

SinoMCU 8 位单片机

MC30P6290

用户手册

V1.1



目录

1	产品概要	4
1.1	产品特性	4
1.2	订购信息	6
1.3	引脚排列	6
1.4	端口说明	6
2	电气特性	8
2.1	极限参数	8
2.2	直流电气特性	8
2.3	交流电气特性	9
2.4	LBC 特性参数	9
3	CPU 与存储器	11
3.1	指令集	11
3.2	程序存储器	12
3.3	数据存储器	13
3.4	堆栈	14
3.5	控制寄存器	14
3.6	用户配置字	16
4	时钟	18
4.1	内部高频 RC 振荡器	18
4.2	内部低频 RC 振荡器	18
4.3	系统工作模式	19
4.4	低功耗模式	19
5	复位	20
5.1	复位条件	20
5.2	上电复位	21
5.3	低电压复位	21
5.4	看门狗复位	21
6	I/O 端口	22
6.1	通用 I/O 功能	22
6.2	内部上/下拉电阻	22
6.3	端口模式控制	23
7	定时器 TIMER	24
7.1	看门狗定时器 WDT	24
7.2	定时器 T0	25
7.3	定时器 T1	27
8	锂电池充电 LBC	30
8.1	LBC 概述	30
8.2	LBC 相关寄存器	31
9	低电压检测 LVD	34
10	中断	35
10.1	外部中断	35

10.2	定时器中断	35
10.3	键盘中断	35
10.4	LVD 中断	36
10.5	温度检测中断	36
10.6	中断相关寄存器	36
11	特性曲线	39
11.1	I/O 特性	39
11.2	功耗特性	43
11.3	模拟电路特性	46
12	封装尺寸	53
12.1	SOP8	53
12.2	ESOP8	53
13	修订记录	54

1 产品概要

本产品为一颗集成了供电管理单元和锂电充电单元的单芯 MCU 芯片。

供电管理单元可根据外部连接的电源电压 VCC 和电池电压 VBAT 的接入状态及电压，自动生成微控制器单元的工作电压 VDD；

锂电充电单元可根据设定的浮充电压值和充电电流值，对外部接入的单节锂电池进行恒流恒压充电，并可实现对芯片温度的高温检测功能。

1.1 产品特性

供电管理单元

- 供电电压管理
 - ◇ VCC 和 VBAT 仅有一路接入时，即为微控制器单元的工作电压 VDD
 - ◇ VCC 和 VBAT 同时接入时，电压高的供电电压将作为微控制器单元的工作电压 VDD
- 复位电压监测
 - ◇ 支持 VDD 的上电复位 POR 和低电压复位 LVR

锂电充电单元

- 锂电池充电控制模块 LBC
 - ◇ 支持单节锂电池恒流恒压充电
 - ◇ 浮充电压 4 级（4.1V/4.15V/4.2V/4.25V）可选
 - ◇ 充电电流 4 级（100mA/150mA/200mA/250mA）可选，且调整电流时将渐变输出
 - ◇ 接入 VCC 时若 VCC 高于 3.6V 且高于（VBAT+100mV），则可自动充电
 - ◇ 充电过程中若 VCC 低于（VBAT+30mV）则停止充电
 - ◇ 充电过程中当电池电压达到浮充电压且充电电流降至恒流充电电流的 1/10 后，充电终止
 - ◇ 支持自动再充电功能
 - ◇ 内置防倒充保护电路，可防止 VBAT 向 VCC 电流倒充
 - ◇ 可反馈充电状态
- 温度检测与保护 TDP
 - ◇ 芯片温度检测点：高温保护温度点 T_{THP} 、超温保护温度点 T_{TOP} ；
 - ◇ 支持高温保护功能：恒流充电和再充电阶段，当芯片温度高于 T_{THP} 时自动按 $THPIS$ 设定值降低充电电流（低于 T_{THP} 后自动恢复）；
 - ◇ 支持超温保护功能：充电过程中，当芯片温度高于 T_{TOP} 时自动停止充电输出（低于 T_{THP} 后自动恢复）；
 - ◇ 芯片温度上升过程中超过 T_{THP} 、或超过 T_{TOP} 时，触发温度检测中断；

微控制器单元

- 8 位 CPU 内核
 - ◇ 精简指令集，5 级深度硬件堆栈
 - ◇ CPU 为单时钟，仅在系统主时钟下运行

- ◇ 系统主时钟下 FCPU 固定为 FOSC 的 2 分频
- 程序存储器
 - ◇ 1K×14 位 OTP 型程序存储器（烧录 1 次）
 - ◇ 0.5K×14 位 OTP 型程序存储器（烧录 2 次）
- 数据存储器
 - ◇ 48 字节 SRAM 型通用数据存储器，支持直接寻址、间接寻址等多种寻址方式
- 1 组共 5 个 I/O
 - ◇ P1 (P10~P14)
 - ◇ 所有端口均支持施密特输入，除 P13 外均可选推挽或开漏输出
 - ◇ P13 为输入/开漏输出口，编程时为高压 VPP 输入
 - ◇ 所有端口均内置上拉和下拉电阻，均可单独使能
 - ◇ P10 可复用为外部中断输入，支持外部中断唤醒功能
 - ◇ 所有端口均支持键盘中断唤醒功能，并可单独使能
- 时钟源
 - ◇ 内置高频 RC 振荡器（16MHz），其 1/2/4/8/16/32 分频时钟，可用作系统主时钟源
 - ◇ 内置低频 RC 振荡器（32KHz），可用作系统主时钟源、或外设低频时钟源
- 系统工作模式
 - ◇ 运行模式：CPU 在系统主时钟下运行
 - ◇ 休眠模式（低功耗模式）：CPU 暂停，系统主时钟源停止
- 内部自振式看门狗计数器（WDT）
 - ◇ 与定时器 T0 共用预分频器
 - ◇ 溢出时间可配置：4.5ms/18ms/72ms/288ms（无预分频）
 - ◇ 工作模式可配置：始终开启、始终关闭，也可软件控制开启或关闭
- 2 个定时器
 - ◇ 8 位定时器 T0，支持外设低频时钟，可实现外部计数功能，与 WDT 共用预分频器
 - ◇ 8 位定时器 T1，可实现外部计数和 PWM 功能
- 中断
 - ◇ 外部中断（INT），键盘中断（P10~P14）
 - ◇ 定时器中断（T0~T1）
 - ◇ LVD 中断，温度检测中断（超过 90℃、超过 110℃）
- 低电压检测 LVD
 - ◇ 2.0V/2.4V/2.6V/2.8V/2.9V/3.0V/3.1V/3.2V/3.4V/3.6V/3.7V/3.8V/3.9V/4.0V/4.1V/4.2V
 - ◇ 可实现 VBAT 的电压检测功能（仅在电池供电状态下有效）
- 低电压复位 LVR
 - ◇ 1.8V/2.2V/2.7V/3.6V
- 工作电压
 - ◇ VLVR36 ~ 5.5V @ Fcpu = 0~8MHz
 - ◇ VLVR22 ~ 5.5V @ Fcpu = 0~4MHz
 - ◇ VLVR18 ~ 5.5V @ Fcpu = 0~1MHz

产品封装

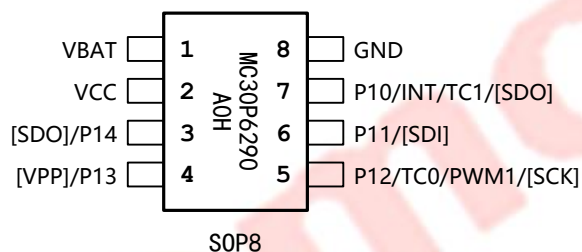
- 封装形式：SOP8/ESOP8

1.2 订购信息

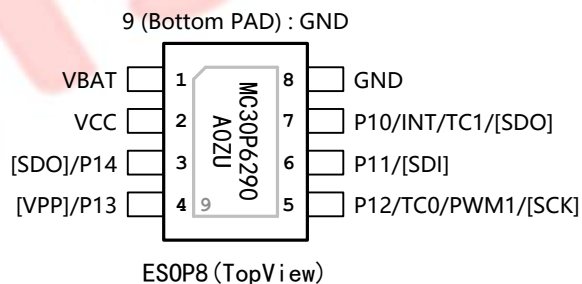
产品名称	封装形式	备注
MC30P6290A0H	SOP8	
MC30P6290A0ZU	ESOP8	

1.3 引脚排列

MC30P6290A0H



MC30P6290A0ZU



1.4 端口说明

端口名称	类型	功能说明
VCC	P	充电电源输入
VBAT	P	充电输出/电池电源输入
GND	P	地
P10~P12, P14	D	GPIO (推挽输出或开漏输出), 内部上/下拉

P13	D	GPIO (开漏输出), 内部上/下拉
INT	DI	外部中断输入
TC0~TC1	DI	定时器 T0~T1 的外部计数输入
PWM1	DO	定时器 T1 的 PWM 输出
SCK, SDI, SDO	D	编程时钟/数据输入/数据输出接口
VPP	P	编程高压输入

注: P-电源端口; D-数字端口, DI-数字输入, DO-数字输出; A-模拟端口, AI-模拟输入, AO-模拟输出。

2 电气特性

2.1 极限参数

参数	符号	值	单位
充电电源电压	VCC	-0.3~6.0	V
I/O 输入电压	Vin	-0.3~VDD+0.3	V
工作温度	Ta	-40~85	°C
储存温度	Tstg	-65~150	°C
流入 VDD 最大电流 (除 VBAT)	IVDDmax	30	mA
流出 GND 最大电流	IGNDmax	30	mA

注：若芯片工作条件超过极限值，则会造成永久性损坏；若芯片长时间工作在极限条件下，则将影响其可靠性。

2.2 直流电气特性

VDD=5V, T=25°C

特性	符号	端口	条件	最小	典型	最大	单位
VCC 输入电压	VCC	VCC		4.5	5	5.5	V
微控制器单元 工作电压	VDD		Fcpu=8MHz@HIRC(16M)/2	VLVR36		5.5	V
			Fcpu=4MHz@HIRC(8M)/2	VLVR22		5.5	
			Fcpu=2MHz@HIRC(4M)/2	VLVR22		5.5	
			Fcpu=1MHz@HIRC(2M)/2	VLVR18		5.5	
			Fcpu=500KHz@HIRC(1M)/2	VLVR18		5.5	
			Fcpu=250KHz@HIRC(500K)/2	VLVR18		5.5	
			Fcpu=16KHz@LIRC(32K)/2	VLVR18		5.5	
输入漏电流	Ileak	所有输入脚	VDD=5V	-1		1	μA
输入高电平	Vih	所有输入脚	SMT 开启, SMTVS 配置	0.8VDD			V
			SMT 开启, SMTVS 配置	2.0			
			SMT 关闭	2.0			
输入低电平	Vil	所有输入脚	SMT 开启, SMTVS 配置			0.2VDD	V
			SMT 开启, SMTVS 配置			0.8	
			SMT 关闭			1.0	
上拉电阻	Rpu	P1	VDD=5V, Vin=0		20		KΩ
下拉电阻	Rpd	P1	Vin=VDD=5V		20		KΩ
输出源电流	Ioh	推挽输出脚	Voh=VDD-0.6V, IOHS 配置正常输出		6		mA
			Voh=VDD-0.6V, IOHS 配置限流输出		3		mA

输出灌电流	I _{ol}	所有输出脚	V _{ol} =0.6V		18		mA
运行模式功耗	I _{run}	VDD	F _{cpu} =8MHz@HIRC(16M)/2		2.9		mA
			F _{cpu} =4MHz@HIRC(8M)/2		1.6		mA
			F _{cpu} =2MHz@HIRC(4M)/2		900		μA
			F _{cpu} =1MHz@HIRC(2M)/2		580		μA
			F _{cpu} =500KHz@HIRC(1M)/2		420		μA
			F _{cpu} =250KHz@HIRC(500K)/2		330		μA
			F _{cpu} =16KHz@LIRC(32K)/2, LVR 关		8		μA
休眠模式功耗	I _{stop}	VDD	LIRC 关		1	3	μA
			LIRC 开		2	6	μA
低压检测电压	V _{LVD}	VDD	LVDVS 选择	-3%		+3%	V
LVD 响应时间	T _{LVD}			1	50	200	μs
LVD 功耗	I _{LVD}	VDD	LVD 开启		8	16	μA
低压复位电压	V _{LVR}	VDD	LVRVS 配置	-10%		+10%	V
上电复位电压	V _{POR}	VDD	LVR 关闭	-30%	1.5	+30%	V
LVD/LVR 回滞电压		VDD			6%	12%	

注：条件项中，无关模块默认关闭，无关端口设为低电平无负载输出或内部上/下拉电阻无效且外接 GND 的输入。

2.3 交流电气特性

特性	符号	条件	最小	典型	最大	单位
HIRC 振荡频率	F _{HIRC}	VDD=2.0V~5.5V, T=25°C	-3%	16	+3%	MHz
		VDD=2.0V~5.5V, T=-40°C~85°C	-5%		+5%	
LIRC 振荡频率	F _{LIRC}	VDD=5V, T=25°C	-50%	32	+50%	KHz

2.4 LBC 特性参数

T=-40°C~85°C

特性	符号	条件	最小	典型	最大	单位
LBC 工作电压 (VCC)	V _{LBC}		V _{INLO}	5	5.5	V
输入欠压闭锁电压	V _{INLO}	VCC 从低到高	3.4	3.6	3.8	V
欠压闭锁电压迟滞			150	200	300	mV
VCC-VBAT 电压降 闭锁压差		VCC 从低到高, T=25°C	60	100	140	mV
		VCC 从高到低, T=25°C	5	30	50	mV

LBC 功耗 (VCC 接入充电电源)	ILBC	充电状态 (250mA 恒流充电)		300	600	μA
		充电状态 (200mA 恒流充电)		250	500	μA
		充电状态 (150mA 恒流充电)		200	400	μA
		充电状态 (100mA 恒流充电)		150	300	μA
		待机状态 (充电终止/超温保护)		45	100	μA
		关断状态 (输入欠压/压降过小)		7.5	10	μA
		LBC 关闭 (LBCEN=0)		2	4	μA
涓流预充电流	IPRC	V _{BAT} < V _{PREND}		1/10		I _{CCO}
涓流预充终止电压	V _{PREND}	V _{BAT} 上升, VCC=5V, T=25°C	2.8	2.9	3.0	V
预充终止电压迟滞		VCC=5V, T=25°C	60	80	100	mV
恒流输出充电电流	I _{CCO}	VCC=5V, T=-40°C~85°C	-10%	100 150 200 250	+10%	mA
恒流输出电流渐变时间		T=25°C		20		μs
恒压输出浮充电压	V _{CV0}	VCC=5V, T=0°C~85°C	-1%	4.10 4.15	+1%	V
		VCC=5V, T=-40°C~85°C	-1.5%	4.20 4.25	+1.5%	
恒压充电终止电流				1/10		I _{CCO}
恒压终止电流保持时间			0.8	1.8	4	ms
再充电启动电压差	V _{drop}	T=25°C	100	150	200	mV
再充电启动压差保持时间	T _{drop}	T=25°C	0.8	1.8	4	ms
VBAT 端口输出电流 (VBAT 接入电池)	IBAT	VCC=5V, 涓流预充状态		1/10		I _{CCO}
		VCC=5V, 恒流充电状态		I _{CCO}		mA
		VCC=5V, 恒压充电状态	I _{CCO} /10		I _{CCO}	mA
		VCC=5V, 待机状态 (充电终止, V _{BAT} =V _{CV0})		-2.5	-6	μA
		VCC=3V, 关断状态 (输入欠压) 漏电流		±0.1	±1	μA
		VCC=5V, LBC 关闭 (LBCEN=0) 漏电流		±0.1	±1	μA
		VCC=0, MCU 休眠, LBC 关闭, V _{BAT} =V _{CV0}		±0.1	±1	μA
高温保护温度	T _{THP}			90		°C
超温保护温度	T _{TOP}			110		°C
温度阈值保持时间			0.8	1.8	4	ms

3 CPU 与存储器

3.1 指令集

芯片的指令集为精简指令集。除程序跳转类指令外，其他指令均为单周期指令，即执行时间为 1 个指令周期（CPU 时钟周期）；所有指令均为单字指令，即指令码仅占用 1 个程序存储器地址空间。

