

学子专区— ADALM2000实验： 心跳监测电路

Doug Mercer, 顾问研究员;
Antoniu Miclaus, 系统应用工程师

目标

本实验活动通过旨在获取心跳信息的实际范例, 介绍了如何使用放大器链实现增益和滤波。系统的结果提供相关输出, 使用Scopy软件工具可显示该输出。

在本实验活动中, 学生将学习如何驱动红外LED和光电晶体管, 设计并理解低通滤波器的行为, 同时探索不同配置情况下的运算放大器功能。

结合前面提到的电子设备, 本活动最终将展示如何利用最少的软件和硬件设备设计实际应用。

背景知识

有一种心跳监测设备通过夹在指尖上的电路来实时监测心跳。该设备让光线穿过手指, 然后测量被吸收的光有多少, 由此便能实现此功能。因为当心脏驱动血液经过手指时, 测量值会发生上下波动。实验使用了红外LED和光电晶体管, 来使光学心跳监测器正常工作。LED发出的光穿过手指, 由光电晶体管进行检测。光电晶体管就像一个可变电阻, 根据接收到的光来传导不同大小的电流。

从光电晶体管的集电极可以获取随心跳变化的电压。将获得的小信号用作电路的输入, 可以了解心跳监测器的行为。

为了获得相关输出, 输入信号要经过多个回路:

- ▶ 前置放大器: 来自心跳监测设置的输出信号通过串联电容解耦, 并使用负反馈电阻(R4)放大
- ▶ 低通滤波器: 去除高频(噪声)的RC滤波器
- ▶ 电压跟随器: 缓冲低通滤波器的输出, 并以低输出阻抗再现其电压
- ▶ 带低通滤波器的反相放大器: 放大电压信号并去除高频(噪声)

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊试验板
- ▶ 跳线
- ▶ 一个OP484精密轨到轨I/O运算放大器
- ▶ 一个100 Ω电阻
- ▶ 一个470 Ω电阻
- ▶ 一个1 kΩ电阻
- ▶ 一个10 kΩ电阻
- ▶ 两个47 kΩ电阻
- ▶ 两个1 μF电容
- ▶ 一个47 μF电容
- ▶ 一个红外光LED(QED-123)
- ▶ 一个红外晶体管(QSD-123)

带低通滤波器的最终放大器

最后一级配置为具有直流增益控制功能的交流运算放大器积分器。简而言之，该电路旨在对来自剩余不必要频率（即高于心跳最大频率）的信号进行低通滤波（R4、C2），并通过反相放大器放大有用信号，增益(A_v)由R6和R5的比率确定：

$$A_v = -\frac{R6}{R5} \quad (6)$$

$$F_{C3} = \frac{1}{2\pi R6C3}$$

仿真

考虑LTspice中设计的电路，需进行两种类型的仿真：

- ▶ 瞬态：在电路的输入端连接一个波形发生源。配置该源生成幅度为500 μV 、频率为2 Hz、偏置500 mV的正弦波。观察输出信号幅度，以图形方式确定电路的总增益（图2）。

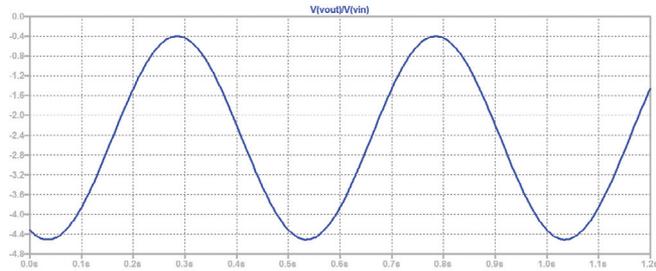


图2. 输出电压瞬态分析

- ▶ 交流扫描：在电路的输入端连接一个交流源。将该交流源的幅度配置为500 μV 。观察选定频域（100 mHz至1 kHz）中的输出信号，以图形方式确定输出信号在哪个频率范围的放大效果更佳（图3）。

