
串行外设接口—SPI模式

朱雪秦

实验与创新实践教育中心

◆ SPI总线协议

- 总线结构
- 工作模式
- 数据传输时序

◆ MSP430 SPI模块

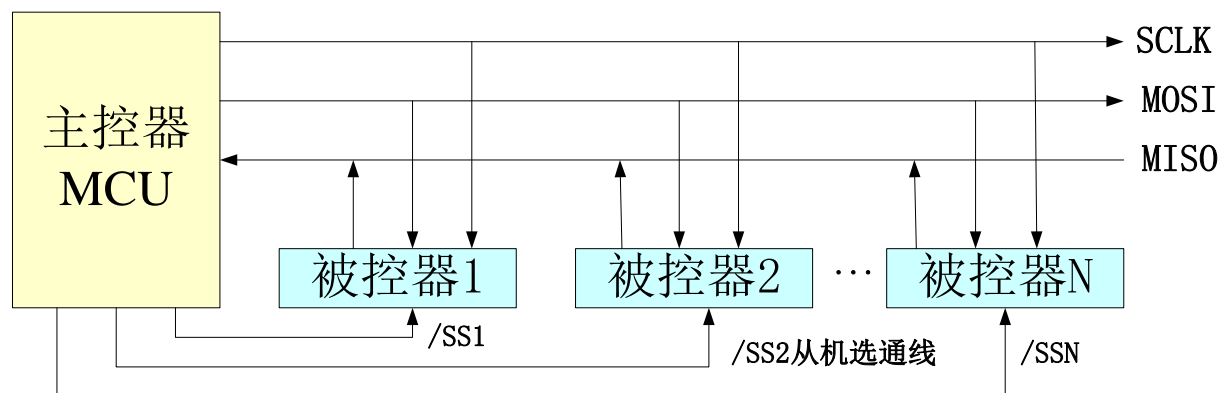
- 模块的特性
- 主从机模式
- SPI模块寄存器

- ◆ SPI接口是Motorola首先提出的全双工三/四线同步串行外围接口，采用主从模式架构，支持多从设备应用，一般只支持单主设备。
- ◆ 利用3~4条线完成两个芯片之间的双工高速通信。两条数据线用于收发数据，一条时钟线用于同步，一条作为从机选择。
- ◆ 时钟由主设备控制，当主机发送一字节数据（通过主出从入MOSI引脚）的同时，从机返回一字节数据（通过主入从出MISO引脚）。
- ◆ 总线上允许连接多个设备，在同一时刻只允许一个主机操作总线，并且同时只能与一个从机通信。主机控制数据的传输过程。
- ◆ 目前应用中的数据传输速率可达Mbps级（每秒传输的位数，波特率）。

SPI总线可在软件的控制下构成各种简单的或复杂的系统:

- **1个主MCU和几个从MCU**
- **几个从MCU相互连接构成多主机系统(分布式系统)**
- **1个主MCU和1个或几个从I/O设备 <常用>**

SPI典型结构如下:



◆ 主机模式:

当器件作为主机时, 使用一个IO引脚拉低相应从机的选择引脚(**STE**), 传输的起始由**主机发送数据来启动**, 时钟(**SCLK**)信号由主机产生。通过**MOSI**发送数据, 同时通过**MISO**引脚接收从机发出的数据

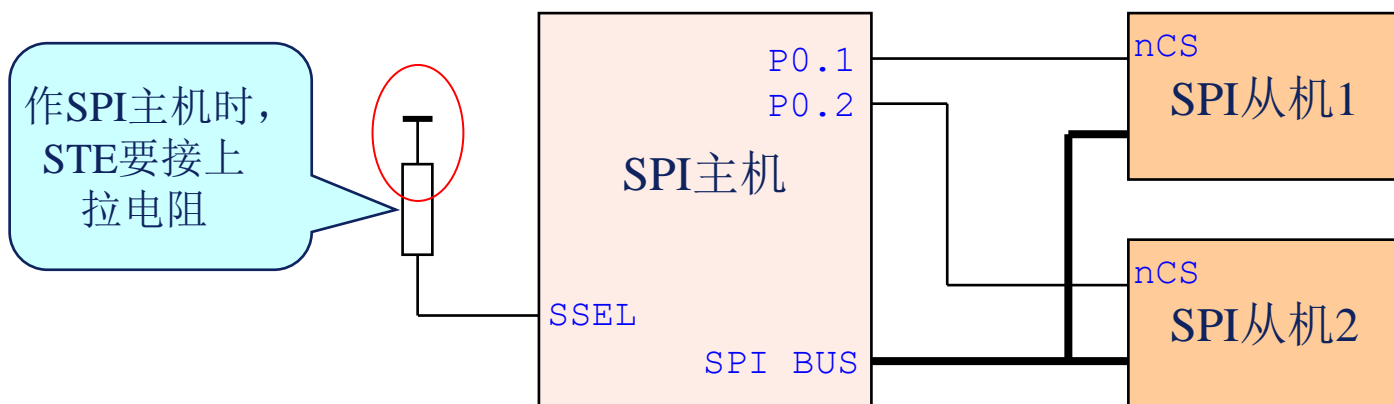
◆ 从机模式:

当器件作为从机时, 传输在从机选择引脚(**STE**)被主机拉低后开始, 接收主机输出的时钟信号, 在读取主机数据的同时通过**MISO**引脚输出数据。

以 4 线SPI为例，其通信时需要的4个引脚分别为：

引脚名称	类型	描述
SCLK	输入/输出	串行时钟，用于同步SPI接口间数据传输的时钟信号。该时钟信号总是由主机驱动，并且从机接收
STE	输入	从机选择，SPI从机选择信号是一个低有效信号，用于指示被选择参与数据传输的从机。每个从机都有各自特定的从机选择输入信号。
MISO	输入/输出	主入从出，MISO信号是一个单向的信号，它将数据由从机传输到主机。
MOSI	输入/输出	主出从入，MOSI信号是一个单向的信号，它将数据从主机传输到从机。

- ◆ **STE**: 从机模式发送接收允许控制引脚，控制多主从系统中的多个从机。该引脚不用于3线SPI操作，可以在4线SPI操作中**使多主机共享总线**，避免发生冲突。



数据传输格式:

通常是高位(MSB)在前, 低位(LSB)在后。一些增强型MCU中可以通过软件设置高位在前或低位在前。

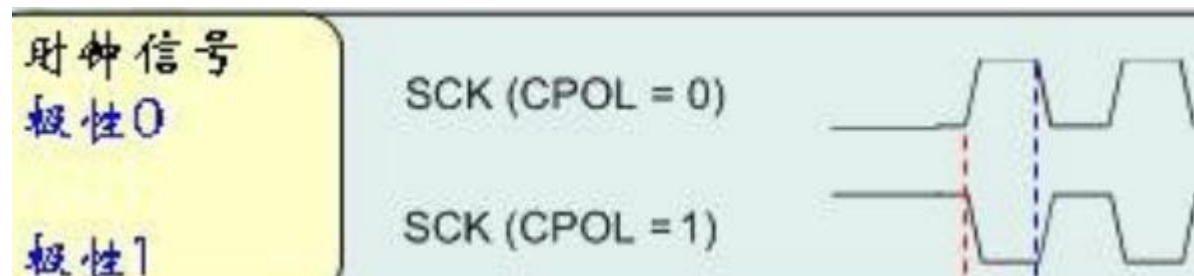
下面以 8 位数据的传输为例, 看一下 4 种不同数据传输格式的时序。首先介绍两个概念:

- 1.时钟极性: 表示时钟信号在空闲时是高电平还是低电平。
- 2.时钟相位: 决定数据是在SCLK的上升沿采样还是在SCLK的结束沿采样。

根据时钟极性(CPOL)及相位(CPHA)不同可以组合成4种工作模式：
SPI0, SPI1, SP2, SP3.

