

特点

- 24 位高精度 ADC，输入增益可选，3 个差分或 5 个伪差分通道
- 输出信号的真有效值、极值和频率
- 内置校准和运算功能，可自动运算出测量值
- 内置 256 Bytes OTP，可用于存储不被改变的数据
- 通信接口：UART 和 I²C，支持 4bits 器件地址
- 支持 PFD 或 PWM 输出
- 输出 1.16V 低温漂基准
- 可选外部低频晶体振荡器或内部 RC 振荡器
- RTC 模块，可与外部的 32.768kHz 晶体配合提供年、月、星期、日、时、分和秒，可以自动进行闰年计算，时间精度可以调节
- 工作电压范围：2.5V–3.6V
- 工作温度范围：-40°C–85°C

描述

本芯片是一个带 24 位高精度 ADC 的计量专用芯片，可选择 3 个差分或 5 个伪差分通道，输入增益可选 1、2、8 和 16，可以满足不同的使用需求。

能直接测量直流信号和交流信号的真有效值，交流信号输入无需经过外部整流电路。

ADC 数据输出速率可选，可在速度和精度之间做合理的选择。

本芯片高度集成，所需外围器件很少，非常适合交直流电压电流表的应用。

提供三种工作模式：正常工作、待机和休眠。在 3.3V 工作电压下，三种模式的典型电流分别为 1.2mA，7.6uA 和小于 3uA。

抗干扰能力强，在无须额外的保护电路下 EFT 超过 4kV，适合各种工业环境的应用。

应用领域

- 单相或三相交流电压电流表
- 单路至三路直流电压电流表
- 多通道低频信号检测仪表

订购信息

SSOP24 封装

管脚图和管脚描述

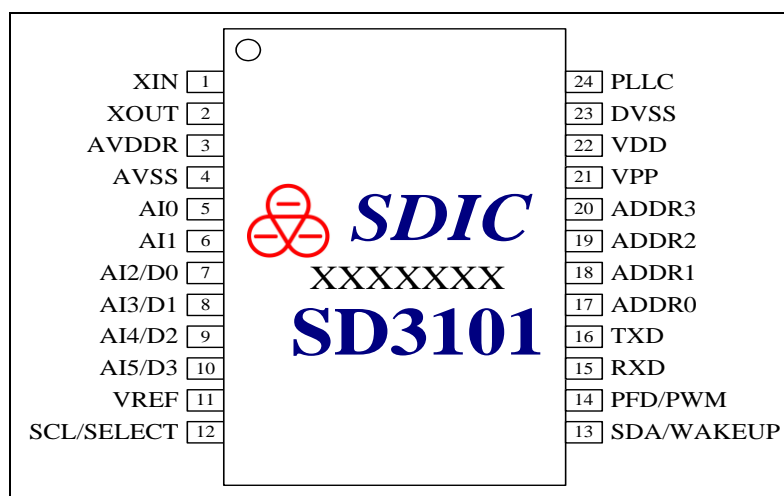


图1. 管脚图

表1. 管脚描述

序号	名称	属性	描述
1	XIN	模拟	晶体振荡器引脚
2	XOUT	模拟	晶体振荡器引脚
3	AVDDR	模拟	内部 LDO 输出, 供芯片模拟模块使用, 外接 1uF 电容到 AVSS
4	AVSS	地	模拟地
5-6	AI0-AI1	模拟输入	一组差分输入或两路伪差分输入
7-10	AI2/D0-AI5/D3	模拟输入 数字输出	AI2-5 可作为两组差分输入或四路伪差分输入, 也可复用为数字输出口 D0-3。默认为模拟输入状态
11	VREF	模拟	ADC 基准电压 1.16V, 可以连接外部基准源, 外接 100pF 和 10uF 到 AVSS
12	SCL/SELECT	数字输入	I ² C 通信接口的 SCL, 复用为通信选择口 SELECT
13	SDA/WAKEUP	数字	I ² C 通信接口的 SDA, 复用为 WAKEUP (休眠唤醒)
14	PFD/PWM	数字输出	PFD/PWM 输出
15	RXD	数字输入	UART 通信接口的 RXD
16	TXD	数字输出	UART 通信接口的 TXD
17-20	ADDR0-3	数字输入	器件地址选择口。内部有上拉电阻, 并有输入迟滞功能。转换点分别为 0.3VDD 与 0.7VDD。
21	VPP	模拟	OTP 烧录高压引脚, 外接 1uF 电容到 DVSS
22	VDD	电源	电源, 外接 0.1uF 电容到 DVSS
23	DVSS	地	数字地
24	PLL	模拟	PLL 外接电容, 外接 1nF 电容到 DVSS

