



密级：公开资料

TTC BLE SDK

CC2640 部分硬件特性测试

文件版本：V1.1

深圳市昇润科技有限公司

2017 年 02 月 24 日

版权所有

版本	修订日期	修订人	审稿人	修订内容
1.0	2016-12-30	郭高亮/徐凯翔	张眼	初稿
1.1	2017-02-24	郭高亮	张眼	ADC 特性测试完善

目 录

1. ADC 相关特性测试	2
1.1 ADC 精度	2
1.1.1 测试方法介绍	2
1.1.2 ADC 特性表	3
1.2 温度传感器(Temperature Sensor)	6
1.2.1 测试方法介绍.....	6
1.2.2 测量结果.....	6
1.3 电池电压监测(Battery Monitor).....	7
1.3.1 测试方法介绍.....	7
1.3.2 测量结果.....	7
1.4 环境温度以及供电电压对 ADC 的影响	8
1.4.1 供电电压 VDDS 对 ADC 的影响	8
1.4.2 环境温度对 ADC 的影响	8
2. GPIO 测试	10
2.1 GPIO 输入门限测试	10
2.2 负载能力测试（单个 IO 口）	11
2.2.1 拉电流	11
2.2.2 灌电流	12
3. 联系我们.....	13

1. ADC 相关特性测试

测试主要有以下几点：

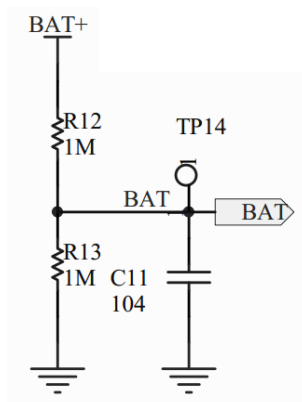
- ADC 使用不同参考源时电压测量精度
- 温度传感器的精度
- 电池电压精度
- 环境温度以及供电电压对 ADC 的影响

1.1 ADC 精度

1.1.1 测试方法介绍

(1) 外围电路介绍

在用作 ADC 输入的引脚外需要加一个 RC 电路，需要采集的电压通过一个 104P 的电容接到地。如图：



(2) 软件处理介绍

在程序中需要构建一个周期事件来周期性的读取电压的 AD 值，实际测试时是每个周期连续采集 20 次得到 20 个数据然后取平均值，最后将平均值通过蓝牙上传至 lightblue 显示，测试人员记录若干组平均值，完成数据记录后就能绘制出图表。

另外，ADC 可以软件设置使用不同的内部电压参考源，但不支持使用外部参考源。

(3) 实际操作

实际测试是采用高精度的直流电源分析仪(能精确到 0.0001V)输出电压至上图 BAT+，调节此电压输出，用高精度万用表(能精确到 0.0001V)测量上图 BAT 处的电压（注意，在调整好电压后需将电压表表笔移开，以免影响测量）。然后计算理论值与实际值的差，凭此差值来观察 ADC 的特性，每个参考电压都测试一遍，最终就能得到完整的 ADC 特性表。

