

基于 C8051F206 和 FT245R USB 的混合信号生成系统^①

虞文胜¹, 温倩²

¹(海装航空技术保障部, 北京 100071)

²(南昌航空大学 信息工程学院, 南昌 330063)

摘要: 为了产生雷达天线系统测试时所需的自检信号、速度指令等信号, 设计了一种基于 C8051F206 和 FT245R 的混合信号生成系统. 该系统利用 FT245R USB 接口芯片实现与上位机通信, 并依靠 C8051F206 高可控性和 C 语言的高灵活性, 可靠地响应上位机指令并实时发送被测件所需的自检信号、速度指令等信号源. 介绍了混合信号生成系统硬件设计和软件设计的原理. 实际应用表明, 该系统能准确地生成被测件雷达天线系统所需的自检信号、速度指令信号, 并实时地反馈测试结果.

关键词: FT245R; C8051F206; 雷达天线; 混合信号

Mixed Signal Generation System Based on C8051F206 and FT245R USB

YU Wen-Sheng¹, WEN Qian²

¹(Naval Aviation Technology Security, Beijing 100071, China)

²(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: In order to generate self-check signal and speed instruction of radar antenna system test signals, design a kind of mixed signal generation system based on C8051F206 and FT245R. The system uses FT245R USB chip to realize the communication of upper machine, and rely on C8051F206 high SPC and C language to response the instructions of upper machine in a reliable way and send real-time measured parts required for the self-check instruction, speed instruction, etc. This paper introduces the principle of hardware design and software design of mixed signal systems. Practical application shows that the system can accurately generate radar antenna system self-check signal, speed signal and real-time feedback test results.

Key words: FT245R; C8051F206; radar antenna; mixed signal

随着科学技术的发展, 先进的机载雷达设备需要先进的检测装置来保证其工作的无故障率. 某型雷达是从国外进口的机载雷达, 其原来的雷达天线系统检测装置是从国外进口的, 由主机箱、VXI 机箱、CRT 显示器组成, 原来的检测装置体积庞大, 测试起来繁琐, 并且故障频出, 无法完成对雷达天线系统的检测. 针对目前国内对某型雷达天线系统检测装置的空缺, 经过实际调研, 结合当前测试技术的发展, 设计了便携式某型雷达天线系统测试平台, 改变了之前依赖国外进口的某型雷达天线检测设备的现状, 同时实现了

检测装置的便携性及智能化. 该测试平台是基于 USB 总线, 采用嵌入式处理器 S3C6410、信号生成板等硬件构成的便携式机箱结构. 本文中混合信号生成系统作为新研制的某型雷达天线系统测试平台硬件构成的一部分. 本文设计的该混合信号生成系统利用 FT245R USB 接口芯片能实现与雷达天线系统测试平台的控制中心上位机 S3C6410 之间的通讯, 利用 C8051F206 单片机及外围电路实现自检信号、速度指令等信号的模拟. 本文将对系统软硬件方案设计、各功能模块的具体实现原理以及设计过程中遇到的难题

① 收稿时间:2014-02-23;收到修改稿时间:2014-04-17

与对应的解决方案进行详细的分析.

1 总体方案的设计

该混合信号生成系统用于生成雷达天线系统测试时所需的自检信号、速度指令信号及俯仰模拟信号等, 雷达天线系统所需的自检信号包括自检地址、自检时钟及自检应答信号, 三者信号之间存在着微妙级的时序关系, 这也就需要设计一个混合信号系统来保证三者信号的时序, 并回测自检应答信号即来自雷达天线系统反馈回来的自检结果. 混合信号生成系统的总体结构框图如图 1 所示. 本系统的上位机即某型雷达天线系统测试平台的嵌入式处理器 S3C6410, 利用 FT245R USB 接口芯片实现与上位机的通讯, 单片机 C8051F206 作为混合信号系统的控制中心. 系统采用 FT245R USB 串口转并口接口芯片利用 USB 数据总线实现了混合信号系统与雷达天线测试台之间的通信, 避免了其它通信模块实现的复杂性, 本文的创新点是结合雷达天线测试平台的实际需求及当前技术的发展, 利用简洁的技术方案实现了雷达天线测试所需的自检信号等信号的模拟, 巧妙地利用 FT245R 芯片实现了 USB 快速通信模块. 这里重点介绍一下 FT245R 和 C8051F206 各自的作用及特性.