功能框图

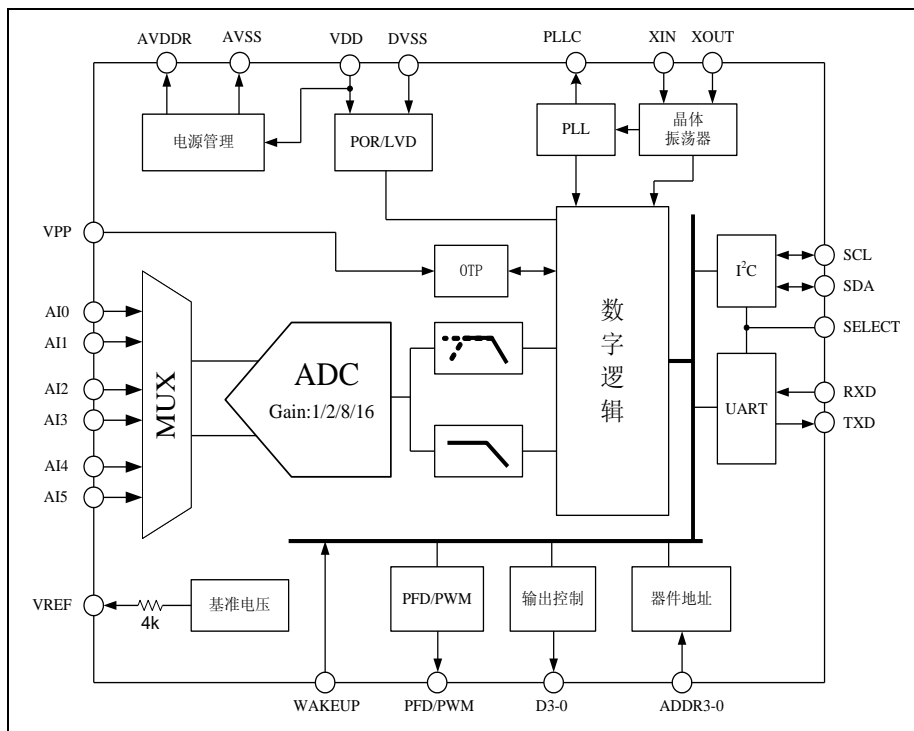


图2. 功能框图

系统设置

表2. SYSTEM 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
SYSTEM (0x00)	pken	sleep	AVDDR [1:0]		hour_sel	--		
R/W	R/W	R/W	R/W		R/W	--		
Reset	0	0	10		0	--		

Pken – 极值检测使能

- 1 – 开启极值检测功能
- 0 – 关闭极值检测功能，极大值极小值复位（默认）

sleep – 休眠控制信号

- 1 – 芯片进入休眠状态
- 0 – 芯片维持工作状态（默认）

AVDDR[1:0] – AVDDR 输出电压选择信号

- 00 – 2.4V
- 01 – 2.7V
- 10 – 3.0V（默认）
- 11 – 3.3V

hour_sel – RTC 的 12/24 小时制选择

- 1 – 24 小时制
- 0 – 12 小时制（默认）

表3. PORTCON 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
PORTCON (0x01)	--				AIEN[3:0]			
R/W	--				R/W			
Reset	--				1111			

AIEN [3:0] – AI5/D3-AI2/D0 端口功能选择

- 1 – 使能端口为模拟输入口（默认）
- 0 – 使能端口为数字输出口

ADC 设置

表4. ADCMUX 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADCMUX(0x02)	--	ADINPS[2:0]			--	ADINNS[2:0]		
R/W	--	R/W	R/W	R/W	--	R/W	R/W	R/W
Reset	--	0	0	0	--	0	0	0

ADINPS [2:0]: ADC 正输入端选择位

- 000: A0
- 001: A1
- 010: A2
- 011: A3
- 100: A4
- 101: A5
- 110: 保留
- 111: 保留

ADINNS [2:0]: ADC 负输入端选择位

- 000: A0
- 001: A1
- 010: A2
- 011: A3
- 100: A4
- 101: A5
- 110: 保留
- 111: 保留

表5. ADCCON 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADCCON (0x03)	hpf_en	OSR[2:0]			GAIN[1:0]		ac_dc	adc_en
R/W	R/W	R/W			R/W		R/W	R/W
Reset	1	011			00		0	0

