

频分复用技术在多通道同步数据采集中的应用

陈其成¹, 陶大锦²

(1. 苍南县人民医院 医学工程科, 浙江 温州 325800;

2. 温州医学院 生物医学工程系, 浙江 温州 325035)

摘要: 为了在多通道数据采集中有更好的同步性, 将频分复用技术引入到采集卡设计中, 设计了一种新型多通道数据采集系统方案。可以很好地解决传统方法在数据采集上存在同步性不足和软硬件资源的浪费问题, 验证了频分复用技术应用于采集系统的可行性。

关键词: 频分复用; 数据采集; 滤波; 调幅; 解调

中图分类号: TN919.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)10-0054-03

Application of frequency division multiplexing to multi-channel simultaneous data acquisition

Chen Qicheng¹, Tao Dajin²

(1. Medical Engineering Section, Cangnan County People's Hospital, Wenzhou 325800, China;

2. Department of Biomedical Engineering, Wenzhou Medical College, Wenzhou 325035, China)

Abstract: In order to accomplish synchronism for multi-channel data collection, the frequency division multiplexing(FDM) was introduced into the design of data acquisition card. A new scheme for multi-channel data collection was designed. This method could well solve the synchronicity shortage and software & hardware resources waste problems existed in data acquisition of traditional method. The feasibility of FDM applied in acquisition system was verified.

Key words: FDM; data acquisition; filter processing; amplitude limiting; demodulated

多通道数据采集方法可分为异步和同步两种。使用模拟多路选择器可以实现异步采集, 由多个 ADC 组成的采集器则可以实现同步采集。通过模拟多路选择器切换不同的通道对多通道信号轮流切换进行采集时, 以 AD7501 模拟量多路转换开关为例, 它的转换速率为 $0.8 \mu\text{s}$ 。若为 8 路数据则每路数据轮流切换至少需要 $6.4 \mu\text{s}$, 在数据采样时总会引入误差和延时。使用多个 ADC 转换器实现多通道并行采集可提高信号同步性。但若过多使用 ADC 芯片则会导致电路结构复杂、体积庞大, 而且价格昂贵^[1-4]。许多信号传输系统都可以提供一个比信号本身所要求的频带宽得多的带宽。对于频谱互相重叠的单个信号, 利用正弦幅度调制将信号的频谱在频率上进行搬移, 使这些已调信号的频谱不再重叠, 使得在同一宽带信道上同时传输这些信号成为可能。以采样电路作为理想信道, 将频分复用技术应用在多路数据采集, 就可以在不使用模拟多路选择器和多个 ADC 芯片的情况下提高信号采集的同步性。本文以二通道信号为例, 实

现频分复用技术在多路信号采集上的应用。

1 系统设计

1.1 系统总体结构设计

本文通过频分复用技术, 使二路信号合成为一个调幅信号, 再对调制信号放大后进行 A/D 转换及 D/A 转换, 最后对调幅信号进行解调。系统电路由低通滤波器、带通滤波器、正弦振荡电路、乘法电路、加法电路、放大电路、A/D 和 D/A 转换电路组成, 如图 1 所示。

1.2 电路设计

1.2.1 低通滤波器设计

对于信号的频率具有选择性的电路称为滤波电路, 它的功能是使特定频率范围内的信号通过, 而阻止其他频率信号的通过。有源滤波电路是应用广泛的信号处理电路。本文采用二阶压控电压源巴特沃斯低通滤波电路, 如图 2 所示。

