

## 多传感器通道多点数据并行高速采集器设计

黄志强<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学 电信学院, 上海 201804; 2. 常州麒麟新材料科技有限公司, 江苏 常州 213000)

**摘要:** 为解决传统方法设计的采集器传感器通道单一、运行功耗大、抗干扰能力差及采集效率低问题, 设计了一种多传感器通道多点数据并行高速采集器; 分析数据采集器工作原理, 先对影响采集器高效运行的高频噪声和高频载波两大干扰因素进行过滤处理; 同步采集数据信号, 对数据进行校验, 通过数据采集处理, 实现多传感器通道多点数据并行高速采集器的设计; 实验结果表明, 改进的数据采集器运行功耗小, 抗干扰能力强, 采集效率高。

**关键词:** 传感器通道; 数据并行; 采集器设计

## Design of Multi Channel Data Parallel High-speed Collector for Multi Sensor Channels

Huang Zhiqiang<sup>1,2</sup>

(1. School of Telecommunication, Tongji University, Shanghai 201804, China;

2. Changzhou Jing Qi Advanced Material Technology Ltd, Changzhou 213000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of single channel, large power consumption, poor anti-interference ability and low collection efficiency of the collector designed by traditional methods, a multi sensor multi-channel data parallel high-speed acquisition device is designed. The operation principle of the data collector is analyzed. Firstly, two interfering factors, which affect the high efficiency of the collector's high frequency noise and high frequency carrier, are filtered. Synchronous acquisition of data signals, data validation, through data acquisition and processing, to achieve multi sensor channels, multipoint data parallel, high-speed acquisition design. The experimental results show that the improved data collector has less power consumption, strong anti-interference ability and high collection efficiency.

**Keywords:** sensor channel; data parallel; collector design

## 0 引言

数据采集器一种以收集数据为主要功能, 同时可进行数据储存和数据发送的自动数据处理设备<sup>[1]</sup>。它一般由微处理器、标准总线和传感器构成, 传感器是数据采集器的核心基础, 决定了采集器的性能。传感器分设很多通道, 其主要功能是向系统处理器传送被测量或被监测的信号数据<sup>[2]</sup>。在大数据时代背景下, 海量数据多点分布, 多路径并行传输的特点, 更是给数据采集器高效运行带来了巨大的困难<sup>[3]</sup>。传统数据采集器基于 ARM9 平台设计, 采集器的核心控制系统是嵌入式 ARM9 内核处理器, 采用 A/D 转换芯片和 ARM 内核芯片的电气特征完成采集器中数据采集的工作, 该采集器分辨率较高, 但功耗较大, 采集速率低<sup>[4]</sup>。为解决上述问题, 设计了一种多传感器通道多点数据并行高速采集器。通过对采集器硬件进行优化, 对数据进行校验处理, 实现多传感器通道多点数据并行高速采集器的设计。该采集器功耗低、抗干扰能力强、采集速率高。

## 1 数据采集器工作原理

通过高性能的传感器来接收多点数据, 使用采集器对接收到的多点数据进行处理。在多传感器通道多点数据并行高速采

集器中规定秒脉冲多点数据输入的波形, 设定每秒发送一次多点数据, 并规定该多点数据为光量或电压量, 其触发水平为光量的一部分<sup>[5]</sup>。采用转台转移图对多点数据的追踪识别和采集进行设计, 接收正确多点数据的特点为: 多点数据接收的上升沿时间间隔为 1 s, 接收时间的误差为 10  $\mu$ s 且每个多点数据的上升样时间多于 10  $\mu$ s。多点数据追踪识别与采集的流程图如图 1 所示。