1.1 USB 通信模块

目前, 传统的接口像 RS232 串口等, 因实现其接口电路较简单、编程容易, 得到广泛的应用, 但其最大通信速度仅达到 115.2 kb/s. 普通的 USB 接口虽然通信速度快, 但接口电路复杂, 且底层驱动程序不易编写. 为了提高混合信号板与雷达天线系统测试平台的中心处理器 S3C6410 的数据通信速率, 并能避免常规 USB 接口设计的复杂性, 缩短通信模块实现的周期, 最后选择了 FTDI 公司的 FT245R USB 接口芯片. FT245R 是一种快速 USB 专用通信接口芯片, 可以实现 USB 和 FIFO 并行接口之间的数据双向转换^[1].

1.2 单片机控制模块

混合信号生成系统采用单片机 C8051F206 作为控制中心, 考虑到低成本、易开发、低功耗的等因素, 通过查阅相关资料, 最后选择 Silicon Labs 公司的 C8051F206 型号单片机作为脉冲检测板卡的主控制器. C8051F206 单片机是完全集成的混合信号系统级 MCU 芯片, 具有增强的 CIP-SI 微控制器内核, C8051F 系列单片机的开发难度较小. 而由于采用了流水线结

构, CIP-51 内核 70% 的指令能在 1 或 2 个系统时钟周期内完成, 运行速度大幅度提高. 峰值速度达到 25MIPS, 能满足脉冲检测板的需要. C8051F206 单片机高度集成了丰富的片上资源, 适合混合信号的处理, 片内集成了 8K 字节的 FLASH 存储器、256 字节的 SRAM、1024 字节的 RAM、VDD 监视器、看门狗 WDT、JTAG 调试系统、时钟振荡器等, 使其成为真正意义上的片上独立系统^[2].

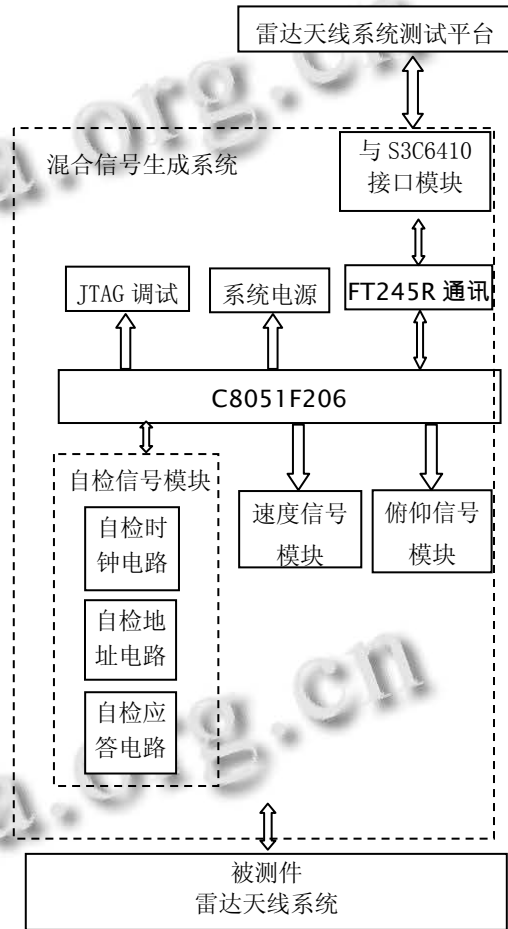


图 1 混合信号生成系统总体结构框图

2 硬件电路设计

2.1 单片机电路设计^[3]

单片机电路如图 2 所示, 电容 C20 和电解电容 C17 构成了一个滤波电路, 对单片机 3.3V 的电源电压 VCC 起到一个滤波作用以防止单片机受到大电流信号的冲击而遭到损坏. 电阻 R21、发光二极管 D3 构成一个单片机工作状态指示电路. 在设计时, C8051F0206 有一个内部振荡器和一个外部振荡器驱动电路, 每个驱动电路都能产生系统时钟, 当单片机复

