

基于 **MSP430FR5738** 的打印机墨盒方案

TERRY DENG/ EP FAE

摘要

这篇文档描述如何设计一个满足 HP 打印机墨盒信号要求的系统。该系统基于 MSP430FR5738 处理器设计，能够满足 HP 打印机 300uA 供电电流下持续工作的低功耗要求，同时能够对 HP 打印机 400ns 脉冲信号的快速响应要求。

这篇文档包括方案的性能介绍，并分析其硬件设计，以及核心算法。

Contents

| | | |
|----------|--------------------|-----------|
| 1 | 简介..... | 4 |
| 2 | 系统规格..... | 5 |
| 3 | 芯片规格..... | 6 |
| 4 | 关键技术说明..... | 7 |
| | 4.1 单相通讯..... | 7 |
| | 4.2 低功耗运行..... | 9 |
| 5 | 测试结果..... | 10 |
| | 5.1 测试波形..... | 10 |
| | 5.2 测试功耗..... | 10 |
| 6 | 参考文献..... | 10 |

Figures

| | | |
|------------------|----------------------|----|
| Figure 1. | 打印机墨盒芯片 | 4 |
| Figure 2. | FR5738 芯片框图..... | 6 |
| Figure 3. | 单线通讯 | 7 |
| Figure 4. | FR5738 信号线连接框图 | 8 |
| Figure 5. | FR5738 电流消耗曲线..... | 9 |
| Figure 6. | 硬件中断和汇编代码例程 | 9 |
| Figure 7. | 测试波形 | 10 |
| Figure 8. | 测试功耗 | 10 |

1 简介

墨盒上的芯片主要有两个功能。

一，防伪，防止第三方厂家的墨盒抢占原厂耗材的生意。不过在利益的驱使下，第三方厂家早就破解了芯片防伪技术。

二，计数，原厂墨盒并不是打印完了墨水才报墨量少，而是通过芯片逻辑计数到一定数量就提示用户更换，同样早就被第三方破解。。

这两个功能都是通过墨盒芯片与打印机的特定通讯技术来实现：

一，防伪，打印机向墨盒芯片发出特定的通讯命令，墨盒芯片需要完成通讯回应，必须只有满足通讯的规定时序要求，墨盒芯片才能通过防伪测试，打印机才运行使用这个墨盒。

二，计数，墨盒芯片会自动记录使用的次数和时间，当达到预先设定的条件，就会停止工作并通知打印机更换墨盒，这个通讯过程同样需要满足特定的时序要求。

其次，墨盒芯片的供电也是通过打印机的通讯线提供。因为打印机供电电流限制在很小的范围内，这就要求墨盒芯片必须能在很低功耗的情况下稳定通讯，才可以被打印机识别和使用。

本文描述如何基于 MSP430 芯片，实现能满足打印机的特定时序和功耗要求的通讯方案，这是开发墨盒产品的最关键技术。

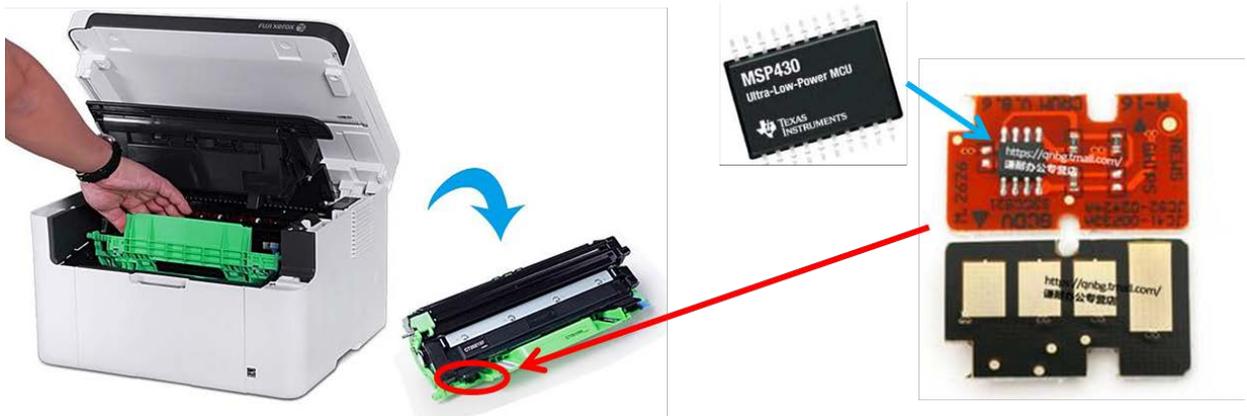


Figure 1. 打印机墨盒芯片

2 系统规格

本文描述了一种使用 MSP430FR5738 代替墨盒芯片的方案，其产品主要功能和性能实现如下：

- 单线通讯方式
- 3 PIN 接口 – VCC, GND, DATA
- 模块体积
- 300uA 以内的供电电流
- 400ns 以内的响应速度
- SHA256 加密功能
- 工作温度范围-40°C to +85°C

