

基于 SD 卡的 7816 接口芯片成测系统设计

白志华

(北京南瑞智芯微电子科技有限公司, 北京 100192)

摘 要: 成测系统是芯片封测厂进行自动化测试的重要设备, 该系统对电表安全芯片进行功能测试, 并根据测试结果控制分选机对芯片进行分选。本文针对 7816 接口电表安全芯片在不使用第三方读卡器和 PC 机的情况下, 利用 SD 卡与系统之间通信完成所需功能, 实现自动化测试。

关键词: SD 卡; 7816 接口; 成测系统

0 引言

芯片在生产过程中, 封测厂需要使用分选机对芯片功能进行全面的测试, 将功能不正常的芯片分选出来。为了实现分选机的自动化测试, 需要开发相应的成测系统控制分选机对芯片进行正确的分选。

对于 7816 接口的电表安全芯片, 一般成测系统的开发需要使用第三方读卡器和 PC 机。通过第三方读卡器向 7816 接口芯片发送 APDU(应用协议数据单元) 命令, 根据测试结果对芯片进行分选, 测试结果保存在 PC 机中。这样的设计容易造成通信中的误码, 并且在操作上比较复杂, 不利于大规模的生产。

本文中针对 7816 接口电表安全芯片设计的成测系统, 内部集成 7816 读卡器功能, 不使用 PC 机, 测试脚本和测试结果均保存在 SD 卡中, 这样最大限度的减少了通信中的误码率及 PC 资源, 工人操作非常简单。

1 成测系统设计

成测系统设计分为硬件设计和软件设计两部分。

1.1 硬件设计

成测系统的硬件设计结构示意见图 1。

成测系统使用 ST 公司 SMT32F103 芯片作为主控芯片, SMT32F103 芯片通过 SPI 接口与 SD 卡进行通信。对 SMT32F103 芯片寄存器进行配置后, 芯片中一个 UART 通讯口被配置成 7816 接口, SMT32F103 芯片与分选机的通信通过 GPIO 口模

拟。成测系统由外部 220V 供电, 220V 经过电源模块转换成成测系统需要的 5V 和 3.3V 电源。

成测系统上电后, SMT32F103 芯片主动读取 SD 卡中测试脚本。测试脚本读取成功, 接收到分选机测试开始信号后, SMT32F103 芯片通过 7816 接口向待测芯片发送命令。根据芯片返回的测试结果, SMT32F103 芯片向分选机发送不同的分选信号, 同时将功能不正常芯片的测试结果存放到 SD 卡中。分选机接收到不同分选信号后, 自动将芯片分选到不同的管道中。

