

1. 产品概述

1.1. 说明

TX8P6010 是一款内置锂电池充电管理功能的高性能低功耗的 8051 内核的电源类 MCU，工作主频最高为 32MHz，内置 4K+256 字节闪存存储器（支持类 EEPROM），512 字节 SRAM。TX8P6010 适用于单节锂离子电池完全恒流/恒压充电器应用场景。

模拟资源：1 个 12 位 200Ksps 的 ADC、2 个多功能比较器。

定时器、PWM 资源（两者是互斥功能，同一个 Timer 不能同时使用）：

- 2 个 16 位高级定时器，能支持 2 对互补输出或 4 个独立 PWM 输出（周期相同，占空比独立配置）
- 1 个 16 位通用定时器（都支持 Capture、Count、PWM 功能）
- 2 个 8 位通用定时器（可合成 1 个 16 位通用定时器，都支持 Capture、Count、PWM 功能）

标准的通信接口：1 个 SPI 接口和 2 个 UART 接口。

支持宽范围电压供电，工作电压为 2.4V ~ 5.5V（可以支持电池应用场景），工作温度范围 -40℃ ~ 85℃。多种省电工作模式保证低功耗应用的要求，最低功耗模式 3uA。

TX8P6010 提供 QFN16，SOP16 封装形式，应用场合：

- TWS 充电仓
- 电子烟
- 带单节锂电池充电管理的 mcu 应用产品

1.2. 特性

- 内核
 - 超高速 8051 内核（1T）

- 指令全兼容传统 8051
- 工作最大主频：32MHz
- 14 个中断源，支持硬件两级优先级
- 支持在线下载
- **工作电压**
 - 2.4V~5.5V 宽电压范围供电
- **存储器**
 - 4K+256 字节 Flash，用于存储用户代码，并且支持类 EEPROM（擦写次数典型值 10 万次）
 - 512 字节 RAM
- **时钟**
 - 内部 1~32MHz 高精度 HIRC，支持校准（误差±1%）
 - 内部 64KHz 低速 LIRC，支持校准（误差±1%）
 - 外部 32.768 KHz 低速晶振，需要外部加电容
- **复位**
 - 上电复位
 - 欠压复位
 - 复位脚复位
 - 看门狗溢出复位
- **GPIO**
 - 最多可达 13 个 GPIO
 - 所有端口均可输入输出 5V 信号
 - 均支持上升沿/下降沿/双边沿中断
 - 均支持唤醒功能
 - 有全驱动和小驱动两个档位。

- 支持 OD 输出低模式。
- 支持独立控制的上下拉电阻，阻值 30K Ω
- **LVD 低压检测复位**
 - 提供 4 级低压检测电压 (1.85/2.03V、2.15/2.34V、2.43/2.63V、3.34/3.63V)
- **数字外设**
 - 1 个 SPI 高速串行接口，支持主从模式
 - 2 个 UART 接口，最大支持 4Mbps
- **定时器资源**
 - 2 个 16 位高级定时器，能支持 2 对互补输出或 4 个独立 PWM 输出（周期相同，占空比独立配置），支持死区插入和事件刹车功能，支持单脉冲模式
 - 1 个 16 位通用定时器，都支持 Capture、Count、PWM 功能
 - 2 个 8 位通用定时器（可合成 1 个 16 位通用定时器，都支持 Capture、Count、PWM 功能），可以支持红外发送和接收功能（需要两个 Timer）
 - 1 个看门狗定时器
- **高安全性**
 - 支持 16 bit CRC 效验，保证数据准确性
- **低功耗**
 - 支持 Idle、Stop、Sleep 低功耗模式
 - 静态功耗 3 μ A（MCU 低功耗睡眠漏电）+25 μ A（充电功能关断漏电） @25 $^{\circ}$ C
 - 低功耗唤醒时间小于 100 μ s
- **1 个高精度 12 位模数转换器（ADC）**
 - 转换时钟最快支持 4MHz，最快速度 100Ksps
 - 失调校正 step 2mV，DNL \pm 2 INL \pm 4
 - 13 个外部输入通道，2 条模拟通路
 - ADC 有效位约 10bit（5V 稳压器供电，ADC 通过内部开关接到芯片的 VCC，以

此电压作为 ADC 的参考电压，ADC 满量程等于 VCC)

- **2 个模拟比较器(ACMP)**

- 2 个低失调比较器，校正 step 1mV
- 比较器支持负端输入精准 BG 或者 VDDADC 的 120 个分压档位
- 两个比较器都支持轨到轨输入模式，正负端各支持 2 个 GPIO 可选
- 支持短路保护

- **锂电池充电特性**

- 可编程充电电流最高到 500mA
- 无外置 MOS、探测电阻或整流二极管需求
- 完全线性的单节锂离子电池充电器
- 带热调整的恒流/恒压工作模式达到无过热风险的最大充电速率
- 直接从 USB 接口给单节锂离子电池充电
- 提供精度 ±1%精度的 4.2V 充电电压
- 通过监测充电电流预计充电电量
- 自动补充电
- 充电状态输出端口
- 充电后程以 C/10 慢充
- 关断电流 25uA
- 2.9V 涓流充电阈值
- 无涓流充电模式
- 软启动防止浪涌电流