位后从内部振荡器启动,且瞬间完成. 但内部振荡器产生的时基信号存在 20%的误差,为了给系统提供精确的时基信号,C8051F206的系统外部振荡器采取片外晶振的方式,电容 C21、C22、晶振 P1 构成了外部振荡器驱动电路,引脚 XTAL1 和 XTAL2 接外部 24M 的振

荡器电路作为单片机工作的系统时钟. JTAG 模块作为对单片机调试的接口,可以通过 JTAG 接口对单片机进行非侵入式、全速和在系统调试. JTAG 接口使用 MCU 上的 4 个专用引脚: TCK、TMS、TDI 和 TDO. 这一模块将在软件调试及对脉冲检测板进行调试时使用到.

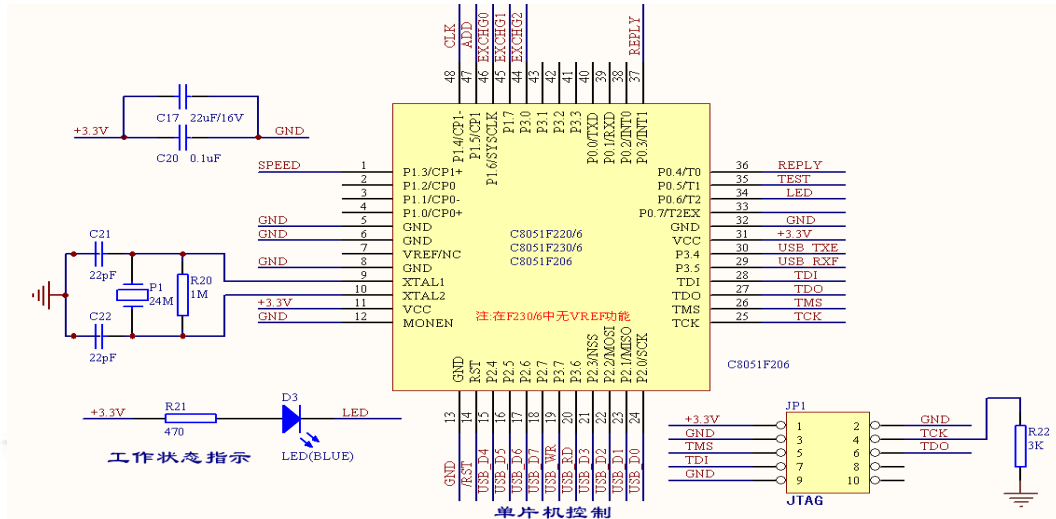


图 2 单片机控制电路

2.2 USB 接口电路^[4,5]

FT245R 芯片就是作为脉冲检测板的控制中心 C8051F206 与雷达天线系统测试与控制平台的通信媒介,实现并口数据与串口数据之间的转化,将上位机 S3C6410 的指令与数据转化为并口数据,传输给单片机 C8051F206 的 P2.0—P2.7 数据端,然后将单片机 C8051F206 的并口数据转化为串口数据,传输给上位机 S3C6410. USB 接口电路如图 3 所示,IMP811T 芯片

与电容电阻及发光二极管,构成了 USB 接口的一个复位电路,低电平进行复位.

2.3 自检电路设计

混合信号生成系统的其它电路模块还包括自检信号电路、俯仰信号电路、速度信号电路,在这里重点介绍下自检信号电路的设计. 如图 4 所示,自检时钟、地址电路中的 CLK、ADD 端分别和单片机 C8051F206 的输出端 P1.4、P1.5 引脚相连,自检应答信号 REPLAY 接 P0.3 端作为外部 INTI 中断的控制信号. 在后软件设计时会介绍到由软件控制单片机 P1.4、P1.5 引脚高低电平的输出频率,进而形成自检时钟、自检地址脉冲.

自检时钟、地址电路中的 74LV14 是一个反相器,当 CLK 电平为低电平 0 时,经过取反电路即 TLP701 光耦的 D-输入端为高电平,此时光耦 TLP107 不导通,输出为低电平. 当 CLK 电平为高电平 1 时,光耦导通,输出为-15V,自检地址信号 ADD 的电路和自检时钟 CLK 电路的原理相似. 自检应答电路中的 REPLY_IN 信号是从电子控制放大器自检监视版反馈回来的自检应答信号,经过分压电路形成单片机引脚端口 I/O 容许 5V 的输入信号电压,当有自检脉冲反馈时, REPLY 信号作为 P0.3 端的输入为高电平,否则为低电平.

