

MA111

数据手册

版本: 0.89

特性

- HID USB 转串行桥接器
 - USB 桥接到 GPIO 控制, UART TX/RX, SPI 主机和 I2C 主机
 - 标准 USB 类设备, 无需自定义驱动
 - USB 全速(12Mbps), 兼容 USB 2.0 规范
 - 内建 USB 收发器和 3.3V 稳压器
 - 集成时钟, 无需外部晶振
 - 经由 UPD 引脚标识 USB 挂起状态
 - Windows HID 库
 - * 支持 Windows 7, Windows 8.1, Windows 10
- 11 个可配置的 GPIO 引脚
 - 可选禁止, 数字输入, 开漏输出, 带上拉的开漏输出, 推挽输出
 - GPIO0~GPIO7 I 输入发生变化时中断报告
 - 在 WKP0 和 WKP1 上可远程唤醒
 - 可配置 12MHz 或 6MHz 时钟输出
 - 可达 3 通道 8 位 PWM 输出
- UART 接口
 - 8 位数据格式
 - 校验位: 奇, 偶, 标志, 空和无
 - 停止位: 1 和 2
 - 波特率: 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 51200, 57600, 102400, 115200 和 230400
 - 线路中止信号检测和发送
 - 可选 CTS/RTS 流控制
 - 数据传输可选 MSB 或 LSB
 - 适用于 RS-485 总线收发控制的 DE 输出
 - 可配置 DE/CTS/RTS 输出的极性
 - 多处理器通信下的主/从模式
 - * 提供 2 个从机地址识别
- SPI 主机接口
 - 3 或 4 线主模式操作
 - 支持全部 4 个 SPI 工作模式(模式 0, 1, 2, 和 3)
 - 8 位数据格式
 - 数据传输可选 MSB 或 LSB
 - 支持 SPI 时钟速率 2MHz 或 6MHz
- I2C 主机接口
 - 8 位数据格式
 - 支持时钟速率 25K/50K/75K/100KHz
 - 读/写时间溢出控制
 - 不支持在 I2C 总线上的多主机应用
- 工作电压范围
 - USB 总线供电: 4.0V – 5.5V
 - 自供电: 3.0V – 3.6V
- 工作温度: (-40°C to +85°C)*
- 封装类型:
 - SOP16 (150mil): MA111AS16
 - QFN16 (4x4mm): MA111AY16

*: 样品测试

目录

特性	3
目录	5
图表	7
表单	7
1. 概述	8
2. 方框图	9
3. 引脚配置	10
3.1. 封装指南	10
3.2. 引脚描述	11
4. MA111 工作模式	12
5. GPIO 配置	12
6. GPIO 工作模式	14
6.1. GPIO 输出和输入	14
6.2. CKO 在 GPIO7	14
6.3. UPD 在 GPIO1	14
6.4. WKP0~1 在 GPIO6/4	14
6.5. INT0~INT7 在 GPIO0~GPIO7	15
6.6. 单脉冲输出在 GPIOs	15
6.7. PWM 输出在 GPIO2/3/4	15
7. UART 工作模式	16
7.1. CTS/RTS 流控制	16
7.2. RS-485 收发 DE 控制	17
7.3. 多处理器通信里的主机模式	17
7.4. 多处理器通信里的从机模式	18
7.5. 位序颠倒数据格式	18
7.6. UART 模式下的 GPIO 设置	19
8. SPI 主机模式	20
8.1. 3 线 SPI 结构	20
8.2. 4 线 SPI 结构	20
8.3. SPI 多从机结构	21
8.4. SPI 模式(0/1/2/3)	21
8.5. SPI 模式 GPIO 设置	22
9. I2C 主模式	23
9.1. I2C 总线结构	23
9.2. I2C 模式 GPIO 设置	24
10. 应用注意事项	25
10.1. MA111 使用总线电源	25
10.2. MA111 使用自供电	25
11. 电气特性	26
11.1. 绝对最大额定值	26
11.2. DC 特性	27
11.3. USB 收发器电气特性	27

MA111

12.封装尺寸	28
12.1. SOP-16 (150mil).....	28
12.2. QFN-16 (4x4mm).....	29
13.版本历史	30
14.免责声明	31

图表

图 2-1. MA111 方框图	9
图 3-1. MA111 SOP16 顶视图	10
图 3-2. MA111 QFN16 顶视图	10
图 5-1. 带上拉电阻的开漏输出	13
图 5-2. 准双向 GPIO	13
图 7-1. CTS/RTS 流控制连接	16
图 7-2. RS-485 收发器连接	17
图 7-3. 以 MA111 为主的多处理器通讯	17
图 7-5. 一般 UART 的 LSB	18
图 7-6. UART 位序颠倒为 MSB	18
图 8-1. 3 线 SPI 结构	20
图 8-2. 4 线 SPI 结构	20
图 8-3. SPI 多从机结构	21
图 8-4. SPI 数据模式波形	21
图 9-1. I2C 总线典型结构	23
图 10-1. 使用总线电源的 MA111 USB 连接电路(如. UART 应用)	25
图 10-2. 使用自供电的 MA111 USB 连接电路(如. UART 应用)	25
图 12-1. SOP-16(150mil)	28
图 12-2. QFN-16 (4x4mm)	29

表单

表 3-1. 引脚描述	11
表 5-1. 引脚 描述	12
表 7-1. UART 数据格式和波特率	16
表 8-1. SPI 数据格式和功能选项	20
表 8-2. SPI 模式定义	21
表 9-1. I2C 时钟速率选项	23
表 13-1. 版本历史	30

1. 概述

MA111是一个高集成的USB桥接器,支持UART协议,SPI主机, I2C主机和GPIO读/写/中断/唤醒功能。它包含了一个USB 2.0全速功能控制器 ,USB收发器,振荡器和片上3.3V稳压器为USB收发器提供电源(适用于VDD在4.0V到5.5V范围)。

MA111是一个免驱USB数据桥接解决方案。在Windows环境下,笙泉提供一个DLL,让用户可以轻松的使用MA111。它支持的OS包括Windows 7, Windows 8.1 和 Windows 10。

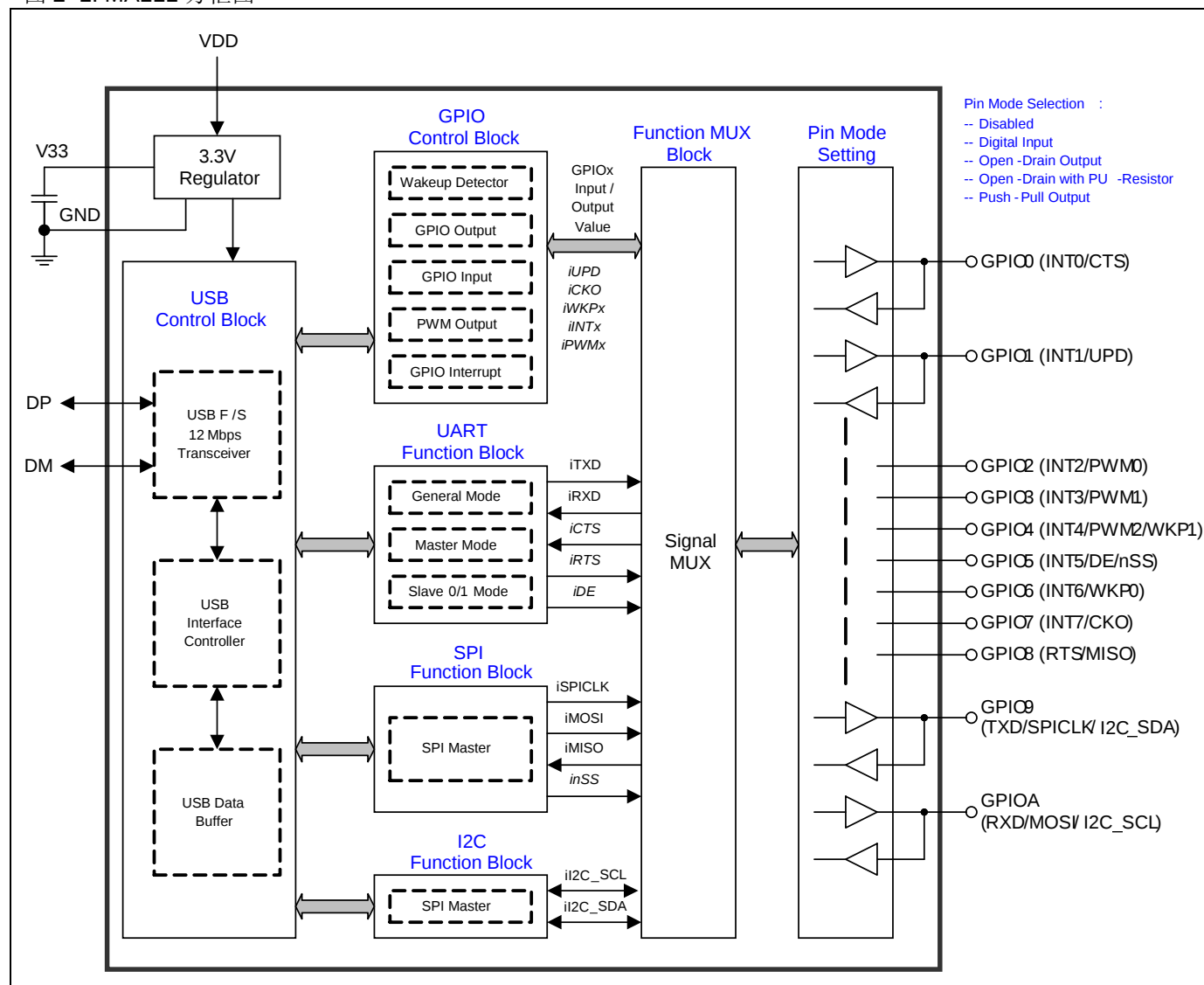
在MA111里,有7个功能模块,包括USB控制块,GPIO控制块,UART功能块,SPI功能块, I2C功能块,功能MUX块和引脚模式设置块。上电后,在功能MUX块的默认设置是所有引脚服务于GPIO控制功能,除了USB接口引脚和VDD/VSS引脚。MA111有11个GPIO引脚, GPIO0 ~ GPIOA. 通过USB命令,GPIO控制块接收用户的请求去执行引脚的输入/输出功能。为了正确的输入/输出,用户应当为每个GPIO引脚配置恰当的"引脚模式",以适应系统所需,例如推挽输出或数字输入。

