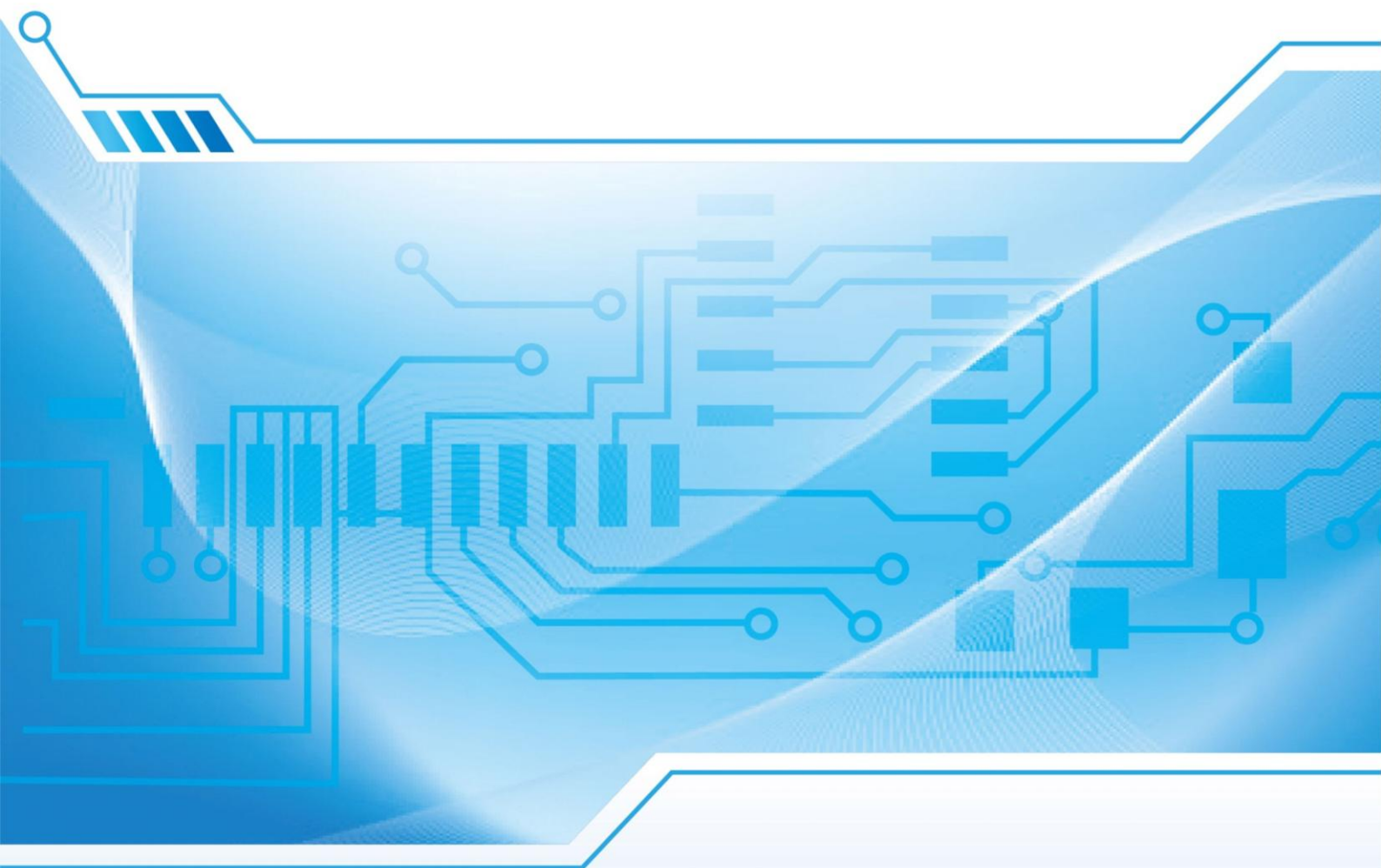


E-lock 功耗测试报告

报告编号：20171025-4365-01



报告总结

芯片/硬件信息:	芯片型号: MKL16Z128VLH4 1N15J	芯片品牌: freescale
	XNCTCV1723Q	
	测试载体/测试硬件: E-Lock-630 V0.90	
委托单位:	广州周立功单片机科技有限公司	联系方式: freescale
测试要求:	1. 低功耗状态平均功耗 2. 空闲状态平均功耗 3. 触摸状态平均功耗 4. 5.	
测试结果:	1. “VLPS 状态下(外部 32.768K 晶振作 TPM 时钟源, DMA 软件触发), 每 5s 唤醒通道环境跟踪, TSI 唤醒通道唤醒, 带低功耗检卡” 低功耗状态平均功耗符合 E-Lock 预期。 2. 3. 4. 5.	
报告申明:	本测试报告只对被测样品负责, 未经书面认可不能部分复制本报告。	

广州周立功单片机科技有限公司

ZLG 技术研发中心

MCU 技术支持: +86-20-38856494

外围 技术支持: +86-20-87575982

地 址: 广东省广州市天河区龙怡路 117 号银汇大厦 24 楼 2401 室

公司网站: <http://www.zlgmcu.com>; <http://www.zlg.cn>

技术论坛: <http://maker.zlgmcu.com>

目 录

1.1	测试需求.....	1
1.2	参考标准.....	1
1.3	测试原理.....	2
1.4	测试方式.....	3
1.4.1	TSI 功能测试.....	3
1.4.2	TSI 与读卡功能测试.....	3
1.5	功耗测试数据记录表.....	4
1.6	测试现场.....	4
1.6.1	TSI 功耗测试.....	5
1.6.2	TSI 与读卡功耗测试，整机功耗.....	6
1.6.3	TSI 与读卡功耗测试，读卡部分电路功耗.....	7
1.7	读卡芯片检卡读卡距离参数.....	8
1.8	结果分析.....	8
1.9	责任申明.....	8

1.1 测试需求

1. MCU VLPS 状态下, TSI 扫描平均功耗
2. MCU 运行状态功耗