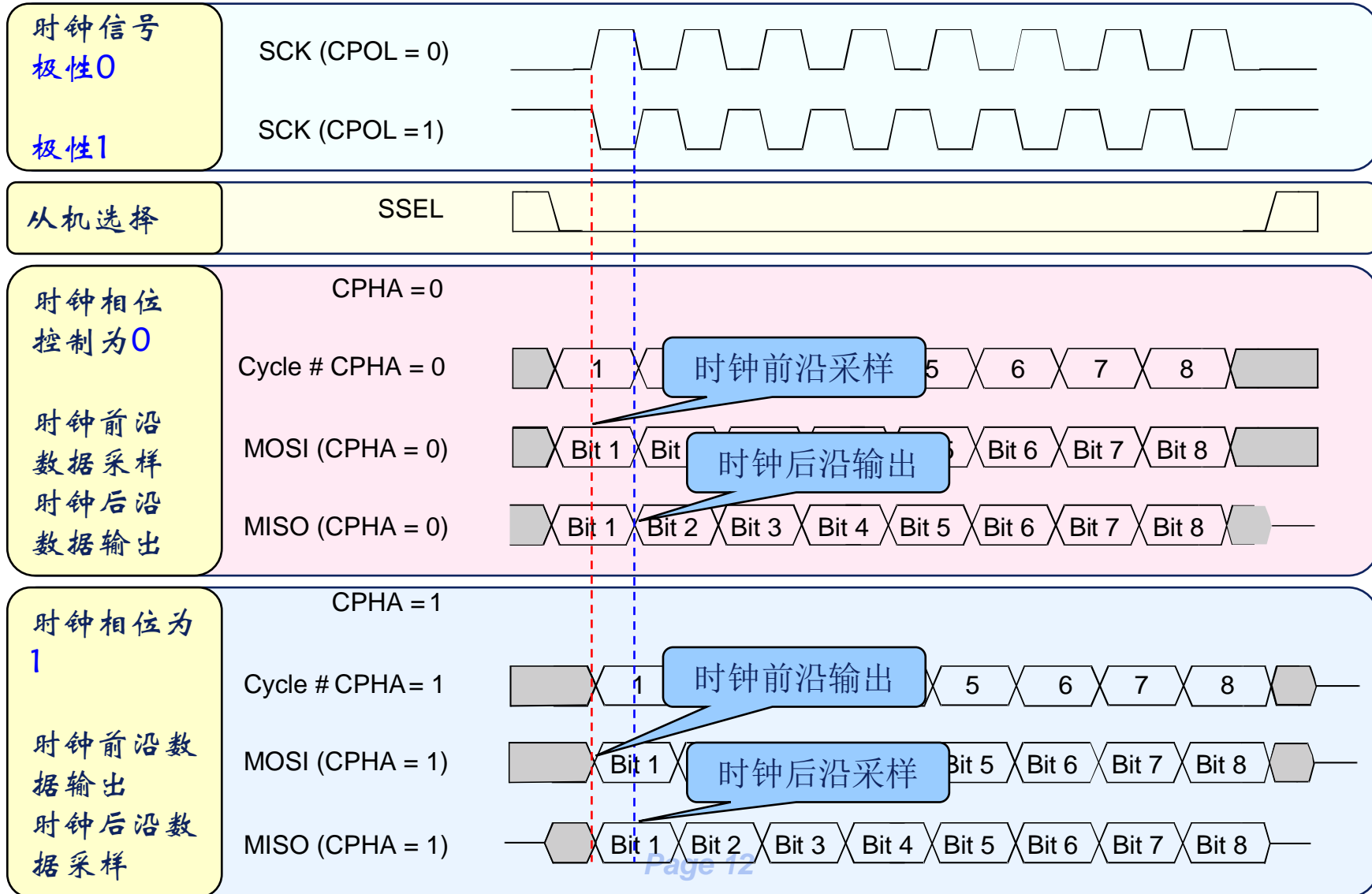
- (1) **SPI0: CPOL=0,CPHA=0**
- (2) **SPI1: CPOL=0,CPHA=1**
- (3) **SPI2: CPOL=1,CPHA=0**
- (4) **SPI3: CPOL=1,CPHA=1**

- ◆ 时钟极性(CPOL)定义了时钟空闲状态电平，对传输协议没有重大影响。
 - CPOL=0: 时钟空闲状态为低电平。
 - CPOL=1: 时钟空闲状态为高电平。



- ◆ 时钟相位(**CPHA**)定义数据的采样时间。
 - **CPHA=0**: 在时钟的第一个跳变沿(上升沿或下降沿)进行数据采样。
 - **CPHA=1**: 在时钟的第二个跳变沿(上升沿或下降沿)进行数据采样。

SPI传输时序



◆ 优点:

- (1) 接口简单, 利于硬件设计与实现。
- (2) 时钟速度快, 且没有系统开销。
- (3) 相对抗干扰能力强, 传输稳定。

◆ 缺点:

- (1) 缺乏流控制机制, 无论主器件还是从器件均不对消息进行确认, 主器件无法知道从器件是否繁忙。因此, 需要软件弥补, 增加了软件开发工作量。
- (2) 没有多主器件协议, 必须采用很复杂的软件和外部逻辑来实现多主器件架构。