注意： ADC 测试时，模拟 IO 口电压输入需小于 VDD5，以保证测试精度！

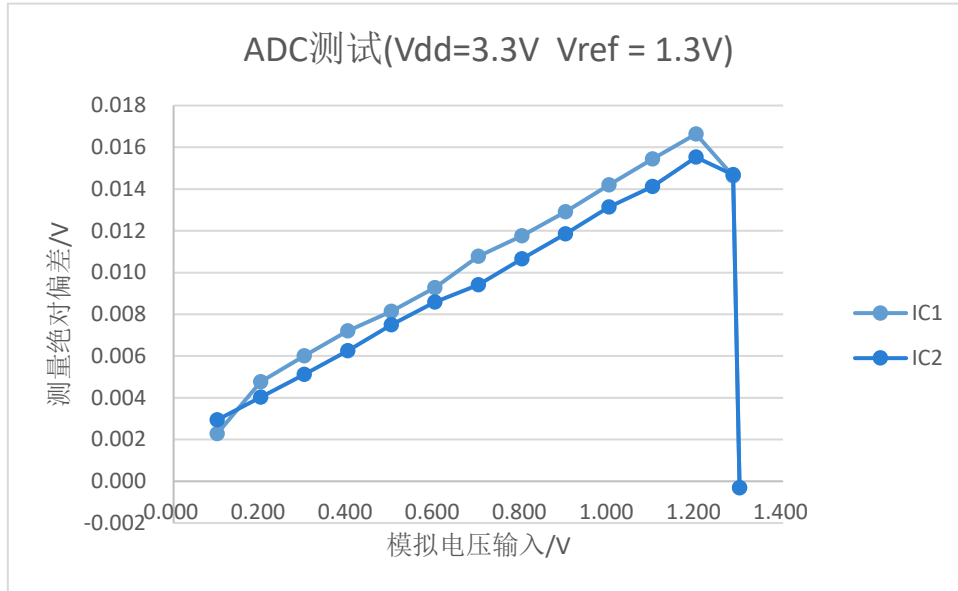
(4) 小结

根据实际测试：使用内部 1.43V 电压作为参考电源时，ADC 测量精度较好（在 0V~1.43V 范围内，测量绝对偏差在 2mV 以内）。测试所用 3 片芯片，测量绝对误差一致性较好。选用其他参考电源时，测量绝对偏差不同幅度的增大。

