

● 新特器件应用

微处理器控制的电池充电 控制器 LTC1325

钱建立 王鸿麟

摘要: LTC1325 是一种高性能充电控制器 IC, 和外部微处理器配合, 外接少量元件即可组成多种功能的完整的充电器, 它采用串行接口和 μP 通信, 在充电前可对电池放电, 充电过程可以对充电量, 电池温度、电池电压、充电时间等参数进行监控, 以达到最佳的充电效果, 延长电池的寿命。

关键词: 充电 电池 控制器 温度 电量

1、概述

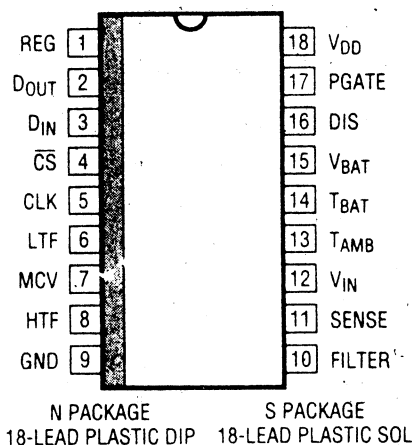
LTC1325 是单片 CMOS 快速充电控制器, 它可以对镍镉、镍氢、铅酸和锂电池进行快速充电控制。该器件含有带 MOSFET 驱动级的可编程的 111kHz PWM 恒流源控制器、10 位 ADC、内部稳压器、充电前放电控制器、可编程电池电压衰减器和串行接口, 工作电压为 4.5V~16V, 使用方便。

LTC1325 有五种工作模式: 电源关断、空闲、放电、充电和电量检测。在电源关断模式下, 该芯片的电流下降到 $30\mu\text{A}$; 在空闲模式下, ADC 的输出精度不受开关噪声的影响。在放电模式下, 外接充电电池通过外接晶体管放电。在充电模式下, LTC1325 对电池电压、电池温度、环境温度和充电时间进行检测, 当达到规定值时, 结束充电状态。LTC1325 还能对充电前和充电过程中发生的故障进行检测; 在电量测量模式下, LTC1325 能计算出充入电池的总电量。

2、管脚功能定义

LTC1325 的封装见图 1, 各管脚的功能如下:

REG (1 脚): 内部稳压器输出。该稳压器



$T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 75^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (N)
 $T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 100^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (S)

图 1 LTC1325 的封装图

为内部模拟电路提供 3.072V 稳定电压, 并为 MCV、HTF 和 LTE 控制提供不受温度影响的基准电压, 还能通过外接电阻为热敏电阻提供偏压, 该脚与地之间应接入 $4.7\mu\text{F}$ 或者容量更大的旁路电容。

D_{OUT} (2 脚): TTL 电平的串行数据输出。 D_{OUT} 和 D_{IN} 接在一起时组成 3 线接口, 两脚不接在一起时形成 4 线接口, 在 CLK (5 脚) 脉冲的下降沿, 传送数据。

D_{IN} (3 脚): TTL 电平的串行数据输入。在 CLK (5 脚) 脉冲的上升沿, 数据锁存入芯片中。

\overline{CS} (4 脚): 片选信号。

CLK (5 脚): 串行接口的时钟。

LTF (6 脚): 电池最低允许温度模拟输入。改变 REG 脚与地之间的分压电阻值, 可以改变 LTF 设定值。

MCV (7 脚): 单体电池最高允许电压模拟输入。改变 REG 脚与地之间的分压电阻值, 可改变 MCV 设定值。

HTF (8 脚): 电池最高允许温度模拟输入。改变 REG 脚与地之间的分压电阻值, 可改变 HTF 设定值。

GND (9 脚): 地线。

FILTER (10 脚): 该脚接外部滤波电容器 C_F 。滤波电容应接在电池两端的内部电阻分压器的引出端, 以减小充电过程中开关噪声对取样电压的影响。在电量检测状态下, C_F 与内部的 R_F ($1k\Omega$) 组成低通滤波器, 以便在取样电阻两端得到平均电压。

SENSE (11 脚): 取样脚。在充电模式下, 取样电压控制 $111kHz$ PWM 恒流源的工作。外接取样电阻 R_{SENSE} 接在取样脚和电池负端。充电回路强制取样脚平均电压和内部可编程基准电压 V_{DAC} 相等。电池的充电电流等于 V_{DAC} / R_{SENSE} 。

在电量检测状态下, 取样电压经 RC 网络 (R_F 和 C_F) 滤波后, 通过内部放大器 (增益为 4) 放大, 然后经过复用选通后至 ADC, 这样即可测出电池的平均放电电流, 因而算出电池剩余的总电量。

V_{IN} (12 脚): 通用 ADC 输入。

T_{AMB} (13 脚): 环境温度输入。如果需要检测环境温度, 在该脚和 REG 脚之间应接入热敏电阻网路, 该脚也可作为其他的通用 ADC 输入。

T_{BAT} (14 脚): 电池温度输入。如果需要取样电池温度, 在该脚和 REG 脚之间应接入 NTC 热敏电阻网路, 如不使用, 该引脚要接至 REG。

V_{BAT} (15 脚): 电池电压输入。内部分压器

接在 V_{BAT} 和 SENSE 脚之间, 把电池组的电压变换成单体电池的电压。分压器可按 $1/1$ 、 $1/2$ 、 $1/3$ …… $1/15$ 、 $1/16$ 来调整。在关断和电量检测状态下, 分压器断开。

