

# 一种新型的 RS-422 总线数据处理算法研究与实现

徐茜, 宫海波, 叶冰

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

**摘要:** 为了满足某型机试飞数据中新型 RS-422 总线参数的实时监控和事后数据处理需求, 提出了针对该新型 RS-422 总线参数的算法设计和实现方案; 通过分析该新型 RS-422 总线参数的通信协议及数据包格式, 决定采用调整机载格栅中数据的帧结构排放以及重置带头中参数采样率的方式, 实现了参数的解析及还原算法, 并设计了相应的实时监控以及事后处理软件; 该软件已经成功应用于该型机的飞行试验中, 为飞机飞行安全监控以及事后数据处理分析提供了有力保障。

**关键词:** RS-422; 实时监控; 数据处理; 算法

## Research and Implementation of a New Type of RS-422 Bus Data Processing Algorithm

Xu Qian, Gong Haibo, Ye Bing

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

**Abstract:** In order to meet the requirements of real-time monitoring and post processing of the new RS-422 bus parameters in flight test data of a certain type aircraft, the algorithm design and implementation scheme for the new RS-422 bus parameters is proposed. By analyzing the communication protocol and data packet format of the new RS-422 bus parameters, the method of adjusting the frame structure and re-setting the sampling rate is adopted to realize the analysis and reduction algorithm of the parameters, and the corresponding real-time monitoring and post processing software were designed. The software has been successfully used in the flight test of the aircraft, which provides a strong guarantee for the flight safety monitoring and data processing analysis.

**Keywords:** RS-422; real-time monitoring; data processing; algorithm

### 0 引言

随着航空技术的不断进步, 飞行试验技术也在不断发展。在飞行试验中, 通过对飞机上各子系统发送的数据进行采集、记录, 并将采集到的飞行数据进行遥测监控来保障飞行安全<sup>[1-2]</sup>。飞行结束后, 通过对机载记录的数据进行处理和分析, 以鉴定飞行任务执行情况和飞机各项性能指标<sup>[3]</sup>。

随着航空电子技术日新月异的发展, 机载通信设备的复杂性也越来越高, 设备间通信采用的各种总线技术也在不断发展<sup>[4]</sup>。飞机各个系统间总线传输的数据对飞机各项性能指标的评定起着至关重要的作用, 因此, 对飞机各类总线数据的采集、记录和处理是飞行试验中的关键环节。现有的总线类型包括 RS-422、429、1553B 和光纤总线等<sup>[5]</sup>。在某型机的科研试飞任务中, 相对于 1553B、429 等总线参数, RS-422 总线参数占有采集参数的比重达到 70%, 对该型机的试飞鉴定起着举足轻重的作用。与以往的 422 总线参数相比, 该新型 422 总线的通信及数据包格式有很大改变, 因此, 如何将该新型 422 总线参数进行准确解算, 并进行实时监控和事后处理是本文研究的关键问题。

### 1 通信及数据包格式

该 422 总线的通信协议为自定义协议, 与以往的 422 总线相比, 具有不同的通信及数据包格式。其数据包结构为: SS, L, O, DDDDDDDDDDDDDDDDD..., C, 每个部分的具体定义如下:

- 1) SS: 同步码 (U8 \* 2), 值为 0xaa, 0xaa;
- 2) L: 数据包长度 (U8 \* 1), 值为 L+O+D+C;
- 3) O: 命令代码 (U8 \* 1), 值为 0~255;
- 4) D: 长度不定, 表示数据包信息内容;
- 5) C: 校验值 (U8 \* 1), 其值为将 L, O, D 进行异或和校验后得到的 8 位校验码。

数据包信息内容如表 1 所示。

表 1 数据包信息内容

| 数据域    | 长度/字 | 备注     |
|--------|------|--------|
| 包序号    | 1    | 0~255  |
| 数值 1   | 2    | 共 8 个值 |
| ...    | 2    |        |
| 数值 8   | 2    |        |
| Bite   | 4    |        |
| 缓冲区百分比 | 2    |        |