下列关于SPI的描述，正确的是哪些？

- a. 全双工同步串行通信
- b. 接收与发送可以同时进行
- c. 在同一时刻只允许一个主机操作总线，且同时只能与一个从机通信
- d. 时钟由从机产生

◆ SPI总线协议

- 总线结构
- 工作模式
- 数据传输时序



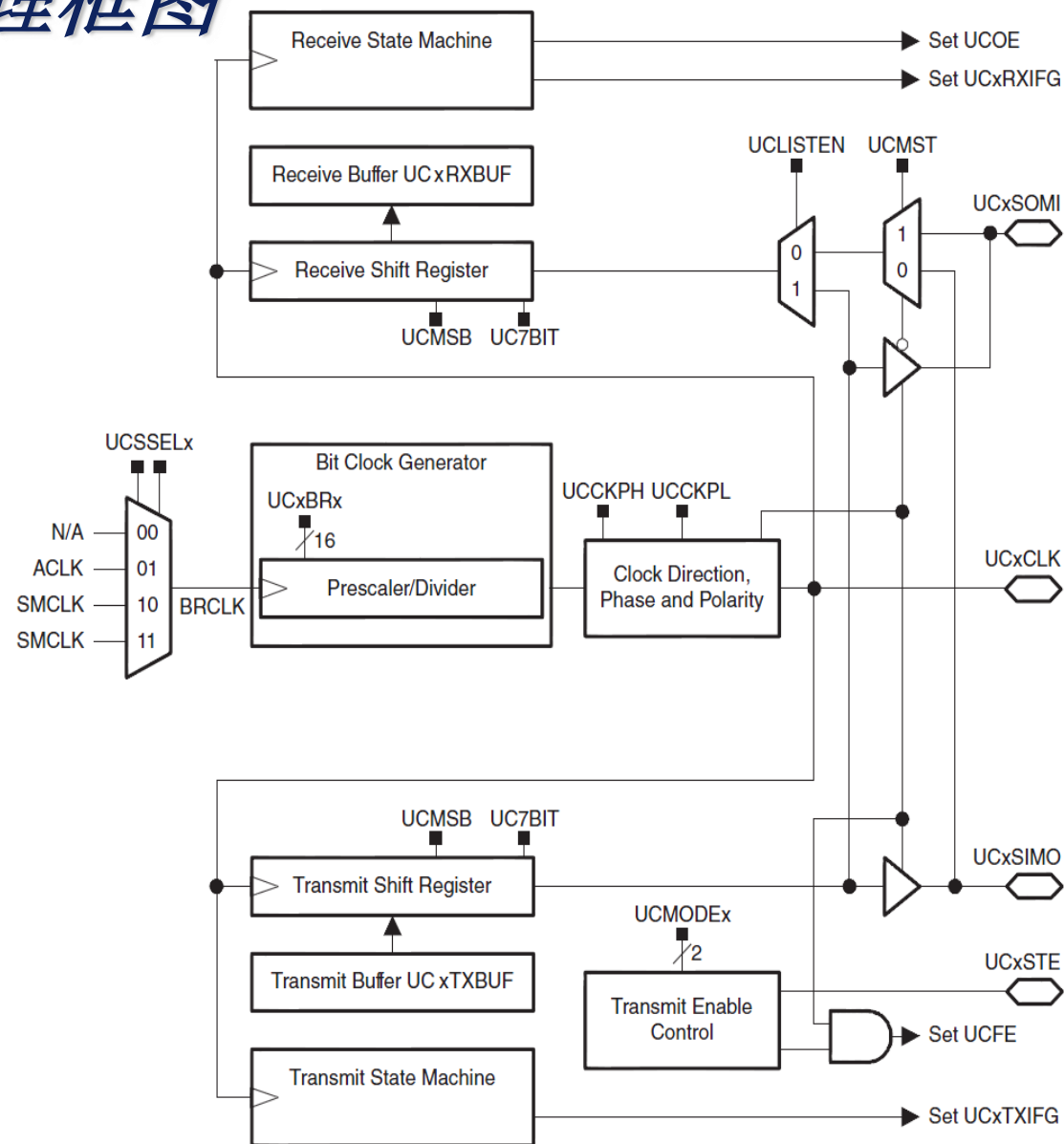
◆ MSP430 SPI模块

- 模块的特性
- 主从机模式