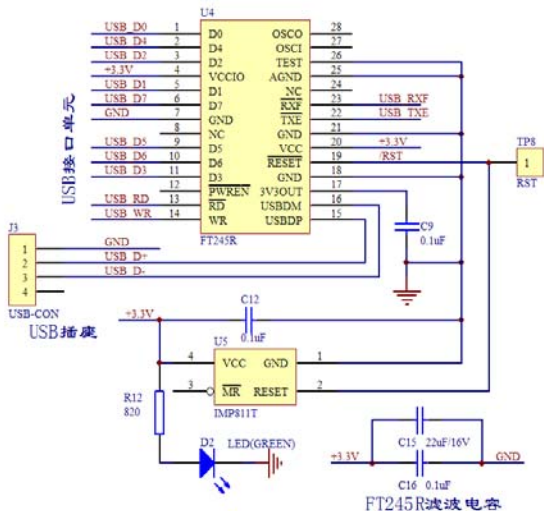


图 3 USB 接口硬件电路

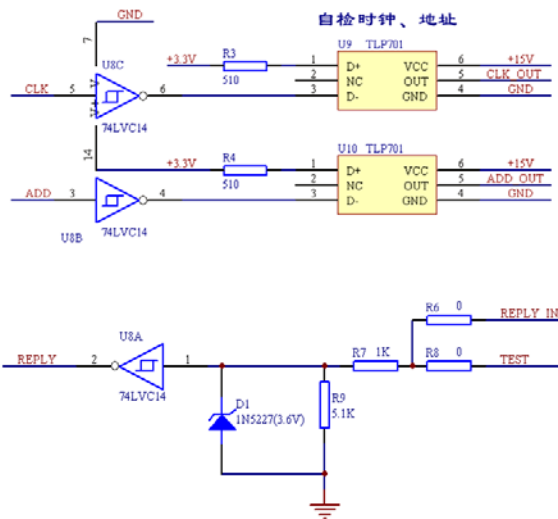


图 4 自检信号电路

3 软件设计

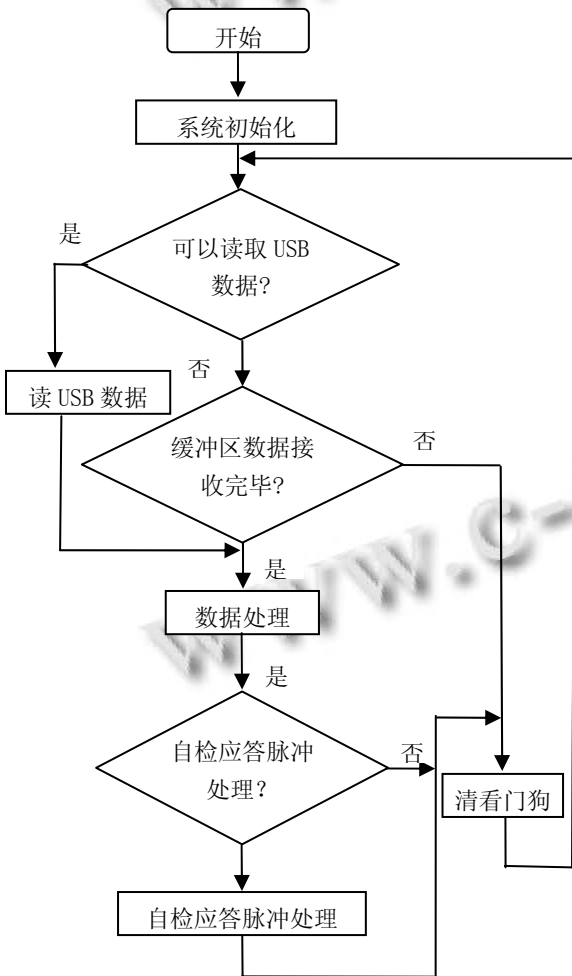


图 5 主函数流程图

混合信号生成系统的软件设计是基于 Silicon Laboratories ID E+Keil uV i2s ion3 开发环境. 混合信号生成系统软件的主函数流程如图 5 所示.