每个数据包包含 8 个参数数值, 每个数值占 2 个字, 低位在前, 高位在后。每 64 个数据包的数值组成一帧, 每帧的帧头为 0x0247, 0x05B8, 0x0A47, 0x0DB8 其中的一个, 为同步头, 每 4 个帧组成一大包, 包中每个帧帧头的排列顺序依次为 0x0247, 0x05B8, 0x0A47, 0x0DB8。

包序号表示当前包在整个数据包中的序号, 取值为 0~255, 即包序号为 0~63 的数据包组成第一帧, 包序号为 64~127、128~191、192~255 的数据包分别为第二至第四帧, 总数值数为 2048 (8 \* 256)。

### 2 软件设计原理及实现方法

#### 2.1 软件的算法及关键代码

##### 2.1.1 采样点的帧结构排放及采样率设置

该 422 总线上记录的是飞参数据, 参数数值分布在 2048

收稿日期: 2015-10-27; 修回日期: 2015-11-08。

作者简介: 徐茜 (1984-), 女, 陕西省西安市人, 硕士, 工程师, 主要从事飞行试验、遥测与数据处理方向的研究。

个采样点上。采样点的编号从 0 开始, 表示参数在整个数据包中的采样位置。每个采样点由两个字的数据组成, 每个字的高 8 位是有效位。

参数的采样率由其采样点信息决定, 如参数“帧同步字符”, 其采样点为 4 个, 则在全部 2048 个采样点中, 参数“帧同步字符”的值分布在 4 个采样点内。如何将这 4 个采样点的值作为一个参数“帧同步字符”的数值提取出来, 是需要解决的首要问题。经过对 ICD 的反复分析, 决定将全部 2048 个采样点放在格栅中的某一连续位置, 并将每个参数对应的采样点放在同一列内。设计采用的帧格式为每秒 16 个长周, 每个长周 32 个短周, 每个短周 256 个字。排列方式是: 2048 个采样点按要求放在从第 0 行第 114 列~第 31 行第 248 列的对应位置。以参数“帧同步字符”为例, 由于其采样点为 4 个, 编号分别为 0、512、1024、1536, 每个采样点由两个字组成, 则将其 0 号采样点放在第 0 行第 114 列、115 列, 512 号采样点放在第 8 行第 114 列、115 列, 1024 号采样点放在第 16 行第 114 列、115 列, 1536 号采样点放在第 24 行第 114 列、115 列。然后, 再将带头中的 0 号采样点对应参数的长周采样率改为 4, 则在处理数据时, 可以通过 0 号采样点对应参数将相关采样点的值全部取出, 0 号采样点对应的参数值将作为参数“帧同步字符”的值输出。表 2 给出了参数“帧同步字符”的帧结构排放位置。

表 2 “帧同步字符”的帧结构

| 短周号 | 114(字号)      | 115(字号)      |
|-----|--------------|--------------|
| 0   | 采样点 0_DW0    | 采样点 0_DW1    |
| 8   | 采样点 512_DW0  | 采样点 512_DW1  |
| 16  | 采样点 1024_DW0 | 采样点 1024_DW1 |
| 24  | 采样点 1536_DW0 | 采样点 1536_DW1 |

其中, 短周号指帧结构中的行号, 字号指帧结构中的列号; 采样点  $n\_DW0$ 、采样点  $n\_DW1$  代表参数的  $n$  号采样点对应的两个字。

以此类推, 其它参数的帧结构及长周采样率也同样进行设置。

### 2.1.2 采样点拼位

由该 422 参数定义所知, 每个采样点由两个字组成, 采样点的低位在前 1 个字、高位在后 1 个字, 由于 422 参数是高 8 位有效, 因此需将两个字分别取高 8 位, 颠倒字序后拼成一个 16 位参数字。例如, 组成某个采样点的两个字的数值分别为 0x3EAA、0x0BCC, 则进行拼位等计算后的采样点的数值是 0x0B3E。