在MA111里有3个串行接口功能块,包括UART,SPI主机和I2C主机。用户软件仅能选择三个串行接口的一种去执行数据传输。因此,MA111不能同时支持UART 和SPI 或I2C。 但是,用户可以透过USB命令软件配置切换UART/SPI/I2C功能。

如果MA111配置成UART模式,TXD和RXD是必须的功能,并且通过功能MUX配置到专用的GPIO引脚(GPIO9和GPIOA)。 用户仍旧需要在GPIO9和GPIOA上配置合适的引脚模式以适应TXD和RXD的应用,例如TXD(GPIO9)设为推挽输出模式,RXD(GPIOA)设为数字输入模式。 UART的其它信号线,RTS, CTS 或 DE是可选的,用户可以透过USB命令选择使能专用GPIO引脚功能,并决定引脚模式设置。如果MA111配置成SPI主机或I2C模式, 有着同样的结构应用于GPIO分配。

2. 方框图

图 2-1. MA111 方框图



3. 引脚配置

3.1. 封装指南

图 3-1. MA111 SOP16 顶视图

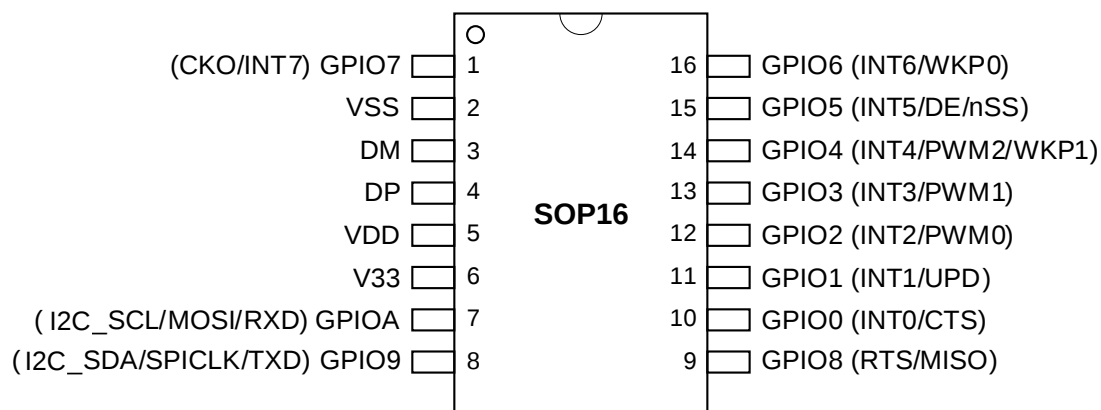
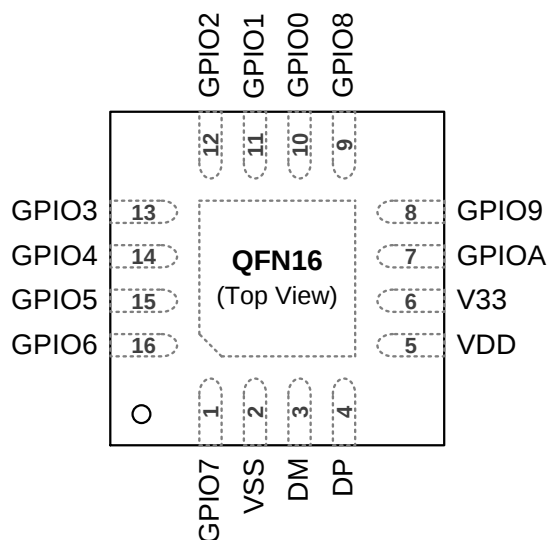


图 3-2. MA111 QFN16 顶视图



3.2. 引脚描述

表 3-1. 引脚描述

助记符	引脚号			I/O 类型	描述
	16-Pin SOP	16-Pin QFN	--		
GPIO0 (INT0) (CTS)	10	10	--	I/O	* GPIO0. 默认引脚配置是禁止 * INT0: 中断 0 输入. * CTS: UART 模式下 CTS 输入
GPIO1 (INT1) (UPD)	11	11	--	I/O	* GPIO1. 默认引脚配置是禁止. * INT1: 中断 1 输入 * UPD: USB 总线掉电指示输出
GPIO2 (INT2) (PWM0)	12	12	--	I/O	* GPIO2. 默认引脚配置是禁止. * INT2: 中断 2 输入 * PWM0: PWM 通道 0 输出
GPIO3 (INT3) (PWM1)	13	13	--	I/O	* GPIO3. 默认引脚配置是禁止. * INT3: 中断 3 输入 * PWM1: PWM 通道 1 输出.
GPIO4 (INT4) (PWM2) (WKP1)	14	14	--	I/O	* GPIO4. 默认引脚配置是禁止. * INT4: 中断 4 输入 * PWM2: PWM 通道 2 输出 * WKP1: MA111 唤醒输入 1
GPIO5 (INT5) (DE) (nSS)	15	15	--	I/O	* GPIO5. 默认引脚配置是禁止 * INT5: 中断 5 输入 * DE: 在 UART 模式下适用于 RS-485 收发控制的驱动使能 * nSS: SPI 主机模式下的片选输出
GPIO6 (INT6) (WKP0)	16	16	--	I/O	* GPIO6. 默认引脚配置是禁止 * INT6: 中断 6 输入. * WKP0: MA111 唤醒输入 0
GPIO7 (INT7) (CKO)	1	1	--	I/O	* GPIO7. 默认引脚配置是禁止. * INT7: 中断 7 输入 * CKO: 12MHz 或 6MHz 时钟输出
GPIO8 (RTS) (MISO)	9	9	--	I/O	* GPIO8. 默认引脚配置是待上拉的开漏输出 * RTS: UART 模式下的 RTS 输出. * MISO: SPI 主机模式下的主机接收&从机发送
GPIO9 (TXD) (SPICLK) (I2C_SDA)	8	8	--	I/O	* GPIO9. 默认引脚配置是待上拉的开漏输出 * TXD: UART 模式下的发送数据输出脚 * SPICLK: SPI 主机模式下的 SPI 时钟输出 * I2C_SDA: I2C 主模式下的 I2C 串行数据引脚
GPIOA (RXD) (MOSI) (I2C_SCL)	7	7	--	I/O	* GPIOA. 默认引脚配置是待上拉的开漏输出 * RXD: UART 模式下的接收数据输入脚 * MOSI: SPI 主机模式下的主机发送&从机接收 * I2C_SCL: I2C 主模式下的 I2C 串行时钟引脚
DP	4	4	--	I/O	* DP: USB DP(D+)引脚.
DM	3	3	--	I/O	* DM: USB DM(D-) 引脚
VDD	5	5	--	P	电源输入
VSS	2	2	--	G	地, 0 V 参考
V33	6	6	--	P	3.3V 输入/输出

4. MA111 工作模式

MA111 有 4 个工作模式，GPIO 模式，UART 模式，SPI 主机模式和 I2C 主机模式。上电后，MA111 的所有引脚都工作在 GPIO 模式下。用户可以选择功能块切换 GPIO 功能去实现交互通信，例如 UART TXD/RXD, CTS, RTS, DE 等。其它没有 UART 功能的引脚仍保留 GPIO 功能。用户只能选择 3 个串行接口中的一个，UART, SPI 主机和 I2C 主机。