- **高可靠性**

- ESD HBM 6KV
- Latch-up ±200mA @25°C

- **96 位的芯片唯一 ID (UID)**

- 封装
 - QFN16
 - SOP16
- 工作温度范围
 - -40℃ ~ 85℃

1.3. 引脚分配

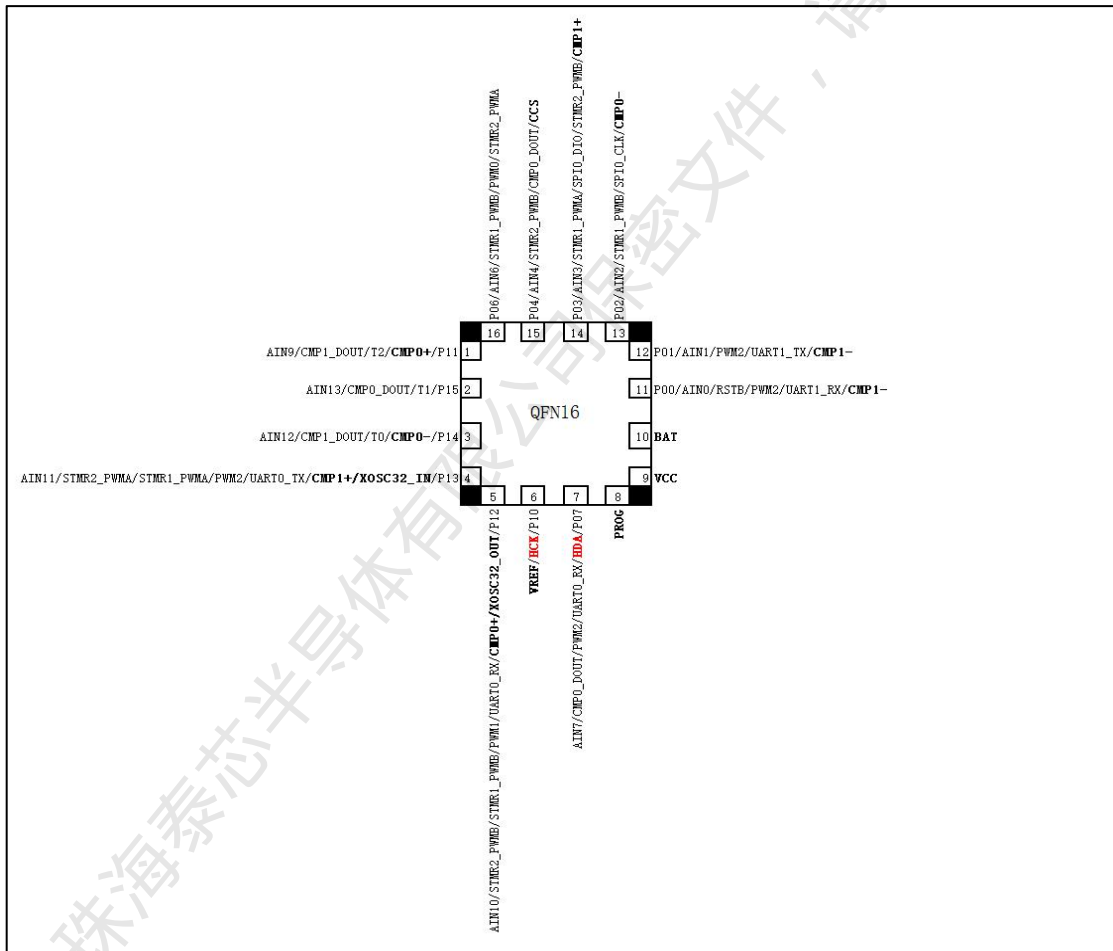


图 1-1 TX8P6010QF16 引脚图

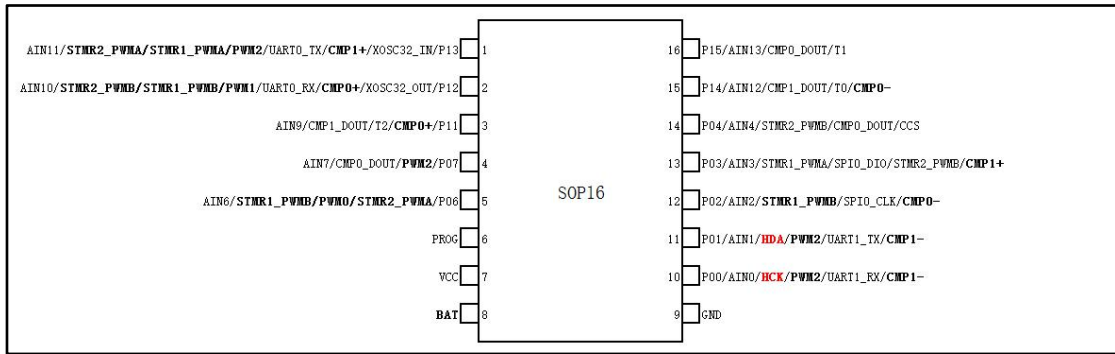


图 1-2 TX8P6010S016 引脚图

1.4. 封装信息

TX8P6010 系列的型号如下表格：

型号	封装	包装
TX8P6010QF16	QFN16	盘装
TX8P6010S016	SOP16	管装

1.5. 封装尺寸图

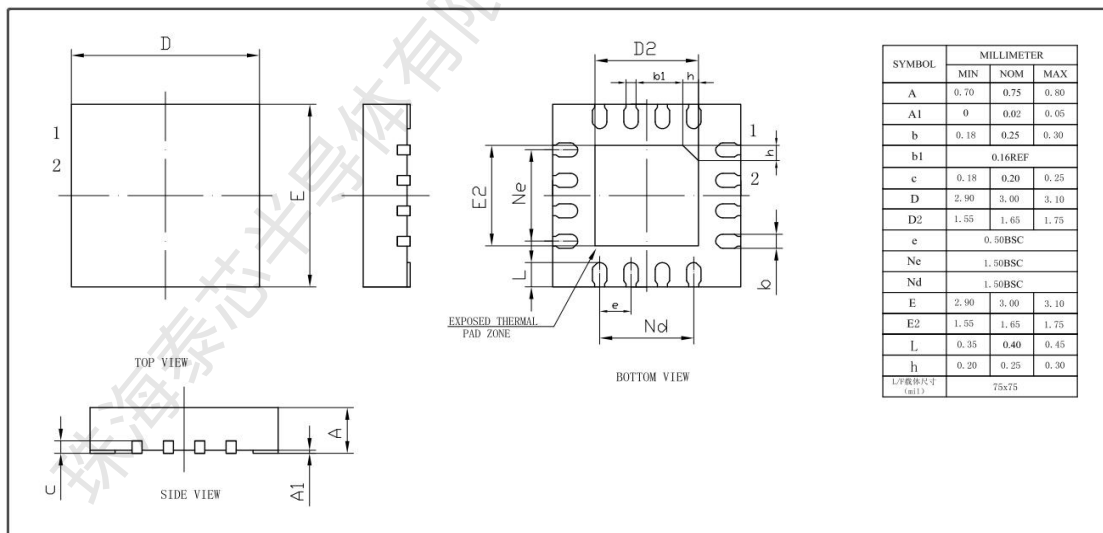


图 1-2 QFN16 封装 POD 图

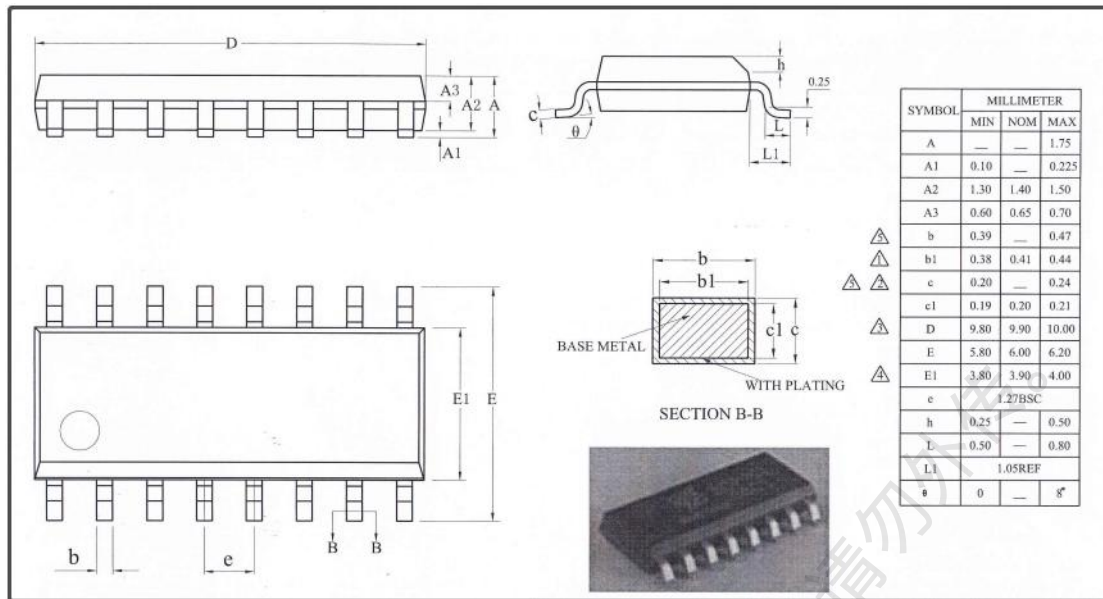


图 1-3 SOP16 封装 POD 图

1.6. 引脚说明

引脚名字	I/O	功能描述	复位状态	复用功能
VCC	A	充电电路供电 4.25V~6.5V	-	无
BAT	A	充电电流输出端口	-	无
GND	A	地	-	无
PROG	A	充电电流设置, 监测和关断端口	-	无
VDD	A	MCU 供电电源 2.4V~5V	-	无
P00	I/O	P0 口 每个口都可以设置为输入或者输出模式 输入模块可以启用内部上拉 输出模块可以设置	P00 默认为上拉打开, 引脚默认为高阻输入	P00 AIN0 【ADC 外部通道 0】 RSTB 【复位引脚】 PWM2 【Timer2 的 PWM 输出】 UART1_RX 【UART1 RX 接收】 HCK 【烧写/调试时钟引脚】 CMP1- 【比较器 1 的负端输入引脚】

版权所有 侵权必究

P01	开漏输出	P01 AIN1 【ADC 外部通道 1】 PWM2 【Timer2 的 PWM 输出】 UART1_TX 【UART1 TX 发送引脚】 HDA 【烧写/调试数据引脚】 CMP1- 【比较器 1 的负端输入引脚】
P02		P02 AIN2 【ADC 外部通道 2】 STMR1_PWMB 【高级 Timer1 的 CHB PWM 输出】 SPI0_CLK 【SPI0 CLK 引脚】 CMP0- 【比较器 0 的负端输入引脚】
P03		P03 AIN3 【ADC 外部通道 3】 STMR1_PWMA 【高级 Timer1 的 CHA PWM 输出】 SPI0_DIO 【SPI0 DATA 引脚】 STMR2_PWMB 【高级 Timer2 的 CHB PWM 输出】 CMP1+ 【比较器 1 的正端输入引脚】