hpf_en – 高通滤波器使能信号

- 1 – 开启高通滤波器（默认）
- 0 – 关闭高通滤波器

OSR [2:0] – 直流测量过采样率选择信号（交流测量使用固定过采样率）

000 – 128

001 – 256

010 – 512

011 – 1024（默认）

100 – 2048

101 – 4096

110 – 8192

111 – 16384

GAIN [1:0] – ADC 增益选择信号

00 – 1（默认）

01 – 2

10 – 8

11 – 16

ac_dc – 测量模式

1 – 交流测量

0 – 直流测量（默认）

adc_en – ADC 使能信号

1 – 开启 ADC

0 – 关闭 ADC（默认）

表6. 数值输出寄存器¹

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADC_DATAU (0x04)	ADC 数据高字节							
ADC_DATAH (0x05)	ADC 数据中间字节							
ADC_DATAL (0x06)	ADC 数据低字节							
SCALED_DATAU (0x07)	测量值高字节 ²							
SCALED_DATAH (0x08)	测量值中间字节							
SCALED_DATAL (0x09)	测量值低字节							
PKMAXH (0x0A)	极大值的高字节							
PKMAXL (0x0B)	极大值的低字节							
PKMINH (0x0C)	极小值的高字节							
PKMINL (0x0D)	极小值的低字节							
FREQ_H (0x0E)	频率值寄存器高字节							
FREQ_L (0x0F)	频率值寄存器低字节							

注:

1. 本列表的所有寄存器都为只读（Read Only）。
2. 见公式（1）。

数字输出口设置

表7. 数字输出口寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
DOUT(0x10)					D3	D2	D1	D0
R/W					R/W	R/W	R/W	R/W
Reset					0	0	0	0

Dx – 数字输出口输出电平

1 – 输出高电平

0 – 输出低电平（默认）

PWM 设置

表8. PWMCON 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
PWMCON (0x11)	pwm_en	--				PWMCLK_SEL[1:0]		
R/W	R/W	--				R/W		
Reset	0	--				00		

pwm_en – PWM 使能信号

1 – 开启 PWM

0 – 关闭 PWM（默认）

PWMCLK_SEL [1:0] – PWM 主时钟选择信号

00 – MCLK（为系统主时钟 2.097MHz）（默认）

01 – MCLK / 4

1x – MCLK / 16

表9. PWM 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
PWM_DH (0x12)	PWM 周期高电平主时钟个数的高字节							
PWM_DL (0x13)	PWM 周期高电平主时钟个数的低字节							
PWM_CH (0x14)	PWM 频率主时钟个数的高字节							
PWM_CL (0x15)	PWM 频率主时钟个数的低字节							

每一个 PWM 周期的高电平时间为 $(PWM_DH:DL + 1)/PWMCLK_SEL$ 。

PWM 的频率为 $PWMCLK_SEL / (PWM_CH:CL + 1)$ 。

需要注意的是 PWM_DH:DL 须小于等于 PWM_CH:CL。

RTC 实时时钟

外接低频晶体（32.768kHz），可以提供年、月、星期、日、时、分和秒等信号。

表10. RTC 寄存器

寄存器	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
SECOND(0x16)	--	S40	S20	S10	S8	S4	S2	S1
MINUTE(0x17)	--	M40	M20	M10	M8	M4	M2	M1
HOUR(0x18)	--	--	H20	H10	H8	H4	H2	H1
DAY(0x19)	--	--	D20	D10	D8	D4	D2	D1
WEEK(0x1A)	--	--	--	--	--	W4	W2	W1
MONTH(0x1B)	--	--	--	M10	M8	M4	M2	M1
YEAR(0x1C)	Y80	Y40	Y20	Y10	Y8	Y4	Y2	Y1

SECOND, MINUTE

秒和分寄存器，BCD 码表示，从 00 到 59，当该寄存器为 0101 1001 时，表明为 59。

HOUR

Bit5 位在 24 小时制中功能为 H20，在 12 小时制中，指明当前是上午（AM）还是下午（PM），1 为 PM，0 为 AM。

HOUR 对应不同显示方式的值如下表所示：

表11. HOUR[5:0]小时值

24 小时制	12 小时制	24 小时制	12 小时制
00	12 (AM12)	12	32 (PM12)
01	01 (AM01)	13	21 (PM01)
02	02 (AM02)	14	22 (PM02)
03	03 (AM03)	15	23 (PM03)
04	04 (AM04)	16	24 (PM04)
05	05 (AM05)	17	25 (PM05)
06	06 (AM06)	18	26 (PM06)
07	07 (AM07)	19	27 (PM07)
08	08 (AM08)	20	28 (PM08)
09	09 (AM09)	21	29 (PM09)
10	10 (AM10)	22	30 (PM10)
11	11 (AM11)	23	31 (PM11)

DAY, MONTH, YEAR

以上均为 BCD 码显示，年的显示从 xx00 年到 xx99 年，只显示十位和个位。

WEEK

对应 WEEK 星期日期如下表所示：

表12. WEEK[2:0]星期日期值

W4、W2 和 W1	星期	备注	W4、W2 和 W1	星期	备注
000	日	0x00	100	四	0x04
001	一	0x01	101	五	0x05
010	二	0x02	110	六	0x06
011	三	0x03	111	--	--

