

一、

1. 三类电路基础定义

(1) 共射放大电路 (BJT 共射)

以双极型晶体管 BFR840 等 NPN 管为核心, 发射极公共接地, 输入电流 → 集电极电压输出, 属于电流控制电压型放大单元。

输入: 基极电流 I_b ; 输出: 集电极电压 V_c

核心增益: 电压增益 $A_v = -\beta * R_c / r_{be}$, 负号代表输出与输入反相。

本质: 单管分立放大, 小信号高频前置放大单元。

(2) 跨阻放大器

输入为微弱电流信号, 输出为电压, 增益定义为跨阻 $R_{TIA} = V_{out} / I_{in}$, 单位 Ω 。

典型结构: 运放/射频放大器+反馈电阻, 多用于光电二极管、粒子探测器 (LGAD 探测器输出为微弱电荷/电流脉冲)。

适配场景: 传感器输出电流信号, 先将电流转为电压, 是探测器前放第一级常用电路。

(3) 电压放大器

输入、输出均为电压信号, 增益 $A_v = V_{out} / V_{in}$, 单位倍, 无电流转换。分为两类:

a) 分立电压放大: 多级共射级联;

b) 集成射频电压放大器 (本题 GALI-52+), 专门对已有电压信号做线性放大, 只提升电压幅值, 不做 I-V 转换。

2. 内在关系

(1) 层级递进关系

探测器 (LGAD) → 跨阻放大器 → 共射前置放大 (初级电压放大) → 集成电压放大器 (二级电压放大)

LGAD 输出是电荷脉冲, 本质电流信号, 必须先经跨阻放大器完成 I-V 转换;

分立共射作为低成本高频前放, 做初级小幅放大;

集成电压放大器对成型电压脉冲做固定倍数增益。

(2) 功能从属关系

共射放大电路本质是简易分立型跨阻单元 (同样实现电流输入转电压输出), 但噪声、线性度、灵敏度远不如专用跨阻放大器;

专用电压放大器不具备 I-V 转换能力, 只能在已有电压信号后端做幅度提升, 不能直接接电流型探测器。

(3) 电路组合逻辑

仅微弱电流传感器: 优先跨阻放大器;

已有电压信号需要低成本初级放大: 分立共射;

电压脉冲需要稳定、宽带、固定倍数增益: 集成电压放大器;

完整探测器读出链路: 跨阻放大器 + 共射前放 + 电压放大器级联。

3. 应用场景

1. 共射放大电路

低成本高频小信号前置放大, 射频初级放大;

缺点：噪声偏大，无法处理微弱电流，只适用于已有一定幅值的电压输入信号。

2. 跨阻放大器 TIA

光电探测器、硅粒子探测器（LGAD、SiPM）、电离辐射传感器；

传感器输出电荷/微弱电流，必须用 TIA 实现低噪声 I-V 转换，是粒子探测、光纤通信接收端核心电路。

3. 电压放大器

脉冲信号二级放大、示波器缓冲输出、射频信号幅值提升；

信号已经完成 I-V 转换，只需要线性放大电压幅度，带宽平坦、增益稳定，适合纳秒级高速脉冲。

4. 核心区别

(1)输入信号类型不同

共射放大电路输入可为电压或微弱基极电流；跨阻放大器仅接收纯电流、电荷脉冲类信号；电压放大器输入只能是成型电压信号，无法直接处理电流。

(2)输出信号统一但信号转换能力不同

三者输出均为电压，但转换逻辑差异显著：共射是单管简易电流转电压；TIA 主打高精度、低噪声微弱电流向电压转换；电压放大器无电流-电压转换功能，仅对已有电压做幅度放大。

