

高精度线性锂电池充电器控制电路

特性

- 4.5V~12V 输入电压范围
- 4.2V 单节锂离子或锂聚合物电池充电器的理想控制电路
- 高于 1% 的电压精度
- 恒定电流充电，充电电流可调
- 恒定电压充电过程
- 自动再充电过程
- 双 LED 充电状态指示
- 电池短路指示
- 电源电压低时，处于低功耗的 sleep 模式，电池漏电流极小
- 极少的外围元器件
- 小型化的 SOP8 或 MSOP8 封装

应用

- 手持设备
- 移动电话

功能框图

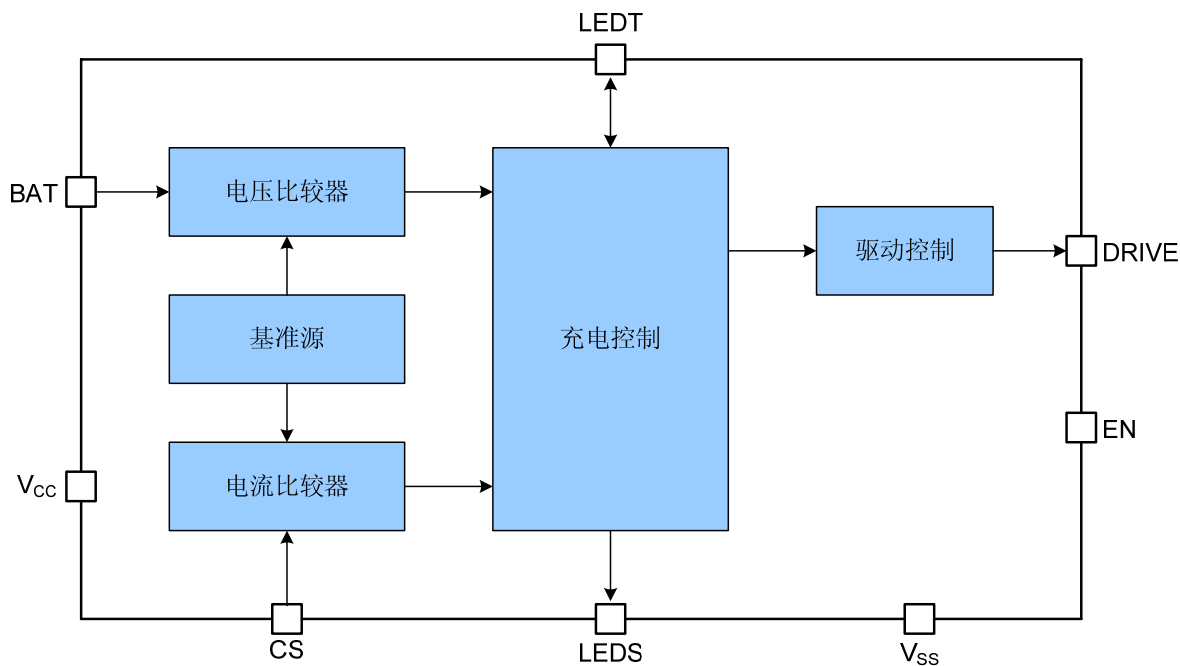


图-1 功能框图

- PDA

概述

VA7208 是一款专门为高精度的线性锂电池充电器设计的控制电路，非常适合那些低成本、便携式的充电器使用。它集高精度预充电、恒定电流充电、恒定电压充电、充电结束低泄漏、充电状态指示等性能于一身，可以广泛地使用于 PDA、移动电话、手持设备等领域。

VA7208 通过检测电池电压来决定其充电状态：预充电、恒流充电、恒压充电。当电池电压小于阈值电压 V_{MIN} 时，处于预充电状态，以较小的电流对电池进行充电。预充电使电池电压达到 V_{MIN} 后，进入恒定电流充电的快速充电状态，充电电流 I_{REG} 可以通过外围电阻 $R1$ 调整，恒定电流充电使电池电压上升到恒定电压充电电压 V_{REG} 。然后进入恒定电压充电状态，充电电压的精度优于 $\pm 1\%$ ，在该状态下，充电电流将逐渐减小，当充电电流小于阈值 I_{TERM} ，充电结束。充电结束后，将始终对电池电压进行监控，当电池电压小于阈值 V_{RECHG} 时，对电池进行再充电，进入下一个充电周期。

VA7208 具有小型的 8 引脚的 SOP 封装或 MSOP 封装。

订购信息

[表-1] 订购信息

型号	输出电压	再充电电压	封装形式	管脚数	丝印	卷带/料管
VA7208MKR	4.2V	4.075V	SOP	8	VA7208MKR	卷带
VA7208MKT	4.2V	4.075V	SOP	8	VA7208MKT	料管
VA7208MNR	4.2V	4.075V	MSOP	8	VA7208MNR	卷带
VA7208MNT	4.2V	4.075V	MSOP	8	VA7208MNT	料管