DIS (16 脚): 放电控制脚。该脚为高电平时, 外接晶体管导通, 电池通过放电电阻和晶体管放电。

PGATE (17 脚): MOSFET 驱动器输出。该输出信号在地电位到 V_{DD} 之间变化。

V_{DD} (18 脚): 电源正电压, $4.5V < V_{DD} < 16V$ 。

3、工作原理

LTC1325 的内部框图如图 2 所示。

3.1 工作状态

正常工作时, 指令通过串行接口送入该芯片, ADC 对参数进行测量, 产生 10 位读数和芯片状态字, 然后移出芯片至外接微处理器。外部微处理根据返回的 LTC1325 测得的参数和状态, 发出指令使 LTC1325 进入下面五种模式的一种: 电源关断、空闲、放电、充电或电量测量模式。

在电源关断模式下, 给内部模拟电路和外部偏置网路供电的稳压器关断, 模拟部分关断, 电源电流下降到 $30\mu A$ 。同时, 电池两端的分压器断开, 只有给串行接口逻辑电路供电的稳压器导通。

在空闲模式下, 芯片内部电源全部处于工作状态, 但是放电电路、充电电路和电量检测电路关断。在充电过程中, 芯片瞬时进入空闲模式, 可以使 ADC 变换值的精度不受 PWM 电流源开关噪声的影响。当模式指令字节加入 D_{IN} 脚时, 所有状态指令位中断, 充电回路关断。当其余的指令字开始移入时, 应恢复状态指令位。

在放电模式下, 电池通过外接的晶体管和串联电阻放电, 同时 LTC1325 对电池的故障状态进行指监控。

在充电模式下, 微处理器通过 10 位

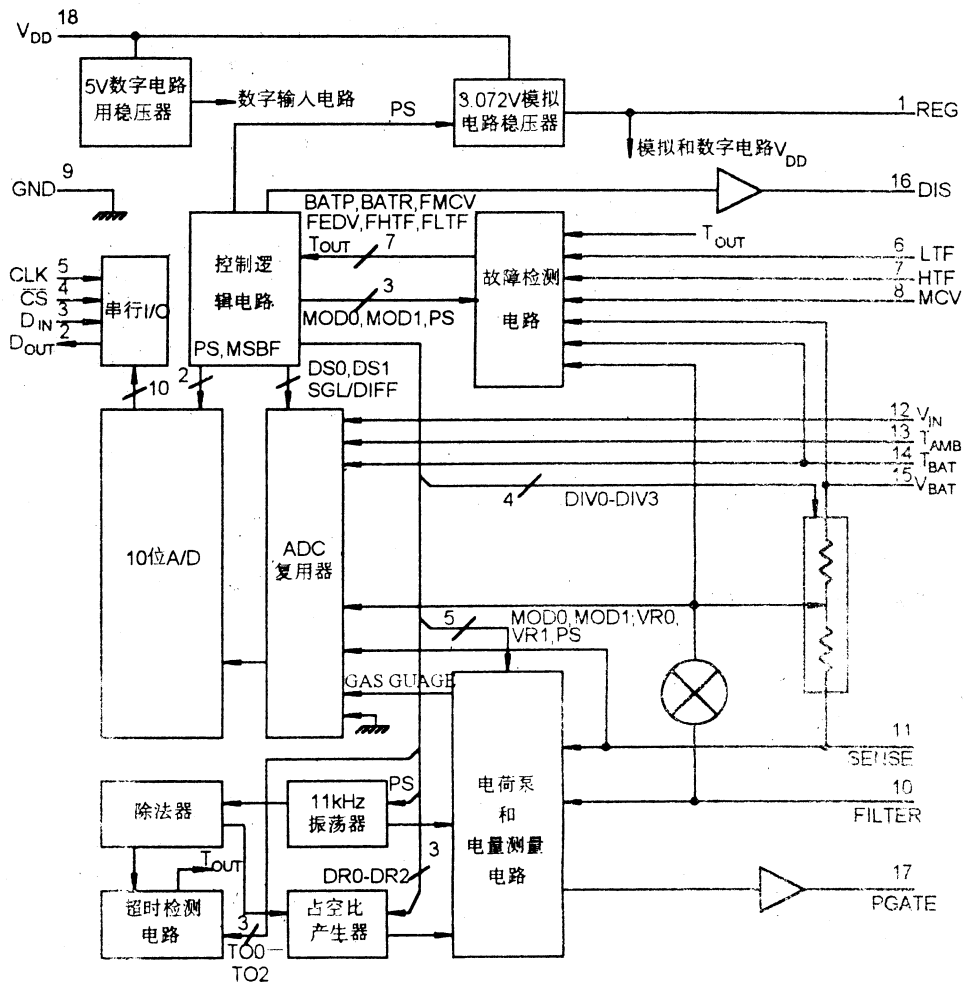


图 2 LTC1325 的内部框图

ADC 监控电池的电压、温度和环境温度。各种充电终止法，比如 $-\Delta V_{BAT}$ 、 $\Delta V_{BAT} / \Delta Time$ 、 ΔT_{BAT} 、 $\Delta T_{BAT} / \Delta Time$ 、 $\Delta (T_{BAT} - T_A)$ 、 T_{MAX} 、 V_{BATmax} 、 t_{max} 都可以由软件精确地实现，LTC1325 同时监控电池的故障状态。

在电量检测模式下，通过测试取样电阻两端的平均电压可以决定平均负载电流。取样电压经 RC 电路滤波，并经过增益为 4 的放大器放大，然后通过 ADC 变换为数字信号，微处理器累积 ADC 测量值并且取时间平均值，从而决定电池剩余的总电量。RC 滤波电路由 $1k\Omega$ 内部电阻 R_F 和接在 FILTER 脚的外接电容 C_F 组成。

3.2 指令字

指令字总长为 22 位，它包括控制 LTC1325 所需的全部信息。电源接通时，所有

各位全部清零，参见图 3。

3.2.1 第 1 位：启动位 (start)

\overline{CS} 变为低电平后，进入 D_{IN} 输入脚的第一个“逻辑 1”就是起始位，从起始位开始数据传输并且在这个逻辑 1 以前的所有逻辑 0，都不予考虑。起始位被接受以后，指令字的剩余位将依次写入。