功能块不能控制引脚配置。因此，用户必须为每个 GPIO 引脚去编程引脚配置，以适应应用需求。

5. GPIO 配置

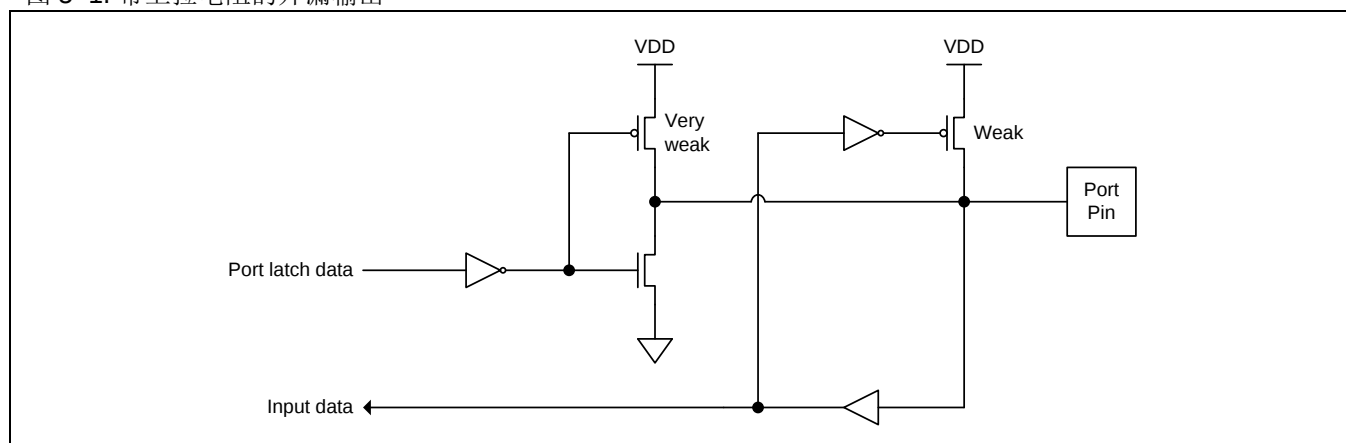
表 5-1 列出了所有引脚的默认配置和可选项。上电复位后，除了 GPIO8/9/A 默认为准双向口外，其它所有引脚都设置为禁止。MA111 的所有 GPIO 默认输出值是“1”。

表 5-1. 引脚描述

引脚名称	默认配置	可选配置
GPIO0	禁止	禁止 数字输入 推挽输出 开漏输出 t 带上拉的开漏输出
GPIO1	禁止	
GPIO2	禁止	
GPIO3	禁止	
GPIO4	禁止	
GPIO5	禁止	
GPIO6	禁止	
GPIO7	禁止	
GPIO8	带上拉的开漏输出 (准双向口)	
GPIO9	带上拉的开漏输出 (准双向口)	
GPIOA	带上拉的开漏输出 (准双向口)	

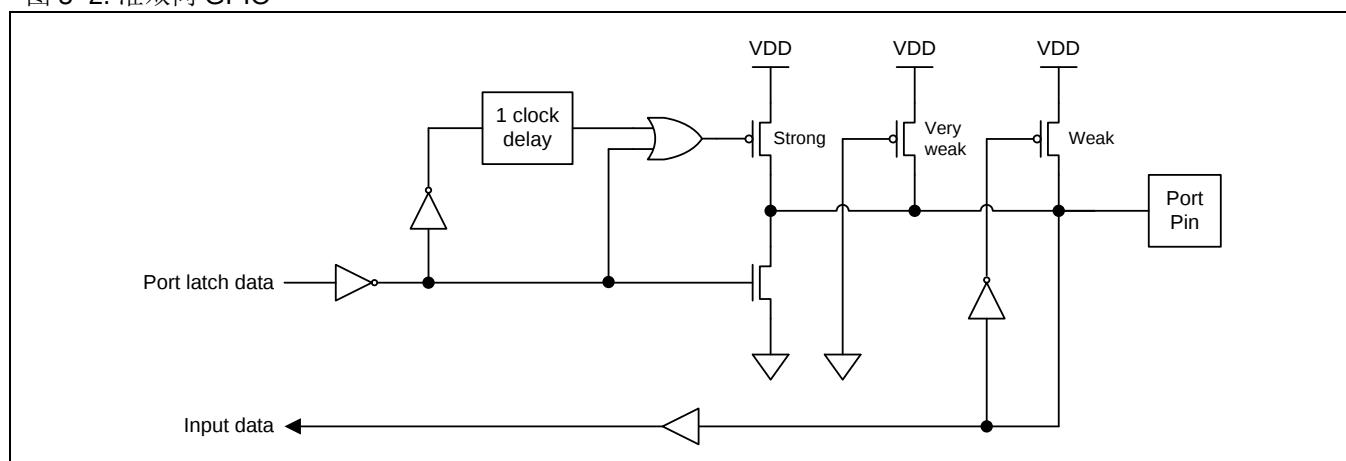
为了配置 GPIO 成数字输入，软件必须设置引脚为开漏输出模式，并且输出数据“1”。这样 GPIO 就配置成等效数字输入引脚。每个 GPIO 引脚都有两个上拉电阻，一个是弱上拉，另一个是非常弱上拉。图 5-1 展示了开漏输出模式下的片内上拉电阻。

图 5-1. 带上拉电阻的开漏输出



特别是对于准双向口，其结构如图 5-2 所示。输出高时，有一个时钟由推挽模式输出，以加快上升时间，然后由弱上拉&非常弱上拉保持端口引脚状态。在 GPIO8/9/A 上有此结构。

图 5-2. 准双向 GPIO



6. GPIO 工作模式

MA111 所有 GPIO 都可以用于设置引脚输出和读取引脚输入的一般功能。在 GPIO 模式下，MA111 GPIO 也提供了复用功能。下面章节描述了 GPIO 模式下的复用功能。

注意:

如果引脚选择了复用功能，软件必须避免设置会影响复用功能行为的端口输出值。

6.1. GPIO 输出和输入

对于 GPIO 输出，用户需依照下列流程去控制目标 GPIO 引脚：

- 设置输出值去初始化目标 GPIO 状态。默认情况下，每个 GPIO 输出值是“1”。
- 设置目标 GPIO 为输出模式。可选推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出。
- 如果输出脚设置成开漏输出，引脚上必须有外部上拉电阻。
- 依应用需求，软件写入输出值到 GPIO 引脚。

对于 GPIO 输入，用户需依照下列流程去控制目标 GPIO 引脚：

- 保持目标 GPIO 的输出值为默认状态“1”。
- 设置目标 GPIO 为输入模式。可选开漏（数字输入）或带上拉的开漏输出。
- 依应用需求，软件读取 GPIO 引脚的状态。

为了减少功耗，软件必须保持未用到的 GPIO 为上电复位状态。也就是说，未用到的 GPIO 在 MA111 上电后软件不必对它做任何设置。

6.2. CKO 在 GPIO7

MA111 可以在 GPIO7 上输出内部时钟。有两种频率可选：6MHz 和 12MHz。当 GPIO7 用于 CKO 功能时，输出类型由端口引脚配置定义。如果用户选择 GPIO7 为禁止状态，CKO 在 GPIO7 上无效。通常，用于 CKO 功能时，GPIO7 设置为推挽输出。

注意:

- 对于 $VDD = 4.5V \sim 5.5V$ 的应用, CKO 支持 12MHz 和 6MHz 的输出频率
- 对于 $VDD = 3.0V \sim 4.5V$ 的应用, CKO 仅支持 6MHz 输出频率

6.3. UPD 在 GPIO1

GPIO1 可以配置为 UPD 输出，用于指示 USB 总线掉电（USB 挂起）。如果配置为 UPD 输出，MA111 将激活 UPD 输出标识 USB 挂起状态。UPD 的电平极性可由软件配置。

6.4. WKP0~1 在 GPIO6/4

MA111 提供 USB 远程唤醒功能。也就是说，当 USB 总线进入挂起状态时，用户可以通过 MA111 的 WKP0 和 WKP1 唤醒 USB 系统。可以分别对 WKP0 和 WKP1 使能和设置有效电平极性。

6.5. INT0~INT7 在 GPIO0~GPIO7

MA111 可以分别的报告 INT0~INT7 输入状态改变。在实际应用中，主机软件接收 INT0~INT7 事件，然后开始读取引脚状态。这将减少主机轮询 GPIO 引脚输入状态的工作量。可以通过软件配置单独启用 INT0~INT7 上的 MA111 报告功能。

6.6. 单脉冲输出在 GPIOs

MA111 内置了一个特别的命令来实现在一个 GPIO 引脚上输出脉冲。用户可以选择 1 个 GPIO 作为输出引脚，并且设置一个输出值作为引脚初始状态。然后软件调用 SetGIOPulse() 命令来触发 MA111 在 GPIO 引脚上输出一个脉冲。例如，软件设置 GPIO1 为输出引脚，并输出高电平。如果 MA111 接收到 GPIO1 上的 SetGIOPulse() 命令，它将在 GPIO1 上输出一个低脉冲。低脉冲的最小宽度是 200ns，典型值是 250ns。否则，如果软件设置 GPIO1 输出低电平，那么 MA111 在接收到 SetGIOPulse() 命令后，在 GPIO1 上输出一个高脉冲。高脉冲和低脉冲的时间是一致的。

6.7. PWM 输出在 GPIO2/3/4

MA111 在 GPIO 上提供 3 通道 8 位 PWM。PWN0/1/2 被定义在 GPIO2/3/4。如果使能了 UART 功能，PWM2 的功能将被禁止。

对应 PWM 输出，占空比由 SetPWMDutyValue 命令定义。PWM 占空比的公式如下：

$$\text{PWM 占空比} = 1 - \{ \text{SetPWMDutyValue} \} / 256.$$

例如，

- a. 如果 SetPWMDutyValue = 0x00, 占空比是 100%.
- b. 如果 SetPWMDutyValue = 0x40, 占空比是 75%.
- c. 如果 SetPWMDutyValue = 0xC0, 占空比是 25%.
- d. 如果 SetPWMDutyValue = 0xFF, 占空比是 1/256.