P04		P04 AIN4 【ADC 外部通道 4】 STMR2_PWMB 【高级 Timer2 的 CHB PWM 输出】 CMP0_DOUT 【比较器 0 的数字输出引脚】 CCS 【恒流源模拟引脚】
P05		P05 AIN5 【ADC 外部通道 5】 STMR2_PWMA 【高级 Timer2 的 CHA PWM 输出】 T0 【通用 Timer0 的捕获输入引脚】 RSTB 【复位引脚】
P06		P06 AIN6 【ADC 外部通道 6】 STMR1_PWMB 【高级 Timer1 的 CHB PWM 输出】 PWMO 【Timer0 的 PWM 输出】 STMR2_PWMA 【高级 Timer2 的 CHA PWM 输出】

P07				P07 AIN7 【ADC 外部通道 7】 CMPO_DOUT 【比较器 0 的数字输出引脚】 PWM2 【Timer2 的 PWM 输出】 UART0_RX 【UART0 RX 接收】
P10	I/O	P1 口 每个口都可以设置为输入或者输出模式 输入模块可以使能内部上拉 输出模块可以设置开漏输出	引脚默认为高阻输入	P10 VREF 【ADC 外部参考电压引脚】
P11				P11 AIN9 【ADC 外部通道 9】 CMP1_DOUT 【比较器 1 的数字输出引脚】 T2 【通用 Timer2 的捕获输入引脚】 CMPO+ 【比较器 0 的正端输入引脚】
P12				P12 AIN10 【ADC 外部通道 10】 STMR2_PWMB 【高级 Timer2 的 CHB PWM 输出】 STMR1_PWMB 【高级 Timer1 的 CHB PWM 输出】 PWM1 【Timer1 的 PWM 输出】 UART0_RX 【UART0 RX 接收】 CMPO+ 【比较器 0 的正端输入引脚】 XOSC32_0 【外部 32.768KHz 晶振输出引脚】
P13				P13 AIN11 【ADC 外部通道 11】 STMR2_PWMA 【高级 Timer2 的 CHA PWM 输出】 STMR1_PWMA 【高级 Timer1 的 CHA PWM 输出】 PWM2 【Timer2 的 PWM 输出】 UART0_TX 【UART0 TX 发送引脚】 CMP1+ 【比较器 1 的正端输入引脚】 XOSC32_IN 【外部 32.768KHz 晶振输入引脚】
P14				P14 AIN12 【ADC 外部通道 12】 CMP1_DOUT 【比较器 1 的数字输出引脚】 T0 【通用 Timer0 的捕获输入引脚】 CMPO- 【比较器 0 的负端输入引脚】

