

1 第一问：了解三种放大电路

1.1 三种电路的关系、区别与应用场景

1. 基本概念 共射放大电路是BJT 三极管最基本的放大组态。它具备电压和电流放大能力，输入与输出反相。其典型结构表现为输入端、输出端与发射极共地，通过电容处理交流信号，电阻确定直流工作点。电压放大器和跨阻放大器则是按电路功能划分的放大器类型：

- **电压放大器**：输入和输出均为电压信号，增益为无量纲常数。它通常由共射、差分等基本放大电路结构搭建实现。
- **跨阻放大器(TIA)**：输入为电流信号，输出为电压信号，增益量纲为欧姆 (Ω)。常用于电流型传感器（如光电二极管、LGAD的前置读出）的微弱电流到电压的转换。

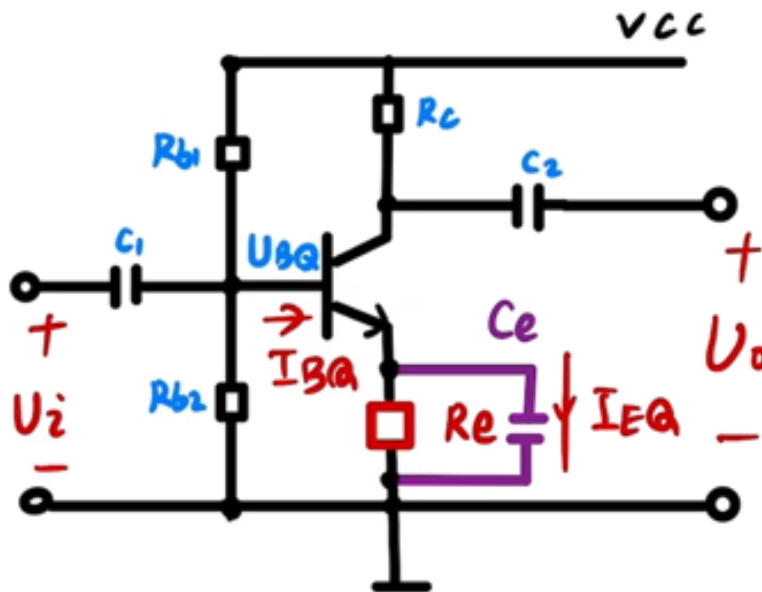


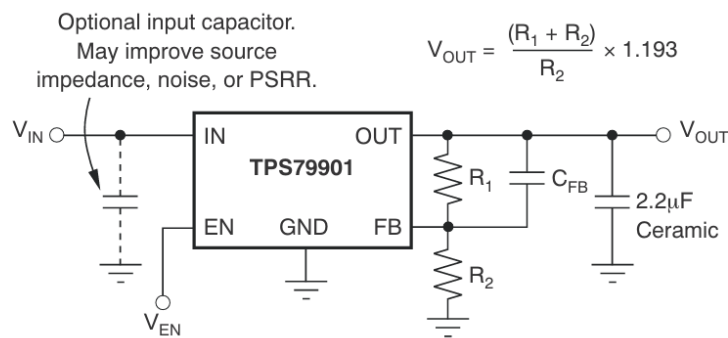
Figure 1: 简单共射放大电路

2. 三者关系与应用场景 共射放大电路是实现放大功能的“物理基础结构”之一。电压放大器和跨阻放大器是“功能目标”。

- 在通用低频信号的前级放大场景中，常使用共射放大电路来构建电压放大器。
- 在高速探测器读出中，跨阻放大器常采用共射、共基极组态配合负反馈电阻来实现宽带宽的电流-电压转换，如图1所示的电路结构。
- **作业参考应用**：作业所给的‘CHANNEL 1’第一级放大电路即是采用高速BJT（BFR840L3）搭建的共射放大电路，用于将LGAD微弱电流信号转换为电压信号，为后续电压放大做准备。

2 第二问：LGAD单通道前放板原理图设计

根据作业要求，本设计提供了LGAD单通道前放板的完整原理图（如图2所示）。完整系统涵盖了**高压偏置网络**、**低压供电管理**与**两级信号放大链路**三大核心模块。



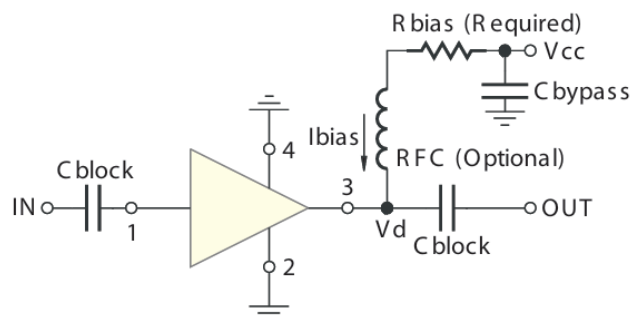
典型应用电路：可调电压版本

Figure 3: TPS79901DDCR 典型应用电路（数据手册截图）

3. 信号放大链路模块 信号通路的器件选择，一切服务于“500ps 超快上升沿”信号的无失真放大和输出。

- **X1 GALI-52+ 的选取**：选择GALI-52+ 作为第二级宽带射频放大器。该芯片内部含有完整的50Ω 匹配网络，增益频带极宽（覆盖DC 至GHz 级），并且其典型的线性偏置电流约为40-50mA，非常适合在5V 供电下对500ps 的超快脉冲信号进行高保真放大。
- **L1 47nH 电感的选取**：作为射频扼流圈（RFC）接入5V 电源。该电感的核心要求是其自谐振频率（SRF）必须远高于我们需要处理的信号带宽（GHz 级），从而保证该电感在超高频下仍然保持“通直流、阻交流”的物理特性，绝对阻断高频放大信号顺着电源线倒灌，防止电源串扰和系统自激。
- **C5 3.3nF 的选取**：作为输入耦合电容放置在‘FIRST-OUT’ 与GALI-52+ 输入端之间。其主要作用是阻断前一级放大电路（Q1 三极管）的2.25V 直流偏置电压，防止该直流电压叠加在输入端破坏GALI 的工作点。3.3nF 的容值在保证阻断直流的同时，对GHz 级的超快脉冲信号具有较低的交流阻抗，能最大程度降低信号衰减。
- **R4 50Ω 电阻的选取**：在输出端采用50Ω 电阻是一个经过专门优化的射频设计。注意，此处并没有采用GALI-52+ 数据手册中的输出隔直电容方案。这是因为真实电容的寄生电感在GHz 高频下会严重磨圆500ps 脉冲的上升沿。因此我们选用50Ω 串联电阻进行**传输线阻抗匹配**，完美匹配示波器50Ω 的输入内阻，这能最大限度地吸收传输线反射，防止产生振铃，保证了500ps 输出脉冲波形真实无畸变。

Recommended Application Circuit



Test Board includes case, connectors, and components (in bold) soldered to PCB

Figure 4: GALI-52+ 推荐应用电路（数据手册截图）

3 设计总结

整张原理图的设计遵循了高度的模块化隔离思想。高压与低压物理布线完全独立；电源部分通过低噪声LDO与射频扼流圈的组合保证供电纯净；信号放大器针对500ps超快信号，精心规避了高频下电容的非理想特性，采用50Ω阻抗匹配电阻，确保了LGAD超快前沿信号的无失真高保真放大。