7. UART 工作模式

当 MA111 使能 UART 模式，GPIO9 和 GPIOA 被强制用于 UART TXD 输出和 UART RXD 输入。但是引脚配置仍由软件编程。例如，用户可以配置 TXD 为推挽输出或带片上上拉电阻的开漏输出。

MA111 的串口引擎提供 8 位数据格式，可选校验位和 1 或 2 位停止位。校验位可选择：无，奇，偶，标志和空。波特率可选择：600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 51200, 57600, 102400, 115200 和 230400. 它也提供中止信号发送和检测。

表 7-1 列出了 MA111 可用的数据格式和波特率。

表 7-1. UART 数据格式和波特率

条目	功能选项
数据位	8
停止位	1 和 2
校验类型	无, 奇, 偶, 标志和空
波特率	600 bps 到 230400 bps

除了 UART 数据传输，MA111 还支持如下章节的其它增强功能：

7.1. CTS/RTS 流控制

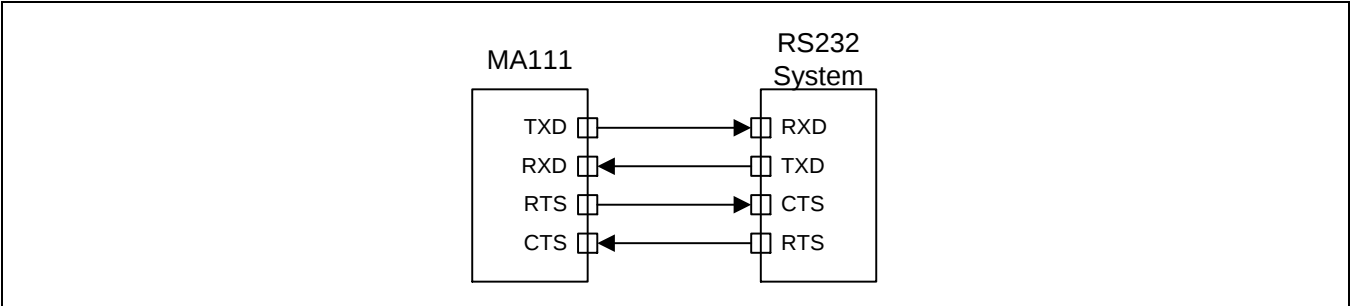
MA111 在 GPIO0 和 GPIO8 上提供 UART CTS/RTS 流控制功能。如果用户需要流控制功能，软件必须在 GPIO 引脚上使能 CTS/RTS。

RTS, 请求发送,从 MA111 输出到外部 UART 设备，用于标识是否接收更多的数据。当 MA111 的 UART RX FIFO 有空闲空间时，RTS 输出活动信号。如果 FIFO 满，RTS 将输出非活动状态。

CTS, 清除发送, 是一个从外部 UART 设备输出到 MA111 的信号。当外部 UART 设备的 RX FIFO 满了时，外部 UART 设备使用这个信号提示 MA111。MA111 一旦收到 CTS 输入非活动状态，则立即停止发送数据。

RTS 和 CTS 都可以由软件单独配置信号电平极性。也可以单独使能。

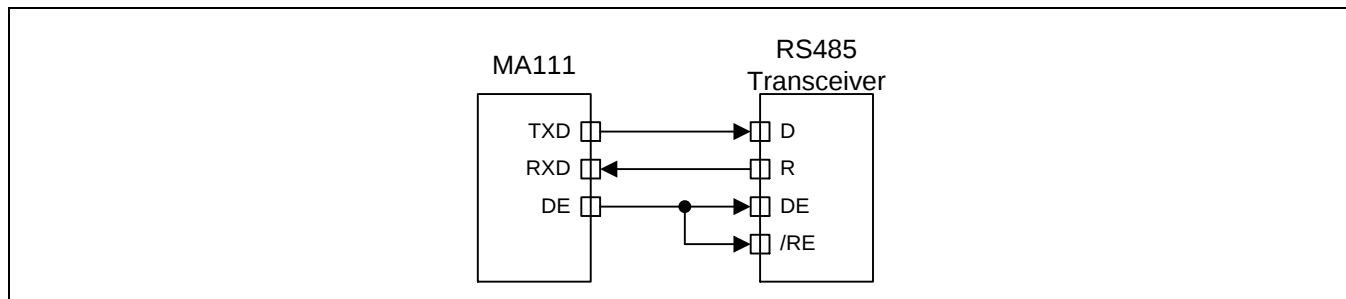
图 7-1. CTS/RTS 流控制连接



7.2. RS-485 收发 DE 控制

软件可以配置在 GPIO5 上输出 DE 去控制 RS-485 总线收发器的 DE 和/RE。当 MA111 DE 输出使能，在 UART TXD 发送期间，该引脚同步输出 DE 信号。DE 信号的电平极性由软件配置。

图 7-2. RS-485 收发器连接



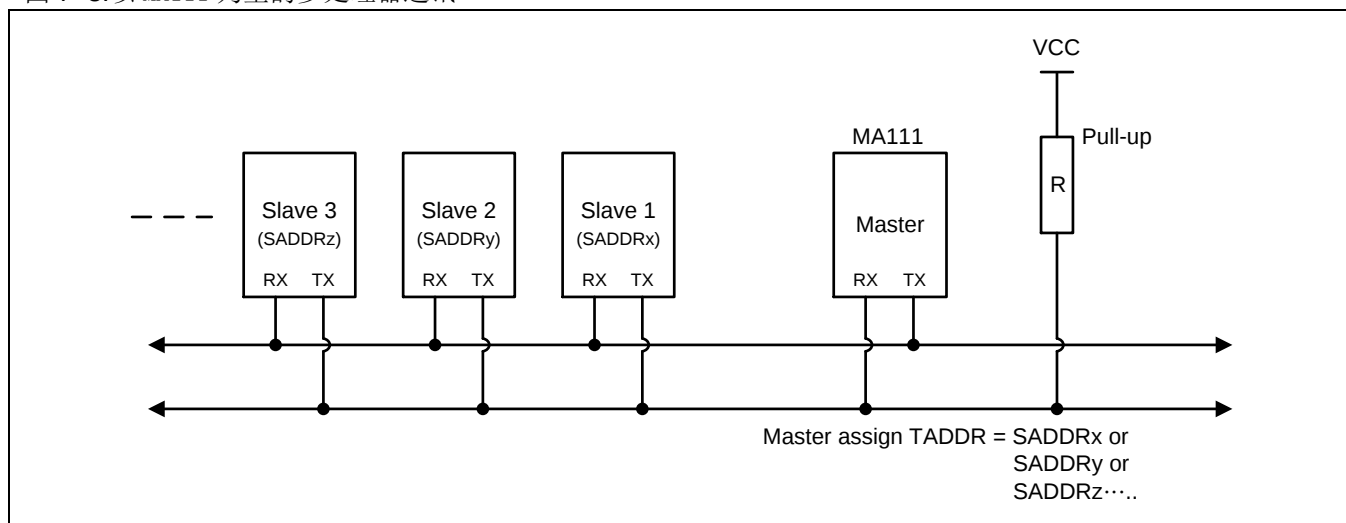
7.3. 多处理器通信里的主机模式

MA111支持UART工作在多处理器通信下的主从模式。当MA111使能UART主模式，软件必须定义一个目标地址（TADDR）去呼叫从机设备进行通信。在启动与另一个从机设备的新通信之前，可以通过软件更改TADDR。

注意:

如果MA111应用于这种工作模式，最大波特率不能高于57600。

图 7-3. 以 MA111 为主的多处理器通讯



7.4. 多处理器通信里的从机模式

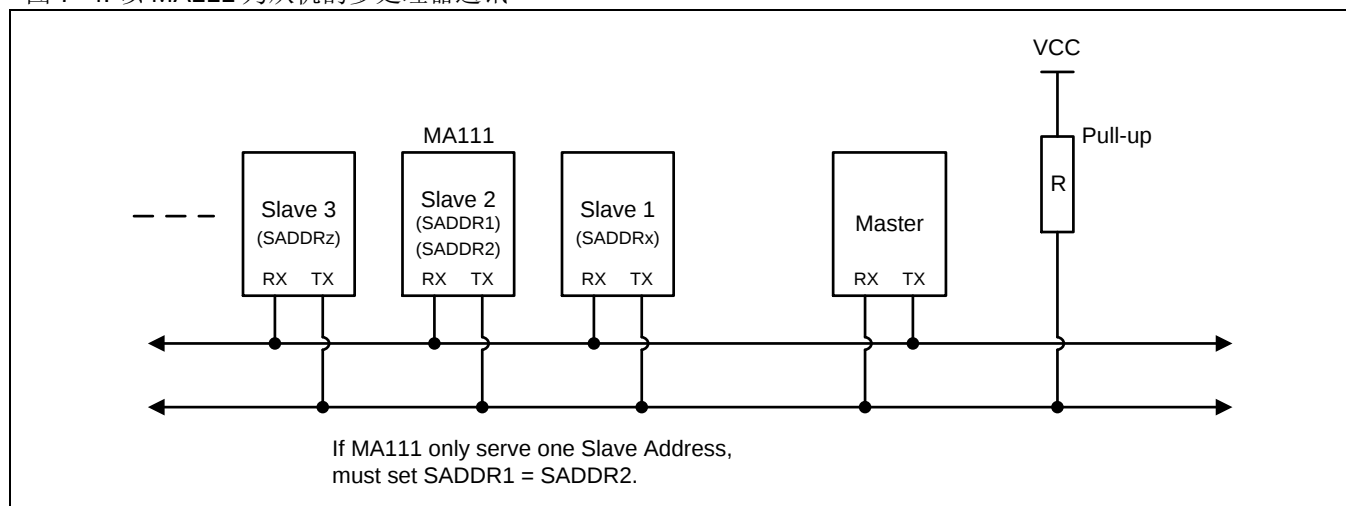
当 MA111 在多处理器通信里配置成一个从机设备，它能识别多处理器通信的 UART 从机地址。它最多能够识别两个不同的设备地址。也就是说，MA111 在与主机通信时可以同时模拟两个从机设备。这两从机设备地址 SADDR1 和 SADDR2，可以由用户软件定义和修改。