P15				P15 AIN13 【ADC 外部通道 13】 CMPO_DOUT 【比较器 0 的数字输出引脚】 T1 【通用 Timer1 的捕获输入引脚】
-----	--	--	--	---

2. MCU 电气参数

2.1. 绝对最大额定值

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{VCC}	工作电压	-	2.4	5	5.5	V
$V_{VCCA}^{(1)}$	模拟部分工作电压 (未使用 ADC/DAC)	-	2.4	5	5.5	V
	模拟部分工作电压 (使用 ADC/DAC)	-	2.4	5	5.5	
V_{pin}	引脚输入电压	-	-0.3	-	5.8	V
T_A	工作温度	-	-40	-	105	°C
T_{ST}	存储温度	-	-55	-	150	°C

2.2. 直流电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC	工作电压	Fsys=0 to 32Mhz	2.4	5	5.5	V
$V_{VCCA}^{(1)}$	模拟部分工作电压 (未使用 ADC/DAC)	Fsys=0 to 32Mhz	2.4	5	5.5	V
	模拟部分工作电压 (使用 ADC/DAC)	Fsys=0 to 32Mhz	2.4	5	5.5	
I_{VDD}	正常工作模式	VCC=5V, Fsys=32Mhz, 所有外设关闭, 晶振关闭	-	3.73	-	mA
		VCC=5V, Fsys=16Mhz, 所有外设关闭, 晶振关闭	-	2.90	-	mA

		VCC=5V, Fsys=8Mhz, 所有外设关闭, 晶振关闭	-	2.485	-	mA
		VCC=3.3V, Fsys=32Mhz, 所 所有外设关闭, 晶振关闭	-	3.263	-	mA
		VCC=3.3V, Fsys=16Mhz, 所 所有外设关闭, 晶振关闭	-	2.491	-	mA
		VCC=3.3V, Fsys=8Mhz, 所有外设关闭, 晶振关闭	-	2.078	-	mA
I_{sleep}	休眠电流	VDD=5V, 所有外设关闭, IO 唤醒	-	3.28	-	uA
		VDD=3.3V, 所有外设关 闭, IO 唤醒	-	2.51	-	uA
V_{IL}	输入低电平电压	-	VSS	-	0.3VCC	V
V_{IH}	输入高电平电压	-	0.5VCC	-	VCC	V
V_{hys}	I/O 脚施密特触发器 电压迟滞	-	-	1	-	V
R_{PU}	上拉等效电阻	-	-	26	-	k Ω
R_{PD}	下拉等效电阻	-	-	26	-	k Ω
C_{IO}	I/O 引脚的电容	-	1.5	2	2.5	pF
V_{OL}	输出低电平电压	VCC=5.0V, I_{OL} =9mA	-	-	0.5	V
		VCC=4.2V, I_{OL} =8mA	-	-	0.5	V
		VCC=3.3V, I_{OL} =6mA	-	-	0.5	V
V_{OH}	输出高电平电压	VCC=5.0V, I_{OL} =12mA	4	-	-	V
		VCC=4.2V, I_{OL} =6mA	3.3	-	-	V
		VCC=3.3V, I_{OL} =5mA	2.6	-	-	V

2.3. 交流电气特性

2.3.1. 上电和掉电时的工作条件

表 2-1 上电和掉电时的工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
t_{VCC}	V_{VCC}	$T_A = 27^\circ\text{C}$	5	-	μs
t_{VCCA}	V_{VCCA}		5	-	

表 2-2 上电和掉电状态

芯片状态	上电			掉电	
	上电保护	上电复位	正常工作	低电复位	掉电复位
电源电压 (单位: V)	<1.8	1.8 - 2.4	>2.4	<1.85	<1.6
系统耗电 (单位: μA)	<0.2	300	正常上电, 功耗由系统时钟频率及外设决定	300	<0.2

2.3.2. 内嵌复位和电源控制模块特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}^{PVD}	可编程的电压检测器的电平选择	LVDCON0[3:2]=0x0, 上电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	2.03	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x0, 掉电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	1.85	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x1, 上电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	2.34	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x1, 掉电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	2.15	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x2, 上电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	2.63	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x2, 掉电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	2.43	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x3, 上电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	3.63	-	V
		LVDCON0[3:2]=0x3, 掉电检测阈值, $T_A=25^\circ\text{C}$	-	3.34	-	V
$V_{PVDhyst}^{(2)}$	VCC 迟滞	-				mV

Note: 以上数据来自于芯片性能验收测试, 不在生产中测试。

2.3.3. 外部时钟源特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{xosc}	用户外部时钟频率			32768		Hz
V_{BLAS}	XOSCI/XOSCO 偏置电平	-	-	770	-	mV
V_{xoh}	XOSCI 输入引脚高电平电压	-	-	975	-	mV
V_{xol}	XOSCO 输入引脚低电平电压	-	-	525	-	mV
$Duty_{(xosc)}$	占空比	-	42	-	58	%
I_L	XOSCI 输入漏电流	-	-	1.5	-	uA
ACC_{xosc}	HSE 精度	-	-	-	-	ppm
$t_{SU(xosc)}$	启动时间	-	-	1	-	s

2.3.4. 内部时钟源特性

表 2-3 HIRC 振荡器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{VCCA}	供电电压	-	2.2	3.3	5.5	V
f_{HIRC}	频率	25°C trim 后测试	31.68	32	32.32	MHz
$ACC_{HSI}^{(3)}$	HSI 振荡器的精度	-40°C 至 85°C	-	-	-	%
$t_{SU(HSI)}$	HSI 振荡器启动时间	-	-	60	-	us
$I_{VCCA(HSI)}$	HSI 振荡器功耗	平均功耗	-	-	1.5	mA