指令汇总表

助记符	说明	操作	周期	长度	标志
ADDAR R	R 和 A 相加，结果存入 A	$R+A \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
ADDRA R	R 和 A 相加，结果存入 R	$R+A \rightarrow R$	1	1	C,DC,Z
ADCAR R	R 和 A 相加（带 C 标志），结果存入 A	$R+A+C \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
ADCRA R	R 和 A 相加（带 C 标志），结果存入 R	$R+A+C \rightarrow R$	1	1	C,DC,Z
RSUBAR R	R 和 A 相减，结果存入 A	$R-A \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
RSUBRA R	R 和 A 相减，结果存入 R	$R-A \rightarrow R$	1	1	C,DC,Z
RSBCAR R	R 和 A 相减（带 C 标志），结果存入 A	$R-A-/C \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
RSBCRA R	R 和 A 相减（带 C 标志），结果存入 R	$R-A-/C \rightarrow R$	1	1	C,DC,Z
ANDAR R	R 和 A 与操作，结果存入 A	$R \text{ and } A \rightarrow A$	1	1	Z
ANDRA R	R 和 A 与操作，结果存入 R	$R \text{ and } A \rightarrow R$	1	1	Z
ORAR R	R 和 A 或操作，结果存入 A	$R \text{ or } A \rightarrow A$	1	1	Z
ORRA R	R 和 A 或操作，结果存入 R	$R \text{ or } A \rightarrow R$	1	1	Z
XORAR R	R 和 A 异或操作，结果存入 A	$R \text{ xor } A \rightarrow A$	1	1	Z
XORRA R	R 和 A 异或操作，结果存入 R	$R \text{ xor } A \rightarrow R$	1	1	Z
COMAR R	对 R 取反，结果存入 A	$R \text{ 取反} \rightarrow A$	1	1	Z
COMR R	对 R 取反，结果存入 R	$R \text{ 取反} \rightarrow R$	1	1	Z
RLAR R	R 循环左移（带 C 标志），结果存入 A	$R[7] \rightarrow C; R[6:0] \rightarrow A[7:1]; C \rightarrow A[0]$	1	1	C
RLR R	R 循环左移（带 C 标志），结果存入 R	$R[7] \rightarrow C; R[6:0] \rightarrow R[7:1]; C \rightarrow R[0]$	1	1	C
RRAR R	R 循环右移（带 C 标志），结果存入 A	$R[0] \rightarrow C; R[7:1] \rightarrow A[6:0]; C \rightarrow A[7]$	1	1	C
RRR R	R 循环右移（带 C 标志），结果存入 R	$R[0] \rightarrow C; R[7:1] \rightarrow R[6:0]; C \rightarrow R[7]$	1	1	C
SWAPAR R	交换 R 的高低半字节，结果存入 A	$R[7:4] \rightarrow A[3:0]; R[3:0] \rightarrow A[7:4]$	1	1	-
SWAPR R	交换 R 的高低半字节，结果存入 R	$R[7:4] \rightarrow R[3:0]; R[3:0] \rightarrow R[7:4]$	1	1	-
MOVRA R	将 A 存入 R	$A \rightarrow R$	1	1	-
MOVAR R	将 R 存入 A	$R \rightarrow A$	1	1	Z
MOVR R	将 R 存入 R	$R \rightarrow R$	1	1	Z
CLRA	将 A 清零	$0 \rightarrow A$	1	1	Z
CLRR R	将 R 清零	$0 \rightarrow R$	1	1	Z
INCR R	R 自加 1	$R+1 \rightarrow R$	1	1	Z
INCAR R	R 加 1，结果存入 A	$R+1 \rightarrow A$	1	1	Z

DECR	R	R 自减 1	$R-1 \rightarrow R$	1	1	Z
DECAR	R	R 减 1, 结果存入 A	$R-1 \rightarrow A$	1	1	Z
JZR	R	R 自加 1: 结果为 0 则跳过下一条指令	$R+1 \rightarrow R$: 结果为 0 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
JZAR	R	R 加 1, 结果存入 A: 结果为 0 则跳过下一条指令	$R+1 \rightarrow A$: 结果为 0 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
DJZR	R	R 自减 1: 结果为 0 则跳过下一条指令	$R-1 \rightarrow R$: 结果为 0 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
DJZAR	R	R 减 1, 结果存入 A: 结果为 0 则跳过下一条指令	$R-1 \rightarrow A$: 结果为 0 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
BCLR	R, b	将 R 的第 b 位清 0	$0 \rightarrow R[b]$	1	1	-
BSET	R, b	将 R 的第 b 位置 1	$1 \rightarrow R[b]$	1	1	-
JBCLR	R, b	若 R 的第 b 位为 0, 则跳过下一条指令	若 $R[b]=0$, 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
JBSET	R, b	若 R 的第 b 位为 1, 则跳过下一条指令	若 $R[b]=1$, 则 $PC+2 \rightarrow PC$	1/2	1	-
ADDA	I	I 和 A 相加, 结果存入 A	$I+A \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
ISUBA	I	I 和 A 相减, 结果存入 A	$I-A \rightarrow A$	1	1	C,DC,Z
ANDA	I	I 和 A 与操作, 结果存入 A	$I \text{ and } A \rightarrow A$	1	1	Z
ORA	I	I 和 A 或操作, 结果存入 A	$I \text{ or } A \rightarrow A$	1	1	Z
XORA	I	I 和 A 异或操作, 结果存入 A	$I \text{ xor } A \rightarrow A$	1	1	Z
MOVA	I	将 I 存入 A	$I \rightarrow A$	1	1	-
CALL	K	子程序调用	$PC+1 \rightarrow TOS$; $K \rightarrow PC[10:0]$	2	1	-
GOTO	K	无条件跳转	$K \rightarrow PC[10:0]$	2	1	-
RETURN		从子程序返回	$TOS \rightarrow PC$	2	1	-
RETA	I	从子程序返回, 并将 I 存入 A	$TOS \rightarrow PC$; $I \rightarrow A$	2	1	-
RETIE		从中断返回	$TOS \rightarrow PC$; $1 \rightarrow GIE$	2	1	-
NOP		空操作	空操作	1	1	-
DAA		BCD 码加法操作后, 将 A 的值调整为 BCD 码	$A(\text{HEX 码}) \rightarrow A(\text{BCD 码})$	1	1	C
DSA		BCD 码减法操作后, 将 A 的值调整为 BCD 码	$A(\text{HEX 码}) \rightarrow A(\text{BCD 码})$	1	1	-
CLRWDT		将看门狗计数器清零	$0 \rightarrow WDT CNT$	1	1	TO,PD
STOP		进入低功耗模式	$0 \rightarrow WDT CNT$; CPU 暂停	1	1	TO,PD

注:

- 1、A-算术逻辑单元累加器 ALU, R-数据存储器, I-立即数, K-程序存储器地址, TOS-堆栈栈顶;
- 2、对于条件跳转类指令, 若跳转条件成立, 则执行时间需 2 个指令周期, 否则仅需 1 个指令周期;

3.2 程序存储器

芯片的程序存储器为 OTP 型存储器, 可通过配置字 ROMPAGE 选择存储器的地址空间范围。

1K×14 位的地址空间范围为 0000H~03FFH, 仅能烧录 1 次, 地址分配如下图所示:

复位起始地址 (0000H)
通用程序区 (0001H - 0007H)
中断入口地址 (0008H)
通用程序区 (0009H - 03FFH)

0.5K×14 位的地址空间范围为 0000H~01FFH，可以烧录 2 次，地址分配如下图所示：

复位起始地址 (0000H)
通用程序区 (0001H - 0007H)
中断入口地址 (0008H)
通用程序区 (0009H - 01FFH)

3.3 数据存储器

芯片的数据存储器包括通用数据存储器 GPR (48 字节) 和特殊功能寄存器 SFR，地址映射如下表所示。GPR 和 SFR 均可直接寻址或通过 INDF 间接寻址。

数据存储器区地址映射表

地址	类型	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
00H-07H	SFR	INDF	T0CNT	PCL	STATUS	FSR		P1	
08H-0FH		MCR	P1KBCR	PCLATH	PDCON	ODCON	PUCON	INTE	INTF
10H-3FH	GPR	通用数据存储器区							
40H-47H	SFR		T0CR					DDR1	
48H-4FH					TMRCR	T1CR	T1CNT	T1LOAD	T1DATA
50H-57H									
58H-5FH		LBCCR0	LBCCR1	LBCSR					
60H-7FH	保留								

注：上表中灰色部分的存储器地址为系统保留区，禁止对其中未定义的地址进行读写操作。

数据存储器寻址方式地址组成

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	寻址方式
/	/	/	/	/	/	/	/	/	取自指令的 7 位地址							直接寻址方式
/	/	/	/	/	/	/	/	/	FSR							间接寻址方式

直接寻址方式，是以指令的低 7 位为数据存储器地址，通过指令访问，寻址范围 0~7FH。例如，采用直接寻址方式将数据 55H 写入数据存储器 10H 地址中：

```
MOVAI    55H
MOVRA    10H           ; 将 55H 写入数据存储器 10H 地址中
```

间接寻址方式，是以 FSR 为数据存储器地址指针，通过 INDF 访问，寻址范围 0~7FH。例如，采用间接寻址方式将数据 55H 写入数据存储器 10H 地址中：

```
MOVAI    10H
MOVRA    FSR
MOVAI    55H
MOVRA    INDF          ; 将 55H 写入 FSR 所指地址的数据存储器中
```

3.4 堆栈

芯片的堆栈为 5 级深度的硬件堆栈。当 CPU 响应中断或执行子程序调用指令时，会自动将下一条指令的 PC 值压栈保存；当 CPU 执行中断返回或子程序返回指令时，会自动将栈顶内容出栈载入 PC。

3.5 控制寄存器

数据指针寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
FSR	-	FSR6	FSR5	FSR4	FSR3	FSR2	FSR1	FSR0
R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	1	0	0	0	0	0	0	0

BIT[6:0] **FSR[6:0]** – 数据指针寄存器
FSR：间接寻址方式的指针。

间接寻址寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INDF	INDF7	INDF6	INDF5	INDF4	INDF3	INDF2	INDF1	INDF0

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	X	X	X	X	X	X	X	X

BIT[7:0] **INDF[7:0]** – 间接寻址寄存器

INDF: INDF 不是物理寄存器, 对 INDF 操作实际是对 FSR 所指向地址的数据存储器进行操作, 从而实现间接寻址功能。

程序指针计数器低字节

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PCL	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	0	0	0	0	0	0	0	0

BIT[7:0] **PC[7:0]** – 程序指针计数器低 8 位

程序指针计数器高位缓存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PCLATH	-	-	-	-	-	-	PCH1	PCH0
R/W	-	-	-	-	-	-	R/W	R/W
初始值	-	-	-	-	-	-	0	0

BIT[1:0] **PCH[1:0]** – 程序指针计数器高 2 位缓存器 (仅 C 编译模式下有效)

程序指针计数器 (PC) 有以下几种操作模式:

- ✧ 顺序运行指令: $PC = PC + 1$;
- ✧ 程序跳转指令 GOTO/CALL: $PC = \text{指令码低 10 位}$;
- ✧ 返回指令 RETIE/RETURN/RETAI: $PC = \text{堆栈栈顶 (TOS)}$;

对 PCL 操作指令 (汇编模式):

- ✧ 对 PCL 操作的加法指令: $PC = (PC[9:0] + ALU[7:0])$;
- ✧ 对 PCL 操作的其他指令: $PC = (PC[9:8]:ALU[7:0](ALU \text{ 运算结果}))$;

对 PCL 操作指令 (C 编译模式):

- ✧ 对 PCL 操作的所有指令: $PC = (PCLATH[1:0]:ALU[7:0](ALU \text{ 运算结果}))$;

CPU 状态寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STATUS	WKUP	-	-	TO	PD	Z	DC	C
R/W	R/W	-	-	R	R	R/W	R/W	R/W
初始值	0	-	-	1	1	X	X	X

BIT[7] **WKUP** – 唤醒中断源标志位

- 0: 芯片被其他中断唤醒;
- 1: 芯片被外部中断或键盘中断唤醒;

WDTT	WDT 溢出时间 (无预分频) 选择: 4.5ms; 18ms; 72ms; 288ms;
SMTEN	端口输入施密特设置: 输入 SMT 功能无效; 输入 SMT 功能有效;
SMTVS	端口施密特阈值选择: 2.0V/0.8V; 0.8VDD/0.2VDD;
IOHS	端口源电流输出选择: 源电流正常输出; 源电流限流输出;
MCUSEL	芯片模式选择: (C 编译模式支持 C 程序对常量数组的定义, 汇编模式则不支持) 汇编模式; C 编译模式;
ENCR	程序代码加密设置: 程序代码加密; 程序代码不加密;

4 时钟

芯片系统仅在系统主时钟 Fosc 下工作，部分外设模块可在系统主时钟 Fosc 或外设低频时钟 FLCLK 下工作。

系统主时钟 Fosc 可通过配置字 OSCM 和 HIRCDS 选择以下时钟：

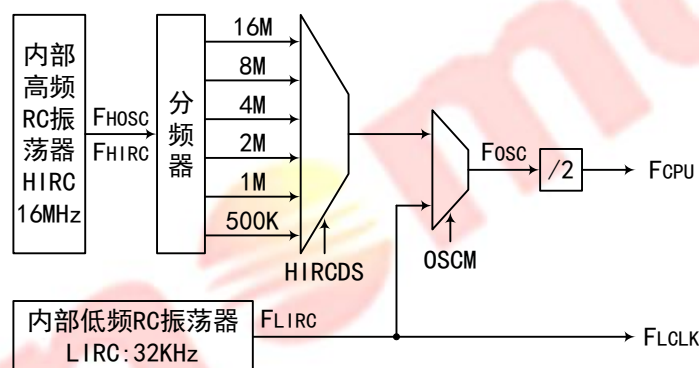
- ✧ 内部高频 RC 振荡器 HIRC（16MHz）时钟 FHIRC 的 1/2/4/8/16/32 分频时钟；
- ✧ 内部低频 RC 振荡器 LIRC（32KHz）时钟 FLIRC；

外设低频时钟 FLCLK 固定为内部低频 RC 振荡器 LIRC（32KHz）时钟 FLIRC；

CPU 的时钟源固定为系统主时钟 Fosc，CPU 的时钟频率 Fcpu 固定为 Fosc 的 2 分频。

WDT（看门狗）电路的时钟源固定为内部低频 RC 振荡器 LIRC。

系统时钟示意图



4.1 内部高频 RC 振荡器

芯片内置 1 个振荡频率为 16MHz 的高精度 HIRC 振荡器，其分频时钟（16MHz/8MHz/4MHz/2MHz/1MHz/500KHz）可用作系统主时钟源。

4.2 内部低频 RC 振荡器

芯片内置 1 个振荡频率典型值为 32KHz 的 LIRC 振荡器，可用作系统主时钟源或外设低频时钟源，也用于系统上电延时控制、看门狗定时器（WDT）等电路。

注：若系统主时钟源为 HIRC，则仅在 WDT 开启、或 T0（时钟源为 FLIRC）使能时，LIRC 才工作。

4.3 系统工作模式

芯片支持运行模式和休眠模式 2 种系统工作模式。

工作模式	模式切换条件	系统工作状态
运行模式	系统复位	主时钟源工作，CPU 在主时钟或其分频时钟下运行
	休眠模式下，CPU 唤醒	
休眠模式	运行模式下，执行 STOP 指令	主时钟源停止，CPU 暂停

注：若系统主时钟为 LIRC，则在 WDT 开启、或 T0（时钟源为 FLIRC）使能后进入休眠模式，LIRC 也将一直工作。

4.4 低功耗模式

芯片的休眠模式即为低功耗模式。

执行 STOP 指令可使系统进入低功耗模式，同时对系统会产生以下影响：

- ✧ CPU 停止运行；
- ✧ 根据不同模式停止相应时钟源的振荡；
- ✧ RAM 内容保持不变；
- ✧ 所有的输入/输出端口保持原有状态；
- ✧ 定时器若其时钟源未停止，则可继续工作；

以下情况可使系统退出低功耗模式：

- ✧ 芯片复位；
- ✧ WDT 溢出（若低功耗模式下 WDT 及其时钟源保持继续工作）；
- ✧ 外部中断请求发生（若有外部中断功能并有效）；
- ✧ 定时器中断请求发生（若低功耗模式下定时器及其时钟源保持继续工作）；
- ✧ 键盘中断请求发生（若有键盘中断功能并有效）；

注：

- 1、低功耗模式下触发中断请求时，若对应的中断使能位关闭，则不会退出低功耗模式；若对应的中断使能位开启而中断总使能位关闭，则仅唤醒 CPU 执行下一条指令；若对应的中断使能位和中断总使能位均开启，则唤醒 CPU 后将执行中断服务程序；
- 2、未使用或未封出的引脚，应将其对应的 I/O 端口设置为输出、输入上拉或输入下拉等稳定状态，以免因引脚浮空而产生漏电流或非预期的中断唤醒；