如果 MA111 仅需要一个从机地址，软件必须设置 SADDR2 与 SADDR1 为一样的值。

注意:

如果MA111应用于这种工作模式，最大波特率不能高于57600。

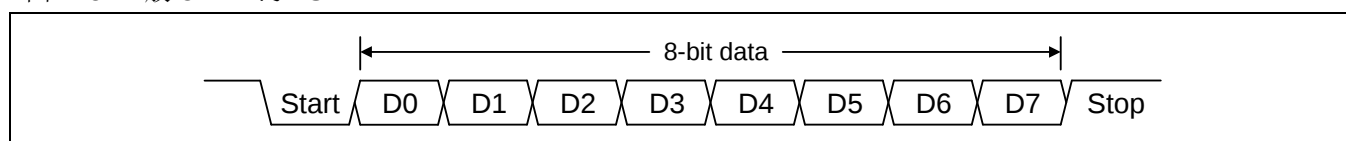
图 7-4. 以 MA111 为从机的多处理器通讯



7.5. 位序颠倒数据格式

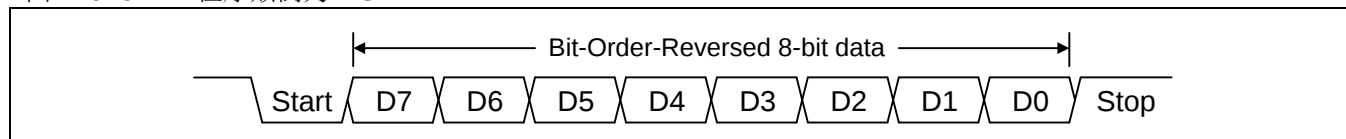
在一般的UART应用，UART传输的格式是LSB。图 7-5 展示了一般LSB的波形

图 7-5. 一般 UART 的 LSB



MA111提供一个在UART传输中位序颠倒为MSB格式的选项。图 7-6 展示了UART MSB的波形

图 7-6. UART 位序颠倒为 MSB



7.6. UART 模式下的 GPIO 设置

为了在MA111 UART模式下正确操作，以下建议可供用户软件编程时参考。

- 保持 GPIO9(TXD)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 保持 GPIOA(RXD)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 如果 CTS 使能，不要改变 GPIO0(CTS)的默认输出值 (“1”)。
- 如果使能了 RTS/DE，在 GPIO8/5(RTS/DE)上设置输出值为 RTS/DE 非活动状态。
- 配置 GPIO9 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 TXD 输出引脚。
- 配置 GPIOA 为开漏输出或带上拉的开漏输出用于 RXD 输入引脚。
- 如果需要的话，配置 GPIO0(CTS) 为开漏输出或带上拉的开漏输出用于 CTS 输入引脚。
- 如果需要的话，配置 GPIO8(RTS) 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 RTS 输出引脚。
- 如果需要的话，配置 GPIO5(DE) 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 DE 输出引脚。
- 如果输出引脚设置为开漏输出，就需要在引脚上添加外部上拉电阻
- 开启 UART 模式配置流程，然后执行 UART 传输.....

8. SPI 主机模式

当 MA111 使能 SPI 主机模式时，GPIO8，GPIO9 和 GPIOA 强制用于 SPI 主机的 MISO 输入，SPICLK 和 MOSI 输出。但引脚配置还需通过软件编程。例如，用户可以配置 MOSI 为推挽输出或带内部上拉的开漏输出。

MA111 的 SPI 主机引擎提供一个高速串行接口作为全双工同步通信总线。它能在 3 线或 4 线模式下作为一个主机工作。4 线模式下，在 GPIO5 上输出一个 nSS 信号用于片选从机设备。如果用户需要访问多个从机设备，软件可以将 MA111 SPI 配置成 3 线模式，并且控制其它的 GPIO 去片选多个 SPI 从设备。