管脚排列

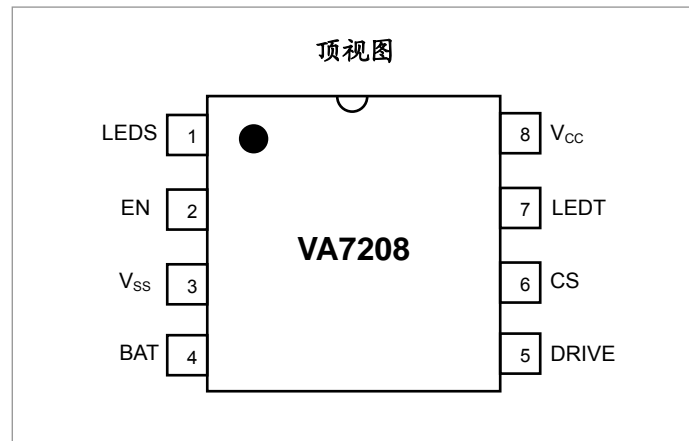


图-2 VA7208 管脚排列（不成比例）

引脚描述

[表-2] 引脚描述

引脚名称	引脚序号	I/O	引脚功能
LE DS	1	O	充电状态指示端 在充电过程中，该引脚被下拉到V _{SS} ；充电结束后，呈高阻态；电池不正常时，输出 50% 占空比的 4Hz 脉冲。该引脚可通过一个电阻与指示发光二极管连接。
EN	2	I	使能输入端 逻辑‘高’有效，电路工作于正常状态；逻辑‘低’使器件进入关断模式。
V _{SS}	3	PWR	接地端 与供电电源和电池的负极相连。
BAT	4	I	电池电压检测输入端 与电池相接，同时，电池两端需用一个 10μF 的电容去耦。
DRIVE	5	O	调整管驱动端 与外部调整管的基极（PNP 晶体管）或栅极（PMOS 管）相连。
CS	6	I	充电电流控制端 调整电源正极与调整管发射极（PNP 晶体管）或源极（PMOS 管）之间的电阻，可设置预充电和恒定电流充电的电流。
LE DT	7	I/O	充电结束指示端 在充电过程中，该引脚呈高阻态。充电结束后，该引脚被下拉到V _{SS} ，可以用来作为充电结束指示。
V _{CC}	8	PWR	电源端 与供电电源的正极连接，该引脚需用一个 10μF 的电容去耦。

极限参数

V _{CC} 、LEDT、EN、LEDS输入电压	.... -0.3V~+18V	功耗 P _D (T _A =25°C)	
CS、DRIVE 输入电压	..... -0.3V~V _{CC} +0.3V	SOP8	..... 150°C/W
BAT 输入电压	..... -0.3V~+7V	MSOP8	..... 130°C/W
工作温度T _A	..... -40°C~+85°C	贮存温度	..... -65°C~150°C
结温	..... 150°C	焊接温度 (锡焊, 10 秒)	..... 260°C



注：超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。以上给出的仅仅是极限范围，在这样的极限条件下工作，器件的技术指标将得不到保证，长期在这种条件下还会影响器件的可靠性。

电气参数

(除非特别说明，典型值的测试条件为：V_{CC} = 5.0V，T_A = 25°C。标注“◆”的工作温度为：-40°C ≤ T_A ≤ 85°C)

[表-3] 电气参数

参数名称	符号	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
供电电源	V _{CC}		◆	4.5		12	V
电源电流	I _{CC}	V _{CC} =5V	◆		1	3	mA
		V _{CC} =12V	◆		2		mA
欠压锁定	V _{UVLO}	V _{CC} 上升, Hysterisis=200mV	◆	3.1	3.3	3.5	V
Sleep 模式电池漏电流	I _{SLEEP}	V _{CC} 悬空, V _{BAT} =4.2V	◆			1	μA
恒定电压充电电压阈值	V _{REG}	V _{CC} =V _{CS} =V _{LEDT}		4.168	4.200	4.232	V
			◆	4.158	4.200	4.242	V
输入电压调整率		V _{CC} =5V~12V			0.05		%
再充电电压阈值	V _{RECHG}			V _{REG} -0.175	V _{REG} -0.125	V _{REG} -0.070	V
恒定电流充电电压阈值	V _{CHG}	CS1 相对于V _{CC} (注 1)	◆	135	150	165	mV
预充电电压阈值	V _{PRECHG}	CS1 相对于V _{CC} (注 1)		10	18	28	mV
充电结束电压阈值	V _{TERM}	CS1 相对于V _{CC} (注 1)		8	15	22	mV
预充电结束电压阈值	V _{MIN}	Hysterisis=100mV		2.94	3.00	3.06	V
EN 高电平	V _{ENH}	V _{CC} =3.0 to 12V		1.3			V
EN 低电平	V _{ENL}	V _{CC} =3.0 to 12V				0.5	V
EN 端漏电流	I _{EN}	V _{EN} =0 to 12V		-1		1	μA
Sleep 模式进入电压阈值	V _{SLEEPENTRY}	V _{CC} -V _{BAT}			50		mV
Sleep 模式退出电压阈值	V _{SLEEPEXIT}	V _{CC} -V _{BAT}			100		mV
Drive 端上拉电阻		V _{BAT} =4.5V			5		KΩ
Drive 端输出高电平		V _{CC} =12V, V _{BAT} =4.5V	◆	11.5			V
Drive 端灌电流		V _{BAT} =3.6V, V _{DRIVE} =1V	◆	30			mA
电池短路指示电压阈值	V _{BSC}			0.4	0.8	1.2	V
LEDS 端输出脉冲频率		V _{BAT} <V _{BSC}		2	4	6	Hz
LEDS 端输出脉冲占空比		V _{BAT} <V _{BSC}			50		%
LEDS 端输入电流		V _{BAT} >V _{RECHG}				1	μA