5 复位

5.1 复位条件

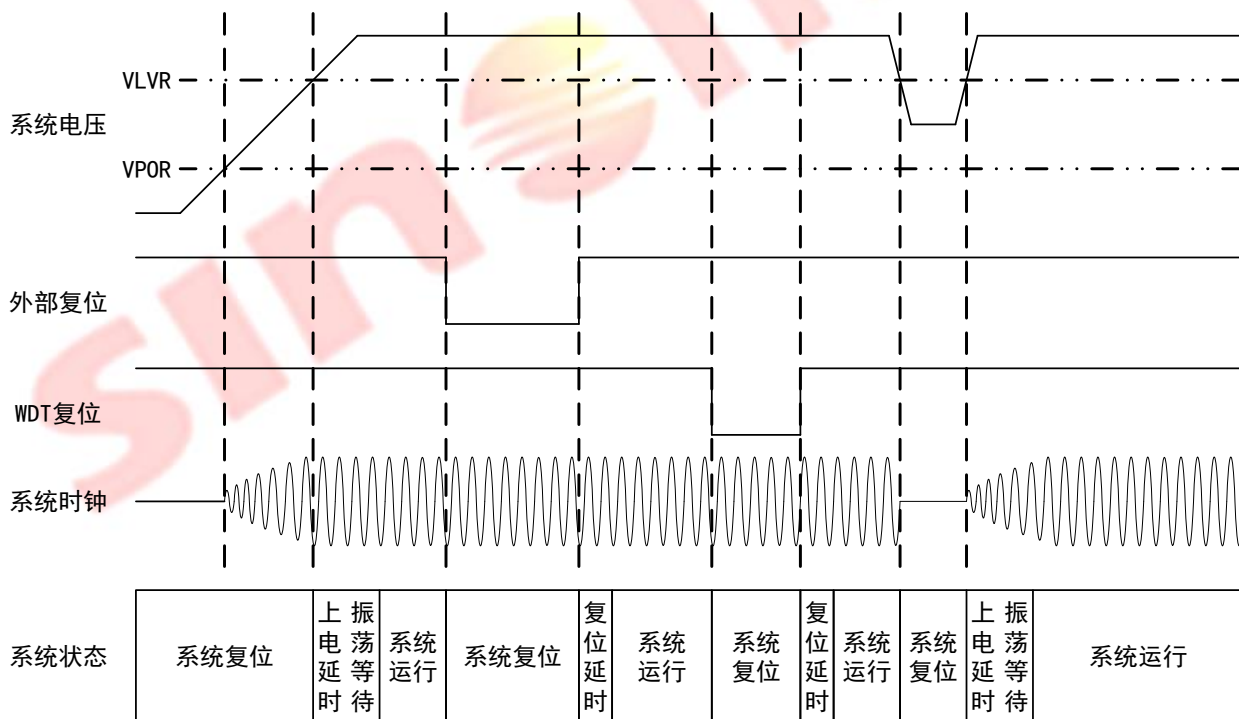
芯片共有如下几种复位方式：

- ✧ 上电复位 POR；
- ✧ 低电压复位 LVR；
- ✧ WDT 看门狗复位；

任何一种复位发生后，系统进入复位状态，执行初始化操作并重置 SFR 为复位初始值；复位条件解除后，系统退出复位状态，CPU 重新从程序存储器 0000H 地址处开始运行。

上电复位 POR 和低电压复位 LVR 会关闭系统主时钟振荡器，复位解除后才重新开启振荡器，因为振荡器起振和稳定需要一定的时间，所以系统将保持一定时间的上电延时（典型值为 13ms）以待振荡器稳定振荡后才开始工作；而 WDT 复位则不会关闭系统主时钟振荡器，复位解除后系统将在较短的复位延时后即开始工作。

下图是复位产生和系统工作状态之间的时序关系示意图：



注：若应用系统在上电或掉电回升时芯片的 VDD 电压上升较慢，则应在复位后 CPU 开始工作时先进行软件延时，以确保芯片开始工作时 VDD 电压已稳定在 F_{CPU} 对应的工作电压范围内。

5.2 上电复位

芯片的上电复位电路可以适应系统快速上电或慢速上电等情况，即使上电过程中发生电源电压抖动的情况也能保证系统可靠的复位。

上电复位过程主要包括以下几个步骤：

- (1) 检测系统电源电压，等待电压高于上电复位电压 V_{POR} 并保持稳定；
- (2) 若 LVR 功能开启，则需等待电压高于低电压复位电压 V_{LVR} 并保持稳定；
- (3) 若有外部复位功能并已开启，则需等待外部复位引脚电压高于 V_{ih} ；
- (4) 初始化所有初始值确定的寄存器；
- (5) 开启主时钟振荡器，并等待一段时间以待振荡器稳定；
- (6) 上电复位结束，CPU 开始执行指令；

5.3 低电压复位

芯片的低电压复位电压 V_{LVR} 可通过配置字 LVRVS 选择。LVR 检测电路具有一定的回滞特性，回滞电压约为 6%（典型值），当电源电压下降至 V_{LVR} 时发生 LVR 复位，反之电源电压需上升至 $V_{LVR}+6\%$ 后 LVR 复位才解除。

若系统主时钟源为 HIRC，则 LVR 在系统进入休眠模式后将自动关闭，进入运行模式后自动开启；若系统主时钟源为 LIRC，则 LVR 将一直关闭。

5.4 看门狗复位

芯片的看门狗定时器（WDT）复位是一种对系统运行程序的保护机制。正常情况下，用户程序需定时对 WDT 执行清零操作，以避免 WDT 溢出。若发生异常情况，程序未及时清零 WDT，则芯片将因 WDT 溢出而产生看门狗复位，系统初始化后重新运行程序，从而返回受控状态。

注：低功耗模式下 CPU 暂停工作，若此时发生 WDT 溢出，则仅唤醒 CPU 而不复位芯片。

6 I/O 端口

6.1 通用 I/O 功能

芯片的输入/输出端口为一组 5 位端口 P1。所有端口均支持施密特输入，除 P13 外均可选推挽或开漏输出。除用作通用数字 I/O 端口外，部分端口还可复用为外部中断输入、或 PWM 输出等功能。

端口数据寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1	-	-	-	P14D	P13D	P12D	P11D	P10D
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	X	X	X	X	X

BIT[4:0] P1nD – P1n 端口数据位 (n=4-0)

端口方向寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
DDR1	-	-	-	DDR14	DDR13	DDR12	DDR11	DDR10
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	1	1	1	1	1

BIT[4:0] DDR1n – P1n 端口方向控制位 (n=4-0)

0: 端口作为输出口，读端口操作将读取端口的数据位值；

1: 端口作为输入口，读端口操作将读取端口的电平状态；

6.2 内部上/下拉电阻

所有端口均具有内部上拉和下拉电阻，且均可单独控制其上/下拉电阻在端口处于输入状态时是否有效。端口处于输出状态时，上/下拉电阻及其控制位无效。

上拉电阻控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PUCON	-	-	-	P14PU	P13PU	P12PU	P11PU	P10PU
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	1	1	1	1	1

BIT[4:0] P1nPU – P1n 端口上拉电阻控制位 (n=4-0)

0: 端口内部上拉电阻有效；

1: 端口内部上拉电阻无效；

下拉电阻控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PDCON	-	-	-	P14PD	P13PD	P12PD	P11PD	P10PD
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	1	1	1	1	1

BIT[4:0] **P1nPD** – P1n 端口下拉电阻控制位 (n=4-0)

0: 端口内部下拉电阻有效;

1: 端口内部下拉电阻无效;

6.3 端口模式控制

用作数字输出口时，除 P13 固定为开漏输出外，其余端口可选择推挽输出或开漏输出。当端口为推挽输出、或开漏输出低时，输入通路保持连接；而当端口开漏输出高时，输入通路将自动关断。

端口输出模式寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ODCON	-	-	-	P14OD	保留	P12OD	P11OD	P10OD
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	0	0	0	0	0

BIT[4,2:0] **P1nOD** – P1n 端口开漏输出控制位 (n=4,2-0)

0: 端口输出时为推挽输出;

1: 端口输出时为开漏输出;

BIT[3] 保留位，需固定写“1”

7 定时器 TIMER

7.1 看门狗定时器 WDT

看门狗定时器 WDT 的时钟源为内部低频 RC 振荡器 LIRC，可通过预分频器选择不同的 WDT 计数时钟频率。WDT 溢出将复位芯片或唤醒 CPU。

可通过配置字 WDTM 和寄存器位 WDTEN 共同决定是否开启 WDT：WDTM 选择始终关闭、或 WDTEN 为 0，则 WDT 关闭；而当 WDTM 选择始终开启且 WDTEN 为 1 时，WDT 才开启。若 WDT 开启，则在休眠模式下 WDT 依然工作且溢出将唤醒 CPU，而在 CPU 运行时 WDT 溢出将复位芯片。

WDT 和定时器 T0 共用一个预分频器，并通过寄存器位决定预分频器的分配。当预分频器分配给 T0 时，WDT 时钟不分频；而预分频器分配给 WDT 时，T0 时钟不分频。

执行 CLRWDT 指令或 STOP 指令将清零 WDT 计数器，若预分频器分配给 WDT，则还将清零预分频计数器（预分频比不变）。

WDT 的基础溢出时间（即无预分频的时间）可配置为 4.5ms/18ms/72ms/288ms。

注：WDT 溢出时间为典型值，而实际值偏差较大，必须保证清 WDT 的间隔时间小于 WDT 溢出时间的 1/4。

杂项控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
MCR	WDTEN	EIS	LVDF	LVDVS3	LVDVS2	LVDVS1	LVDVS0	LV DEN
R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	1	0	0	0	0	0	0	0

BIT[7] **WDTEN** – 看门狗使能位

- 0: 关闭 WDT;
- 1: 开启 WDT;

BIT[6] **EIS** – INT 端口外部中断功能使能位

- 0: 关闭端口的外部中断功能;
- 1: 使能端口的外部中断功能;

BIT[5] **LVDF** – LVD 检测状态标志位

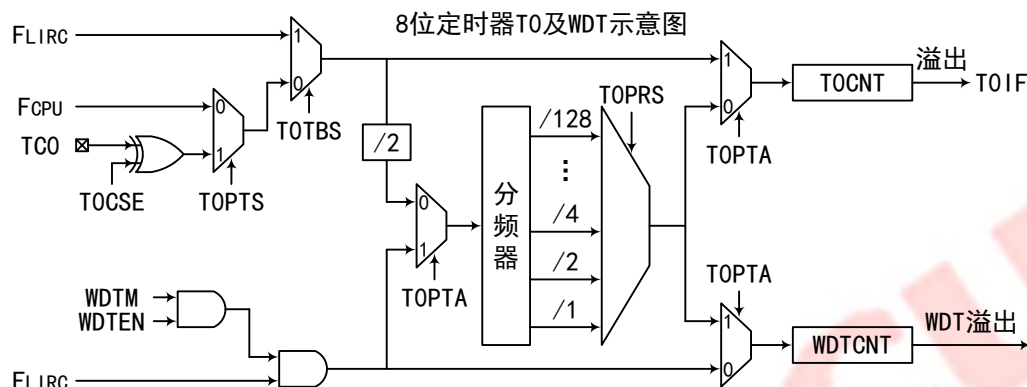
BIT[4:1] **LVDVS[3:0]** – LVD 电压检测阈值选择位

BIT[0] **LV DEN** – 低电压检测 LVD 使能位

7.2 定时器 T0

定时器 T0 为 8 位定时/计数器，包含 1 个 8 位递增计数器、可编程预分频器、控制寄存器。

- ✧ 可通过预分频器设置时钟频率；
- ✧ 时钟源可选 F_{CPU}、F_{LIRC}、或外部时钟（TC0 输入）；
- ✧ 支持溢出中断和溢出唤醒功能；



TOCNT 为 8 位可读写的递增计数器，计数溢出到 0 时产生溢出信号并触发中断，中断标志 T0IF 将被置 1。

预分频器为 T0 与 WDT 共用，通过寄存器位 TOPTA 控制预分频器的分配。

TOPTA=0 时，预分频器分配给 T0 使用，T0 周期（溢出时间）= 预分频比 / T0 计数时钟频率，写 TOCNT 将清零预分频计数器，而执行 CLRWDT 或 STOP 指令则不影响预分频器的计数。

TOPTA=1 时，预分频器分配给 WDT 使用，执行 CLRWDT 或 STOP 指令将清零预分频计数器，而写 TOCNT 则同样不影响预分频器的计数。

通过 TOPTA 改变预分频器的分配时，也将清零预分频计数器。

清零预分频计数器的操作不会改变预分频比，而改变预分频比也不会清零预分频计数器。

当通过 T0TBS 选择 F_{LIRC} 作为 T0 时钟时，在低功耗模式下 T0 将继续工作，溢出可唤醒。

定时器控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TMRCR	-	T0TBS	-	-	-	-	T1IE	T1IF
R/W	-	R/W	-	-	-	-	R/W	R/W
初始值	-	0	-	-	-	-	0	0

BIT[6] **T0TBS** – T0 时钟源选择位

0: T0 时钟源由 T0PTS 决定；

1: T0 时钟源为内部低频时钟 F_{LIRC}；

- BIT[1] **T1IE** – 定时器 T1 中断使能位
0: 屏蔽定时器 T1 中断;
1: 使能定时器 T1 中断;
- BIT[0] **T1IF** – 定时器 T1 中断标志位
0: 未触发定时器 T1 中断;
1: 已触发定时器 T1 中断, 需软件清 0;

定时器 T0 控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T0CR	-	INTM	TOPTS	TOCSE	TOPTA	TOPRS2	TOPRS1	TOPRS0
R/W	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	0	1	1	1	1	1	1

- BIT[6] **INTM** – 外部中断 INT 触发方式选择位
0: 下降沿触发;
1: 上升沿触发;
- BIT[5] **T0PTS** – T0 时钟源选择位 (仅 T0TBS=0 时有效)
0: T0 时钟源为 F_{CPU};
1: T0 时钟源为 TC0 输入的外部时钟 (端口需设为输入状态);
- BIT[4] **TOCSE** – T0 外部时钟计数沿选择位
0: T0 在外部时钟上升沿计数;
1: T0 在外部时钟下降沿计数;
- BIT[3] **TOPTA** – 预分频器分配控制位
0: 预分频器分配给 T0;
1: 预分频器分配给 WDT;
- BIT[2:0] **TOPRS[2:0]** – T0 时钟预分频比选择位

TOPRS[2:0]	T0 时钟预分频比 (TOPTA=0)	WDT 时钟预分频比 (TOPTA=1)
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

定时器 T0 计数器

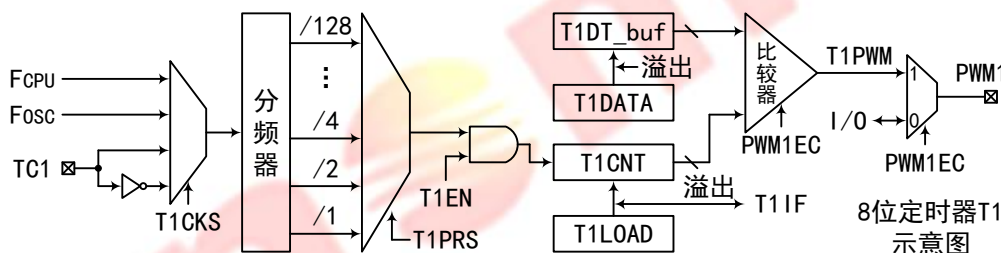
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T0CNT	T0CNT7	T0CNT6	T0CNT5	T0CNT4	T0CNT3	T0CNT2	T0CNT1	T0CNT0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	X	X	X	X	X	X	X	X

BIT[7:0] **T0CNT[7:0]** – T0 计数器，为可读写的递增计数器

7.3 定时器 T1

定时器 T1 为 8 位定时/计数器，包含 1 个 8 位递减计数器、可编程预分频器、控制寄存器、8 位重载寄存器和 8 位比较寄存器。

- ◇ 可通过预分频器设置时钟频率，可通过重载寄存器控制计数周期；
- ◇ 支持 8 位 PWM 输出，可通过比较寄存器设置 PWM 占空比；
- ◇ 支持溢出中断和溢出唤醒功能；



定时器 T1，可通过寄存器位 T1CKS 选择时钟源，通过 T1PRS 选择时钟预分频比，所选时钟源通过预分频器后产生 T1 计数器 T1CNT 的计数时钟（上升沿计数）。写 T1CNT 将清零预分频计数器，而预分频比保持不变。

T1EN=0 时，T1CNT 保持不变，写重载寄存器 T1LOAD 将立即载入 T1CNT；T1EN=1 时，T1CNT 递减计数，计数到 0 的时钟结束后产生溢出信号并触发中断，中断标志 T1IF 将被置 1，同时 T1 自动将当前 T1LOAD 值载入 T1CNT 并重新开始计数。

如图所示，定时器 T1 可实现 PWM 功能（PWM1），可通过寄存器位使能或关闭 PWM 功能，并控制端口是否输出 PWM 波形。PWM1 关闭时 T1PWM 信号为低电平。PWM1 使能后 T1CNT 从重载值开始递减计数直到计数溢出为一个 PWM 周期：当计数到与比较寄存器 T1DATA 相等时，T1PWM 变为高电平；当计数溢出时，T1PWM 变为低电平。

T1DATA 配有 1 个 8 位比较缓冲器（T1DT_buf）用于与 T1CNT 比较，PWM1 关闭时写 T1DATA 将立即载入缓冲器中，而 PWM1 使能后写 T1DATA 则将在 T1 溢出时才载入缓冲器中。若要首个 PWM 周期和占空比准确，需先写重载寄存器和比较寄存器，再使能 PWM，最后开启定时器。

T1PWM 信号的占空比计算如下：

- ✧ 高电平时间 = (T1DATA) × T1CNT 计数时钟周期
- ✧ 周期 (T1 溢出时间) = (T1LOAD + 1) × T1CNT 计数时钟周期
- ✧ 占空比 (高电平时间/周期) = (T1DATA) / (T1LOAD + 1)

定时器 T1 控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T1CR	T1EN	PWM1EC	-	T1CKS1	T1CKS0	T1PRS2	T1PRS1	T1PRS0
R/W	R/W	R/W	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	0	0	-	0	0	0	0	0

BIT[7] **T1EN** – 定时器 T1 使能位

- 0: 关闭定时器 T1;
- 1: 开启定时器 T1;

BIT[6] **PWM1EC** – PWM1 使能位及端口输出控制位

- 0: 关闭 PWM1 功能, 并禁止端口输出脉宽调制波形;
- 1: 使能 PWM1 功能, 并允许端口输出脉宽调制波形;