表 8-1 MA111 SPI 功能选项列表

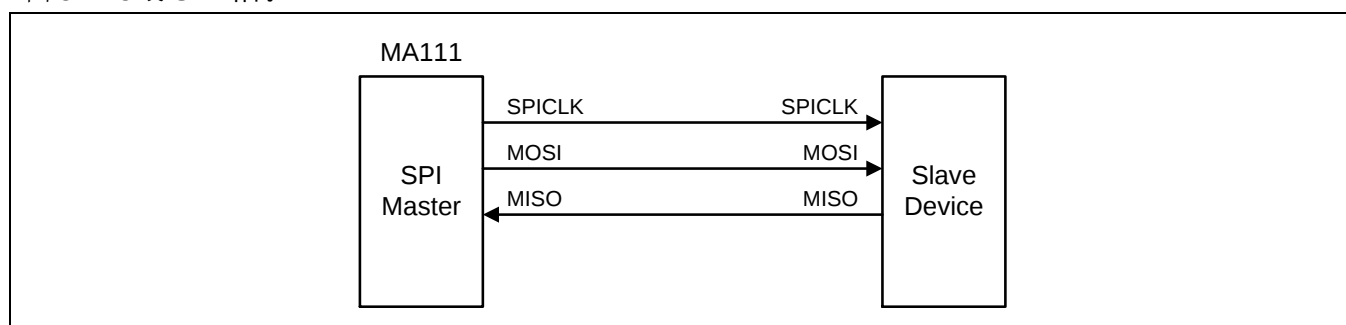
表 8-1. SPI 数据格式和功能选项

条目	功能选项
数据单位	8 位
SPICLK	2MHz 或 6MHz
数据位序	MSB 或 LSB
工作模式	模式 0, 1, 2 和 3

8.1. 3 线 SPI 结构

MA111 支持 SPI 在 3 线结构下通信。图 8-1 展示了 3 线 SPI 结构

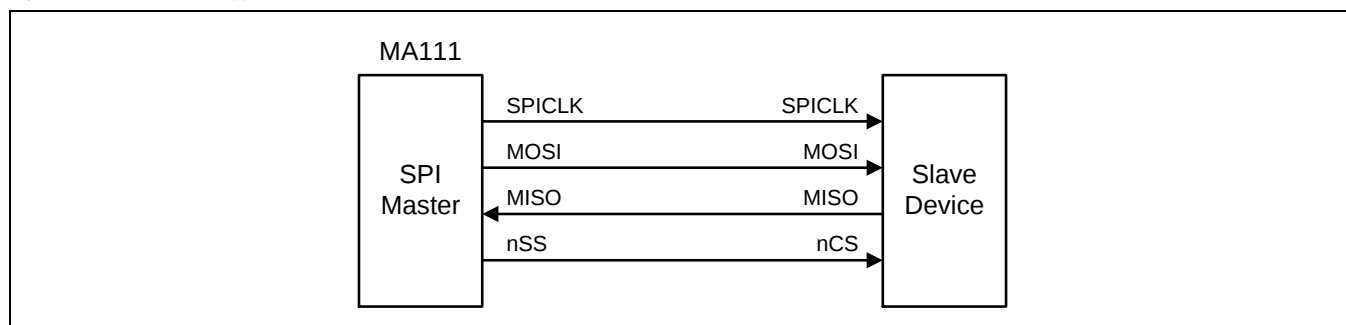
图 8-1. 3 线 SPI 结构



8.2. 4 线 SPI 结构

MA111 支持 SPI 在 4 线结构下通信。图 8-2 展示了 4 线 SPI 结构。

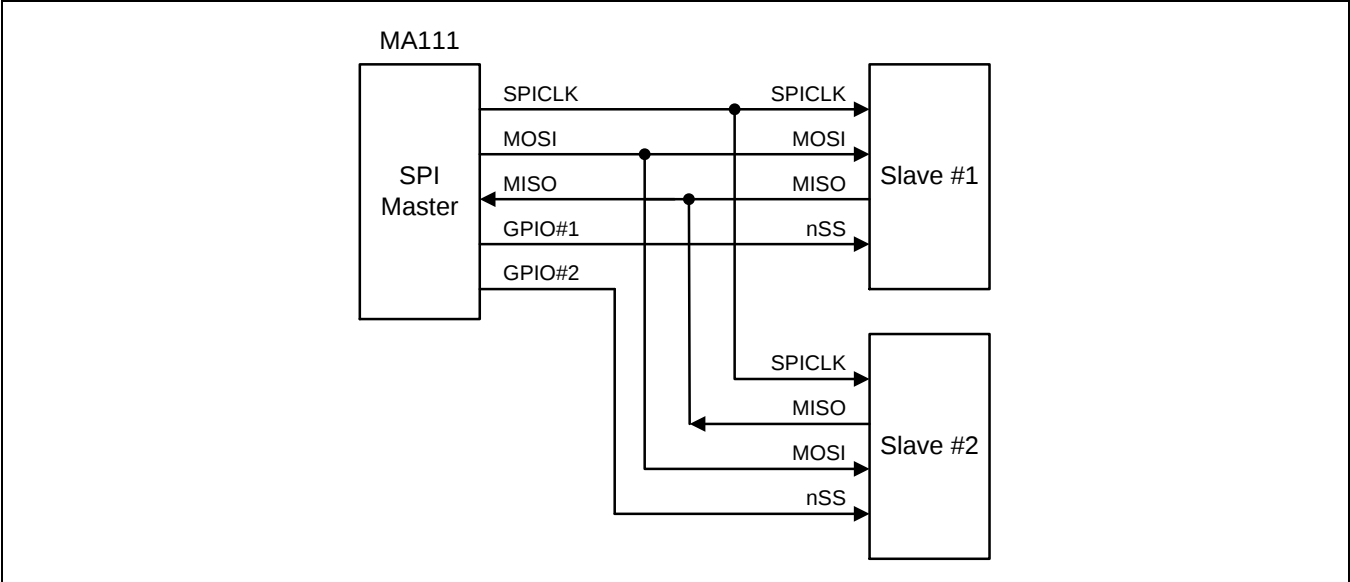
图 8-2. 4 线 SPI 结构



8.3. SPI 多从机结构

MA111支持SPI多从机通信。软件设置MA111为3线模式，并用不同的GPIO去控制目标从机设备。图 8-3 展示了MA111多从机SPI结构。

图 8-3. SPI 多从机结构



8.4. SPI 模式(0/1/2/3)

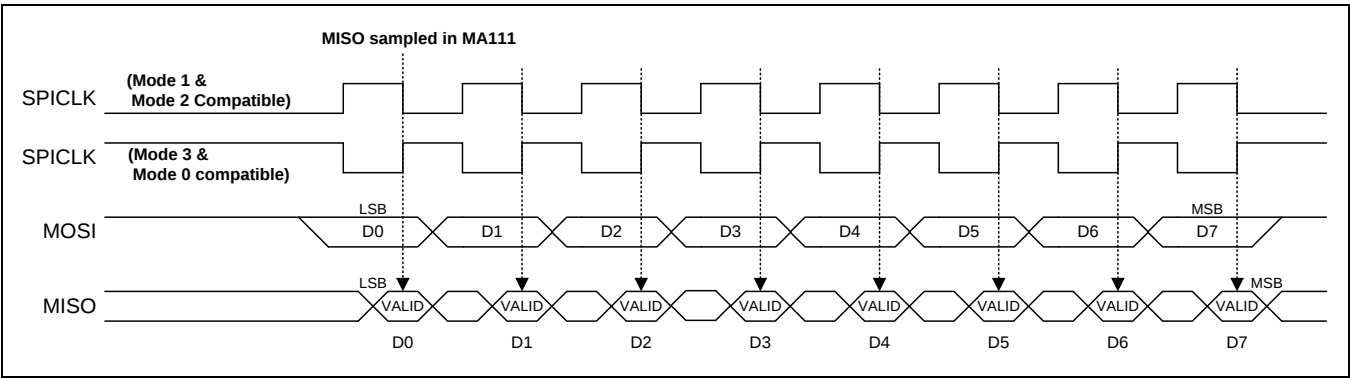
MA111 SPI 主机支持 SPI 工作模式 0,1,2,和 3 用于时钟相位（CPHA）和时钟极性（CPOL）的不同组合。表 8-2 列出了 CPHA 和 CPOL 的模式定义。

表 8-2. SPI 模式定义

SPI 模式	CPOL	CPHA	前沿	后沿	MA111 采样 MISO
0	0	0	采样(上升)	设置(下降)	SPICLK 上升沿
1	0	1	设置(上升)	采样(下降)	SPICLK 下降沿
2	1	0	采样(下降)	设置(上升)	SPICLK 下降沿
3	1	1	设置(下降)	采样(上升)	SPICLK 上升沿

图 8-4 展示了MA111 SPI 4个模式的波形. 这是LSB波形，也同样适用于MSB，它们有着同样的时钟状态和采样边沿。

图 8-4. SPI 数据模式波形



8.5. SPI 模式 GPIO 设置

为了在MA111 SPI模式下正确操作，以下建议可供用户软件编程时参考。

- 保持 GPIO8(MISO)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 保持 GPIO9(SPICLK)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 保持 GPIOA(MOSI)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 保持 GPIO5(nSS)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 配置 GPIO8(MISO) 为开漏输出或带上拉的开漏输出用于 MISO 输入引脚。
- 配置 GPIO9 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 SPICLK 输出引脚。
- 配置 GPIOA 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 MOSI 输出引脚。
- 如果需要的话，配置 GPIO5 为推挽输出，开漏输出或带上拉的开漏输出用于 NSS 输出引脚。
- 如果输出引脚设置为开漏输出，就需要在引脚上添加外部上拉电阻。
- 开启 SPI 模式配置流程，然后执行 SPI 传输.....

9. I2C 主模式

两线接口是一个两线，双向串行总线，一个是时钟（I2C_SCK），另一个是数据（I2C_SDA）。MA111 的 I2C 模式兼容 I2C 总线，MA111 仅支持一个主机。MA111 不支持在 I2C 总线上多个主机通信。

MA111 有 4 种 I2C 时钟速率。表 9-1 列出了 I2C_SCL 速率选项

表 9-1. I2C 时钟速率选项

I2C_SCL 速率选项	典型的 I2C_SCL 速率
25KHz	~ 30KHz
50KHz	~ 55KHz
75KHz	~ 81KHz
100KHz	~ 111KHz

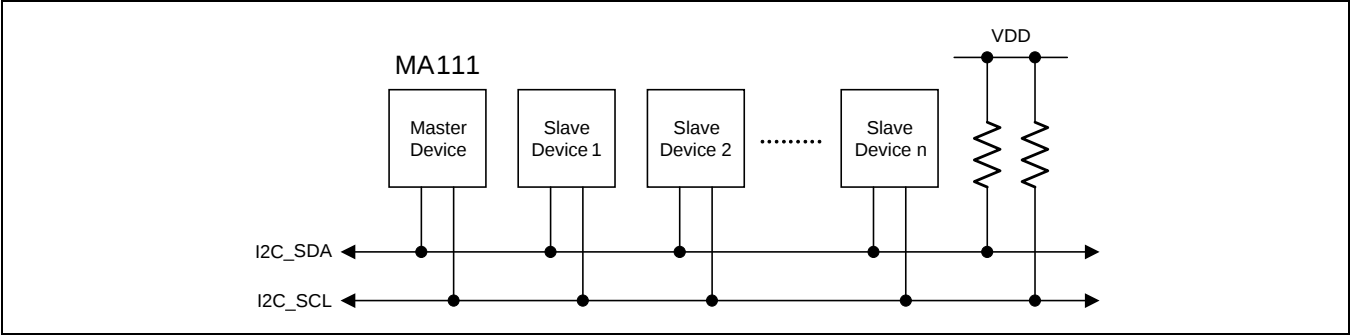
另外，MA111 有 8 种 I2C_SCL 时间溢出检测：20ms, 40ms, 80ms, 160ms, 320ms, 640ms, 960ms 和 1280ms. 时间溢出选择可以由用户软件配置。MA111 提供 3 种 I2C 总线传输方式：连续写，连续读和任意读。

9.1. I2C 总线结构

I2C 协议允许系统开发者仅使用 I2C_SCL 和 I2C_SDA 互连 128 个不同的设备。I2C 总线提供对 I2C_SDA(串行数据)、I2C_SCL(串行时钟)生成和同步、仲裁逻辑以及 START/STOP 控制和生成的控制。实现此总线所需的唯一外部硬件就是为总线提供一个上拉电阻。