$$\text{通带电压增益: } A_f = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 55

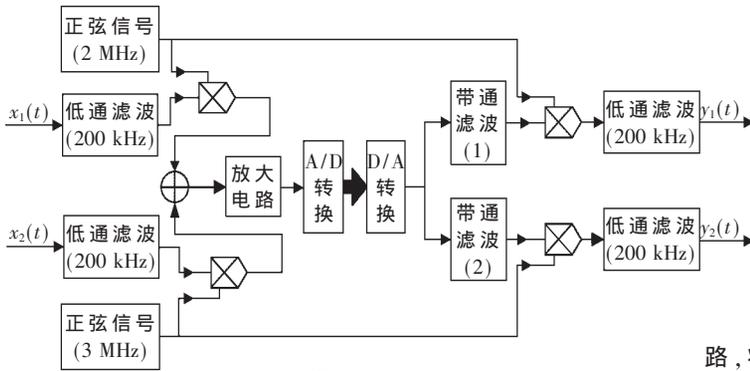


图1 系统总体结构框图

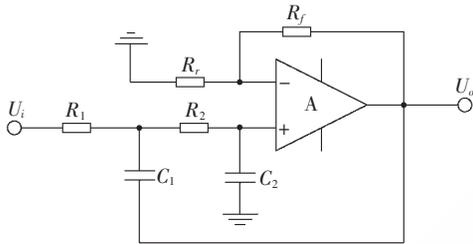


图2 二阶压控电压源低通滤波器

传递函数为：

$$H(s) = \frac{U_o}{U_i} = \frac{A_f R_1 R_2 C_1 C_2}{s^2 + s \left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1-A_f}{R_2 C_2} \right) + \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}} \quad (1)$$

二阶低通滤波器归一化传递函数为：

$$H(s) = \frac{H_0}{s^2 + \alpha s + \beta}$$

其中 α, β 是二项式系数，代表不同的滤波特性。

去归一化得到：

$$H(s) = \frac{H_0}{s^2 + \alpha s + \beta} \xrightarrow{s/\omega_0} \frac{H_0 \omega_0}{s^2 + \alpha s \omega_0 + \beta \omega_0^2} \quad (2)$$

$$H(s) = \frac{H_0 \omega_0}{s^2 + \alpha s \omega_0 + \beta \omega_0^2}$$

令 $C_2 = K C_1$ ，由式(1)、式(2)得：

$$H_0 = \beta A_f$$

$$\beta K^2 \omega_0^2 C_1^2 R_2^2 - \alpha K \omega_0 C_1 R_2 + (1 + K - A_f) = 0 \quad (3)$$

因为 R_2 应有实根，即有 $\Delta \geq 0, K \leq \frac{\alpha}{4\beta} + A_f - 1$ 。

由式(3)得：

$$R_1 = \frac{\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta(1+K-A_f)}}{2\beta(1+K-A_f)\omega_0 C_1}$$

$$R_2 = \frac{\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta(1+K-A_f)}}{2\beta(1+K-A_f)\omega_0 C_1}$$

设计单位增益，二阶压控电压源巴特沃斯低通滤波器步骤如下：

(1) 因为 $s^2 + \alpha s + \beta = s^2 + \sqrt{2}s + 1$ ，所以 $\alpha = \sqrt{2}, \beta = 1$ 。

(2) 根据转折频率 f_0 ，计算出 $\omega_0 = 2\pi f_0$ ，根据现有电容取 C_1 。

(3) 根据现有电容情况和 $K \leq \frac{\alpha}{4\beta} + A_f - 1$ 取 K 值，且

$C_2 = K C_1$ ，得出 C_2 值。并计算出 R_1, R_2 取值。

(4) $H_0 = \beta A_f$ ，取 R_f 和 R_r 使 $R_f \leq R_r$ 且 $R_f // R_r = R_1 + R_2$ 。

根据以上公式，200 kHz 的二阶压控电压源巴特沃斯低通滤波器可设计成为 $A_f = 1, k = 0.4, C_1 = 2.2 \text{ nF}$ ，则 $C_2 = 880 \text{ pF}, R_1 = 353.5 \Omega, R_2 = 925.5 \Omega, R_r = \infty, R_f = 1279 \Omega$ 。