BIT[4:3] **T1CKS[1:0]** – T1 时钟源选择位

T1CKS[1:0]	T1 时钟源
00	FCPU
01	FOSC
10	TC1 上升沿
11	TC1 下降沿

注: 当系统主时钟源为 HIRC 时, T1 时钟源选择 Fosc, 则将直接使用 16MHz 的 FHIRC 而非 HIRC 后分频时钟。

BIT[2:0] **T1PRS[2:0]** – T1 时钟预分频比选择位

T1PRS[2:0]	T1 时钟预分频比
000	1 : 1
001	1 : 2
010	1 : 4
011	1 : 8
100	1 : 16
101	1 : 32
110	1 : 64
111	1 : 128

定时器 T1 计数器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T1CNT	T1CNT7	T1CNT6	T1CNT5	T1CNT4	T1CNT3	T1CNT2	T1CNT1	T1CNT0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	1	1	1	1	1	1	1	1

BIT[7:0] **T1CNT[7:0]** – T1 计数器，为可读写的递减计数器

定时器 T1 重载寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T1LOAD	T1LOAD7	T1LOAD6	T1LOAD5	T1LOAD4	T1LOAD3	T1LOAD2	T1LOAD1	T1LOAD0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	1	1	1	1	1	1	1	1

BIT[7:0] **T1LOAD[7:0]** – T1 重载寄存器，用于设置 T1 的计数周期

注：定时器重载寄存器的值禁止为 0，否则定时器将无法正常工作。

定时器 T1 比较寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T1DATA	T1DATA7	T1DATA6	T1DATA5	T1DATA4	T1DATA3	T1DATA2	T1DATA1	T1DATA0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	0	0	0	0	0	0	0	0

BIT[7:0] **T1DATA[7:0]** – T1 比较寄存器，用于设置 PWM1 的占空比

8 锂电池充电 LBC

8.1 LBC 概述

芯片内置 1 个锂电池充电控制模块 LBC，可实现单节锂电池的恒流恒压充电功能。

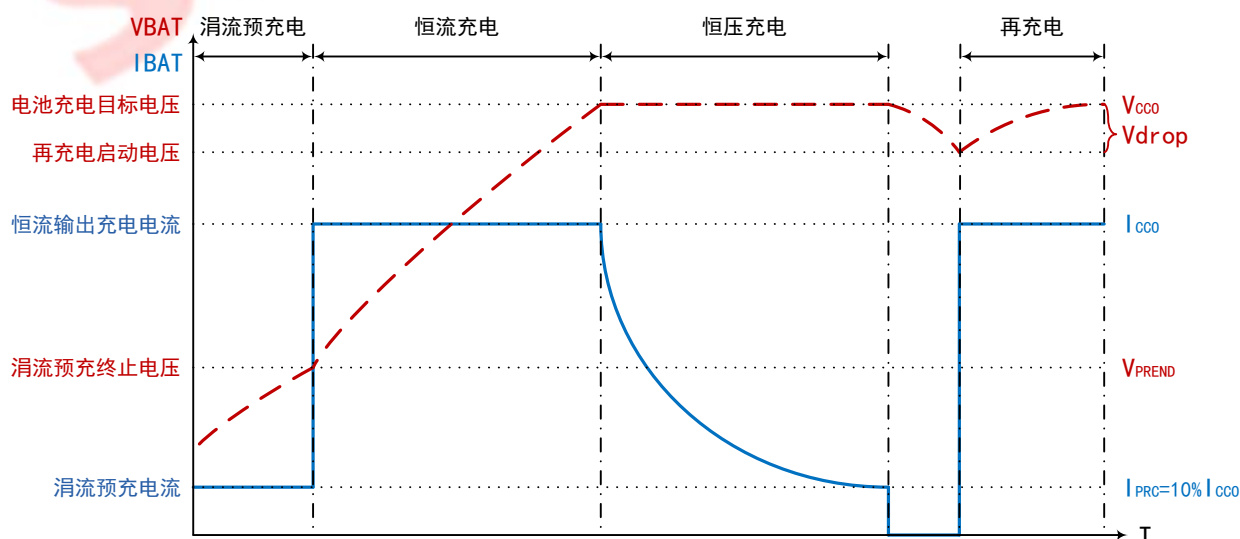
- ✧ 浮充电压 4 级（4.1V/4.15V/4.2V/4.25V）可选；
- ✧ 充电电流 4 级（100mA/150mA/200mA/250mA）可选，且调整电流时将渐变输出；
- ✧ 若 VCC 高于 3.6V 且高于（VBAT+100mV）则接入 VCC 时可自动充电；
- ✧ 充电过程中若 VCC 低于（VBAT+30mV）则停止充电；
- ✧ 充电过程中当电池电压达到浮充电压且充电电流降至恒流充电电流的 1/10 后，充电终止；
- ✧ 支持自动再充电功能；
- ✧ 内置防倒充保护电路，可防止 VBAT 向 VCC 电流倒充；
- ✧ 可反馈充电状态；

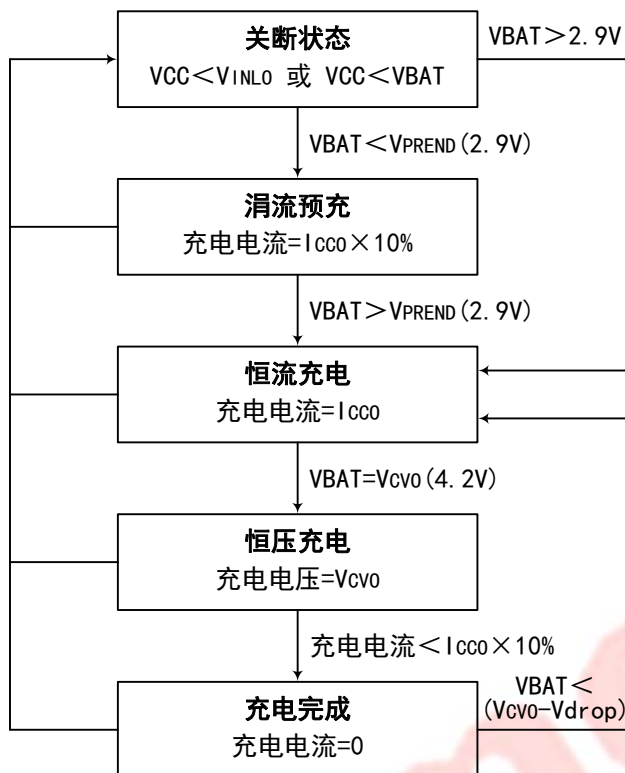
LBC 模块内置温度检测与保护电路。

- ✧ 芯片温度检测点：高温保护温度点 T_{THP} 、超温保护温度点 T_{TOP} ；
- ✧ 支持高温保护功能：恒流充电和再充电阶段，当芯片温度高于 T_{THP} 时自动按 $THPIS$ 设定值降低充电电流（低于 T_{THP} 后自动恢复）；
- ✧ 支持超温保护功能：充电过程中，当芯片温度高于 T_{TOP} 时自动停止充电输出（低于 T_{THP} 后自动恢复）；
- ✧ 芯片温度上升过程中超过 T_{THP} 、或超过 T_{TOP} 时，触发温度检测中断；

LBC 支持自动充电和手动控制两种工作模式。

LBC 自动模式下，温度保护自动开启、充电输出自动控制、恒流充电电流以 CCOIS 设定值为基础自动调节，使能位 LBCOE/TOPEN/THPEN 无效。接入输入电源和锂电池后，若 VCC 电压高于输入欠压闭锁电压阈值 V_{INLO} 且高于 VBAT 电压+100mV，则 LBC 将根据 VBAT 电压按以下充电曲线和流程自动对电池进行充电：





LBC 手动模式下，可通过寄存器位手动使能/禁止充电输出（使能充电输出后，充电输出仍将按自动模式自动控制），可关闭温度保护功能，通过寄存器位识别芯片当前温度范围并手动执行降流输出或禁止输出等保护操作。

8.2 LBC 相关寄存器

LBC 控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
LBCCR0	LBCEN	LBCMD	THPIS		CVOVS1	CVOVS0	CCOIS1	CCOIS0
R/W	R/W	R/W	R/W		R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	0	0	0		0	0	0	0

BIT[7] **LBCEN** – LBC 使能位

0: 关闭 LBC;

1: 开启 LBC;

BIT[6] **LBCMD** – LBC 工作模式选择位

0: 自动模式;

1: 手动模式;

BIT[5] **THPIS** – 高温保护降流选择位

0: 高温保护时, 恒流充电电流为 CCOIS 所选电流值低一档 (最低 100mA);

1: 高温保护时, 恒流充电电流为 100mA;

注: 自动模式下 THPIS 始终有效, 而手动模式下则需 THPEN 为 1 后 THPIS 才有效。

BIT[3:2] **CVOVS[1:0]** – LBC 恒压浮充电电压选择位

CVOVS[1:0]	LBC 恒压浮充电电压 V_{cvo}
00	4.10V
01	4.15V
10	4.20V
11	4.25V

BIT[1:0] **CCOIS[1:0]** – LBC 恒流充电电流选择位

CCOIS[1:0]	LBC 恒流充电电流 I_{cco}
00	100mA
01	150mA
10	200mA
11	250mA

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
LBCCR1						THPEN	TOPEN	LBCOE
R/W						R/W	R/W	R/W
初始值						0	0	0

BIT[2] **THPEN** – LBC 充电高温保护使能位 (仅 LBCMD=1 时有效, T_{THP} 为高温保护温度点)

0: 充电过程中芯片温度超过 T_{THP} 时不自动降流充电 (恒流电流仍为设定电流值);

1: 充电过程中芯片温度超过 T_{THP} 时自动降流充电 (恒流电流按 THPIS 设定值降低);

BIT[1] **TOPEN** – LBC 充电超温保护使能位 (仅 LBCMD=1 时有效, T_{TOP} 为超温保护温度点)

0: 充电过程中芯片温度超过 T_{TOP} 时不自动停止充电;

1: 充电过程中芯片温度超过 T_{TOP} 时自动停止充电;

BIT[0] **LBCOE** – LBC 充电输出使能位 (仅 LBCMD=1 时有效)

0: 禁止 LBC 充电输出;

1: 使能 LBC 充电输出;

LBC 状态寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
LBCSR	CCOSTAT1	CCOSTAT0	THDF	TODF	VCCLIN	VCCLBT	BATFUL	LBCCHA
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R

初始值	0	0	X	X	X	X	0	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---

BIT[7:6] CCOSTAT[1:0] – LBC 恒流充电输出电流状态标志位

CCOSTAT[1:0]	LBC 恒流充电输出电流实际档位
00	100mA
01	150mA
10	200mA
11	250mA

BIT[5] THDF – 高温检测状态标志位

0: 芯片温度不高于 90°C;

1: 芯片温度高于 90°C;

BIT[4] TODF – 超温检测状态标志位

0: 芯片温度不超过 110°C;

1: 芯片升温超过 110°C;

BIT[3] VCCLIN – VCC 欠压状态标志位 (仅 LBCEN=1 时有效)

0: VCC 电压高于 VINLO (输入欠压闭锁电压);

1: VCC 电压低于 VINLO (输入欠压闭锁电压);

BIT[2] VCCLBT – VCC-VBAT 电压比较状态标志位

0: VCC 电压高于 VBAT 电压;

1: VCC 电压低于 VBAT 电压;

BIT[1] BATFUL – 电池电量状态标志位

0: 电池电量未充满;

1: 电池电量已充满;

BIT[0] LBCCHA – LBC 充电状态标志位

0: LBC 未充电, 无电流输出;

1: LBC 充电中, 有电流输出;

9 低电压检测 LVD

芯片内置低电压检测模块 LVD，可通过寄存器位 LVDEN 开启，通过 LVDVS 选择电压检测阈值。当 VBAT 电压降至电压检测阈值以下时检测状态标志位 LVDF 将被置 1，同时中断标志 LVDIF 置 1 触发 LVD 中断；因 LVD 电路的回滞特性（回滞电压典型值为 6%），VBAT 电压需恢复至电压检测阈值+6% 后 LVDF 才被清 0（但中断标志不会自动清 0）。

注：开启 LVD 或切换电压检测阈值等操作，需待电路稳定（时间 > 200μs）后 LVD 输出才有效。

杂项控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
MCR	WDTEN	EIS	LVDF	LVDVS3	LVDVS2	LVDVS1	LVDVS0	LVDEN
R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	1	0	0	0	0	0	0	0

BIT[7] **WDTEN** – 看门狗使能位

BIT[6] **EIS** – INT 端口外部中断功能使能位

BIT[5] **LVDF** – LVD 检测状态标志位
0: VBAT 电压高于电压检测阈值，或 LVD 关闭；
1: VBAT 电压低于电压检测阈值；

BIT[4:1] **LVDVS[3:0]** – LVD 电压检测阈值选择位

LVDVS[3:0]	LVD 电压检测阈值	LVDVS[3:0]	LVD 电压检测阈值
0000	2.0V	1000	3.4V
0001	2.4V	1001	3.6V
0010	2.6V	1010	3.7V
0011	2.8V	1011	3.8V
0100	2.9V	1100	3.9V
0101	3.0V	1101	4.0V
0110	3.1V	1110	4.1V
0111	3.2V	1111	4.2V

BIT[0] **LVDEN** – 低电压检测 LVD 使能位
0: 关闭 LVD；
1: 开启 LVD；

10 中断

芯片的中断源包括外部中断（INT）、定时器中断（T0~T1）和键盘中断等。可通过中断总使能位 GIE 屏蔽所有中断。

CPU 响应中断的过程如下：

- ✧ CPU 响应中断源触发的中断请求时，自动将当前指令之后将要执行的下一条指令的地址压栈保存，自动清 0 中断总使能位 GIE 以暂停响应后续中断。与复位不同，硬件中断不停止当前指令的执行，而是暂时挂起中断继续执行当前指令，完成后再处理中断。
- ✧ CPU 响应中断后，程序跳至中断入口地址（0008H）开始执行中断服务程序，中断服务程序应先保存累加器 A 和状态寄存器 STATUS，然后处理被触发的中断。
- ✧ 中断服务程序处理完中断后，应先恢复累加器 A 和状态寄存器 STATUS，再执行 RETIE 指令以返回主程序。系统将自动恢复 GIE 为 1，然后从堆栈取出此前保存的 PC 值，CPU 从响应中断时正在执行指令的下一条指令的地址处开始继续运行。

注：应用外部中断功能或键盘中断功能，需将相应端口设为输入状态。

10.1 外部中断

芯片具有 1 路外部中断源 INT，可通过寄存器位 INTM 选择上升沿或下降沿等触发方式。外部中断触发时，中断标志 INTIF 将被置 1，若 GIE 为 1 且相应的外部中断使能位 INTIE 为 1，则产生外部中断。

注：若通过寄存器位 EIS 置 1 使能端口的外部中断功能，则端口的键盘中断唤醒功能无效。

10.2 定时器中断

定时器 Tn（n=0-1）在计数溢出时将触发定时器中断，中断标志 TnIF（n=0-1）将被置 1，若 GIE 为 1 且相应的定时器中断使能位 TnIE（n=0-1）为 1，则产生定时器中断。

10.3 键盘中断

芯片具有 5 路键盘中断源，均可单独使能或关闭端口的键盘中断功能。任意一路使能键盘中断功能的端口，其输入电平发生变化时均将触发键盘中断，中断标志 KBIF 将被置 1，若 GIE 为 1 且键盘中断使能位 KBIE 为 1，则产生键盘中断。

键盘中断控制寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1KBCR	-	-	-	P14KE	P13KE	P12KE	P11KE	P10KE
R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	-	0	0	0	0	0

BIT[4:0] **P1nKE** – P1n 端口键盘中断功能使能位 (n=4-0)

0: 关闭端口的键盘中断功能;

1: 使能端口的键盘中断功能;

10.4 LVD 中断

当 VBAT 电压降至电压检测阈值以下时, 将触发 LVD 中断, 中断标志 LVDIF 将被置 1, 若 GIE 为 1 且 LVD 中断使能位 LVDIE 为 1, 则产生 LVD 中断。

10.5 温度检测中断

芯片温度上升过程中, 当超过高温保护温度 T_{THP} 、或超过超温保护温度 T_{TOP} 时, 将触发温度检测中断, 相应的中断标志 THPIF 或 TOPIF 将被置 1, 若 GIE 为 1 且相应的温度检测中断使能位 THPIE 或 TOPIE 为 1, 则产生温度检测中断。

10.6 中断相关寄存器

中断使能寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTE	GIE	-	LVDIE	THPIE	TOPIE	INTIE	KBIE	TOIE
R/W	R/W	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	0	-	0	0	0	0	0	0

BIT[7] **GIE** – 中断总使能位

0: 屏蔽所有中断;

1: 由相应的中断使能位决定 CPU 是否响应中断源所触发的中断;

BIT[5] **LVDIE** – LVD 中断使能位

0: 屏蔽 LVD 中断;

1: 使能 LVD 中断;

BIT[4] **THPIE** – 高温保护温度检测中断使能位
0: 屏蔽高温保护温度检测中断;
1: 使能高温保护温度检测中断;

BIT[3] **TOPIE** – 超温保护温度检测中断使能位
0: 屏蔽超温保护温度检测中断;
1: 使能超温保护温度检测中断;

BIT[2] **INTIE** – INT 中断使能位
0: 屏蔽 INT 中断;
1: 使能 INT 中断;

