



全国大学生电子设计竞赛

2014 年 TI 杯模拟电子系统设计邀请赛

简易高速差分探头 (B 题)

1、 任务

设计并制作一个简易有源高速差分示波器探头，实现差分输入、单端输出功能。同时设计一个用于测试该差分探头的差模信号源。示意图如图 1 所示。

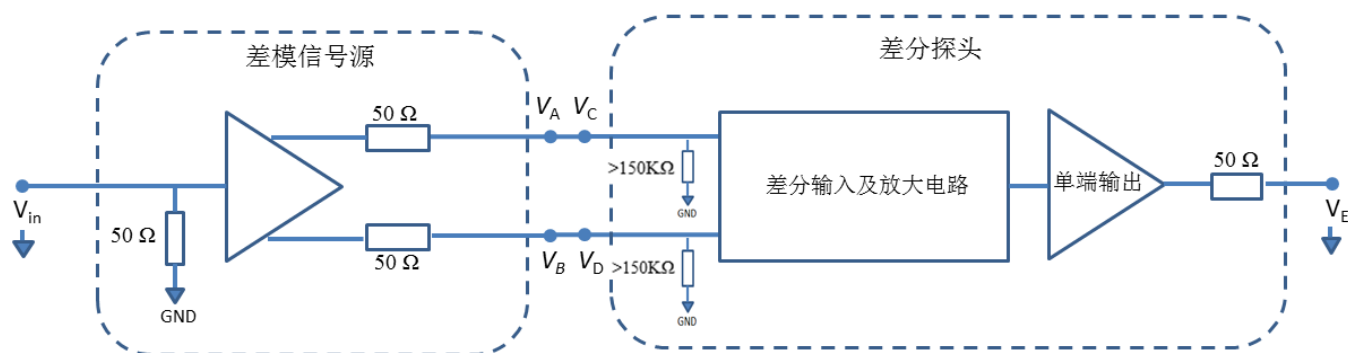


图 1. 差模信号源及其与差分探头连接示意图

2、 要求

- (1) 自制一个用于测试差分探头的差模信号源，实现将单端信号 V_{in} 转换为差模信号输出 (V_A 、 V_B)。单端信号 V_{in} 为正弦波，频率范围为 DC~20MHz，振幅为 100mV~2V。差模信号源的要求如下： (20 分)
 - a. 差模信号源的输入阻抗为 50Ω ， V_A 、 V_B 路对地输出阻抗为 50Ω ；
 - b. 输出差模信号对称，无明显失真；
 - c. 差模信号源的放大倍数为 2 (差模信号源的放大倍数定义为 $(V_A - V_B) / V_{in}$)；
 - d. V_A 、 V_B 端的直流分量在 $\pm 2.0V$ 范围内可手动调节 (见说明 (2))。
- (2) 设计一个简易差分探头，其中输入信号 V_C 、 V_D 对地电压范围为 $\pm 4V$ ； $(V_C - V_D)$ 的最大输入范围为 $\pm 4V$ ；要求 (见说明 (3))： (20 分)
 - a. 输出单端信号 V_E 的最大允许输出范围应能达到 $\pm 4V$ ；
 - b. V_C 、 V_D 输入阻抗应大于或等于 $150k\Omega$ ， V_E 端的输出阻抗为 50Ω ；
 - c. 差分探头的增益 (定义为 $V_E / (V_C - V_D)$) 可设定为 1 倍或 10 倍。