下图所示为 32MHz HIRC 在全温度条件全电压范围的测试值：

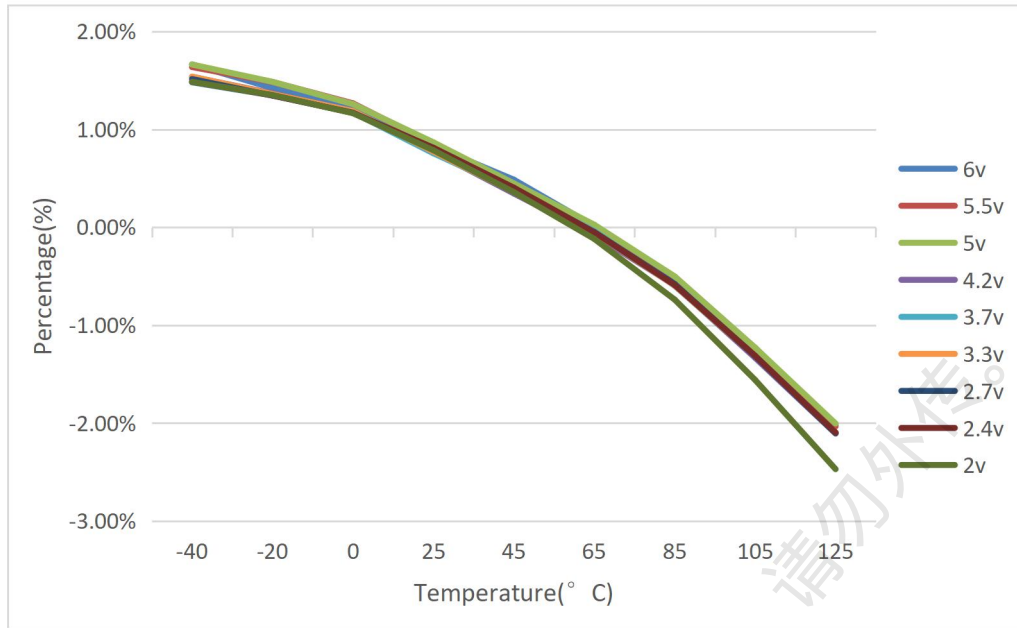


图 2-3 HIRC 全温度范围偏差百分比

表 2-4 LIRC 振荡器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LRC}	频率	TA=25°C	-	64	-	kHz
$I_{DD(LST)}$	LSI 振荡器功耗	-	-	0.5	-	uA

下图所示为 64KHz LIRC 在全温度条件全电压范围的测试值:

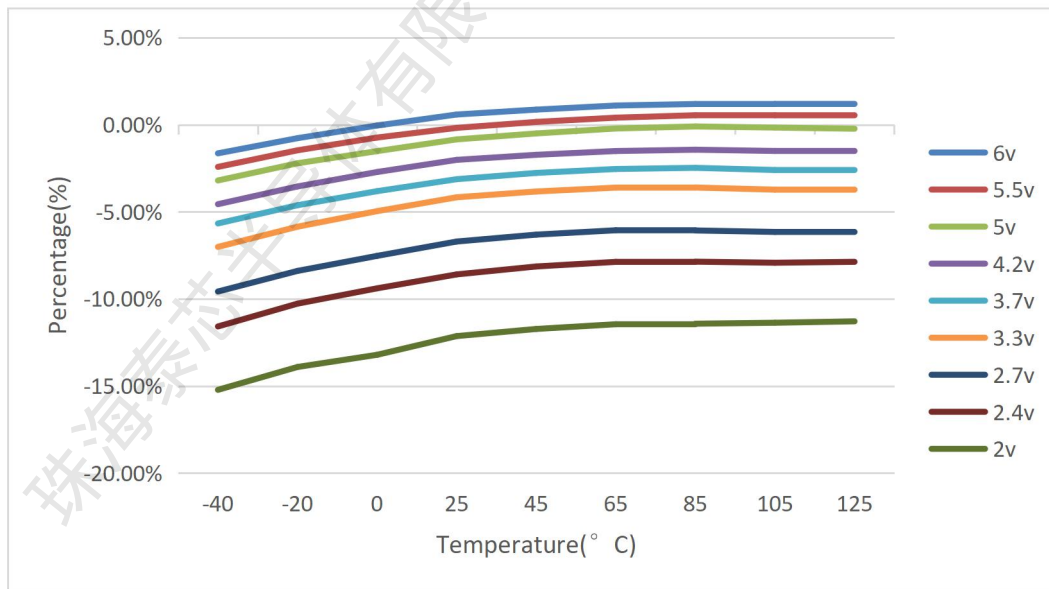


图 2-4 LIRC 全温度范围偏差百分比

2.4. 模拟电气特性

2.4.1. 12 位 ADC 特性

符号 符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{VCCA}	供电电压	-	2.4	5	5.5	V
$I_{VCCA}^{(1)}$	电流消耗	-	-	480	-	uA
f_{ADC}	ADC 时钟频率	-	-	-	4	MHz
Fconv	转换率	-	-	-	200	KHz
$R_{AIN}^{(2)}$	外部输入阻抗	-	-	-	-	Kohm
$C_{ADC}^{(2)}$	内部采样和保持电容	-	-	6.9	-	pF
$t_{STAB}^{(2)}$	上电时间	-	-	-	1100	us
$t_{conv}^{(2)}$	采样时间	-	5	-	256	Tclk
ENOB ⁽³⁾	有效位数(参考电压为 VCC)	-	-	10	-	Bit

注意：(3)ADC 输入信号附近的 IO 的输入/输出频率不高于 10KHz；ADC 的参考电压为 VCC，满量程为 VCC；ENOB 10bit 是在 5V 稳压器供电下得到的测试结果，实际应用中会受到电源偏差而导致精度损失，其他电压下无法保证有效位 10bit 的性能；