BIT[1] **KBIE** – 键盘中断使能位
0: 屏蔽键盘中断;
1: 使能键盘中断;

BIT[0] **T0IE** – 定时器 T0 中断使能位
0: 屏蔽定时器 T0 中断;
1: 使能定时器 T0 中断;

中断标志寄存器

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTF	-	-	LVDIF	THPIF	TOPIF	INTIF	KBIF	TOIF
R/W	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初始值	-	-	0	0	0	0	0	0

BIT[5] **LVDIF** – LVD 中断标志位
0: 未触发 LVD 中断;
1: 已触发 LVD 中断, 需软件清 0;

BIT[4] **THPIF** – 高温保护温度检测中断标志位
0: 未触发高温保护温度检测中断;
1: 已触发高温保护温度检测中断, 需软件清 0;

BIT[3] **TOPIF** – 超温保护温度检测中断标志位
0: 未触发超温保护温度检测中断;
1: 已触发超温保护温度检测中断, 需软件清 0;

BIT[2] **INTIF** – INT 中断标志位
0: 未触发 INT 中断;
1: 已触发 INT 中断, 需软件清 0;

-
- BIT[1] **KBIF** – 键盘中断标志位
0: 未触发键盘中断;
1: 已触发键盘中断, 需软件清 0;
- BIT[0] **T0IF** – 定时器 T0 中断标志位
0: 未触发定时器 T0 中断;
1: 已触发定时器 T0 中断, 需软件清 0;

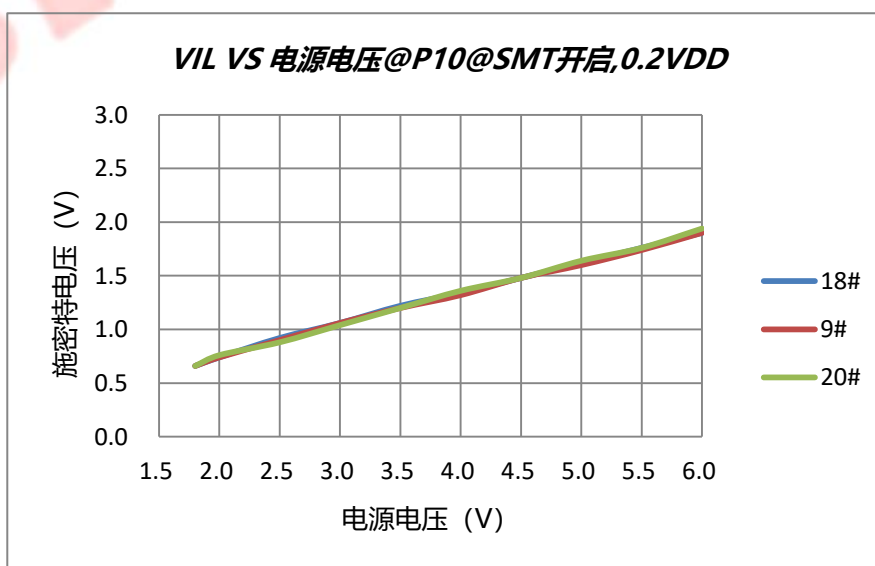
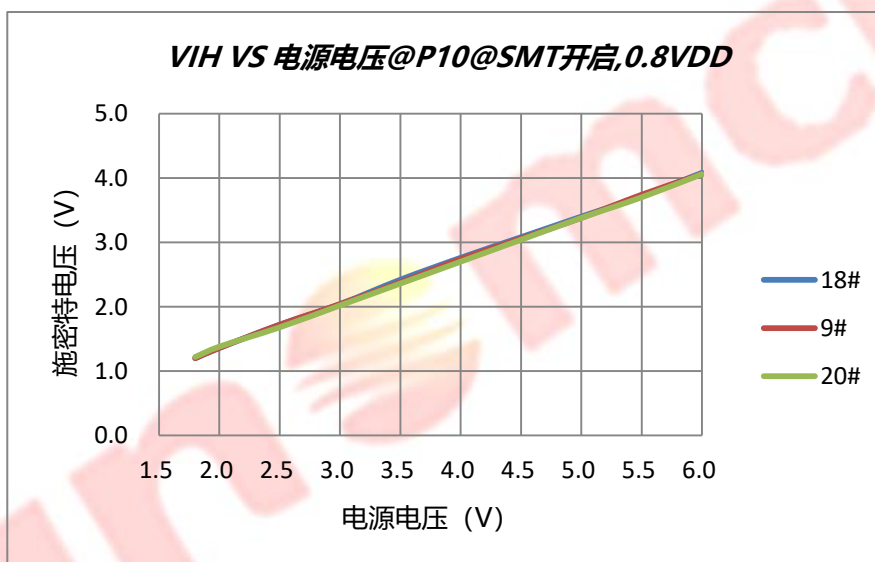
11 特性曲线

注:

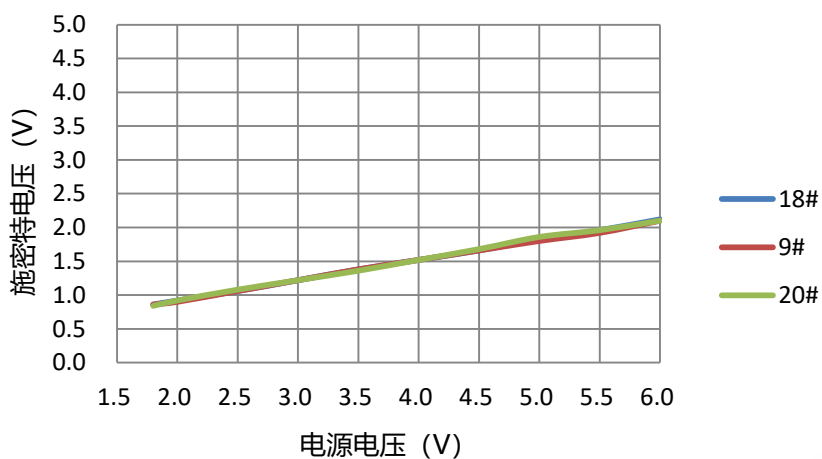
- 1、特性曲线图中数据均源自抽样实测，仅作为应用参考，部分数据因生产工艺偏差，可能与实际芯片不符；为保证芯片能正常工作，请确保其工作条件符合电气特性参数说明；
- 2、图文中若无特别说明，则电压特性曲线的温度条件为 $T=25^{\circ}\text{C}$ ，温度特性曲线的电压条件为 $VDD=5\text{V}$ ；

11.1 I/O 特性

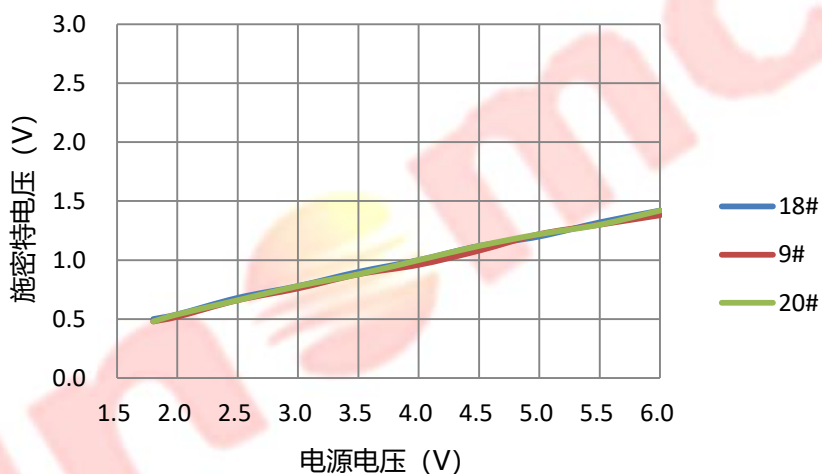
输入 SMT 阈值电压 VS 电源电压



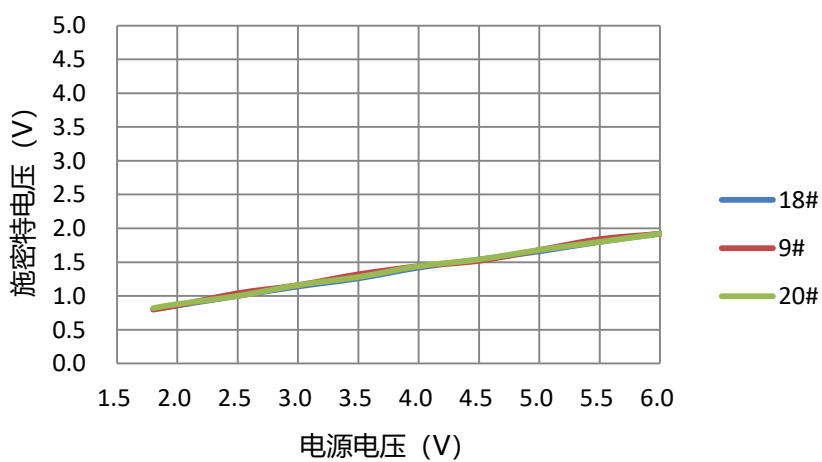
VIH VS 电源电压@P10@SMT开启,2.0V

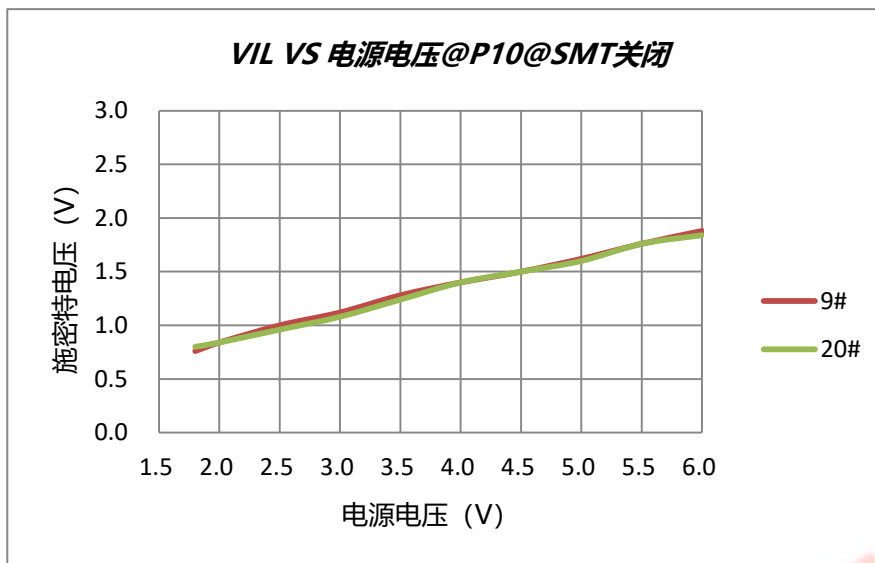


VIL VS 电源电压@P10@SMT开启,0.8V

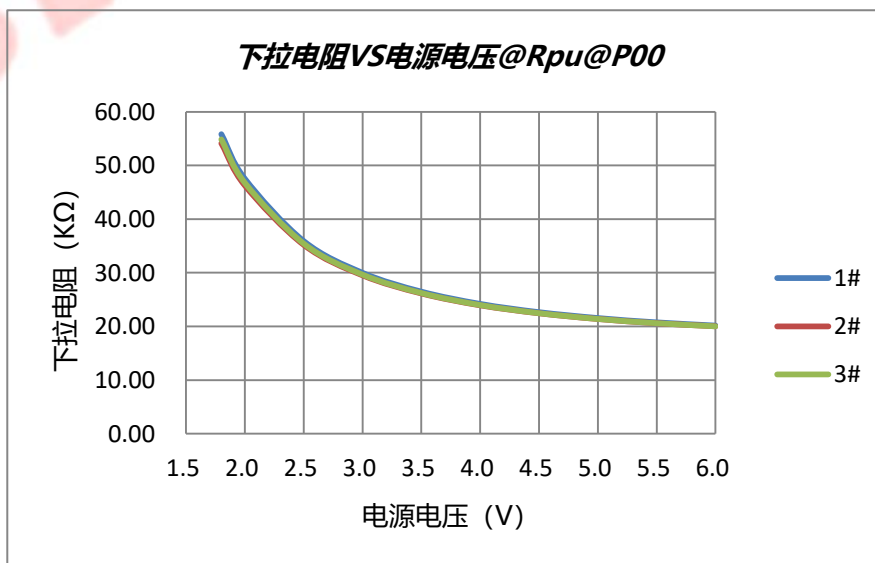
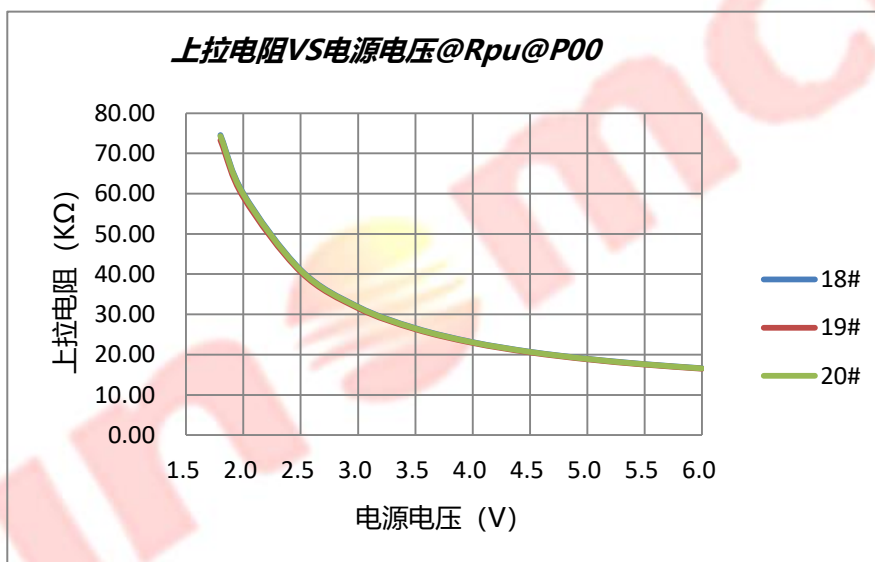


VIH VS 电源电压@P10@SMT关闭

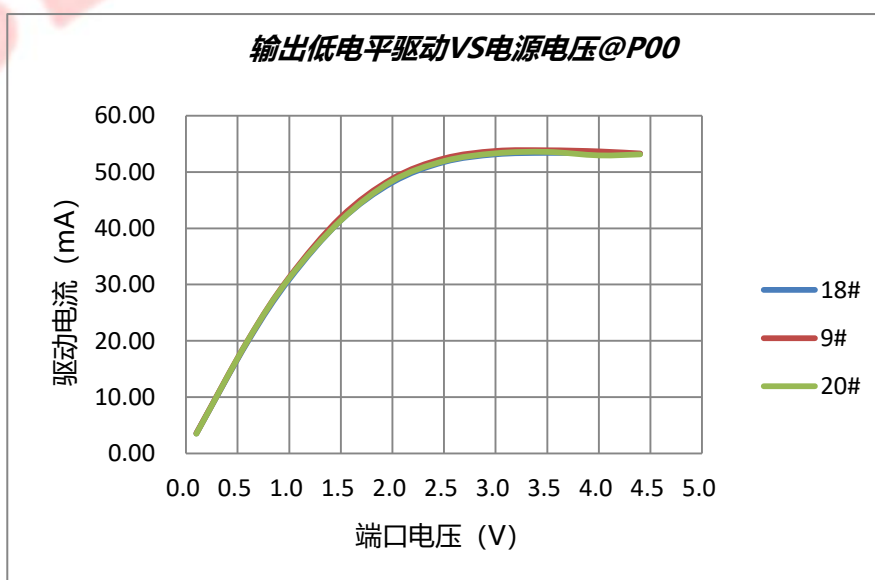
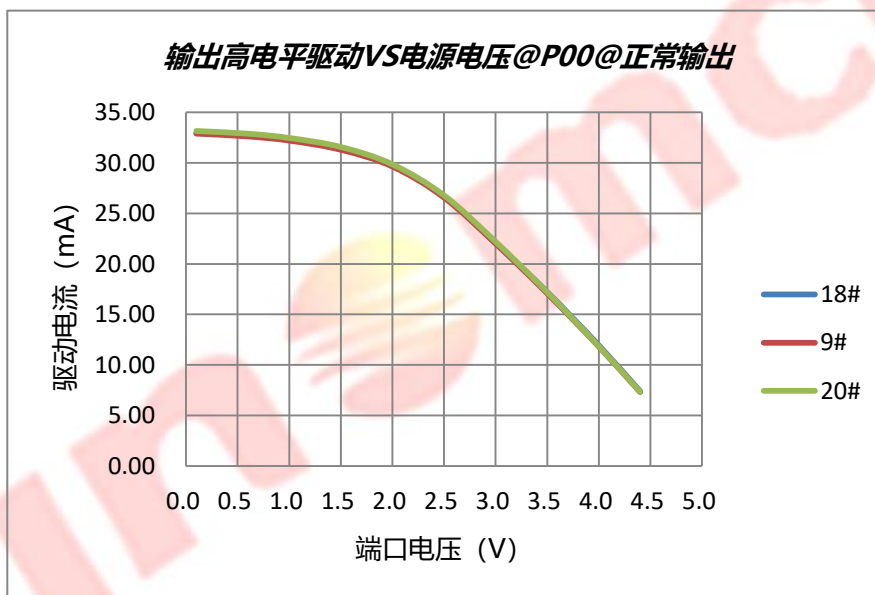
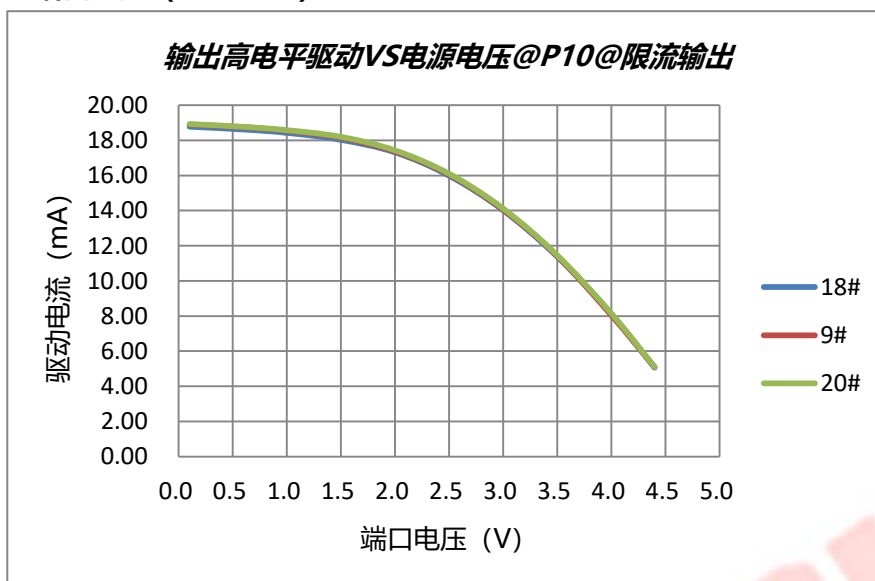