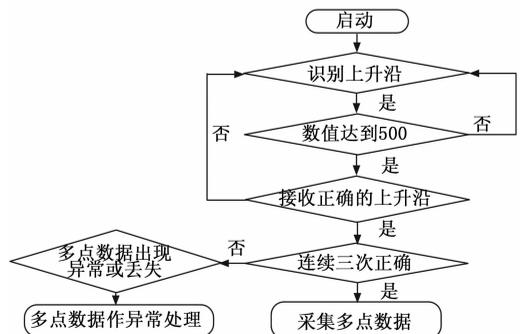


图1 多点数据追踪识别与采集的流程图

启动设备后首先判断多点数据的上升沿, 若多点数据上升沿到达, 进入下一程序, 若没有到达, 则等待。对多点数据计数器的计数值是否达到 500 进行判断, 若达到进入下一程序, 若未达到返回上一程序。判断接收的多点数据上升沿是否正确,

收稿日期: 2017-10-16; 修回日期: 2017-11-09。

作者简介: 黄志强 (1968-), 男, 天津人, 博士, 讲师, 主要从事微电子与材料方向的研究。

若连续三次正确，则采集多点数据，若没有连续三次正确，那么多点数据出现异常或丢失现象，对多点数据作异常处理。

### 2 采集器设计预处理

传统数据采集器对数据采集已有显著成就，但在数据采集的功耗、采集速率等方面仍存在较大问题。对数据采集器进行优化设计，高频率噪声和高频载波是采集器运行时两个主要干扰因素，针对干扰问题给出了有效的过滤方案。具体描述如下。

#### 2.1 高频率噪声的过滤

改进采集器选用 LM2576 作为数据采集器的电压转换芯片，将 24 V 电压转换为 5 V 电压<sup>[6]</sup>，满足改进采集器的设计要求，改进采集器的转换电路如图 2 所示。

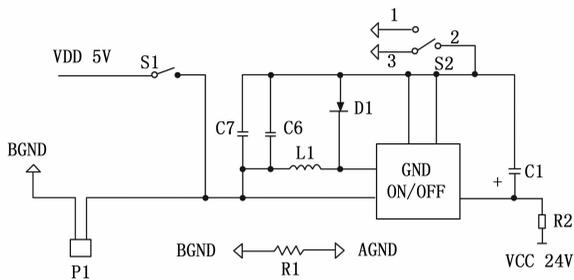


图 2 24 V 转 5 V 降压电路

多传感器通道多点数据并行高速采集器的设计方法中，稳压电路的过程为：对输出的多点数据进行采样，为了使电压保持稳定根据多点数据的反馈值进行调节输出，在 LM2576 芯片中选择输入电容 C1 解决采集器中瞬时电压的突变对电压造成的影响问题。电容器中的噪声对采集器造成严重的影响，改进采集器的数据端接入低等效串联阻抗的电容减小噪声对采集器的影响。采用 200 μF 的电容，当采集器输入电压的稳定性较差时，选择容值大的输入电容容量接收较大的输入电流<sup>[7]</sup>。为了提高电压转换的速率，采集器的输出端二极管选用了反向恢复时间短、正向压降低、开关速度快的二极管。L1 是对应的电感值且具有高流量电路中储能电感的特点，在采集器的工作周期内，电感值过小，会造成部分电流时段为零，LM2573 处于非连续的状态，L1 在取值时应取较大的电感值保证其连续的工作状态。当采集器输出数据没有滤波电容，且因为负载变化造成的稳压电路调节速率和电压波动频率差值不大时，会产生震荡效应，使采集器的输出不稳定，改进采集器的输出部分加入滤波电容保持稳压输出的稳定性。采集器的输出端电容要保证提高环路和滤波的稳定性，当采集器的电容值过大时，输入端或负载开路的断开会对芯片造成影响。为了过滤掉采集器中的高频率噪声，在大电容旁串联一个小电容。

#### 2.2 高频载波的过滤

图 3 为数据采集器中 5 V 转 3.3 V 的降压电路图，在该电路图中转换芯片为正向低压降的 AMS1117 线性稳压芯片<sup>[8]</sup>，为了使芯片提供过热和过载保护，在内部设置了过热切断电源的功能，解决了环境温度造成过高结温的问题。正常情况下 AM1117 芯片在 1 A 电流情况下进行降压时，只能降到 1.2 V。在正常情况下 3.3 V 的电源供电正常工作时的电流小于 1