3.2.2 第 2 和 3 位：模式选择 (MOD0 和 MOD1)

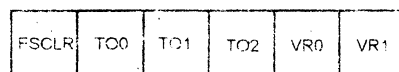
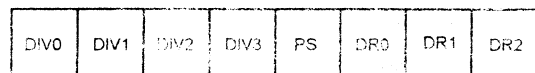
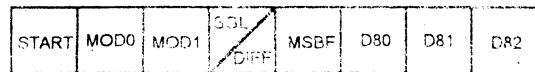


图 3 LTC1325 的指令字

这两个模式位决定芯片将进入以下模式中的一种:空闲、放电、充电或电量检测。

MOD1	MOD0	说明
0	0	空闲
0	1	放电
1	0	充电
1	1	电量检测

3.2.3 第4位:单端、差分变换(SGL/DIFF)

SGL/DIFF 决定 ADC 作对地单端变换,或者对取样脚作差分变换。

SGL/DIFF	说明
0	单端 ADC 变换(对地)
1	差分 ADC 变换(对取样脚)

3.2.4 第5位 MSB-First/LSB-First (MSBF)

利用 MSBF 位可以对 ADC 测得数据读出的顺序是 MSB 在前,还是 LSB 在前,可参考串行 I/O 说明部分。

MSBF	说明
0	LSB-First 数据跟在 MSB-First 数据之后
1	只有 MSF-First 数据

3.2.5 第6~8位 ADC 数据输入选择(DS0~DS2)

DS2、DS1 和 DS0 选择接入 ADC 输入端的信号。

DS1	DS1	DS0	说明
0	0	0	电量检测输出
0	0	1	T _{BAT} 脚
0	1	0	T _{AMB} 脚
0	1	1	单体电池电压 V _{CELL}
1	0	0	V _{IN} 脚

3.2.6 第9~12位: 电池分压比选择(DIV0~DIV3)

DIV3、DIV2、DIV1 和 DIV0 用于选择电池组两端的分压器的分压比。

3.2.7 13位:电源关断(PS)

PS 脚用于选择正常工作模式还是电源关断模式,这样,通过 PS 和 MOD0、MOD1 就可使芯片工作于五种模式中的任何一种。

DIV3	DIV2	DIV1	DIV0	说明
0	0	0	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/1
0	0	0	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/2
0	0	1	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/3
0	0	1	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/4
0	1	0	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/5
0	1	0	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/6
0	1	1	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/7
0	1	1	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/8
1	0	0	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/9
1	0	0	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/10
1	0	1	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/11
1	0	1	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/12
1	0	1	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/13
1	1	0	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/14
1	1	1	0	(V _{BAT} - V _{SENSE})/15
1	1	1	1	(V _{BAT} - V _{SENSE})/16

PS	说明
0	正常工作状态
1	除数字输入电路外的全部电路关断

3.2.8 14~16位占空比选择(DR0~DR2)

DR2、DR1 和 DR0 用于选择充电回路的占空比。最后三种指令使芯片进入测试状态,用于出厂前产品的测试,设计者不应该使用。

DR2	DR1	DR0	说明
0	0	0	1/16
0	0	1	1/8
0	1	0	1/4
0	1	1	1/2
1	0	0	1
1	0	1	测试状态 1
1	1	0	测试状态 2
1	1	1	测试状态 3

3.2.9 17位:故障保护锁存器清零(FSCLR)

当 FSCLR 为 1 时,内部自动保护定时器清零,并且故障保护锁存器复位。当 \overline{CS} 变为高电平时,FSCLR 自动清零。

3.2.10 18~20位:定时时间选择(TO0~TO2)

TO2、TO1 和 TO0 用于设定故障检测所需的定时时间。接通电源后默认定时时间为 5 分钟。

3.2.10 21 和 22 位: 充电回路基准电压选择 (VR0 和 VR1)

VR1 和 VR0 用于选择充电回路所需的基准电压。充电回路将使取样脚的平均电压等于 V_{DAC} , 平均充电电流为 V_{DAC}/R_{SENSE} 。

3.3 状态字

状态字用于表征测得的各种参数和所处状态。状态字总长为 8 位, 它包含内部故障保护电路的各种状态, 参见图 4。

BATP	BATR	FMCV	FEDV	FHTF	FLTF	TOUT	FS
------	------	------	------	------	------	------	----

图 4 LTC1325 状态字

3.3.1 第 1 位: 电池接入 (BATP)

BATP 位用于指示电池是否接入。当 V_{BAT} 脚的电压比 V_{DD} 低 1.8V 时, 该位置“1”。

3.3.2 第 2 位: 电池反接 (BATR) 或短路

BATR 位用于指示电池是否反接或短路。当电池分压器取出的单体电池的电压 V_{CELL} 低于 100mV 时, 该位置“1”。

3.3.3 第 3 位: 单体电池最高电压 (FMCV)

FMCV 用于指示单体电池的电压 V_{CELL} 是否超过预置的极限值。当单体电池的电压 V_{CELL} 超过 MCV 脚的电压时, 该位置“1”。

3.3.4 第 4 位: 终止放电电压 (FEDV)

FEDV 位用于指示单体电池的电压是否已经低于内部预定的极限值。当电池分压器输出的单体电池电压低于 900mV 时, 该位置“1”。

3.3.5 第 5 位: 高温故障 (FHTF)

FHTF 位用于指示电池温度是否过高。采用负温度系数 (NTC) 热敏电阻检测电池的温度, 并将电池温度的变化转换为 T_{BAT} 脚的电压变化。当 T_{BAT} 脚的电压 V_{BAT} 低于高温故障 HTF 脚的电压 V_{HTF} 时, 该位置“1”。

3.3.6 第 6 位: 低温故障 (FLTF)