1.2.2 带通滤波器的设计

带通滤波器是一个允许特定频段的信号通过的电路，将低通滤波器和高通滤波器串联就可得到带通滤波器。本文使用压控电压源二阶高通滤波器，电路如图3所示。

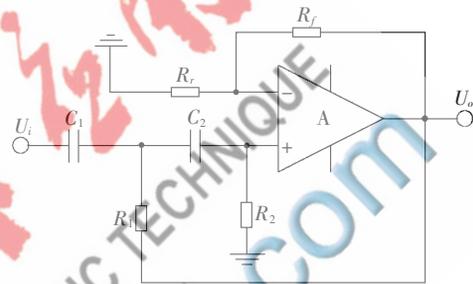


图3 压控电压源二阶高通滤波器

传递函数为：

$$H(s) = \frac{U_o}{U_i} = \frac{s^2 A_f}{s^2 + s \left[\frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1-A_f}{R_1 C_1} \right] + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (4)$$

通带电压增益为：

$$A_f = 1 + \frac{R_f}{R_r} \quad (5)$$

归一化高通传递函数为：

$$H(s) = \frac{(H_0/\beta)s^2}{s^2 + (\alpha/\beta)\omega_0 s + (1/\beta)\omega_0^2} \quad (6)$$

采用压控电压源二阶单位增益巴特沃斯高通滤波器时，令 $A_f = 1, C_1 = k C_2, k = 1$ ，则有：

$$R_1 = \frac{\sqrt{2}}{(1+k)\omega_0 C_2}, R_2 = \frac{1+k}{\sqrt{2} k \omega_0 C_2}$$

$$R_r \gg R_f, R_f // R_r = R_2$$

简单取值为： $R_r = \infty, R_f = R_2$ 。

1.9 MHz~2.1 MHz 带通滤波器(1)电路如图4所示，2.9 MHz~3.1 MHz 带通滤波器(2)电路如图5所示。

1.2.3 加法电路设计

当多个输入信号同时作用于集成运放的同相输入端时，就构成同相求和运算电路，如图6所示。输出端电压： $U_o = U_{i1} + U_{i2}^{[6-7]}$ 。

2 系统运行结果

本文采用幅值为 2 V、频率为 2 MHz 和 3 MHz 的正弦信号为调制信号。系统运行结果如图7所示。第1通道为输入的正弦波信号 $x_1(t)$ ，幅值为 1 V，频率为 100 kHz，其相应的输出见第2通道波形所示。第3通道为输入的