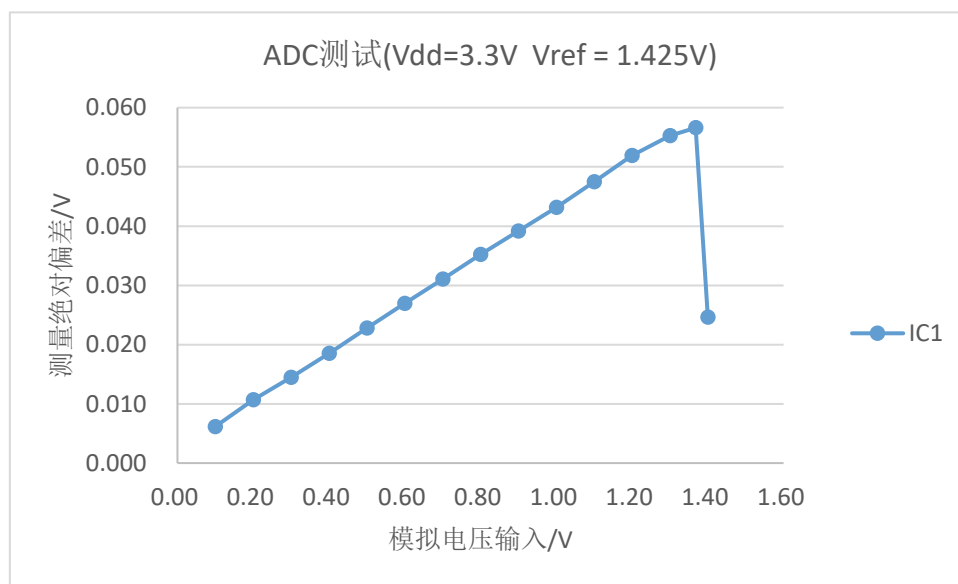
以下测试结果仅供参考。

1.1.2 ADC 特性表

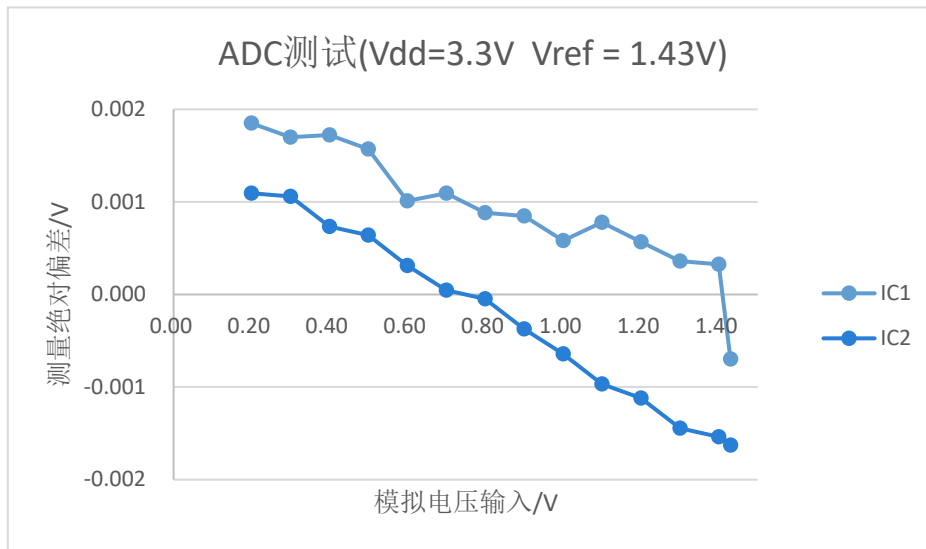
(1) $V_{dd}=3.3V$ $V_{ref} = 1.3V$



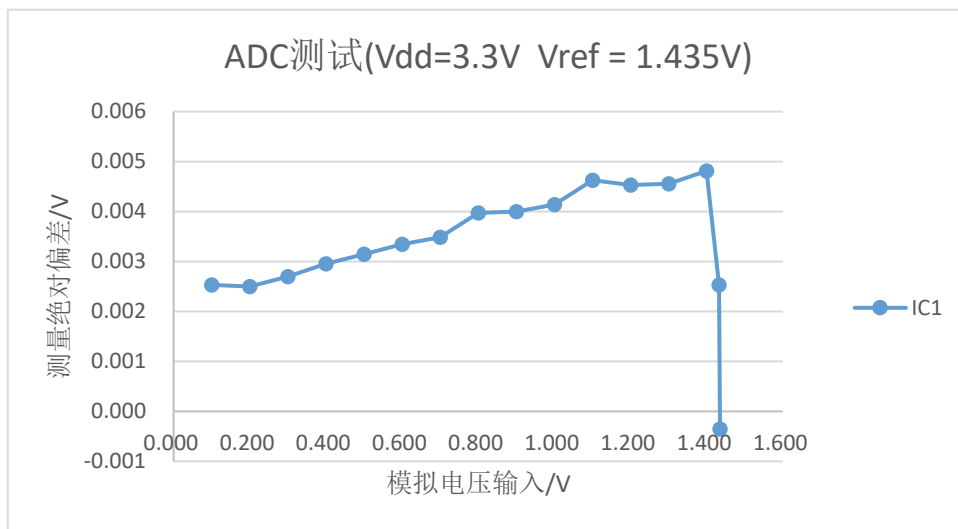
(2) $V_{dd}=3.3V$ $V_{ref} = 1.425V$



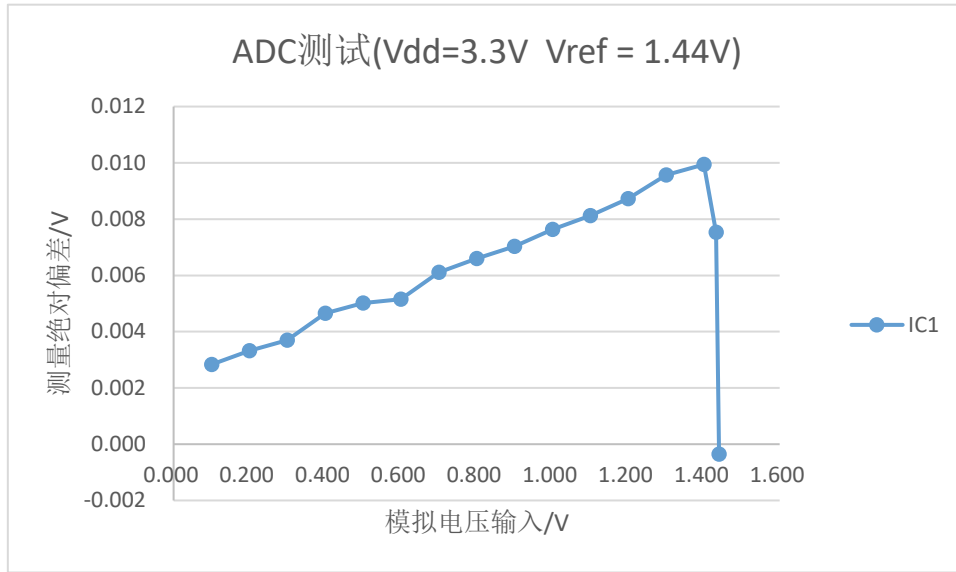
(3) Vdd=3.3V Vref = 1.43V



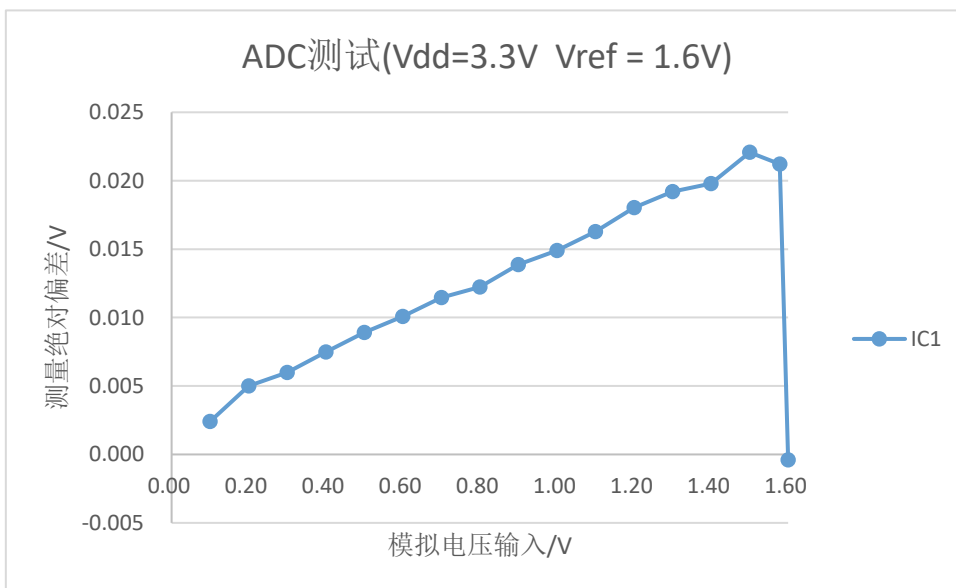
(4) Vdd=3.3V Vref = 1.435V



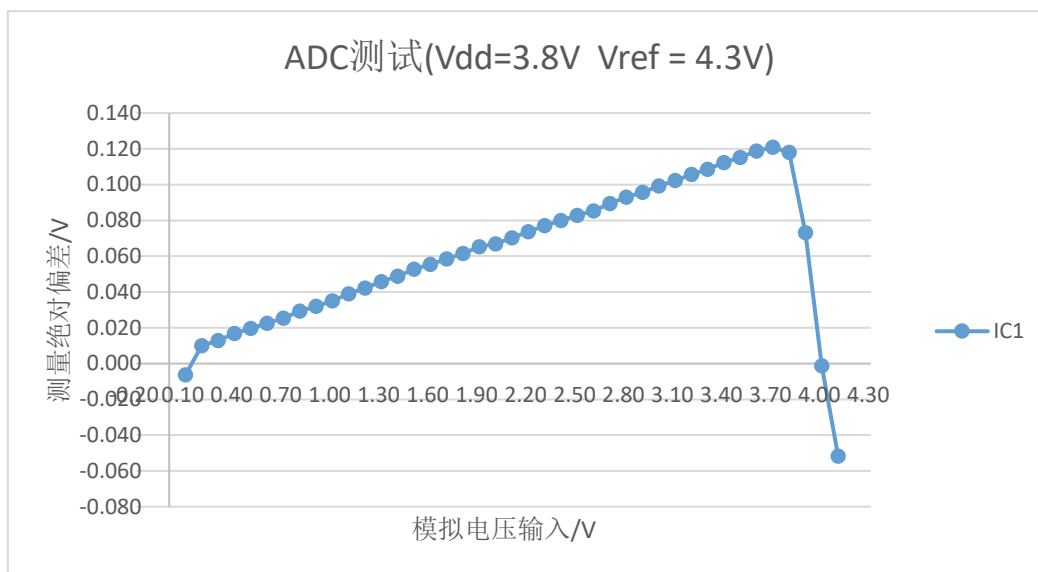
(5) $V_{dd}=3.3V$ $V_{ref} = 1.44V$



(6) $V_{dd}=3.3V$ $V_{ref} = 1.6V$