### 2.1.3 参数类型解析

参数采样点的后续点类型有 7 种。不同的后续点类型决定了该参数包含的采样点个数、采样点的取位及组合方式。根据不同的后续点类型, 调用不同的函数对组成参数的采样点进行取位、拼位计算, 对应的代码如下:

```
switch(afterPoint)
{
case 0:
afterPoint0(); //调用后续点类型 0 对应函数;
break;
case 1:
afterPoint1(); //调用后续点类型 1 对应函数;
```

```
break;
.....
case 6:
afterPoint6(); //调用后续点类型 6 对应函数;
break;
default:
afterPoint0(); //调用后续点类型 0 对应函数;
}
```

### 2.1.4 有效位掩码运算

将参数类型解析后得到的参数值与给定的有效位掩码进行“位与运算”, 得到新的参数值。

### 2.1.5 数据还原

根据不同的数据还原类型, 需要对有效位掩码运算后得到的数据进行不同的运算, 将参数原码值转换成物理量后输出。数据还原分以下 5 种情况:

- a) 无: 不需要进行还原;
- b) 线性还原: 即原码值与物理量之间的关系为线性关系, 采用线性插值法将原码值换算成物理量;
- c) 离散还原: 将离散量换算成对应的含义。
- d) 多段组合还原: 将数值中不同位解算出对应含义后再进行组合。
- e) 公式计算还原: 将原码值按给定公式计算得到相应的物理量。

## 2.2 算法流程图

该新型 422 总线参数的处理算法流程如图 1 所示。

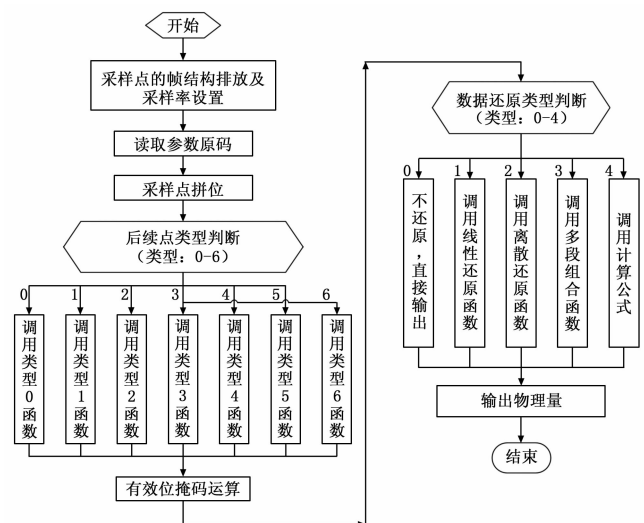


图 1 算法流程图

如图 1 所示, 第一步, 首先在格栅中根据 2.1.1 节的要求排放参数的帧结构, 这是后续正确进行数据提取的前提; 然后在格栅转换成数据处理带头文件的过程中, 对该 422 总线参数进行采样率重新设置。第二步, 读取数据中 422 总线参数的原码, 根据 ICD 的定义进行采样点拼位计算。第三步, 根据参数采样点的后续点类型的定义, 调用不同的后续点类型函数进行计算。第四步, 将第三步计算得到的参数值与给定的有效位掩码进行“位与运算”, 得到新的参数值。第五步, 根据不同的数据还原类型, 将第四步计算的数据转换成物理量后输出。

## 2.3 软件界面设计

实时监控软件采用小系统和 Magali 系统双接口的形式,

在监控时可灵活选用小系统或 Magali 系统进行实时监控。由于该 422 总线参数超过 200 个，无法在一幅画面上完全显示，因此根据参数的分类不同，将监控画面分为主画面、发动机主画面、发动机辅助画面、APU 画面、振动画面和测温画面等几个卡片页显示。实时监控软件如图 2 所示。



图 2 实时监控软件界面图

图 2 画面中的 70% 的参数取自该新型 RS-422 总线，如基本飞行参数（气压高度、偏航角等）、告警灯、发动机转速等参数。因此，正确地解算出该 422 总线参数对于飞行的实时监控起着至关重要的作用，对飞行安全的保障、机载设备的性能评定具有重要的意义。

