

科技研究

一种具备故障定位及数据展示功能的电码化采集单元的研究

段士光 姚禹伶 张志超 程龙

卡斯柯信号有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i10.7318

[摘要] 随着 20 型监测技术标准的发布, 站内电码化采集以及低频码显示已被全局所关注, 特提出一种具备故障定位及数据展示, 同时还具备安全监督功能的电码化采集单元的研究。单元采用廉价且低功耗的双单片机设计, 之间通过 FMSC 总线读写 SRAM 来实现采集与解析、显示与交互上的速率匹配, 调用 FFT 库函数实现信号从时域到频域的变换。单元不仅具有自诊断功能, 还具备与监测交互数据、报警功能。该研究减少了底层采集对上层软件的依赖, 提升了采集单元自诊断定位故障的能力, 达到了更直观准确的故障定位, 更全面具象的信号展示, 具有极高的现场应用价值。

[关键词] 电码化采集; 故障定位; 数据展示; 集中监测; 安全监督; FFT 库函数;

Research on a Coded Acquisition Unit with Fault Location and Data Display Functions

Duan Shi guang¹, Yao Yu ling¹, Zhang Zhi chao¹, Cheng Long¹

Casco Signal Ltd

[Abstract] With the release of the 20-type monitoring technical standard, the coded acquisition and the low-frequency code display in the station have been concerned by the whole road bureau, and a coded acquisition unit with fault location and data display and security supervision function is proposed. The unit adopts a low-cost, low-power dual microcontroller design, which realizes the rate matching between acquisition and analysis, display and interaction through FMSC bus reading and writing SDRAM, and calls the FFT library function to realize the transformation of the signal from the time domain to the frequency domain. The unit not only has the function of self-diagnosis, but also has the function of interacting with monitoring and displaying alarms. This research scheme reduces the dependence of the underlying acquisition on the upper software, improves the ability of the monitoring and acquisition unit to locate faults, achieves more intuitive fault location, and displays more visual signal information, which has extremely high field application value.

[Key words] Coded Acquisition; Fault Location; Data Display; Centralized Signaling Monitoring; Security Supervision; FFT Library Function;

1. 引言

随着监测技术的不断发展进步, 各路局不仅对监测软件功能有极高的要求, 而且更加关注底层采集单元的智能辅助功能。技术标准中站内电码化采集单元不仅涉及电压、开关量的采集, 还牵扯到码序的转换以及低频码站场展示的功能, 因此在调试和使用中会格外关注单元自身的智能辅助功能, 但目前该采集单元除了基本的采集功能外, 其他的智能辅助功能一直是空缺, 而且采集单元对上层软件依赖性很强, 一旦软件异常,

整个底层采集系统便毫无意义。现汇总采集单元功能上存在的弊端如下:

(1) 部分采集单元只涉及模拟量采集, 不涉及 GCJ/GJF 继电器的采集 (10 型监测)。

(2) 需要设置固定的采集频率 (比如 2600Hz), 当轨道进行载频变化时, 采集单元无法自适应频率采集。

(3) 采集单元只涉及采集而无显示功能, 对于现场调试以及天窗检修查看信息极不方便。

(4) 采集单元使用 485 通信，传输的效率低、错误处理和检错机制偏差。

(5) 采集单元无故障定位及显示功能，调试及电务人员需要在微机室、机械室来回穿插。

(6) 硬件成本高，功耗高，尤其使用 DSP、FPGA 这些高性能芯片。

基于上述现有采集单元的痛点以及用户关注的使用需求，特研究出一种具备故障定位及数据展示、同时还具备安全监督功能的电码化采集单元，其系统结构如图 1：

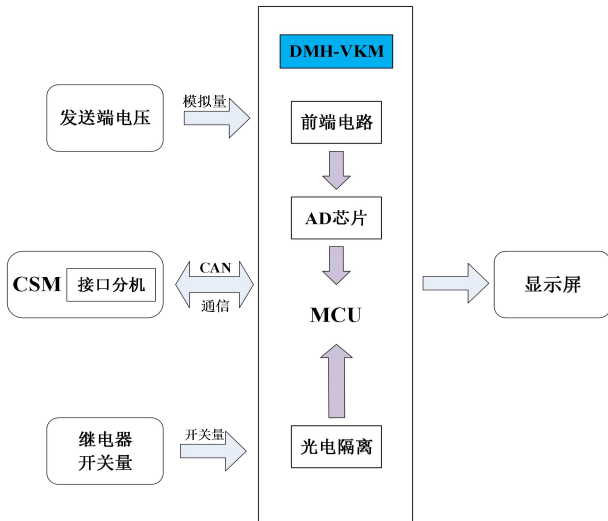


图 1 电码化采集单元系统结构图

Fig.1 The system structure diagram of coded acquisition unit

本研究方案的采集单元主要涉及站内电码化电压采集（模拟量）、GCJ/GJF 继电器（开关量）采集，单元模块实现采集频率自适应，并配备一块彩屏进行底层数据以及转换信号信息显示。模块通过 CAN 总线与数据汇总接口分机以及集中监测交互，并研究、制定了一种故障定位的判断逻辑以及与集中监测交互、故障定位的帧协议。采集单元可自诊断定位故障（模块内区段），还可上送数据给集中监测（跨模块间区段），由监测判断之后再把故障定位报警内容下发采集单元，并在彩屏上显示，同时采集单元还具备铁总 67 号文安全监督功能。

2.电码化采集单元硬件、软件结构

基于 20 型技术标准和现有模块的痛点，研究方案在软硬件设计上选用性价比高、功耗低的 Cortex-M3/4 内核单片机。使用二款存在差速的 STM32 芯片，M4 内核的芯片依靠其强大的性能保证了高采样速率，高精度 AD 芯片保证了采样的精度。在采样速率和精度达到高效的输入后，软件调用 FFT 函数实现信号从时域到频域的转换。创新的使用 FMSC 总线共享 SRAM 解决芯片间的差速交互。

选用 M3 内核的芯片实现与监测通信、故障逻辑判断、信息显示功能，彩屏的加入拉升了采集单元与客户的交互体验，尤其是在监测软件异常时，保证了整个底层系统的实用性，减少了底层采集系统对于上层软件的依赖。

2.1 电码化采集单元硬件结构

对电码化电压模拟量、开关量的监测是基于 QCR 442-2020 监测技术标准设计，单元选用芯片 STM32 的 407 和 105 系列，407 实现数据采集、解析，105 实现通信、显示、逻辑判断、

交互，二者之间通过共享的 SRAM 实现数据交互，使用高速的 AD7865 采集电码化电压，选用光耦隔离来实现继电器状态的采集。采集单元硬件电路框图及板级器件布局设计如图 2：

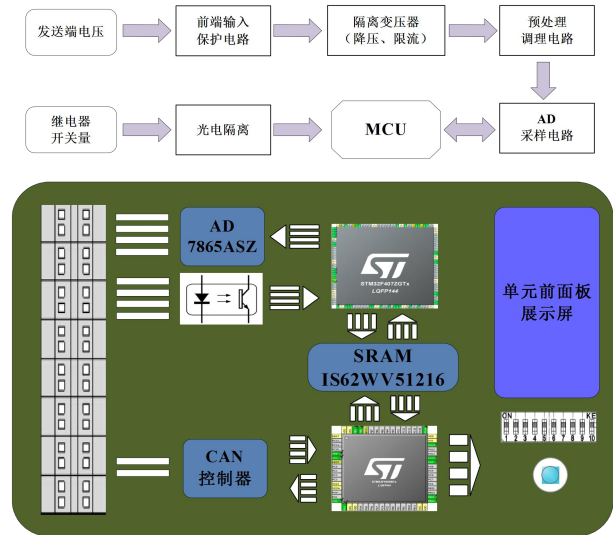


图 2 电码化采集单元硬件电路框图及器件布局图

Fig.2 The hardware circuit and device layout diagram of coded acquisition unit

(1) MCU 采用 STM32 的 407 单片机实现数据采集、解析，尤其用到了其 FFT 库函数。

(2) 采用 105 单片机实现自身故障定位的逻辑判断、与接口分机、集中监测数据交互。

(3) 407 和 105 之间数据存、取的交互操作使用 SRAM：IS62WV51216 实现，利用 STM32 自带的 FSMC 总线来实现对 SRAM 的管理控制。