FLTF 位用于指示电池温度是否过低。采用负温度函数 (NTC) 热敏电阻检测电池的温度, 并将电池温度的变化转换为 T_{BAT} 脚的电压变化。

当 T_{BAT} 脚的电压 V_{TBAT} 高于 LTF 脚的电压 V_{LTF} 时, 该位置“1”。

3.3.7 第 7 位: 超时 (T_{OUT})

T_{OUT} 位用于指示电池充电时间是否已经超过预置的充电时间。当内部定时器的时间已经超过指令位 TO0、TO1 和 TO2 设定的极限时间时, 该位置“1”。

3.3.8 第 8 位: 发生故障自动保护 (FS)

FS 位用于指示充放电过程中, 某种故障是否已经发生。在放电过程中, 当出现 EDV、LTF、HTF 或 T_{OUT} (达到放电终止电压、温度过低、温度过高或超时) 等情况时, 该位置“1”。在充电过程中, 当出现 MCV、LTF、HTF 或 T_{OUT} (达到最高电压、温度过高、温度过低或超时) 等情况时, 该位置“1”。指令字中的 FSCLR 位可使该位清零。

4、电路分析

4.1 故障状态

在充放电前或充放电过程中, LTC1325 能够监控电池的各种故障状态, 如电池未接 (BATP)、电池反接或短路 (BATR), 充电时电池电压超过单体电池最高电压 (MCV)、放电时电池电压低于单体电池最低电压 (EDV)、超过高温极限 (HTF)、超过低温极限 (LTF) 和超过定时时间 (T_{OUT})。安全保护和故障检测电路如图 5 所示。

当出现任意一种故障状态时, 充放电回路停止工作, 并且故障保护位 (FS) 置“1”。通过安全保护清零位 (FSCLR) 置“1”加入新的指令, LTC1325 才能重新开始工作。8 位状态字能够指示出全部故障状态。

4.2 电源关断模式

指令: MOD1=X MODO=X PS=1

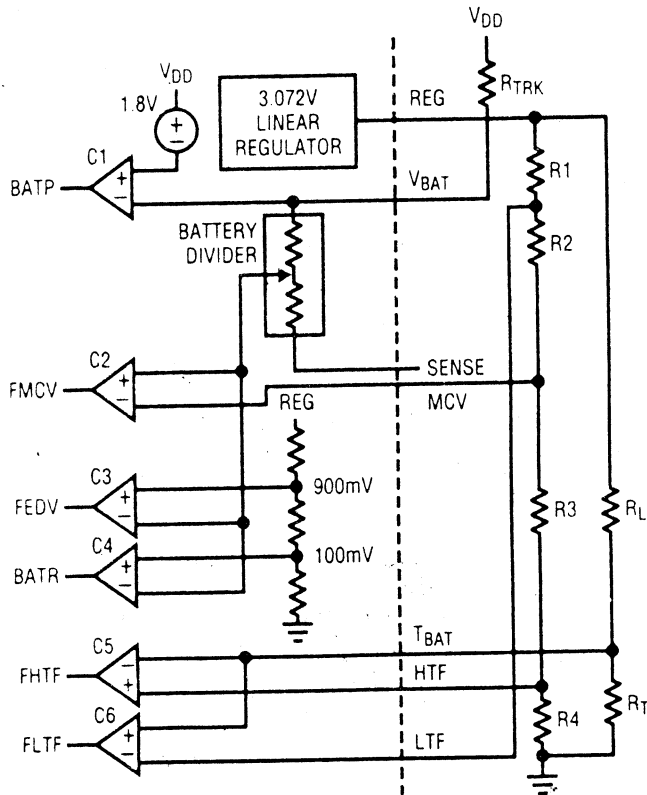


图5 安全保护或故障检测电路

模式: B ATP = X, B ATR = X, F M C V = X, F E D V = X, F H T F = X, F L T F = X, T_{OUT} = X

在电源关断模式下,模拟电路关断,电源电流下降到 30μA。为内部模拟电路和外接偏置网路供电的内部稳压器关断,电池两端的分压器开路,只有给串行接口逻辑电路供电的稳压器工作。

4.3 空闲模式

指令: MOD1=0, MOD0=0, PS=0

状态: B ATP = X, B ATR = X, F M C V = X, F E D V = X, F H T F = X, F L T F = X, T_{OUT} = X

当特定的状态指令位置“1”并且电源关断指令位清“0”后,芯片进入空闲状态。当控制指令位在 D/W 脚 出现时要检出来以便随着剩余指令的输入,充电回路在 ADC 测试完成以前有时间进行调整。

4.4 放电状态

指令: MOD1=0 MOD0=1 PS=0

状态: B ATP = X, B ATR = X, F M C V = X, F E D V = X, F H T F = X, F L T F = X, T_{OUT} = X

当特定的状态指令位置“1”并且电源关断指令位清零后,充电器进入放电状态。如果不发生故障状态,那么内部驱动器使 DIS 脚的电压升高到 V_{DD}。该电压使外接的放电晶体管导通,电池通过与放电晶体管串联的电阻 R_{DIS} 放电,如图 6 所示。

直到有新的指令输入或发生故障时,放电过程才结束。

4.5 充电状态

指令: MOD1=1 MOD0=0 PS=0

状态: B ATP = 1, B ATR = 0, F M C V = 0, F E D V = X, F H T F = 0, F L T F = 0, T_{OUT} = 0

当发出上述指令后,如果不处于故障状态,就开始给电池充电,直到有新指令输入或发生故障状态。

充电电流可以通过 111kHz PWM 斩波式恒流源来调整,也可用 PFET 控制外接恒流源或用限流互感器来调整。

4.6 111kHz PWM 控制器

采用 PWM 斩波式恒流源的充电回路方框图如图 6 所示。PWM 可工作于连续状态,也可工作于间断状态。该回路使取样电阻 R_{SENSE} 两端的平均电压等于 DAC 输出电压 V_{DAC},故充电电流等于 V_{DAC}/R_{SENSE}。