该 422 总线参数事后处理软件如图 3 所示。

图 3 所示软件中，首先在“原始文件”处选择原始数据文件，该文件将指抽取到 PCM 流中的该 422 数据包的原始数据经由“PCM 处理软件”处理后提取出来的数据文件；在“结果文件”处选择结果文件的存放路径并指定结果文件的名称；然后在需要处理的参数组前打钩，可以选择需要处理的不同参数组，也可以选择全部参数进行处理；最后点击“开始处理”按钮，程序开始运行。在处理过程中通过进度条显示处理进度，进度条显示 100% 时，弹出对话框并发出提示音提示数据处理完成。



图 3 事后处理软件界面图

### 3 结束语

与传统的 422 总线参数算法相比，本文研究的 422 总线算法编程难度高、程序设计复杂、计算数据量大。通过对该 422 总线的通信协议及数据包结构的深入理解和正确分析，设计实现了该 422 总线参数的实时监控和事后处理软件。经过在型号任务中的多次使用验证，本文设计实现的实时监控及事后处理软件能够稳定、可靠地运行，对于该型机试飞安全的保障、飞机各项性能指标的评定具有十分重要的作用。另外，该 422 总线算法的设计与实现亦能应用于其它型号。

### 参考文献：

- [1] 刘 瑜, 王海维, 柳 勇. 最小操纵速度飞行试验技术研究 [J]. 科学技术与工程, 2012, 12 (3): 607-611.
- [2] 刘尚民, 赵 磊. 电传飞机模型自由飞试验飞行控制技术研究 [J]. 飞行力学, 2012, 30 (1): 83-86.
- [3] 李 林, 赵明莉. 某机载显示处理机测试设备设计与实现 [J]. 测控技术, 2012, 31 (8): 117-119.
- [4] 张鹏飞, 李 鹏, 沈三民, 等. 一种遥测数据采集器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, (2): 468-470.
- [5] 刘正升, 万程亮, 蒋志忠, 等. 自动测试系统中新技术的发展及应用 [J]. 中国测试, 2009, 35 (4): 58-61.

(上接第 243 页)

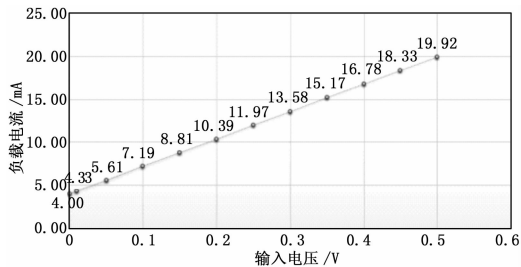


图 6 压力传感器仿真模块输出数据结果

### 4 试验结果与分析

压力传感器仿真模块研制调试完毕后，将其装入 VXI 总线机箱中，运行上位机控制软件，按照 0.05 V 一个步长的变化规则设置 AD9764 的输出，XTR101 的外围接入 24 V 电压，负载接入 360 Ω 的电阻，检测 360 Ω 负载电阻上的对应电压，两者之间的关系曲线如图 6 所示。采用最小二乘法拟合曲线数据，经过计算，计算值与实测值最大误差为 0.01%，满足实

际测试过程中的精度要求。

### 5 结论

论文提出的 VXI 总线多通道压力传感器仿真模块输出精度高、控制响应速度快、通道数多、异常监控处理措施有效，满足发动机系统中综控器部件的深度测试的信号注入需求。该型压力传感器的信号接口具有通用性，可在各种类型的两线制压力传感器模拟测试场合中使用。

### 参考文献：

- [1] 程进军, 肖明清. 基于 LXI 的多总线融合的自动测试系统 [J]. 微计算机信息, 2008, 1: 130-132.
- [2] 苟新宇, 肖明清, 王承孝. LXI 总线自动测试系统拓扑结构研究 [J]. 电子测量技术, 2007, 11: 126-128.
- [3] 张丽花, 马捷中, 翟正军. 基于 VXI、PXI 和 LXI 的网络化混合测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16: 1059-1061.
- [4] 王幸之, 王 雷, 翟 成, 等. 单片机应用系统抗干扰技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [5] 刘书明, 刘 斌. 高性能模数与数模转换器件 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.