

doi: 10.7690/bgzdh.2016.02.003

基于 DSP 的 GPS 星历装订器的设计与实现

徐 璐, 潘念侨, 雷晓云

(南京理工大学智能弹药国防重点实验室, 南京 210094)

摘要: 针对某弹道修正弹 GPS 数据装订的需要, 设计一种基于 TI 公司 DSP 控制芯片的星历装订系统。系统通过显示模块和键盘模块实现人机通信, 通信模块实现指令和数据的发送和接收, 存储器模块用于星历的存储, 并根据弹道修正弹 GPS 接收机帧数据协议, 设计数据检测校验模块的控制程序。实弹试验结果表明: 装订器设备体积小, 通信速度快, 整个系统工作稳定, 控制方便, 能满足对弹丸 GPS 数据装订的需求。

关键词: 数据装订; 全球定位系统; 数字信号处理器; 数据协议; 星历存储

中图分类号: TJ410.6 **文献标志码:** A

Design and Implementation of GPS Ephemeris Binding Based on DSP

Xu Lu, Pan Nianqiao, Lei Xiaoyun

(National Key Laboratory of Fundamental Science on Smart Ammunition Technology,
Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: To meet the demand of binding a projectile trajectory correction GPS data, ephemeris binding systems is designed and realized by applying DSP of TI DSP MCU. The system realizes the man-machine communication via the display module and keyboard module, communication module to send and receive commands and data, the memory module uses for storing the ephemeris, and according to this trajectory correction projectile frame data protocol of GPS receiver, a control program module including detect data test is designed. Live ammunition tests showed that the binding devices are small and communicating quickly, the entire system is stable and easy to control and meet the projectile GPS data binding needs.

Keywords: data binding; GPS; DSP; data protocol; ephemeris storage

0 引言

GPS 数据装订应用于一维弹道修正弹的弹药射程位置信息确定和修正, 是弹道修正弹发展的初始阶段。国内外提出了很多 GPS 数据接收和装订的方法。文献[1]分别对常用迅速定位的装订方式进行了研究, 包括基于初始 GPS 初始星历之后的接收机和天历装订之后的 GPS 接收机。通过接收机发出的 GPS 信号启动方式分为 2 种: 1) 常用的冷启动, 就是对 GPS 接收机不提供任何帮助, 需要花费的时间通常较长, 搜索时间可超过 40 s, 有时甚至达到 1 分多钟; 2) 热启动, 将有用的卫星数据提供给 GPS 接收机, 从而能够在 20 s 内完成快速定位。

常用的信息装订方式可分为接触式装订和非接触式装订。接触式装订通过导线和物理接口将要装订的信息发送至弹丸, 该方式装订稳定可靠, 设计简单, 技术上易于实现, 但只能用于发射前装订。非接触式装订方式主要有射频装订、感应装订和光学装订。射频装订在雷达、通信设备辐射出高能电场的情况下, 系统工作会受到严重影响; 电磁感应装订利用电磁感应原理, 在弹丸发射前或发射时进

行装订, 它通过电磁场传递信号, 初级线圈和次级线圈相距很近, 其电磁场感应范围很窄, 并且接收部分在装订后立即被关掉, 不易受外界电磁干扰; 光学装订技术难度大, 还不成熟。综合考虑应用背景, 装订方式在电磁感应装订与接触装订中选择。为适应火箭弹的需要, 笔者选用接触装订实现弹丸的热启动, 并针对其特点与需求, 选用设计了基于串口 SCI 数字信号处理器与 I²C 接口技术的铁定存储器小型快速装订试验系统, 较好地解决了实际应用中 PC 机繁琐、不稳定等问题, 采用的 DSP 处理技术为装订试验系统的数据回放提供了便捷^[2]。