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
LEDT 端输入电流		$V_{BAT} < V_{RECHG}$			1	μA
LEDS、LEDT 端灌电流		$V_{LEDS} = V_{LEDT} = 0.3V$	10			mA
BAT 端输入电流		$V_{BAT} = 0 \text{ to } 4.5V$		5.0	10	μA
BAT 端外接电容			4.7		47	μF
CS 端输入电流		$V_{BAT} = 0 \text{ to } 4.5V$			1	μA



注：1. 除非特别说明，所有电压值均相对于 V_{SS} 而言。

2. 参见应用线路图-3和图-5。

典型应用电路图

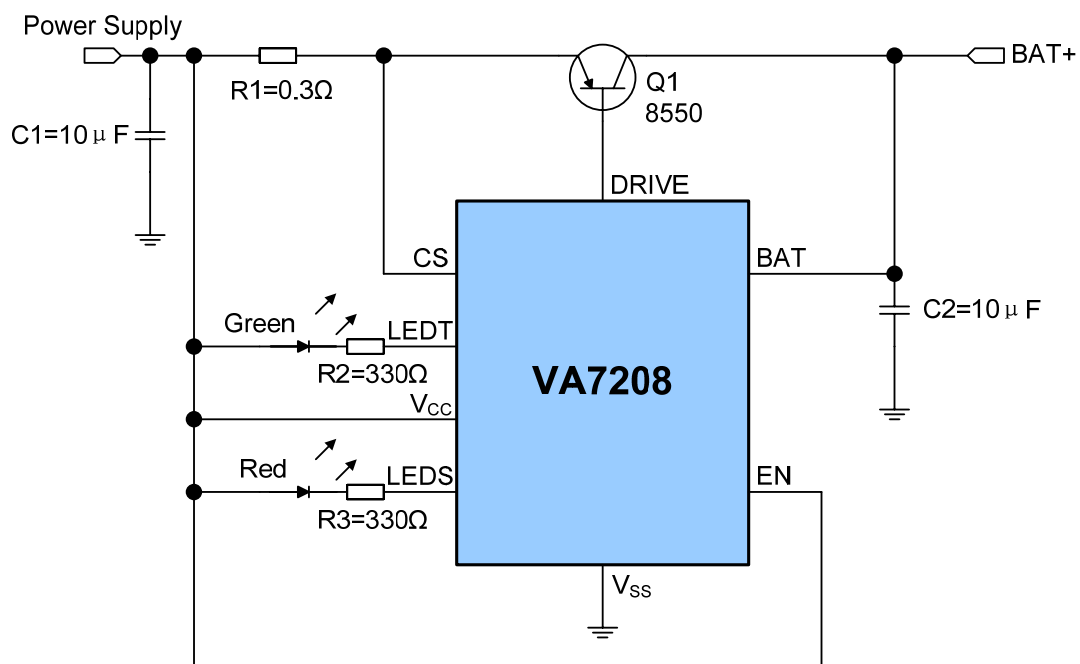


图-3 用 PNP 晶体管作为调整管的应用电路图

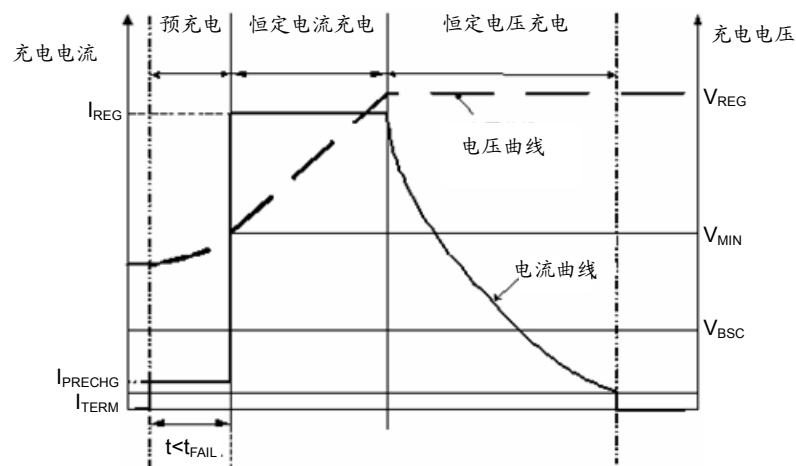


图-4 典型充电曲线

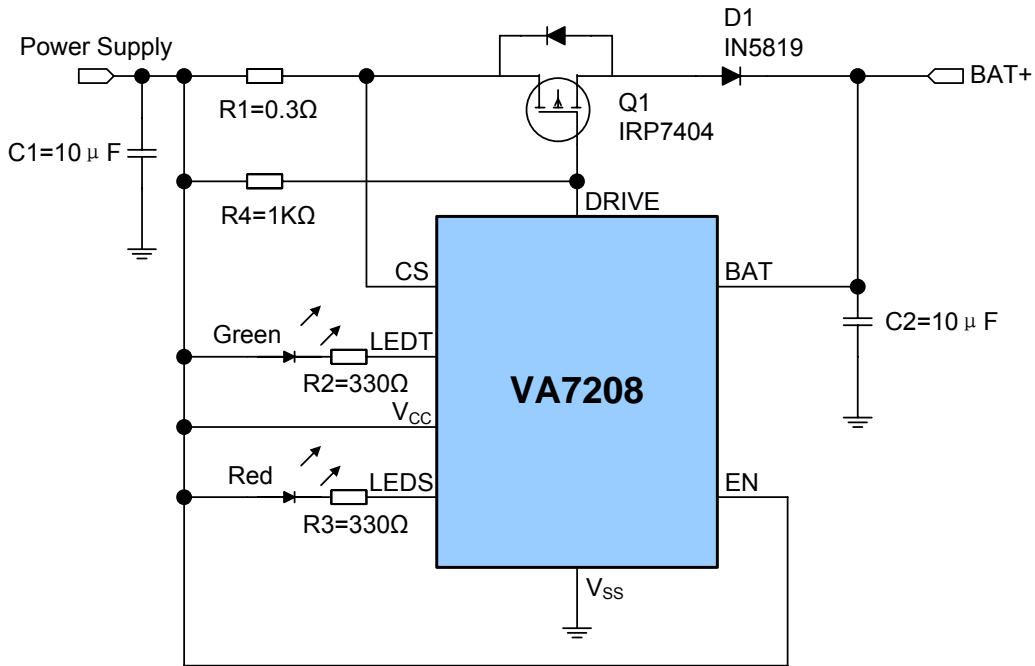


图-5 用 PMOS 管作为调整管的应用电路图

功能描述

检测和预充电

VA7208 检测到如下两种情况之一即开始进入充电周期:

a) 加上适当的电源后 ($V_{CC} > V_{UVLO}$), 插上锂电池 ($V_{BAT} < V_{RECHG}$);

b) 已经插上锂电池 ($V_{BAT} < V_{REG}$), 然后加上适当的电源 ($V_{CC} > V_{UVLO}$);

