

doi: 10.7690/bgzdh.2013.03.017

# 飞行参数记录系统时标设计及应用

张连义, 唐治强, 雷廷万

(中航工业成都飞机设计研究所七部, 成都 610091)

**摘要:** 为了便于参数分析和事故调查, 飞行参数记录系统需要对采集记录的参数打上一个统一和精确的时标。介绍一种新的数据打包格式, 设计一种通过统一时钟发布的思路, 给每个异步流数据包打上一个统一的时标, 工程应用中具有较好的时标精度, 完全满足系统设计要求, 并已成功应用于某型飞行参数记录系统中。

**关键词:** 参数分析; 事故调查; 飞行参数记录系统; 时标

**中图分类号:** TJ85 **文献标志码:** A

## Time Tag Design and Application of Flight Parameter Record System

Zhang Lianyi, Tang Zhiqiang, Lei Tingwan

(No. 7 Department, AVIC Chengdu Aircraft Design &amp; Research Institute, Chengdu 610091, China)

**Abstract:** For parameter analysis and accident investigation, flight parameter recording system should mark a unified and accurate time tag for all recording parameters. The document introduces a new data package format and designs a method of unified time publication. Every asynchronous data package has a unified time tag. The design of time tag has high precision in project application and satisfies the requirement of system design. The design of time tag has been successfully used in flight parameter recording system of an airplane.

**Key words:** parameter analysis; accident investigation; flight parameter record system; time tag

### 0 引言

经过近半个世纪的发展, 我国飞行参数记录系统记录的飞行参数数据由最初的几个或十几个发展到今天的几千个, 对这些数据的利用也不再局限于事故调查, 而是拓展到飞机使用维护、试飞验证和飞行训练等诸多方面<sup>[1]</sup>。对参数的使用, 主要是通过地面数据处理软件进行参数分析, 而反映系统状态随时间变化趋势和系统之间事件发生前后关系的时标, 是参数分析中最重要的信息之一。但是, 飞行参数记录系统记录的参数来源于飞机不同系统, 而不同系统之间的参数具有时间关联性, 必须对飞行参数加上时标; 因此, 笔者对飞行参数记录系统时标设计进行研究, 以精确地给飞参系统采集的所有参数打上一个统一的时标。

### 1 飞行参数记录系统的工作原理

飞行参数记录系统一般由飞行参数采集器和飞行参数记录器组成, 飞行参数采集器负责前端所有对外接口信号的采集, 飞行参数记录器负责记录飞行参数采集器送来的数据<sup>[2]</sup>。一般地, 需要飞行参数记录系统采集记录的参数来源于飞机不同系统, 接口种类比较多, 有总线信号、模拟信号、离散信

号等, 且来源于这些接口的数据没有统一的时标。通常, 飞行参数采集器用不同的接口模块接收并处理不同的信号(符合标准化、系列化要求), 然后由主控模块从接口模块获取采集到的数据, 加上时标, 按一定方式组织后送飞行参数记录器记录。接口模块与主控模块通过双口 RAM 或其他方式与主控模块进行数据交互。

较早的飞行参数记录系统的记录格式都是采用类似于 ARINC717 的格式, 记录信息的格式称为帧结构, “帧(frame)”是一种信息记录的单位, 是定长的, 每秒生成一帧(不因为前端无新数据而少帧), 每帧内按预定的规律记录不同采样率的所有参数, 时标信息可以通过帧数和预定的规律计算得到。帧格式是由飞行参数记录系统的地面设备生成的采集记录表控制的, 该表加载到飞行参数采集器的主控模块, 主控模块根据采集表的约定, 顺序获取参数, 并将参数填到帧内的相应位置。一帧一帧地连续累积生成飞参数据。

### 2 飞行参数记录系统记录方式改进设计

#### 2.1 记录方式改进设计

为了提高机载系统的采集记录效率, 数据的采

收稿日期: 2012-09-21; 修回日期: 2012-10-09

作者简介: 张连义(1976—), 男, 四川人, 工学硕士, 工程师, 从事飞行参数记录系统设计与应用研究。

集和记录以数据包为单位进行,即接口模块在收到/采集到数据后,置新数据标志,主控模块在读各接口模块采集数据时,若有新数据则一整块数据(数据包)一起读取,然后单独对这块数据进行打包,为该数据块增加包头信息,为地面解算提供唯一标识,形成数据包,数据包按先后顺序以流式记录方式记录。数据包的定义参考 IRIG106 的 10 章的定义<sup>[3]</sup>,其组成和定义见表 1。