1 装订系统方案设计

装订系统的整体框图如图 1 所示。整个系统主要由主控模块、存储模块、液晶模块、按键模块、RS-232 通信模块和 GPS 模块等组成。主控模块通过 RS-232 总线发送指令后, 接收由接收机传输的 GPS 发送的定位信息, 经过处理后通过 I²C 总线存储到 FRAM 中, 完成星历的接收。主控模块再次发送指令给弹上接收机, 等待回应后将存储在 FRAM 的星历发送给接收机, 进行装订, 星历数据发送结

收稿日期: 2015-10-17; 修回日期: 2015-11-24

作者简介: 徐 璐(1990—), 男, 江苏人, 在读硕士, 从事机械设计及理论研究。

束后，等待成功装订的指令并完成装订。待弹丸回收之后，通过读取控制按钮读取 FRAM 中的弹丸飞行数据，经由 RS-232 总线发送给上位机。

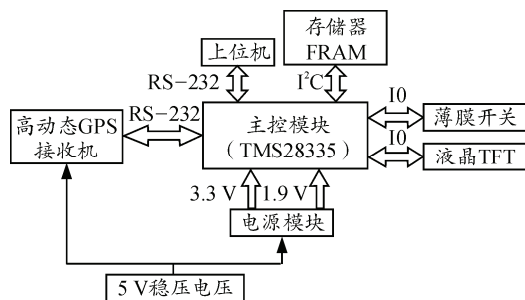


图 1 系统整体框图

2 装订系统的硬件设计

本电路是基于德州仪器的 TMS320F28335 芯片控制电路，核心控制器 TMS320F28335 与 GPS 接收机以及上位机之间采用串口 RS-232 总线传输数据。数据存储采用基于 I²C 总线的 FM24CL64 芯片。电源管理使用 TI 的 TPS767D301 芯片，该芯片双向稳压，3.3、1.9 V 的电压分别供给 GPIO 端口和芯片内核。人机通信模块运用薄膜开关和 TFT3.2 寸的液晶来实现。

对于 GPS 数据的存储，采用基于 I²C 总线的存储量为 64 K 的铁电存储器 FM24CL64 作为数据存储的载体。相较于通常的 EEPROM 与 Flash 存储芯片，Ferro Electric Random Access Memory 的优点是存储速度快、读写次数多、掉电不丢失；而且与 Flash 存储技术相比，存储的最小单位是字节，完全满足该系统的存储需求。其存储器电路图如图 2。

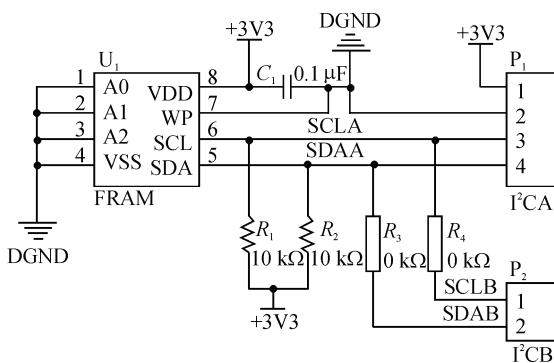


图 2 存储器电路图

铁电存储器同时拥有了 ROM 的非易失性数据存储特性，掉电不丢失，与 RAM 相比有低功耗和高速读写等优点。本系统选择的铁电存储器为 RAMTRON 公司基于 I²C 总线技术的 FM24CL64。相比于其他总线接口，I²C 总线接线简单，高速且可靠，只需要 2 根线即可完成与主控芯片的通信。

此存储器能够存储的数据最多为 64 K，传输频率最大能够达到 1 MHz，对数据的写入不需要任何延时。接收机发出的 GPS 数据每帧间隔为 100 ms，每需要存储的数据为 53 字节，算法需 154 帧数据，花费时间在 40 ms 左右。由此可见，该型号存储器非常符合系统设计的需求^[3]。

3 装订系统的软件设计

3.1 系统工作流程

星历接收系统软件工作执行流程如图 3 所示。从图中可以看出：系统软件主要包含读取/擦除控制、指令发送模块、GPS 数据接收、GPS 数据处理和数据存储等 5 个功能模块^[4-5]。在上电之后首先执行系统的初始化，然后进入读取/擦除控制模块，通过液晶显示来看是否有数据已存储，检测以后则执行发送数据或清空存储器操作。

