

# 暑期学校总结

祝星

中国科学技术大学

导师：刘树彬教授 专业：物理电子学 email:zhuxing@mail.ustc.edu.cn

暑期学校的报告涉及的研究方向比较广，这些报告中与我所做方向相关性最强的是山东大学祝老师的报告，其中具体介绍的极零相消电路印象很深，在实际设计中经常会遇到这种情况，无法很好地分辨两个间隔时间较短的信号。通过重新构造极点的方法，使得信号波形的峰下降得更快。能够提高整个系统的死时间，使之可以适用于事例率更高的实验中。同时信号的采集与处理中，信号峰值的采集往往是我们需要关心的。讲座中也提到了，由于孔径晃动，ADC 直接采集难以才到峰值点。

在核电子学中，经常遇到需要处理的核脉冲信号。核脉冲一般要经过前置放大成形和时间常数均为  $\tau$  的  $CR - (RC)^m$  电路滤波成形后，才输入峰值保持电路。峰值保持电路的输入脉冲可表示为：

$$V_i = \frac{A_0}{m!} \left( \frac{t}{\tau} \right)^m e^{-t/\tau}$$

式中， $A_0$  为幅度参数， $m$  为  $CR - (RC)^m$  滤波成形电路中积分成形的级数。 $m$  越大， $V_i$  越趋向于高斯型。为了获得准高斯波形和较高的信噪比，实际应用中一般  $m$  取 3 或 4。

对上式微分：

$$\frac{dV_i}{dt} = \frac{A_0}{m!} \left[ \frac{m}{\tau} \left( \frac{t}{\tau} \right)^{m-1} e^{-t/\tau} - \frac{1}{\tau} \left( \frac{t}{\tau} \right)^m e^{-t/\tau} \right]$$

令  $\frac{dV_i}{dt} = 0$ ，则  $V_i$  达峰时刻为： $t_M = m\tau$

此时， $V_i$  的峰值为：

$$V_M = \frac{A_0 m^m}{m! e^m}$$

定义脉冲宽度  $t_w$  为脉冲波形的百分之一高的全宽，再由  $V_i$  的表达式可以求得：

$$t_w = 12.93\tau$$

对于  $n$  位 ADC，只要采集到的信号上升到峰值的  $(2^n - 1)/2^n$  即可认为是峰值范围。设  $V_i = (2^n - 1)V_m / 2^n$  时，时刻分别对应  $t_{m1}$ 、 $t_{m2}$ ，则可算出：

$$t_{m2} - t_{m1} = \frac{0.438t_w}{2^{n/2}}$$

为了对脉冲峰值进行模数转换，用峰位检测电路检测脉冲的达峰时刻，然后像采样保持电路发出保持命令，在脉冲到达  $t_{m2}$  之前，即在  $(t_{m2} - t_{m1})/2$  时间间隔内，采样保持电路必须完成峰值保持。在采样保持电路的孔径时间  $t_{AP}$  内，输入到 ADC 的信号变化就不会

超过 1LSB。所以脉冲峰值采样保持电路的  $t_{AP}$  必须小于  $(t_{m2} - t_{m1})/2$ 。

峰值保持电路主要有两种形式：电压型峰值保持和跨导型峰值保持。

电压型峰值保持电路主要由电压运算放大器 A，检测二极管 D，保持电容 C 和电压缓冲器 B 组成，如图 1 所示。电压运算放大器对输入电压  $V_i$  和输出电压  $V_o$  之间的电压差进行放大，输出为电压信号，若  $V_o$  大于  $V_i$ ，则电压运算放大器输出的电压信号通过二极管 D 对电容 C 充电；若  $V_i$  大于  $V_o$ ，二极管 D 不导通，电容 C 上电压保持不变。

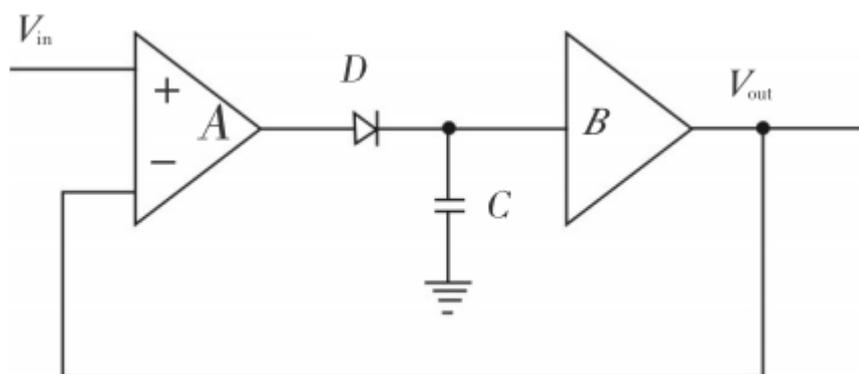


图 1 电压型峰值保持原理图

跨导型峰值保持电路主要由跨导放大器 G，恒流源 I，二极管 D，保持电容 C 和电压缓冲器 B 组成，其组成图如图 2 所示。其工作原理是输出信号  $V_o$  小于输入信号  $V_i$  时，跨导放大器 G 对输入信号与输出信号之间的差值电压进行放大。输出的电流经过二极管对保持电容 C 充电，B 在电路中起到输出缓冲器的作用；当 B 的输出电压大于输入电压时，跨导放大器 G 的输出为反向，此时，二极管截止，缓冲器 B 输出电压大小等于保持电容两端的电压。

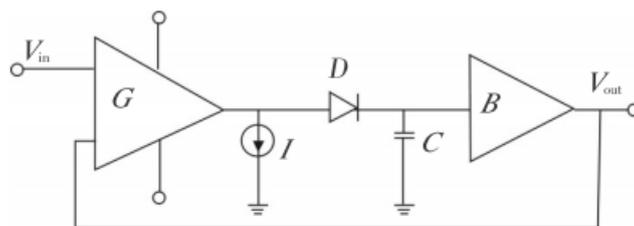


图 2 跨导型峰值保持原理图

保持电容 C 两端的电压  $V_c$  可由式(1)表示。其中， $I_t$  为充电电流； $T_0$  为充电的起始时间； $T_c$  为充电时间；C 为充电电容值。

$$V_c = \int_{T_0}^{T_0+T_c} (I_t / C) dt \quad (1)$$

其中，电压型峰值保持电路

$$I_t = A(V_i(t) - V_o(t)) / Z \quad (2)$$

跨导型峰值保持电路

$$I_t = g(V_i(t) - V_o(t)) \quad (3)$$

其中， $V_i(t)$ 和 $V_o(t)$ 分别表示输入和输出电压信号幅值； $A$ 表示电压放大系数； $g$ 表示跨导放大器的跨导系数； $Z$ 表示二极管及峰值保持电容的等效阻抗和。

在实际设计中，根据需求选择峰值保持电路的类型以及元器件的选型，做到最优的设计。

为期 10 天的暑期学校结束了，当中有许多内容对研究工作有很大的意义。讲座内容涉及了高能物理的各个方面，通过这次暑期学校，对于具体项目中各个部分之间的交流有很大帮助，例如听了一些探测器方面报告后，我负责的电子学的设计能更好地和探测器方面进行沟通。