通信接口

本芯片采用 UART 和 I²C 两种通信接口，上电时通过 SELECT 引脚的电平选择其中的一种进行通信，如下表所示。

表13. 通信接口选择

SELECT 引脚	通信接口
0	UART
1	I ² C

UART 通信接口配置信息：

- 波特率:9600
- 数据位:8bits
- 停止位:1bit
- 校验位:None

I²C 通信接口的最高波特率为 100kHz。I²C 发送指令写入后需要过 100ms 才能读取到应答指令。I²C 发送指令和应答指令 E2PROM 地址都是从 0x00 开始。

注：上电开始程序会读取 SELECT 状态来判断是什么通信方式。程序后面正常运行时不能再改变通信方式，需要断电才能重新选取通信方式。

指令格式

一条完整的指令帧格式如表 14 所示。数值均为 16 进制。串口格式：8 位数据位、1 位停止位、校验位可选。

表14. 指令帧格式

指令：	XX	XX	XX XX……XX	CRC16
说明：	器件地址	控制码	指令参数	校验位

CRC16 校验的生成多项式为 $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ 。高字节在前。对于一个字节则是高位在前。

主机在发送一帧数据的过程中，每个字节之间的时间间隔不应超过每个字节传输时间的 3 倍（3ms），否则会被认为该帧数据已传输完毕。

器件地址说明

器件地址共 8bits，器件地址由 Bit7~4（addr3~0）决定，最多可设 14 个地址，如表 15 所示；

表15. 器件地址配置

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
addr3	addr2	addr1	addr0	0	0	0	r/w

r/w — I²C 读写控制位（UART 通信时内置为 0）

1 – 读

0 – 写

0x00 为通用地址（仅 UART 通信），即所有芯片都可以使用该地址进行通信，适用于单从机系统。

0xFF 为广播地址（仅 UART 通信），使用广播地址时，无需从机应答。

指令操作说明
1. 写寄存器

主机写从机寄存器指令如图 3 所示，从机应答如图 4 所示。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	寄存器地址 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	寄存器数据 (N * 8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-------------------	-------------------	-----------------------	---------------------

图3. 主机写从机寄存器

举例说明：

发送指令	00 01 00 01 00 24 6C
命令解析	00 器件地址
	01 写寄存器命令
	00 寄存器地址
	01 字节数
	00 写入寄存器数据
	24 6C CRC 校验

需要操作的寄存器个数 N，最大为 15。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	应答码 (8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-----------------	---------------------

图4. 从机应答

举例说明：

应答指令	00 01 00 70 50
命令解析	00 器件地址
	01 写寄存器命令
	00 应答码
	70 50 CRC 校验

应答码：

0x00 - 成功

0x01 - 地址越界

0x02 - 数据个数越界

0x03 - 数据错误

注：从机应答时，如果有错误，控制码会上 0x80，表明异常。

2. 读寄存器

主机读取从机寄存器指令如图 5 所示，从机应答如图 6 所示。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	寄存器地址 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-------------------	-------------------	---------------------

图5. 主机读取从机寄存器

举例说明：

发送指令	00 02 00 01 60 24
命令解析	00 器件地址
	02 读寄存器命令
	00 寄存器地址
	01 字节数
	60 24 CRC 校验

需要操作的寄存器个数 N，最大为 15。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	寄存器数据 (N * 8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-------------------	-----------------------	---------------------

图6. 从机应答

举例说明：

应答指令	00 02 01 00 A0 74
命令解析	00 器件地址
	02 读寄存器命令
	01 字节数
	00 寄存器数据
	A0 74 CRC 校验

注：从机应答时，如果有错误，控制码会上 0x80，表明异常。

3. 写 OTP

主机写 OTP 的指令如图 7 所示，从机应答如图 8 所示。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	OTP 地址 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	OTP 数据 (N * 8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	--------------------	-------------------	------------------------	---------------------

图7. 主机写从机寄 OTP

举例说明：

发送指令	00 03 00 01 00 25 D4
命令解析	00 器件地址
	03 写 OTP 命令
	00 OTP 地址
	01 字节数
	00 写入 OTP 的数据
	25 D4 CRC 校验

需要操作的 OTP 个数 N，最大为 15。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	应答码 (8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-----------------	---------------------

图8. 从机应答

举例说明：

应答指令	00 03 00 71 30
命令解析	00 器件地址
	03 写 OTP 命令
	00 应答码
	71 30 CRC 校验

应答码：

- 0x00 - 成功
- 0x01 - 地址越界
- 0x02 - 数据个数越界
- 0x03 - 数据错误
- 0x04 - 写 OTP 错误

注：从机应答时，如果有错误，控制码会上 0x80，表明异常。

4. 读 OTP

主机读取从机 OTP 指令如图 9 所示，从机应答如图 10 所示。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	OTP 地址 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	--------------------	-------------------	---------------------