由 C 语言的特性可知, 脉冲检测板软件的整个运行流程由主函数 main 函数来控制, 整个软件的设计是基于模块化, 针对要实现的不同的功能编写相应的函数模块. 系统软件的设计思想是: 采用 C 语言模块化编程, 结合硬件结构, 按功能进行模块化. 各模块相对独立, 便于调试、调用, 同时, 充分利用所选芯片的特点, 进行程序的编写, 从而满足系统低功耗的要求^[6].

3.1 系统初始化

系统的初始化由设备初始化函数 Device_Init()来实现, 在软件的设计过程时便于函数管理, 将 Device_Init()初始化函数作为初始化模块. Device_Init()函数包括振荡器初始化 Oscillator_Init()、端口初始化 Port_IO_Init()、定时器初始化 Timer_Init()、中断初始化 Interrupts_Init()、变量初始化 Val_Init() 函数. Oscillator_Init()函数用于选择系统时钟, 在前面硬件电路设计时提到为了保证脉冲检测板系统时钟的准确性、精度性, 我们采取外部 24M 晶振时钟作为系统时钟. 需要注意的是由 C8051F206 单片机中文手册中知道当外部晶体振荡器运行并稳定后, 晶体振荡器有效标志(寄存器 OSCXCN 中的 XTLVLD)被硬件置'1'. XTLVLD 检测电路需要在使能振荡器和检测 XTLVLD 位之间至少有 1 ms 的建立时间. 所以 Oscillator_Init()函数函数实现的功能是等待 1ms 切换到外部振荡器, 在外部振荡器稳定之前就切换到外部振荡器可能导致不可预见的后果.

3.2 中断模块

根据脉冲检测板要生成的自检信号、速度信号、俯仰信号的特点, 其软件中断模块主要包括定时器 0、定时器 1、定时器 2 及外部中断 INT1. 这些中断主要用来实现自检信号、速度信号的模拟. 定时器 0、定时器 1、外部中断 INT1 用来自检时钟、自检地址、自检应答的时序控制. 定时器 2 用于速度脉冲信号频率的控制. 在这里就重点介绍下自检信号的实现原理, 这也是软件设计过程中的难点.

混合信号系统所模拟的自检时钟脉冲的频率为 0.2ms, 8 个脉冲为一组, 自检地址是 8 个串行字, 每一字对应一个周期的自检时钟, 前四个串行字是 0101 固定不变, 后四个根据自检的内容而变, 12 组自检地址

分别是 01010000 依次到 01011100。当雷达天线系统接收雷达天线系统测试平台发送的自检时钟、自检地址信号时,会对进行相应的自检,混合信号系统并将接收的自检结果反馈给上位机,正常则有脉冲,不正常则无脉冲,逻辑 0 自检除外。

由自检信号的特点,采取用定时器 0、定时器 1、外部中断来实现自检时钟、自检地址信号的生成并接收相应的自检应答信号。自检时钟的脉冲周期为 0.2ms,一个脉冲包括一高一低电平即高低电平持续时间为 0.1ms,那么 T0 的工作时间要为 0.1ms,定时器 T0 为 16 位计数器模式,若计数值超过 0xFFFF 则会溢出,则会进入定时器 T0 中断。根据 T0 定时器的时钟频率为 24M,可设定定时器 T0 的初值为 0XF69F,来实现自检时钟、自检地址信号的生成。