表 1 数据包组成

序号	名称	定义	备注
1	包同步模式	0xeb25, 提供包头标志, 用于静态同步	
2	通道标识	16 位, 定义对数据包的唯一标识, 通常与硬件通道对应	包头
3	数据长度	16 位, 定义为包体的长度	
4	相对时间计数器	32 位, 相对时间标记	
5	数据	X 字节, 是来自接口板的数据, 每个数据的格式单独定义	包体
6	数据校验和	8 位, 对数据包进行校验	包尾

## 2.2 记录参数时标设计

### 2.2.1 实现时标方式

飞行参数记录系统采集记录的数据来自飞机的各个子系统,数据源没有统一的时钟,而对飞行参数数据进行分析时,各系统之间参数的时间相关性非常重要,对飞机相关系统的状态分析,必须在同一相对时间点上进行分析(如对飞机发动机转速、排气温度、振动、油门杆位置、速度、位置、姿态等的综合分析)。只有保证各系统参数的时间相关性,才能确定各系统事件发生的顺序和各系统参数随时间的变化情况<sup>[4]</sup>。所以,保证参数之间的相对时标精度才是关键所在,飞行参数系统设计的时标精度可以达到 1 ms,满足绝大部分的数据分析要求。

目前有 2 种打时标的方式:一种是主控模块统一给所有数据包打时标;另一种是接口模块在收到数据包或定时采集(模拟和离散信号)时间到时给数据包打时标。

第 1 种方式实现简单,仅主控模块需要实现时标功能,适用于系统对时标的精度要求不高,并且飞行参数系统前端接口数量和种类较少的应用;但如果子系统对飞行参数系统时标精度要求较高(如 1 ms),飞行参数系统前端接口种类和数量较多,飞参系统的工作与信号源系统的工作是异步的,所以极限情况下多路串行总线的数据包可能同时到达,主控模块按照一定的顺序将所有接口模块收到的数据包读取并打上系统时标,完成一轮所需时间会较长,这样同时接收到的数据包,排在后面读取

的数据包的时标就会比实际到达的时间明显滞后,在系统对时标精度要求较高的应用场合就不适用。

第 2 种方式由接口模块给数据包打时标,具体实现方式有 2 种方案。

1) 每个接口模块的时标由自己模块的晶振产生,各信号接口模块是异步工作的,为消除时标起始误差,需要对各信号接口模块统一进行对时,信号接口模块对时电路示意图如图 1 所示。主控模块在完成系统引导和初始化后,通过 I/O 口输出对时信号,各信号接口模块以中断响应该信号,在中断服务函数中,清零各自计数器,各个接口板都从 0 开始计数(计时)。

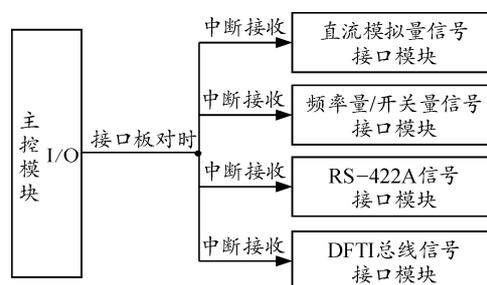


图 1 接口模块对时示意图

2) 时标计数由主控模块产生,通过硬件电路向各个接口模块发布计数。具体实现方式是:主控板采用 CPU 内部硬件定时器作为时标基准,系统中的时标实际上就是主控模块硬件定时器中断次数,定时器中断时间间隔为 1 ms。主控模块授时示意图如图 2 所示。

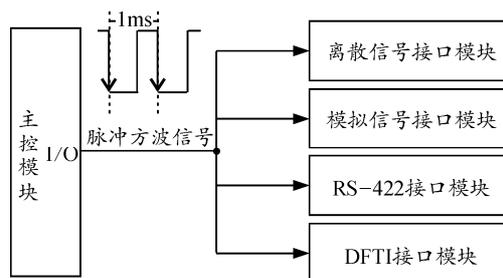


图 2 主控模块授时示意图

### 2.2.2 时标实现可行性分析

对飞行参数数据进行分析时,各系统参数之间的时间相关性非常重要,因此要重点分析各模块的时标相对误差是否满足系统设计要求。某型飞机飞行参数系统的相对时标精度要求为 1 ms,下面分别针对接口模块的 2 种打时标方案进行分析,以确定选用哪种方案。

1) 接口模块的时标信息由自己模块的晶振产

生。晶振精度和温度频差属原理性误差，是固定存在，无法完全消除，系统采用频率为 32 MHz，精度为  $\pm 10 \text{ Hz}/1 \text{ M}$ ，最大温度频差为  $\pm 5 \text{ Hz}/1 \text{ M}$  的晶体振荡器，则最差情况下，接口模块产生时标误差如下：