 - 空闲状态平均功耗
 - 触摸状态平均功耗
3. 读卡部分电路功耗
 - 读卡芯片进入低功耗(无动作)的平均功耗
 - LPCD 的平均功耗
 - 持续读卡的平均功耗

1.2 参考标准

根据 KL16 数据手册“KL16P64M48SF5 Rev 5”可查表 1、表 2, 得出:

1. 25℃室温环境下, VLPS 模式最大电流为 4.14μA
2. 使用 32k 外部参考时钟电流为 560nA。

表 1 功耗特性表

Symbol	Description	Temp.	Typ.	Max	Unit	Note
I _{DD_VLPS}	Very-low-power stop mode current at 3.0 V	at 25 °C	2.69	4.14	μA	—
		at 50 °C	5.54	9.80	μA	
		at 70 °C	11.80	21.94	μA	
		at 85 °C	21.13	39.13	μA	
		at 105 °C	45.85	85.45	μA	

表 2 低功耗模式外设增加的电流表

Symbol	Description		Temperature (°C)						Unit
			-40	25	50	70	85	105	
I _{EREFSTEN32KHz}	External 32 kHz crystal clock adder by means of the OSC0_CR[EREFSTEN and EREFSTEN] bits. Measured by entering all modes with the crystal enabled.	VLLS1	440	490	540	560	570	580	nA
		VLLS3	440	490	540	560	570	580	
		LLS	490	490	540	560	570	680	
		VLPS	510	560	560	560	610	680	
		STOP	510	560	560	560	610	680	

根据 RC630 数据手册“MFRC630 Rev. 4.3”可查表 3, 优先取最大值得出:

1. $I_{pd} = 400nA$;
2. $I_{LPCD(sleep)} = 6uA$;
3. $I_{LPCD(average)} = 12uA$;

