

全 USB 合规带功率路径管理的单节锂电池充电器

特性

- 充电电压精度: $\pm 0.5\%$ (0°C to 50°C)
- 充电电流精度: $\pm 5\%$
- 最大 28V 输入额定电压, 带过压保护
- 最小 -2V 输入电压保护
- 具备预充、快速充电和恒压调节功能的完整充电流程
- 可通过 I²C 兼容接口编程充电参数
- 充电截止电流和自动复充电压可编程
- 宽快充电流范围: 2mA~512mA
- 强鲁棒性保护: 输入过压保护, 电池过压保护, 过流保护, 反向漏电保护, 短路保护, 热保护, PCB 过温保护
- BATFET 支持运输模式
- 带有 INT 下拉和输入脉冲序列复位系统功能
- 完全集成的电源路径管理
- 超低电池漏电流, 支持运输模式
- WLCSP 1.4mm×1.4mm×0.63mm-9B, 0.5mm Pitch 封装
- 7 位从机地址(A7~A1)为 1001001 (0x49H)
- IEC62368-1 No.BE-37454 许可文件

应用

- 智能手持设备
- 可穿戴设备
- 智能手表
- 健身配件

概要

AW32012 是一款高度集成的锂离子/锂聚合物电池线性充电器, 具有系统电源路径管理。AW32012 的充电过程包括: 预充、快速充电和恒压调节。充电参数和工作模式可通过 I²C 接口编程。充电过程自动进行, 充电完成后电池电压降到 $V_{\text{BAT_REG}} - V_{\text{RCH}}$ 以下时进行复充。

AW32012 的目标是空间有限的便携式应用。该芯片可以从交流适配器或 USB 端口输入电源, 为系统负载供电并为电池充电。同时, 该芯片通过限制输入到系统的电流和电池到系统的电流, 提供系统短路保护功能。这些功能可以有效地保护电池或芯片免受损坏。输入限流、放电限流、安全定时器等参数可通过 I²C 接口编程实现。此外, 芯片集成输入过压保护, 输入欠压锁定和输入裕量电压等功能用于检测有效输入源。

AW32012 将充电路径与系统电源分离, 实现电源管理功能。系统供电优先, 不依赖于电池的存在。一旦输入端出现不良的限电适配器, AW32012 首先会降低充电电流, 如果系统负载对于输入源来说仍然太大, AW32012 将减小输入系统电流, 防止输入源被拉下。在这种情况下, 当系统电压低于电池电压 30mV 时, 电池到系统供电路线完全接通, 为系统负载供电。

典型应用电路

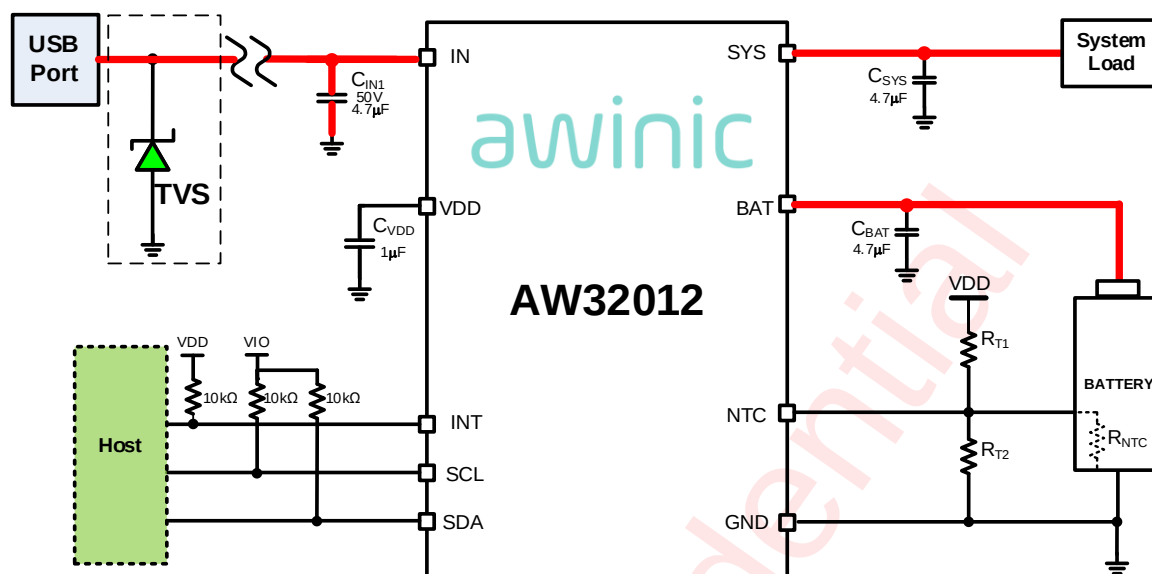


图 1 AW32012 典型应用图

手册中提到的全部商标所有权归各自拥有者所有。

引脚分布及标识图

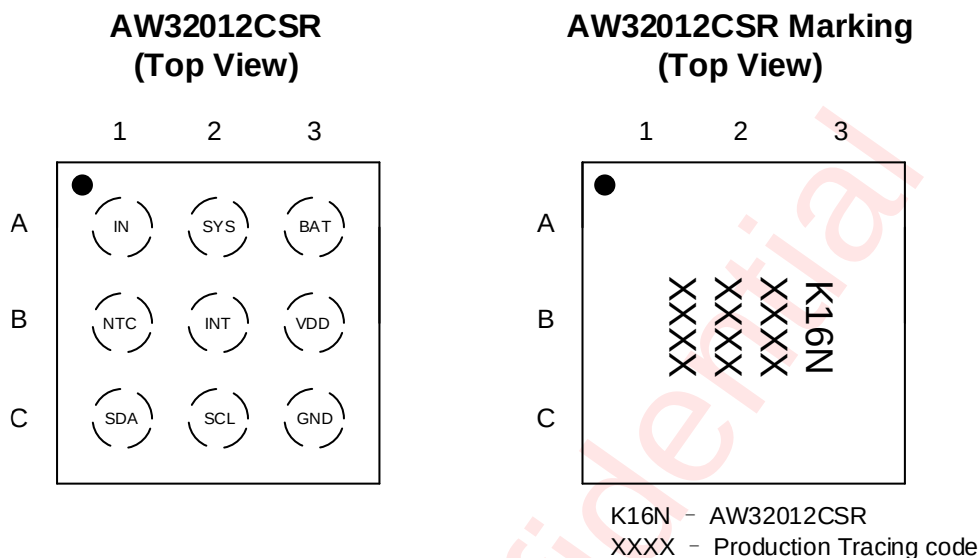


图 2 引脚分布和标识图

引脚定义

Pin No.	Pin Name	Description
A1	IN	输入电源引脚，接 4.7μF 电容到 GND
A2	SYS	系统电源引脚，接 4.7μF 电容到 GND
A3	BAT	电池引脚，接 4.7μF 电容到 GND
B1	NTC	温度检测输入。接一个负温度系数热敏电阻，用分压电阻设置从 VDD 到 GND 的冷热温度区间，NTC 为中间节点。如果不使用 NTC 功能，将 NTC 上拉到 VDD。当 NTC 功能未使用或关闭时，建议不使能 NTC 功能，并将 NTC 端口上拉至 VDD，以减小电池漏电流
B2	INT	中断输出。INT 引脚可以发送充电状态和故障中断到主机。该引脚也用于断开系统与电池的连接，并从运输模式唤醒芯片。如果 INT 未使用，建议通过电阻将 INT 上拉至 VDD
B3	VDD	内部电源引脚。接 1μF 电容到 GND，不允许有外部负载
C1	SDA	I ² C 串行数据接口
C2	SCL	I ² C 时钟接口
C3	GND	地

订购信息

产品型号	工作温度范围	封装形式	器件标识	湿敏等级	环保信息	发货形式
AW32012CSR	-40°C~85°C	WLCSP 1.4mm×1.4mm-9B	K16N	MSL1	ROHS+HF	3000 units/ Tape and Reel

绝对最大额定值^(注 1)

参数		最小值	最大值	单位
输入电压范围 V_{IN} (相对于 GND)	IN	-2	28	V
NTC 引脚电压范围 V_{NTC} (相对于 GND)	NTC	-0.3	$V_{VDD}+0.3$	V
其他管脚电压范围 (相对于 GND)	SYS, BAT, INT, VDD, SCL, SDA	-0.3	6	V
工作环境温度		-40	85	°C
工作结温 T_J		-40	150	°C
存储温度 T_{STG}		-65	150	°C
焊接温度(焊接 10s)			260	°C

注 1: 超出“绝对最大额定值”范围的条件可能会对设备造成永久性损坏。尽管有上述限制, 但设备的功能操作条件应在“推荐操作条件”中列出的范围内。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。

ESD 额定值和 Latch Up

参数	范围	单位
HBM (人体模型) ^(注 2)	± 2	kV
CDM ^(注 3)	± 1.5	kV
Latch-Up ^(注 4)	+IT: 200 -IT: -200	mA

注 2: HBM 测试方法是存储在一个 100pF 电容上的电荷通过 1.5k Ω 电阻对引脚放电。测试标准: ESDA/JEDEC JS-001-2017

注 3: 测试标准: ESDA/JEDEC JS-002-2018

注 4: 测试标准: JESD78E

推荐工作条件

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围 V_{IN}	4		7.5	V
输入电流 I_{IN}			550	mA
放电电流 I_{BAT}			3.2	A
充电电流 I_{CHG}	2		512	mA
电池满充电压 V_{BAT_REG}	3.6		4.545	V
工作结温 T_J	-40		125	°C

散热信息

参数	数值	单位
结对环境热阻 θ_{JA}	90.61	°C/W

电气特性

除非特别说明，测试条件为： $V_{IN}=5V$, $V_{BAT}=3.5V$, $T_J=25^{\circ}C$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源和电池保护						
V_{IN_UVLO}	UVLO 阈值电压	V_{IN} 下降	3.5	3.6	3.7	V
	UVLO 迟滞电压	V_{IN} 上升		300		mV
T_{DGL_UVLO}	UVLO 退出滤抖时间	退出 UVLO		30		ms
V_{IN_OVP}	VIN OVP 阈值电压	REG0DH[5]=0, V_{IN} 上升	5.85	6	6.15	V
		REG0DH[5]=1, V_{IN} 上升	7.35	7.5	7.65	V
	VIN OVP 迟滞电压	V_{IN} 下降		350		mV
T_{DGL_OVP}	OVP 退出滤抖时间	退出 OVP		30		ms
V_{BAT}	BAT 输入电压				4.6	V
V_{BAT_UVLO}	电池 UVLO 阈值电压, V_{BAT} 下降	REG01H[2:0]=000	2.3	2.43	2.53	V
		REG01H[2:0]=100	2.64	2.76	2.88	V
		REG01H[2:0]=111	2.88	3.03	3.13	V
	迟滞电压	$V_{BAT_UVLO}=2.76V$		220		mV
V_{HDM}	输入电压 vs. 电池电压	V_{IN} 上升	80	130	180	mV
	输入电压 vs. 电池电压, 迟滞电压	V_{IN} 下降		60		mV
充电流程						
V_{BAT_PRE}	预充转快充阈值电压	REG04H[1]=1, V_{BAT} 上升	2.9	3.0	3.1	V
		REG04H[1]=0, V_{BAT} 上升	2.7	2.8	2.9	V
	快充转预充电压	V_{BAT} 下降		200		mV
V_{BAT_REG}	电池满充电压	REG04H[7:2]=000000, $V_{BAT_REG}=3.6V$	3.585	3.600	3.615	V
		REG04H[7:2]=101000, $V_{BAT_REG}=4.2V$	4.180	4.200	4.220	V
		REG04H[7:2]=110100, $V_{BAT_REG}=4.38V$	4.360	4.380	4.400	V
		REG04H[7:2]=111110, $V_{BAT_REG}=4.53V$	4.507	4.530	4.553	V
V_{RECH}	复充电压阈值	REG0DH[0]=1, REG04H[0]=0, $V_{BAT_REG}=4.2V$, 小于 V_{BAT_REG}	10	50	90	mV
		REG0DH[0]=0, REG04H[0]=0, $V_{BAT_REG}=4.2V$, 小于 V_{BAT_REG}	45	100	155	mV
		REG0DH[0]=1, REG04H[0]=1, $V_{BAT_REG}=4.2V$, 小于 V_{BAT_REG}				

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
		REG0DH[0]=0, REG04H[0]=1, VBAT_REG=4.2V, 小于 VBAT_REG	145	200	255	mV
	V _{RCH} 滤抖时间	充电终止后 V _{BAT} 降至 V _{RECH} 以下		130		ms
V _{BAT_OVP}	电池过压保护阈值	充电时 V _{BAT} 阈值超过 VBAT_REG, 关闭充电器		120		mV
	V _{BAT_OVP} 迟滞电压			50		mV

电气特性 (续)

除非特别说明, 测试条件为: $V_{IN}=5V$, $V_{BAT}=3.5V$, $T_J=25^{\circ}C$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源路径管理						
V _{SYS_REG}	系统输出电压	V _{IN} =5.0V, REG07H[3:0]=0000, R _{SYS} =100Ω, I _{CHG} =0A, V _{SYS_REG} =4.2V	4.11	4.20	4.29	V
		V _{IN} =5.0V, REG07H[3:0]=1000, R _{SYS} =100Ω, I _{CHG} =0A, V _{SYS_REG} =4.6V	4.51	4.60	4.69	V
		V _{IN} =5.3V, REG07H[3:0]=1111, R _{SYS} =100Ω, I _{CHG} =0A, V _{SYS_REG} =4.6V	4.85	4.95	5.05	V
I _{IN_LIM}	输入电流限制	REG00H[3:0]=0000, I _{IN_LIM} =50mA	30	47	60	mA
		REG00H[3:0]=0011, I _{IN_LIM} =140mA	112	138	160	mA
		REG00H[3:0]=1000, I _{IN_LIM} =290mA	270	296	320	mA
		REG00H[3:0]=1111, I _{IN_LIM} =500mA	465	500	535	mA
V _{IN_DPM}	动态电源管理钳位电压	REG00H[7:4]=0000, V _{IN_DPM} =3.88V	3.68	3.88	4.18	V
		REG00H[7:4]=1000, V _{IN_DPM} =4.52V	4.32	4.52	4.82	V
		REG00H[7:4]=1111, V _{IN_DPM} =5.08V	4.88	5.08	5.35	V
R _{ON_Q1}	IN 到 SYS 导通电阻	V _{IN_DPM} =3.88V, V _{IN} =4.5V, I _{SYS} =100mA	290	330	370	mΩ
R _{ON_Q2}	BAT 到 SYS 导通电阻	V _{IN} <2V, V _{BAT} =3.5V, I _{SYS} =100mA	95	115	135	mΩ
I _{IN_Q}	输入静态电流 (不包括外部 NTC 电阻的电流)	V _{IN} =5V, EN_HIZ=0, CEB=0, (使能充电), I _{CHG} =0, I _{SYS} =0	0.35	0.6	0.85	mA
		V _{IN} =5V, EN_HIZ=0, CEB=1, (不使能充电), I _{CHG} =0, I _{SYS} =0	0.3	0.45	0.6	mA
I _{BAT_Q}	电池端静态电流 (不包括外部 NTC 电阻的电流)	V _{IN} =5V, CEB=0, 充电完成, I _{CHG} =0, I _{SYS} =0	20	26	32	μA
		V _{IN} =0, CEB=1, V _{BAT} =4.35V, DIS_PCB_OTP=1, I _{SYS} =0		5	9	μA
		V _{IN} =0, CEB=1, V _{BAT} =4.35V, DIS_PCB_OTP=0, I _{SYS} =0		15	18.5	μA
		V _{IN} =0, CEB=1, V _{BAT} =4.35V, DIS_PCB_OTP=0, I _{SYS} =0, 使能看门狗		19	25.5	μA
		V _{BAT} =4.5V, V _{IN} =0V/Ground, Switch mode=1		0.7	1	μA
		V _{BAT} =4.5V, V _{IN} =V _{SYS} =0, FET_DIS=1, 运输模式		0.05	1	μA
I _{SYS-BAT_LKG}	SYS 到 BAT 反向开关漏电	V _{SYS} =4.60V, V _{IN} =5V, V _{BAT} =0, CEB=1, EN_HIZ=1, 不使能充电			1	μA
I _{DSCHG}	BAT FET 放电电流限制	REG03H[7:4]=0001, I _{DSCHG} =400mA	300	400	500	mA
		REG03H[7:4]=1001, I _{DSCHG} =2000mA		2000		mA
V _{FWD}	补电模式下理想二极管压降	50mA 放电电流		30		mV

电气特性 (续)

