

综合应用与创新实验

本章学习目标

- 熟练使用传感器信号调理电路。
- 掌握对外部模拟信号的检测与转换电路的设计方法。
- 掌握对信号显示电路的设计。
- 掌握 PC 与检测电路的连接及数据传输。

通过前面几章的学习,对各类传感器的特性及应用有所了解,本章主要在此基础上设计开发基于传感器的综合应用性实验与创新性实验,根据各实验项目给出的参考信息,通过对前面所学知识的运用,独立完成电路设计,全面提高独立动手能力和创新能力。

实验三十九 心电信号检测电路设计实验

1. 实验目的

进一步掌握传感器信号调理电路知识,在深入了解测量放大器、滤波器、陷波器等工作原理基础上,能够运用它完成特定信号——心电信号的检测电路设计。

2. 实验原理

人体心电测量仪主要是由 5 部分构成:

第 1 级是前置放大电路。这一级增益选 100~250 倍。

第 2 级是抑制共模信号电路。主要采用右腿驱动(对消驱动)电路,不仅可以消除其中的共模电压,还能提供共模抑制比,使信号输出的质量得到提高。

第 3 级是低通滤波电路。心电频率一般在 0.05~100 Hz 之间,能量主要集中在 17 Hz 附近,幅度为 0~5 mV,所以要对 0.05~100 Hz 以内的信号进行保护,把这个频率带以外信号全部滤除。

第4级是工频 50 Hz 的带阻滤波电路。主要采用双 T 带阻滤波电路,它能够对某一频段的信号进行滤除。对于电源工频产生的 50 Hz 的噪声,用它能有效选择而对噪声进行滤除。

第5级是后级放大电路。心电信号需要放大上千倍才能观测到,前置放大器增益只有 100~250,在这一级还需要放大 4~10 倍。总体电路框图如图 5.1 所示。

对于前置级应该满足下述要求:

- 高输入阻抗。被提取的心电信号是不稳定的高内阻源的微弱信号,为了减少信号源内阻的影响,必须提高放大器输入阻抗。一般情况下,信号源的内阻为 100 k Ω ,则放大器的输入阻抗应大于 1 M Ω 。
- 高共模抑制比 CMRR。人体所携带的工频干扰以及所测量的参数以外的生理作用的干扰,一般为共模干扰,前置级须采用 CMRR 高的差动放大形式,能减少共模干扰向差模干扰转化。
- 低噪声、低漂移。主要作用是对信号源的影响小,拾取信号的能力强,以及能够使输出稳定。

因为测量放大器具有输入阻抗高,共模抑制比高等优点,因此在这里可以将其作为前置放大电路使用。由三运放构成的测量放大器,虽然可以满足一般要求,但由于集成化低,所用元件多,结构复杂,调试困难,难以满足当前各种微弱生理参数测量的高稳定性、高共模抑制比、高安全性的要求。一般可以选用集成的测量放大器芯片,如: DIP 封装的 AD620。信号经过放大、滤波、陷波处理后送入单片机进行 A/D 变换,一方面将 A/D 变换后的数据送入 LCD 显示屏实时显示心电图形 ECG 及有关数据;另一方面,将数据压缩后存入快闪存储器。然后从存储器中将数据读出,解压缩后通过异步串行通信 RS-232 接口将数据发送到 PC,在 PC 上形成数据文件,由 PC 对生成的文件做进一步的分析处理。

3. 实验内容

参考图 5.1 所示的心电检测仪总体电路框图设计一个心电信号检测电路。

4. 指标要求

- 当输入信号峰峰值 $u_{i-p-p} = 1$ mV 时,输出电压信号峰峰值 $u_{o-p-p} = 1$ V。
- 输入阻抗: $R_i > 1$ M Ω 。
- 频带宽度: $\Delta f(-3\text{ dB}) = 0.05 \sim 100$ Hz。
- 共模抑制比: $\text{CMRR} > 100$ dB。

