

# 科创作业 6

## 一.了解共射放大电路，跨阻放大器，电压放大器，介绍这三个电路的关系、区别、应用场景等。

### 1. 共射放大电路

以双极型三极管为核心，输入信号加载在基极，输出取自集电极，发射极公共接地。输入为基极电压/微小电流，同时实现电流放大与电压放大，输出信号与输入相位相差 180 度。输入阻抗中等，输出阻抗偏高，是分立模拟放大最基础单元，本质属于基础电压放大单元。

### 2. 跨阻放大器

核心功能是电流转电压，输入是微弱电流信号，输出标准电压，增益单位为欧姆。专门针对电流型传感器设计，输入阻抗极低，能快速抽取传感器微弱电荷/电流，高速性能优秀，输出阻抗低，适合窄脉冲、高速微弱电流信号处理。

### 3. 电压放大器

仅针对电压信号做幅值放大，输入电压、输出电压，增益无单位。典型为运算放大器、射频集成增益芯片，拥有极高输入阻抗、极低输出阻抗，主要作用是提升电压幅度、阻抗匹配缓冲，不处理电流类原始信号。

### 4. 区别

#### (1) 输入信号类型不同

共射电路接收电压、小电流均可；跨阻放大器只适配微弱电流；电压放大器仅接收电压信号。

#### (2) 增益定义与量纲不同

共射电路有电压增益、电流增益两种表达；跨阻放大器增益是电压/电流，单位欧姆；电压放大器增益仅为电压比值，无量纲。

#### (3) 阻抗特性差异

共射输入阻抗中等、输出阻抗高；跨阻输入阻抗极低、输出阻抗低；电压放大器输入阻抗极高、输出阻抗极低。

#### (4) 相位与带宽

共射固定反相输出，分立结构带宽有限；跨阻可设计同/反相，专为高速脉冲优化带宽；电压放大器分通用宽带、窄带，相位可灵活配置。

### 5. 关联

#### (1) 电路可互相转化改造

共射三极管电路增加反馈电阻，能搭建分立版跨阻放大器；电压放大器外接跨阻反馈电阻，即可改造成 TIA；跨阻放大器输出的电压信号，可直接送入电压放大器做二级幅值提升。

#### (2) 信号链路层级配合

探测器原始微弱电流 → 跨阻放大器（电流转电压） → 电压放大器（放大电压幅度），整条链路中，分立共射电路可替代前两级其中一级，作为低成本分立实现方案。

#### (3) 数学等效逻辑

跨阻增益 = 电压增益 × 输入阻抗，三者本质都属于线性信号放大单元，只是针对输入信号类型做了针对性优化。

### 6. 应用场景

### (1)共射放大电路

低成本分立模拟电路、低频小信号前置放大、简易探测器一级预放大；本作业图中 LGAD 探测器一级放大就是 BFR840 共射电路，用来初步放大探测器微弱脉冲电压。

### (2)跨阻放大器

光电二极管光纤接收、硅辐射探测器 (LGAD/APD) 前端、高速微弱电荷脉冲采集；粒子物理探测、高速光通信前端必备，专门处理传感器输出的微弱电流。

### (3)电压放大器

示波器缓冲、信号二级放大、中频信号调理、仪表信号输出；本作业二级放大选用射频电压增益芯片 GALI-52+，将一级输出电压放大 10 倍，驱动示波器采集。

## 二.根据左上所给的一级放大电路，设计 LGAD 完整的单通道前放板原理图

当天生病未听到课，原理图绘制还在努力理解，后续会补上

### 1. 5V 板载电源开关模块思路

PS79901 芯片有使能引脚，高电平工作、低电平断电，以此实现开关控制；开关闭合时，5V 通过二极管给使能脚供电，电源全部开启；开关断开时，搭配下拉电阻把使能脚拉低，2.25V 供电直接关闭；选用 DSHP01TSGER 原因：高速二极管，自身寄生参数很小，不会给电源引入杂波，同时防止电压倒灌损坏芯片引脚；输入 5V 端口搭配大小两种电容：大容量电容处理低频电源波动，小容量高频电容抵消导线自带的寄生电感，解决电容并非理想带来的高频滤波失效问题。

### 2. TPS79901 生成 2.25V 供电模块思路

这款芯片是可调低压降噪电源，专门适配小信号射频电路，噪声极低，不会干扰 LGAD 微弱脉冲信号，所以选定它；通过分压电阻搭配调节输出电压至 2.25V，配合反馈小电容稳定电路，避免电压波动；输入端加大电容：改善电源瞬时负载变化带来的电压抖动，抑制低频纹波；输出端搭配指定输出电容：稳定输出直流，降低电源噪声；反馈回路选用小容量电容：兼顾电路稳定和快速启停，抵消分压电阻自带的寄生电容影响。

### 3. GALI-52+二级放大模块思路

GALI-52+是宽带射频放大器，自带标准 50Ω 阻抗匹配，适配窄脉冲高速信号，不会出现波形反射、变形，稳定实现 10 倍增益；芯片直接使用 5V 供电，对照手册推荐电路搭配偏置电阻，保证芯片工作在最优工作状态；输入、输出各加隔直电容：只传输交流脉冲信号，隔离前后级直流电位，避免两级电路直流互相影响；电源引脚增加旁路电容：给电源提供高频接地通路，滤除电源线上高频干扰；增加射频扼流电感：只允许直流供电通过，阻挡射频信号串入电源回路，防止信号和电源互相串扰；  
全程考虑元件非理想特性：电容、电感都存在寄生参数，大小电容搭配使用，减少高频畸变。

### 4. LGAD 高压偏置滤波接口思路

LGAD 工作需要外接反向高压，但高压电源同时存在低频漂移和高频开关干扰，只做单一滤波无法全部消除；分两级滤波：低频电阻电容组合，压制缓慢电压波动、工频噪声；小型电感电容组合，滤除高频射频杂波；增加保护二极管 DSHP01TSGER，抵御静电、电压浪涌，防止高压击穿探测器和前级放大电路；高压回路全部选用无感元器件，减少电感、电阻自带寄生参数，避免高速脉冲波形失真。

### 5. 示波器输出接口匹配思路

示波器标准输入阻抗为 50Ω，放大芯片输出端串联匹配电阻，搭配 SMA 射频插座；全程保持 50Ω 阻抗连续，消除高速信号反射、波形振铃；预留简易滤波焊盘，可按需加装元件滤除超高频杂散噪声。

## 6. 统一处理无源器件非理想特性的整体思路

电容：大小容值组合使用，大电容处理低频波动，小电容抵消引线寄生电感；全部选用低寄生贴片陶瓷电容；

电感：串联阻尼电阻抑制自激谐振，高压、射频通路选用无感电感，减小寄生电容；

电阻：高速信号线路使用高频薄膜电阻，缩短走线、减少过孔，降低寄生电感对脉冲边沿的破坏。

## 7. 接地与布线设计思路

信号通路单独走线：从 FIRST\_OUT1 到输出插座为高速模拟线路，走线尽量短，减少过孔，保证阻抗连续；

电源分区隔离：2.25V 低压、5V 二级供电、LGAD 高压三路走线物理分开，避免电源之间互相串扰；

统一单点接地：模拟放大地、电源地集中一点连接，分开高压地与小信号地，消除地环路带来的噪声干扰；

滤波电容就近摆放：电源芯片引脚旁边直接放置去耦电容，缩短走线，最大限度削弱寄生电感带来的干扰。