(3)增益定义与单位区分

共射放大与电压放大器的增益为电压增益，无量纲；跨阻放大器增益为跨阻，单位欧姆，表征电流输入对应输出电压的转换能力。

(4)核心器件与电路架构不同

共射放大采用分立 BJT 晶体管搭建；TIA 由运算放大器或专用芯片搭配反馈电阻构成；电压放大器使用 GALI 系列集成射频放大芯片。

(5)输出相位特性不同

共射放大输出相对输入反相 180° ；反馈型 TIA 输出与输入同相；集成射频电压放大器可实现同相或反相输出，工程常用型号多为同相输出。

(6)噪声、带宽与适用信号强度差异

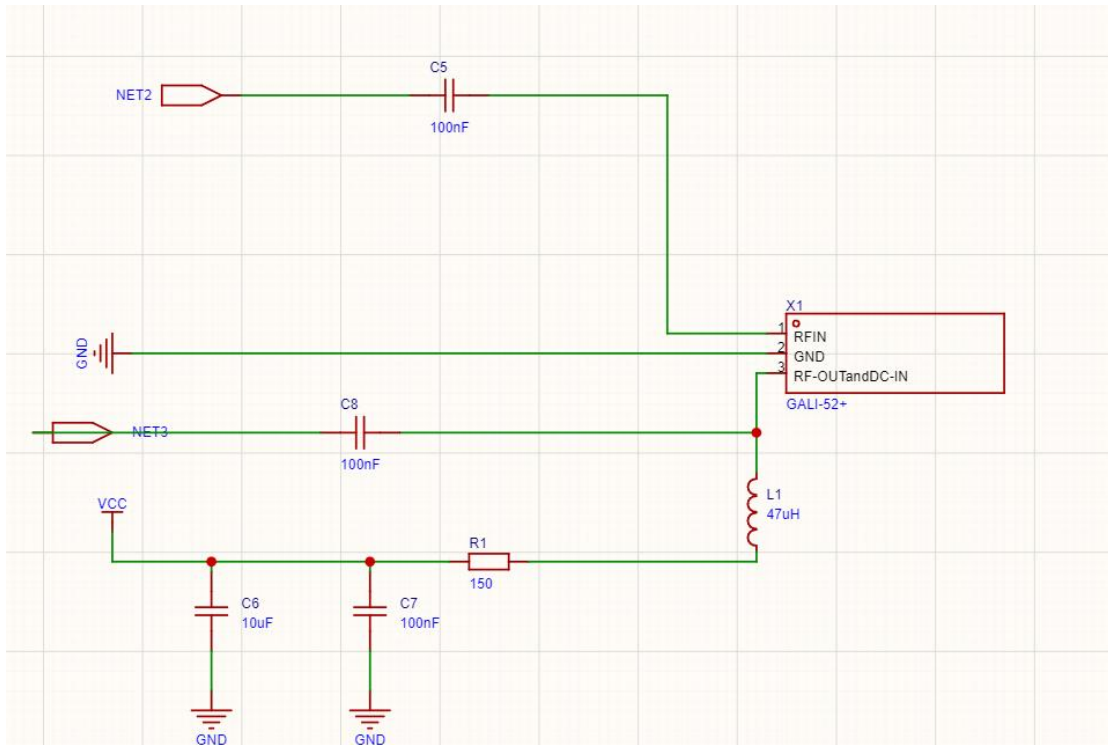
分立共射噪声中等，仅能处理幅值不极低的信号，高频性能一般；TIA 输入噪声极低，可适配皮安级超微弱电流脉冲；集成电压放大器具备宽带平坦增益，高频线性度优异，适合标准幅值高速电压脉冲。

(7)适用链路位置不同

TIA 必须放在电流型探测器最前端，完成 I-V 转换；共射放大适合 TIA 后级做低成本初级小幅电压放大；电压放大器只能在完成 I-V 转换的电压信号后端，做稳定的固定倍数幅值放大，不可直接对接电流传感器。