除非特别说明, 测试条件为: $V_{IN}=5V$, $V_{BAT}=3.5V$, $T_J=25^{\circ}C$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
充电电流						
I _{CHG}	充电电流可编程范围	V _{BAT_PRE} <V _{BAT} <V _{BAT_REG} , REG0BH[7]=1, I _{CHG} =2mA	1.5	2	2.5	mA
		V _{BAT_PRE} <V _{BAT} <V _{BAT_REG} , REG0BH[7]=0, I _{CHG} =8mA	7	8	9	mA
		V _{BAT_PRE} <V _{BAT} <V _{BAT_REG} , REG0BH[7]=0, I _{CHG} =96mA	89	96	103	mA
		V _{BAT_PRE} <V _{BAT} <V _{BAT_REG} , REG0BH[7]=0, I _{CHG} =264mA	251	264	277	mA
		V _{BAT_PRE} <V _{BAT} <V _{BAT_REG} , REG0BH[7]=0, I _{CHG} =456mA	434	456	478	mA
	充电电流精度	V _{BAT} =3.8V, I _{CHG} =2mA	-25		25	%
		V _{BAT} =3.8V, 4mA<I _{CHG} ≤12mA	-20		20	%
		V _{BAT} =3.8V, 12mA<I _{CHG} <264mA	-7		7	%
		V _{BAT} =3.8V, I _{CHG} ≥264mA	-5		5	%
I _{PRE}	预充电流可编程范围, I _{PRE} =I _{TERM}	V _{BAT} <3.0V	1		31	mA
I _{TERM}	充电截止电流可编程范围	REG03H[3:0]=0000, I _{TERM} =1mA	0.7	1	1.3	mA
		REG03H[3:0]=0001, I _{TERM} =3mA	2.4	3	3.6	mA
		REG03H[3:0]=0101, I _{TERM} =11mA	9	11	13	mA
		REG03H[3:0]=1111, I _{TERM} =31mA	28	31	34	mA
	充电截止标志位阈值电流	REG0DH[1]=1,REG11H[4]=1	60	80	100	mA
T _{TERM}	充电截止滤抖时间	I _{CHG} <I _{TERM} , REG0CH[6]=0		3.2		s
I _{DBAT}	充电完成检测电流（下拉电流）	检测到充电截止并且 V _{BAT} < V _{BAT_REG} 时开始		0.5		mA
T _{DBAT}	电池检测时间			262		ms
中断						
V _{OL_INT}	INT 引脚低电平输出饱和电压	I _o =5mA, 下拉电流			0.4	V
I _{LKG_INT}	INT 引脚高电平漏电流	INT 引脚高阻态, V _{INT} =5V			1	μA
T _{RST_DGL}	INT 下拉复位 V _{SYS}	V _{INT} 低电平(默认设置)		16		s
I ² C 总线逻辑电平和时序特性						
V _{OL}	输出低电平阈值	I _o =5mA, 下拉电流			0.4	V
V _{IL}	输入低电平阈值	V _{pull_up} =1.8V, SDA, SCL 和 INT 引脚			0.4	V

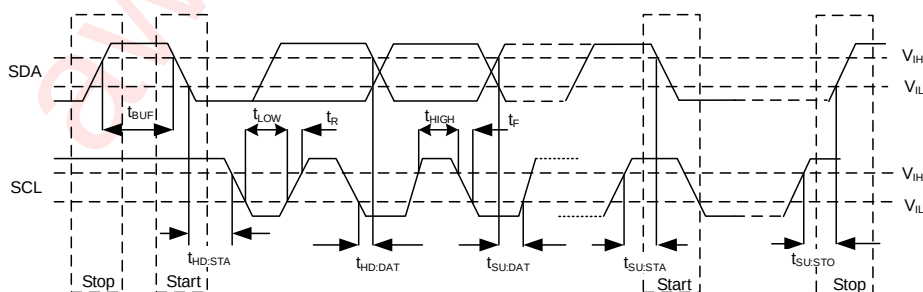
参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{IH}	输入高电平阈值	V _{pull_up} =1.8V， SDA， SCL 和 INT 引脚	1.3			V
I _{BIAS}	输入偏置电流	V _{pull_up} =1.8V， SDA， SCL 引脚			1	μA
热保护						
T _{J_REG}	结温限制	结温上升		120		°C
T _{OTP}	过热关断保护温度	结温上升		150		°C
	T _{OTP} 迟滞温度	结温下降		20		°C
I _{NTC}	NTC 引脚输出电流	CEB=0, NTC=3V	65	70	75	μA
V _{COLD}	NTC 低温上升阈值	VDD 百分比	62	64	66	%
	迟滞电压			70		mV
V _{HOT}	NTC 高温下降阈值	VDD 百分比	34	36	38	%
	迟滞电压			70		mV
V _{HOT_PCB}	PCB OTP 高温下降阈值	VDD 百分比	34	36	38	%
	迟滞电压			70		mV
运输模式退出时间						
t _{EXIT_SHIP}	VBUS 插入(不包括 V _{IN_UVLO} 的退出滤抖时间)	REG0BH[0]=0	1.5	2	2.5	s
		REG0BH[0]=1	90	100	111	ms
	INT 引脚下拉(不包括 V _{IN_UVLO} 的退出滤抖时间)	REG0DH[2]=0	1.5	2	2.5	s
		REG0DH[2]=1	90	100	111	ms
时钟频率和看门狗时间						
F _{CLK}	时钟频率			125		KHz
t _{WDT}	看门狗时间	REG05H[6:5]=11		160		s

电气特性 (续)

除非特别说明，测试条件为： $V_{IN}=5V$, $V_{BAT}=3.5V$, $T_J=25^{\circ}C$

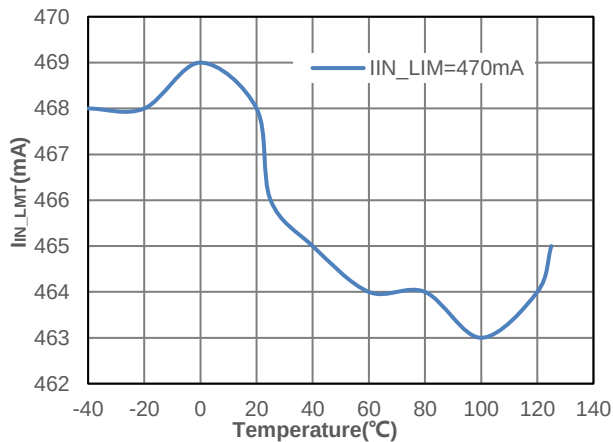
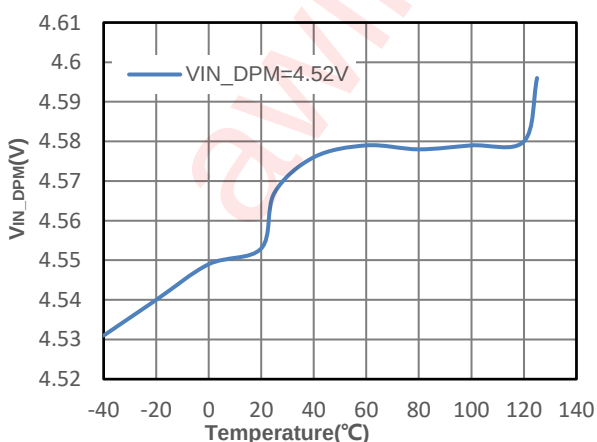
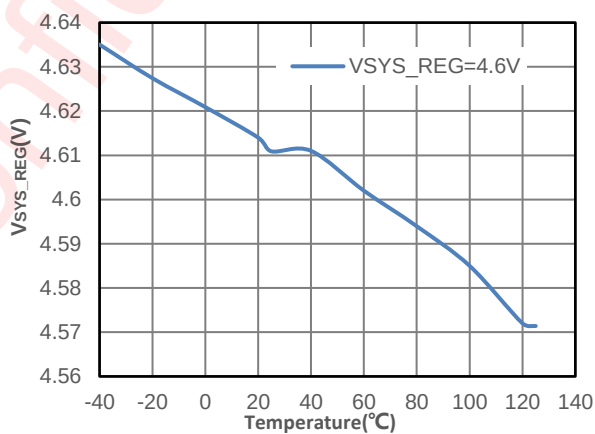
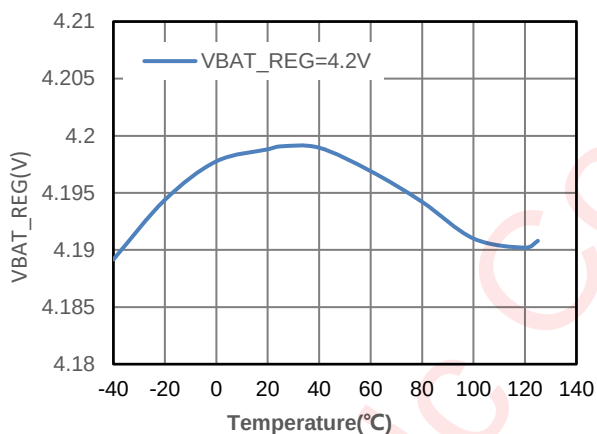
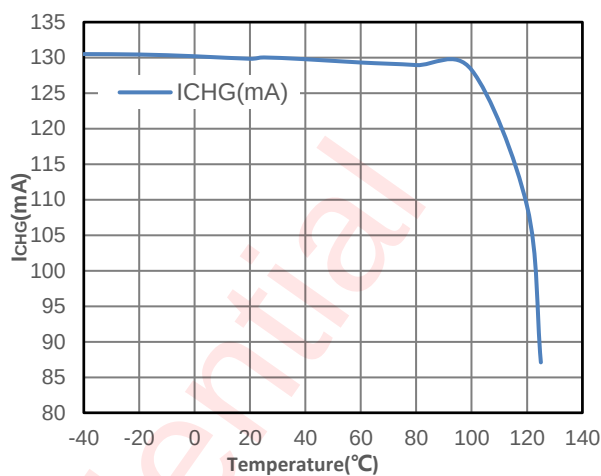
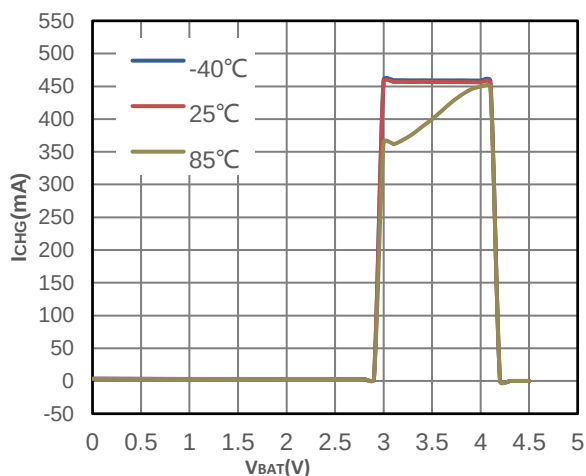
I²C 接口时序

参数	描述		最小值	典型值	最大值	单位
F_{SCL}	接口时钟频率				400	kHz
$T_{DEGLITCH}$	滤波时间	SCL		83		ns
		SDA		115		ns
$t_{HD:STA}$	(重复启动)启动条件保持时间		0.6			μs
t_{LOW}	SCL 低电平脉宽		1.3			μs
t_{HIGH}	SCL 高电平脉宽		0.6			μs
$t_{SU:STA}$	(重复启动)启动条件建立时间		0.6			μs
$t_{HD:DAT}$	数据保持时间		0			μs
$t_{SU:DAT}$	数据建立时间		0.1			μs
t_R	SDA 和 SCL 上升时间				0.3	μs
t_F	SDA 和 SCL 下降时间				0.3	μs
$t_{SU:STO}$	停止条件建立时间		0.6			μs
t_{BUF}	启动和停止条件间隔时间		1.3			μs

图 3 I²C 接口时序

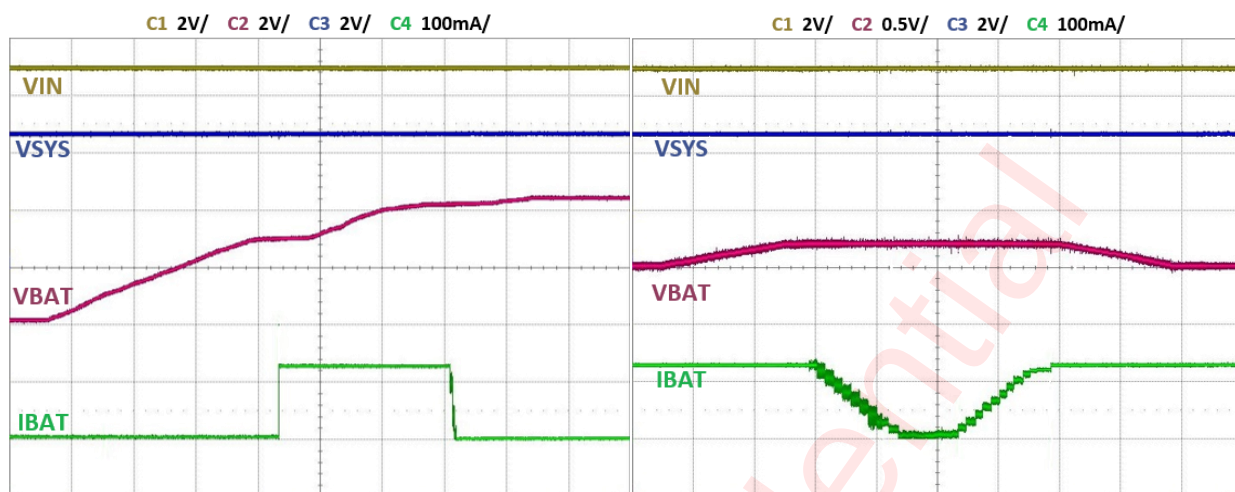
典型特征

$V_{IN}=5V$, $T_J=25^{\circ}C$, $I_{IN_LIM}=500mA$, $I_{CHG}=128mA$, $V_{IN_DPM}=4.6V$, 除非特别说明



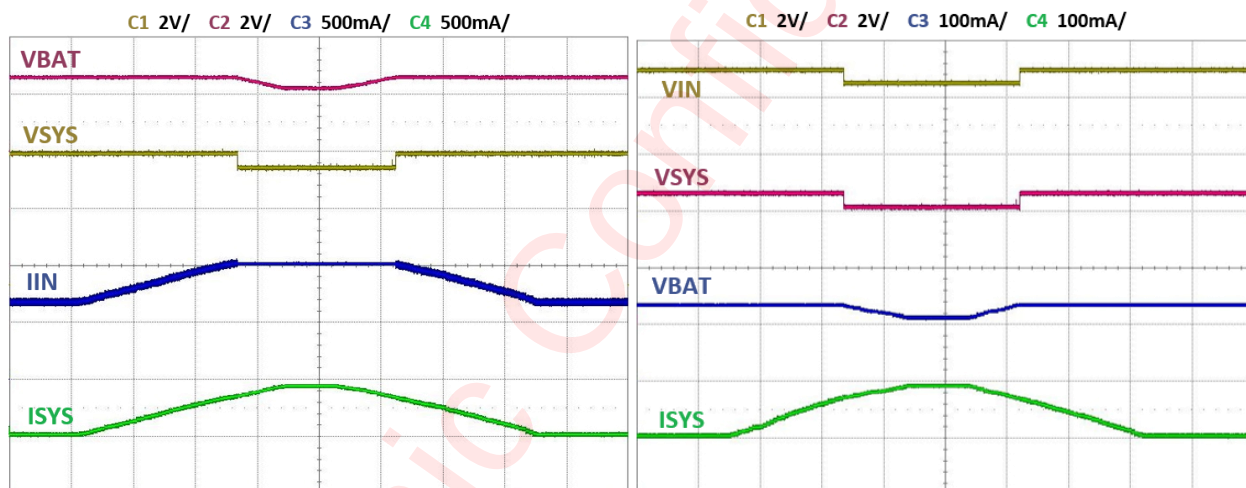
Typical Characteristics

$V_{IN}=5V$, $T_J=25^{\circ}C$, $I_{IN_LIM}=500mA$, $I_{CHG}=128mA$, $V_{IN_DPM}=4.6V$, 除非特别说明