2.4.2. 8 位 DAC 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{VCCA}	模拟供电电压	-	-	1.2	-	V
$I_{VCCA}^{(1)}$	电流消耗	-	-	20	-	uA
C_L	电容负载	-	-	2	-	pF
R_0	输出阻抗	-	-	-	60	Kohm
V_{DAC_OUT}	电压输出	-	0.002	0.6	1.2	V
DNL ⁽¹⁾	非线性误差	-	-	±0.5	-	LSB

INL ⁽¹⁾	线性误差	-	-	2		LSB
Offset ⁽¹⁾	编码偏移误差 0x800	-	-	-		mV

2.4.3. 比较器特性

符号	参数	寄存器配置	最小值	典型值	最大值	单位
V_{VCCA}	模拟供电电压	-	2.4	3.3	5.5	V
OFFSET	失调电压	-		2		mV
DELAY ⁽¹⁾	传播延时	-	-	220	-	ns
$I_q^{(2)}$	工作电流均值	-	-	112	-	uA

2.5. 存储器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{prog}	编程电压	-	2.4	3.3	5.5	V
t_{prog}	16bit 编程时间	-	-	160	-	us
t_{RC}	读操作时间	-	50	-	100	ns
t_{ERASE}	页擦除时间	-	-	50	-	ms
t_{ME}	整片擦除时间	-	-	50	-	ms
I_{DD}	供电电流	读模式	0.8	1	1.4	mA
		写模式	2	4	6	mA
		擦除模式	3.3	5.3	6	mA
NEND	寿命（擦写次数）	在 105°C 高温环境中擦写 10 万次	-	10	-	万次

t_{RET}	数据保存期限	常温擦写 10 万次之后，再放到 105°C 高温烘烤	-	10	-	年
-----------	--------	-----------------------------	---	----	---	---

2.6. EMC 特性

2.6.1. ESD 电气特性

符号	参数	测试条件	最大值	单位	等级
ESD	静电放电 (人体放电模型 HBM)	TA = + 25°C, JEDEC EIA/JESD22-A114	6000	V	-
	静电放电 (元件充电模型 CDM)	TA = + 25°C, JEDEC EIA/JESD22-C101-B	1000	V	-

2.6.2. Latch-Up 电气特性

符号	参数	测试条件	测试类型	最小值	单位
LU	Static latch-up class	JEDEC STANDARD NO. 78D NOVEMBER 2011	Class I (TA = +25 °C)	±200	mA

3. 充电部分电气参数

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位	
VCC	输入电压	●	4.25		6.5	V	
ICC	输入电流	充电模式, RPROG=10K	●		300	2000	uA
		待机模式 (充电结束)	●		200	500	
		关断模式 (RPROG 上拉, RPROG 悬空 (上电前悬空), VCC<VBAT 或 VCC<VUV)	●		25	50	
VFLOAT	调整器空载输出 电压	0°C ≤ TA ≤ 85°C, IBAT=40mA	4.158	4.2	4.242	V	
IBAT	BAT 端口电流	RPROG=10K, 电流模式	●	93	100	107	mA
		RPROG=2K, 电流模式	●	450	465	480	
		待机模式, VBAT=4.2V	●	0	-2.5	-6	uA

		关断模式 (RPROG 悬空)			±1	±2	
		睡眠模式 (VCC=0V)			±1	±2	
ITRIKL	涓流充电 电流	VBAT<VTRIKL, RPROG=2K	●	20	45	70	mA
VTRIKL	涓流充电 阈值	RPROG=10K, VBAT 上升		2.8	2.9	3.0	V
VTRHYS	涓流阈值 迟滞	RPROG=10K		60	80	110	mV
VUV	VCC 欠压 锁定阈值	VCC 从低到高	●	3.7	3.8	3.92	V
VUVHYS	欠压锁定 阈值迟滞		●	150	200	300	mV
VMSD	人工关断 阈值电压	PROG 端口上升	●	1.15	1.21	1.30	V
		PROG 端口下降	●	0.9	1.0	1.1	
VASD	VCC-VBAT 锁定压差	VCC 从低到高		70	100	140	mV
		VCC 从高到低		5	30	50	
ITERM	C/10 终止充电 电流阈值	RPROG=10K	●	0.085	0.10	0.115	mA/mA
		RPROG=2K	●	0.085	0.10	0.115	
VPROG	PROG 端口电压	RPROG=10K, 电流模式	●	0.93	1.0	1.07	V
ICHRG	CHRG 端口弱下 拉电流	VCHRG=5V		8	20	35	uA
VCHRG	CHRG 端口输出 低电压	ICHRG=5mA			0.35	0.6	V
△VRECHRG	补充电池 电压阈值	VFLOAT-VRECHRG		100	150	200	mV
TLIM	恒温模式 结温				120		°C
RON	功率 FET 开启阻抗				600		mΩ
tSS	软启动时间	IBAT=0 到 IBAT=1000V/RPROG			100		uS
tRECHARGE	补充比较器 延迟	VBAT 从高到低		0.75	2	4.5	mS
tTERM	终止比较器 延迟	IBAT 下降到 ICHG/10		400	1000	2500	uS
IPROG	PROG 端口上拉 电流				3		uA

充电管理相关端口功能

- CHRG (内部连接 P05): 开漏输出充电状态指示输出端。当电池在充电时, CHRG 端口被

内部一个 NMOS 下拉。当充电周期结束，一个约为 20uA 的弱下拉电流被连接到 CHRГ 端口，指示 AC 电源端口状况。当 TX8P6010 检测到欠压锁定状况，CHRГ 被强制到高阻态。

- GND: 地电平
- BAT: 充电电流输出端口。提供到电池的充电电流和调整最终空载电压到 4.2V。这个端口内部有一个高精度电阻分压器来设定空载输出电压，当处于关断模式时，电阻分压器不连接。
- VCC: 正电源电压输入端。给充电器供电。VCC 工作电压范围 4.25V 到 6.5V，并且需要至少 1uF 的旁路电容。当 VCC 下降到 BAT 端口电压 30mV 范围内时，TX8P6010 进入到关断模式，减小 I_{BAT} 电流到少于 2uA。
- PROG: 充电电流设置，充电电流监测和关断端口。充电电流通过接一个 1%精度的电阻 R_{PROG} 到地来设定。当处于恒流充电模式时，这个端口电压为 1V。任何模式下，这个端口的电压可以用下面公式来计量充电电流： $I_{BAT} = (V_{PROG} / R_{PROG}) * 1000$ 。PROG 端口也能用来关闭充电器。断开电流设定电阻后端口通过 3uA 的电流将 PROG 端口拉高。当端口达到 1.21V 关断电压阈值，充电器进入关断模式，充电停止，并且电源电流会减小到 25uA。这个端口同时也被钳位到约 2.4V。将这个端口驱动到超出钳位电压范围将会需要高于 1.5mA 的驱动能力。重新连接 R_{PROG} 到地充电器将会恢复正常工作。