(4) 经过前端电路预处理、调整后，选用高精度、高速 AD7865 芯片对模拟量进行采集，AD 的控制以及 FFT 的算法都是由 407 实现。

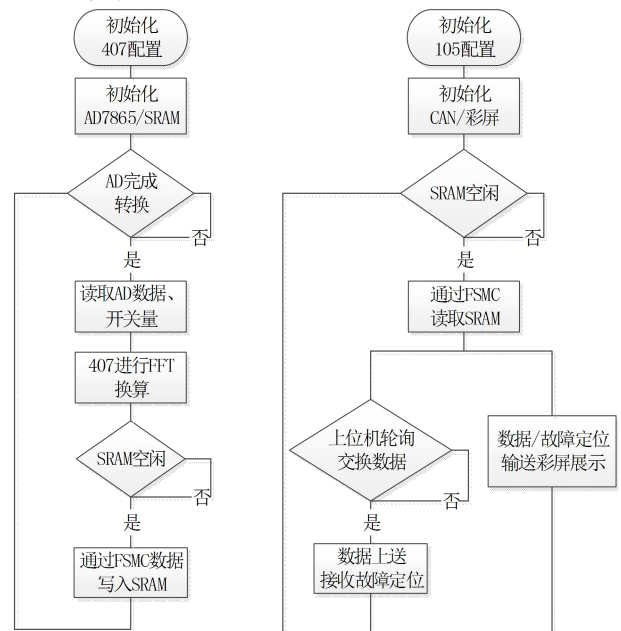


图 3 MCU 软件流程图

Fig.3 The flow diagram of MCU software

(5) 105 读取的是 SRAM 扇区中 407 解析后的数据，对数据进行二个方向的输送，首先是通过 CAN 总线与接口分机交互、接收监测发送的站场信息以及故障报警信息，其次是把数据输送到彩屏上进行显示，除直观的展示底层采集的数值外，还可以显示信号低频码及方向。

(6) 105 采集一个 SW 按键状态来对屏幕的亮灭进行控制，当屏幕亮的情况下，连续按可对屏幕显示界面切换。同时还采集了一个 10 位拨码开关状态，前 6 位用于对模块地址设置，7-10 位控制低频码显示箭头的方向切换。

2.2 电码化采集单元软件结构

单片机 407 和 105 软件设计流程如图 3。

通过 MCU 软件流程图可以看出，二者的交互是通过共享的 SRAM 实现的，前端 407 在进行快速的采集以及换算后，把处理的数据放到 SRAM 中的一块扇区，在存储扇区预留几个字节的存储空间作为扇区的属性区，当该扇区存储满后，属性区中存储已满位置起，这时 105 一次性读取该扇区的全部数据，这样可提高一次性读取数据的效率。407 把处理的数据滚动存储到 SRAM 的多个扇区，105 挨着一次性读取整个扇区的数据，共享 SRAM 的方式有效解决二块单片机之间采集与交互的速率差，同时提高了数据采集、数据读取的效率，MCU 中二者分工明确，有效提升了整个采集单元的性能。

3. 采集单元的故障定位

采集单元除了具有采集、显示功能外，还具有自诊断故障定位功能，根据继电器、电压、频率产生的先后关系进行自诊断。其次，通过监测软件下发单元内四个区段物理上的连接关系及状态进行连续区段的码序判断。当集中监测软件产生其他报警、2000 接口报警时，单元可以接收其报警并进行展示。

3.1 采集单元的自诊断故障定位

对于站内电码化设备，由 2000 发码盒通过 GCJ/GJF 继电器吸起把发码信息传送到轨道上，所以模拟量和 GCJ/GJF 就存在必然的联系。依据上述关联，单元的自诊断故障定位判断的

