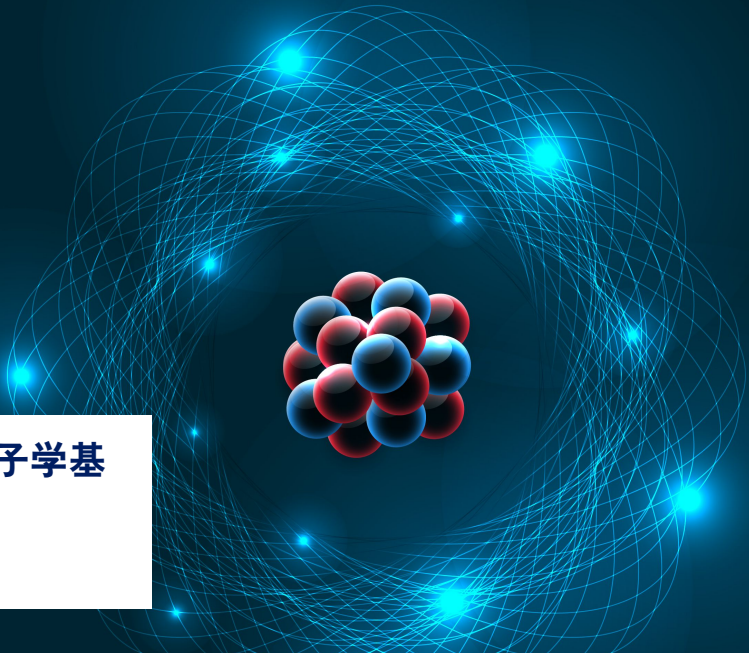




# 探测器前端电子学基础

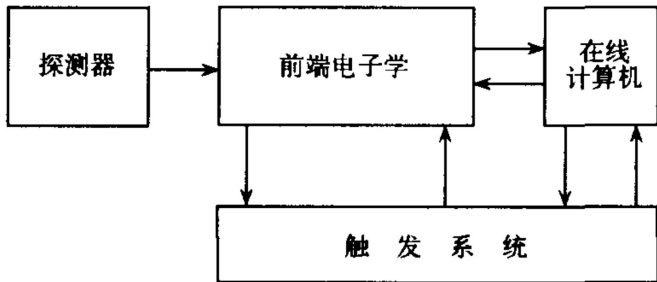
陈日光

October 9, 2023





## 数据获取系统各部分的关系



- 能量电荷转换与电荷测量
- QAC 的三种方法
- ADC 的三种方法
- 定时甄别的三种方法
- TDC 的三种方法



## 能量电荷转换与电荷测量

- 粒子在探测器中消耗掉的能量为  $E$
- 电子电荷的平均数为  $N$
- 探测器的平均能量-电荷转换系数为  $\theta$

$$N = \theta E$$

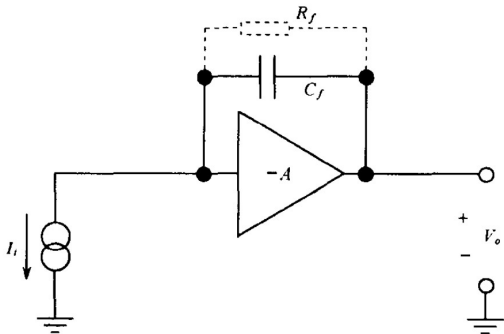
在 QAC 中，可以让探测器的输出电流  $i$  对一个固定电容  $C$  充电实现电荷电压转换：

$$\int i dt = Q = CU$$



# 电荷灵敏放大器

QAC 的三种方法



放大器的输出电压  $V_o$  和输入电荷  $Q_i$  的关系为:

$$V_o = \frac{Q_i}{C_f}$$

- **优点:** 输出电压和输入电荷一致性好, 有很好的准确性和稳定性
- **缺点:** 反馈电容没有电荷释放通路, 容易产生堆积现象

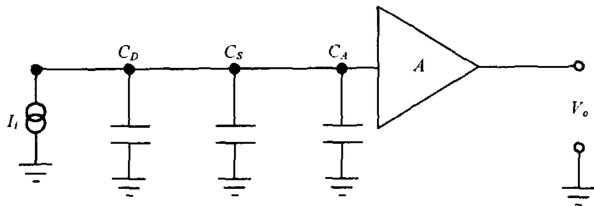
并联释放电阻的下降过程为指数过程

$$v(t) = V_{max} e^{-t/RC}$$



# 电压灵敏放大器

QAC 的三种方法

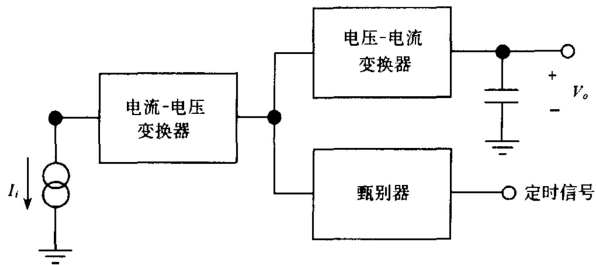


- 杂散电容的不稳定性会导致电压转换比不稳定。
- 并联一个较大的固定电容来改善稳定性，但这又降低了信号幅度，对信噪比不利。



# 电流灵敏放大器

QAC 的三种方法



- 电流放大器输入阻抗小，输出阻抗大。
- 配合较大的积分电容可以减小杂散电容对输出的影响。
- 输入电流脉宽很窄，要求放大器很大的带宽，成本较高。



## ADCs

### ADC 的三种方法

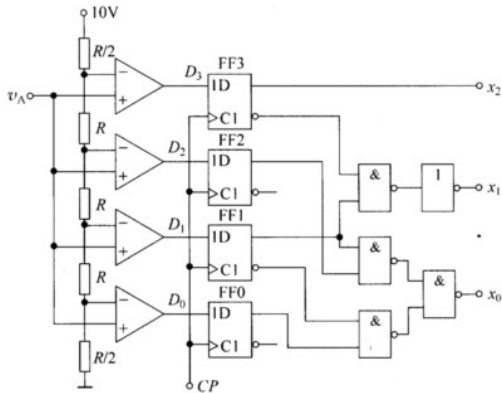


Figure: Flash ADC

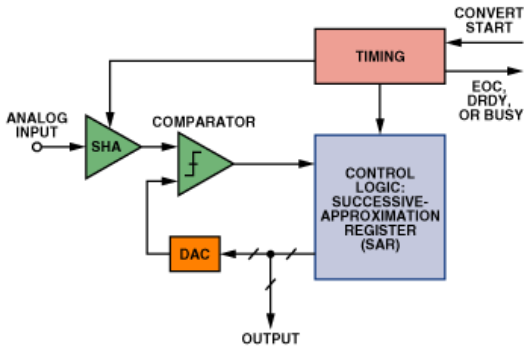


Figure: SAR ADC



# ADCs

## ADC 的三种方法

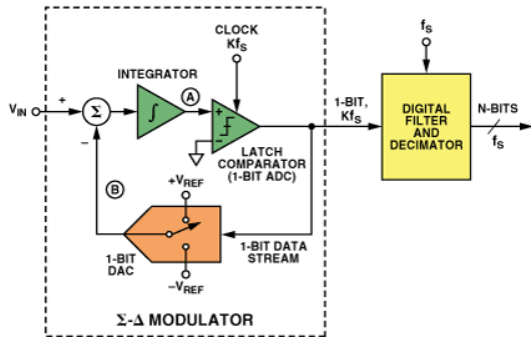


Figure: 一阶  $\Sigma\Delta$  ADC

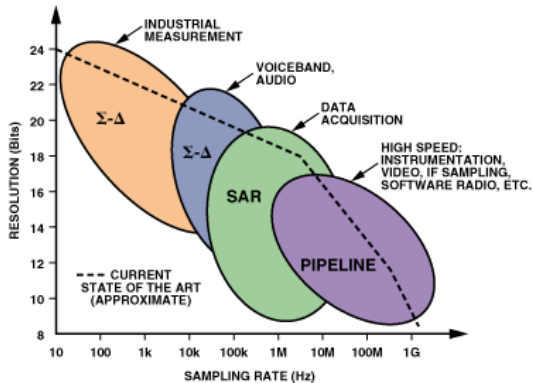


Figure: 比较

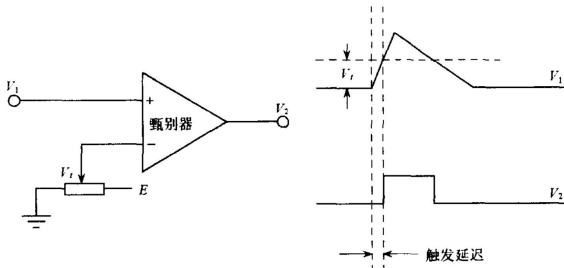




## 前沿触发定时

定时甄别的三种方法