- SPI模块寄存器

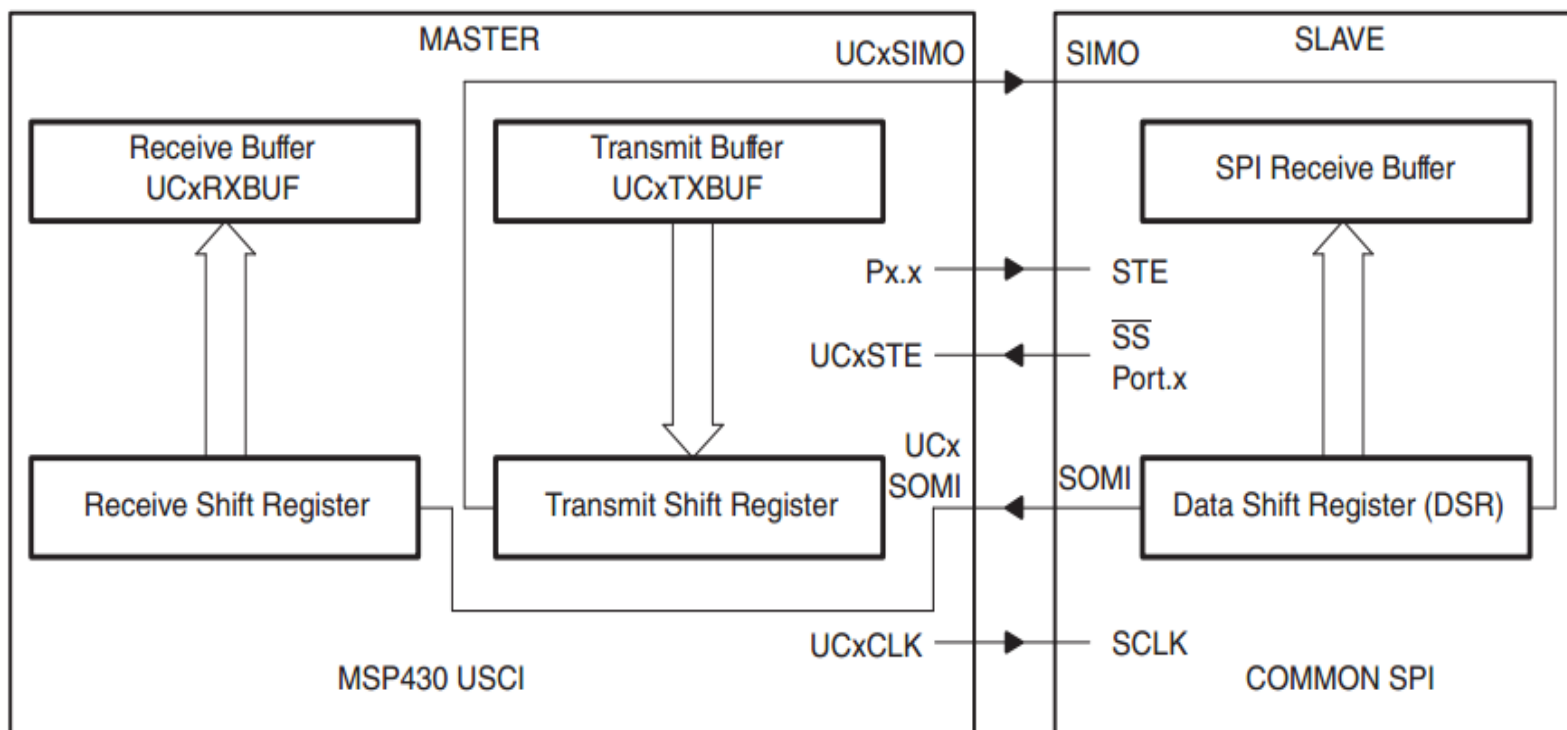
- ◆ 通用串行通信接口(USCI)模块支持多种串行通信模式。不同的USCI模块支持不同的模式
 - USCI_Ax 模块支持:
 - ✓ UART 模式
 - ✓ IrDA 通信的脉冲整形
 - ✓ LIN 通信的自动波特率检测
 - ✓ SPI 模式
 - USCI_Bx 模块支持:
 - ✓ I2C 模式
 - ✓ SPI 模式