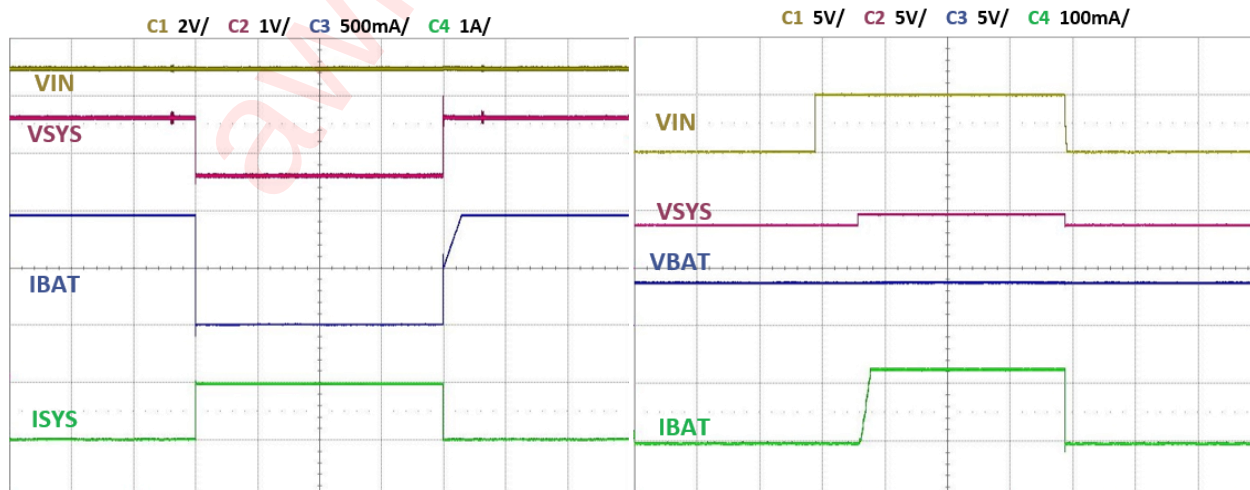
$I_{SYS}=0A$
电池充电波形

$I_{SYS}=0A$
自动复充波形



$V_{BAT}=3.7V$
PPM 输入电流限制

$V_{IN}=5V/200mA$, $V_{BAT}=3.7V$
PPM 输入电压限制



$V_{IN}=5V$, $V_{BAT}=3.7V$, $I_{CHG}=456mA$, $I_{SYS}=0A\sim 1A$
SYS 瞬态负载跳变

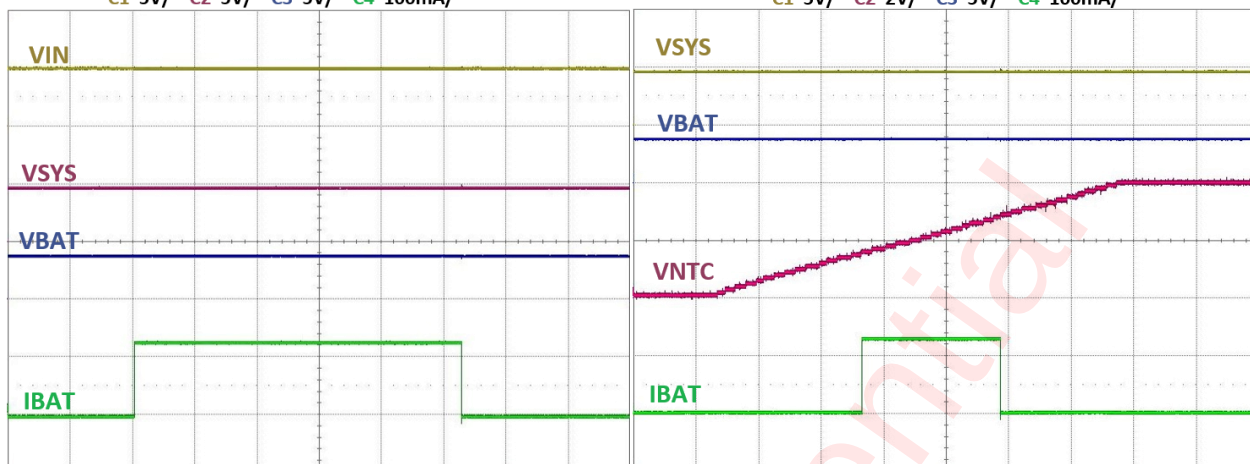
$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$
电源启动/关闭

Typical Characteristics (Continued)

$V_{IN}=5V$, $T_J=25^{\circ}C$, $I_{IN_LIM}=500mA$, $I_{CHG}=128mA$, $V_{IN_DPM}=4.6V$, 除非特别说明

C1 5V/ C2 5V/ C3 5V/ C4 100mA/

C1 5V/ C2 2V/ C3 5V/ C4 100mA/

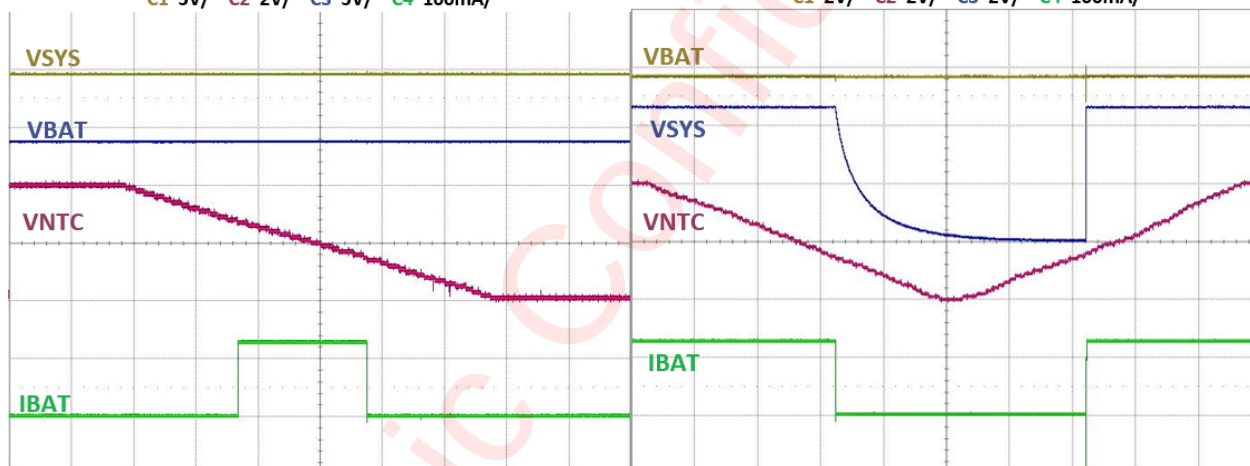


$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$
充电使能/不使能

$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$, PCB_OTP disabled
NTC 引脚电压上升

C1 5V/ C2 2V/ C3 5V/ C4 100mA/

C1 2V/ C2 2V/ C3 2V/ C4 100mA/

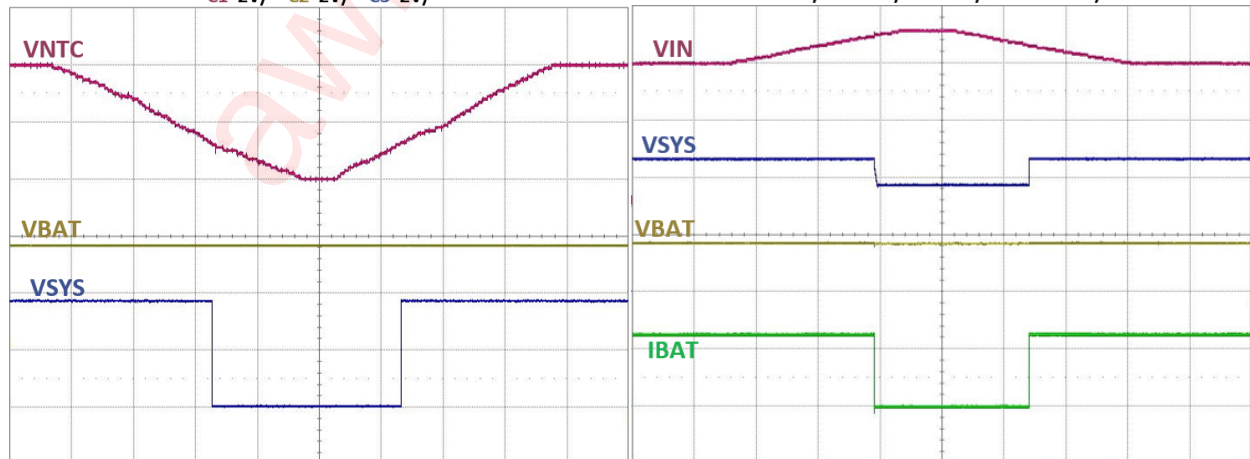


$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$, PCB_OTP disabled
NTC 引脚电压下降

$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$
充电模式 PCB_OTP 功能

C1 2V/ C2 2V/ C3 2V/

C1 2V/ C2 2V/ C3 2V/ C4 100mA/



$V_{IN}=0V$, $V_{BAT}=3.7V$
放电模式 PCB_OTP 功能

$V_{BAT}=3.7V$, $I_{SYS}=0A$
 V_{IN} 过压保护

功能框图

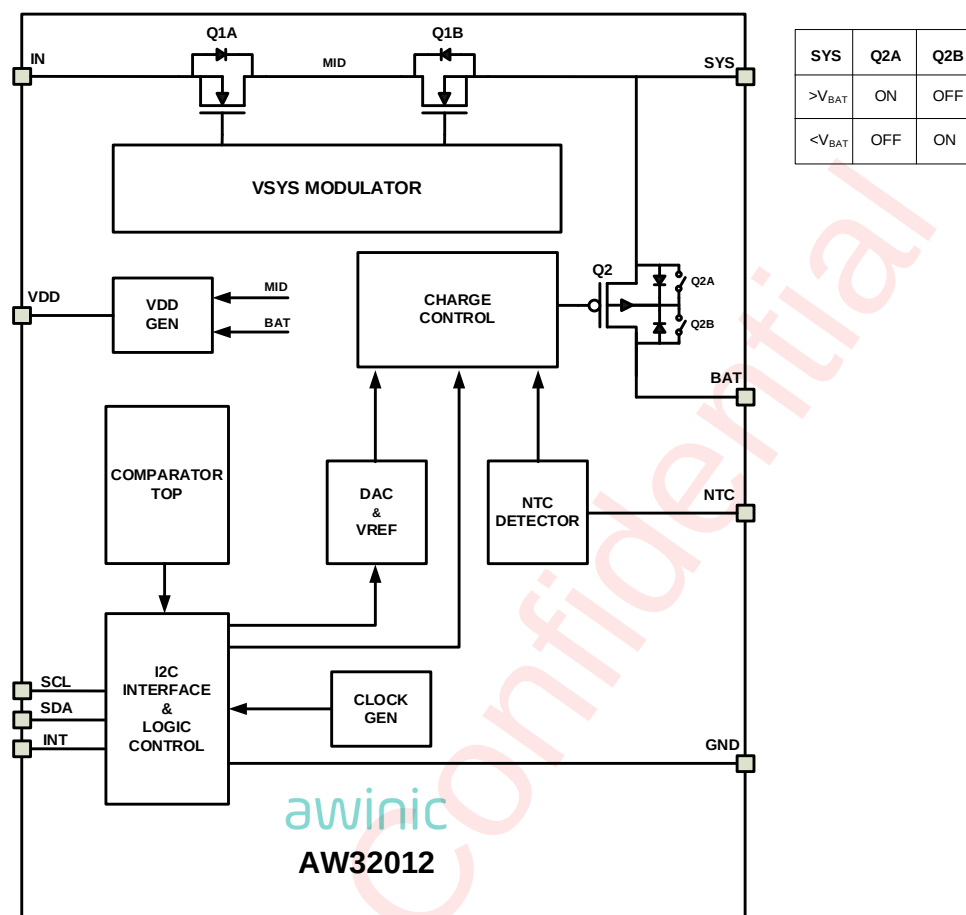


图 4 功能模块框图

工作原理

AW32012 是一款高度集成的线性电池充电器，具有完整的电源路径管理功能(PPMF)。AW32012 的全充电过程不仅包括预充电、恒流快充(CC)和恒压(CV)调节，还包括充电终止、自动充电等。PPMF 可以管理输入源，为系统负载供电并同时为电池充电。系统负载的优先级高于充电电流。当输入功率受到输入电流或电压的限制时，充电电流会自动减小。

主要状态机

AW32012 包括:启动(START), 电池放电模式(DISCHG), 电池充电模式(CHG), 仅电源系统模式(OPSM)和运输模式(SHIP), 图 5 所示为主要状态机转换。

- (1) 电池放电模式：只使能 BAT 到 SYS 的功率路径。
- (2) 电池充电模式：IN 到 SYS 和 BAT 到 SYS 的功率路径均使能。
- (3) 仅电源系统模式：只使能 IN 到 SYS 的功率路径。
- (4) 运输模式：所有的功率路径均不使能，AW32012 进入低功耗模式。

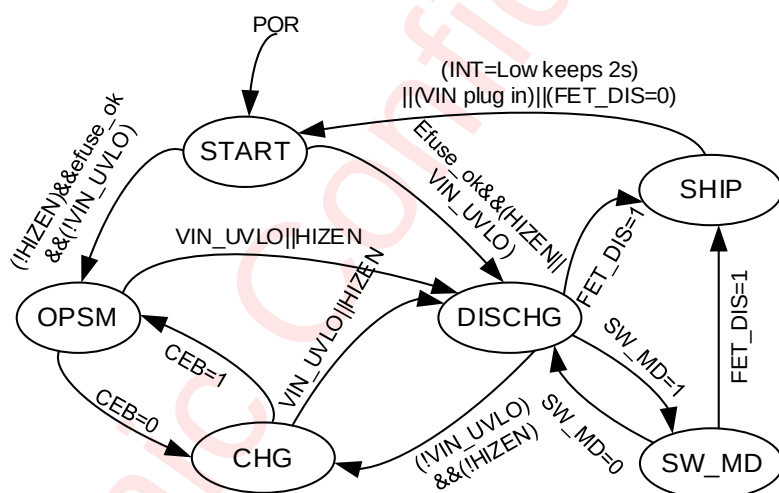


图 5 主要状态机转换

AW32012 集成了一个输入防倒灌 FET (Q1A), 一个位于 IN 和 SYS 之间的 LDO FET(Q1B), 以及一个位于 SYS 和 BAT 之间的 BAT FET (Q2)。当 VBUS 插入且 CEB=1 时, 设备工作在仅使能 IN 和 SYS 路径的 OPSM 模式下, 系统由 VBUS 供电。当 CEB=0 时, 充电功能使能, Q2 管打开, 状态切换为 CHG 充电模式。当系统负载需求超过输入功率容量时, AW32012 的 PPMF 会减小充电电流或使用电池供电来满足系统负载。对充电电流进行限制, 以保持系统电源始终具有较高的优先级。图 6 为 AW32012 的 PPMF 结构, 也称为电池补电模式。拔掉 VBUS 后, BAT FET Q2 完全接通为系统供电, 芯片进入电池放电模式(DISCHG), 当主机设置 SW_MD=1 时, 设备进入低功耗模式。此外, 该芯片可以关闭 BATFET, 使系统电压为零, 以尽量减少电池漏电流。当主机设置 FET_DIS=1 时, 芯片可以关闭 BATFET Q2 并进入 Shipping Mode(SHIP)。当主机设置 SW_MD=1 时, 芯片可以打开 BATFET Q2, 进入 Switch Mode(SW_MD), 并关闭所有保护功能。

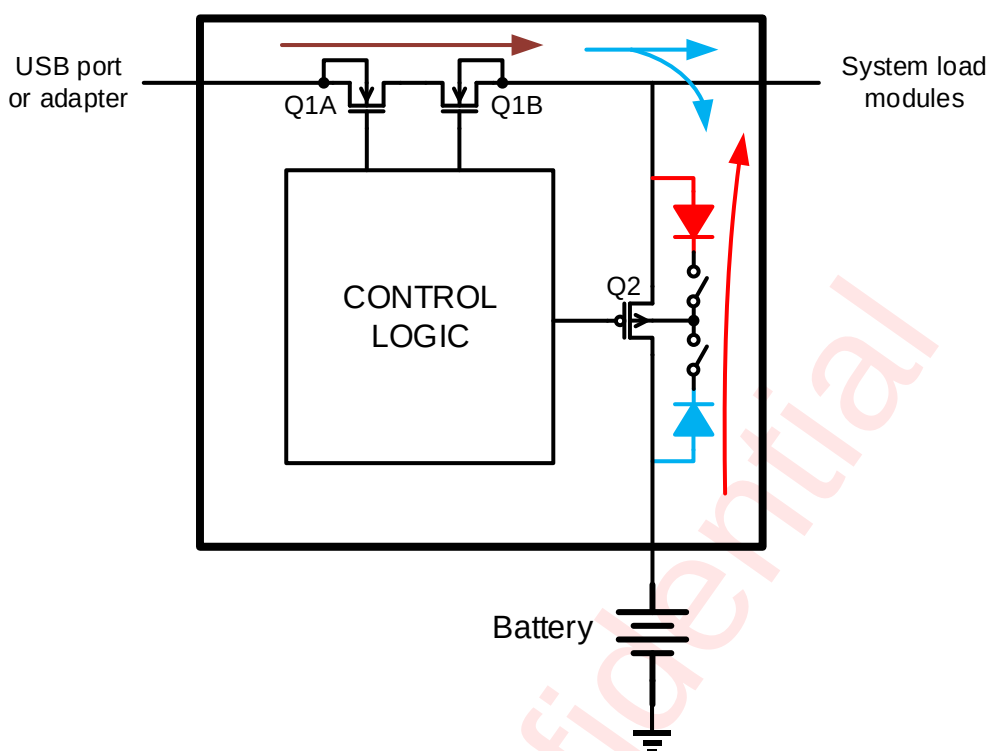


图 6 电源路径管理结构

在电池充电模式下，芯片作为一个全功能的线性充电器，具有预充、快速充电、恒压充电、充电终止、自动充电、热保护、内置定时器控制和 NTC 监控等功能。充电电流可通过 I²C 接口编程。当芯片温度超过热调节阈值（默认 120°C）时，IC 控制充电电流降低芯片温度。