如果锂电池的初始电压低于预充电电压阈值 V_{MIN} , 则首先进入预充电阶段。预充电的电流由下式来决定:

$$I_{PRECHG} = \frac{V_{PRECHG}}{R_1}$$

I_{PRECHG} 相对于恒定电流充电时的电流来说是比较小的, 这是因为当电池电压 V_{BAT} 较小时, 如果用大电流对其进行充电, 会存在安全上的隐患; 同时, 当电池电压 V_{BAT} 低时, 在外部调整管 Q1 上的压降较大, 减小电流对降低 Q1 的功耗也是非常有利的。



注意: 在情况 a) 中, 如果电池电压 V_{BAT} 大于再充电阈值 V_{RECHG} , VA7208 不会立刻进入充电阶段, 且两个充电指示保持原来的“灭”状态, 它必须等到 $V_{BAT} < V_{RECHG}$ 后, 由于需再充电而进入下一个充电周期; 在情况 b) 中, 只要电池电压 V_{BAT} 小于阈值 V_{REG} , 无论其是否大于 V_{RECHG} , VA7208 都会立刻进入充电阶段, 直至充电结束, 如果电池电压大于阈值 V_{REG} , 则 VA7208 不会进入充电阶段, 且两个充电指示保持“灭”的状态。

恒定电流充电

当电池电压达到 V_{MIN} 时, 电池将进入下一个充电阶段: 恒定电流充电。其充电电流由 $I_{REG} = V_{CHG} / R_1$ 来确定。因此, 通过调整电阻 R_1 即可获得希望得到的充电电流。

恒定电压充电

随着恒定电流充电的进行, 电池电压上升, 当电池达到一定电压 (V_{REG}) 时, 即进入恒定电压充电阶段。在此阶段, 电池电压不再上升, 被恒定在 V_{REG} , 且充电电流逐渐减小。