上/下拉电阻值 VS 电源电压

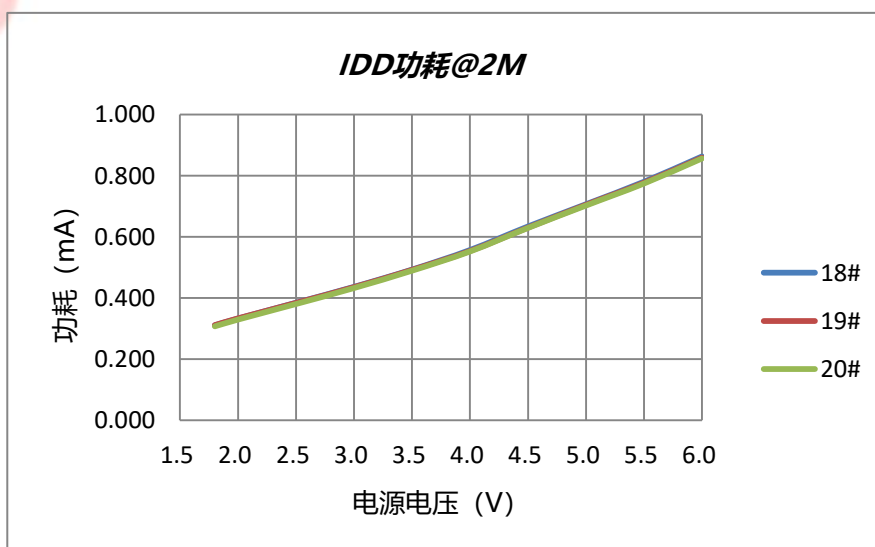
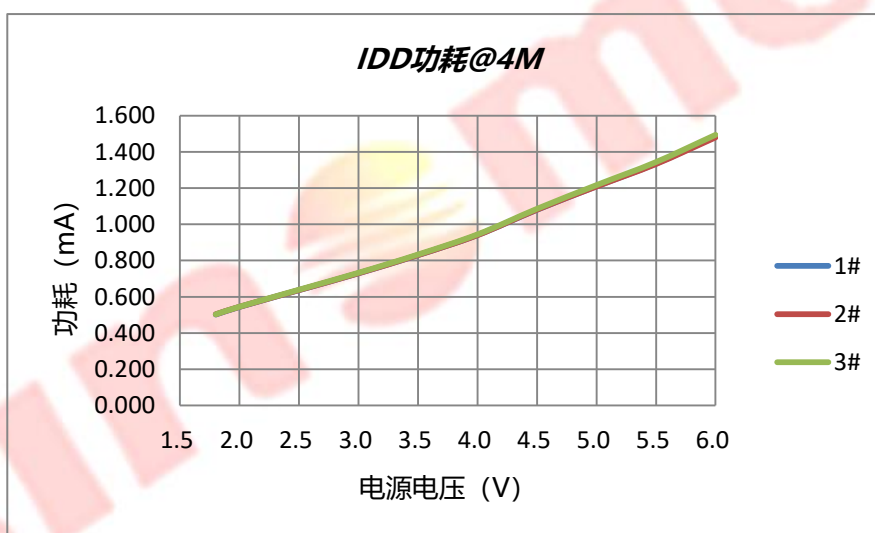
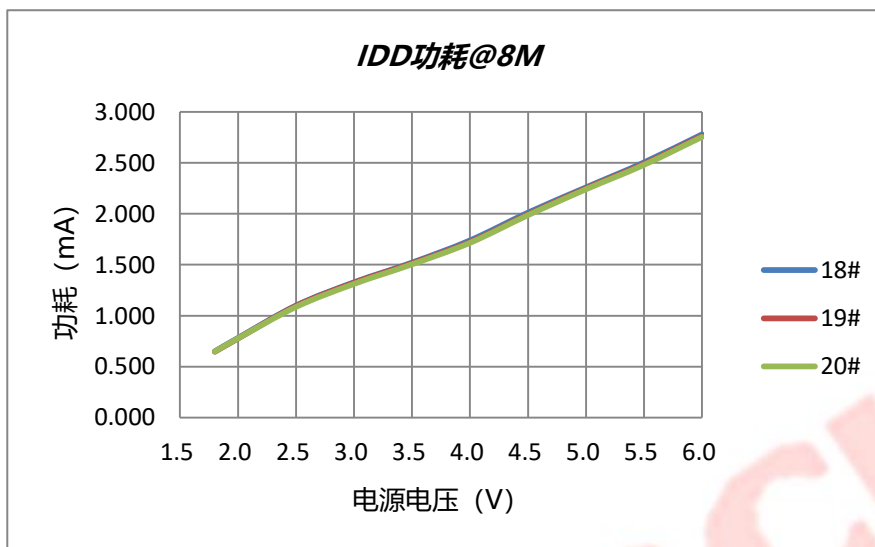


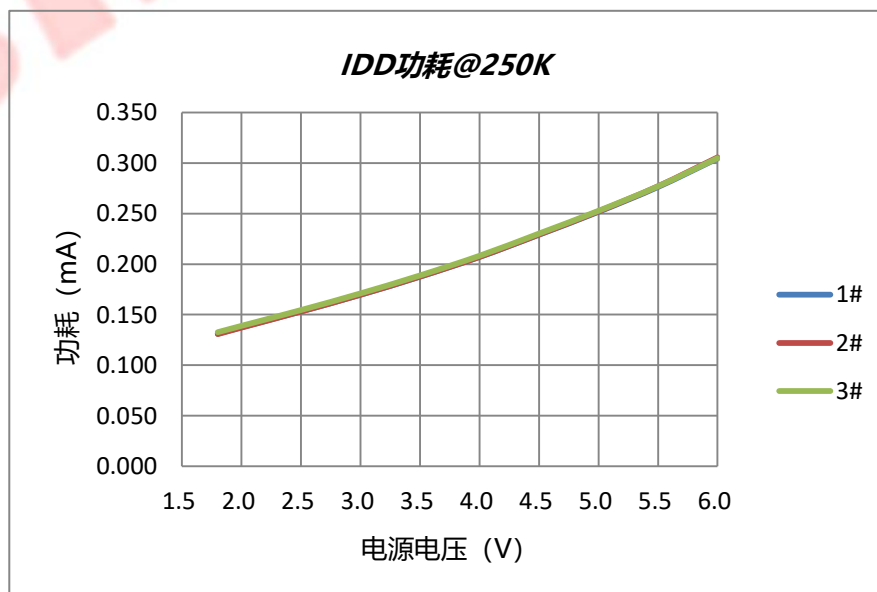
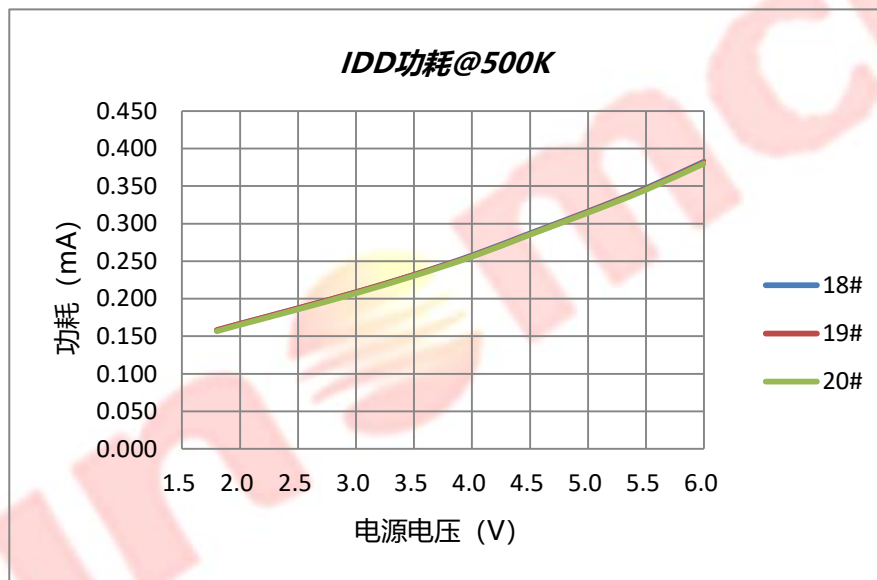
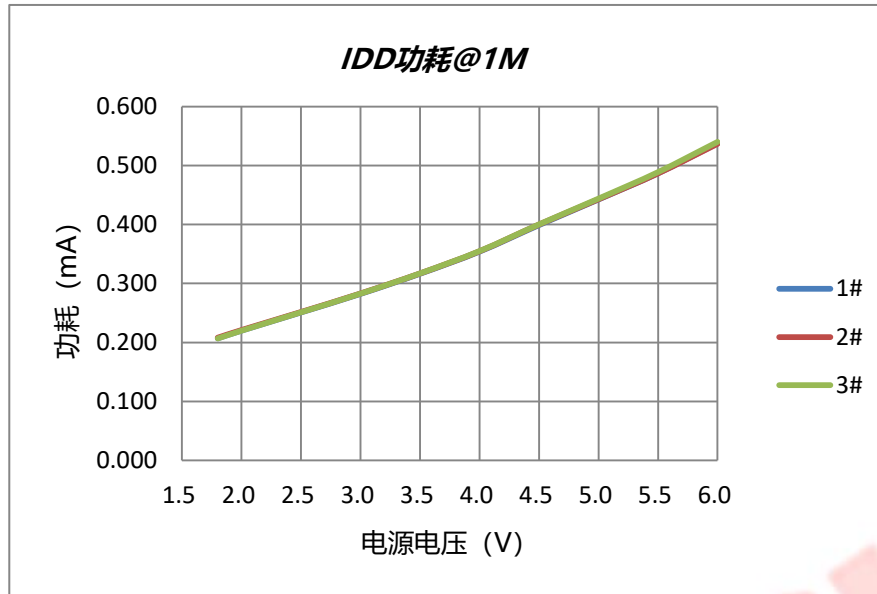
I/O 输出电流 VS 端口电压 (VDD=5V)

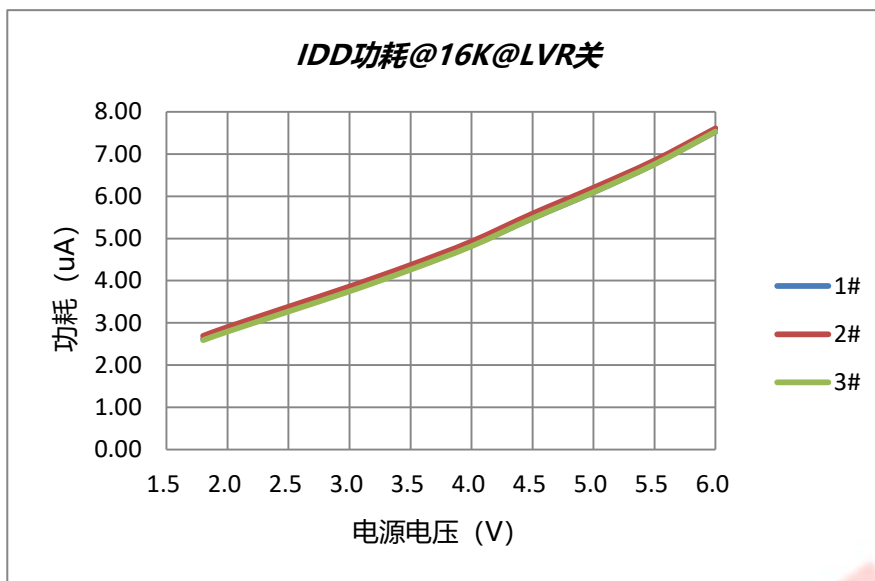


11.2 功耗特性

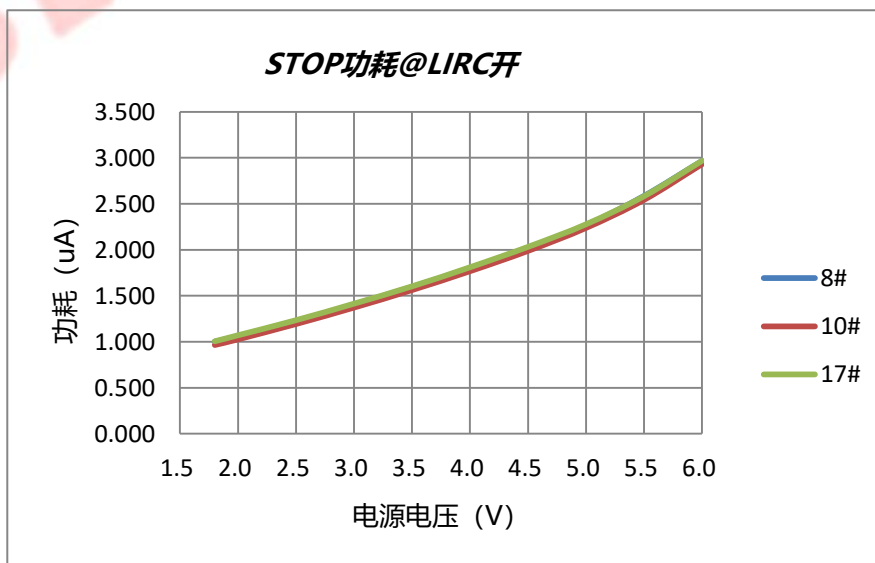
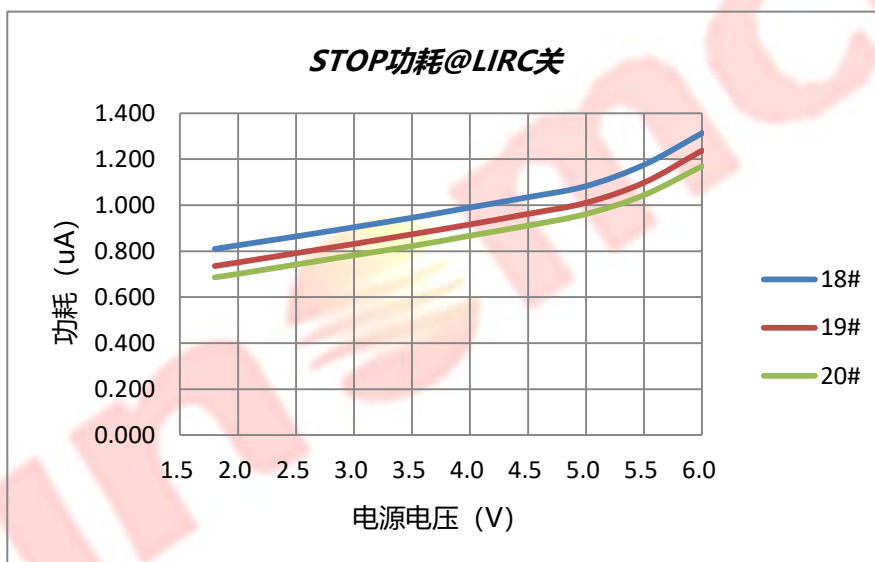
运行模式 功耗 VS 电源电压