Bit位	16 15 14 13	12 11 10	9 8 7	6 5 4	3 2 1
数值	连续区段是否占用, 1占用, 0空闲	001:1路 010:2路 011:3路 100:4路	001:1路 010:2路 011:3路 100:4路	001:1路 010:2路 011:3路 100:4路	001:1路 010:2路 011:3路 100:4路

说明：每3个bit表示一路采集，每个单元采集4路，2个字节使用12个bit表示，16-13bit前边区段是否占用；
 低bit在前，高bit在后，当3个bit为111时代表无效，解析后的区段如下时：
 1234：1-4区段依次连续，需要判断4个连续区段的码序，基准区段码位为第1路区段；
 4321：改方4-1区段依次连续，需要判断4个连续区段的码序，基准区段码位为第4路区段；
 12无效无效：1、2区段为连续区段，需要判断2个连续区段的码序，基准区段码位为第1路区段；
 13无效无效：1、3区段为连续区段，需要判断2个连续区段的码序，基准区段码位为第1路区段；

图 5 监测下发排路信息帧格式图

Fig.5 The frame format diagram of routing information distributed by CSM

(1) 信息帧内容占 2 个字节 (16 个 bit)，前 12 个 bit 代表该采集单元四路采集中哪几路在物理上是连续的，每 3 个 bit 表示一个区段在采集单元中的序号，001、010、011、100 分别代表采集单元采集路数的第 1-4 路，后 13-16 位 bit 代表监测软件下发当前采集单元四路区段是否占用。

(2) 例如当联锁排路，站内区段预发码时，16-1 位 bit 为：0000 111 111 010 001=空闲 空闲 空闲 空闲 无效 无效 2 路 1 路，代表采集单元 1 路和 2 路在物理上是连续区段，列车方向由 1 到 2，需要对区段的发码码序进行判断。

(3) 例如当站内区段发码区段占用时，16-1 位 bit 为：0001 111 111 010 001=空闲 空闲 空闲 占用 无效 无效 2 路 1 路，代表采集单元 1 路和 2 路在物理上是连续区段，列车方向由 1 到 2，目前区段 1 已占用，需要对区段的码序进行判

断。连续区段码序判断逻辑流程如图 6：

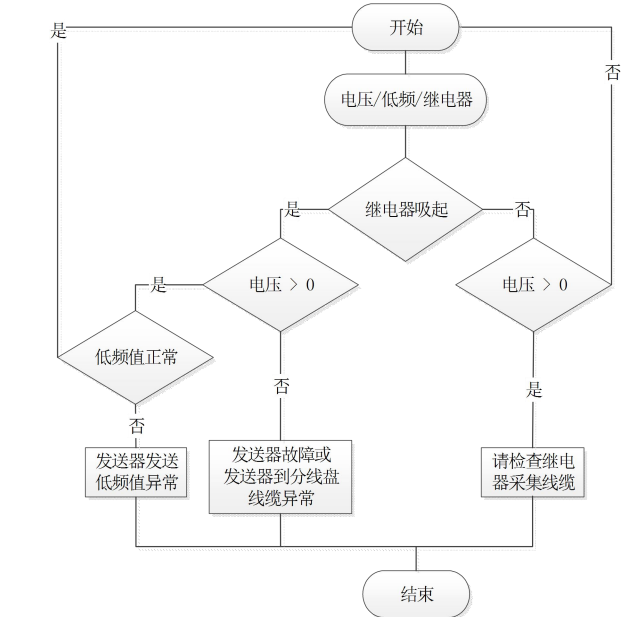


图 4 自诊断故障定位逻辑图

Fig.4 The logic diagram of self-diagnostic fault location

单元同样具有模块内自诊断安全监督功能，每个采集单元可采集 4 路电码化信息，设计出的图纸的 1-4 路在物理上是连续的，一般正线站内区段是连续的，侧线区段是连续的，这样设计是出于施工配线方便考虑。基于上述原则，自诊断码序判断逻辑需要知道什么时候启动逻辑？本采集单元哪几个相连区段进行逻辑判断？而这些可由集中监测下发。当联锁排路时，集中监测可以把排路涉及到的区段发给单元，这样单元首先知道逻辑启动时间，其次知道采集单元的四路采集中哪几路是连续的以及区段的状态。排路信息帧格式设计如图 5：

