\omega_0 t \cos m\omega_0 t dt = 0, \end{array} \right.$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T 1 dt = 1,$$

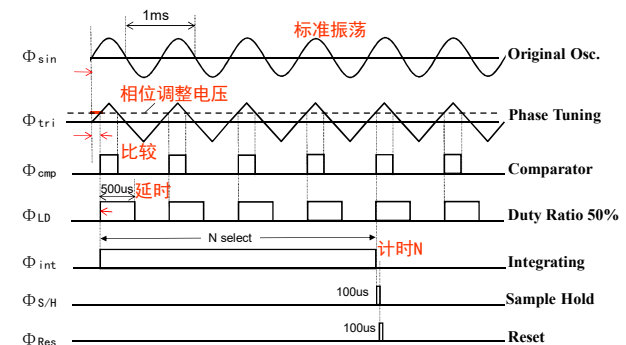
$$\frac{1}{T} \int_0^T (\sin n\omega_0 t)^2 dt = \frac{1}{2},$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T (\cos n\omega_0 t)^2 dt = \frac{1}{2};$$

## PSD输出信号的同步积分流程图



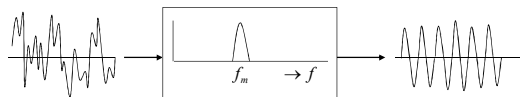
## 同步积分的时序图



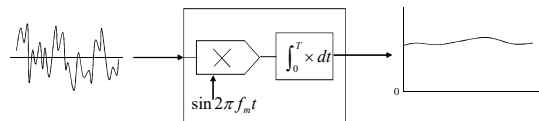
## 思考题

### 6-1 比较同步积分和窄带滤波的异同点

(a) 窄带滤波去噪的结果：时域里卷积，输出窄带信号



(b) 同步积分去噪的结果：时域里积分，输出直流信号



## 思考题

6-2 填空：

- 1) PSD元件的两电极输出电流与入射光点到两电极的距离成( )关系。
- 2) PSD元件输出(入射光点的位置信息)，是连续的(模拟量/开关量)输出，表示入射光斑的( )。
- 3) PSD距离传感器由( )、( )、两片( )和( )组成。为提高测距灵敏度应该尽量将基线D设计得( )一些。为抗其他光源的干扰，需要( )发光，并根据( )解调接收信号。
- 4) 同步积分是一种从被噪声淹没的信号中分析( )信号成分大小的有效方法。

6-3 写出计算公式：

CCD图像传感器能够输出的入射光点位置是空间离散信息，用各像素灰度值 $P(i)$ 表示，设图像传感器像素间距为 $d(\mu m)$ ，求入射光点的重心位置。

6-4 如何检验在光电测距传感器(含LED发光和PD或PSD敏感元件)中是否有发射调制和接收光的解调机制在其中？