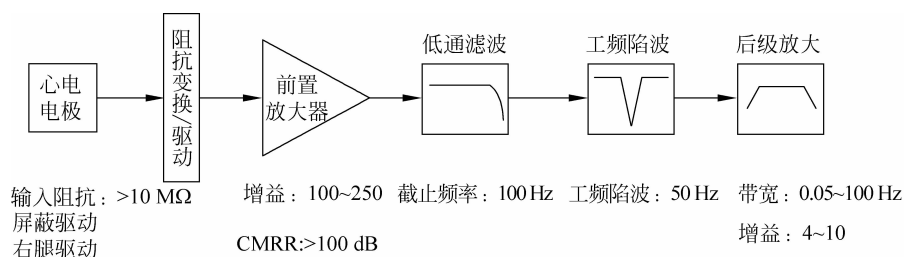


图 5.1 心电检测仪总体电路框图

5. 实验器件

根据设计原理自行选择器件。

6. 设计及调试时的注意事项

(1) 设计时要考虑电路的实际性能和方便调试。要注意增益的分配,若一级增益过大则不容易测量,而且输出失调电压也将加大。 R_3 、 R_4 不可太小,要考虑到前级运算放大器的带负载能力。 R 的选取与输入电阻的要求和运放的偏置电流有关。

(2) 调试时要一级一级进行。实验中的信号 u_i 是浮空的交流信号,而调试的信号源则一端接地,另一端输出往往叠加有直流电平,因此输入端的接法可采用图 5.2 所示电路。其中, C_1 是隔直电容,对低频特性有影响,故不能取得太小。 C_2 是另一端的交流接地,且不影响直流平衡。

(3) 在测量高通滤波器的截止频率时,由于截止频率 f_L 为 1 Hz,不容易测量,故可用相位法来测量。如图 5.3 所示,在 f_L 处 u_o 与 u_i 相差 90° ,此时观察到的是一个正椭圆。

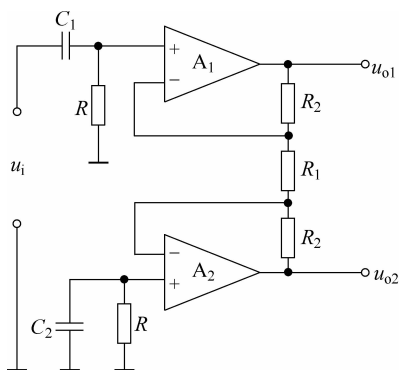


图 5.2 单端输入的同相并联差动放大器

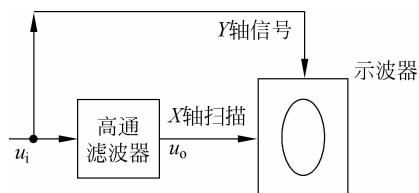


图 5.3 用相位法测量截止频率 f_L

7. 实验报告

- (1) 写出设计过程。
- (2) 写出各项指标的测量方法、测量条件和测试结果。
- (3) 对实验中的问题、误差等进行分析和讨论。

实验四十 传感器多路数据采集、显示设计实验

1. 实验目的

掌握对外部模拟信号的检测与转换以及数码管显示电路的设计基本方法,正确选择和使用 A/D 芯片进行数据采集,利用单片机作为控制器进行小型多路数据显示系统设计的实验。

2. 实验原理

参照检测与转换课程信号检测部分原理,同时需对单片机及其接口电路进行熟悉和掌握。

3. 实验内容

设计一个至少可对两路以上信号进行动态显示的电路,控制芯片及其相关接口电路芯片可以自行选择,并进行调试实验,如图 5.4 所示。

4. 指标要求

- 选取适当的 A/D 芯片,使输出电压的精度为 0.02 V。
- 进行 4 位数码管显示。
- 信号调理电路对 ± 12 V 之间的任意电压值进行线性处理,使其映射到 0~+5 V 的区间内。
- 多路数据显示方式可自行设定,允许单通道、多通道数据循环显示。

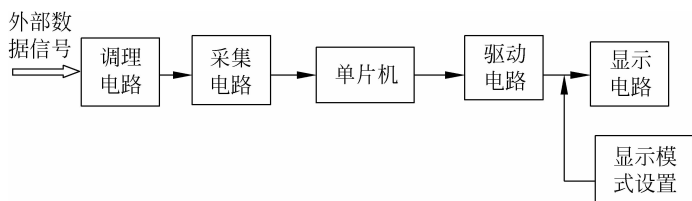


图 5.4 多路数据采集显示功能实现框图

5. 实验器件

实验器件可根据设计指标要求自行选择。

6. 设计及调试时的注意事项

(1) 设计时要充分考虑实验四十功能的要求,在设计此实验电路时可以对电路的扩展功能预留接口,避免重复设计硬件电路的工作。为了便于后续电路的调试和实际性能指标的测试,应在电路板上设置检测点。