在图 6 中,开关 S₂ 导通其他开关关断时,放大器 A₁ 与 C₁、R₁ 和 R₂ 组成带宽为 16kHz 的积分器,该积分器输出电压是取样电阻两端电压和 DAC 输出电压之差的平均值。

111kHz 振荡器输出电压的上升沿产生一个单触发脉冲,使双稳态触发器输出高电平,然后经过 MOSFET 驱动级使外接的 PMOSFET (P1) 因门极电位变低而导通。此后,流过电感 L1 中的电流也象取样电阻 R_{SENSE} 两端电压那样开始上升。当取样电阻两端电压高于积分器的输出电压时,比较器

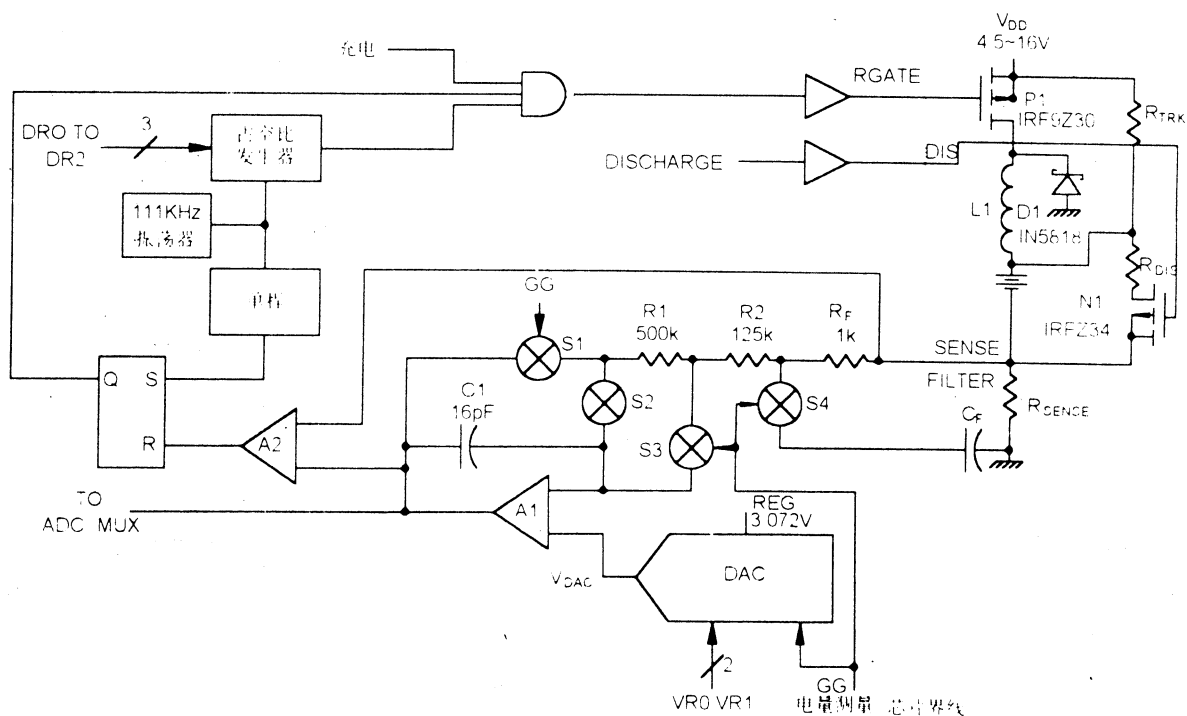


图 6 充放电回路方框图

A₂ 工作状态改变，从而使双稳态触发器复位，外接晶体管 P₁ 关断。当电感中的电流开始下降时，续流二极管 D₁ 导通，晶体管 P₁ 的漏极电位比地电位低一个二极管的压降；取样电阻两端的电压也下降，甚至可能会降到零并维持为零，直到下一个时钟周期开始。

平均充电电流仅由 DAC 输出电压 V_{DAC} 和占空比产生器确定。V_{DAC} 可以设定为 1, 1/3, 1/5 或 1/10 中的任意一个，占空比可设定为 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 或 1。当占空比为 1 时，占空比产生器的输出始终为低电平，充电回路连续工作（参见图 6）。占空比为其他设定值时，占空比产生器输出周期为 42sec 的方波信号，占空比产生器输出低电平的时间随设定的占空比而改变。例如，如果占空比设定为 1/2，那么占空比产生器输出低电平的时间为 1/2 × 42sec 即 21sec。平均充电电流为充电电流幅值的一半。通常，平均充电电流由下式给出：

$$I_{CHRG} = V_{DAC} \times (\text{占空比}) / R_{SENSE}$$

4.7 栅控 PMOSFET 控制器

采用外接恒流源或限流电源适配器时，可以省去电感 L₁ 和续流二极管 D₁。假定 DAC 控制位 VR1=1, VR0=1。并且占空比已选定，只要保证取样脚 (SENSE) 的电压不超过 140mV。积分器 A₁ 就饱和，输出高电平，比较器 A 就不可能翻转，充电回路保持关断。如果用于电量检测，可去掉取样电阻或取样脚接地，这样就能保证 R_{SENSE} I_{CHRG} < 140mV。

4.8 电量检测模式

指令: MOD1=1 MOD0=1 PS=0
 状态: BATP=X, BATR=X, FMCV=X,
 FEDV=X, FHTF=X, FLTF=X,
 T_{OUT}=X

在电量检测状态下，通过测量取样电阻两端的平均电压就可确定电池的平均负载电流。DAC 的输出接地，开关 S₁, S₃ 和 S₄ 闭合，A₁ 接成反相放大器，R₁ 和 R₂ 把该放大器的增益设定为 -4。取样电阻两端的电压经 RC 电路 (R_F, C_F) 滤波和放大器 A 放大，最后经过 ADC 转换成数字信号。