充电结束

在恒定电压充电阶段, 充电电流逐渐减小, 当电流减小到 $I_{TERM} = V_{TERM} / R_1$ 时, 电池充电结束, 同时, 充电电流降为零。

充电状态指示

VA7208 有两个充电指示端: LEADS 端和 LEDT 端。

LEADS 为充电状态指示, 一般通过红色发光管 Red 连接到 V_{CC} , 在预充电、恒定电流充电、恒定电压充电阶段, LEADS 为低电平, 红灯“亮”; 当电池状态不正常 ($V_{BAT} < V_{BSC}$) 时, LEADS 输出 50% 占空比的 4Hz 脉冲, 红灯“闪烁”; 充电结束后, LEADS 呈高阻态, 红灯“灭”。

LEDT 作为充电结束指示端, 可以通过绿色发光管 Green 连接到 V_{CC} , 在充电过程中, LEDT 呈高阻态, 绿灯“灭”; 充电结束后, LEDT 端为低电平, 绿灯“亮”。

BAT 端为悬空(没有连接电池)时, LEADS 端和 LEDT 端均为高阻态, 红灯和绿灯都“灭”。

SLEEP 模式

当电源电压 V_{CC} 低于电池电压时，VA7208 将进入低功耗的sleep模式，电池有极小的漏电流输出。

再充电

充电结束后，电池电压 V_{BAT} 应等于 V_{REG} ，红灯“灭”，表示处于充电结束阶段；但是，如果电池电压 V_{BAT} 下降到再充电阈值 V_{RECHG} 时，VA7208 会自动进入再充电阶段，开始下一个充电周期，同时，红灯“亮”，绿灯“灭”，表示又重新处于充电阶段。

使能端 (EN) 控制

VA7208 的工作模式可以被EN端控制，当EN端电压高于阈值 V_{ENH} 时，电路处于正常工作模式；当EN端电压低于 V_{ENL} 时，电路处于关断 (Shut-down) 模式，此时电源 V_{CC} 的输入电流和电池BAT的漏电流都将变得极小。