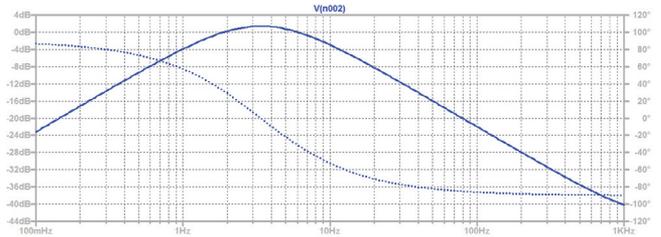


图3. 输出电压—交流扫描

硬件设置

使用ADALM2000模块中设置为5 V的可变正负电源为电路供电。使用示波器通道1监测 V_{OUT} 集电极节点的电压。

试验板上实现的电路应该类似于图4所示电路。蓝色LED代表红外LED，灰色LED代表光电晶体管。

程序步骤

将指尖放在红外LED(D1)和光电晶体管(Q1)之间。发射器和接收器应对齐并且指向彼此。

观察第三级运算放大器(A3)输出端的电压波形。输出波形的示例如图5所示。

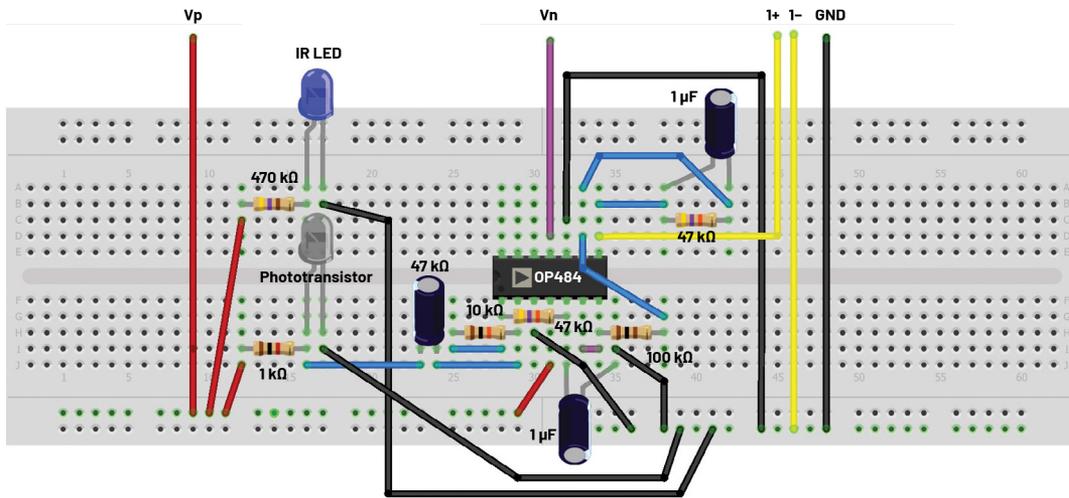


图4. 试验板心跳监测电路

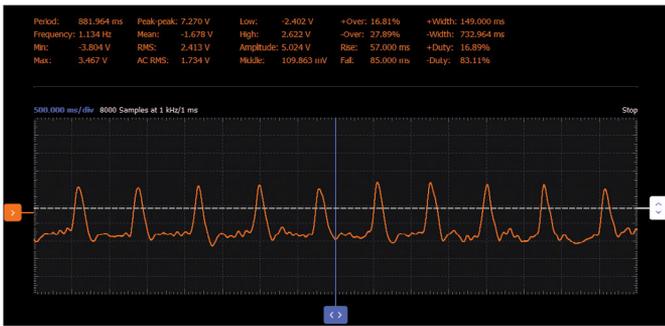


图5. 心跳输出波形

激活Scopy工具示波器功能的监测功能，以读取所获得信号的频率。如需将频率转换为bpm，则可使用实验说明中的公式。

问题:

1. 使用实验说明中提供的值和公式计算以下参数:

- ▶ 通过红外LED的正向电流 (使用QED-123数据手册)
 - 高通滤波器的截止频率
 - 第二级低通滤波器的截止频率
 - 第三级低通滤波器的截止频率
 - 第三级放大器的增益
- ▶ 如果修改R5, 哪些参数会发生变化?
- ▶ 如果修改R6, 哪些参数会发生变化?

您可以在[学子专区论坛](#)上找到问题答案。



作者简介

Doug Mercer于1977年毕业于伦斯勒理工学院(RPI), 获电子工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来, 他直接或间接贡献了30多款数据转换器产品, 并拥有13项专利。他于1995年被任命为ADI研究员。2009年, 他从全职工作转型, 并继续以名誉研究员身份担任ADI顾问, 为“主动学习计划”撰稿。2016年, 他被任命为RPI ECSE系的驻校工程师。



作者简介

Antoniu Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师, 从事ADI教学项目工作, 同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生。他拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。