- 支持3线或4线**SPI**操作
- 支持7位或8位数据格式
- 接收和发送有单独的移位寄存器
- 接收和发送有独立的缓冲器
- 接收和发送有独立的中断能力
- 时钟的极性和相位可编程
- 主模式的时钟频率可编程
- 传输速率可编程
- 支持连续收发操作
- 支持主从方式

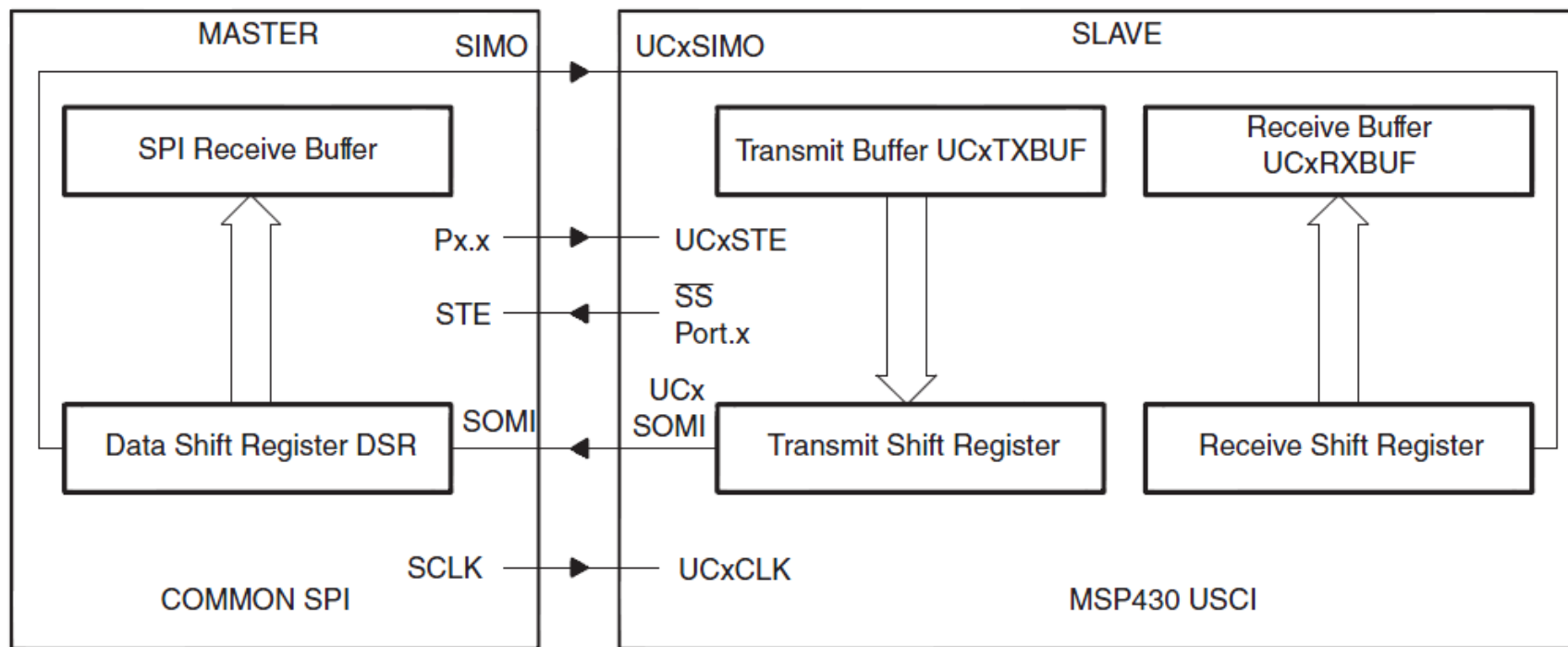
SPI模式原理框图



MSP430 USCI作为主机、外围设备作为从机



外围设备作为主机，MSP430 USCI作为从机



SPI模式下可用的USCI寄存器

USCI_Ax和USCI_Bx都有SPI模块，下面以USCI_Bx为例，介绍相关寄存器

名称	描述	访问	复位值	寄存器访问
UCBxCTLW0	USCI_Bx控制字0	读/写	0001h	字
UCBxBRW	USCI_Bx波特率控制字	读/写	0000h	字
UCBxMCTL	USCI_Bx调制器控制			
UCBxSTAT	USCI_Bx状态寄存器	读/写	00h	字节
UCBxRXBUF	USCI_Bx接收缓存	读/写	00h	字节
UCBxTXBUF	USCI_Bx发送缓存	读/写	00h	字节
UCBxI2COA	USCI_Bx I2C本机地址	读/写	0000h	字
UCBxI2CSA	USCI_Bx I2C从机地址	读/写	0000h	字
UCBxICTL	USCI_Bx中断控制	读/写	0200h	字
UCBxIE	USCI_Bx中断使能	读/写	00h	字节
UCBxIFG	USCI_Bx中断标志	读/写	02h	字节
UCBxIV	USCI_Bx中断向量	读	0000h	字

- ◆ 内容：电子纸屏幕显示。参考源代码（4.1-E-Ink.zip），自行设计显示字符内容
- ◆ 要求：
 - 结合电子纸屏幕用户手册和课上SPI通信的内容，学习电子纸屏幕的驱动代码
 - 更改实现自定义的电子纸屏幕显示内容：字符，图片
 - 实现电子纸屏幕的动态显示：利用GPIO中断，实现某按键按下一次，即显示一行字符。再次按下，则显示另一行字符。（字符内容自定义），例如：

Chapter 1	A moving and speaking puppet
Chapter 2	Growing nose
Chapter 3	Donkey ears
Chapter 4	A good boy Pinocchio

按键S1按下一次

Page 22

Chapter 1	A moving and speaking puppet
Chapter 2	Growing nose
Chapter 3	Donkey ears
Chapter 4	A good boy Pinocchio