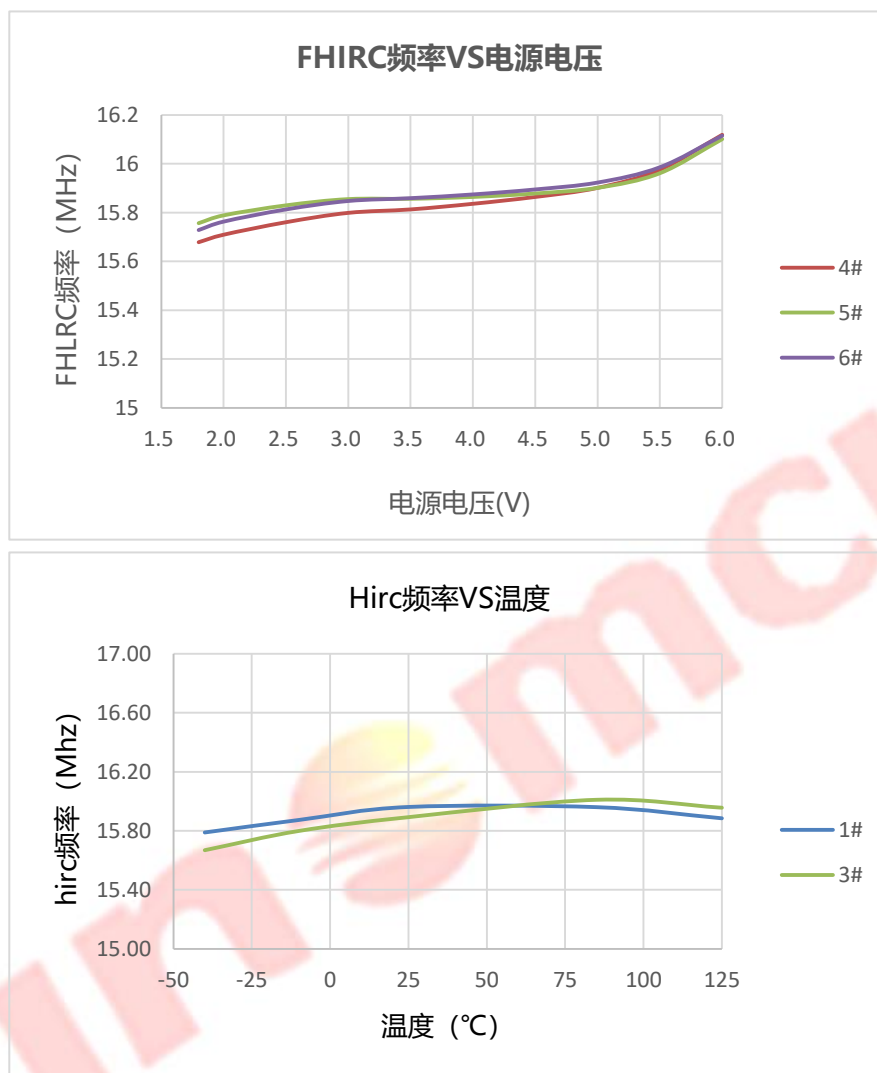


休眠模式 功耗 VS 电源电压

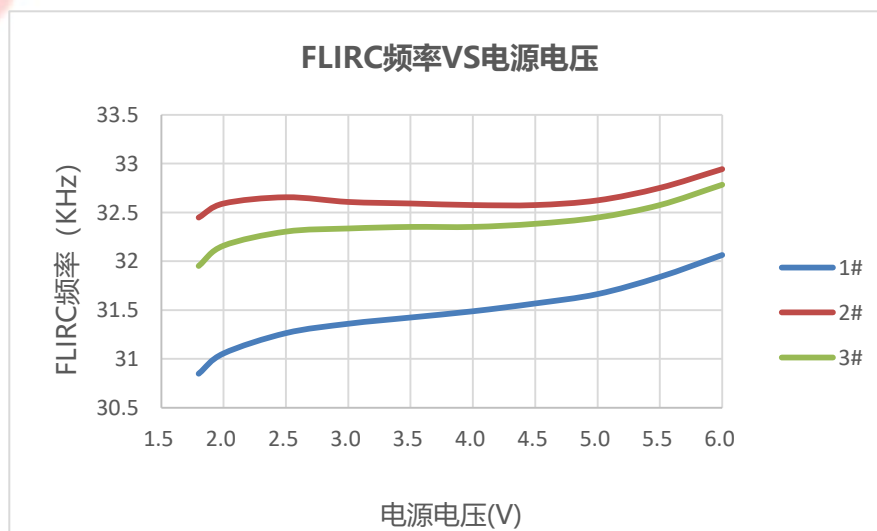


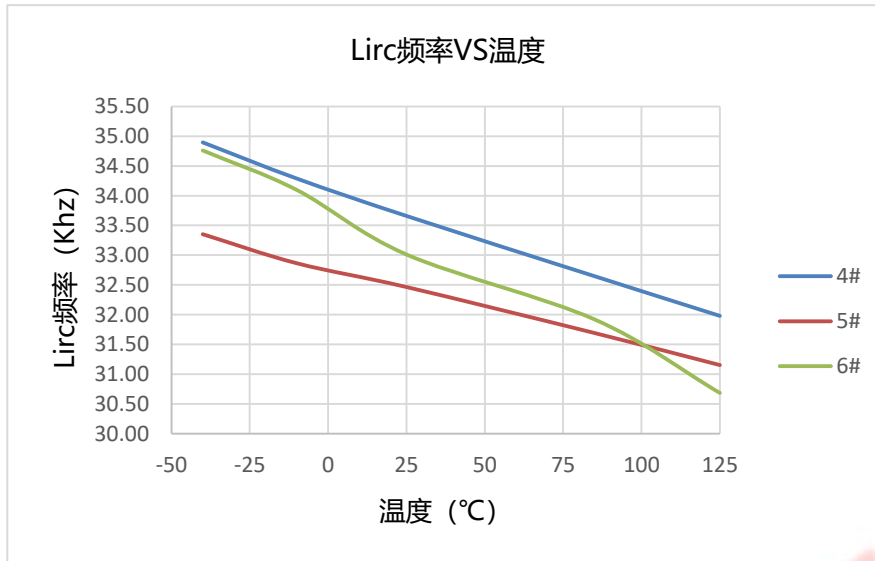
11.3 模拟电路特性

HIRC 频率 VS 电源电压/温度

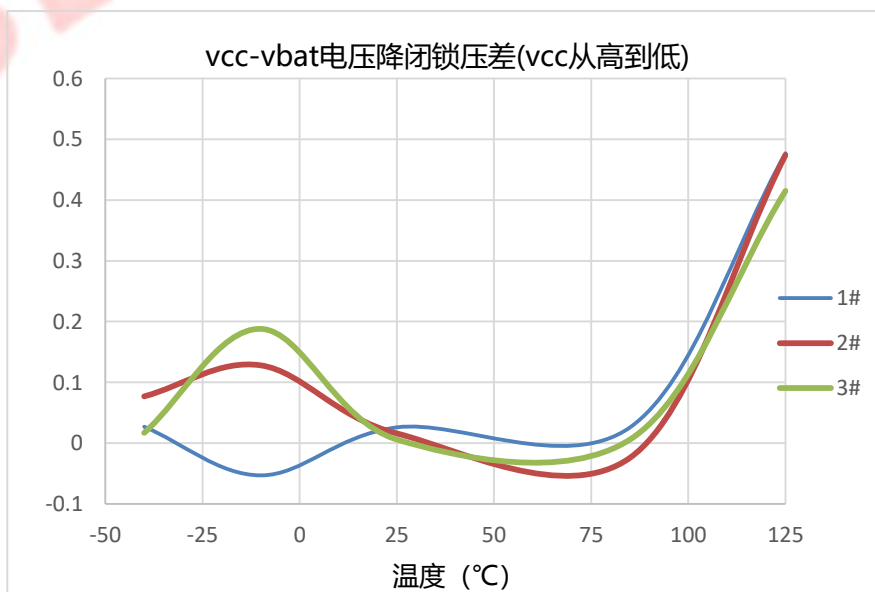
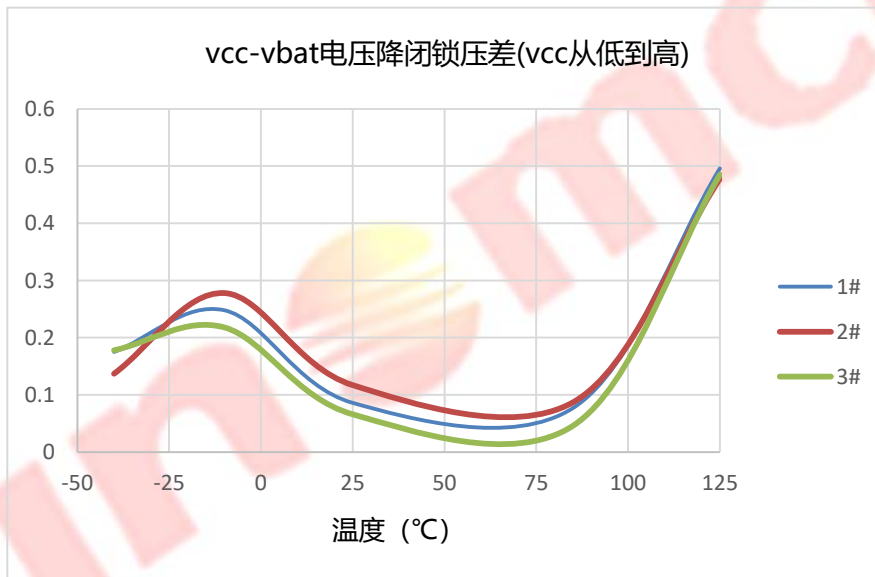


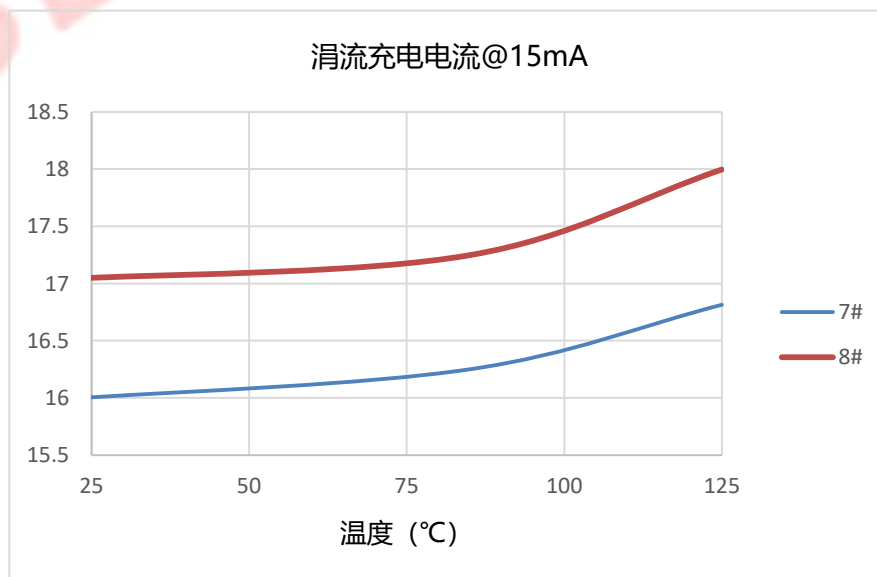
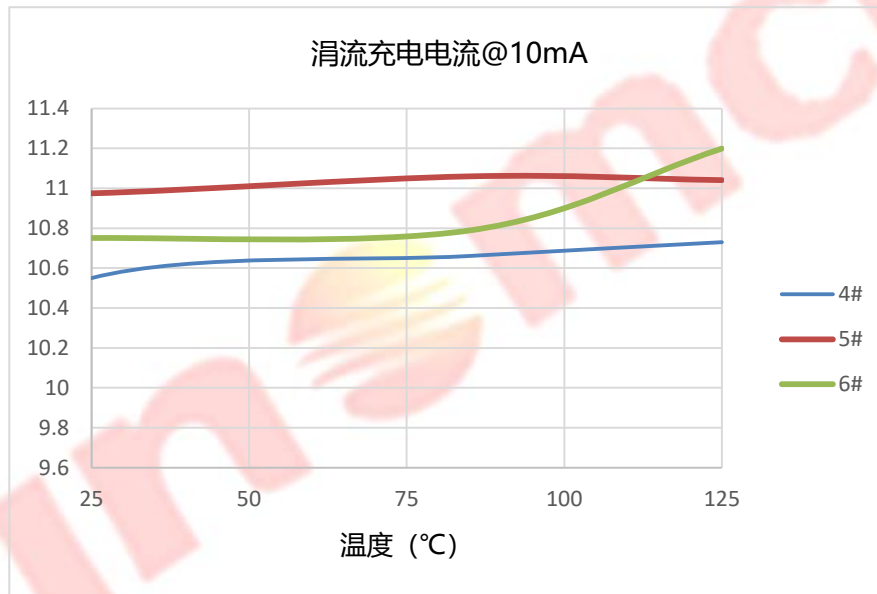
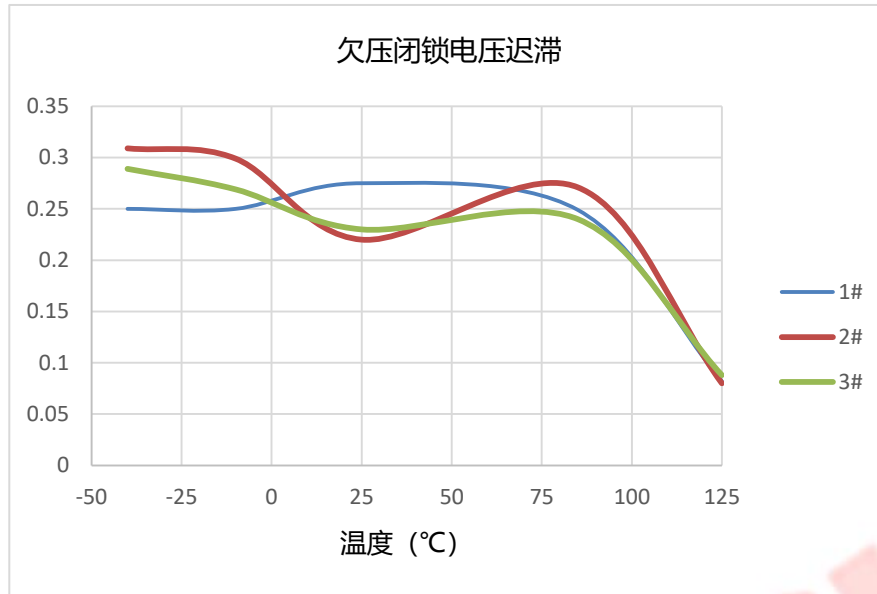
LIRC 频率 VS 电源电压/温度

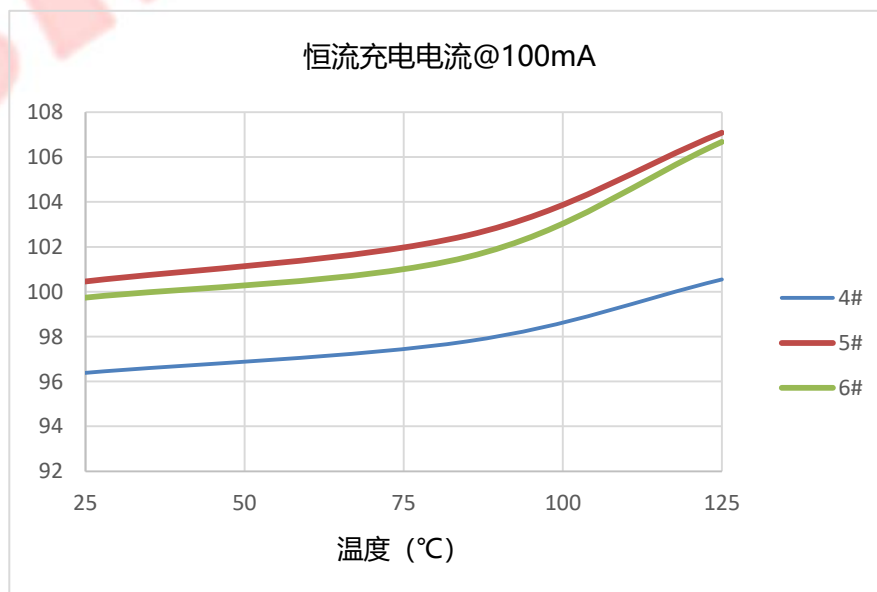
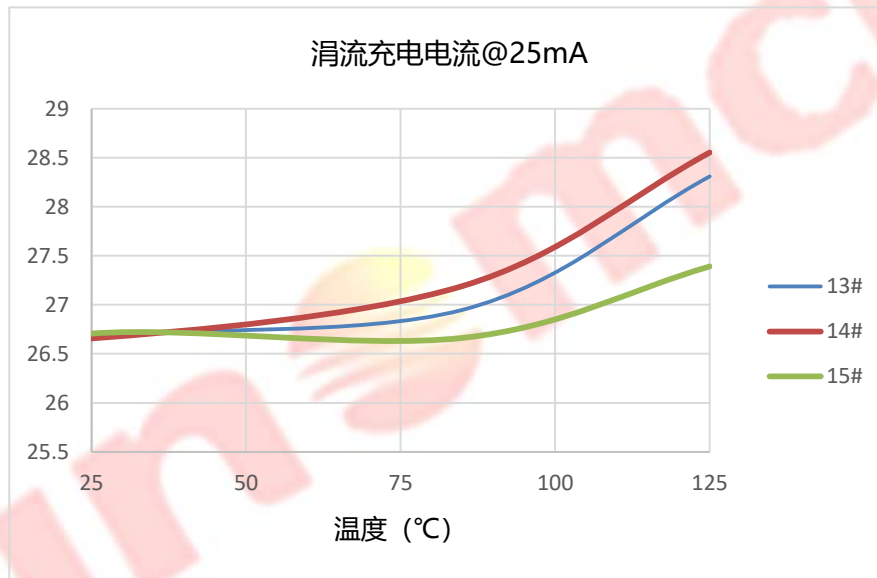
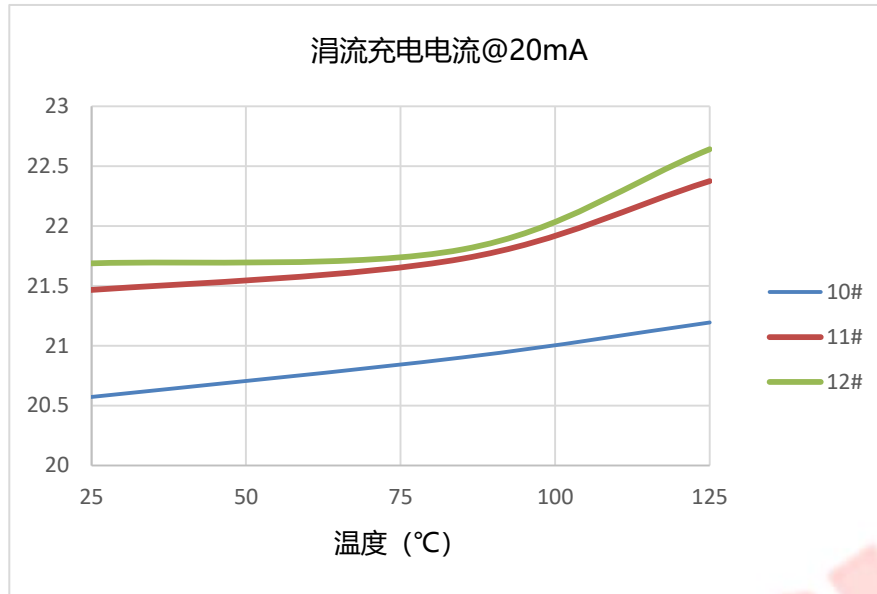