如果实际应用中不需要EN控制功能，则可以将EN端与 V_{CC} 短接，使电路始终工作在正常模式。

各状态之间的转换图

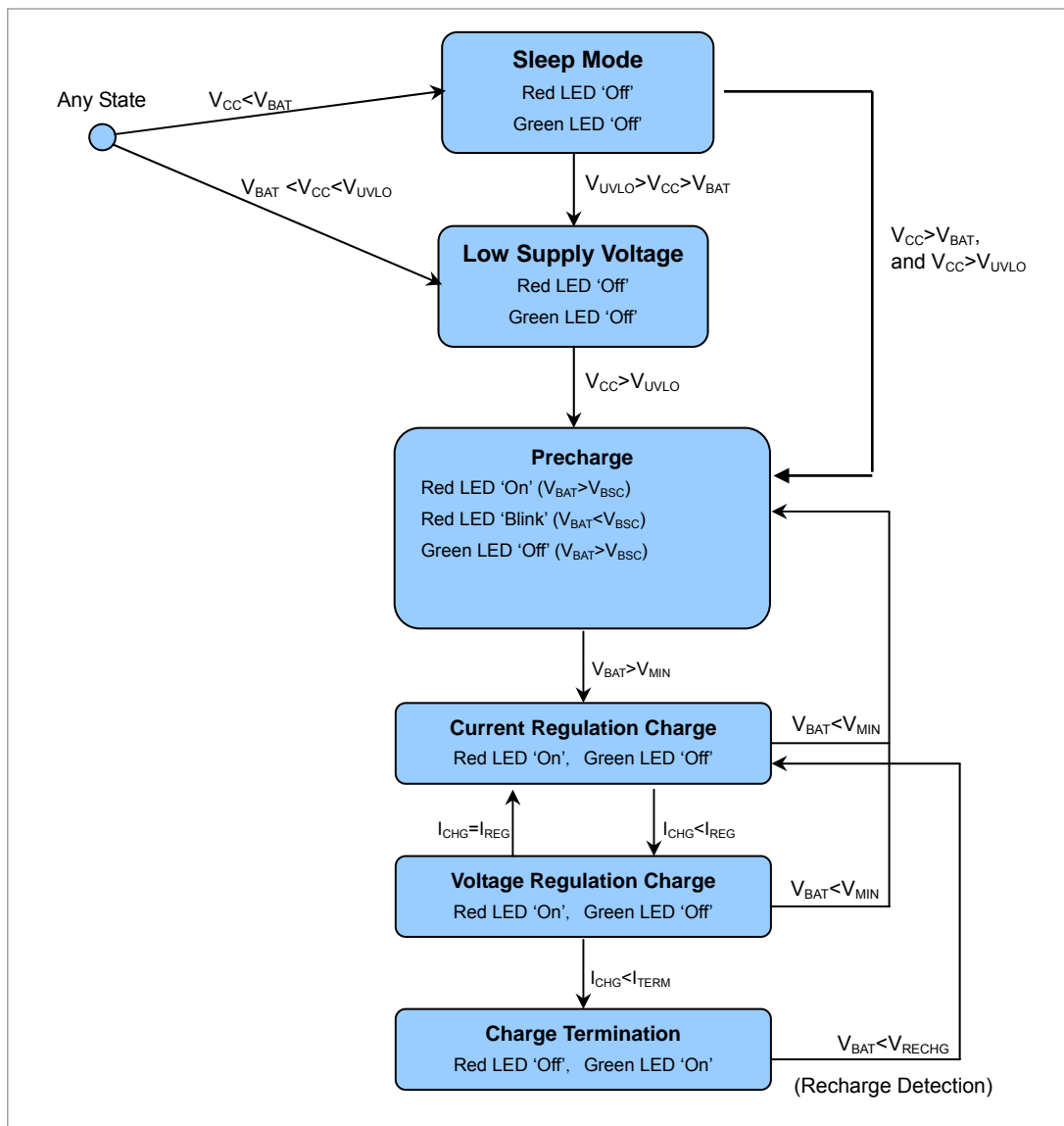


图-6 充电流程图

应用中的几个问题

选择 PNP 晶体管作为调整管

选择PNP晶体管作为调整管，应考虑其最大允许电流 (I_{CM})、最大允许功耗 (P_D)、集电极-发射极击穿电压 (BV_{CEO})、以及电流放大倍数 β 和热阻 θ_{JA} 等因数。下面举例说明各参数的确定方法。

该例中假设不使用阻塞二极管D1，取 V_{CC} 为6V、 R_1 为 0.3Ω ，则恒流充电电流为 $I_{REG}=V_{REG}/R_1=150mV/0.3\Omega=0.5A$ 。

a) 确定 BV_{CEO}

充电刚开始时，晶体管的集电极-发射极承受最大的电压降，此时的 $V_{CE}=V_{CS}-V_{BAT}$ 。刚开始时的 V_{BAT} 很低，甚至低于 V_{BSC} ， V_{CS} 接近电源电压 V_{CC} 。同时，为了保证晶体管的安全，应留有一定的余量。因此，一般要求晶体管的 BV_{CEO} 大于 V_{CC} 。本例中，取 BV_{CEO} 大于 $15V$ 。

b) 确定 P_D

虽然刚开始充电时，晶体管的集电极-发射极承受最大的电压降，但此时晶体管的功耗并不是最大的，因为此时预充电的电流较小。当预充电结束，刚进入恒定电流充电时，晶体管承受最大的功耗。此时集电极-发射极的电压为：

$$V_{CE}=V_{CS}-V_{BAT}=6-0.15-3.0=2.85V;$$

集电极电流为： $I_C=I_{REG}=0.5A$ 。

所以晶体管的功耗 P_D 为：

$$P_D=V_{CE}\times I_C \dots\dots\dots (1)$$
$$=2.85\times 0.5=1.425W$$

c) 确定热阻 θ_{JA}

热阻 θ_{JA} 关系到晶体管所采用的封装形式，选择合适的 θ_{JA} ，以保证晶体管承受最大功耗时，其结温不超过生产厂家的范围。假设环境温度 ($T_A=40^\circ C$) 时，最大结温为 $T_{JMAX}=150^\circ C$ ，则可以计算出晶体管的最大允许热阻 (θ_{JMAX}) 为：

$$\theta_{JMAX}=(T_{JMAX}-T_A)/ P_D \dots\dots\dots (2)$$
$$=(150^\circ C-40^\circ C)/1.425W=77.2^\circ C/W$$

同样，为了晶体管的安全，所选晶体管的 θ_{JA} 应小于 θ_{JMAX} ，并留有约 10%的余量。因此，在本例中，可以选择热阻 θ_{JA} 为 $60^\circ C/W$ 的SOT223 封装的晶体管。

d) 确定最大允许电流 I_C

晶体管流过的最大电流应为恒定电流充电时的电流，并考虑留有 50%的余量，在本设计中，选取：

$$I_C=I_{REG}\times 150\% \dots\dots\dots (3)$$
$$=0.5\times 150\%=0.75A$$

e) 确定电流放大倍数 β

确定 β 值，可以考虑集电极流过电流 (I_{CMAX}) 时，对应的基极电流 (I_B)。本例中， $I_{CMAX}=I_{REG}$ ， I_B 即VM7205

调整管驱动端灌电流，我们取 $I_B=30mA$ ，因此有：

$$\beta=I_{CMAX}/I_B \dots\dots\dots (4)$$
$$=0.5/0.03=17$$

一般的晶体管 β 值都大于 17，因此 VM7205 对晶体管 β 值得要求并不高。

综合以上 a-e，我们即可确定具体的晶体管型号，例如：TO-92 封装的 8850 等晶体管可满足上述要求。

选择 PMOS 管作为调整管

选择PMOS作为调整管，同样应考虑其漏极最大允许电流 (I_D)、最大允许功耗 (P_D)、热阻 (θ_{JA})，另外还应考虑最大漏极-源极电压 (V_{DS}) 以及栅极-源极驱动电压 (V_{GS}) 等因素。下面举例说明各参数的确定方法。