表 3 RC630 的相关电气特性表

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Current consumption						
I_{pd}	power-down current	All OUTx pins floating				
		ambient temp = +25 °C	-	40	400	nA
		ambient temp = -40°C...+85°C	-	1.5	2.1	μA
		MFR63003: ambient temp = +105 °C	-	3.5	5.2	μA
I_{stby}	standby current	All OUTx pins floating				
		ambient temp = 25 °C, $I_{VDD}+I_{TVDD}+I_{PVDD}$	-	3	6	μA
		ambient temp = -40°C...+105°C, $I_{stby} = I_{VDD}+I_{TVDD}+I_{PVDD}$	-	5.25	26	
$I_{LPCD(sleep)}$	LPCD sleep current	All OUTx pins floating				
		LFO active, no RF field on, ambient temp = 25 °C	[1] -	3.3	6.3	μA
$I_{LPCD(average)}$	LPCD average current	All OUTx pins floating, TxLoad = 50 ohms. LPCD_FILTER = 0; Rfon duration = 10 us, RF-off duration 300ms; $V_{TVDD} = 3.0V$; $T_{amb} = 25°C$; $I_{LPCD} = I_{VDD}+I_{TVDD}+I_{PVDD}$				
		LPCD_TX_HIGH = 0,	-	12	-	μA
		LPCD_TX_HIGH = 1	-	23	-	
t_{RFON}	RF-on time during LPCD	LPCD_TX_HIGH = 0; TVDD=5.0 V T=25C;	-	10	-	μs
		LPCD_TX_HIGH = 1; TVDD=5.0 V; T=25C	-	50	-	μs

1.3 测试原理

使用 EFM32 TinyGecko 板和 energyAware Profiler 上位机获取整机电流和对应状态平均电流。

低功耗状态功耗测试：

- 低功耗状态：运行状态下，一段时间内无 TSI 按键触发进入低功耗状态，测量此时的平均功耗，此项含有 TSI 模块硬件触发部分功耗。

运行状态功耗测试：

- 空闲状态：运行状态下，无 TSI 按键触发时平均功耗（带读卡的固件还多出 LPCD 功耗）。
- 触摸状态：运行状态下，有 TSI 按键触发时平均功耗，比空闲状态多出蜂鸣器和 LED 功耗（带读卡的固件还多出 LPCD 功耗）。
- 刷卡状态：运行状态下，有 TSI 按键触发时平均功耗，比空闲状态多出蜂鸣器和 LED 功耗，还有读卡功耗。

1.4 测试方式

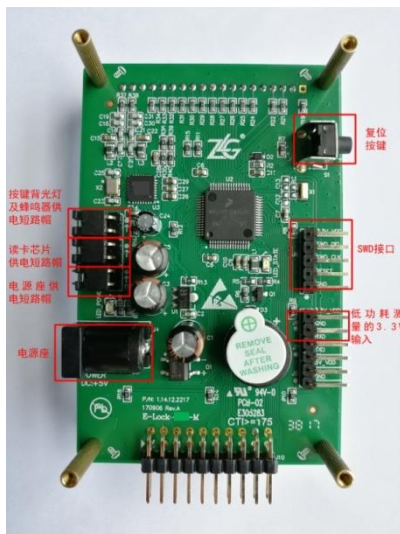


图 1 实物背面图

1.4.1 TSI 功能测试

VLPS 状态下(外部 32.768K 晶振作 TPM 时钟源, DMA 软件触发), 每 5s 唤醒通道环境跟踪, TSI 唤醒通道唤醒。

测试条件:

硬件: E-Lock-630 V0.90, 接上 J1 短路帽, 通过 J6 供电。

软件: “3.软件设计\MCU 软件\固件\E-Lock-630 V0.90\功耗测试版本固件(低功耗下环境跟随周期 5s)\touch_sensing.hex”。

测试流程:

1. 按图 1 接电源线到电源座、按键背光灯及蜂鸣器的供电短路帽、读卡芯片供电短路帽和电源座供电短路帽;
2. 上电后系统复位, 先进入低功耗状态进行低功耗阈值初始化, 约 1s 后低功耗阈值初始化结束唤醒, 蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次, 再次进入低功耗状态;
3. 若低功耗状态(唤醒时先进行蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次)有按键按下, 则自动唤醒, 进入空闲状态。
4. 若空闲状态有按键按下, 则蜂鸣器响且对应的按键灯亮; 否则, 空闲状态 10s 内无按键按下, 蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次, 进入低功耗状态;
5. 每 5s 唤醒一次, 更新各个按键的唤醒通道阈值(跟随环境), 然后再次进入低功耗状态(在低功耗状态期间没有任何蜂鸣器和键盘背光灯动作)。

1.4.2 TSI 与读卡功能测试

VLPS 状态下(外部 32.768K 晶振作 TPM 时钟源, DMA 软件触发), 每 5s 唤醒通道环境跟踪, TSI 唤醒通道唤醒, 带低功耗检卡。

测试条件:

硬件: E-Lock-630 V0.90, 接上 J1 和 J2 短路帽, 通过 J6 供电。

软件: “3.软件设计\MCU 软件\固件\E-Lock-630 V0.90\功耗测试版本固件(低功耗下环境跟随周期 5s)\touch_sensing_fm630.hex”。

测试流程:

- 1. 按图 1 接电源线到电源座、按键背光灯及蜂鸣器的供电短路帽、读卡芯片供电短路帽和电源座供电短路帽;
- 2. 上电后系统复位, 先进入低功耗状态进行低功耗阈值初始化, 约 1s 后低功耗阈值初始化结束唤醒, 蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次, 再次进入低功耗状态;
- 3. 若低功耗状态(唤醒时先进行蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次)有按键按下, 则自动唤醒, 进入空闲状态。
- 4. 若空闲状态有按键按下, 则蜂鸣器响且对应的按键灯亮; 否则, 空闲状态 10s 内无按键按下, 蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次, 进入低功耗状态;
- 5. 每 5s 唤醒一次, 更新各个按键的唤醒通道阈值(跟随环境), 然后再次进入低功耗状态(在低功耗状态期间没有任何蜂鸣器和键盘背光灯动作);
- 6. 低功耗状态(唤醒时先进行蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁一次)或空闲状态下进行刷卡进入刷卡状态, 检测到卡则蜂鸣器响且全部键盘背光灯闪烁两次, 然后刷卡状态结束后进入空闲状态, 回到步骤 4。

1.5 功耗测试数据记录表

软件设计系统时钟 48MHz, 低功耗模式为 VLPS, 唤醒源为 TSI, TSI 扫描周期为 200ms, 通道数为 16, 功耗测试数据记录如表 4。

表 4 功耗测试数据记录表

例程说明	运行状态	低功耗下平均功耗 (带唤醒环境跟踪)	空闲状态 平均功耗	触摸状态 平均功耗
	平均功耗			
TSI 功耗测试		7.52uA	9.16mA	25.76mA
TSI 与读卡功耗测试		19.99μA ($I_{LPCD(average)} = 12.34uA$)	9.27mA	26.09mA

以下各节为测试数据及截图。

1.6 测试现场

现场测试硬件环境如图 2, 通过电脑 USB 连接 EFM32 TinyGecko 板并设置工作模式为 EM4, 使用 MCU 引脚和 GND 引脚给 E-Lock 供电:

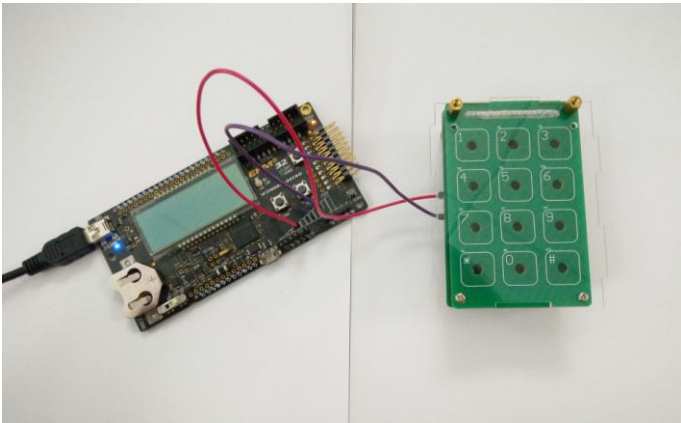


图 2 测试连线图

1.6.1 TSI 功耗测试

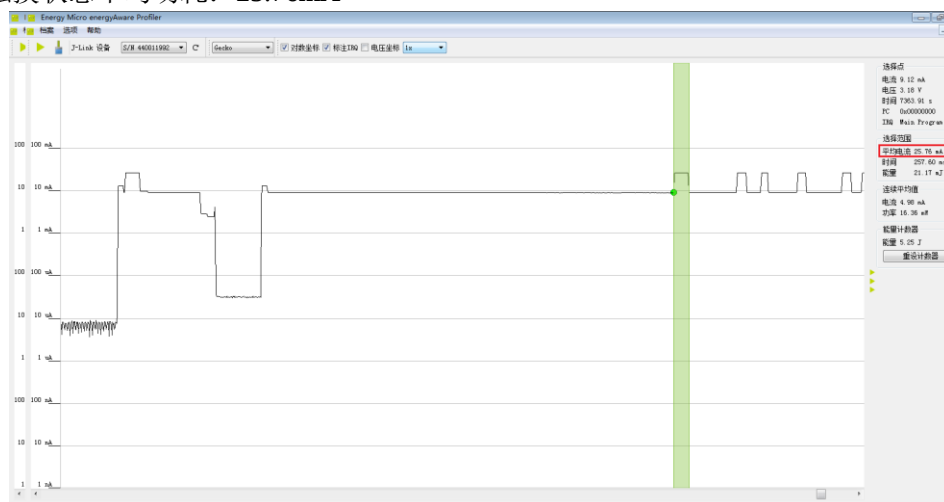
1. VLPS 状态平均功耗(带唤醒环境跟踪): 7.52uA



2. 空闲状态平均功耗: 9.16mA

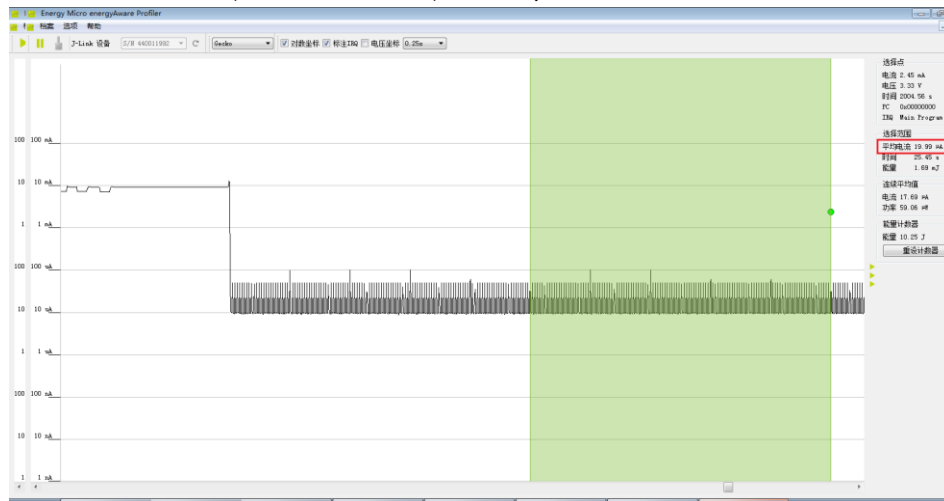


3. 触摸状态平均功耗: 25.76mA

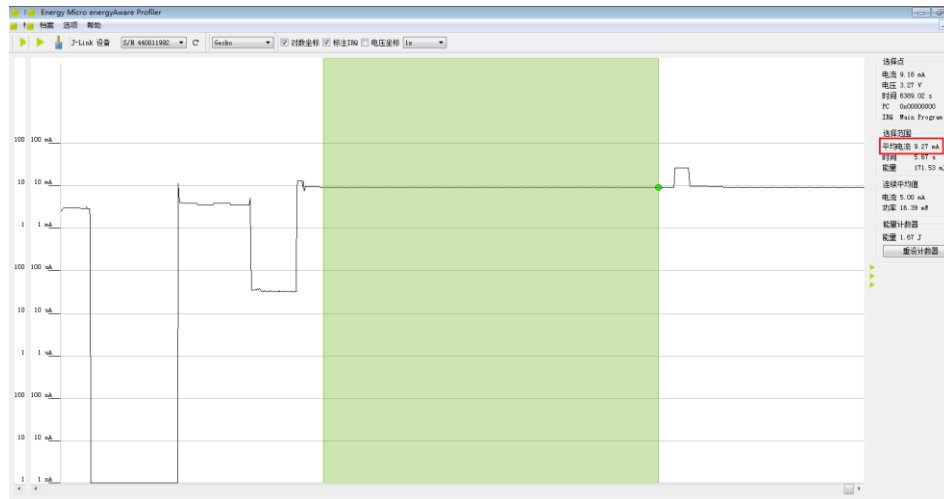


1.6.2 TSI 与读卡功耗测试, 整机功耗

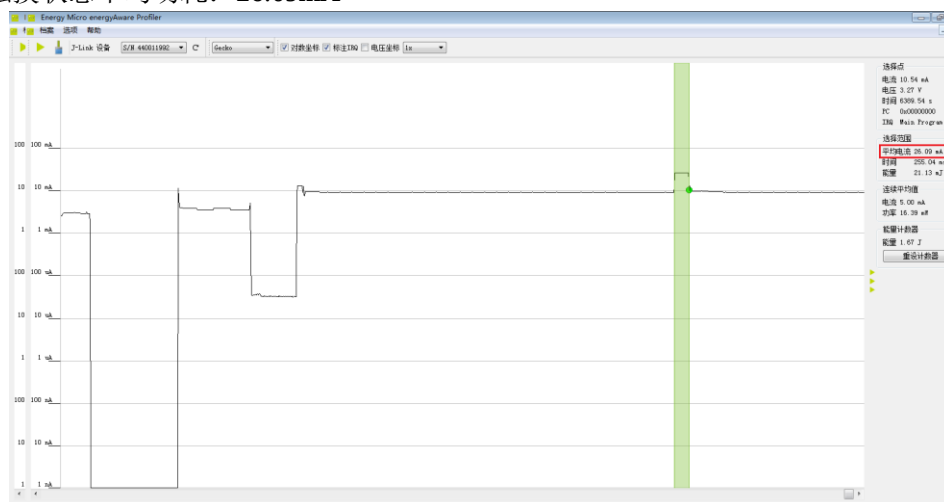
1. VLPS 状态平均功耗(带唤醒环境跟踪): 19.99 μ A



2. 空闲状态平均功耗: 9.27mA

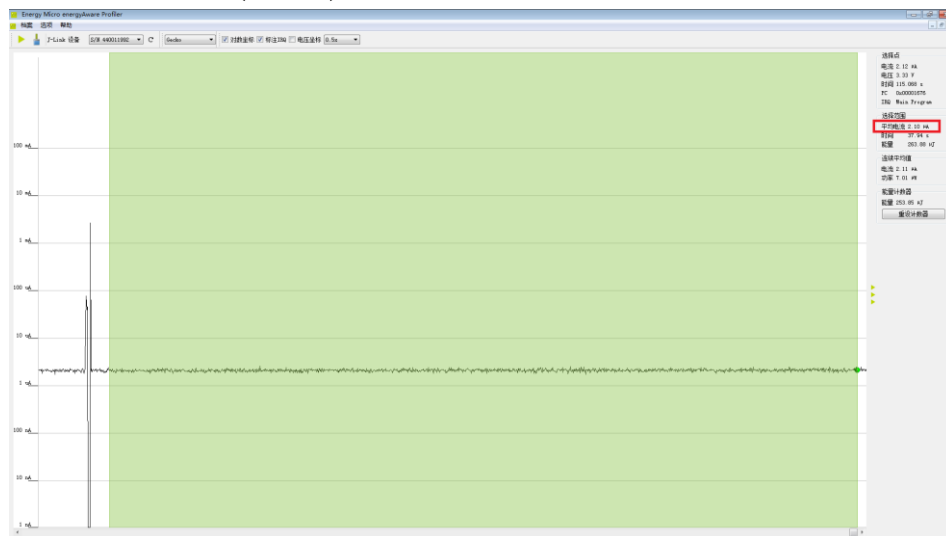


