

第六次作业

一、共射放大电路

共射放大电路是双极型晶体管（BJT）最基本的放大拓扑结构之一。输入信号加在基极与发射极之间，输出信号从集电极取出，发射极作为输入回路和输出回路的公共端，故称“共射”。

1.1 工作原理

在共射放大电路中，基极-发射极之间的交流小信号电压 v_{be} 通过晶体管的跨导 g_m 转化为集电极电流 $i_c = g_m \cdot v_{be}$ 。该电流流过集电极负载电阻 R_C 后产生电压降，经耦合电容取出即得到放大后的输出电压。由于集电极电流与基极电压呈同相关系，而输出电压 $v_{out} = V_{CC} - i_c \cdot R_C$ ，因此输出电压与输入电压反相（相位差 180° ）。

二、跨阻放大器

2.1 工作原理

跨阻放大器是一种将输入电流转换为输出电压的放大器，其传递函数为 $V_{out} = -I_{in} \cdot R_f$ ，其中 R_f 为反馈电阻。最常见的 TIA 拓扑由运算放大器配合反馈电阻构成：输入电流信号加在运放的反相输入端，同相输入端接地或接参考电压，反馈电阻跨接在输出端与反相输入端之间。由于运放的虚地效应，输入端的电压几乎为恒定值，因此输入阻抗极低，适合接收来自

高阻抗电流源的信号（如光电二极管、LGAD 探测器等）。

三、电压放大器

3.1 工作原理

电压放大器是最通用的放大器类型，其输入和输出均为电压信号。理想的电压放大器应具备高输入阻抗（避免对信号源加载）、低输出阻抗（提高驱动能力）和稳定的电压增益。常见的实现方式包括：基于运放的同相/反相放大器、基于 BJT 的共射/共基放大器、基于 FET 的共源放大器等。电压放大器的核心目标是在保持信号波形不失真的前提下，将输入电压信号放大至所需的幅度。

四、三种放大器的关系与区别

4.1 关系

三种放大器之间存在密切的联系和转换关系：

（1）共射放大电路是最基本的放大拓扑，它可以被配置为电压放大器（接电阻负载）、跨阻放大器（在集电极与基极之间加反馈电阻）或跨导放大器（取集电极电流为输出）。因此，理解共射放大电路是理解其他放大拓扑的基础。

（2）跨阻放大器本质上是一个带有电阻反馈的电压放大器。如果用一个理想的电压放大器（增益 $-A$ ）和一个反馈电阻 R_f 构成闭环结构，其输入阻抗为

$R_f/(1+A)$ ，跨阻增益近似为 $-R_f$ 。这就是 TIA 的本质——利用负反馈在输入端创建一个低阻抗节点来接收电流。

(3) 很多实际的 TIA 内部采用共射级作为开环增益级。在集成 TIA 芯片（如本设计使用的 GALI-52+）中，通常是多级共射（或共源）放大器级联后通过反馈网络实现跨阻功能。

4.3 在 LGAD 前放设计中的角色

LGAD (Low Gain Avalanche Detector) 探测器输出的是极短的电流脉冲（上升沿约 500 ps，脉宽约 2 ns），信号电荷量极小。因此前放设计面临的核心挑战是：

因此，LGAD 前放通常采用跨阻放大器 (TIA) 作为第一级（直接接收探测器电流信号），后接电压放大器提供额外的电压增益。共射放大电路的知识有助于理解分立晶体管 TIA 的内部工作机制。