(7) $V_{dd}=3.8V$ $V_{ref} = 4.3V$



1.2 温度传感器(Temperature Sensor)

经过测试，在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 范围内，温度传感器的测量绝对偏差在 5°C 以内，符合 datasheet 参数：

Measured on the TI CC2650EM-5XD reference design with $T_c = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5} = 3.0\text{V}$, unless otherwise noted.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Resolution			4		$^{\circ}\text{C}$
Range		-40		85	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy			± 5		$^{\circ}\text{C}$
Supply voltage coefficient ⁽¹⁾			3.2		$^{\circ}\text{C}/\text{V}$

1.2.1 测试方法介绍

(1) 软件处理介绍

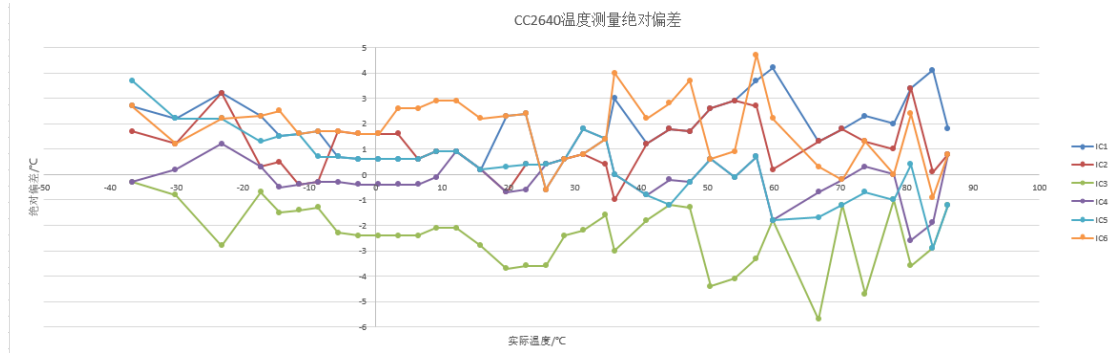
在程序中需要构建一个周期事件来周期性的读取温度值，将测量结果通过蓝牙上传至 lightblue 显示，观测连续 5 次测试结果，完成数据记录后绘制出图表。

(2) 实际操作

6 个 CC2640 5*5 模块同时测量，3.3V 供电，放入高低温测试箱，并用数字温度计辅助记录实际温度。依次设置高低温测试箱的目标温度，待温度稳定后，记录数字温度计的温度值及 lightblue 显示的测量温度值。

1.2.2 测量结果

以下图中包含 6 片 CC2640 同时测试的结果，分别用 6 条不同颜色的折线表示，仅供参考。测试所用 6 片芯片并不具备非常好的一致性，但精度基本在 5 摄氏度以内。