3. 触摸状态平均功耗: 26.09mA

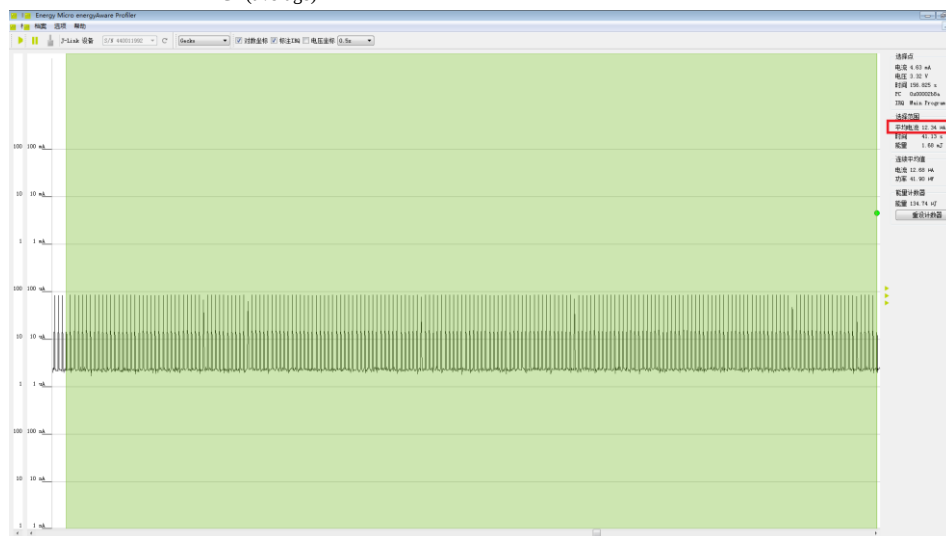


1.6.3 TSI 与读卡功耗测试，读卡部分电路功耗

1. 读卡芯片进入低功耗(无动作)的平均功耗: $2.10\mu\text{A}$ (参考 1.2 的 RC630 参数 2 $I_{\text{LPCD(sleep)}}$);



2. LPCD 的平均功耗: $12.34\mu\text{A}$ (根据 AN11145.pdf 配置引脚电平; RF-on duration = $1.475\mu\text{s}$, RF-off duration = 200ms ; $V_{\text{TVDD}} = 3.3\text{V}$; $T_{\text{amb}} = 25^\circ\text{C}$; $I_{\text{LPCD}} = I_{\text{VDD}} + I_{\text{TVDD}} + I_{\text{PVDD}}$, 参考 1.2 的 RC630 参数 3 $I_{\text{LPCD(average)}}$);



3. 持续读卡的平均功耗: 45.26mA ;



1.7 读卡芯片检卡读卡距离参数

1. 低功耗检卡感应有效距离：标准卡与天线平行正对，高度约 2.5cm；
2. 读卡感应有效距离：标准卡与天线平行正对，高度约 7cm。

1.8 结果分析

“VLPS 状态下(外部 32.768K 晶振作 TPM 时钟源，DMA 软件触发)，每 5s 唤醒通道环境跟踪，TSI 唤醒通道唤醒”和“VLPS 状态下(外部 32.768K 晶振作 TPM 时钟源，DMA 软件触发)，每 5s 唤醒通道环境跟踪，TSI 唤醒通道唤醒，带低功耗检卡”低功耗状态平均功耗符合预期。

1.9 责任申明

该测试报告所有测试数据及结论分析仅用于参考使用，不作为任何法律意义上的依据。广州周立功单片机科技有限公司拥有该测试报告的最终解释权。