二、

1. 放大电路



输入隔直电容：输入端串联 100pF 电容接入 RFIN，实现前后级直流隔离，适配 50Ω射频系统；

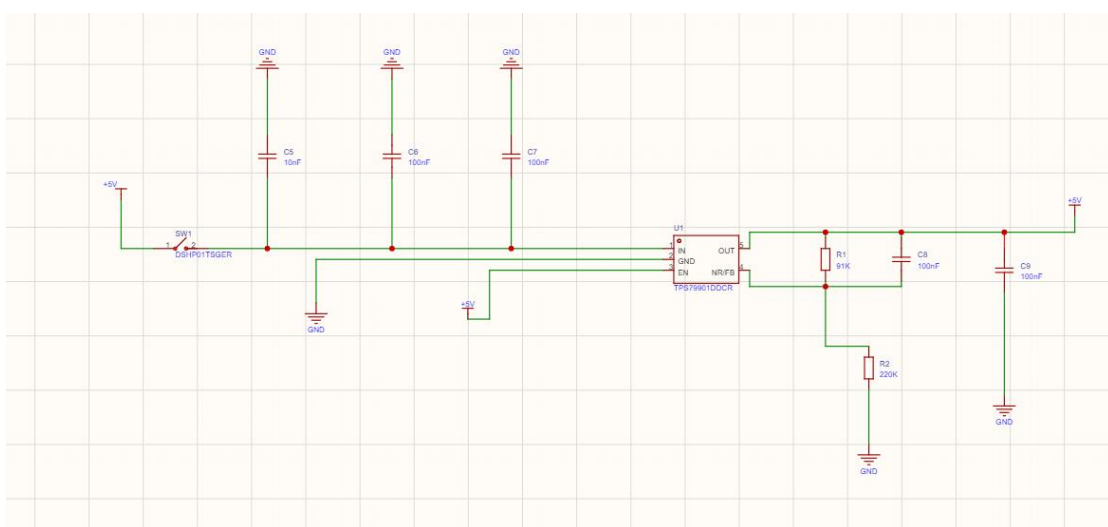
电源双电容去耦：10uF+100nF 大小电容并联，高低频噪声同时滤除，满足高速脉冲电源纯净度要求；

射频扼流 47uH+150Ω：电感阻隔射频交流信号，防止射频窜入供电电源，电阻阻尼抑制电感谐振，和作业高频补偿思路一致；

输出 100pF 隔直电容：输出端串联电容，隔绝芯片直流电位，后端可直接接示波器 50Ω负载；

注：芯片最低电压 7V，需将 5V 提升至 7V

2. 低压滤波电路

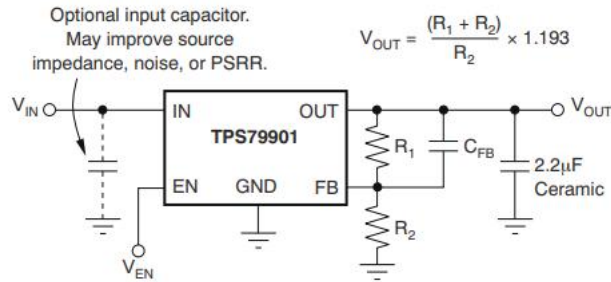


5V 电源开关，可整体控制前放板上电/断电，避免上电浪涌击穿 LGAD 探测器。

输入多级复合滤波：10uF 大容量电容：滤除 5V 输入低频电压波动、工频纹波，稳定直流基线；100nF 高频陶瓷电容：吸收开关电源产生的高频尖峰噪声；三级电容并联形成宽频段去耦网络，全频段隔离电源噪声，防止噪声耦合进高速纳秒脉冲信号。

输出 2.25V 并联电容到地，二次滤除 LDO 输出残余噪声，保证供给共射三极管的 2.25V 偏置电压纯净，避免电源噪声调制 500ps 脉冲边沿造成波形畸变。

R_1 和 R_2 的值可由公式确定



注：在设计电路的过程中，一开始还是不知道具体怎么设计，在通过利用 AI 和器件数据手册的推荐电路，尽量完成了电路图，还有许多没有完善的地方，我相信在后期能通过进一步学习解决问题