工作说明

TX8P6010 是一款使用恒流/恒压方式的单节锂离子电池充电器。它能够提供高达 500mA 的充电电流（使用优良热设计的 PCB 版），输出空载电压精度 $\pm 1\%$ 以内。TX8P6010 包含一个内置的 P 沟道功率 MOSFET 和热调节电路。不需要整流二极管和外部电流探测电阻，因此，一个基础的充电电路只需要两个外部元器件。另外，TX8P6010 能够胜任 USB 接口作为电源的状况。

正常充电周期

当电源电压 V_{CC} 上升到欠压锁定阈值之上并且一个 1%精度电流设定电阻连接到 PROG 端口到地之间或者当一个电池被接入到充电输出端，一个充电周期开始。如果 BAT 端口电压低

于 2.9V，充电器进入涓流充电模式。涓流模式下，TX8P6010 提供大约 1/10 的设定电流值使电池电压上升到能够全电流充电的安全电平。

当 BAT 电压达到 2.9V，充电器进入恒流模式，这时以设定的电流值给电池充电。当 BAT 端口电压接近最后的空载电压（4.2V），TX8P6010 进入恒压模式且充电电流开始降低。当充电电流下降到 1/10 的设定值，充电周期结束。

充电电流设定

充电电流通过 PROG 端口到地的单个电阻来设定。电池充电电流 1000 倍于 PROG 端口电流。设定电阻和充电电流可以通过下面等式来计算： $R_{\text{PROG}}=1000V/I_{\text{CHG}}$ ， $I_{\text{CHG}}=1000V/R_{\text{PROG}}$ 。BAT 端口的充电电流在任何时间段可以通过 PROG 端口的电压通过下面的等式来确定： $I_{\text{BAT}}=(V_{\text{PROG}}/R_{\text{PROG}}) * 1000$ 。

充电终止

当电池被充电接近空载电压且充电电流下降到 1/10 的设定值时充电终止。这种状态检测通过内部的一个抗干扰比较器监测 PROG 端口来实现。当 PROG 端口电压低于 100mV 的时间长于 t_{TERM} （典型值 1mS），充电终止。充电电流被关闭且 TX8P6010 进入待机模式，同时输入电流降低到 200uA。（注意：C/10 终止功能在涓流充电和热限制模式时被禁止）。

充电时，BAT 端口的瞬态负载在直流充电电流下降到十分之一设定值之前就能够导致 PROG 端口电压短期内下降到 100mV 以内。终止充电比较器的 1mS 的过滤时间设定能确保这类瞬态负载不会导致提前终止充电周期。一旦充电电流平均值降到十分之一设定值，TX8P6010 将终止充电周期并且停止通过 BAT 端口提供电流。这种状态下，所有 BAT 端口的负载必须由电池供电。

待机模式时 TX8P6010 持续监测 BAT 端口电压。如果这个电压下降到 4.05V 补充电阈值，另外一个充电周期就会开始且再次向电池提供充电电流。如果需要人工重启一个充电周期则需要断开电源电压之后重新供电，或者通过 PROG 端口关闭充电器并重启。

充电状态指示

充电状态输出端口有三种不同的状态：强下拉（约 10mA），弱下拉（约 20uA）和高阻。强下拉状态表示 TX8P6010 正处于一个充电周期当中。一旦充电周期终止，端口状态取决于是否出现欠压锁定状况。弱下拉表明 V_{CC} 遇到过欠压锁定状况且 TX8P6010 准备好充电。高

阻态表明 TX8P6010 正处于欠压锁定模式：不管是 V_{CC} 电压不高于 BAT 端口电压 100mV 以上或者 V_{CC} 端口电压不足。使用一个微处理器可以鉴别这三种状态——这种方式在应用信息章节中讨论。

热限制

如果芯片结温将要上升到超过 120°C 的保护值，内部热反馈环路将会减小设定充电电流。这个特点可以保护 TX8P6010 使其不会工作在过温范围内，并且允许使用者在给定电路版上将 TX8P6010 设定于参数给出的极限功耗状态而不存在毁坏 TX8P6010 的风险。充电电流设定可以遵循典型环境温度（非最坏情况）从而保证在最坏情况下芯片能够自动减小充电电流。

欠压锁定

内部有一个欠压锁定电路监控输入电源电压并且在电源电压上升到超过欠压锁定阈值之前使充电器一直保持关断模式。欠压锁定电路有内建 200mV 迟滞。另外，为了防止内部功率 MOS 出现反向电流，如果 VCC 降低到不大于电池电压 30mV 范围时欠压锁定电路也会使充电器处于关断模式。如果欠压锁定比较器跳转，充电器在 VCC 上升到大于电池电压 100mV 之前会一直保持关断模式。