A，可以满足采集器对电源芯片的需求。在采集器中随着电流的增加调整器的稳定性随之降低，在输出端接入钽电容保证了 AM1117 芯片的稳定性，为了过滤掉采集器中的高频载波，在采集器的输出端和输入端接入普通的小电容。

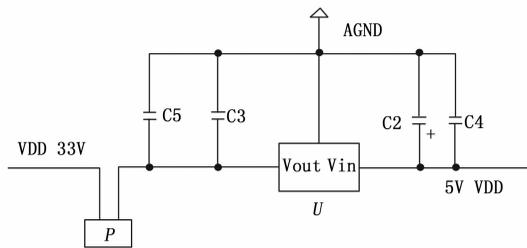


图 3 5 V 转 3.3 V 降压电路

依据上述对高频率噪声及高频载波进行过滤处理，有效解决了干扰因素影响数据采集器运行所产生的种种问题，为多传感器通道多点数据并行高速采集器设计的实现奠定良好基础。

### 3 采集器设计的实现

对多传感器通道多点数据并行高速采集器进行设计，最关键步骤在于数据信号的同步采集和对采集来的数据进行校验。该过程是对采集数据准确性的双重保险。充分完成数据信号同步采集、数据校验后，通过数据采集实现采集器的设计。具体方法描述如下。

#### 3.1 数据信号的同步采集

多传感器通道多点数据并行高速采集器是将接收到的多点数据进行整合并汇总后以一种标准的特定方式进行传送，不同设备的数据信号都是通过采集器收集的，其中同步是核心问题，采集器安全运行的基础是保护和测控装置<sup>[9]</sup>，在采集器运行过程中要求各个传感器通道中多点数据的采样值保持在同一时刻，且传感器都应连在相同的采集器上，计算精度和保护动作可靠性的关键是保证采集器的同步，采集器同步采样有两种方式：

- 1) 不同传感器通道的多点数据通过差值法进行同步，使用不同的传感器通道规则的不同时间来计算各多点数据的样本值。
- 2) 对不同传感器通道的多点数据进行同步时，采用时钟脉冲根据输入采集器的时间状态获取多点数据的样本。

利用传感器晶振的短时稳定性和长期稳定性的原理对采集器同步采样信号进行设计，如图 4 所示。

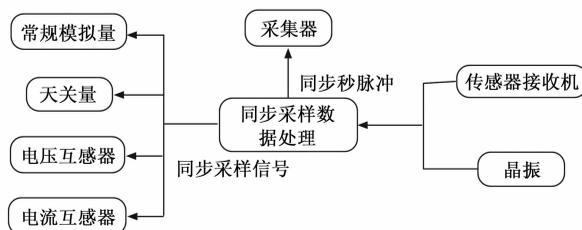


图 4 采集器同步数据处理图

#### 3.2 数据校验

采用 CRC 校验码对多点数据进行校验<sup>[10]</sup>，CRC 校验码也

被称为循环冗余码，CRC 校验码可以发现数据中存在的错误，经常被用于通讯系统中，CRC 校验码具有检测性强、抗干扰性好及校验字段和数据可为任意长度的特点。数据传输时大多数会受到外界噪声和传感器通道长短的干扰，存在错误数据源，因此需要对多点数据进行检测。在多种传感器通道多点数据并行高速采集器中采用 CRC 校验方式对数据的差错进行控制。