本例假设使用阻塞二极管 D1，取 $V_{CC}=6.5V$ ， $R_1=0.3\Omega$ 。同样恒定电流充电电流： $I_{REG}=0.5A$ 。

a) 确定 V_{DS}

充电刚开始时，PMOS管的源极-漏极承受最大的电压降，此时的 $V_{DS}=V_{CC}-V_{D1}-V_{R1}-V_{BAT}$ 。(其中， V_{D1} 为阻塞二极管D1的正向导通电压，一般为 $0.7V$ ； V_{R1} 为电阻 R_1 的电压降，它也是非常小的)。同样我们要求PMOS管的 V_{DS} 应大于 V_{CC} ，可以取 $V_{DS}>15V$ 。

b) 确定 P_D

同样道理，在 VA7208 刚进入恒定电流充电时，PMOS 管承受最大的功耗，此时源极-漏极的电压为：

$$V_{DS}=V_{CC}-V_{D1}-V_{R1}-V_{BAT}$$
$$=6.5-0.7-0.15-3.0=2.65V;$$

漏极电流 $I_D=I_{REG}=0.5A$

因此，PMOS的功耗 P_D 为：

$$P_D=V_{DS}\times I_D \dots\dots\dots (5)$$
$$=2.65\times 0.5=1.325W$$

c) 确定热阻 θ_{JA}

同样的道理，可以计算出PMOS管的最大允许热阻 θ_{JMAX} 为：

$$\theta_{JMAX}=(T_{JMAX}-T_A)/ P_D$$
$$=(150^\circ C-40^\circ C)/1.325W=83^\circ C/W$$

因此，可以选择热阻 θ_{JA} 为 $70^\circ C/W$ 的TSSOP-8 封装的PMOS管。

d) 确定最大允许电流 I_D

PMOS管所需的最大允许电流与使用PNP晶体管作为调整管时的要求一样： $I_D=0.75A$ 。

e) 确定栅极-源极驱动电压 $V_{GS(th)}$

根据图 5，可以知道 PMOS 管的栅极-源极电压为：

$$V_{GS}=V_{CC}-(V_{R1}+V_{DRIVE})$$

当VA7208的DRIVE端输出低电平 V_{OL} (~ 1.0V)时, PMOS管导通; 同时, 在恒定电流充电时, V_{R1} 最大, 因此有 V_{GS} 的最小值:

$$V_{GSMIN} = V_{CC} - (V_{R1} + V_{OL}) \dots\dots\dots (6)$$
$$= 6.5 - (0.15 + 1.0) = 5.35V$$

只要保证所用的PMOS管的 $V_{GS(th)}$ 小于以上的 V_{GSMIN} 即可。

同样, 综合以上 a-e, 我们即可确定具体的 PMOS管型号。

关于阻塞二极管 D1

阻塞二极管主要是为了防止电源电压 V_{CC} 低于电池电压 V_{BAT} 时, 电池通过调整管河电源内阻反向放电。但是, 在实际使用中, 用户可以根据具体情况来确定是否需要使用D1。

在实际应用中, 一般电源的反向导通电阻是非常大的, 即使 V_{CC} 为零, 电池的放电电流也是极小的。但是, 如果在 V_{CC} 端还接有其它负载, 则阻塞二极管就变成必需的了, 以防止电池通过这个负载放电。

因此, 用户可根据充电器电源的实际应用线路及具体要求来决定阻塞二极管 D1 的取舍。

PCB 布板

在制作PCB过程中, R1 放置在 V_{CC} 和CS端之间, 应使R1 两端的连线要尽量的短。同时, C1 应紧挨着R1, C2 应紧挨着VA7208。应使C1、R1、Q1、C2 和VA7208之间的连线尽量的宽和短。