① 1 M 频率每秒所带来的频差为 15 Hz；

② 32 M 频率每秒所产生的频差为  $32 \times 15 = 480 \text{ Hz}$ ；

③ 1 s 所产生的时间误差为  $480 / (32 \times 10^6) = 0.015 \text{ ms}$ ；

④ 8 h 产生的时标误差为  $0.015 \text{ ms} \times 3600 \text{ s} \times 8 = 432 \text{ ms}$ ；

由于各接口模块各自拥有独占的晶体振荡器，所以各种参数之间的参数时标误差在 8 h 飞行之后有可能大于 432 ms，理论上，当一个晶振正偏，另一个晶振负偏的情况下，不同类型参数之间的最大时标误差能达到  $432 \text{ ms} \times 2 = 864 \text{ ms}$ 。

根据上述分析，参数时标在各信号接口模块置入的方式下，参数的相对时标精度较差，若要提高精度，需要增加硬件对时电路和相应软件，采用周期对时方式。另外，因为对时会各接口板时间强行统一到某个时间，对时后各系统参数的时标(流逝时间)可能会发生跳变，参数的时标会变得没有规律，不便于后续数据处理。

2) 主控模块产生时标信息，通过硬件电路向各个接口模块发布。由于参数时标是由主控模块统一发布的，能绝对保证各系统参数的时标相对精度保持在 1 ms，且不需对接口板进行对时。该方案的硬件复杂度和软件都比方案 1 简单，可靠性高，容易实现。

所以，参数时标由主控模块统一发布的方式，参数的相对时标精度较好，按上面的分析，飞行参数系统的相对时标误差能控制在 1 ms 之内。

### 3 工程验证结果

采用新的时标设计方案，能够保证记录参数的时标精度要求，该记录方式在某型号飞行参数记录

系统上应用，某次记录数据对帧连续和时标精度的检查结果如图 3 所示，经验证在数据记录的完整性和时标精度上完全满足系统设计要求。

序号	包流逝时间	包间隔时间	包长度	帧计数	结论
1	50	--	52 [52]	4B43	
2	70	20毫秒	52 [52]	4B44	正确
3	90	20毫秒	52 [52]	4B45	正确
4	110	20毫秒	52 [52]	4B46	正确
5	130	20毫秒	52 [52]	4B47	正确
6	150	20毫秒	52 [52]	4B48	正确
7	170	20毫秒	52 [52]	4B49	正确
8	190	20毫秒	52 [52]	4B4A	正确
9	210	20毫秒	52 [52]	4B4B	正确
10	230	20毫秒	52 [52]	4B4C	正确
11	250	20毫秒	52 [52]	4B4D	正确
12	270	20毫秒	52 [52]	4B4E	正确
13	290	20毫秒	52 [52]	4B4F	正确
14	310	20毫秒	52 [52]	4B50	正确
15	330	20毫秒	52 [52]	4B51	正确
16	350	20毫秒	52 [52]	4B52	正确
17	370	20毫秒	52 [52]	4B53	正确
18	390	20毫秒	52 [52]	4B54	正确

统计信息  
 机型:   
 机号: J0001  
 发动机编号: E0001  
 数据包名称:   
 起始时间: 2011-06-27 17:30:54.050  
 结束时间: 2011-06-27 18:07:55.470  
 记录总长: 00:37:01.420  
 2221420 (ms)  
 错误包总数: 0 (个)

图 3 时标精度检查结果

### 4 结束语

随着飞机系统越来越复杂，要求记录的参数量越来越多，对时标的精度要求越来越高，传统的飞行参数记录系统的设计方法已经不能满足目前应用的需求，笔者所采用的飞行参数系统的记录格式和时标实现方式，具有很好的扩展性，能够满足时标精度的较高要求。

### 参考文献:

- [1] 李映颖, 张德全, 朱立贵. 飞参数据的应用与发展前景[J]. 计量与测试技术, 2009, 36(1): 10-11.
- [2] 陈娅莉, 董新民. 飞行轨迹角等斜率变化的时间最优爬升轨迹[J]. 四川兵工学报, 2010, 30(4): 7.
- [3] 宋方伟, 王能, 聂诗良. IRIG106 数字记录标准研究[J]. 兵工自动化, 2009, 28(10): 59-61.
- [4] 倪世宏, 薛省卫, 陆阿坤. 飞行事故调查时多种信息源的时基同步[J]. 空军工程大学学报, 2001, 2(6): 7-10.