设  $r$  位监督码的校验公式为多项式  $G(x)$ ，采用  $G(x)$  多项式与将  $r$  位左移后的多项式  $L(x)$  进行进位的模 2 除， $R(x)$  表示的是余数多项式，可以作为 CRC 校验码放在  $L(x) \cdot 2^r$  后，生成 CRC 编码用来发送  $n = k + r$  位。多项式  $L(x)$  在一般情况下比多项式  $G(x)$  少一位。采集器的发送端接收端相似，根据 CRC 码和多点数据之间的规则进行检验，每个二进制序列码  $L$  的表达式都是：

$$L(x) = a_n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x^1 + a_0x^0 \quad (1)$$

CRC-8 的校验公式为：

$$G(x) = x^8 + x^2 + x + 1 \quad (2)$$

改进采集器采用 8 位 CRC 校验码对采集到的数据进行校验，校验公式为  $G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ，通过差错控制的方法对每 8 位多点数据加一校验码进行定义，采集器的接收端每接收到 8 位的多点数据就进行一次 CRC 校验，由异或门和 D 触发器构成的 CRC 编码电路如图 5 所示。

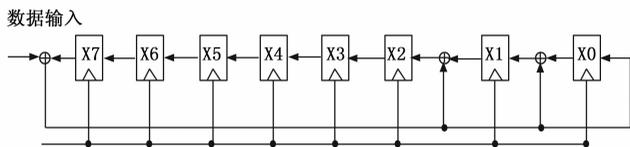


图 5 CRC 编码电路图

### 3.3 数据采集

在保护和测控装置中，一般采用压频变换法、直流采样法和交流采样法。对于压频变化法和直流采样法需要经过脉冲技术和比例变化后得到。多传感器通道多点数据并行高速采集器需要根据交流采样方法对其正常运行时的功率、电流和电压等参量进行测量。采用交流采样法根据傅里叶变化对多点数据的电压和电流进行计算。

设采集器的电压信号或单向电流为  $x(t)$ ，其计算公式为：

$$\begin{cases} x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \\ a_n = \frac{2}{t} \int_0^t x(t) \cos(n\omega t) dt \\ b_n = \frac{2}{t} \int_0^t x(t) \sin(n\omega t) dt \end{cases} \quad (3)$$

其中： $n$  代表的是采集的数据量， $\omega$  代表的是有功功率因数， $t$  所代表的是采集所用的时间， $a_n$  和  $b_n$  分别代表的是采集器中电压信号和单向电流的数量。

设采集器的一个工作周期内存在  $N$  个采样点，对采集器中的采样点进行分析，当  $t = k \frac{T}{N}$ ， $\omega = 2\pi f$  时：

$$\begin{cases} a_n = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \\ b_n = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \end{cases} \quad (4)$$

采用 LM324 作为模拟量采集电路的放大芯片，如图 6 所示。

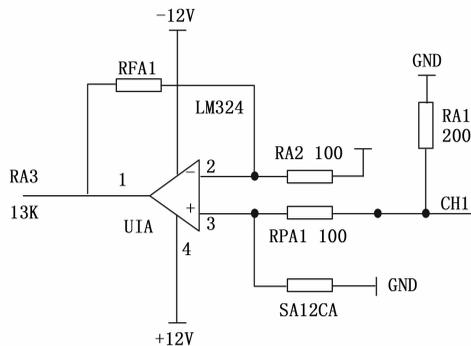


图 6 放大器电路

将数据进行转换，转换后的数据比原始数据更符合要求的。一种数据形式称为数据采集处理。首先将多点数据通过一个不间断时间的取样前置滤波器，经过 A/D 转换器将多点数据进行转换，转化为二进制的数字并量化和取样。通过数字滤波对数字信号进行处理，得到需要的数据内容和数据格式，完成数据的采集，数据采集如图 7 所示。