微处理器能够累加 ADC 的测量值并取

时间平均值,以便决定电池剩余的电量。为了保证 A_1 工作于线性放大状态,取样 (SENSE) 脚的电压不能大于 -450mV 。

$R_F C_F$ 电路由内部的 $1\text{k}\Omega$ 电阻和接到滤波器 (Filter) 脚的外部电容组成。 $R_F C_F$ 应当大于测试间隔。串行时钟的频率为 100kHz 时,移入指令字和移出 ADC 测试值和状态字需要 $380\mu\text{s}$ 。

4.9 涓流充电电阻 R_{TRK}

外接的涓流充电电阻有以下几种功能:首先,它能够提供连续涓流充电电流以补足电池因自放电而损失的电量;第二,它能够使深放电的电池在充电前达到要求的充电状态。采用 LTC1325 充电控制器时,当单体电池的电压低于 100mV (B_{ATR}) 时,为了保证电池的寿命不受影响,不能对电池快速充电,要先经过涓流充电使电池的电压达到一定数值。第三,当不接电池时,该电阻可将 V_{BAT} 脚的电压升高,以满足电池检测电路的要求。

4.10 串行接口

LTC1325 可通过同步、半双工、4 线串行接口与微处理器及其他外部电路通信。在发送和接收过程中,时钟要与数据传送同步,每一位数据都是在时钟下降沿开始发送,在时钟上升沿接收。LTC1325 首先接收输入数据,然后发送回 A/D 变换结果和状态字(半双工)。由于采用半双工工作, D_{IN} 和 D_{OUT} 可以接在一起,允许发送三线信号:CS、CLK 和 DATA ($D_{\text{IN}}/D_{\text{OUT}}$)

在片选信号 $\overline{\text{CS}}$ 的下降沿后,开始数据传输。 $\overline{\text{CS}}$ 下降沿过后,LTC1325 在 D_{IN} 脚寻找起始位。起始位是在 $\overline{\text{CS}}$ 变为低电平后,输入 D_{IN} 脚的第一个逻辑“1”信号。LTC1325 对逻辑“1”以前的所有 0 信号不加理会。起始位接收以后,22 位的输入指令字节移入 D_{IN} 输入脚,设置 LTC1325 的工作状态,一个空位以后, D_{OUT} 脚输出测得的 8 个状态位和数据。在数据交换结束时, $\overline{\text{CS}}$ 脚应当升到高电平。

4.11 MSBF 控制位

利用 MSBF 控制位,LTC1325 的输出数据格式可设定为 MSB 先出或 LSB 先出的格式。当 $\text{MSBF}=1$ 时,数据将按 MSB 先出的格式出现在 D_{OUT} 脚,该部分数据跟在 8 个状态位后。为了适应某些微处理器更长字长的要求,后面不确定的数据位应用“0”填满;当 $\text{MSBF}=0$ 时,LSB 先出数据将跟随在 MSB 先出的状态字后。不管 MSBF 的状态如何,状态字总是以同样的次序移出(参见图 4)

4.12 能适应不同字长的微处理器

为适应不同字长的微处理器,LTC1325 在发送数据时,后面不确定的数据位用逻辑 0 填满,此时 D_{OUT} 不起作用(处于三态),这样就便于与不同的 MPU (例如 COP400、SP1 和 MICROWIRE/PLUS) 串行端口相连。通过修正输入字中起始位的位置,LTC1325 可以适应任何字长的 MPU。

4.13 D_{IN} 和 D_{OUT} 接在一起时的工作

当 D_{IN} 和 D_{OUT} 接在一起时,LTC1325 也能正常工作,这样可以省去一条与微处理器的通信线,数据在一条线上半双工传输。与这条数据线相连的微处理器的管脚,应该既是输入脚也是输出脚。LTC1325 在接收起动位 23 个 CLK (时钟) 脉冲下降沿后,LTC1325 使数据总线上的数据位变为低电平。为了避免冲突,数据位变为低电平前,微处理器的端口必须转换到输入状态。

4.14 关断后重新接通电源

当 PS 位设置为 1 的控制字写入 LTC1325 后,LTC1325 进入电源关断状态, V_{DC} 输出电流下降到 $30\mu\text{A}$ 。在这种状态下,芯片内的 3V 稳压器和由它供电的所有电路都关断。只有 D_{IN} 、 $\overline{\text{CS}}$ 和 CLK 输入缓冲器通电。为了使 LTC1325 脱离关断状态,可在 $\overline{\text{CS}}$ 脚加入由高到低的脉冲信号。为了避免错误控制字传输到 LTC1325,当 $\overline{\text{CS}}$ 为低电平时, D_{IN} 和 CLK 必须为低电

平。当 $C_{REG} = 4.7\mu F$ 时, 3V 输出电压衰减时间常数为 300ms。为了确保正常接通电源, 在 \overline{CS} 脚加入触发脉冲前, 微处理器应当等待 3 秒钟。

5、温度检测

5.1 负温度系数(NTC)热敏电阻

为了简化用 NTC 热敏电阻检测电池或环境温度的设计, 要利用由 REG 脚电压供电的分压器。如图 5 所示, 该分压器由负载电阻 R_L 和热敏电阻 R_T 组成。对于给定的热敏电阻来说, R_L 为某一确定数值时, 在满足充电器要求的较窄的温度范围内, 分压器输出电压 $V_{DIV}(T)$ 随温度线性变化。计算 R_L 最容易的方法是采用拐点法并假定分压器输出电压的二阶温度导数为 0。有关的公式如下:

$$\frac{V_{DIV}(T)}{V_{REG}} = \frac{1}{\left(\frac{1+R_L}{R_T}\right)} = f(T) \quad (1)$$

$$\frac{R_T}{R_{T0}} = \exp\left[\beta \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right] \quad (2)$$

$$R_L = R_{T0} \times \frac{\beta - 2T_0}{\nu + 2T_0} \quad (3)$$

$$\beta = \left[T \times \frac{T_0}{T_0 - T}\right] \times \ln \frac{R_T}{R_{T0}} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \times \frac{dR_T}{dT} \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{-\beta}{T^2} \quad (6)$$

$$\frac{dV_{DIV}}{dT} = V_{DIV}(T_0) \times \left(-\frac{\beta}{2T_0^2} + \frac{1}{T_0}\right) \quad (7)$$