由前面单片机控制电路中可以看到 P0.3 端口 INT1 接来自反馈回来的自检应答信号,外部中断 1 是由自检应答信号触发的,即有反馈的自检应答脉冲高电平时跳转执行。定时器 1 的工作时间为 24ms,它主要是对反馈自检应答信号的超时处理,如果过 24ms 还未有接收到自检应答脉冲,则就默认无自检应答脉冲即自检未通过。定时器 0 的部分程序代码如下,从中可以看到自检时钟、自检地址实现的原理,当 j=17 时,此时将自检应答标志 reply_flag 置 1 表示自检地址、自检时钟已经发送,开启定时器 1 和外部中断是对接收自检应答信号进行响应。由于文章篇幅有限,在这里只说明一下定时器 0 程序实现原理,定时器 0 部分代码如下

```
void Timer0_ISR (void) interrupt 1
{
    .....
    if(k == 1)
    {
        CLK = ~CLK;
    }
    if(j%2 == 1) //奇数跳变
    {
        t = bite_val & 0x01; //保留自检变量最后一位
        if(t == 1)
        {
            ADD = 0;
        }
    }
}
```

```
else if(t == 0) //保证先后高低电平
{
    ADD = 1;
}
bite_val = bite_val >> 1; //自检变量
k = 1;
}
if(j == 17) //8 个脉冲之后高电平
{
    j = 1;
    k = 0;
    CLK = 1; //时钟高电平
    ADD = 1; //地址高电平
    TR0 = 0; //禁止定时器 0
    TR1 = 1; //开启定时器 1
    reply flag= 1; //应答标志为 1
    IE |= 0x04; //允许外部中断 1
}
j++;
EA = 1; //开放所有中断
}
```

3.3 数据通信模块

脉冲检测板软件的数据通信模块包括读 USB 数据 Read_USB()、写 USB 数据 Write_USB()函数。读 USB 数据 Read_USB()是通过 FT245R USB 接口芯片将缓冲区中的指令数据传输到单片机 C8051F206,写 USB 数据 Write_USB()是将单片机端口反馈的命令数据写到 FT245R USB 的缓冲区中。由前面 FT245R USB 接口芯片电路可知 FT245R 芯片的接收缓冲区非空标志 RXF、发送缓冲区空标志 TXF 端、读写控制 RD#、WR 与单片机 C8051F206 的 P3.4、P3.5、P3.6、P3.7 端相连,作为读写 USB 数据的控制信号。读写操作函数原理主要是根据 FT245R 的读写时序^[7]。

写 USB 数据 Write_USB()函数的程序代码如下

```
void Write_USB(unsigned char val)
{
    PRT2CF = 0xFF;
    P2 = val; //将值赋给 P2 端口
    WR = 1; //可以写
    _nop(); //延迟
    _nop();
}
```

```
_nop_();
_nop_();
WR = 0;          //不可写
P2 = 0xFF;      //P2 端口置 1
PRT2CF = 0x00; //P2 端口漏极开路
}
```

3.4 命令处理模块

混合信号系统软件中的数据处理模块是根据 USB 读取的数据判断该指令是什么指令, 根据相应的指令进入相应的处理模块. 这一功能主要由命令处理函数 Data_Dispose()来完成. 在前面主函数的流程图中, 看到其中调用主要是命令处理函数 Data_Dispose(), 其在根据读取的 USB 数据来判断是什么指令就进入相应的指令响应模块.

4 结语

本文设计的混合信号生成系统在其功能分析的基础上, 按照模块化设计, 采用 USB 专用接口芯片 FT245R 实现了系统与上位机雷达天线系统测试平台之间可靠地通信; 采用 C8051F206 单片机结合外围电路实现雷达天线系统测试时所需信号的模拟. 在实际

研制的某型雷达天线系统测试平台中, 实际试验和应用表明该混合信号生成系统能可靠的实现某型雷达天线系统测试时所需的自检信号、速度信号等信号源的生成.

参考文献

- 1 陈海洲,叶勇,沈三民.一种测量系统等效器的设计.计算机测量与控制,2012,20(5):1414-1416.
- 2 王琼,周国平,封维忠,司飞飞.基于 FT245BM 芯片和单片机串口通信的研究.山西电子技术,2012,6:87-88.
- 3 李华.MCS-51 系列单片机实用接口技术.北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- 4 王成儒,李英伟.USB2.0 原理与工程开发.北京:国防工业出版社,2004.
- 5 王留全,焦海恋,安都勋.基于 FT245RL 的 USB 接口设计.国外电子元件,2008.10-11.
- 6 马忠梅,刘滨,戚军等.单片机 C 语言 Windows 环境编程宝典.北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- 7 王代华,宋林丽等.现代电子技术.存储测试系统的 USB 接口设计,2012,35(11):134-135.