电源供电

AW32012选择BAT或IN的较高电压为VDD和内部偏置电路供电，如图7所示。当BAT或IN电压高于其各自的电源复位(POR)阈值时，内部控制电路将唤醒，I²C接口将准备好与所有复位为默认值的寄存器通信。这些寄存器可以由主机控制。

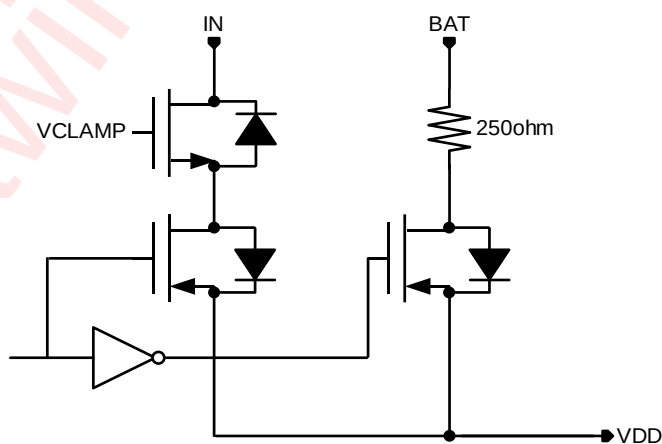


图 7 VDD 内部电源选择电路

基于输入电流和输入电压的功率限制

AW32012 有一个输入电流限制, 以满足输入源(通常是 USB)的最大电流限制规范, 该功能通过连续监测输入电流实现。如果输入额定电流低于设定的输入电流限制, 则输入电流限制起保护作用, 防止输入过载。总输入电流限定值可以通过寄存器 IIN_LIM (REG00H[3:0])设置。

此外, 当负载超过输入功率容量时, 也可以将输入电压调节到 VIN_DPM, 进行基于输入电压的 DPM 调节。VIN_DPM 可通过寄存器 VIN_DPM (REG00H[7:4])设置, VIN_DPM 应至少比 VBAT_REG 高 250mV, 以保证充电功能正常工作。通过设置寄存器 DIS_VINLOOP=1 (REG07H[6]=1), 可以关闭输入电压限制功能。

当达到输入电压或输入电流限制时, 通过调节 IN 和 SYS 之间的 Q1B 场效应管来限制总输入功率, 将会导致系统电压下降。当系统电压降至最小值 VSYS_REG - 135mV 和 VIN - 345mV 时, 减小充电电流以防止系统电压进一步下降。

功率路径管理功能 (PPMF)

AW32012 可以通过使用带有 Q2 的功率路径管理功能来将系统与电池断开, 这允许设备在系统和电池之间独立控制 Q2。即使电池处于深度放电或缺失状态, 系统也具有通过调节集成 Q1B 启动的高优先级。Q1A, Q1B 和 Q2 的功能可以通过 I²C 控制, 如表 1 所示。

表 1: 通过 I²C 控制 FET

FET开启/关断	高阻模式和充电模式控制	
	Set EN_HIZ = 1	Set CEB = 1
Q1A 和 Q1B	关断	x
Q2(充电模式)	x	关断
Q2(电池放电模式)	x	x

注: x=随意

对于系统电压, 当输入电压低于 V_{SYS_REG} 时, Q1A 和 Q1B 在输入电流限制下完全导通。当输入电压高于 V_{SYS_REG} 时, 系统电压被稳压到 V_{SYS_REG}。V_{SYS_REG} 可以通过 REG07H[3:0]设置。

电池补电模式

当 DPM 发生时, 充电电流减小以保持输入电流或输入电压处于调节状态。如果充电电流已经减小到零, 并且输入仍然过载, 则系统电压开始下降。当系统电压低于电池电压以下 30mV 时, AW32012 将进入电池补电模式, 理想二极管将会被使能。如果 I_{DSCHG}(补电电流)* R_{ON_BATT} 小于 30mV, 则芯片将调节 Q2 使 VBAT - V_{SYS} 保持在 30mV。如果这个调节由于 SYS 的重载而不能维持 30mV 的电压降, Q2 将完全打开以保持理想的正向压降。当系统负载下降时, 系统电压开始升高。当 V_{SYS} 高于 VBAT + 20mV 时, 理想二极管模式被禁用。图 9 显示了 DPM 和电池补充模式的操作概况。

当 VIN 不可用时, AW32012 工作在电池放电模式。在放电模式下, Q2 完全开启以减少功率损失。

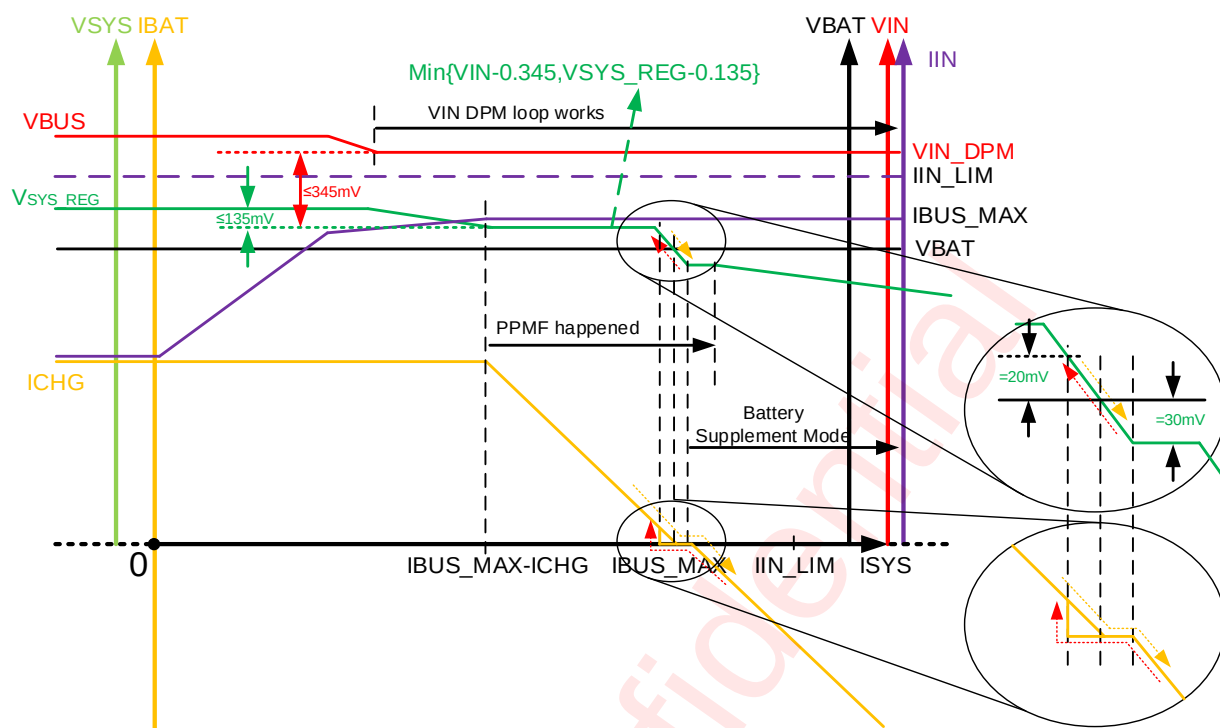


图 9 DPM 和电池补电功能(插入不良适配器)

注: I_{BUS_MAX} 为输入源的最大输出电流。

电池充电概述

AW32012有三个主要的充电阶段: 预充电、快速恒流充电(CC)和快速恒压充电(CV):

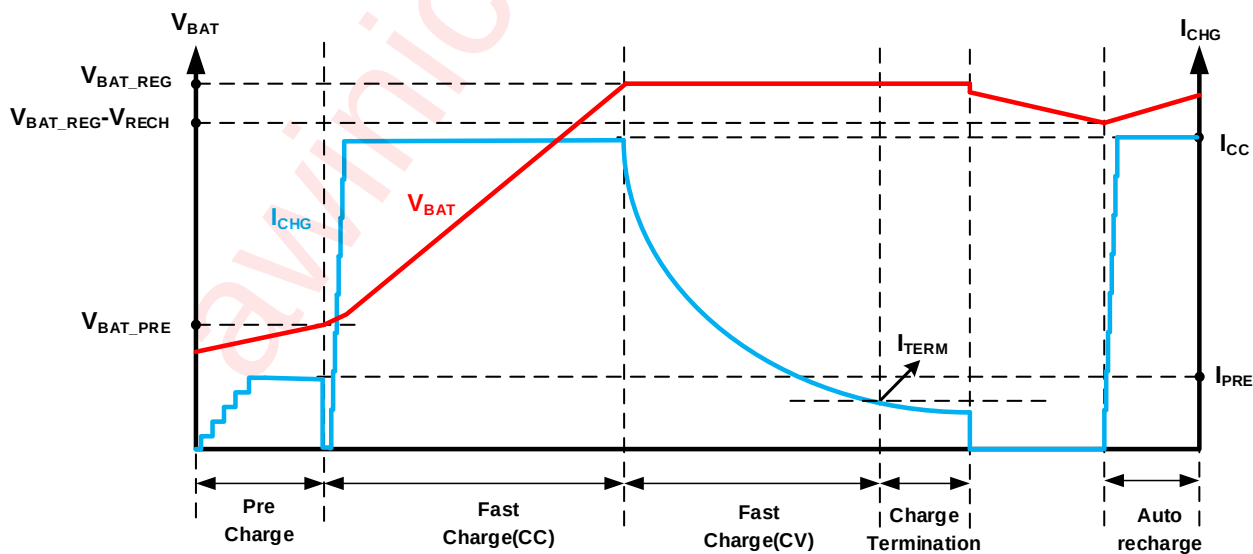


图 10 电池充电流程

- 预充电: 在预充电过程中, 芯片以小电流对深度耗尽的电池进行安全充电, 直到电池电压上升到预充电阈值(V_{BAT_PRE}), 此时芯片进入快速充电阶段。如果在预充电定时 (1小时)前 V_{BAT} 没有增加到超过 V_{BAT_PRE} , 则

充电流程停止，并给出相应的超时故障信号。寄存器REG03H[3:0]可设置预充电流。

- 快速恒流充电：当 V_{BAT} 超过 V_{BAT_PRE} 时，AW32012进入快速恒流充电阶段。REG02H[5:0]可以设置快充电流。
- 恒压充电：当 V_{BAT} 上升到通过REG04H[7:2]设定的满电电压(V_{BAT_REG})时，充电模式由CC模式变为CV模式。同时，在恒压充电过程中，充电电流开始逐渐减小。

由于多个环路参与调节，如动态电源管理(DPM)调节(输入电压，输入电流)或热调节，实际充电电流可能小于设定值。

在CV过程中，当充电电流小于截止电流阈值 I_{TERM} 且维持3.2s以上时，充电流程完成，充电状态变为充电完成。寄存器REG03[3:0]可以设置充电截止电流阈值 I_{TERM} 。截止功能可以通过EN_TERM=0 (REG05H[4]=0)禁用。同时，寄存器位TERM_TMR (REG05H[0])能够在满足截止条件时控制充电过程是否继续。截止功能如表2所示。

表2：截止功能选择

EN_TERM	TERM_TMR	满足截止条件后	
		操作	充电状态
0	x	保持CV充电	充电
1	0	充电截止	充电完成
1	1	保持CV充电	充电

注：x=随意

当符合下列任何条件时，开始一个新的充电周期：

- 到达自动充电阈值
- 通过I²C使能电池充电
- 输入电源插拔

且必须符合以下条件：

- 无安全定时器故障
- 无NTC故障
- 不强制关闭BATFET
- 无电池过压保护

自动复充和手动复充

充电流程结束后，系统消耗或电池自放电可能导致电池电压下降。当电池电压低于充电阈值且VIN仍在工作范围内时，自动开始另一个新的充电周期。

当电池电压降至充电阈值以上，且VIN仍在工作范围内时，可按EN_TERM=1→0→1的顺序重新进行充电循环，低电压持续时间应大于1s。

充电阈值(低于 V_{BAT_REG}) V_{RECH} 可以通过REG0DH[3]， REG04H[0]配置为50mV，100mV或200mV(默认)。

电池放电模式

在电池放电模式下，器件具有低静态电流和低导通电阻管 Q2，有助于电池工作更长的时间。一旦放电电流超过过放电电流阈值，过放电保护就会起作用，保证芯片在不同应用场合的安全工作。

在电池放电模式下，器件可工作在 SW_MD(可通过 REG0DH[0]编程)下节省静态电流，静态电流小于 1 μ A。

电池放电功能

当没有输入源，电池连接到芯片上，V_{BAT} 高于 V_{BAT_UVLO} 阈值时，Q2 完全接通。在电池放电模式下，导通电阻为 100m Ω 的 Q2 管可以将传导损失最小化。

电池断连功能

在某些电池不可拆卸的应用中，重置系统电源或断开电池与系统的连接以进行运输模式是很重要的。AW32012 为不同的应用提供了系统复位功能和运输模式功能。

INT 引脚可以在特定条件下切断从电池到系统的通路，手动复位系统。当 INT 的逻辑低电平时间大于 t_{RST_DGL}(可通过 REG01H[7:6]编程)时，电池与系统断开。延时 t_{RST_DUR} (REG01H[5])后，Q2 自动接通，系统重新由电池供电。t_{RST_DUR} 可以通过 REG01H[5]编程。在关断期间，INT 引脚不限制为高或低。请注意，t_{RST_DGL} 计数器是由 INT 的下降沿触发的。

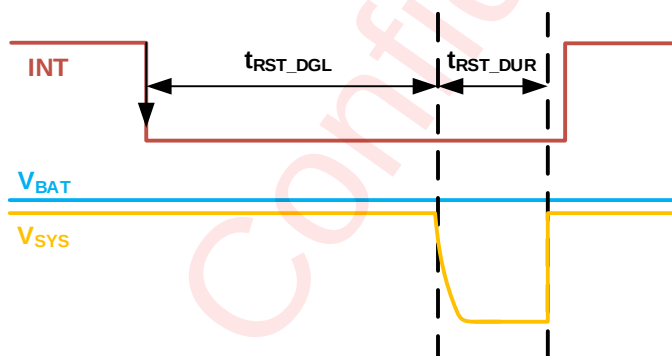


图 11 系统复位功能时序图 1

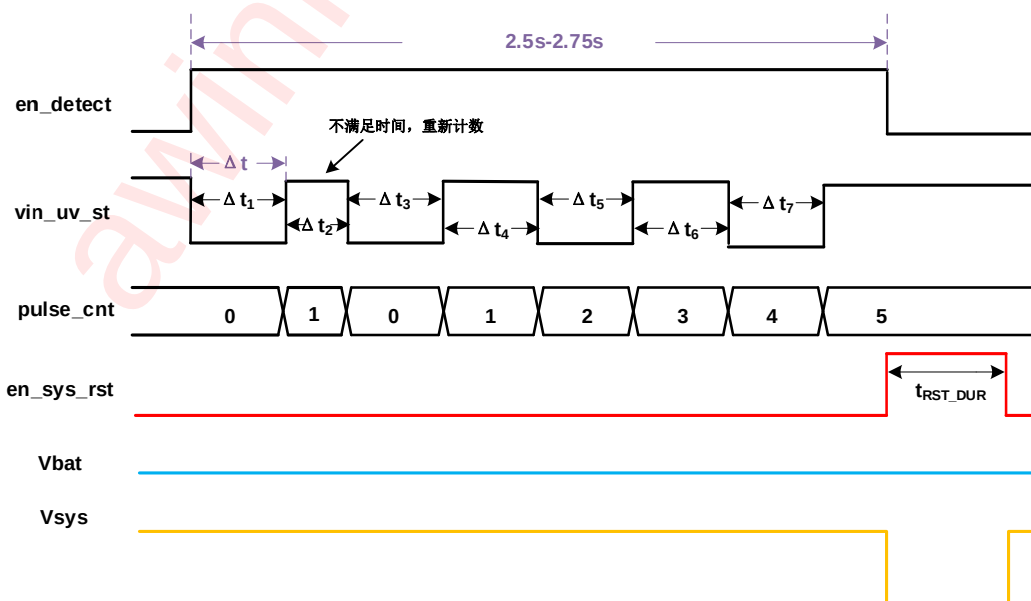


图 12 系统复位功能时序图 2

VIN 引脚也可用于在一定条件下切断从电池到系统的通路，手动复位系统。当 VIN 引脚被拉高和拉低动作满足条件时，电池与系统断开。在一个检测周期内，如果充电器连续检测到 5 个有效高电平和低电平，芯片将发送信号 en_sys_rst 复位系统。有效高低脉冲的时间 Δt 应大于 200ms 小于 400ms，检测周期时间在 2.5s ~ 2.75s 之间。