式中, $V_{DIV}(T)$ 是分压器的输出电压;

V_{REG} 是 REG 脚的电压 (3.072V);

R_T 是当温度为 T 时热敏电阻的阻值;

R_{T0} 是在基准温度 T_0 下热敏电阻的阻值;

β 是由热敏电阻的材料决定常数;

α 是温度为 T_0 时热敏电阻 R_T 的温度系

数 ($\%/^{\circ}C$);

并且所有温度应为绝对温度 K (即 $T(^{\circ}C) + 273$)。

在推导上述公式时, 作了两个假设: β 是个常数, R_L 的温度系数远小于热敏电阻 R_T 的温度系数。

大部分热敏电阻的数据表中都给出了 R_{T0} 、 β 两种温度下的 R_T/R_{T0} 的公差值。如给定 β 和 R_{T0} , 就很容易根据公式 (3) 算出 R_L 。另外 β 值也可利用公式 (4) 由比值 R_T/R_{T0} 算出, 也可以利用公式 (6) 由已知的 α 值算出。

松下 (Panasonic) 公司的 ERT-D2FHL103S 型热敏电阻特性如下:

$$\textcircled{1} R_T(25^{\circ}C) = R_{T0} = 10k$$

$$\textcircled{2} \alpha = -4.6\%/^{\circ}C (T_0 = 25^{\circ}C)$$

$$\textcircled{3} \text{比值 } R_{25}/R_{50} = 2.9$$

利用公式 (4) 和 $R_{25}/R_{50} = 2.9$ 可算出:

$$\beta = (323 \times 298) \times \ln(2.9) / (298 - 323) = 4099k$$

另外, 利用公式 (6) 和 $\alpha = -4.6\%/^{\circ}C$, 也可算出:

$$\beta = -(-0.046) \times 298^2 = 4085K$$

由两个公式计算出的 β 值是非常接近的。把 $\beta = 4085K$ 代入公式 (3), 可算出:

$$R_L = 10k \times (4085 - 2 \times 298) / (4085 + 2 \times 298) = 7.45k\Omega$$

与该值最接近的标称电阻值为 7.5k Ω (精度为 1%)。当分压器中 R_L 选用 7.5k Ω 电阻, R_T 选用 10k Ω (25 $^{\circ}C$) 热敏电阻时, 分压器输出电压与温度的关系曲线如图 7 所示。

有两种用 T_{BAT} 或 T_{AMB} 取样信号得到的 ADC 读数来计算电池或环境温度的方法。第一种方法是通过查 $V_{DIV}(T)$ 与温度 T 的关系曲线。第二种方法是利用关系曲线的近似直线来计算。该直线的方程式可根据在 T_0 处的斜率 dV_{DIV}/dT 来计算, 并且假设该直线通过曲线上的 $[T_0, V_{DIV}(T_0)]$ 点。对于热敏电阻 ERT-D2FHL103S 来说, 斜率是

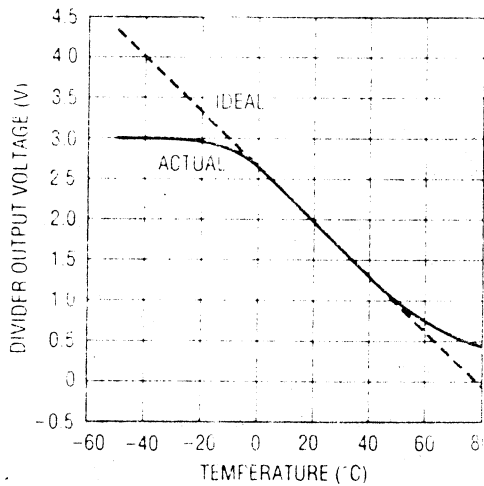


图 7 分压器输出电压与温度的关系

—34mV/°C; 因此, 直线的方程式应为 $T = [2.065 - V_{DIV}(T)] / 0.034$ 。假定 β 的公差为 3%, R_{TO} 的公差为 10%, 在从 5°C 到 45°C 的范围内, 用近似直线公式得到的温度误差在 2°C 以内。

5.2 正温度系数(PTC)热敏电阻

正温度系数(PTC)热敏电阻可用于不需要精确检测温度的电池充电器中。PTC 的温度与电阻值的关系曲线中, 存在一个阈值温度, 超过此温度后, 电阻值将迅速上升。采用温度关断(TCO)或电池温升(即电池温度与环境温度之差)控制充电结束(ΔTCO)的充电器中, 常常利用 PTC 的这种特性来完成充电控制。采用温度关断法(TCO)时, PTC 热敏电阻和低温度系数负载电阻组成的分压器, 应接在 REG 和 GND 脚之间, 并且 PTC 热敏电阻的上端应接在 REG 脚。另外 PTC 热敏电阻应装在电池组内以检测电池的温度。分压器的输出端应接到 T_{BAT} 脚。当温度达到预定值时, PTC 热敏电阻的阻值迅速增加, 从而使 T_{BAT} 脚的电压下降到与工作