图 9-1 展示了用于设备连接的典型I2C总线结构。

图 9-1. I2C 总线典型结构



9.2. I2C 模式 GPIO 设置

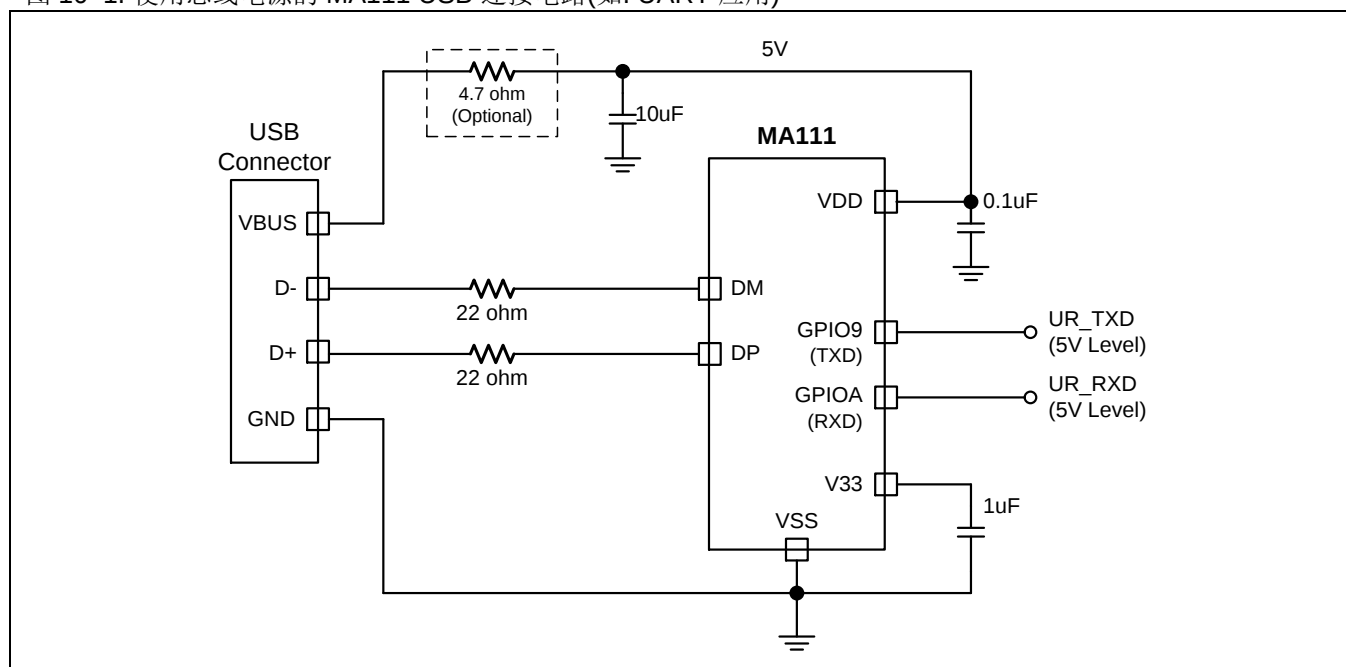
为了在MA111 I2C模式下正确操作，以下建议可供用户软件编程时参考

- 保持 GPIO9(I2C_SDA)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 保持 GPIOA(I2C_SCL)的默认输出值为默认状态 “1”。
- 配置 GPIO9(I2C_SDA) 为开漏输出或带上拉的开漏输出用于 I2C_SDA 引脚。
- 配置 GPIOA(I2C_SCL) 为开漏输出或带上拉的开漏输出用于 I2C_SCL 引脚。
- 如果输出引脚设置为开漏输出，就需要在引脚上添加外部上拉电阻。
- 开启 I2C 模式配置流程，然后执行 I2C 传输.....

10. 应用注意事项

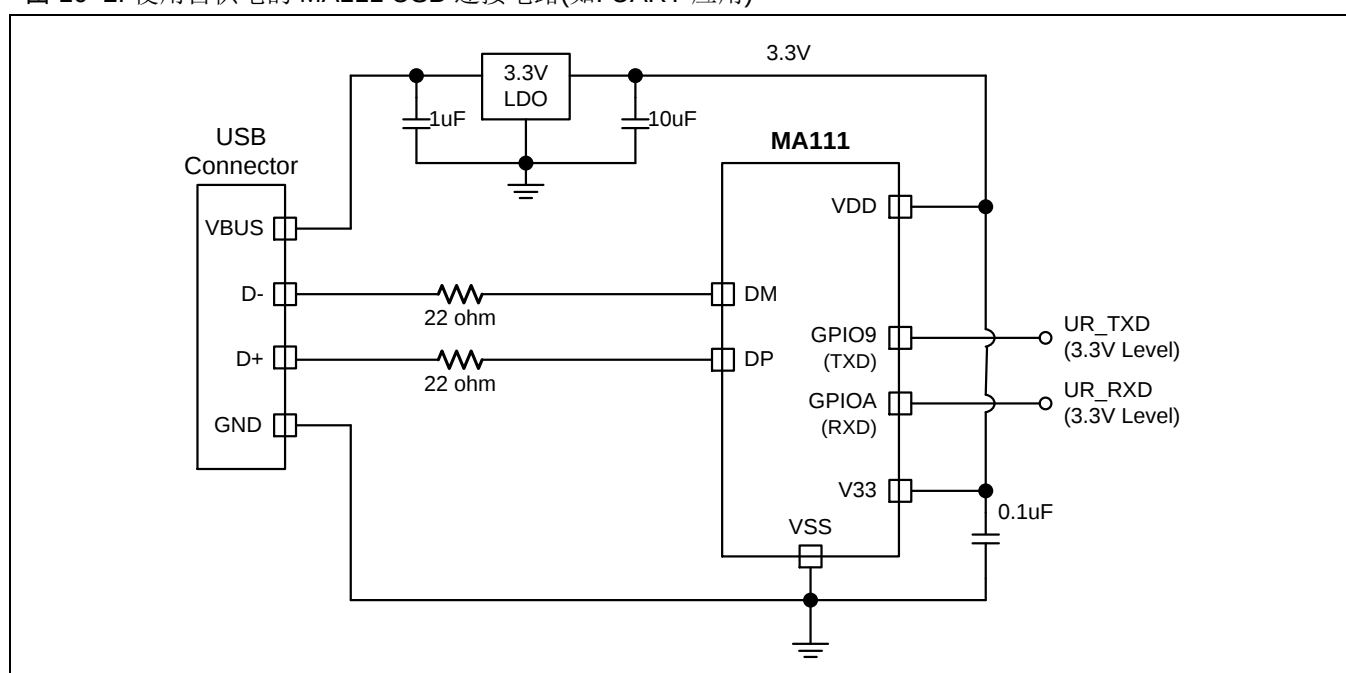
10.1. MA111 使用总线电源

图 10-1. 使用总线电源的 MA111 USB 连接电路(如. UART 应用)



10.2. MA111 使用自供电

图 10-2. 使用自供电的 MA111 USB 连接电路(如. UART 应用)



11. 电气特性

11.1. 绝对最大额定值

参数	范围	单位
环境温度	-40 ~ +85	°C
存储温度	-65 ~ + 150	°C
任意端口 I/O 引脚对 VSS 电压	-0.5 ~ VDD + 0.5	V
VDD 对 VSS 电压	-0.5 ~ +6.0	V
VDD 到 VSS 的最大总电流	200	mA
任意端口引脚最大灌电流	40	mA

*注意: 超过“绝对最大额定值”列出的条件可能对设备造成永久性损坏。这是一个设备进行正常功能操作的应力额定值, 任何超过上述各项的条件都不被建议。长时间处在最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。

11.2. DC 特性

VDD = 5.0V±10%, VSS = 0V, T_A = 25°C, 除非另外说明

标号	参数	测试环境	极限			单位
			最小.	典型.	最大.	
输入/输出 特性						
V _{IH}	输入高电平 (所有 GPIO)		0.75			VDD
V _{IL}	输入低电平(所有 GPIO)				0.15	VDD
I _{IH}	逻辑 1 输入电流	V _{PIN} = VDD		0	10	uA
I _{IL}	输入低电平漏电流 (所有数字输入 GPIO)	V _{PIN} = VSS		0	10	uA
I _{H2L}	逻辑 1 到 0 转变电流 (所有带片上上拉电阻的输入)	V _{PIN} = V _{H2L}		330	500	uA
I _{OH}	输出高电平电流 (所有推挽输出端口)	V _{PIN} =2.4V	12			mA
I _{OL}	输出低电平电流 (所有 I/O 口)	V _{PIN} =0.4V	12			mA
R _{ph1}	弱上拉电阻(所有 I/O 口)	V _{PIN} =2V		10		Kohm
R _{ph2}	非常弱上拉电阻(所有 I/O 口)	V _{PIN} =0V		260		Kohm
功耗						
I _{OP1}	正常模式工作电流	USB 已经连接 GPIO 无负载		5.6		mA
I _{PD1}	掉电模式电流	USB 已经连接		256	500	uA
工作环境						
V _{PSR}	上电斜率	T _A = -40°C to +85°C	0.05			V/ms
V _{POR}	上电复位有效电压	T _A = -40°C to +85°C			0.1	V