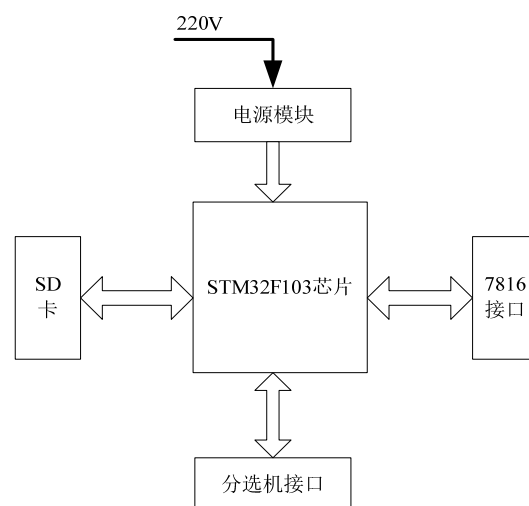


图 1 硬件设计框图

1.2 软件设计

成测系统软件设计框图见图 2。

在软件设计中主要分为四个模块, 分别为硬件初始化模块, SD 卡通信模块, 7816 通信模块和分选机通信模块。

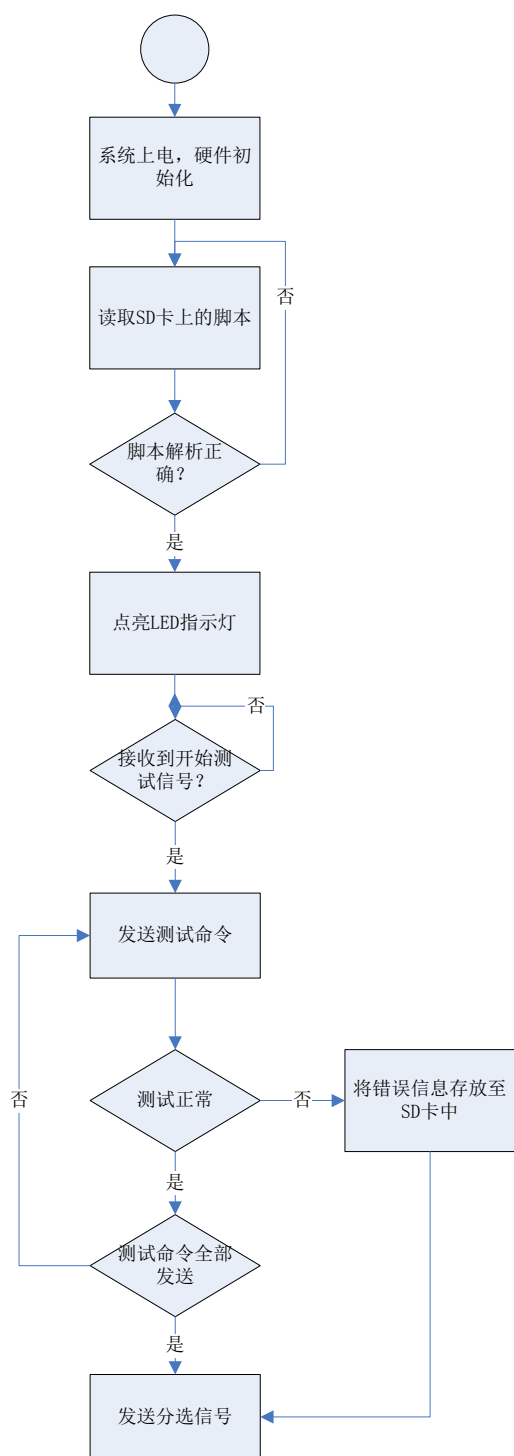


图 2 软件流程图

1.2.1 硬件初始化模块

硬件初始化模块主要是对主控芯片 STM32F103 的系统时钟，中断属性，GPIO 口等性能进行配置。选用的 STM32F103 芯片中提供了基于该系列芯片的驱动层代码和库，可直接调用这些驱动层接口来完成硬件的初始化。

1.2.2 SD 卡通信模块

SD 卡通信支持两种通信方式，SD 卡模式和 SPI 模式。SD 卡模式允许 4 线的高速数据传输，SPI 模式允许简单的通过 SPI 接口和 SD 卡进行通信，这种通信方式与 SD 卡模式相比，通信速度会有所降低。本次设计中由于要求的 SD 卡读写速度不高，SD 卡通信采用 SPI 模式。

在设计中采用开源文件系统 FatFS 来对 SD 卡进行读写操作。FatFS 是一个为小型嵌入式系统设计的通用 FAT (File Allocation Table) 文件系统模块。FatFS 的编写遵循 ANSI C，并且完全与磁盘 I/O 分开。因此，它独立于硬件架构，可以很方便的嵌入到本次设计采用的 STM32F103 芯片中。

根据功能划分，SD 卡通信模块主要分为三部分

- SPI 驱动接口
- SD 协议层接口
- Fat 文件系统接口

成测系统上电初始化之后，便开始通过 FatFS 文件系统 f_open 函数读取 SD 卡中脚本内容，若读取失败，LED 指示灯不亮，继续读取 SD 的内容。若读取正确，则 LED 指示灯亮起。为了减少对 SD 卡的操作，仅上电后对脚本进行读取，读取的脚本将存放到 STM32F103 芯片 XRAM 中。