- (3) 连接差模信号源及差分探头，要求： (40 分)
- a. 设定差分探头的增益为 10 倍，在 DC-20MHz 范围内， V_{in} 到 V_E 的带内起伏不大于 1dB；并尽可能扩展 1dB 起伏带宽（见说明（4））。
 - b. 设定差分探头的增益为 10 倍，当 V_{in} 接地时， V_E 的输出振幅不大于 10mV， V_E 的输出直流偏置的绝对值不大于 50 mV。
 - c. 设定差分探头增益为 10 倍时，调节 V_A 、 V_B 上的输出直流分量在 $\pm 2V$ 间变化时，输出 V_E 应无明显失真；
 - d. 设定差分探头增益为 1 倍时，改变 V_{in} 为频率 DC~3MHz，振幅 100mV~2V 的方波信号时，输出信号 V_E 应无明显失真。
- (4) 设定差分探头的增益为 10，在（3）a 中测得的 1dB 起伏带宽范围内测量差分探头的共模抑制比，要求在 DC~1MHz 的共模抑制比不小于 40dB，1MHz~20MHz 的共模抑制比不小于 32dB。（见说明（5）） (15 分)
- (5) 其他创新发挥（5 分）
- (6) 设计报告（10 分）

项目	主要内容	分数
系统方案	方案描述、比较与选择	2
理论分析与计算	单端转双端放大器设计 频带内增益起伏控制 增益调整 共模抑制比	4
电路设计	电路设计	2
测试方案与测试结果	测试方案 测试结果完整性 测试结果分析	2
总分		10

3、 说明

- (1) 现场可以为本题制作不超过两块印制电路板，要求如下：
- ① 电路板为单双面板，长宽不超过 6cm×10cm；
 - ② 在线路所在层利用 Place String 放置自己组的编号，大小适中；
 - ③ 印制电路板设计工艺要求详见竞赛 U 盘中“2014 年 TI 杯模拟专题邀请赛 PCB 制板须知”文件；

④电路板需自行打孔。

(2) V_A , V_B 的直流分量如图 2 中 V_{DC} 所示:

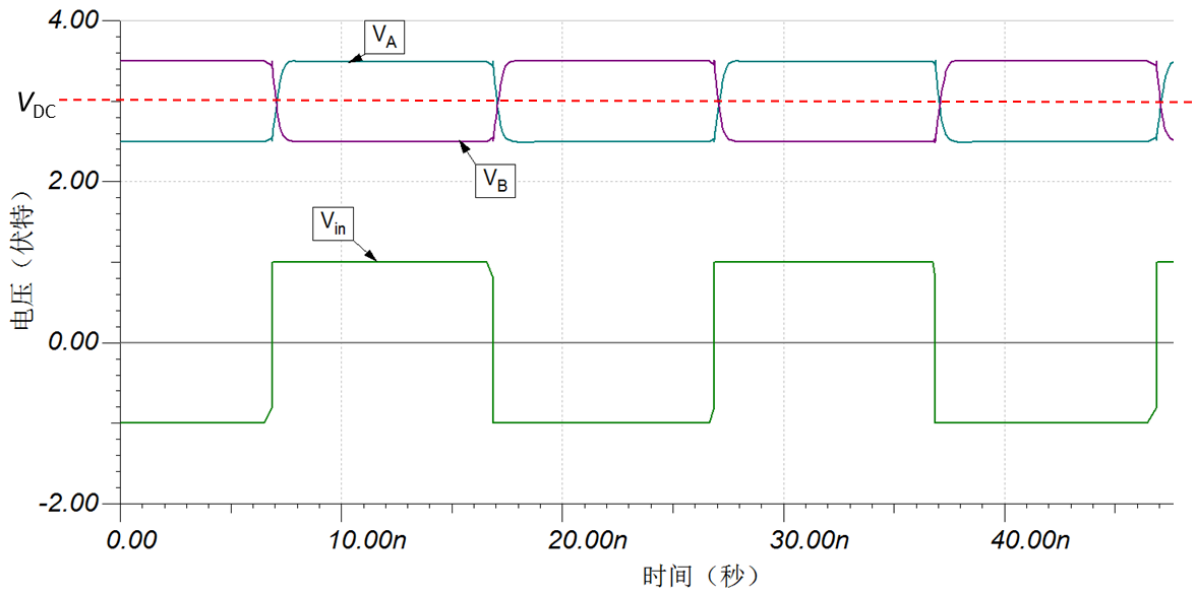


图 2 V_{in} 、 V_A 、 V_B 与 V_{DC} 的图例 (此时差模信号源的放大倍数为 1)