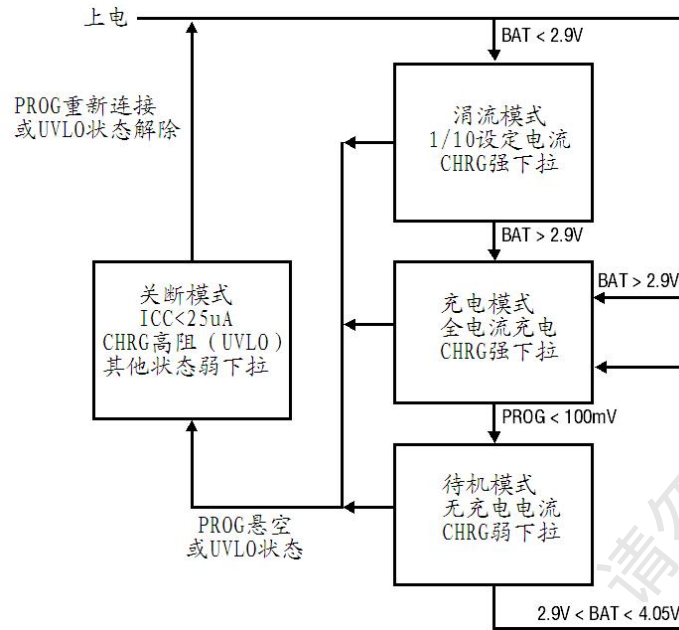
人工关断

在充电周期的任何一点，TX8P6010 可以通过断开 R_{PROG} 来悬置 PROG 端口进入关断模式，这会使电池漏电流减小到 2 μ A 以下同时电源电流减小到 50 μ A 以下。当重新接入 R_{PROG} 时新的充电周期就会开始。

在人工关断模式下，CHRG 端口处于弱下拉状态直到 VCC 超过欠压保护阈值。当 TX8P6010 处于欠压保护模式时 CHRG 端口处于高阻态：不论是 VCC 电压不高于电池电压 100mV 或者 VCC 端口电压不足。

自动补充

当充电周期结束，TX8P6010 通过一个 2mS 延迟比较器持续监视电池电压。当电池电压跌落到 4.05V（对应 80%到 90%的电池容量）时新的充电周期重新开始。这保证电池始终处于将近满电的状态且排除了周期性充电的需要。CHRG 在补充周期时处于强下拉状态。



典型充电状态状态图

应用信息

稳定性考虑

当电池连接到 BAT 端口后恒压模式反馈环路不需要输出电容即可以稳定, 如果没有电池接入, 推荐接入输出电容减少输出电压纹波。当使用高容值低 ESR 电容时, 推荐在电容上串接 $1\ \Omega$ 的电阻, 如果使用钽电容则不需要串列电阻。

恒流模式时, PROG 端口在反馈环路内, 而不是电池。恒流模式稳定性受 PROG 端口的电阻影响。如果 PROG 端口没有额外的电容, 充电器在 PROG 端口高达 $20K$ 阻抗时才会稳定。但是增加 PROG 端口节点电容能够减小最大允许的电流设定电阻值。PROG 端口极点频率应该保持在 $100K$ 之上。因此, 如果 PROG 端口如果有一个负载电容 C_{PROG} , 下面公式可以用来计算最大允许的 R_{PROG} 电阻的值: $R_{PROG} \leq 1 / (2\pi * 10^5 * C_{PROG})$ 。

相对瞬态来说平均充电电流可能用户更为关注。例如, 如果一个开关电源工作在低电流模式被并接到电池上, 那么从电池汲取的平均电流显然比瞬态峰值电流更受关注。这个示例中, PROG 端口一个简单的 RC 滤波器就可以用来计量电池的平均电流。一个 $10K$ 电阻接在 PROG 端口和滤波电容之间保证稳定性。

功耗

TX8P6010 通过热反馈来减少输出充电电流的状态可以用来近似考虑芯片的功耗。几乎

所有的功耗产生在内部功率 MOSFET 上，可以通过下面等式近似计算： $P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) * I_{BAT}$

这里 P_D 是功耗， V_{CC} 是输入电源电压， V_{BAT} 是电池电压， I_{BAT} 是充电电流。芯片开始热保护的近似环境温度为： $T_A = 120^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}$

例如：一个 TX8P6010 工作于 5V 的 USB 供电，设定的满刻度充电电流 400mA 给一个放电到 3.75V 的锂离子电池充电。假设 θ_{JA} 为 $150^\circ\text{C}/\text{W}$ （视板设计考虑而定），那么 TX8P6010 热保护开始环境温度近似为 45°C 。因此 TX8P6010 可以使用在 45°C 的环境温度下，但是充电电流将会从 400mA 减小。在给定的环境温度下的充电电流可以近似为： $I_{BAT} = (120^\circ\text{C} - T_A) / [(V_{CC} - V_{BAT}) * \theta_{JA}]$

利用前面的例子则环境温度 60°C 时，充电电流将减小到 320mA。

而且，当热反馈降低充电电流，PROG 端口也将等比例的减少如同前面讨论的。

当结温将要达到 120°C 的保护值时，TX8P6010 将会自动减小功耗，因此 TX8P6010 在设计时不需要考虑最坏的温度状况。

V_{CC} 旁路电容

建议应用最小 $3.3 \mu\text{F}$ 以上电源旁路电容以减小尖峰电压的冲击，多类电容都可以用来作为输入旁路电容，但是，注意使用多层陶瓷电容需要测试。因为一些陶瓷电容的自体谐振和高 Q 特征，在某些启动状况下可能会产生瞬态高压，如连接充电器到电源时。连接一个 1.5Ω 电阻到一个 X5R 陶瓷电容将会使瞬态高压几率最小化。

充电电流软启动

TX8P6010 内置软启动电路在开始充电周期时可以使浪涌电流最小化。当充电周期初始，充电电流从 0 上升到满刻度大约需要 100uS 的时间。这在电源上电时最小化瞬态电流负载是非常有效的。

CHRG 输出状态端口

CHRG 端口能够提供输入电压超过欠压锁定阈值的标示。大约 20uA 的弱下拉表明输入电压不足以开始充电。当一个被放电的电池接入充电器，充电周期的恒流部分开始时 CHRG 被下拉到地。CHRG 端口能够下拉 10mA 电流驱动 LED 来表明充电周期正工作中。

当电池接近满充，充电器进入充电周期中的恒压模式，充电电流开始下降。当充电电流下降到 1/10 设定电流，充电周期结束，CHRG 端口由强下拉转换为 20uA 的弱下拉，表明充

电周期结束状态。如果输入电压被断开或者下降到欠压锁定阈值，CHRG 端口变为高阻态。

输入电压反接保护

在一些应用里面，希望能够有电源反接保护。如果电源电压足够高，可以使用串接的整流二极管。在其他情况下，如果电源电压降要求足够低时可以使用 PMOS。

珠海泰芯半导体有限公司保密文件，请勿外传。