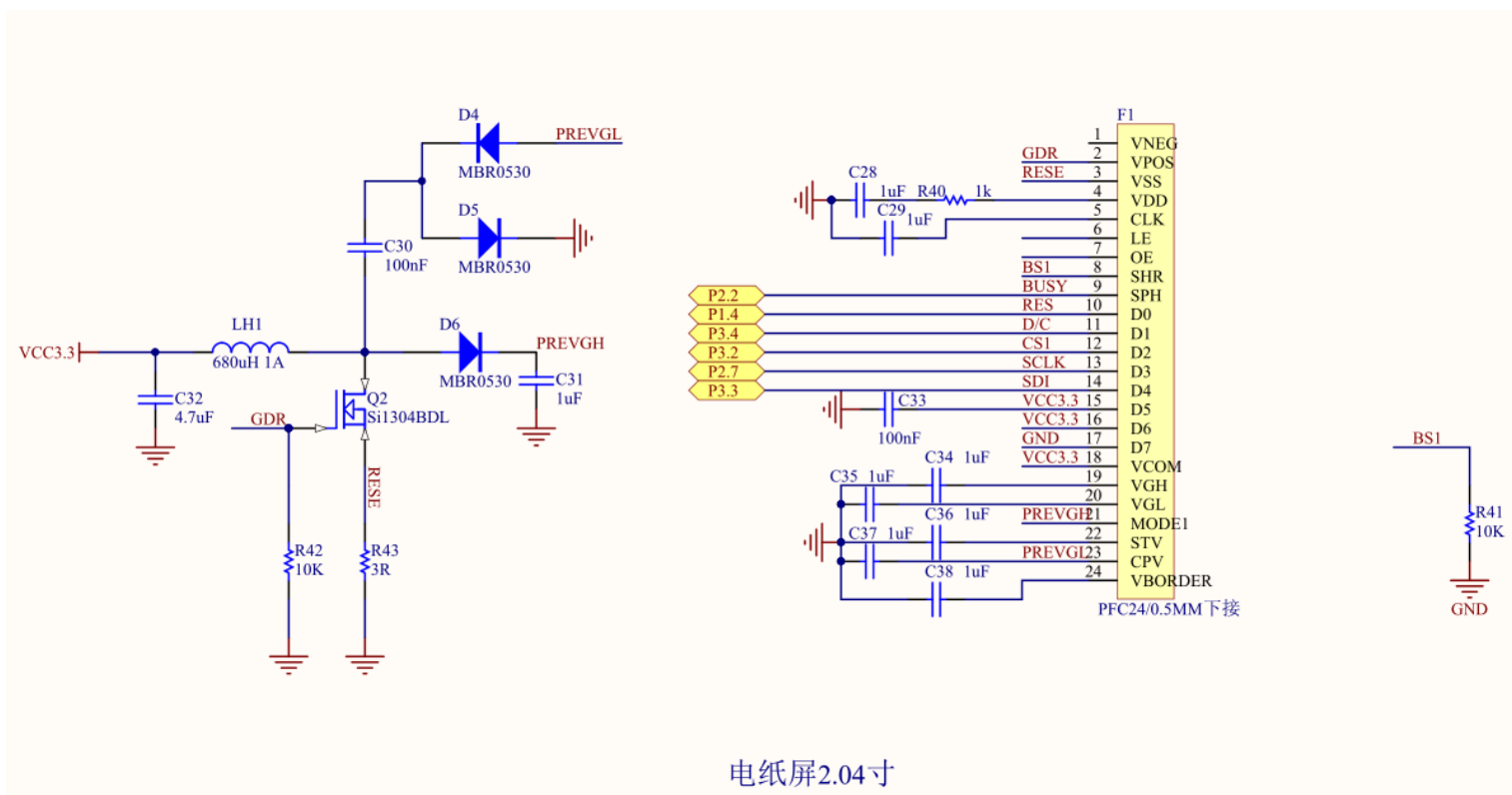
按键S1再按下一次

提示:

电子纸屏幕硬件接线图——相关引脚

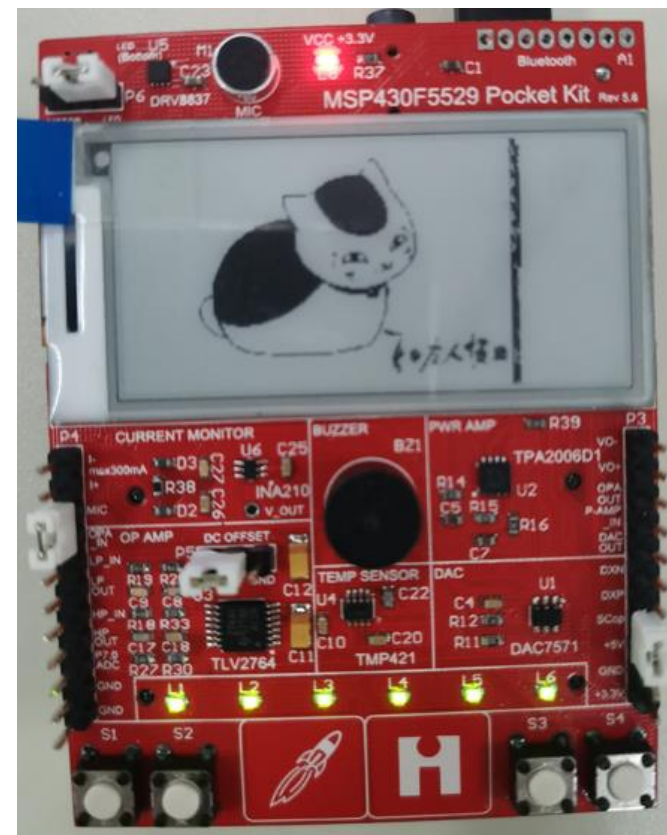
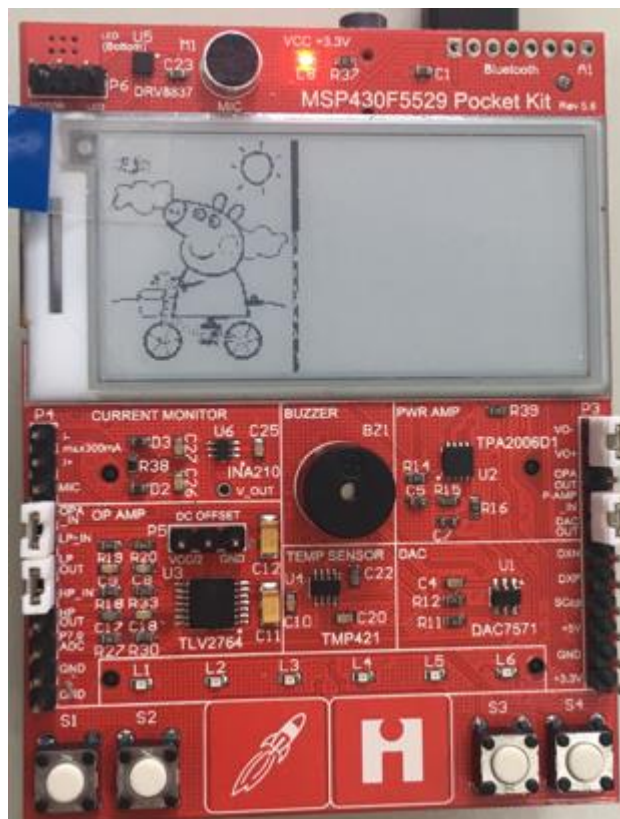
电子纸屏幕用户手册——如何写入字符