运输模式

寄存器位 FET_DIS (REG06H[5])也可以用来控制电池断开。如果输入源不在位，设置 FET_DIS=1, AW32012 将在延迟时间(默认为 1s)后进入运输模式。延迟时间可由 EN_SHIPPING_DGL(REG09H[7:6])设置。如果 FET_DIS 写入 1 时输入源存在，则芯片将在输入电压小于 VIN_UVLO 阈值后延时 1s 再切换到运输模式。插入输入适配器或将 INT 引脚下拉 2s/100ms 可以将 AW32012 从运输模式中唤醒并将 FET_DIS 清除为 0。唤醒时间可配置为 EN_SHIPMD_0P1S (REG0BH[0])和 INT100mS (REG0DH[2])。

如果 INT 引脚在进入 Shipping Mode 前短路接地或浮空，则必须将 DIS_SHIPINT (REG0CH[2])写为 1，以避免 Shipping Mode 运行不良。在这种情况下，退出运输模式的唯一方法是插入输入适配器。

表 3: 运输模式控制

FET开启/关闭	进入运输模式	退出运输模式	
	Set FET_DIS to 1	INT H to L for 2s	Vin Plug-In
Q1	x	x	开启
Q2	关闭(1s延时)	开启	On(2s延时)

注：x=随意

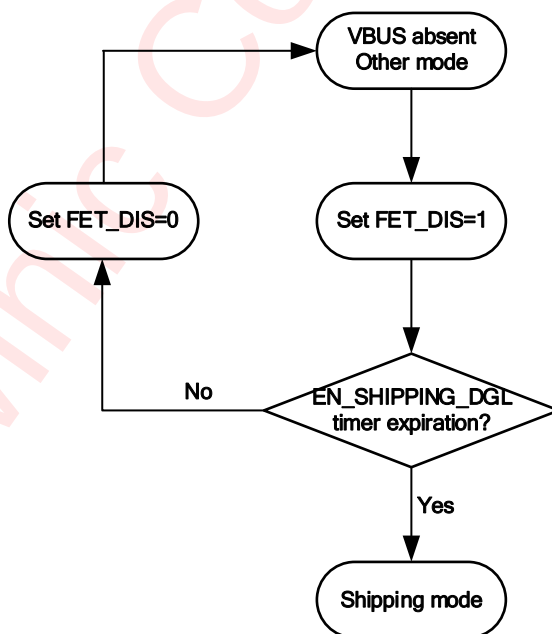


图 13 进入运输模式流程图(VBUS 不在位)

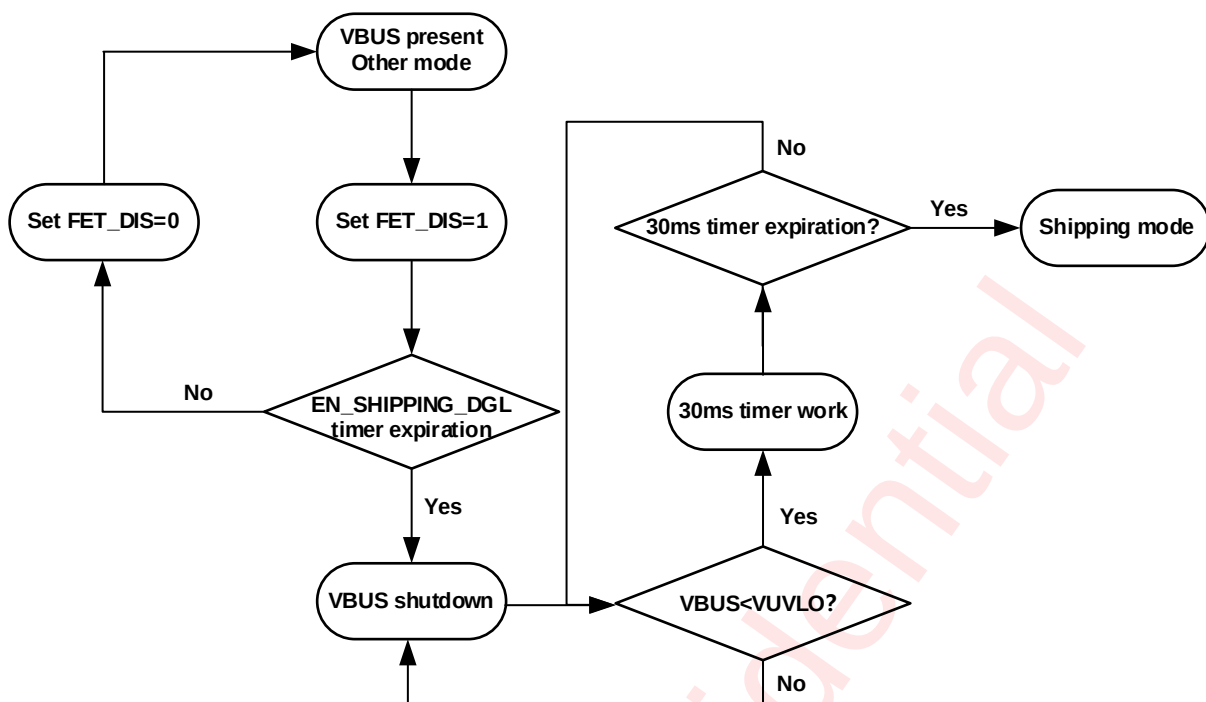


图 14 进入运输模式流程图(VBUS 在位)

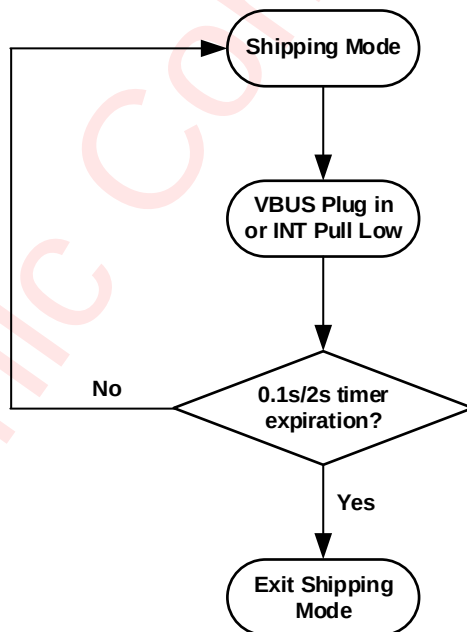


图 15 退出运输模式流程图

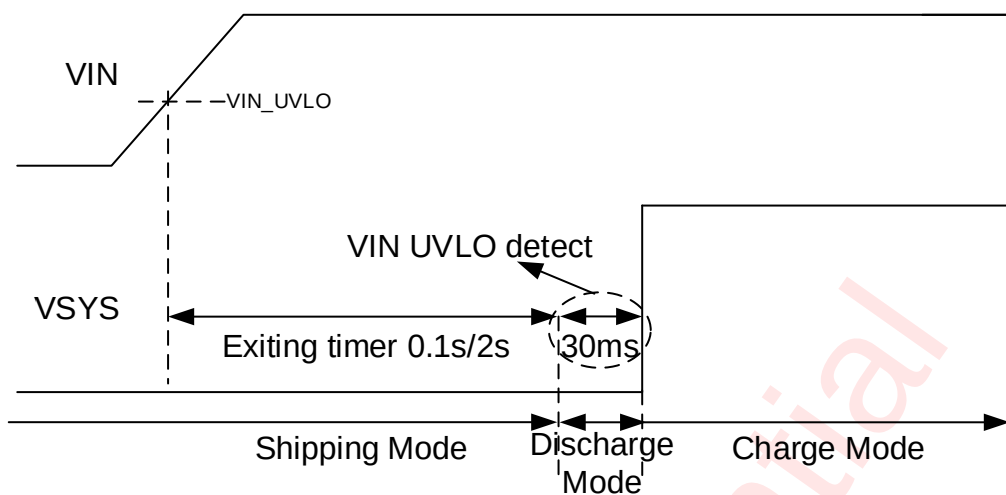


图 16 从运输模式恢复充电模式时序图(VBUS 插入)

保护功能

AW32012 具有输入过压保护、欠压保护、电池过压保护等功能，保护其正常工作。此外，集成了 NTC 功能，防止电池高温危险。表 4 是所有保护功能的总结。

表4：保护功能总结表

状态	工作模式	简要功能描述	中断	动作
VIN GOOD	充电，仅电源系统	V _{IN} 上升到 V _{BAT} +170mV 和 V _{SYS} +75mV 以上，芯片进入 VIN Good，V _{IN} 下降到 V _{BAT} +60mV 或 V _{SYS} - 50mV，退出 VIN Good。进入和退出需要 2ms 来确认。	产生	开启 Q1A 和 Q1B
VIN UVLO	充电，仅电源系统	V _{IN} 下降至 3.6V，设备立即进入 VIN UVLO。V _{IN} 升至 3.9V 以上并保持 30ms，芯片退出 VIN UVLO。	产生	关闭 Q1A 和 Q1B
VIN OVP	充电，仅电源系统	V _{IN} 上升到 6V/7.5V 以上，芯片立即进入 VIN OVP，V _{IN} 下降到 5.65V/7.15V 左右，退出 VIN OVP。确认退出需要 2ms。	产生	100ns 内快速关闭 Q1B
VBAT OVP	充电	当 V _{BAT} 上升到 V _{BAT_REG} +130mV 以上约 128μs 时，芯片进入 VBAT OVP。VBAT 下降至 V _{BAT_REG} +50mV 约 2ms，退出 VBAT OVP。	产生	关闭 Q2
VBAT UVLO	电池放电，仅电源系统	当 V _{BAT} 上升到 V _{BAT_UVLO} +190mV 以上约 31ms(可设置为 128μs)时，设备退出 VBAT UVLO。一旦 V _{BAT} 下降至 V _{BAT_UVLO} 值(可通过寄存器设置)，立即进入 VBAT UVLO。	不产生	关闭 Q2
OTP	充电，仅电源系统，电池放电	当结温超过 150°C 时，芯片会关闭。当结温低于热恢复温度(约 120°C)时，芯片采用软启动时序重新启动。	产生	关闭 Q1B 和 Q2
PCB OTP	充电，仅电源系统，电池放电	如果 PCB_OTP 功能启用，V _{NTC} 下降至 VDD×33%，芯片进入 PCB OTP；一旦 V _{NTC} 上升至 VDD×33%+70mV 持续 31ms，芯片退出 PCB OTP。	产生	关闭 Q1B 和 Q2
NTC HOT	充电	使能 NTC HOT 功能。V _{NTC} 降低至 VDD×33%，芯片判断电池过热，进入 NTC HOT；V _{NTC} 上升至 VDD×33%+70mV 持续 31ms，芯片退出 NTC HOT。	产生	关闭 Q2
NTC COOL	充电	使能 NTC COLD 功能。V _{NTC} 上升至 VDD×64%，芯片判断电池过冷，进入 NTC COLD；V _{NTC} 下降至 VDD×64%-60mV 持续 31ms，芯片退出 NTC COLD。	产生	关闭 Q2
VSYS SCP	充电，仅电源系统，电池放电	当发生以下事件：I _{SYS} >I _{OCP_INSYS} (2A)，I _{SYS} >I _{OCP_BATSYS} (3.7A)，I _{IN_LIM} <I _{SYS} <I _{OCP_INSYS} 持续 60μs，V _{SYS} 启动时 I _{DSCHG} <I _{SYS} <I _{OCP_BATSYS} 持续 60μs 且 V _{SYS} <0.7V，或正常工作时 V _{SYS} <1.5V，设备立即触发 VSYS 短路保护，并在工作在打嗝模式下。芯片关闭 Q1 和 Q2，并在 1ms 后再次启动。	不产生	打嗝模式。关闭 Q1 和 Q2，并在 1ms 后再次启动

VBAT OCP	电池放电, 电池补电	过放电电流保护。一旦 I_{BAT} 超过设置放电电流限制 I_{DSCHG} (2A 默认) $60\mu s$ 。AW32012 进入打嗝模式。此外, 如果放电电流变大并达到内部固定峰值电流限制 (约 3.7A), Q2 立即关断并开始打嗝模式。	不产生	关闭 Q2
Watch Dog fault	充电, 仅电源系统, 电池放电	当看门狗定时器溢出时, Q1 和 Q2 都关闭, 大部分寄存器返回默认值, 并向系统发送看门狗故障中断。	产生	关闭 Q1B 和 Q2。将 CEB 重置为 1
Safety time fault	预充电, 快充	预充超过 1 小时(可配置), 或快速充电超过 5 小时(可配置), 进入安全时间故障。	产生	关闭 Q1B 和 Q2。将 CEB 重置为 1

电池过压保护(VBAT OVP)

AW32012 具有电池过压保护(VBAT OVP)功能(比 VBAT_REG 大约高 130mV)。当电池 OVP 事件发生时, AW32012 将立即停止当前充电流程并上报故障中断。

负温度系数(NTC)温度感应

AW32012 能够使用 NTC 引脚检测电池温度, 通过监测热敏电阻(通常在电池组中提供), 保证电池在安全的环境中运行。

NTC 功能需要从 VDD 到 NTC 到地放置适当阻值的电阻。同时, 从 NTC 引脚并联一个热敏电阻到地。NTC 电压由电阻分压器和热敏电阻决定, 分压器的比例取决于热敏电阻的温度。在 AW32012 中预先确定了 NTC 电压的上下限。

在 AW32012 中, PCB_OTP 功能默认为禁用。I²C 可以修改 NTC 和 PCB_OTP 功能是否使能(见表 5)。

表 5: NTC 功能选择表

I ² C 控制		功能
EN_NTC	DIS_PCB_OTP	
0	x	不使能 (默认)
1	1	NTC(电阻分压)
1	0	PCB_OTP

注: x=随意

选择 PCB_OTP, 且 NTC 电压低于 NTC 高温阈值时, Q2 和 Q1 均关断。设置 NTC_FAULT status (REG09H[1]) 为 1, 显示 PCB_OTP 故障。当 NTC 电压恢复到安全范围后, 芯片操作恢复。

NTC 功能仅在充电模式下工作。一旦温度超出安全工作范围, IC 停止充电状态并在状态位上报告。当温度回到安全范围后, 充电过程自动恢复。

热调节和热关断

芯片持续监测内部结温, 以避免芯片过热, 最大限度地提高功率传输。当内部结温达到预设极限 T_{J_REG} (默认 120°C) 时, 充电电流开始减小, 以防止高功耗带来的风险。该芯片具有从 60°C 到 120°C 之间的多个热调节阈值, 可以在温度要求不高的应用中工作。寄存器 REG07H 位[5:4]可以设置结温热调节阈值。

该芯片有一个内置的温度传感器, 用于监控内部结温。当结温超过 150°C 时, Q1 和 Q2 将关断。当结温低于热恢复温度 (约 120°C) 时, 器件重新开始工作。

系统短路保护(VSYS SCP)