图9. 主机读取从机 OTP

举例说明：

发送指令	00 04 00 01 80 25
命令解析	00 器件地址
	04 读 OTP 命令
	00 OTP 地址
	01 字节数
	80 25 CRC 校验

需要操作的 OTP 个数 N，最大为 15。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	字节数 N (8 bits)	OTP 数据 (N * 8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-------------------	------------------------	---------------------

图10. 从机应答

举例说明：

应答指令	00 04 01 00 40 75
命令解析	00 器件地址
	04 读 OTP 命令
	01 字节数
	00 OTP 数据
	40 75 CRC 校验

注：从机应答时，如果有错误，控制码会上 0x80，表明异常。

5. 校准

主机校准从机的指令如图 11 所示，应答如图 12 所示详细可参考校准章节。

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	字节数 = 2 (8 bits)	理想测量值 (2 * 8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	---------------------	-----------------------	---------------------

图11. 主机校准从机

举例说明：

发送指令	00 05 02 01 25 45 47
命令解析	00 器件地址
	05 校准命令
	01 25 理想测量值
	45 47 CRC 校验

器件地址 (8 bits)	控制码 (8 bits)	应答码 (8 bits)	CRC 校验 (16 bits)
------------------	-----------------	-----------------	---------------------

图12. 从机应答

举例说明：

应答指令	00 05 00 72 90
命令解析	00 器件地址
	05 校准命令
	00 应答码
	72 90 CRC 校验

应答码：

0x00 - 成功

0x03 - 数据错误

校准

芯片内部提供校准功能，通过 0x05 控制码进行校准。经过校准后，主机可以直接读取运算好的测量值（SCALED_DATAU/H/L），而不用读取 ADC 码值然后在主机再进行运算。

用户需先将校准信号连接到所选模拟输入端。如图 11 所示，在校准时，将希望得到的理想测量值发到从机，从机根据理想测量值、ADC 配置和测量到的校准信号值等进行校准，生成并保存校准常数。SD3101F 可根据不同的配置进行校准，校准的次数最多为 128 次。

其中校准常数为 2 个字节，测量值的计算公式如式 1 所示。

$$\text{测量值} = \text{ADC数据} \times \text{校准常数} \quad (1)$$

ADC 配置值为 ADCMUX（表 4）和 ADCCON（表 5），芯片会根据该配置值进行校准。主机在读取测量值时，需确保当前设置的 ADCMUX 和 ADCCON 值和校准时的设置相同。

输入的理想测量值为忽略小数点的整数值。如校准电压为 1.000V，此时输入的理想测量值为 1000 而不是 1；校准电压为 10.00V，此时输入的理想测量值为 1000 而不是 10；校准电压为 999.9V，此时输入的理想测量值为 9999 而不是 999；校准电压为 1000V，此时输入的理想测量值为 1000。