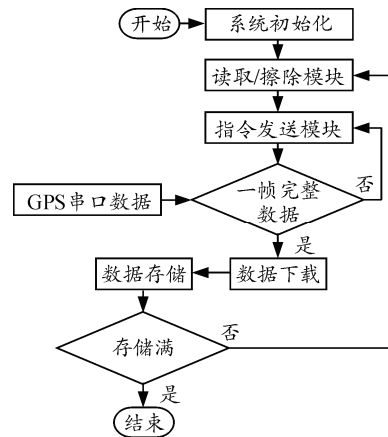


图 3 接收系统流程

DSP 在整个工作期间以串口中断方式接收来自 GPS 的数据并放入数据缓冲区。在 GPS 数据接收完成后，DSP 取出数据缓冲区中的数据，首先检测帧头，再进行循环冗余校验，如校验正确，系统通过软件编写的 I²C 总线将 GPS 数据写入 FRAM。

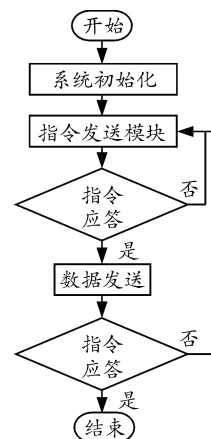


图 4 装订系统

图 4 为星历装订系统工作流程。从图 4 可以看出：系统软件主要包含指令发送模块、指令接收模块和数据发送等 3 个功能模块。在上电之后首先执行系统的初始化,通过液晶显示可看到数据已存储,通过指令的收发来确定接收机的即时状态,一步一步进行操作,最后确定系统是否完成星历的装订。

3.2 数据处理模块

使用 GPS 接收机的数据帧格式如图 5 所示。其中帧头 2 个字节 0XEB90 代表接收的数据是星历相关协议；帧长代表所有数据的长度,由 2 个字节表示；标志字是用来进一步确定星历数据。数据位是要接收的星历,而最后校验和两字节是通过把前面所有字节累加后取两字节进行比较,如果相同,说明接收的星历完整无误；否则,接收星历失败。控制器与接收机通信的指令格式如表 1 所示,这些指令都是由 5 个字节组成,指令前 2 个字节 0XEB90 代表他们的同步字,第 3 个字节 0X05 代表指令的长度,通过第 4 个字节判断指令内容,分为请求装订指令、同意装订指令、装订成功指令和装订失败指令。最后一个字节是通过前 4 个字节求和后取低字节,是判断指令对错的依据。

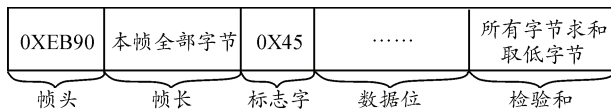


图 5 GPS 数据格式

表 1 指令格式

指令	同步字	帧长	标志字	校验和
请求装订	0XEB90	0X05	0X57(“W”)	D7
同意装订	0XEB90	0X05	0X41(“A”)	C1
装订成功	0XEB90	0X05	0X4F(“O”)	CF
装订失败	0XEB90	0X05	0X4E(“N”)	CE