3 芯片规格

TI 公司最新一代 MSP430FR5738 MCU 采用了 FRAM 作为存储器:

- 16-Bit RISC 架构
- 支持最高 24MHz 的运算速度
- 1.8-3.6V 宽工作电压范围
- 可配置内部 DCO, 无需外接振荡器
- 最大 16KB FRAM 存储器
- eUSCI_A0, eUSCI_A1: 支持 UART, SPI 接口(最高 10Mbps)
- 14 个通道 ADC, 支持 10bit 采样精度
- 16 个通道内部 COMP 比较器模块
- 32bit 硬件乘法器

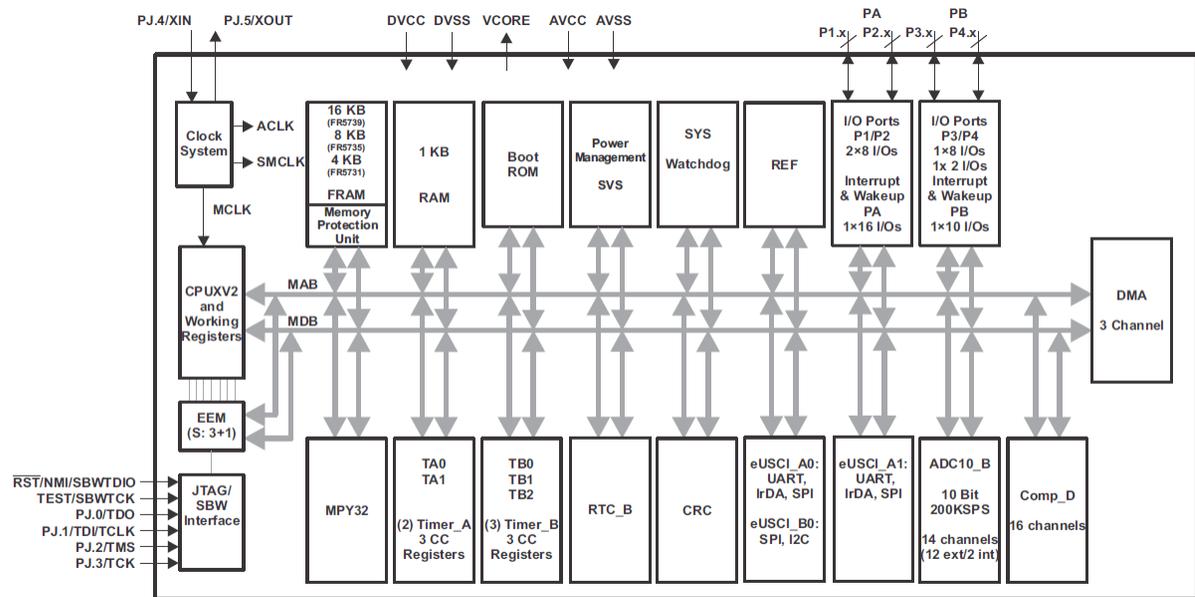


Figure 2. FR5738 芯片框图

4 通讯关键技术说明

4.1 单相通讯

HOST（打印机）和 MCU（墨盒芯片）之间通过单个信号线进行数据通讯。

平时没有数据的时候，通讯线一直保持高电平。

每 bit 通讯都是 16us 为周期，由 HOST 主动把通讯线拉低表示开始。HOST 发出 400ns 低脉冲，然后把信号线释放到高电平，并持续监控信号线直到此周期 16us 结束。

如果 MCU 需要回复 bit 0 数据，则 MCU 对信号线不进行任何操作，直到此周期 16us 结束。

如果 MCU 需要回复 bit 1 数据，则 MCU 在 HOST 的 400ns 低脉冲之后持续把信号线拉低 8us，然后把信号线释放到高电平，直到此周期 16us 结束。