1.2.3 7816 通信模块

在 7816 通信模块中，通过对 STM32F103 芯片中 USART_CR3 寄存器的 SCEN 位进行选择，将 UART 通信口配置成 7816 接口。为了提高成测系统的通信效率，通过对 UART 波特率设置，将 7816 通信时钟设置为 5.4M，其中在 ISO 通信协议中，7816 通信最高时钟频率为 5.5M。

在软件调试过程中发现，即使 7816 通信时钟频率设置为 5.4M 后，向芯片发送 APDU 过程中仍会消耗较长的时间。对 STM32F103 芯片分析后发现，STM32F103 芯片在发送数据过程中受芯片中编程保护寄存器 (USART_GTPR) 控制，即 STM32F103 芯片接收/发送完一帧数据后，需要一定时间的延时后才能进行下一帧数据的接收/发送，通过修改编程保护寄存器 (USART_GTPR) 默认值，可以减少 APDU 命令的发送/接收延时时间。

1.2.4 分选机通信模块

分选机通信信号见图 3。

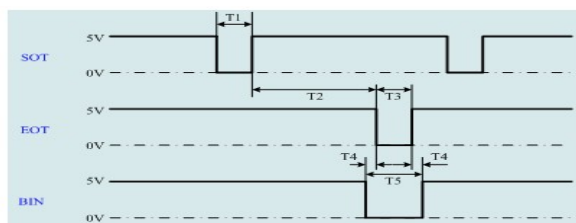


图3 分选机信号时序图

在图3中SOT信号是分选机发送过来的开始测试信号（SOT），为10ms(T1)的低电平。为了减少信号中毛刺的干扰，SOT信号的采集利用STM32F103芯片GPIO口下降沿触发的方式，在GPIO口中断触发后延时2ms进行采样，采样时间为3ms，如果在采样过程中有毛刺，将重新进行采样。

T1为SOT信号的脉冲宽度，该参数由分选机设定，默认值为10ms±1ms；

T2为分选机等待EOT的时间，该参数由分选机设定，范围根据测试时间而定。

T3为EOT信号的脉冲宽度，该参数由成测系统设定；对于安全芯片使用的分选机，此参数可设置为50ms±1ms；

T4为EOT信号和BIN信号的相对时间间隔，该参数由成测系统设定；对于安全芯片使用的分选机，此参数可设置为20ms±1ms；

T5为BIN信号的脉冲宽度，该参数由T3、T4共同决定；

成测系统需要同时发送EOT/BIN信号，两个信

号的相对时序关系由T4决定。

成测系统在接收到SOT信号后，将通过7816接口向待测芯片发送APDU命令，根据测试结果向分选机发送分选信号，即图3中EOT和BIN信号。EOT和BIN信号使用STM32F103芯片GPIO口进行模拟。

2 实验结果分析

经实验证明，成测系统能正确读取SD卡中脚本，可以接收分选机测试信号，实现对芯片APUD命令的传输，并且将测试失败的芯片结果保存在SD卡中。

该成测系统已经交付给封测厂使用，在大于小时的测试中，测试芯片达到十万多片，成测系统未出现异常，误码率小于万分之二，大大小于使用第三方读卡器的千分之三的误码率。并且该成测系统不采用PC机方式，方便了工人的操作。

参考文献：

- [1] ISO7816-3 part3 cards with contracts – Electrical interface and transmission protocols[S]. 2006.
- [2] 喻金钱,喻斌. STM32F系列ARM cortex-M3核微控制器开发和应用[M].北京:清华大学出版社,2011.

作者简介：

白志华（1981—），男，河北唐山人，中级工程师，从事电表安全芯片验证及设备开发工作。