(2) 调试电路时应先拔下所有芯片后进行电路板供电电压测试,以保证供电电路可靠,接地信号连接正确。

(3) 插上芯片后各级运放电路工作时无明显发热现象,系统复位准确可靠。在进行验证指标调试电路时,可逐级进行调试,记录各级输入、输出数据,对多通道数据的显示模式进行设置,可采取软件控制或硬件选择方式进行。

7. 实验报告

- (1) 写出详细的设计过程,包括总体原理及各芯片选择依据。
- (2) 写出各项指标的实现方法及测量方法、测量条件和测试结果。
- (3) 对实验中的问题、误差等进行分析和讨论,考虑到系统功能扩充的情况下如何对电路进行改进。

实验四十一 传感器参数设定及补偿设计实验

1. 实验目的

在实验四十掌握对外部模拟信号的检测与转换以及数码管显示电路的设计的基础上,进行功能扩充,通过软、硬件联合控制实现对外部采集的数据进行变换、多路数据采集时进行补偿规律的参数设定,实现补偿前后数据的对比显示实验,从而验证带补偿功能电

路实现输出的准确性。

2. 实验原理

基本原理与实验四十相同,在补偿参数设定及补偿规律的实现方面应通过前期实验确定补偿参数,实现补偿规律应考虑单片机软件编程技巧。若采用硬件实现补偿规律,则应从调理电路设计中得到启发,设计后确定连接点位置方可进行后续调试。

3. 实验内容

在实验四十的基础上进行多通道数据采集时的参数设定和补偿试验。将至少对两路输入的有关联信号进行采集,通过软件编程(推荐)或增加部分硬件电路实现 A 参数对 B 参数的补偿,以便于得到在 A 参数对 B 参数有一定影响的前提下, B 参数的准确获得及准确输出控制的效果,如图 5.5 所示。

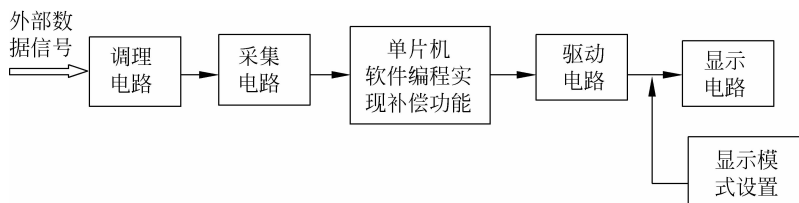


图 5.5 采用软件补偿框图

4. 指标要求

在满足实验四十指标要求的基础上,还应满足以下要求:

- 参数设定及补偿功能应符合实际实验系统要求,要求补偿后的实际输出值与理论值误差在 ± 0.05 之间。
- 对多路数据及补偿前后的显示应有明确标记,从数码管上可直接获得数据。应实现固定通道数据显示、循环显示、补偿显示等功能。
- 若采用硬件进行补偿,设计出补偿电路及补偿电路的连接点,与软件情况下进行输出的精度对比,应满足 ± 0.05 要求。

5. 实验器件

采用软件实现补偿功能时实验器件与实验四十相似,若用硬件实现需增加部分运放及电阻、电容等器件。

6. 设计及调试时的注意事项

(1) 软件参数设定时应考虑可调性,为了方便调试参数,应预先在软件中进行必要的变化参数设置,实现变参数控制。

(2) 硬件参数设定时,原则上当参数发生改变时可随时调整,但应注意各级输入、输出电压范围,以保证电路可靠工作,避免电压瞬时过大造成电路损坏。

(3) 补偿前后结果的显示和实际测量应准确,所有数据的获得应在相同的测量工具下进行,尽量减小测量误差。

(4) 在不同显示模式下注意显示数据的变化。

7. 实验报告

(1) 参照实验四十写出详细的设计过程,包括总体原理及各芯片选择依据。

(2) 写出各项指标的实现方法及测试结果。

(3) 对实验中的问题、误差等进行分析和讨论,分析采用软、硬件实现补偿功能的优缺点。