OTP

芯片内部预留了 256 字节的 OTP，可用于存储不被改变的数据，例如 ID 等信息。

通过控制命令 0x03 和 0x04 可以写和读该 OTP，地址范围为 0x00~0xFF。

需要注意的是，每一个 OTP 地址只能写一次，不能改写。

休眠与唤醒

通过对 SYSTEM 寄存器的 bit6 写 1 将会使芯片进入休眠状态。只能在 UART 串口通信下才能进入休眠模式。

在休眠状态下，将 WAKEUP 拉低超过 100us 即可唤醒芯片，如图 13 所示。

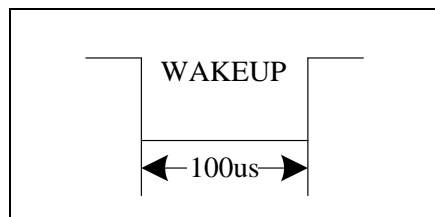
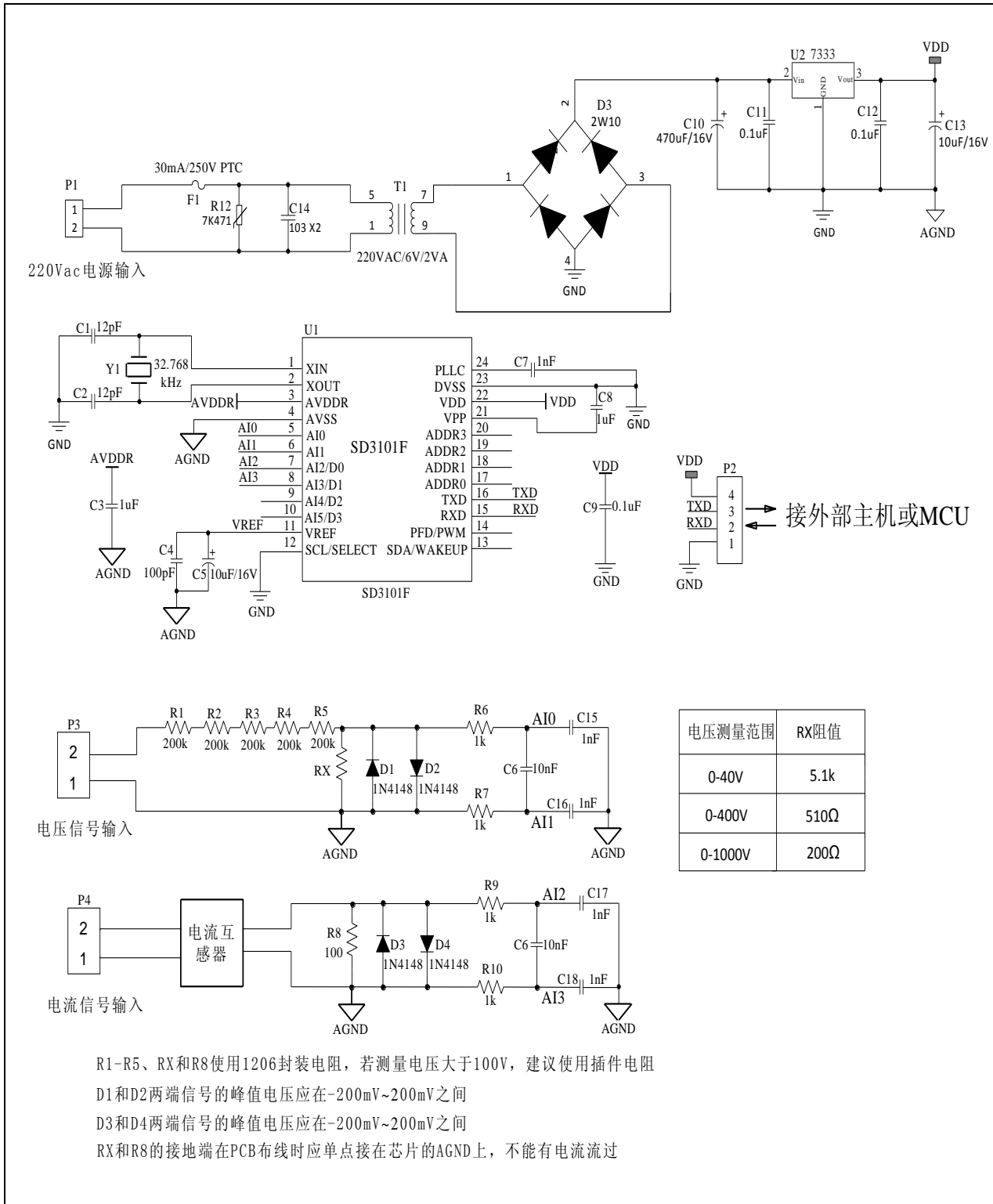