为了取得最佳的效果, 建议尽量缩小 PCB 版的面积。同时, 这也是充电器小型化的要求, 也有利于生产厂家节约成本。

封装尺寸

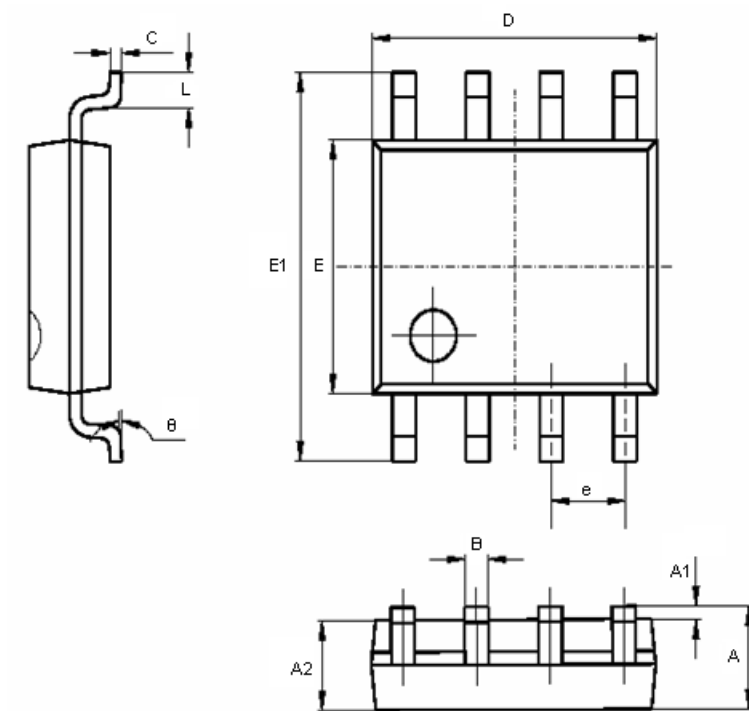


图-7 VA7208 SOP8 外型封装尺寸图

[表-4] 图-7 的尺寸 (单位: 毫米)

符号	最小值	最大值
A	1.350	1.750
A1	0.100	0.250
A2	1.360	1.650
B	0.330	0.510
C	0.190	0.250
D	4.780	5.000
E	3.800	4.000
E1	5.800	6.300
e	1.270 (典型值)	
L	0.400	1.270
θ	0°	8°

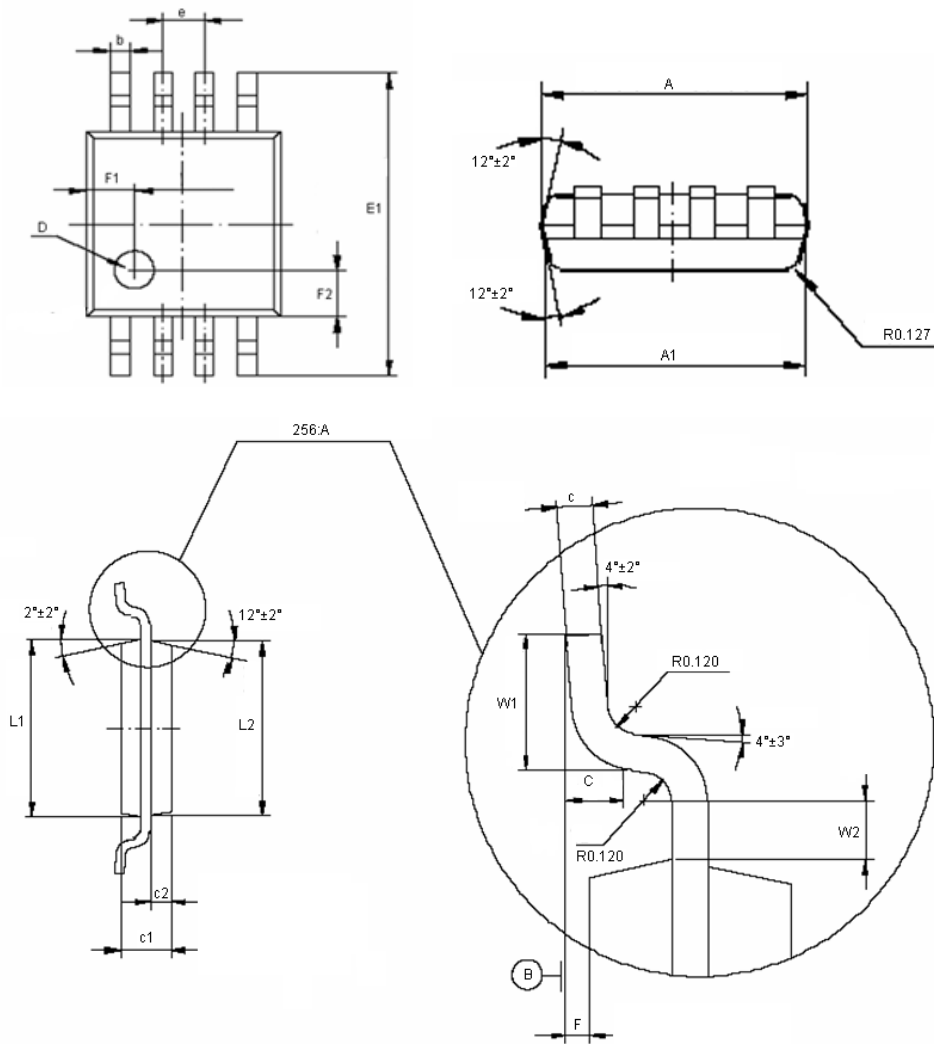


图-8 VA7208 MSOP8 外型封装尺寸图

[表-5] 图-8 的尺寸 (单位: 毫米)

符号	最小值	最大值
A	2.950	3.050
A1	2.890	2.990
b	0.300 (典型值)	
c	0.152 (典型值)	
c1	0.800	0.900
c2	0.324	0.374
C	0.250 (典型值)	
D	Φ0.650	
e	0.650 (典型值)	
E1	4.800	5.000
F	0.050	0.150
F1	0.750 (典型值)	
F2	0.750 (典型值)	
L1	2.950	3.050
L2	2.890	2.990
W1	0.523	0.623
W2	0.200	0.250