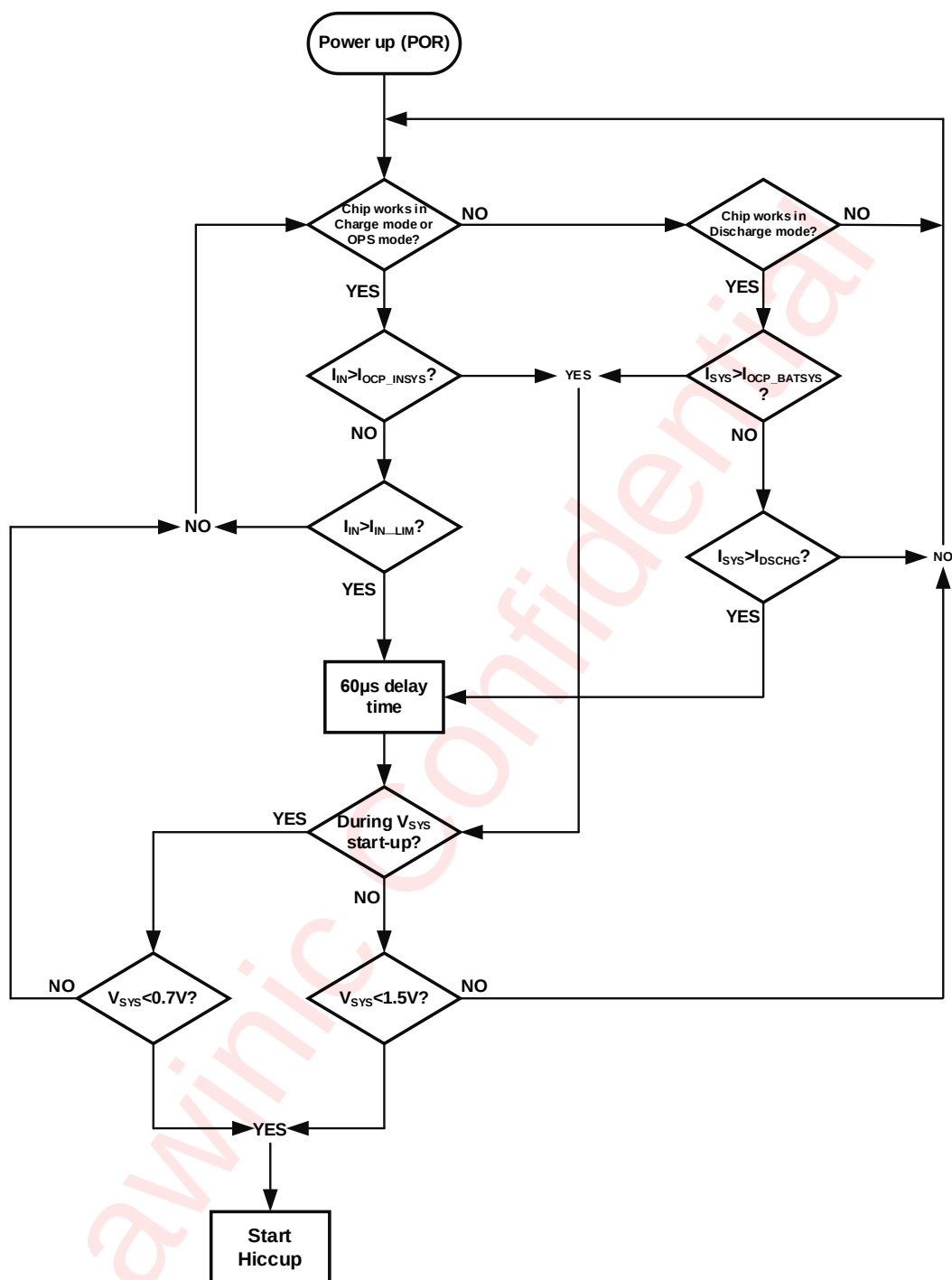


图 17 系统短路保护流程图

AW32012 在 IN 到 SYS 路径和 BAT 到 SYS 路径上都具有短路保护(SCP)功能。芯片内部持续监测系统电压，当 V_{SYS} 小于 1.5V 时，SCP 功能启动， I_{DSCHG} 降为原值的一半。对于 IN 到 SYS 的路径，一旦 I_{IN} 超过 2A 保护阈值 I_{OCP_INSYS} ，Q1 和 Q2 均立即关闭，AW32012 进入打嗝模式。当达到设定输入电流限制 I_{IN_LIM} 时， I_{IN} 会被调节到 I_{IN_LIM} ，芯片延时 60µs 后，启动打嗝模式，打嗝模式间隔为 1ms。对于 BAT 到 SYS 路径，一旦 I_{BAT} 超过 3.7A 保护阈值 I_{OCP_BATSYS} ，Q1 和 Q2 均立即关闭，AW32012 进入打嗝模式。当达到电池放电限流阈值 I_{DSCHG} 时，芯片延时 60µs 后启动打嗝模式，打嗝模式间隔为 1ms。

特别的，当输入端和电池端同时发生系统短路时，两路保护机制同时起作用，此时较快的路径控制芯片进行打嗝操作。

过放电电流保护

在电池放电模式和补电模式下，AW32012设计有过放电电流保护功能。一旦 I_{BAT} 超过电池放电电流阈值(默认为2A)，Q2将在60 μ s延迟后断开。同时，作为过流保护(OCP)的一部分，AW32012进入打嗝模式。放电电流可以通过I²C设置到最大3.2A。此外，如果放电电流变大并达到内部固定峰值电流限制(约3.7A)，Q2关断并立即开始打嗝模式。

安全定时器

针对电池异常情况，AW32012设计了预充和快充安全定时器，防止充电时间过长。预充安全定时器为1小时，快充安全定时器可通过I²C设置。一旦电池进入快速充电模式，快充安全定时器启动。安全定时器可以通过I²C禁用。当芯片工作在VIN DPM或温度调节状态时，充电电流会减小，此时为了尽可能充满电，可以将寄存器位TMR2X_EN(REG06H[6])设为1，使定时器慢下来，剩余安全时间加倍。VIN DPM或温度调节状态退出，可将TMR2X_EN设为0，定时器恢复正常。

以下操作可以重新启动安全定时器：

- 寄存器位REG05H[3]由0写1 (使能安全定时器)
- 寄存器位REG01H[3]由1写0 (充电使能)
- 寄存器位REG02H[7]由0写1 (寄存器复位)
- 开始一个新的充电流程

主机中断(INT)

AW32012可以通过INT引脚输出一个256 μ s的低状态中断脉冲通知系统。以下所有事件都可以触发INT输出：

- 充电完成
- 检测到有效输入
- 充电状态变化
- UVLO或输入过压保护
- 寄存器REG09H和REG08H的任意故障(看门狗定时器故障，安全定时器故障，温度故障，电池过压保护故障，NTC故障)

当故障发生时，芯片发出INT脉冲并在REG09H中锁存故障状态。AW32012退出故障状态后，主机读到故障寄存器后，将故障位清零。NTC故障位在没有锁存的情况下不断报告当前热敏电阻的情况。在REG06H[4:0]中设置相应的控制位，INT信号可以被屏蔽。当INT信号被屏蔽时，当相应的故障条件发生，INT引脚信号(和寄存器位)将不会触发。在编写软件代码时，屏蔽INT脉冲可以避免由于这些故障事件产生的不必要的中断。

控制模式和默认模式

AW32012是一种主机控制设备芯片，AW32012上电复位后，会以默认模式或看门狗定时器过期状态启动，此时所有寄存器都处于默认设置中。

在OPSM，充电和放电模式下，一旦看门狗定时器溢出，Q1和Q2都关闭，大多数寄存器返回到默认值(参考I²C寄存器映射部分)。Q1和Q2在trst_dur延时后自动重新接通，该时间可通过REG01H[5]设置。也可以通过设置

REG05H[7]=0在放电模式下关闭看门狗定时器。如果看门狗定时器(REG05H[6:5])启动，主机必须在看门狗定时器溢出前定期复位看门狗定时器，将1写入REG02H[6]，使设备保持在控制模式。看门狗定时器溢出后，AW32012恢复默认模式。对AW32012的任何I²C写操作都会将其切换到主机模式。看门狗定时器限制也可以由主机设置或禁用。

在充电和OPSM模式下，看门狗定时器默认启动。放电模式下看门狗定时器默认不启动，此时可通过设置REG05H[7]=1使看门狗定时器开启。REG05H[6:5]设为00时，无论REG05H[7]状态如何，在充电模式和放电模式下看门狗定时器都关闭。当满足以下条件之一时，操作模式可以切换到默认模式：

- 寄存器位REG02H[7]复位
- 电池不在位时刷新输入电源
- 电池不在位时重新插入电池

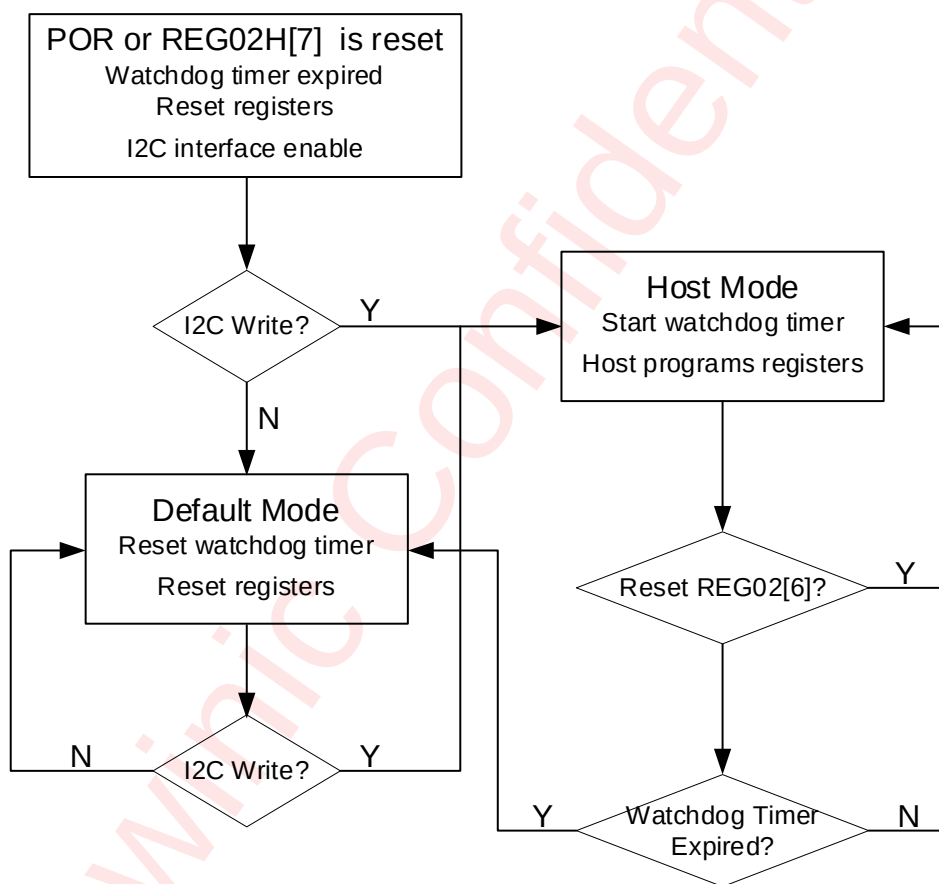


图 18 看门狗定时器流程图

I²C 通用操作

芯片支持 I²C 串行总线和数据传输协议，在 I²C 总线上作为一个从属设备运行。I²C 标准规定的时钟频率最大值为 400kHz。芯片通过开漏 I/O 引脚 SCL 和 SDA 连接到总线，上拉电阻的选择范围为 1k~10kΩ，I²C 时钟频率为 400kHz 时，上拉电阻的典型值为 4.7kΩ。该 I²C 接口支持 1.2V 到 5V 的不同高电平。

设备地址

AW32012 的 7 位从机地址(A7~A1)为 1001001 二进制(0x49H)。在 START 条件之后，I²C 主控发送 7 位芯片地址，后面跟着第八位(A0)读或写位(R/W)。R/W= 0 表示 WRITE，R/W= 1 表示 READ。

表 6：设备地址

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
1	0	0	1	0	0	1	R/W

数据有效性

当 SCL 处于高电位时，SDA 电位必须保持恒定。只有当 SCL 处于低电位时，SDA 才可以改变电位极性。

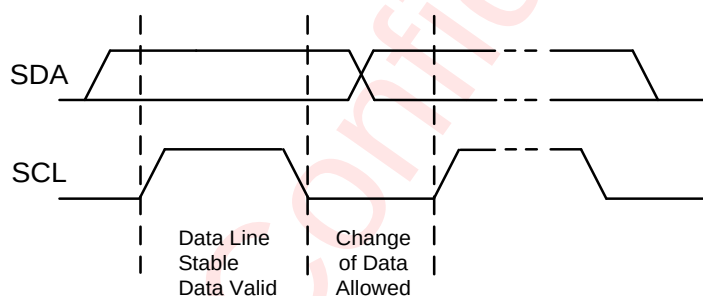


图 19 数据有效性框图

I²C 启动/停止

I²C 启动：当 SCL 为高电平时，SDA 由高电平变为低电平。

I²C 停止：当 SCL 为高电平时，SDA 由低电平变为高电平。

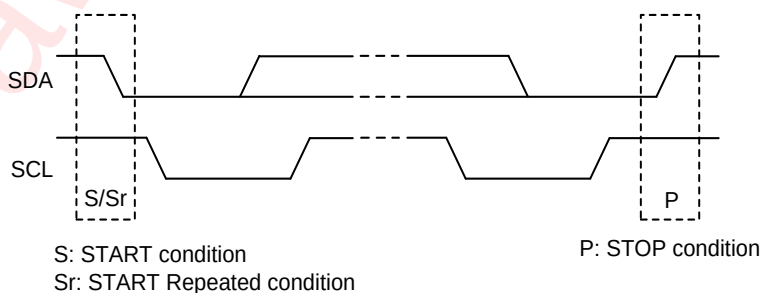


图 20 启动和停止条件

ACK

ACK 表示 I²C 总线数据传输成功。主设备发送 8bit 数据后，必须释放 SDA；当从设备确认时，SDA 被从设备拉到 GND。

当主设备读取时，从设备发送 8 位数据，释放 SDA，等待主设备的 ACK。如果主设备发送 ACK 并且没有发送 I²C 停止信号，从设备发送下一个数据。如果主设备没有发送 ACK，从设备停止发送数据，等待 I²C 停止。

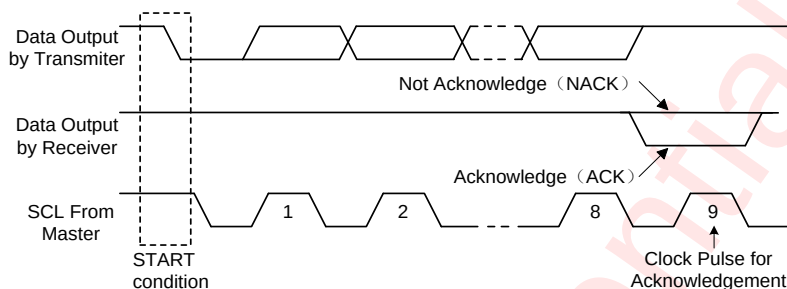


图 21 ACK 时序图

I²C 写操作

芯片在每个时钟脉冲期间传输一个数据位，在串行时钟(SCL)的高电平状态期间对数据进行采样。因此，在整个时钟的高周期，数据应该保持稳定。在 SCL 的高电位状态以及数据交流过程中，SDA 线上的任何更改都会中止当前数据交流。在 SCL 低电位状态时应该发送新数据。该协议允许单个数据线使用同步串行时钟传输命令/控制信息和数据。

每个数据包由开始条件、若干字节传输(由软件设置)和终止传输的停止条件组成。写入 SDA 总线的每个字节必须是 8 位长，并且首先以最高有效位传输。在每个字节之后，必须跟着一个确认信号。

在写操作中，应遵循以下步骤：

- 主设备产生 START 条件。“START”信号是通过在 SCL 信号为高时降低 SDA 信号而产生的
- 主设备发送从地址(7 位)和数据方向位(R/W = 0)
- 如果从地址是正确的，从设备发送确认信号
- 主控发送控制寄存器地址(8 位)
- 从机发送确认信号
- 主机发送要写入寻址寄存器的数据字节
- 从机发送确认信号
- 如果主机将发送更多的数据字节，则在确认信号后控制寄存器地址将增加 1(重复步骤 f 和 g)
- 主控产生 STOP 条件，表示写周期结束

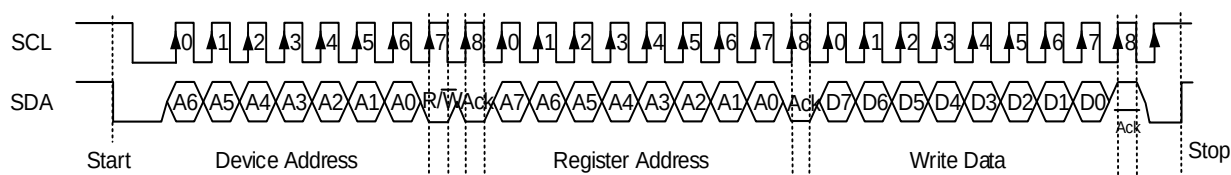


图 22 I²C 写操作时序图

I²C 读操作

在读操作中，应遵循以下步骤：

- 主设备产生 START 条件
- 主设备发送从地址(7 位)和数据方向位(R/W = 0)
- 从设备发送确认信号，如果从地址是正确的
- 主控发送控制寄存器地址(8 位)
- 从机发送确认信号
- 主控产生 STOP 条件，接着是 START 条件或 REPEAT START 条件
- 主设备发送从地址(7 位)和数据方向位(R/W = 1)
- 如果从地址是正确的，从设备发送确认信号
- 从机从地址寄存器发送数据字节
- 如果主设备发送确认信号，从设备将控制寄存器地址增加 1，然后从新的寻址寄存器发送下一个数据
- 如果主设备产生 STOP 条件，则读取周期结束