1.3 电池电压监测 (Battery Monitor)

经过测试，电池电压监测的测量绝对偏差在 30mV 以内。以下为 datasheet 所给参数：

Measured on the TI CC2650EM-5XD reference design with $T_c = 25^\circ\text{C}$, $V_{\text{DD5}} = 3.0\text{ V}$, unless otherwise noted.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Resolution			50		mV
Range		1.8		3.8	V
Accuracy			13		mV

1.3.1 测试方法介绍

(1) 软件处理介绍

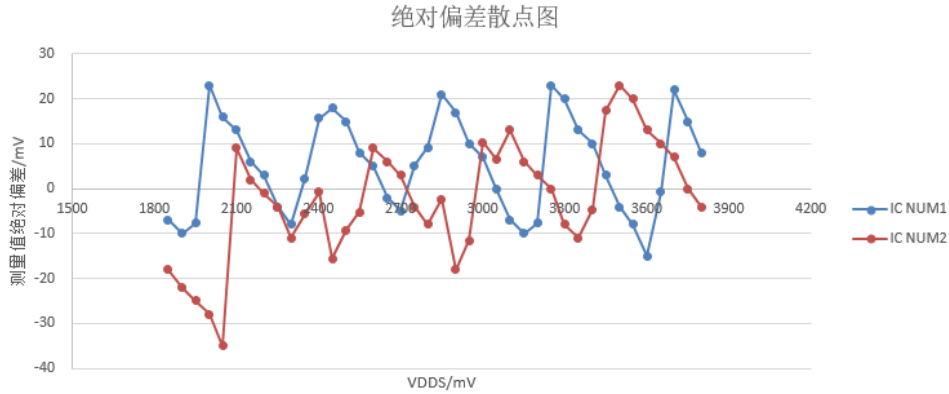
在程序中需要构建一个周期事件来周期性的读取电池电压，将测量结果通过蓝牙上传至 lightblue 显示，观测连续 5 次测试结果，完成数据记录后绘制出图表。

(2) 实际操作

分别测试两个 CC2640 5*5 模块，使用直流电源分析仪在 1.8V~3.8V 范围内供电，依次记录测量结果。

1.3.2 测量结果

以下图中包含 2 片 CC2640 测试的结果，分别用 2 条不同颜色的折线表示，仅供参考。测试所用 2 片芯片并不具备非常好的一致性，但精度基本在 30mV 以内。



1.4 环境温度以及供电电压对 ADC 的影响

1.4.1 供电电压 VDD5 对 ADC 的影响

(1) 规格书所给参数如下：

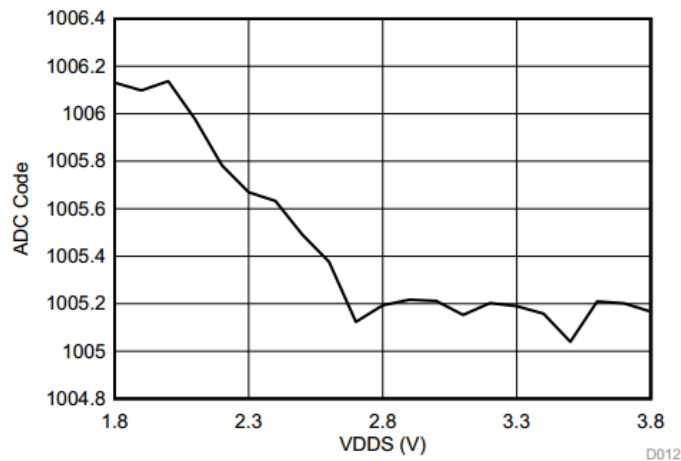


Figure 5-18. SoC ADC Output vs Supply Voltage (Fixed Input, Internal Reference, No Scaling)