(3) 测试 2 (2) 时, 可以使用自制差模信号源, 或台式信号源输出的差模信号对;

(4) 1dB 起伏带宽的定义:

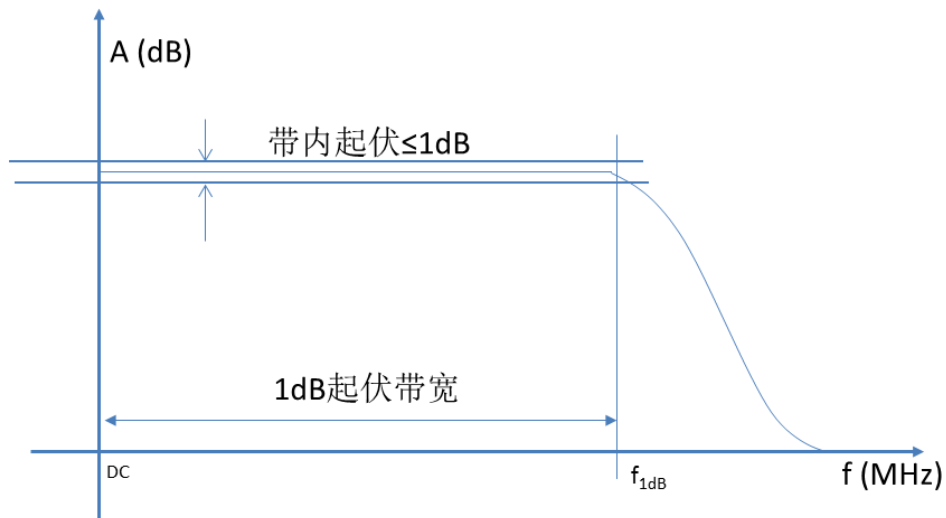


图 3 1dB 起伏带宽示意

串联单端转差分电路和差分探头, 设定差分探头的增益电路为 10 倍, 在 V_{in} 处输入振幅为 200mV 的正弦信号, 从 1KHz 开始向上增加 V_{in} 的频率, 当 V_E 的振幅降低到小于 3.56V, 或 V_E 的振幅上升到大于 4.49V 时, 记录此时 V_{in} 的频率为 f_{1dB}

(5) 差分探头共模抑制比测量方法：调节输入正弦信号 V_{in2} 的振幅为 4V，通过等长走线确保 V_C 和 V_D 的输入同相（注意信号源与差分探头应就近共地），调节 V_{in2} 的频率（-1dB 带宽范围内）并记录对应频率下 V_E 的输出信号振幅：

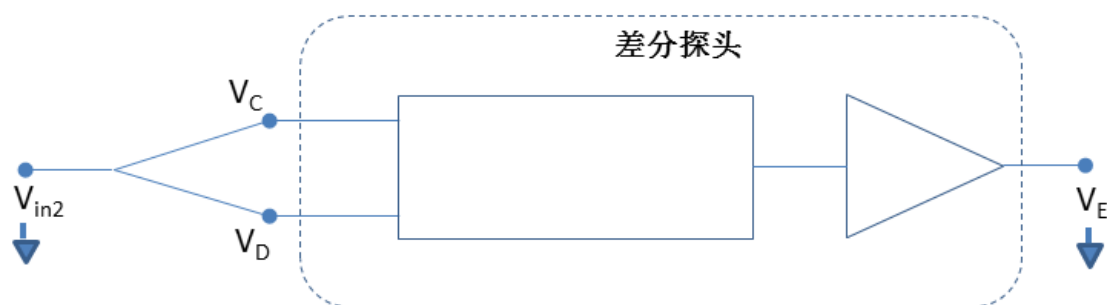


图 4. 共模抑制比测量示意图

(6) 作品输入和输出连接均用 BNC 公制接头，其中 V_A 、 V_B 的输出同时可使用 2.54mm 的标准间距排针座输出， V_C 和 V_D 的输入同时可使用 2.54mm 的标准间距排针输入。