**时间游动:** 由于探测器输出信号的幅度和波形都是随机的，信号不同的上升速度使得阈值导致的定时误差也是随机变化的。





## 过零定时

定时甄别的三种方法

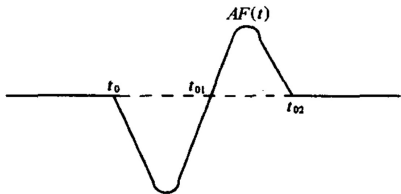
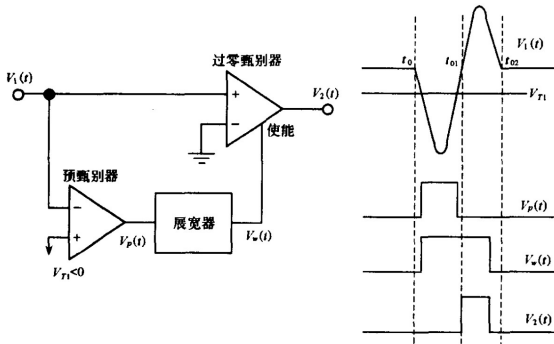


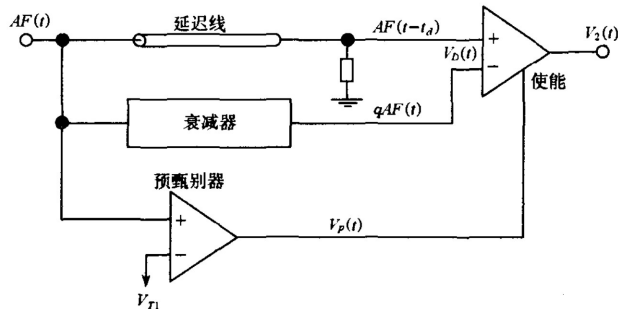
Figure: 有过零点的双向信号





## 恒比定时

定时甄别的三种方法



$$AF(t - t_d) = qAF(t), q < 1$$

$$\Rightarrow F(t - t_0) = qF(t_0)$$

$$F(t) = A_0 - A_1 e^{-t/\tau_1} - A_2 e^{-t\tau_2} - \dots$$

$$\approx (A_1/\tau + A_2/\tau_2 + \dots)t = mt$$

$$\Rightarrow Am(t_0 - t_d) = qAmt_0$$

$$\Rightarrow t_0 = t_d/(1 - q)$$

$$V_D(t) = A[F(t - t_d) - qF(t)]$$



# 计数式时间数字变换

TDC 的三种方法

- 计数式时间数字变换
- 带游标的计数式时间数字变换
- 时间幅度变换 (TAC)



## 参考文献

- [1] 谢一冈. 粒子探测器与数据获取[J]. 科学出版社, 2003.
- [2] Inc A D .Data conversion handbook[M]. 2004.
- [3] Kester W .The data conversion handbook[J].  
gis world books gis world fort collins co, 2005.



Thank you!