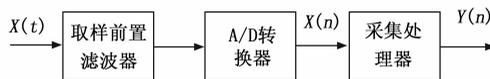


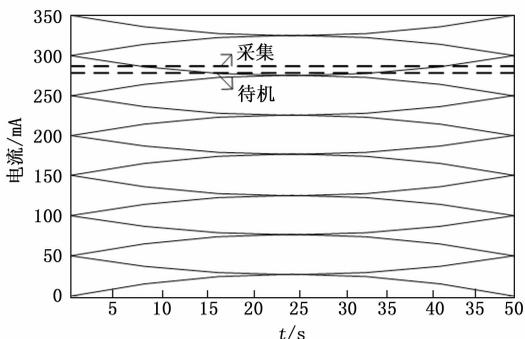
图 7 数据采集框图

综上所述，高精度计算采集器状态，对数据信号进行同步采集，校验所得数据，实行数据采集，完成多传感器通道多点数据并行高速采集器的设计。

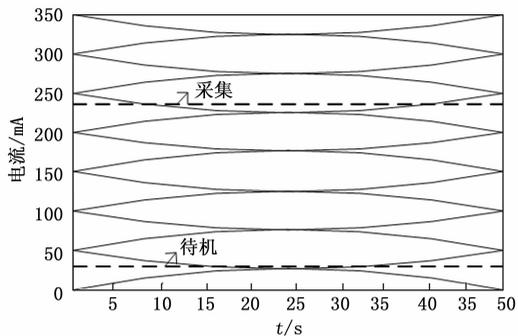
### 4 实验结果分析

本次实验的操作系统为 64 位的 Windows7，为了验证改进的多传感器通道多点数据并行高速采集器的性能，对多传感器通道多点数据并行高速采集器的运行功耗进行测试。运行功耗的计算公式为  $P = UI$ ，其中  $U$  代表的是电压， $I$  代表的是电流。控制采集器的电压为 5 V，电压保持不变，电流的大小就决定了采集器的运行功耗大小。当电流越大时，采集器的运行功耗越大，当电流越小时，采集器的运行功耗越小，采集器系统每十分钟有九分钟为待机状态，剩下一分钟为采集状态。分别对改进采集器和基于 ARM9 平台的采集器进行测试，测试结果如图 8 所示。

图 8 (a) 为基于 ARM9 平台的采集器运行功耗的测试结果，分析图 8 (a) 可知基于 ARM9 平台的采集器在采集时电流为 290 mA，待机时的电流为 280 mA，图 8 (b) 为改进采集器运行功耗的测试结果，分析图 8 (b) 可知，改进采集器在采集时的电流 240 mA，在待机时的电流为 40 mA。对比图 8 (a) 和图 8 (b) 可知，改进采集器在待机时的电流远远低于基于 ARM9 平台的采集器在待机时的电流，当电压稳定时，电流越小，采集器的运行功耗越小，对比可知，改进采集器在待机时的运行功耗小于基于 ARM9 平台的采集器的运行功耗，验证改进采集器的运行功耗较低，所设计的采集器



(a) 基于ARM9平台的采集器测试结果



(b) 改进采集器的测试结果

图 8 两种不同采集器的测试结果

性能更优。

为了验证改进采集器在采集数据时的抗干扰性，在加入干扰信号后，分别采用改进采集器和基于 Cortex-M3 的采集器采集数据，同时进行数据信号强度测试，对比两种不同采集器采集数据时的抗干扰能力，对比结果如图 9 所示。

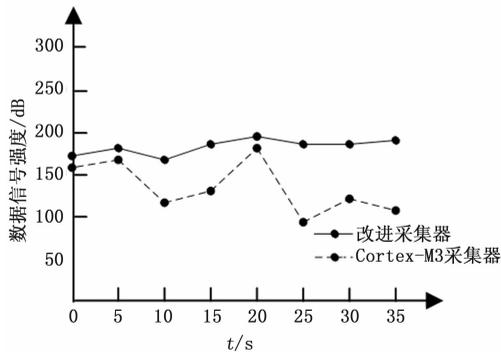


图 9 两种采集器数据信号强度对比结果

观察图 9 可知，基于 Cortex-M3 的采集器，其数据信号强度曲线波动较大，最大数据信号强度为 170 dB，出现在 20 s。平均数据信号强度约为 110 dB。改进采集器的数据信号强度曲线波动极小，基本保持稳定变化。最大数据信号强度为 180 dB，出现在 20 s。平均数据信号强度约为 170 dB。对比两种采集器数据信号强度曲线和实验结果，改进采集器的曲线波动相对平稳，数据信号强度值远远大于基于 Cortex-M3 采集器的数据信号强度值，充分说明改进采集器的抗干扰性较强，运行稳定性更高。