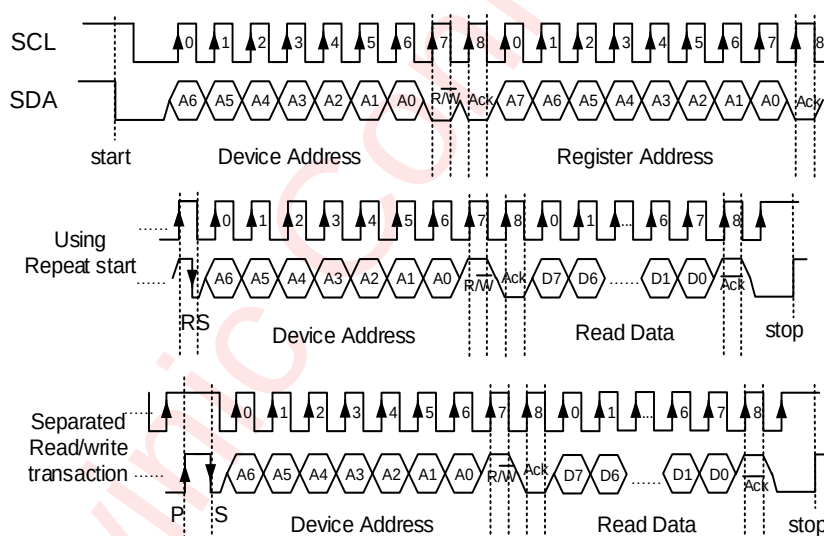


图 23 I²C 读操作时序图

寄存器列表

寄存器总览

R/W =读/写, RC =读清

ADDR	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	
NAME	Input Source Control	Power On Configuration	Charge Current Control	Discharge Current Control	Charge Voltage	
Default	0x8F	0xAC	0x0F	0x91	0XA3	
Bit7	VIN_DPM[3:0]	t _{RST_DGL} [1:0]	REG_RST	IDSchg[3:0]	VBAT_REG[5:0]	
Bit6			WD_TMR_RST			
Bit5		t _{RST_DUR}	IChg[5:0]			ITerm[3:0]
Bit4		EN_HIZ				
Bit3	CEB					
Bit2	VBAT_UVLO[2:0]					
Bit1						
Bit0						

ADDR	0x05	0x06	0x07	0x08
NAME	Charger Termination/Timer Control	Main Control	System Voltage Control	System Status
Default	0x7A	0xC0	0x38	0x60
Bit7	EN_WD_DISCHG	EN_NTC	DIS_PCB_OTP	Watchdog_Fault
Bit6	WATCHDOG[1:0]	TMR2X_EN	DIS_VINLOOP	DEV_ID[1:0]
Bit5		FET_DIS	TJ_REG[1:0]	
Bit4	EN_TERM	PG_INT_CONTROL		VSYS_REG[3:0]
Bit3	EN_STMR	EOC_INT_CONTROL		
Bit2	CHG_TMR[1:0]	CHG STATUS_INT_CONTROL	VINDPM_ST	
Bit1		NTC_INT_CONTROL	PG_STAT	
Bit0	TERM_TMR	BATOVP_INT_CONTROL	THERM_STAT	

ADDR	0x09	0x0A	0x0B	0x0C	0x0D
NAME	Fault	Address	Individual Charge	Additional Function Control	Additional Function Control
Default	0x40	0x49	0x43	0x00	0x00
Bit7	EN_SHIPPING_DGL[1:0]	CHIPID[7:0]	EN_ICHG_DIVD	EN0P55	Reserve[3:0]
Bit6			EN_TREG	ITERMDEG	
Bit5	VIN_FAULT		EN_IPRE_SET	Reserve[1:0]	
Bit4	THEM_SD		IPRE[3:0]		
Bit3	BAT_FAULT			PRE_SFTO	RCH_THCTR
Bit2	STMR_FAULT			DIS_SHIP_INT	INT100ms
Bit1	NTC_FAULT[1:0]			Reserve	EN_ITERM_80MA
Bit0			EN_SHIPMD_0P1S	RSTDLAY	SWITCH_MD

ADDR	0x11	0x4F
NAME	Additional Function Control	Additional Function Control
Default	0x00	0x00
Bit7	Reserve[2:0]	Reserve[4:0]
Bit6		
Bit5		
Bit4		
Bit3	Reserve[3:0]	M_FSM[3:0]
Bit2		
Bit1		
Bit0		

Input Source Control Register

Address: 00H, Reset State: 1000 1111.

BIT Name	W/R	BIT	SFTRST	WTDRST	Function
VIN_DPM	W/R	B7-B4	Y	N	VIN_DPM voltage regulation setting: BIN VIN_DPM (V) 0000 3.88 1000 4.52 (default) 0001 3.96 1001 4.60 0010 4.04 1010 4.68 0011 4.12 1011 4.76 0100 4.20 1100 4.84 0101 4.28 1101 4.92 0110 4.36 1110 5.00 0111 4.44 1111 5.08
IIN_LIM	W/R	B3-B0	Y	N	Input current limit setting: BIN IIN_LIM (mA) 0000 50 1000 290 0001 80 1001 320 0010 110 1010 350 0011 140 1011 380 0100 170 1100 410 0101 200 1101 440 0110 230 1110 470 0111 260 1111 500(default)

Power On Configuration Register

Address: 01H, Reset State: 1010 1100.

BIT Name	W/R	BIT	SFTRST	WTDRST	Function
t_{RST_DGL}	W/R	B7-B6	Y	Y	Pull INT low time period to disconnect the battery: BIN time (s) 00: 8 01: 12 10: 16(default) 11: 20
t_{RST_DUR}	W/R	B5	Y	Y	Q2 lasts off time before auto-on: 0: 2s; 1: 4s (default).
EN_HIZ	W/R	B4	Y	Y	0: disable (default); 1: enable.
CEB	W/R	B3	Y	Y	0: charge enable; 1: charge disable (default).
VBAT_UVLO	W/R	B2-B0	Y	Y	Battery UVLO Threshold: BIN VBAT_UVLO (V) 000 2.43 100 2.76 (default) 001 2.49 101 2.85 010 2.58 110 2.94 011 2.67 111 3.03

Charge Current Control Register

Address: 02H, Reset State:0000 1111

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
REG_RST	W/R	B7	Y	N	0: normal (default); 1: reset.
WD_TMR_RST	W/R	B6	Y	Y	0: normal (default); 1: reset.
ICHG	W/R	B5-B0	Y	Y	Fast charge current setting: BIN ICHG(mA)
					000000 8 100000 264
					000001 16 100001 272
					000010 24 100010 280
					000011 32 100011 288
					000100 40 100100 296
					000101 48 100101 304
					000110 56 100110 312
					000111 64 100111 320
					001000 72 101000 328
					001001 80 101001 336
					001010 88 101010 344
					001011 96 101011 352
					001100 104 101100 360
					001101 112 101101 368
					001110 120 101110 376
					001111 128 (default) 101111 384
					010000 136 110000 392
					010001 144 110001 400
					010010 152 110010 408
					010011 160 110011 416
					010100 168 110100 424
					010101 176 110101 432
					010110 184 110110 440
					010111 192 110111 448
					011000 200 111000 456
					011001 208 setting REG0CH[7]=1 and
					011010 216 REG00H[3:0]=1111, open
					011011 224 111001 464
					011100 232 111010 472
					011101 240 111011 480
					011110 248 111100 488
					011111 256 111101 496
					111110 504
					111111 512

Discharge Current Control Register

Address: 03H, Reset State: 1001 0001.

BITS Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
IDSCHG	W/R	B7-B4	Y	Y	BAT to SYS discharge current limit: BIN IDSCHG(mA) 0000 200 1000 1800 0001 400 1001 2000 (default) 0010 600 1010 2200 0011 800 1011 2400 0100 1000 1100 2600 0101 1200 1101 2800 0110 1400 1110 3000 0111 1600 1111 3200
ITERM	W/R	B3-B0	Y	Y	Termination current. current range: BIN ITERM(mA) 0000 1 1000 17 0001 3 (default) 1001 19 0010 5 1010 21 0011 7 1011 23 0100 9 1100 25 0101 11 1101 27 0110 13 1110 29 0111 15 1111 31

Charge Voltage Register

Address: 04H, Reset State: 1010 0011.

BITS Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
VBAT_REG	W/R	B7-B2	Y	Y	Battery regulation voltage: BIN VBAT_REG(V) 000000 3.600 100000 4.080 000001 3.615 100001 4.095 000010 3.630 100010 4.110 000011 3.645 100011 4.125 000100 3.660 100100 4.140 000101 3.675 100101 4.155 000110 3.690 100110 4.170 000111 3.705 100111 4.185 001000 3.720 101000 4.200(default) 001001 3.735 101001 4.215 001010 3.750 101010 4.230 001011 3.765 101011 4.245 001100 3.780 101100 4.260 001101 3.795 101101 4.275 001110 3.810 101110 4.290 001111 3.825 101111 4.305 010000 3.840 110000 4.320 010001 3.855 110001 4.335 010010 3.870 110010 4.350 010011 3.885 110011 4.365 010100 3.900 110100 4.380 010101 3.915 110101 4.395 010110 3.930 110110 4.410 010111 3.945 110111 4.425 011000 3.960 111000 4.440 011001 3.975 111001 4.455

					011010 3.990 111010 4.470 011011 4.005 111011 4.485 011100 4.020 111100 4.500 011101 4.035 111101 4.515 011110 4.050 111110 4.530 011111 4.065 111111 4.545
VBAT_PRE	W/R	B1	Y	Y	Pre-charge to Fast charge threshold: 0: 2.8V; 1: 3.0V (default).
VRECH	W/R	B0	Y	Y	Battery recharge threshold (below VBAT_REG): 0: 100mV; 1: 200mV (default).

Charger Termination/Timer Control Register

Address: 05H, Reset State:0111 1010.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
EN_WD_DISCHG	W/R	B7	Y	N	Watchdog control in discharge mode: 0: disable (default); 1: enable.
WATCHDOG	W/R	B6-B5	Y	N	Watchdog setting: 00: disable timer 01: 40s 10: 80s 11: 160s (default) If Bit[6:5]=00, then watchdog timer is disable no matter Bit 7 is set or no.
EN_TERM	W/R	B4	Y	Y	Termination Setting (control the termination is allowed or not): 0: disable ; 1: enable (default).
EN_TIMER	W/R	B3	Y	Y	Safety timer Setting: 0: disable; 1: enable (default).
CHG_TMR	W/R	B2-B1	Y	Y	Fast charge timer: 00: 3hrs 01: 5hrs (default); 10: 8hrs 11: 12hrs.
TERM_TMR	W/R	B0	Y	Y	Termination timer Setting (When TERM_TMR is enabled, the device will not suspend the charge current after charge termination): 0: disable (default); 1: enable.

Main Control Register

Address: 06H, Reset State:1100 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
EN_NTC	W/R	B7	Y	Y	0: disable (default) ; 1: enable (default).
TMR2X_EN	W/R	B6	Y	Y	0: disable 2x extended safety timer during PPMF; 1: enable 2x extended safety timer during PPMF (default).
FET_DIS	W/R	B5	Y	N	0: enable (default); 1: turn off.
PG_INT_CONTROL	W/R	B4	Y	Y	0: on (default); 1: off.
EOC_INT_CONTROL	W/R	B3	Y	Y	0: on (default); 1: off. (EOC: End of Charge)

CHG STATUS_INT _CONTROL	W/R	B2	Y	Y	0: on (default); 1: off.
NTC_INT_CO NTROL	W/R	B1	Y	Y	0: on (default); 1: off.
BATOVP_INT _CONTROL	W/R	B0	Y	Y	0: on (default); 1: off.

System Voltage Control Register

Address: 07H, Reset State:0011 1000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
DIS_PCB_OTP	W/R	B7	Y	Y	PCB OTP Disable. 0: enable PCB OTP (default); 1: disable PCB OTP.
DIS_VINLOOP	W/R	B6	Y	Y	VIN_DPM loop. 0: enable VIN_DPM loop (default); 1: disable.
TJ_REG	W/R	B5-B4	Y	Y	Thermal regulation threshold: BIN Temperature(°C) 00 60 01 80 10 100 11 120 (default)
VSYS_REG	W/R	B3-B0	Y	N	System voltage regulation. Range: BIN VSYS_REG(V) 0000 4.20 1000 4.60 (default) 0001 4.25 1001 4.65 0010 4.30 1010 4.70 0011 4.35 1011 4.75 0100 4.40 1100 4.80 0101 4.45 1101 4.85 0110 4.50 1110 4.90 0111 4.55 1111 4.95

System Status Register

Address: 08H, Reset State:0110 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REG RST	WTDRST	Function
Watchdog_ Fault	RC	B7	NA	NA	0: normal (default); 1: watchdog timer expiration.
REV_ID	R	B6-B5	NA	NA	Revision ID 10: 32001 11: 32012 (default);
CHG_STAT	R	B4-B3	NA	NA	00: not charging (default); 01: pre charge; 10: charge; 11: charge done.
VIN_DPM_STA T	R	B2	NA	NA	0: no DPM (default); 1: in DPM.
PG_STAT	R	B1	NA	NA	0: Power fail (default); 1: Power good.
THERM_STAT	R	B0	NA	NA	0: no thermal regulation (default); 1: in thermal regulation.

Fault Register

Address: 09H, Reset State:0100 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
EN_SHIPPING_DGL	W/R	B7-B6	Y	N	Enter shipping mode deglitch time: BIN deglitch time(s) 00: 0.1 01: 1(default); 10: 4 11: 8
VIN_FAULT	RC	B5	NA	NA	0: normal (default); 1: input fault (OVP or bad source).
THEM_SD	RC	B4	NA	NA	0: normal (default); 1: thermal shutdown.
BAT_FAULT	RC	B3	NA	NA	0: normal (default); 1: battery OVP.
STMR_FAULT	RC	B2	NA	NA	0: normal (default); 1: safety timer expiration.
NTC_FAULT[1]	R	B1	NA	NA	0: normal (default); 1: NTC hot.
NTC_FAULT[0]	R	B0	NA	NA	0: normal (default); 1: NTC cold.

Address Register

Address: 0AH, Reset State: 0100 1001.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
CHIP ID	R	B7-B0	N	N	Chip ID used to be identified

Individual Charge Register

Address: 0BH, Reset State:0100 0011.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
EN_ICHG_DIVD	W/R	B7	Y	Y	0: keep the current value of REG02[5:0] configuration. (default). 1: reduce the current value of REG02[3:0] configuration to 1/4;
EN_TREG	W/R	B6	Y	Y	Thermal regulation enable 0: disable 1: enable (default).
EN_IPRE_SET	W/R	B5	Y	Y	0: IPRE is set by REG03[3:0] (default); 1: IPRE is set by REG0B[4:1].
IPRE[3:0]	W/R	B4-B1	Y	Y	1mA~31mA pre-charge current configuration: 2 mA/step, 3mA (default). BIN IPRE(mA) 0000 1 1000 17 0001 3(default) 1001 19 0010 5 1010 21 0011 7 1011 23 0100 9 1100 25 0101 11 1101 27 0110 13 1110 29 0111 15 1111 31
EN_SHIPMD_0 P1S	W/R	B0	Y	Y	VIN Plug: In deglitch time of shipping mode out: 0: 2s; 1: 100ms(default).

Additional Function Control Register0

Address: 0CH, Reset State:0000 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
EN0P55	W/R	B7	Y	Y	Increase input current limit: 0: The input current limit is set by REG00[3:0] (default); 1: If REG00[3:0]=1111,this bit increase the input current limit to 550mA, otherwise, it is useless.
ITERMDEG	W/R	B6	Y	Y	Charge termination current deglitch time: 0: 3s (default); 1: 200ms.
Reserve	NA	B5~B4	NA	NA	NA
PRETO	W/R	B3	Y	Y	0: Pre-charge timeout is 1h (default); 1: Pre-charge timeout is 2h.
DIS_SHIPINT	W/R	B2	Y	N	The function of disabling INT PIN during SHIPPING mode: 0: Normal INT PIN function(Default); 1: Disable INT PIN function during SHIPPING mode.
Reserve	NA	B1	NA	NA	NA
RSTDLAY	W/R	B0	Y	Y	The additional time of Pull INT low to disconnect the battery: 0: 0s (Default); 1: 2s.