GDE0213B1datasheet-电子墨水屏数据手册.pdf

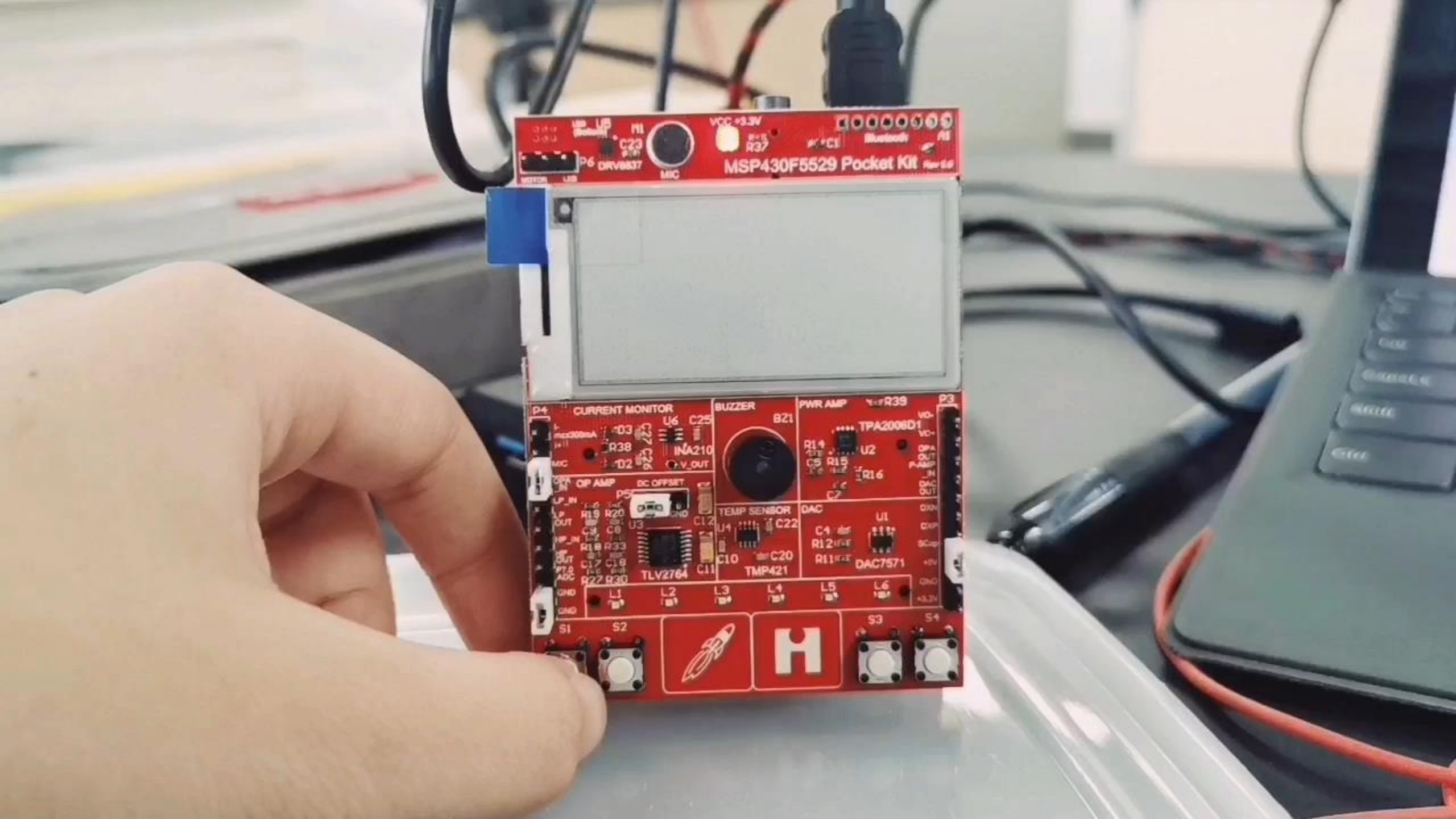


电纸屏2.04寸

往届作品



视频





Q&A