断。连续区段码序判断逻辑流程如图 6：
 当遇到连续二个区段是跨采集单元时，二者之间的码序逻辑需要借助集中监测去判断，接口分机每次会轮询采集单元，采集单元会定时把底层数据实时的发送给集中监测，由监测进行跨单元区段的判断，判断出故障后下发给单元显示。
 3.2 采集单元与集中监测故障定位交互
 采集单元与集中监测除了数据的交互之外，还有故障定位报警交互。报警交互涉及跨模块区段的码序判断、监测获取 2000 接口报警、其他监测判断的电码化报警，这些报警信息内容采用明文的方式下发给采集单元，单元接收自己管辖的区段报警后，把报警内容显示到屏幕上。当电务人员在机械室进行问题查找、实验时，可以直接通过模块屏幕看到监测及单元自身的报警内容，无需在机械室、微机室来回穿插。

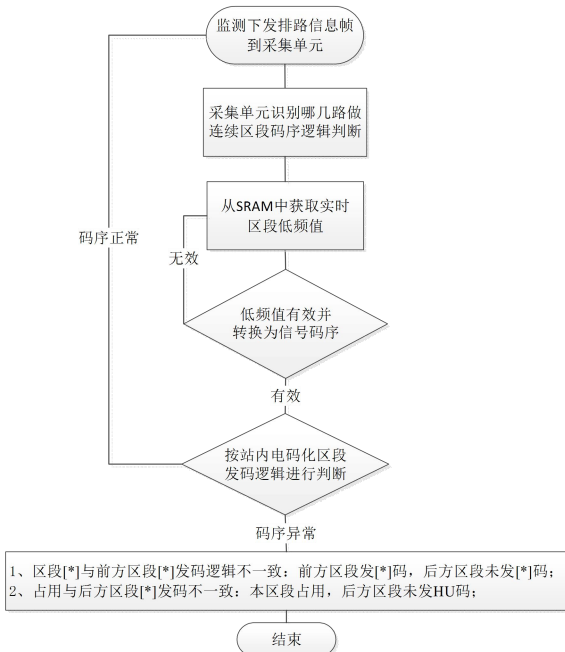


图 6 采集单元内连续区段码序判断逻辑图

Fig.6 The logic diagram of continuous segments for judging code sequence in acquisition unit

4.采集单元信息展示

现有集中监测采集模块对自身信息展示极少，很多信息需要查询信号集中监测的模块配置来获取，单元采集的底层数据只能通过监测软件进行查看，上层监测软件成了整个系统唯一的交互入口，这给客户带来的交互体验极差。对于一些故障分析，客户分不清楚是模块采集的有问题还是监测数据、配置的问题，为更好的提升采集单元与客户的交互体验，更友好的展示故障定位，特对电码化采集单元自身信息、采集数据、故障定位以彩屏呈现给用户，其界面设计如图 7：

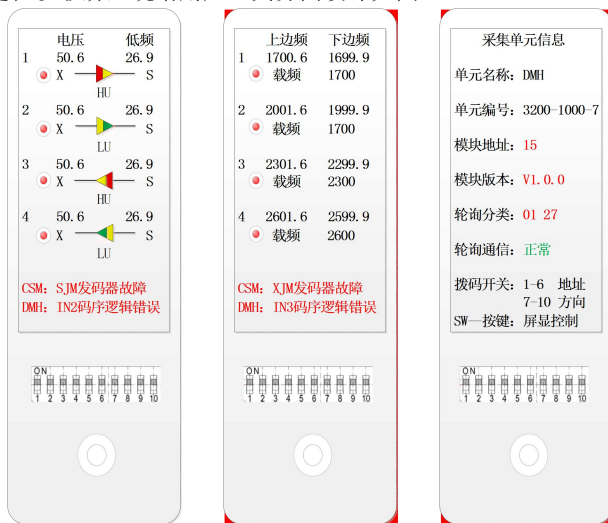


图 7 采集单元信息，采集数据，故障定位展示图

Fig.7 The diagrams of collect unit information, data acquisition, and display the fault location