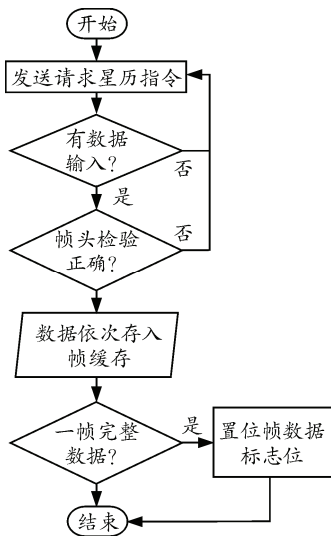


图 6 数据检测流程

GPS 帧数据检测流程如图 6 所示。首先判断数据缓冲区中是否有数据读入,如果有,则依次读取前两字节数据,判断其帧头是否正确,如果不对,则将之前读取的数据丢弃重新等待判读帧头。数据读取结束之后检测帧数据是否完整,若完整则将帧数据标志位置 1,否则为 0。当 DSP 接收到一帧完整的 GPS 数据之后的系统操作流程如图 7 所示。第 1 步对帧数据进行 CRC 校验,如果检测错误,说明该组的一些数据已经丢弃。接下来判断收星数,如果大于 4 颗,该帧数据有效;否则,该数据装订失败,不能满足定位需求^[6]。

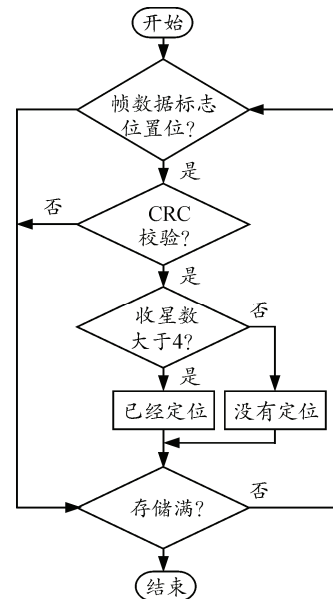


图 7 数据处理流程

3.3 数据在 FRAM 的读写模块

FRAM 存储器数据的传输协议为 I²C 总线协议。I²C 总线由 Philips 公司最早提出,全称是芯片间总线,是线与功能的二进制总线。该总线可以和多个芯片通信,每个芯片都用唯一的地址码标志,通过两根连线实现全双工数据的同步传送,其中一条是数据线,是双向端口,用来数据位的传输;另一条是串行时钟线,严格控制每位的传输顺序^[7]。

对 I²C 总线的常用实现方法有: 1) 通过软件控制,对时钟线和数据线的模拟实现,编写时值得注意是时序顺序和时间的延迟要求,很大程度上提高了软件编写的复杂度; 2) 直接通过硬件自带的 I²C 接口,只需要对内部寄存器的控制,唯一的缺点就是接口固定,不能灵活地选用。图 8 为 I²C 对 FRAM 连续写时序图。图 9 为 I²C 对 FRAM 为读时序图。每次对 I²C 总线数据传输时,每个字节数据传输后的下一位必须加上应答位,来表明数据的传输状态。

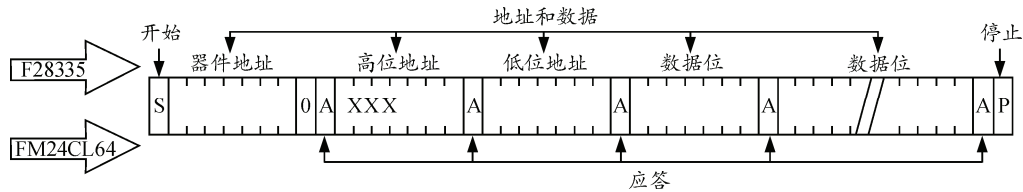


图 8 I²C 总线写时序

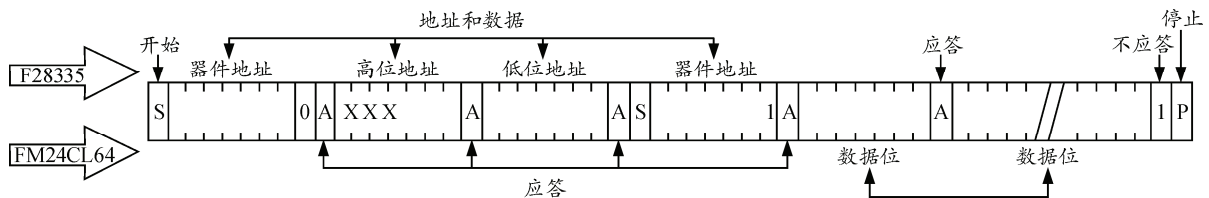


图 9 I²C 总线读时序

4 试验研究

从表 2 可以看出：根据实验的 GPS 接收机不同，得到每个接收机节省的时间也不同；因此可以得出，装订星历后 GPS 接收机，重新定位所花费的时间都少于 10 s，定位时间最少的可达 3.5 s。未装订的 GPS 接收机星历定位时间大都在 30 s 左右，需要较长的定位时间。