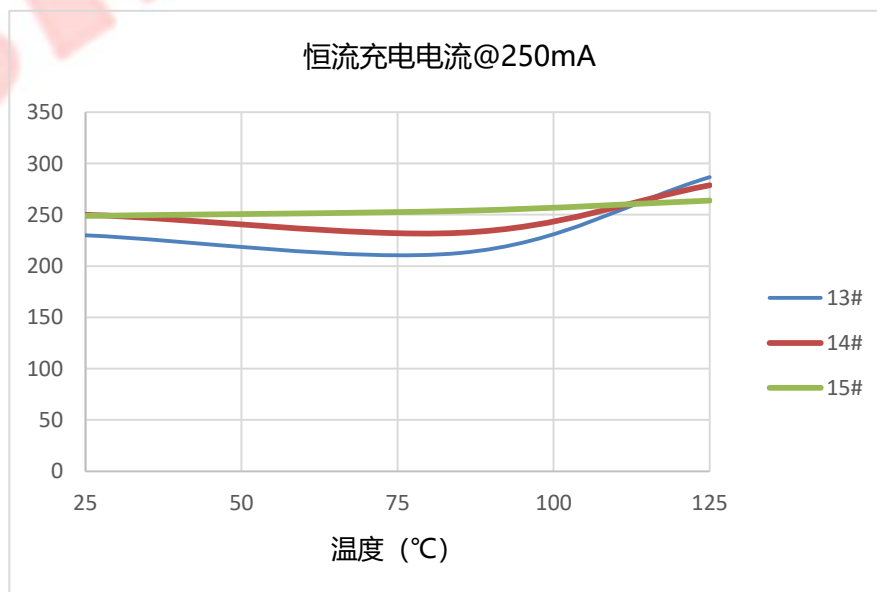
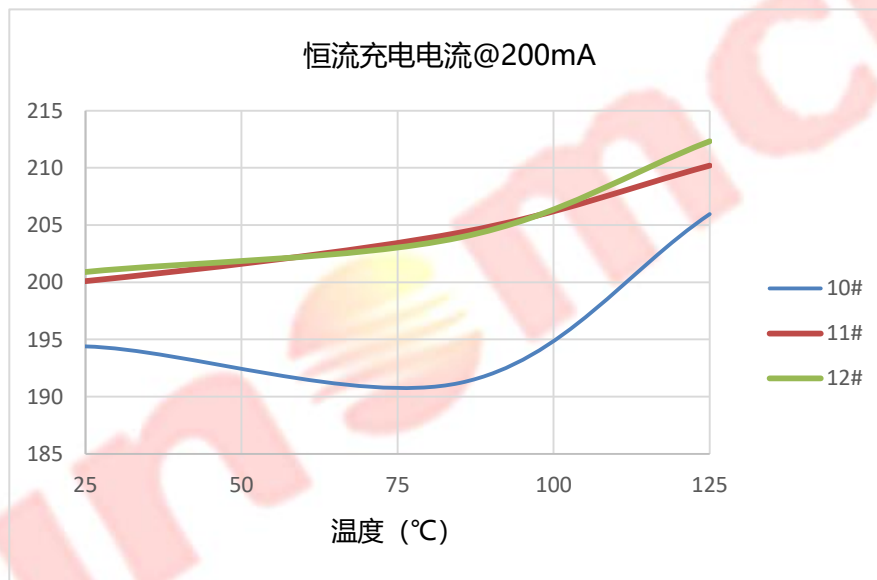
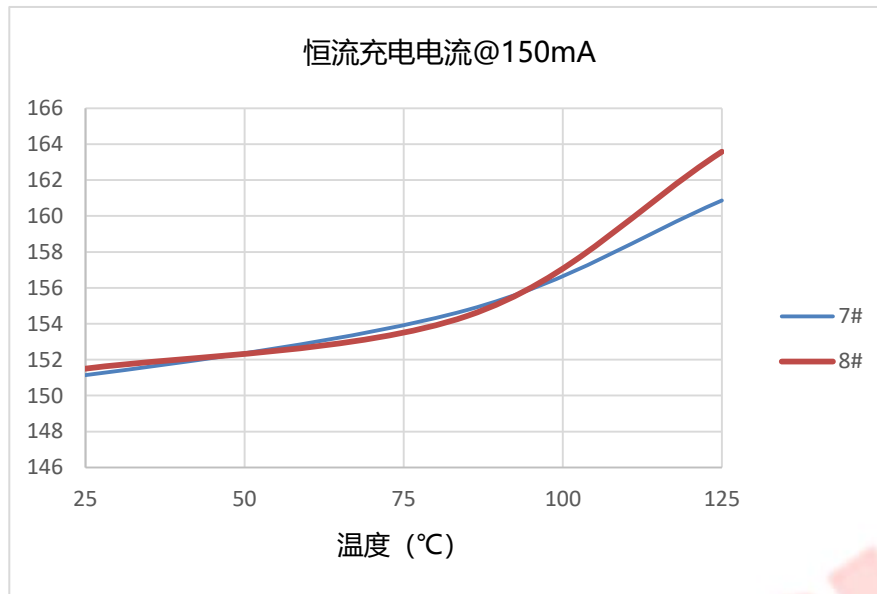


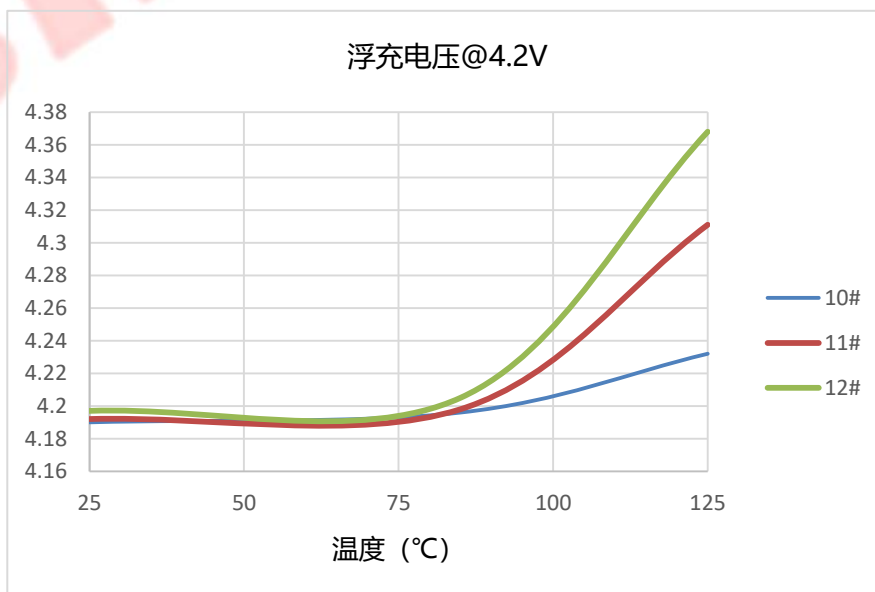
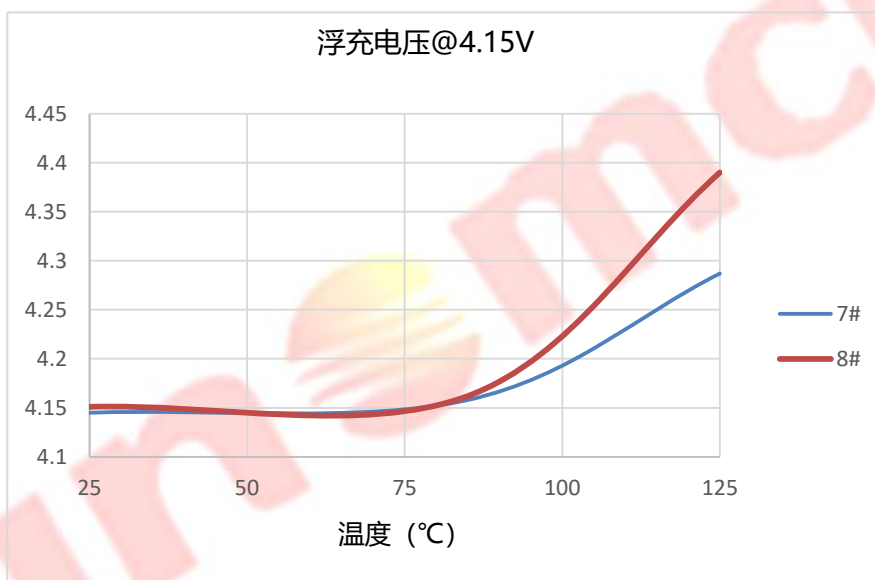
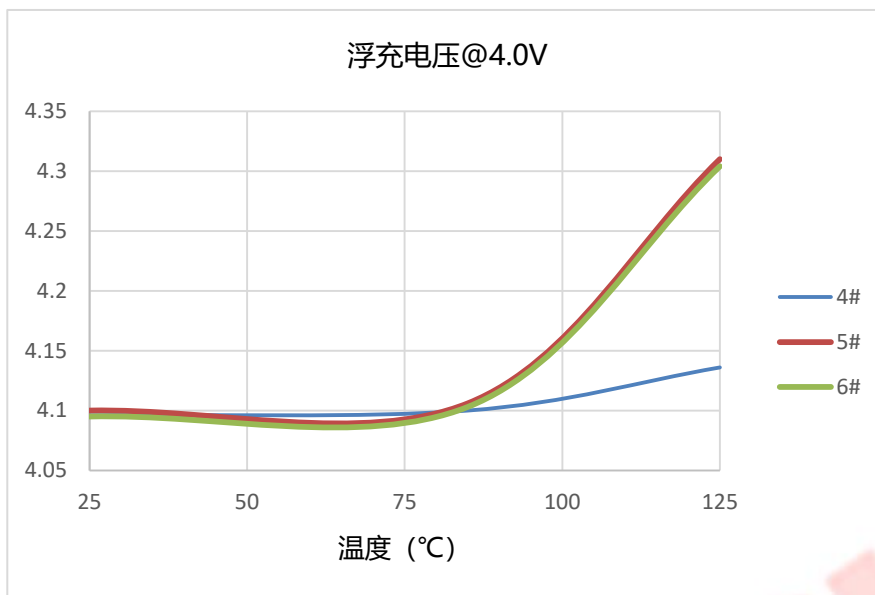
LBC 温度特性

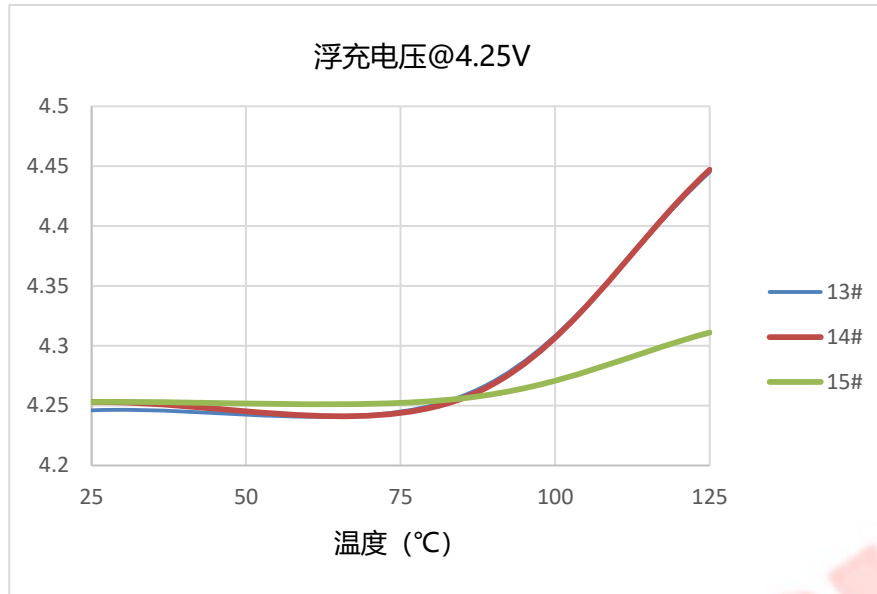






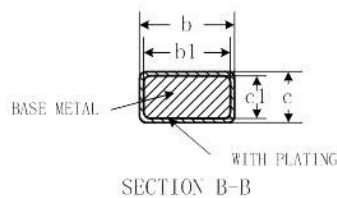
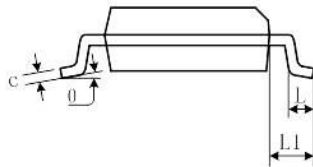
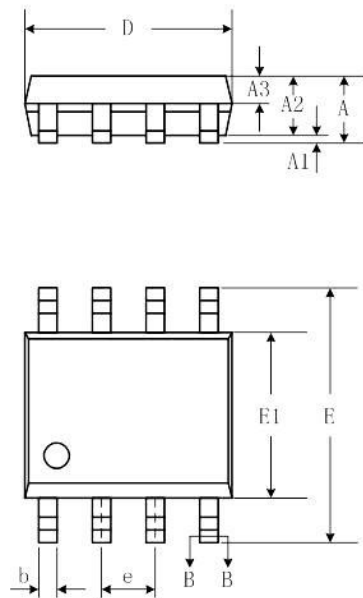






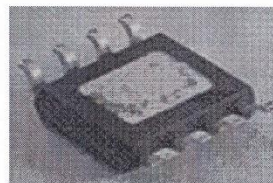
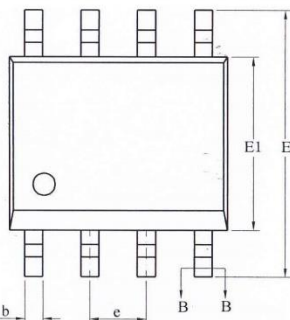
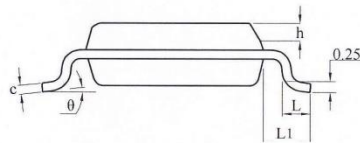
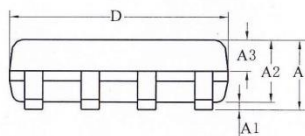
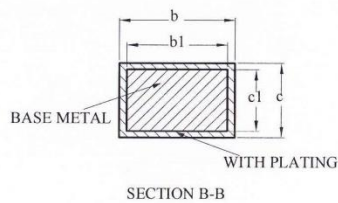
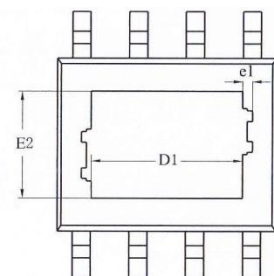
12 封装尺寸

12.1 SOP8



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	TYP	MAX
A	-	-	1.77
A1	0.08	0.18	0.28
A2	1.20	1.40	1.60
A3	0.55	0.65	0.75
b	0.39	-	0.48
b1	0.38	0.41	0.43
c	0.21	-	0.26
c1	0.19	0.20	0.21
D	4.70	4.90	5.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.70	3.90	4.10
e	1.27BSC		
L	0.50	0.65	0.80
L1	1.05BSC		
θ	0	-	8°

12.2 ESOP8



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.65
A1	0.05	—	0.15
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	—	0.47
b1	0.38	0.41	0.44
c	0.20	—	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	4.80	4.90	5.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27BSC		
h	0.25	—	0.50
L	0.50	0.60	0.80
L1	1.05REF		
θ	0	—	8°

Size (mm) L/F Size (mil)	D1	E2	e1
90*90	2.09REF	2.09REF	0.16REF
95*130	3.10REF	2.21REF	0.10REF

13 修订记录

版本	日期	修订内容
V1.0	2022-04-02	发布初版;
V1.1	2022-06-14	修订 LBCSR,INTF 寄存器中笔误;