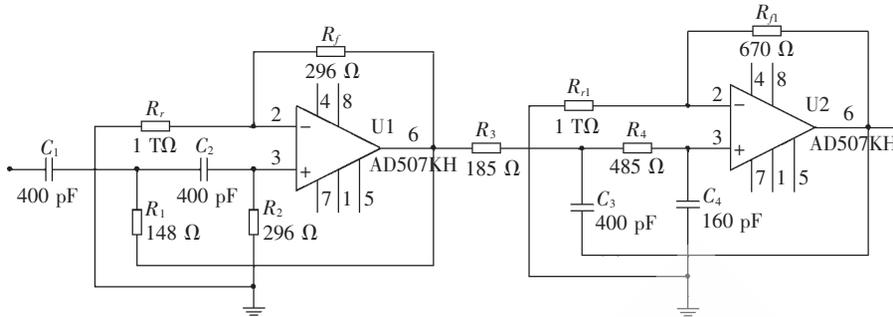


图4 1.9 MHz~2.1 MHz带通滤波器(1)电路图

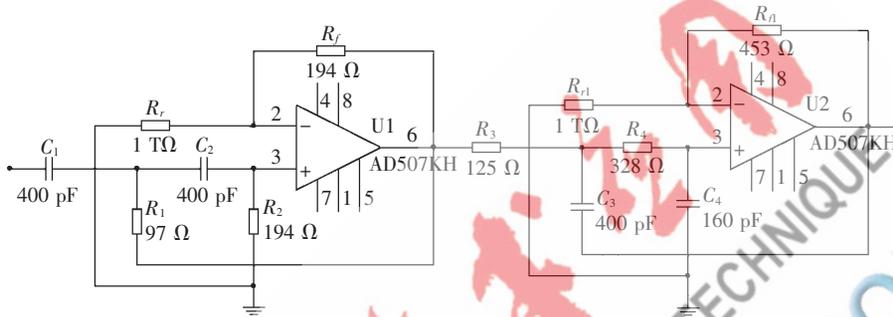


图5 2.9 MHz~3.1 MHz带通滤波器(2)电路图

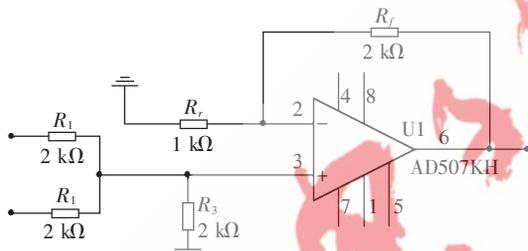


图6 同相加法电路

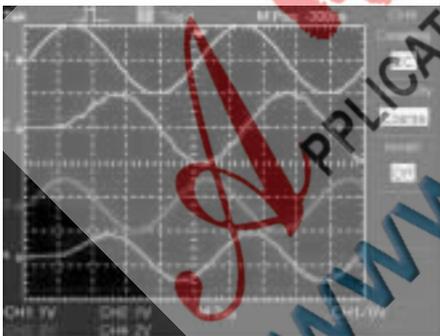


图7 输入输出信号波形图

正弦波信号 $x_2(t)$, 幅值为 1.5 V, 频率为 120 kHz, 其相应的输出见第 4 通道波形所示。本系统为惯性系统, 从图 7 中可以看出各输出信号比各输入信号滞后 $2.5 \mu\text{s}$ 左右, 输出信号有轻微失真。由于输出没有通过传统的模拟多路选择开关, 不会存在切换延时现象, 因此各输出信号之间具有较好的同步性。

本文介绍了频分复用技术在多通道同步数据采集中的应用方法。通过这一技术的运用, 使多通道同步数据采集的电路得以简化, 从而减少 ADC 芯片的使用量。实践证明, 这种设计方法具有较好的实用价值。

在计算机的快速发展应用中, 也可将多通道信号采集的数据直接上传给计算机, 然后由计算机对这些数据进行相应处理, 通过软件方法设计带通滤波器。这不仅可以节省硬件资源, 而且可以得到近似理想的滤波器, 从而可以避免滤波器在不同截止频率处的信号增益变化, 使系统具有良好的稳定性。

参考文献

- [1] OPPENHEIM A V, WILLSKY A S, NAWAB S H, 著. 信号与系统(第 2 版)[M]. 刘树棠, 译. 西安: 西安交通大学出版社, 2003.
- [2] 童军, 马晓莉, 南权, 等. 基于多路复用技术的多种信号测量系统[J]. 微计算机信息, 2008(1): 84-86.
- [3] 刘华. 多通道数据采集系统设计[J]. 电子科技, 2012(6): 28-30.
- [4] 章晓眉, 冯彦君. 基于 CPLD 的多通道数据采集系统[J]. 光电技术应用, 2011(2): 80-83.
- [5] 邓福伟, 刘振兴, 周恒. 多通道数据采集系统的设计[J]. 微计算机信息, 2008(25): 159-161.
- [6] 吴恒玉, 唐民丽. 实现任意系数和运算电路的设计[J]. 现代电子技术, 2008, 31(6): 4-5.
- [7] 任骏原. 任意比例系数的同相比例运算电路[J]. 现代电子技术, 2011, 34(1): 173-174.

(收稿日期: 2012-12-30)

作者简介:

陈其成, 男, 1984 年生, 工学学士, 助理工程师, 主要研究方向: 医疗器械。

陶大锦, 男, 1984 年生, 工学硕士, 讲师, 主要研究方向: 医疗器械。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 57