表 2 星历装订后和未装订的接收机定位时间对比 s

接收机编码/#	未装订时间	装订后时间	时间节省
2	35.005	9.0	26.005
4	36.101	7.5	28.601
7	26.820	7.1	19.720
8	37.119	5.8	31.319
12	28.102	5.0	23.102
14	38.100	4.4	33.700
16	40.800	5.3	35.500
20	32.176	3.5	28.676
11	24.100	4.8	19.300
21	31.000	5.0	26.000

图 10 是装订后 GPS 接收机与未装订的 GPS 接收机定位时间对比图，可看出装订后的 GPS 接收机定位时间大部分在 3~10 s，定位时间较快。未装订星历 GPS 接收机定位时间大部分都在 30 s 以上，定位时间较长，不符合发射环境在发射筒内部实际应用。

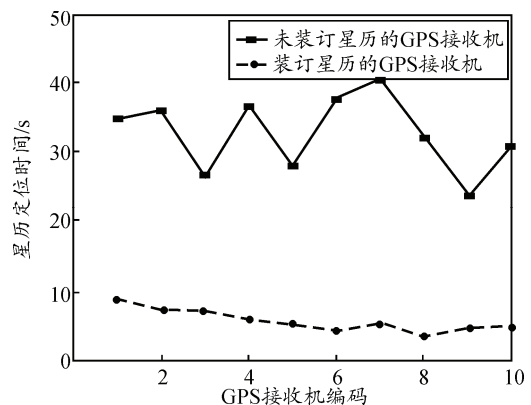


图 10 定位时间对比

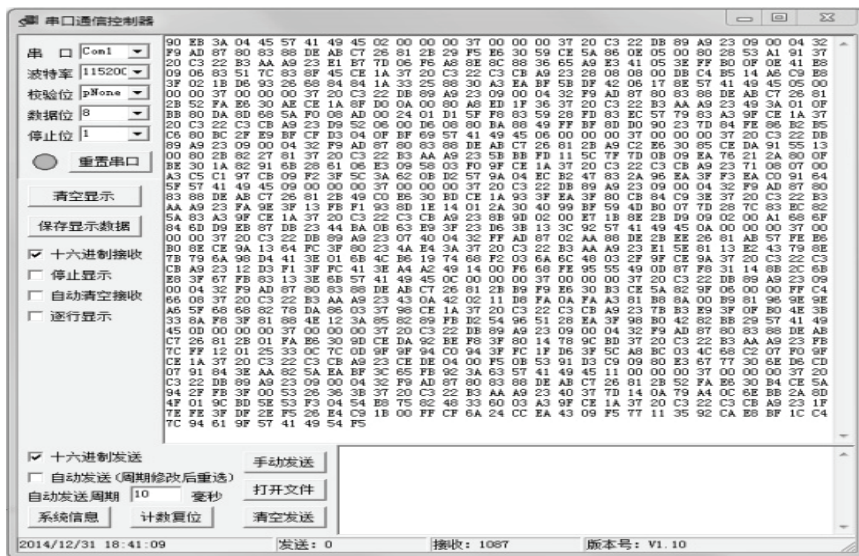


图 11 虚拟接收机测试结果

将整个系统置于空旷的户外实际测试，图 11 为装订系统通过 RS232 总线与弹丸接收机进行数据

和指令的传输，经过星历的请求和装订之后，液晶显示了给接收机装订数据和返回装订成功的结果。