图13. 唤醒时序图

典型应用图

图14. 基于UART通信的单相电压电流表典型应用图

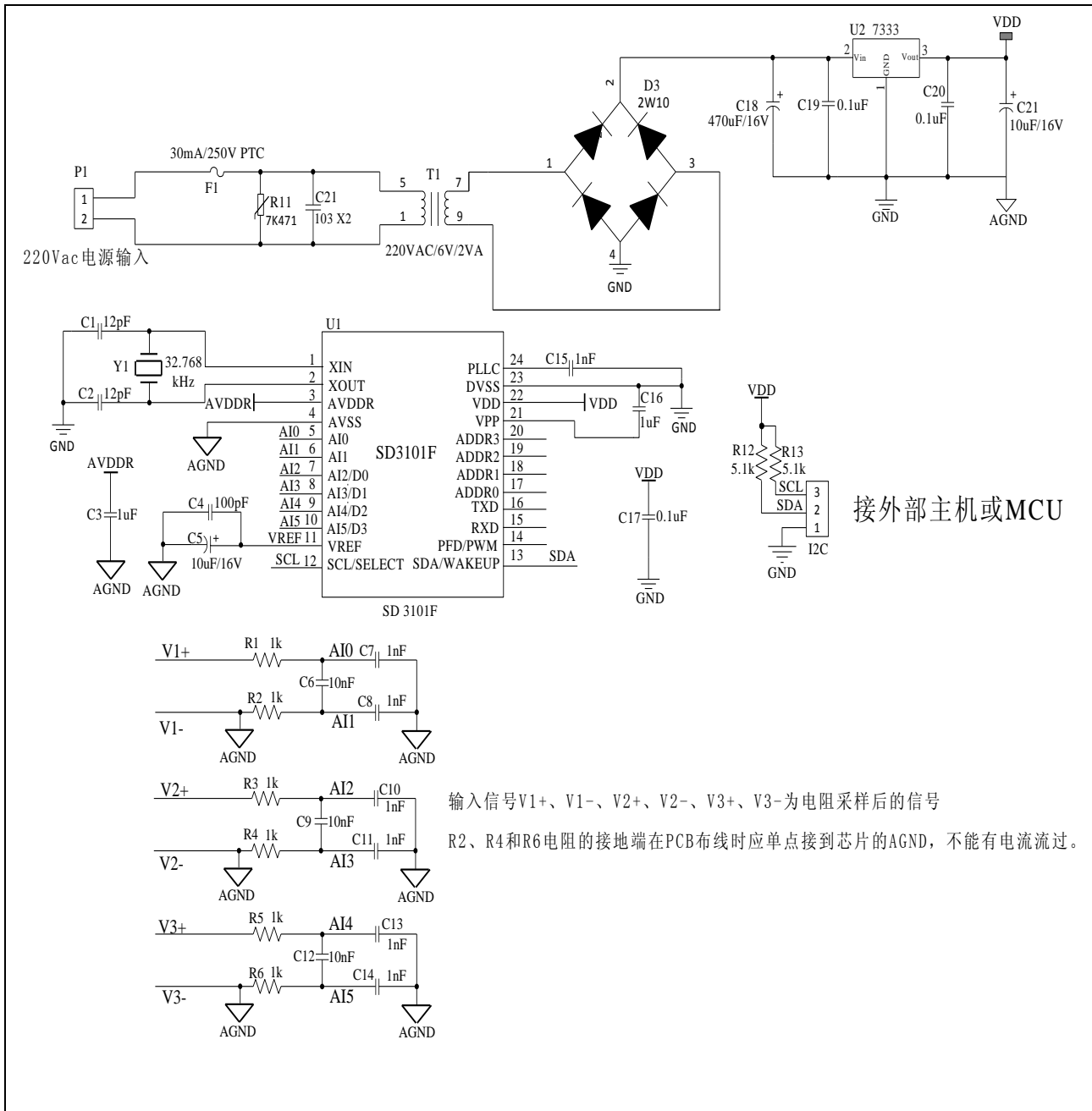


图15. 基于I2C 通信的三相电压电流表典型应用图

电气特性

表16. 最大极限值

标识	参数	最小值	最大值	单位
T _A	环境温度	-40	+85	℃
T _S	储存温度	-55	+150	℃
V _{DD}	供电电压	-0.2	+4.0	V
V _{OUT}	数字输出	-0.2	V _{DD} +0.3	V
T _L	回流焊温度曲线	Per IPC/JEDECJ-STD-020C		℃

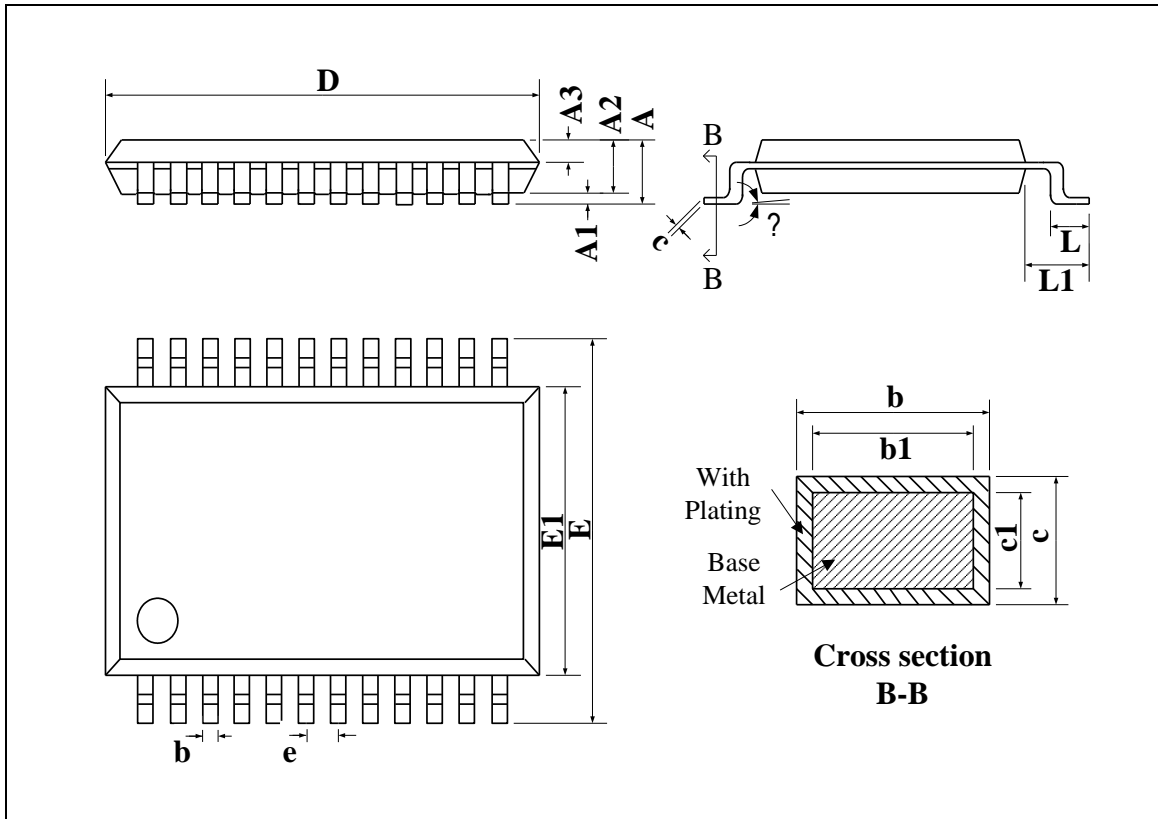
注:

1. CMOS 器件易被高能静电损坏, 设备必须储存在导电泡沫中, 注意避免工作电压超出范围。
2. 在插拔电路前请关闭电源。

表17. 电气参数 (电源电压 3.3V, 工作温度 25℃)

标识	参数名称	最小值	典型值	最大值	单位	条件/备注
VDD	电源	2.5	3.3	3.6	V	数字电路的最小工作电压可到 2.0V
CRYXT	外部低频晶体振荡器频率	--	32.768	--	kHz	
FOSC	系统工作时钟	--	2.097	--	MHz	CRYXT 经过 PLL 倍频
IDD1	工作电流 1		1.2		mA	正常工作模式
IDD2	工作电流 2		3		uA	进入休眠模式
Fsam	ADC 采样频率	--	1.048	--	MHz	ADC 的工作时钟
OSR	过采样率	128	--	16384		可选择为 128~16384
GAIN	ADC 增益	1	--	16		可选择为 1、2、8 和 16
ENOB	ADC 有效位数	--	19.5	--	bits	Gain=1
NMbit	无失码输出	24	--	--	bits	
INL	积分非线性	--	0.002	--	%FSR	在使用外部基准情况下
VINDif	ADC 差分信号输入范围	-0.6	--	+0.6	V	Gain=1
VINabs	ADC 绝对电压输入范围	-0.2	--	AVDDR+0.2	V	Gain=1
ACFreq	交流输入信号频率范围	40	--	400	Hz	0.5%测量准确度
Vnrms	RMS 噪声	--	2.2	--	uVrms	Gain=1
VREF	基准电压	--	1.16	--	V	
Rvref	Vref 输出阻抗	--	4	--	kΩ	
TCvref	基准温漂	--	±50	--	ppm/℃	-40℃~85℃
Vavddr	AVDDR 输出电压	--	2.4	--	V	SYSTEM [5:4]=00
		--	2.7	--		SYSTEM [5:4]=01
		--	3.0	--		SYSTEM [5:4]=10
		--	3.3	--		SYSTEM [5:4]=11
Iavddr	AVDDR 电流能力	--	10	--	mA	
POR	上电复位电压	--	2.0	--	V	

LVD	低压检测复位电压	--	1.9	--	V	
THlbt	低压检测迟滞	--	200	--	mV	
数字口电气参数						
IOH	高电平 Source 电流	--	12	--	mA	VOH=VDD-0.3V
IOL	低电平 Sink 电流	--	12	--	mA	VOL=0.3V
VOH	输出高电平	VDD-0.3	--	--	V	
VOL	输出低电平	--	--	VSS+0.3	V	
Rpu	上拉电阻	--	200	--	kΩ	VDD = 3.0

封装规格


Dimensions: mm

Symbol	Min.	Nom.	Max.
A	—	—	2.00
A1	0.05	—	0.25
A2	1.65	1.75	1.85
A3	0.75	0.80	0.85
D	8.00	8.20	8.40
E	7.60	7.80	8.00
E1	5.10	5.30	5.50
L	0.75	—	1.05
L1	1.25BSC		
b	0.29	—	0.37
b1	0.28	0.30	0.33
c	0.15	—	0.20
c1	0.14	0.15	0.16
e	0.65BSC		
θ	0°	—	8°

图16. SSOP24 封装外形图