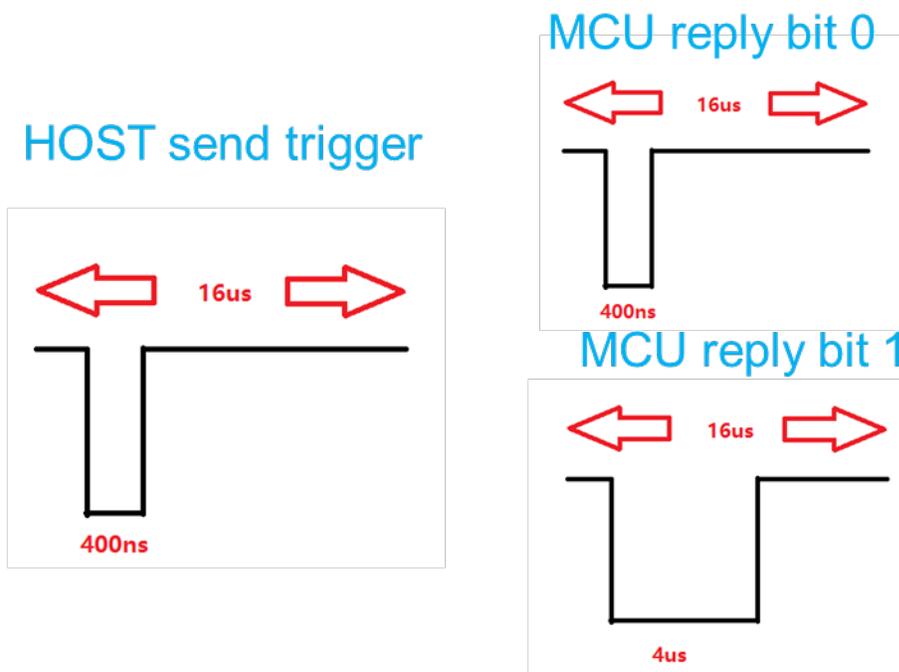


Figure 3. 单线通讯

我们结合 MSP430FR5738 的内部比较器和 CPU，操作信号线实现通讯过程。通讯信号线与比较器的输出复用同一引脚，并且与比较器的正端输入连接。比较器的负端输入 REF 参考电平。

在没有数据通讯的时候，信号线一直是高电平，比较器的正端输入也为高电平，大于负端 REF 参考，则比较器的输出持续保持高电平，也就是信号线一直保持高电平。

如果 MCU 需要回复 bit 0 数据，CPU 就提前断开信号线引脚与比较器的输出，并且 CPU 完全控制信号线。这样 HOST 就会完全接手信号线，HOST 会发出 400ns 低脉冲，然后释放信号线到高电平，直到 16us 周期结束。

如果 MCU 需要回复 bit 1 数据，CPU 连接信号线引脚与比较器输出。一旦 HOST 发出 400ns 低脉冲，比较器的正端输入就变成低电平，因为小于负端 REF 参考，比较器的输出就会马上变成低电平，也就是把信号线变成低电平并且一直维持。直到 8us 之后，CPU 断开信号线引脚与比较器的输出，这样就释放信号线恢复到高电平，直到 16us 周期结束。