Additional Function Control Register1

Address: 0DH, Reset State:0000 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
Reserve	NA	B7~B6	NA	NA	NA
VIN_OVP	W/R	B5	Y	N	VIN OVP threshold voltage 0: 6V (Default); 1: 7.5V.
Reserve	NA	B4	NA	NA	NA
RCH_THCTR	W/R	B3	Y	N	Halve Recharge voltage threshold 0: 100/200mV (Default); 1: 50/100mV.
INT100MS	W/R	B2	Y	N	INT 100ms exit ship mode 0: 2s (Default); 1: 100ms.
EN_80MA_DET	W/R	B1	Y	N	Enable 80mA Charge current detect 0: Disable (Default); 1: Enable.
SWITCH_MD	W/R	B0	Y	N	Enable Switch mode 0: Disable (Default); 1: Enable.

Additional Function Control Register2

Address: 11H, Reset State:0000 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
Reserve	NA	B7~B5	NA	NA	NA
BELOW_80MA_ST	R	B4	NA	NA	Valid when REG0DH[1]=1 0: Charge current is over 80mA (default); 1: Charge current is below 80mA.
Reserve	NA	B3~B0	NA	NA	NA

Additional Function Control Register3

Address: 4FH, Reset State:0000 0000.

BIT Name	W/R	BIT	REGRST	WTDRST	Function
Reserve	NA	B7~B3	NA	NA	NA
M_FSM	R	B2~B0	NA	NA	Main fsm 000: Start(default) 001: Discharge 010: Charge 011: Only Power System 100: Shipping mode

应用信息

NTC 功能

NTC 引脚连接到热敏电阻上，与电阻 R_{F2} 并联到地。另一个电阻 R_{F1} 连接到这是芯片内部电源电压 V_{DD} 上。使用不同的 R_{F1} 和 R_{F2} 可以改变高温阈值和低温阈值。如图 24 所示，芯片外围电阻必须如蓝色部分所示连接。 R_{F1} 和 R_{F2} 的电阻可由式(1)和式(2)计算：

$$R_{F2} = \frac{(V_{COLD} - V_{HOT}) \times R_{NTCH} \times R_{NTCL}}{(V_{HOT} - V_{COLD} \times V_{HOT}) \times R_{NTCL} - (V_{COLD} - V_{COLD} \times V_{HOT}) \times R_{NTCH}} \quad (1)$$

$$R_{F1} = \frac{1 - V_{COLD}}{V_{COLD}} \times (R_{F2} // R_{NTCL}) \quad (2)$$

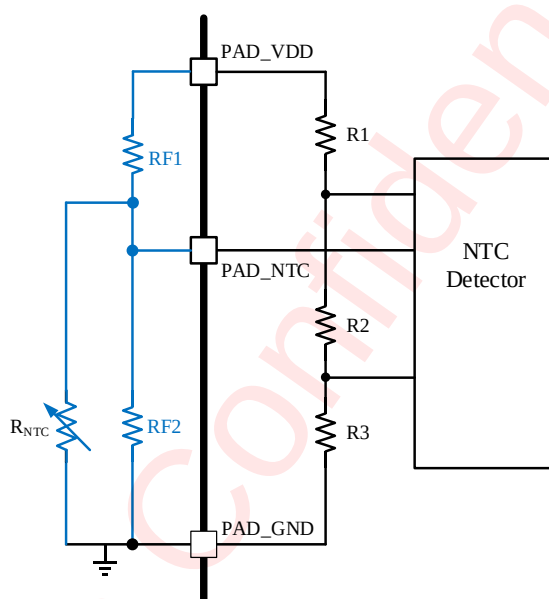


图 24 NTC 功能(电阻分压模式)

其中 R_{NTCH} 为 NTC 电阻在高温阈值温度下的值， R_{NTCL} 为 NTC 电阻在低温阈值温度下的值。

外置电容

AW32012 工作时不能缺少外置电容。选择合适的电容对于保证 AW32012 在空间有限的电路板上正常工作至关重要。

在 IN 和 GND 之间建议使用 $4.7\mu\text{F}$ ，具有高耐压能力(至少 30V)的陶瓷电容。该电容可以抑制输入电源纹波，提高 DPM 回路的稳定性。

在 VDD 和 GND 之间建议使用一个 $1\mu\text{F}$ 的陶瓷电容，以保持内部电源电压高于 POR 阈值。如果没有这个电容，当工作状态改变时，芯片内部逻辑模块可能会工作异常。

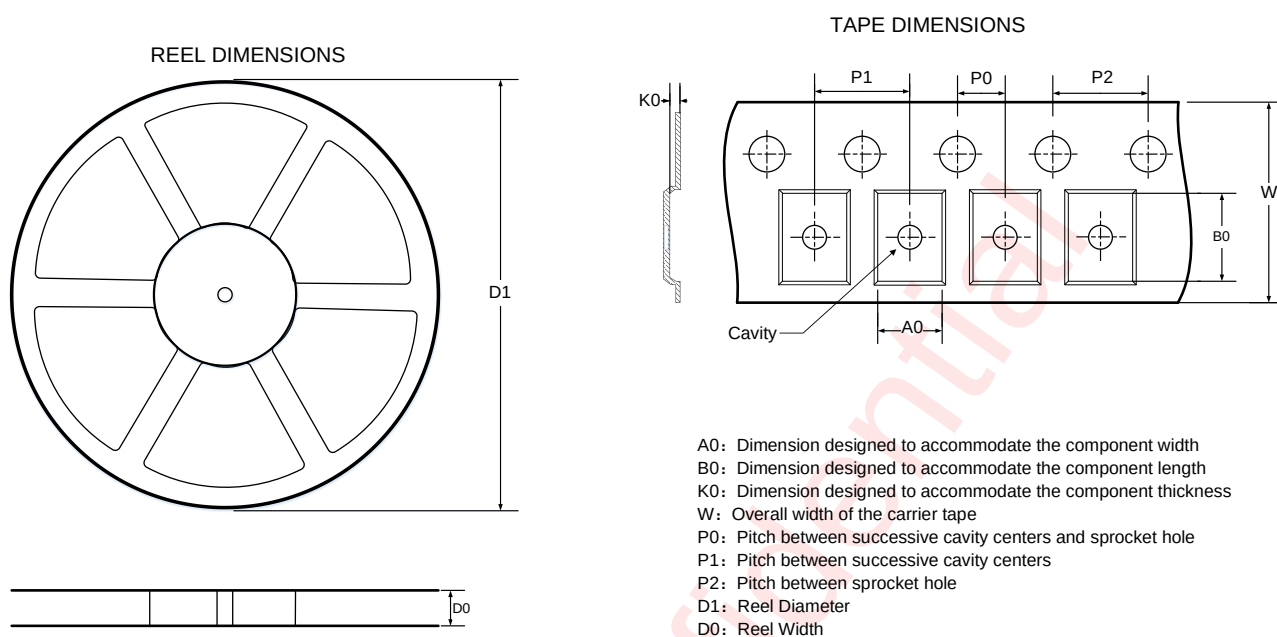
在 SYS 与 GND 之间建议使用最小 $4.7\mu\text{F}$ 的陶瓷电容，以保证系统供电回路的稳定性。更大的电容将进一步减少系统输出的超调和欠调。

在某些应用中，在 BAT 和 GND 之间还需要至少 $4.7\mu\text{F}$ 的陶瓷电容。

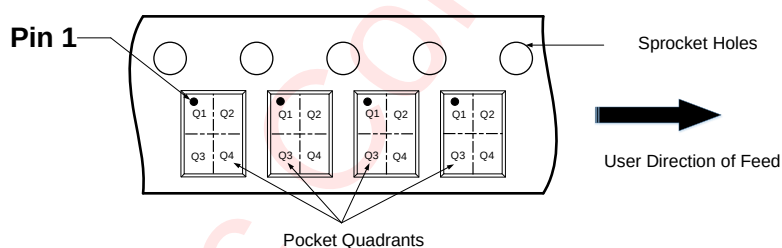
表 7：推荐外置电容

参数	容值	供应商	描述	封装尺寸	有效容值
C _{IN}	4.7μF	任意	陶瓷电容；50V；X5R or X7R	0603	>2μF
C _{VDD}	1μF	任意	陶瓷电容；16V；X5R or X7R	0603	>500nF
C _{SYS}	4.7μF	任意	陶瓷电容；16V；X5R or X7R	0603	>3μF
C _{BAT}	4.7μF	任意	陶瓷电容；16V；X5R or X7R	0603	>3μF

卷带信息



QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



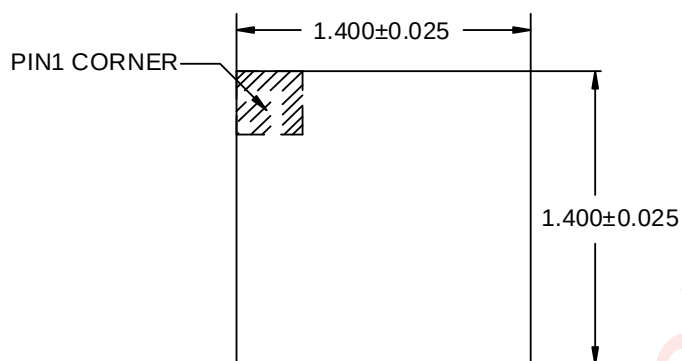
Note: The above picture is for reference only. Please refer to the value in the table below for the actual size

DIMENSIONS AND PIN1 ORIENTATION

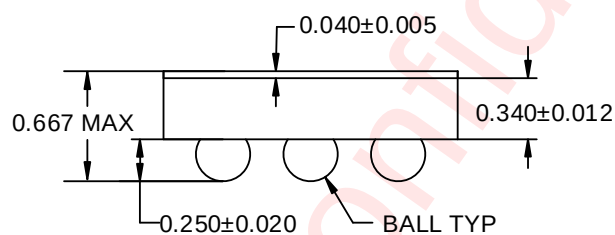
D1 (mm)	D0 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
180	8.6	1.52	1.52	0.78	2	4	4	8	Q1

All dimensions are nominal

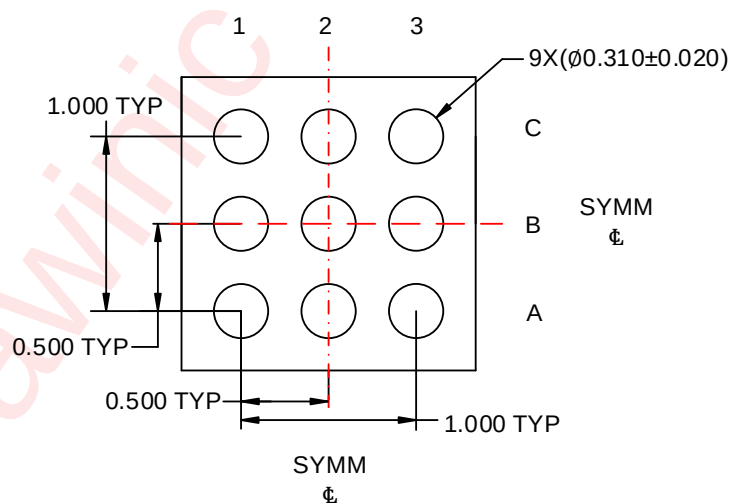
封装信息(POD)



Top View



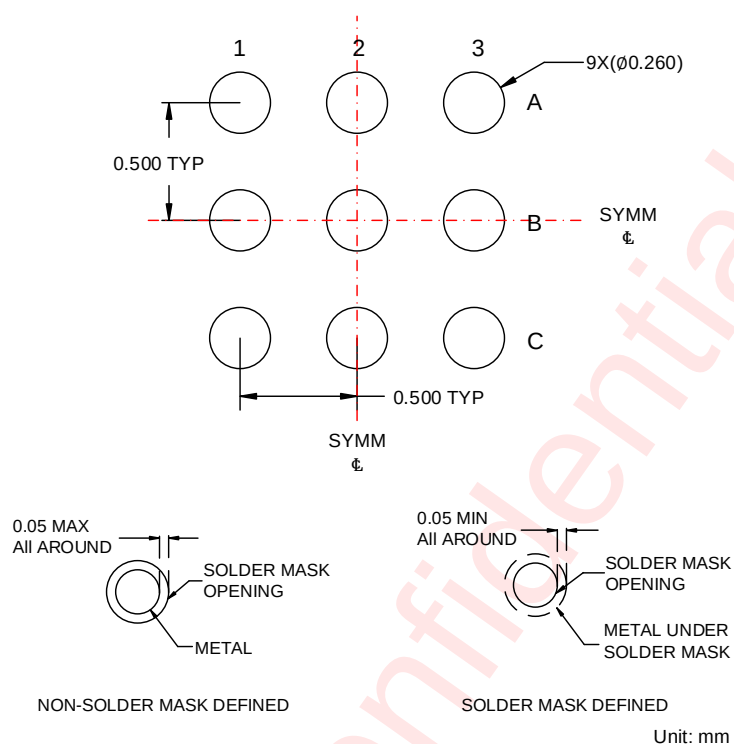
Side View



Bottom View

Unit: mm

焊盘设计参考



版本信息

版本	日期	更新记录
V1.0	2023年4月	官方正式版手册
V1.1	2023年9月	1. 在I_{TERM}的测试条件下将I_{CHG}改为I_{TERM}。(P10) 2. 修改了第27页表格中进入/退出UVLO的阈值电压。 3. 修改了电气特性表中V_{BAT_UVLO}的最大值和最小值。(P7) 4. 修改了电气特性表中V_{HDRM}的最大值。(P7) 5. 修改了电气特性表中V_{RECH}的最大值和最小值。(P7) 6. 修改了电气特性表中V_{BAT_OVP}的典型值。(P8) 7. 将I_{IN_LIM}测试条件从“REG00H[3:0]=1001, I_{IN_LIM}=320mA”更改为“REG00H[3:0]=1000, I_{IN_LIM}=290mA”，修改电气特性表中I_{IN_LMT}的值。 8. 修改电气特性表中R_{ON_Q1}和R_{ON_Q2}的值。(P9) 9. 修改电气特性表中I_{IN_Q}的值。(P9) 10. 修改电气特性表中I_{TERM}的值。(P10) 11. 修改电气特性表中V_{COLD}迟滞电压的值。(P11) 12. 修改电气特性表中V_{HOT}和V_{HOT_PCB}的值。(P11)
V1.2	2023年11月	1. 修改了电气特性表中I_{BAT_Q}的典型值和最大值。 2. 将08H和09H寄存器中的一些bit位读写状态由R改为RC。 3. 将VDD引脚的推荐电容值由0.1μF改为1μF。

免责声明

此文档中包含的信息被认为是准确、可靠的。但是，上海艾为电子技术股份有限公司（以下简称艾为）对这些信息的准确性或完整性均不作任何明示或暗示的陈述或保证，且对这些信息的使用后果不承担任何责任。

艾为保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改本文档中发布的信息，包括但不限于产品资料和规格的权利。客户在下订单前应自行获取最新的相关信息，并验证这些信息是最新且完整的。本文档信息覆盖并取代所有先于此次公布的文档。

艾为的产品没有设计、授权或保证适用于在医疗、军事、飞行器、太空或生命支持设备中使用，或是在可合理地预估艾为产品的故障或失效将导致人身伤害、死亡或严重的财产、环境损害之场合等应用。艾为不接受在上述设备或应用中纳入或使用艾为产品而衍生的任何相关责任，若在此情况下纳入或使用艾为产品，由此而产生的任何风险和责任由客户自身承担。

此文档中对艾为任何产品应用的描述仅用于举例说明，在未经进一步测试和改进的情况下，艾为不对这些应用将会适用于特定用途而作出任何陈述或保证。

所有产品的销售都必须遵守订单确认时艾为提供的商业销售一般条款和条件。

此文档中的任何文字或表述都不能被解释或解读为艾为产品可供承诺的销售要约，也不能被解读为任何专利、版权或其他工业、知识产权等任何许可的授权、转让或暗示。

对于艾为产品技术文档的信息，仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。艾为对篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要遵守额外的限制条件。

在转售艾为产品或服务时，如果对该产品或服务参数的陈述与艾为标明的参数相比存在差异或虚假成分，则艾为就产品或服务所有明示或暗示的授权将失效，且这是不公平的、欺诈性商业行为。艾为对任何此类陈述均不承担任何责任或义务。