⁽¹⁾数据基于特性所得，非产品测试

11.3. USB 收发器电气特性

VDD = 4.0V ~ 5.5V, VSS = 0V, T_A = 25°C, 除非另外说明

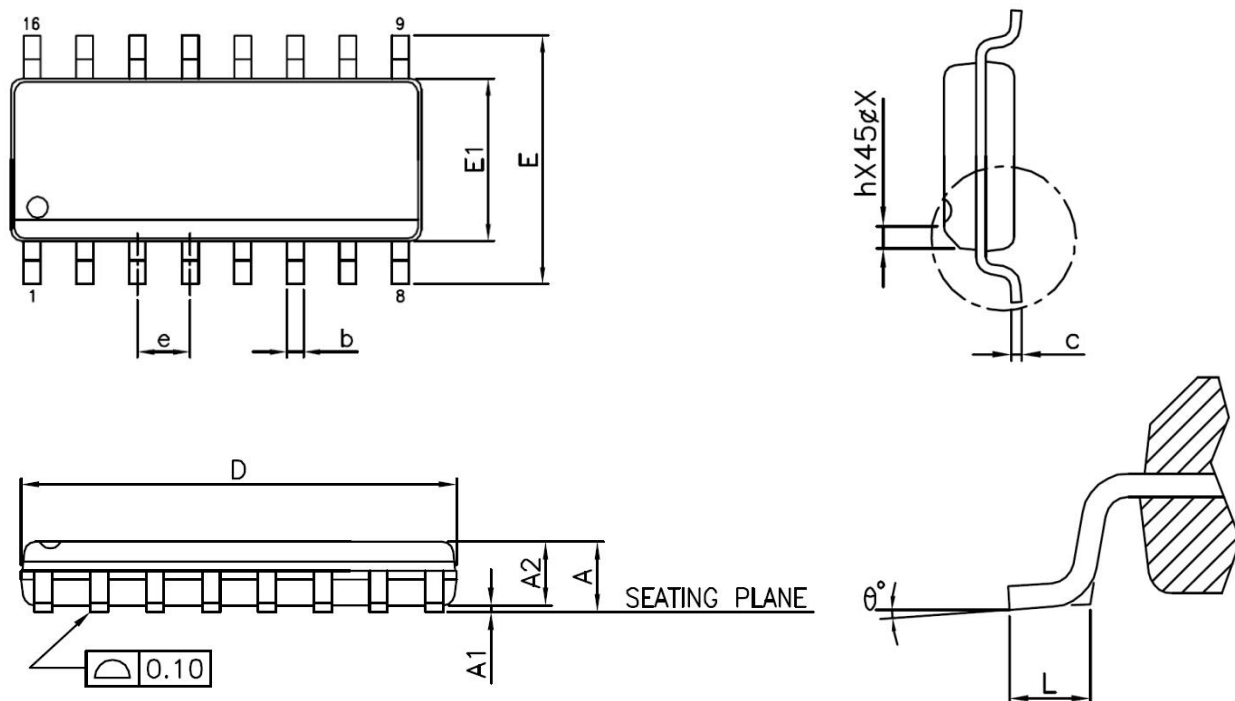
标号	参数	测试环境	极限			单位
			最小	典型	最大	
V _{V33}	3.3V 稳压器输出电压	T _A = 25°C	3.0	3.3	3.6	V
I _{V33}	稳压器输出电流	T _A = 25°C			35	mA
R _{PU}	上拉电阻	在 DP 上	0.95	1.1	1.3	Kohm
发送器						
V _{OH}	输出高电平		2.8			V
V _{OL}	输出低电平				0.8	V
V _{CRS}	输出交叉点		1.3		2.0	V
Z _{DRVH}	高驱时输出阻抗		28		44	Ohm
Z _{DRVL}	低驱时输出阻抗		28		44	Ohm
T _R	输出上升时间		4		20	ns
T _F	输出下降时间		4		20	ns
接收器						
V _{DI}	差分输入灵敏度	DP - DM	0.2			V
V _{CM}	差分输入共模范围		0.8		2.5	V
I _L	输入漏电流	禁止上拉		<1.0		uA

⁽¹⁾数据基于特性所得，非产品测试

12. 封装尺寸

12.1. SOP-16 (150mil)

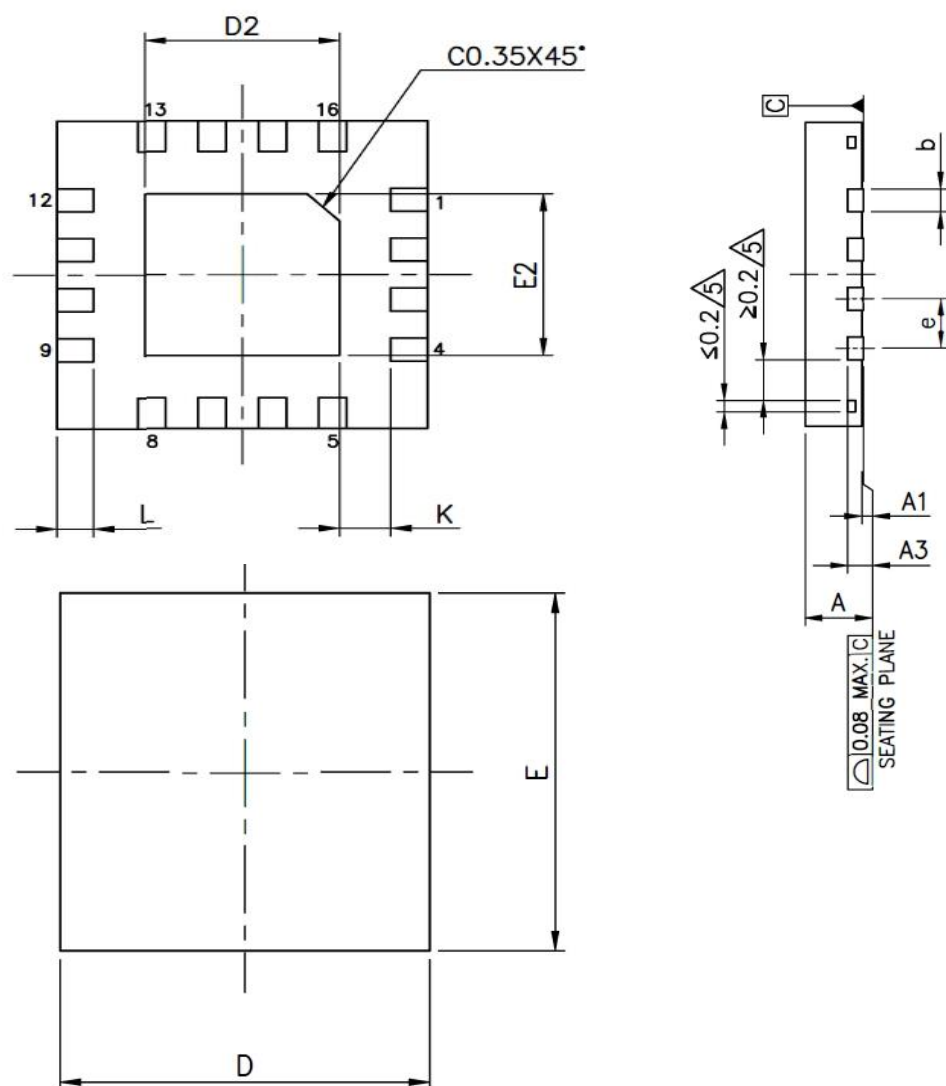
图 12-1. SOP-16(150mil)



单位	毫米 mm		英寸 Inch	
符号	最小值	最大值	符号	最小值
A	----	1.75	----	0.069
A1	0.10	0.25	0.004	0.010
A2	1.25	----	0.049	----
b	0.31	0.51	0.012	0.020
c	0.10	0.25	0.004	0.010
D	9.90 BSC		0.390 BSC	
E	6.00 BSC		0.236BSC	
E1	3.90 BSC		0.154BSC	
e	1.27 BSC		0.050BSC	
L	0.40	1.27	0.016	0.050
h	0.25	0.50	0.010	0.020
θ°	0°	8°	0°	8°

12.2. QFN-16 (4x4mm)

图 12-2. QFN-16 (4x4mm)



单位	毫米 mm			英寸 Inch		
符号	最小值	典型	符号	最小值	典型	符号
A	0.70	0.75	0.80	0.028	0.030	0.032
A1	0.00	0.02	0.05	0.000	0.001	0.002
A3	0.20 REF.			0.008 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.01	0.012	0.014
D	4.00 BSC			0.157 BSC		
D2	2.00	2.10	2.15	0.079	0.083	0.085
E	4.00 BSC			0.157BSC		
E2	2.00	2.10	2.15	0.079	0.083	0.085
E	0.65 BSC			0.026 BSC		
L	0.50	0.55	0.60	0.020	0.022	0.024
K	0.20	---	----	0.008	----	---

13. 版本历史

表 13-1. 版本历史

版本	描述	日期
v0.86	初次版本发布	2017/11/15
v0.87	1. 在章节 10 更新 USB 连接电路	2018/11/26
	2. 在章节 3.1 更新封装尺寸	2018/11/27
	3. 在章节 11.2.更新掉电模式电流	2018/11/27
	4. 增加方框图包含 SPI&TWI 模块	2018/11/27
	5. 增加 SPI&TWI 功能描述	2018/11/27
	6. 增加 UART/SPI/TWI 模式的引脚设置参考	2018/11/27
	7. 增加带上拉的开漏输出和准双向口的示意图	2018/11/27
V0.88	1.在章节 1，更新概述	2019/08/07
	2.在章节 11.1., 更新绝对最大额定值	2019/08/07
	3.在章节 7.6, 更新 UART 模式下的 GPIO 设置	2019/08/07
V0.89	1. 修改 TWI 字串为 I2C	2022/10/18

14. 免责声明

在此，笙泉（Megawin）代表 “*Megawin Technology Co., Ltd.*”

生命支援

此产品并不是为医疗、救生或维持生命而设计的，并且当设备系统出现故障时，并不能合理地预示是否会对人身造成伤害。因此，当客户使用或出售用于上述应用的产品时，需要客户自己承担这样做的风险，笙泉公司并不会对不当地使用或出售我公司的产品而造成的任何损害进行赔偿。

更改权

笙泉保留产品的如下更改权，其中包括电路、标准单元、与/或软件 - 在此为提高设计的与/或性能的描述或内容。当产品在大批量生产时，有关变动将通过工程变更通知（ECN）进行通知。