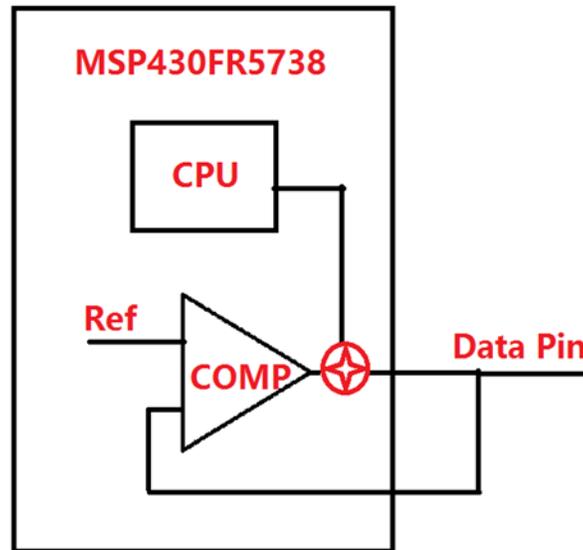


Figure 4. FR5738 信号线连接框图

4.2 低功耗运行

墨盒芯片由 HOST 打印机提供 3.3V 电源，而 HOST 的供电接口只提供 300uA 的电流能力，所以 MCU 的电流消耗必须限制在 300uA 左右。

根据下图的 FR5738 电流消耗曲线，我们最高可以把芯片主频设置在 3Mhz 运行。

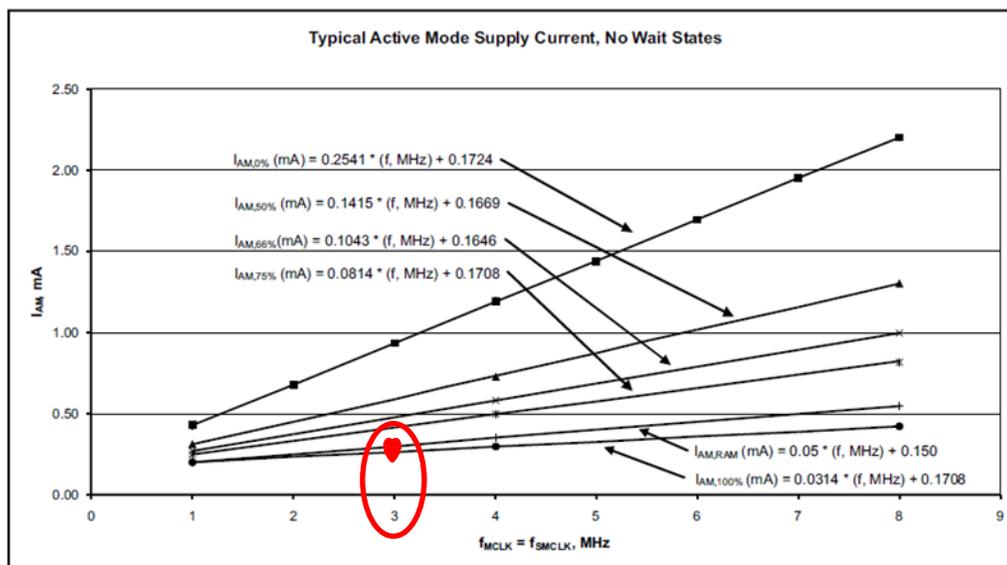


Figure 5. FR5738 电流消耗曲线

当 FR5738 运行在 3Mhz 主频的时候，单个时钟周期就是 333ns。而 CPU 需要在 8us 内操作通讯信号线，实现与内部比较器的连接或断开，也就要在 8us / 333ns \approx 24 个时钟周期内完成操作。

触发 CPU 硬件中断会固定占用 6 个时钟周期，清除中断标志的汇编代码占用 4 个时钟周期，操作通讯引脚断开比较器输出的汇编代码占用 4 个时钟周期。所以总共占用 14 个时钟周期，可以满足 8us 内操作通讯信号线的要求。

```

;_main
RESET      mov.w   #_STACK_END,SP      ; Initialize stackpointer
StopWDT    mov.w   #WDTPW+WDTHOLD,&WDTCTL ; Stop WDT
           bic.b   #BIT0,&P1DIR        ; Set P1.0 to output direction
           bic.b   #BIT0,&P1OUT
           bic.b   #BIT4,&P1OUT
           bic.b   #BIT4,&P1IES        ; P1.4 Lo/Hi edge
           mov.b   #BIT4,&P1IE        ; P1.4 interrupt enabled
           clr.b   &P1IFG            ; P1.4 IFG cleared
Mainloop   nop
           bis.w   #LPM4+GIE,SR      ; Enter LPM4 w/ interrupt
           nop                          ; for debug
           xor.b   #BIT0,&P1OUT        ; P1.0 = toggle
           jmp     Mainloop
           nop                          ; for debug

;-----
P1_ISR ;   Port 1 Interrupt
;-----
           xor.b   #BIT4,&P1IES
           bic.b   #BIT4,&P1IFG        ; Clear P1.4 IFG
           bic.w   #LPM4,0(SP)
           reti
    
```

Figure 6. 硬件中断和汇编代码例程

5 测试结果

5.1 测试波形

黄色是通讯信号的波形，相邻 2 个下降沿之间的周期都是 16 μ s。其中很短的低脉冲是 400ns，代表数据 bit 0。宽的低脉冲是 8 μ s，代表数据 bit 1。可以快速准确响应打印机的通讯。

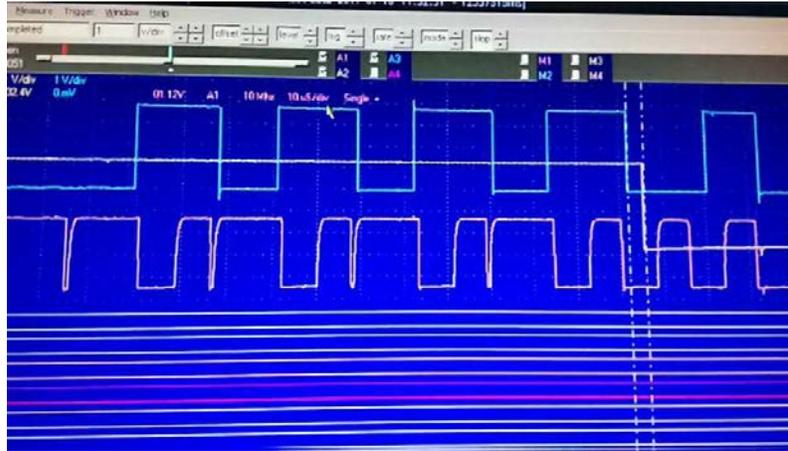


Figure 7. 测试波形

5.2 测试功耗

使用高精度电源给芯片供电 2.1V，测量工作电流 220 μ A，满足打印机 300 μ A 的供电能力。



Figure 8. 测试功耗

6 参考文献

1. MSP430FR5738 Datasheet (SLAS639J)
2. C Implementation of Cryptographic Algorithms (SLAA547A)

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能而设计。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司