当首次按下 SW 按键时，单元屏幕亮起，并出现图 7 左侧界面。再次按下，切换到图 7 中间界面，再次按下，切换到图 7 右侧界面，再次按下，显示息屏。每种屏幕界面会持续 2 分

钟显示，之后息屏。

(1) 图 7 左侧界面：显示单元采集到 4 路电码化电压值，经过 FFT 变换后的低频值，根据低频值转换为铁路信号低频码符号，红色点代表 GJ/GJF 继电器吸起，灰色代表未吸起。如果 S、X 方向反了，可拨动拨码开关 7-10 位进行低频码箭头方向的翻转。屏幕界面下方显示监测软件下发的报警内容，如 CSM: XXXXXXX。屏幕最下方显示的是单元自诊断的报警内容，如：DMH: XXXXXXX。

(2) 图 7 中间界面：显示单元经过 FFT 变换后的上下边频值以及载频值信息，屏幕下方同样显示的是监测软件下发的报警以及单元自诊断的报警内容。

(3) 图 7 右侧界面：显示采集单元基本信息，单元模块名称、序列号、地址、固件版本、轮询分类的命令码以及通信状态。

上述采集单元显示界面的设计不仅方便了用户定位采集故障，而且摆脱了底层采集单元对于上层软件的依赖，提升了整个系统的实用性，尤其是低频码箭头的显示，非常符合电务段人员的使用习惯。

5.结论

基于上述研究方法的电码化采集单元，首先，做到了频率自适应采集，MCU 选用单片机，有效的降低了成本和功耗，而且单元使用 CAN 通信，传输的效率以及错误处理和检错的机制更高。其次，采集单元具备自诊断故障定位，并结合集中监测报警达到了全面的报警覆盖。再次，单元的采集信息不仅可以直接显示到屏幕上，而且还有站内低频码、发码方向显示，极大方便了调试人员、电务人员对现场设备的调试、试验和维护。最后，单元还具备安全监督判断功能，并与信号集中监测软件的安全监督功能互补，尤其在上层监测软件异常时，单元可脱离上层软件的束缚，自行诊断部分安全监督故障并显示到屏幕上，具有极高的现场应用价值。

[参考文献]

[1]罗松植.铁路信号设备的维护与安全保障措施分析[J].机械设计.2021(12):10-13.
 [2]王充希.铁路信号设备故障诊断中常见问题分析[J].中国高新科技.2021(23):26-28.
 [3]赵国欣,卢泽廷.新形势下铁路线路的科学维修与养护分析[J].技术与市场,2018,25(09):136-137.
 [4]吴乐明.基于单片机技术的多机通信系统设计[J].中国新通信,2018,20(09):7-8.
 [5]严格非.现代单片机技术的进展[J].中国新通信,2018,20(08):237-239.
 [6]瞿伟,余飞鸿.基于多核处理器的非对称嵌入式系统研究综述[J].计算机科学,2021,48(S1):538-542.
 [7]冯艳清,谷鹏花,熊爱金.嵌入式系统数据缓存机制的形式化分析[J].电脑编程技巧与维护,2021(01):108-109.
 [8]邢红星,魏叶华,乐懿.硬件成本缩减的异构分布式嵌入式系统调度算法[J].计算机工程与科学,2021,43(02):258-265.
 第一作者简介:段士光(1982),男,卡斯柯信号有限公司高级系统设计工程师,本科,主要研究信号集中监测系统结构设计、底层采集原理、车站及中心工程化技术标准,参与完成数十条线路以及多个中心工程实施,改进、提升多款监测采集模块功能。