通过参数  $\omega$  对多种传感器通道多点数据并行高速采集器进

行测试， $\omega$  代表的是有功功率因数，当  $\omega$  的取值在 3~4 区间内时，采集器的采集效率最高，分别采用改进采集器和基于相对比率的采集器采集数据，同时对两种采集器的采集速率进行测试，测试结果如表 1 所示。

表 1 两种采集器的有功功率因数测试结果

实验测试	参数 $\omega$	
	改进采集器	基于相对比率的采集器
1	3	2
2	4	3
3	3	5
4	5	2
5	4	4

分析表 1 可知，在 5 次实验中改进采集器的参数  $\omega$  在区间 3~4 内的次数为 4 次，概率为 80%，基于相对比率的采集器参数  $\omega$  在区间 3~4 内的次数为 2 次，概率为 40%。对比可知，改进采集器的参数  $\omega$  在 3~4 区间内的概率要高于基于相对比率的采集器参数  $\omega$  在 3~4 区间内的概率，当参数  $\omega$  在区间 3~4 区间内时，采集器的效率最高，充分验证了改进采集器的采集效率较高。

### 5 结论

为了解决传统方法对采集器进行设计时，存在功耗大、抗干扰能力差和采集效率低的问题，设计出一种多传感器通道多点数据并行高速采集器。通过对采集器设计时的干扰因素进行过滤处理，同步采集数据信号并对所采集数据进行校验，实现多传感器通道多点数据并行高速采集器的设计。改进的采集器，其运行功耗大幅度降低，抗干扰能力增强，采集速率明显提高。但改进的采集器用电量方面仍存在不足，未来针对该问题进行深入研究。

### 参考文献:

- [1] 秦梦阳, 陈小平. 基于 WiFi 传输的电梯视频采集器设计 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (2): 146-148.
- [2] 崔建华, 闫艳霞. 基于信道质量分析传感器弱节点定位模型仿真 [J]. 计算机仿真, 2015, 32 (2): 332-336.
- [3] 刘莹, 周喜平. 基于 WSN 监控的电动汽车并行数据采集系统设计 [J]. 科技通报, 2016, 32 (6): 205-208.
- [4] 杨斌, 俞志伟, 杨新海, 等. 仿壁虎机器人足端三维力采集系统研究 [J]. 科学技术与工程, 2016, 16 (32): 75-79.
- [5] 曹庆红, 陈德裕, 王华建, 等. 传感器驱动下双路视频采集与处理系统的实现 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (2): 565-567.
- [6] 李伟, 李欣. 一种海洋监测数据采集器设计 [J]. 现代电子技术, 2017, 40 (1): 61-62.
- [7] 贺学锋, 齐睿, 程耀庆, 等. 风致振动能量采集器驱动的无线风速传感器 [J]. 振动工程学报, 2017, 30 (2): 290-296.
- [8] 陈仁文, 徐栋霞, 任龙, 等. 平面弹簧式四永磁体结构动能采集器设计及性能测试 [J]. 振动与冲击, 2016, 35 (24): 66-72.
- [9] 孙小进, 李平安, 黄秀亮. 基于相对比率的高帧频图像采集器设计与实现 [J]. 电子器件, 2016, 39 (4): 957-963.
- [10] 刘文清, 宋伟, 徐新喜. 水库诱发地震数据采集器的设计与实现 [J]. 人民长江, 2015, 46 (21): 55-57.