(2) 使用内部 1.43V 作为测量参考源，直流电源分析仪 1.46v 作为固定输入，并配合 [1.1.1 节](#)提及的分压电路，在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 范围内，测试结果最大偏差为 6LSB(2mV)。

1.4.2 环境温度对 ADC 的影响

实际测量结果基本符合规格书所给参数。

注意： ADC 测试时，模拟 IO 口电压输入需小于 VDD5，以保证测试精度！

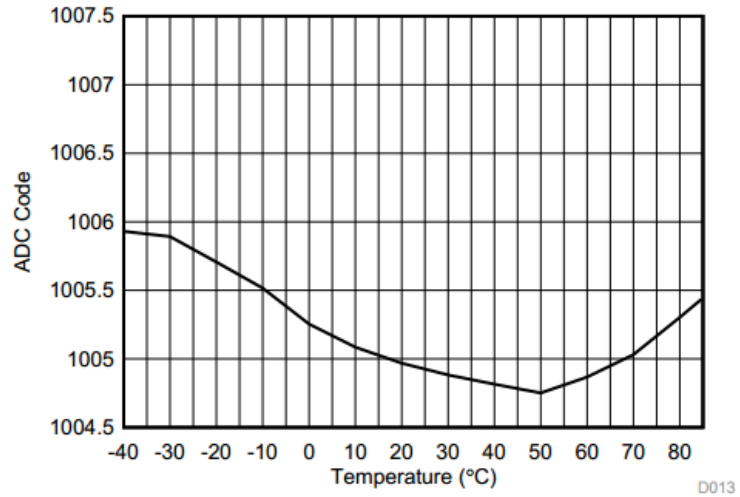


Figure 5-19. SoC ADC Output vs Temperature (Fixed Input, Internal Reference, No Scaling)

2. GPIO 测试

测试项分为两项：输入门限及负载能力测试，均基本符合 TI 给出的参数，请参考 [TI CC2640 数据手册](#)。以下测试结果仅供参考。

2.1 GPIO 输入门限测试

1. TI DataSheet 参数

VIH: $\geq 0.8 * V_{DD5}$ (Lowest GPIO input voltage reliably interpreted as a «High»)

VIL: $\leq 0.2 * V_{DD5}$ (Highest GPIO input voltage reliably interpreted as a «Low»)

2. 测试结果

(1) 输入 IO 口设置：输入、无上拉、无滞后

IOID_14 | PIN_GPIO_OUTPUT_DIS | PIN_INPUT_EN | PIN_NOPULL,

VIH: $\geq 1.51V$

VIL: $\leq 1.49V$

备注：存在不稳定区间

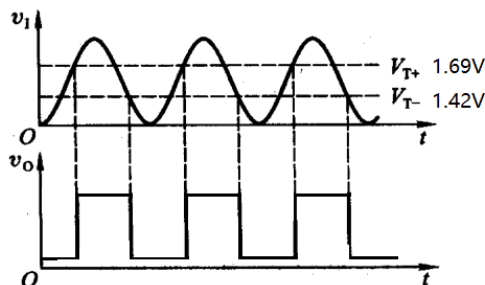
(2) 输入 IO 口设置：输入、无上拉、有滞后

IOID_14 | PIN_GPIO_OUTPUT_DIS | PIN_INPUT_EN | PIN_NOPULL | PIN_HYSTERESIS,

正向递增阈值电压 V_{T+} : 1.69V

负向递减阈值电压 V_{T-} : 1.42V

注：中间电压根据电压变化方向判断



备注：PIN_HYSTERESIS 使能之后，相当于加入施密特触发器的功能。对于负向递减和正向递增两种不同变化方向的输入信号，施密特触发器有不同的阈值电压。

(3) 上拉无滞后

VIH: $\geq 1.51V$

VIL: $\leq 1.49V$

(4) 上拉滞后

正向递增阈值电压 V_{T+} : 1.67V

负向递减阈值电压 V_{T-} : 1.43V

(5) 下拉无滞后

VIH: $\geq 1.51V$

VIL: $\leq 1.49V$

(6) 下拉滞后

正向递增阈值电压 V_{T+} : 1.67V

负向递减阈值电压 V_{T-} : 1.43V

测试结果:

供电	无滞后门限	滞后门限(无上下拉)
3.8V	1.69V	1.57V/1.91V
3.3V	1.49V/1.51V	1.38V/1.73V
3.0V	1.36V/1.39V	1.27V/1.60V
2.7V	1.24V/1.27V	1.15V/1.47V
2.4V	1.13V/1.16V	1.03V/1.33V
2.0V	0.97V/0.98V	0.85V/1.16V

2.2 负载能力测试 (单个 IO 口)

CC2640 高驱动能力引脚为 DIO_3、DIO_4、DIO_5、DIO_6。驱动能力设置:

```
#define PIN_DRVSTR_MIN    (PIN_GEN|(0x0<<8))    ///< (*) Lowest drive strength
#define PIN_DRVSTR_MED    (PIN_GEN|(0x4<<8))    ///< Medium drive strength
#define PIN_DRVSTR_MAX    (PIN_GEN|(0x8<<8))    ///< Highest drive strength
```

2.2.1 拉电流

测试环境:

CC2640 透传模组, IO 口接一个可调电阻下拉至 GND, 调节电阻值, 观测 IO 口的输出、IO 口的电压, 分别在不同配置下二者的之间的影响。

备注: 测试过程中模组与 lightblue 始终保持链接状态。

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
3.3V	DIO_3 输出高电平	PIN_DRVSTR _MAX	15.092 mA	2.32 v	
			10.088 mA	2.68 v	
			8.020 mA	2.80 v	
			4.005mA	3.08 v	
			2.006mA	3.22v	

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
3.0V	DIO_3 输出高电平	PIN_DRVSTR _MAX	15.210 mA	1.92v	
			10.161mA	2.40v	
			8.057mA	2.52v	2.68v
			4.021mA	2.80v	
			2.015mA	2.92v	

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
2.4V	DIO_3 输出高电平	PIN_DRVSTR _MAX	15.223 mA	1.40 v	
			10.233 mA	1.80 v	
			8.066 mA	1.92 v	
			4.098 mA	2.20 v	
			2.032mA	2.32 v	

2.2.2 灌电流

测试环境:

CC2640 透传模组, IO 口接一个可调电阻上拉至 VDD5, 调节电阻值, 观测 IO 口的输出电流、IO 口的电压, 分别在不同配置下二者的之间的影响。

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
3.3V	DIO_3 输出低电平	PIN_DRVSTR _MAX	-15.230 mA	1.160v	
			-10.116 mA	0.680 v	
			-8.093 mA	0.520 v	
			-4.036 mA	0.240 v	
			-2.065mA	0.120 v	

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
3.0V	DIO_3 输出低电平	PIN_DRVSTR _MAX	-15.131 mA	1.160 v	
			-10.356 mA	0.680 v	
			-8.006 mA	0.520 v	0.33V
			-4.060 mA	0.240 v	
			-2.020 mA	0.120 v	

供电 VDD5	IO 口	IO 设置	输出电流	实测电压	TI 参考值
2.4V	DIO_3 输出低电平	PIN_DRVSTR _MAX	-15.049 mA	1.200v	
			-10.020 mA	0.600 v	
			-8.130 mA	0.440 v	
			-4.033 mA	0.240 v	
			-2.090 mA	0.120 v	

3. 联系我们

深圳市昇润科技有限公司

ShenZhen ShengRun Technology Co.,Ltd.

Tel: 0755-86233846 Fax: 0755-82970906

官网地址: www.tuner168.com

阿里巴巴网址: <http://shop1439435278127.1688.com>

E-mail: marketing@tuner168.com

地址: 广东省深圳市南山区西丽镇龙珠四路金谷创业园B栋6楼601-602