HTF 相应的电压值以下。这样充电器将发出高温故障报警信号, 充电立即终止。如采用电池温升终止法(ΔTCO), 从原理上讲, 负载电阻可以用阻值相等的 PTC 热敏电阻代替。这样, 分压器输出电压将决定于电池温度和环境温度之差。同时采用温度终止(TCO)和温升终止(ΔTCO)两种控制方法时, 检测电池温度的 PTC 热敏电阻应当与负载电阻或检测环境温度的 PTC 热敏电阻交换位置。在以上两种情况下, 当预定关断温度达到时, LTF 故障位将置位, 从而终止充电。应当说明, 在实际应用中, 不可能找到阻值完全相等的 PTC 热敏电阻, 因此采用温升终止法时, 最好选用负温度系数(NTC)热敏电阻。

6. 硬件设计

由微处理器和 LTC1325 组成的充电器实际电路如图 8 所示。下面介绍主要元件的选择方法。

6.1 取样电阻 R_{SENSE} 的选择

选择取样电阻 R_{SENSE} 时应考虑以下三种因素:

- LTC1325 的基准电压值 V_{REF} 和设定的占空比;
- 取样电阻的功耗;
- 为了保证电量检测的线性度, 取样电阻 R_{SENSE} 上的压降应满足下式:

$$I_{LOAD} \times R_{SENSE} < -450mV$$

LTC1325 有 5 种可选择的占空比和 4 个 V_{DAC} 设定值, 因此当取样电阻 R_{SENSE} 确定后, 有 20 种充电速率可供选择, 如下表所列。

规一化 V_{DAC}	占空比				
	1	1/2	1/4	1/8	1/16
1 (VR1=1, VRO=1)	1	1/2	1/4	1/8	1/16
1/3 (VR1=1, VRO=0)	1/3	1/6	1/12	1/24	1/48
1/5 (VR1=0, VRO=1)	1/5	1/10	1/20	1/40	1/80
1/10 (VR1=0, VRO=0)	1/10	1/20	1/40	1/80	1/160

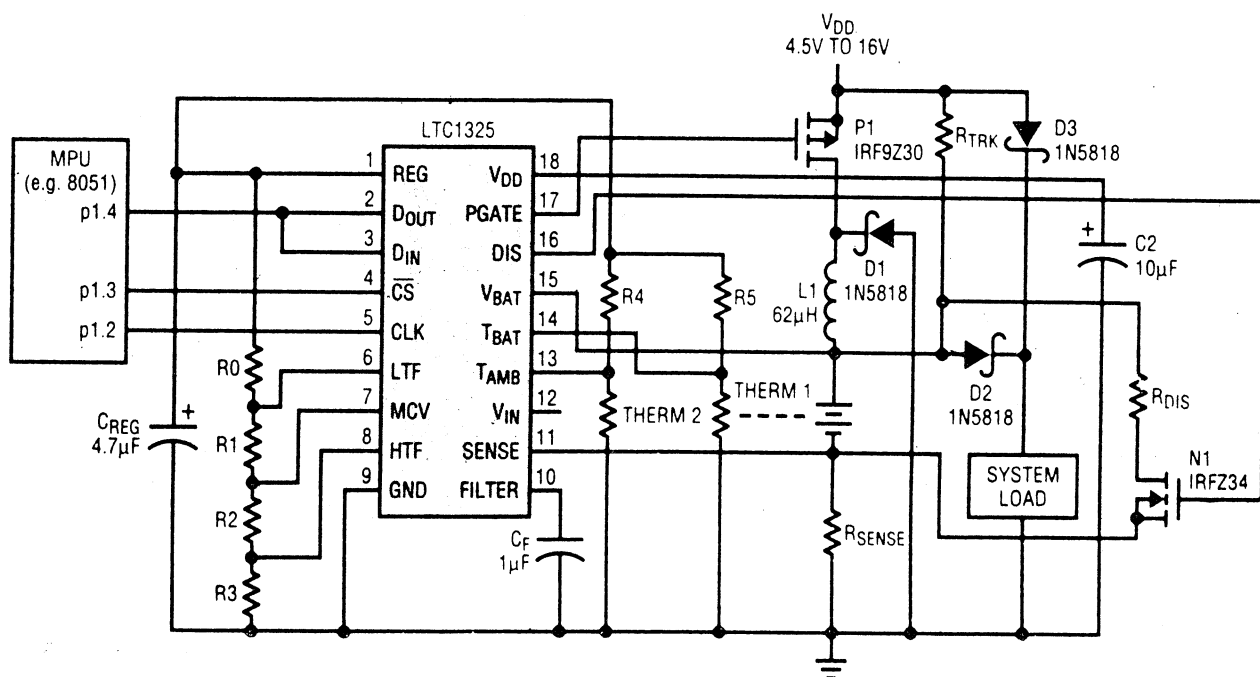


图 8 简单充电器实际电路

对于不同 V_{DAC} 和占空比的任何组合，充电器平均电流都由下式给出：

$$I_{CHRG} = V_{DAC} \times (\text{占空比}) / R_{SENSE}$$

应当说明，在上表中给出的数据是假定 $VR1=1$ 、 $VR0=1$ 、占比空=1 时，充电速率等于 1C。因此 $VR1$ 、 $VR0$ 和占比空为其他不同数值时，充电速率（用 C 表示）可以从表中直接读出。当 $VR1=1$ 、 $VR0=1$ 、占比空=1 时，实际充电速率可以为任何数值，比如说 1C 的 K 倍，此时表中各项同应当乘以 K。通常，不同容量的电池要求的充电电流不同，而且充电过程的各个阶段要求的充电速率也不相同。为此，可通过微处理器改变 V_{DAC} 和占比空。为了提高精度，应尽可能将 $VR1$ 和 $VR0$ 设置为 1。

传感电阻在充电、放电、电量检测模式下的功耗不同，应分别计算。通常在放电和电量检测模式下，由于电池需要比充电电流更大的电流，功耗要大一些。

在电量检测模式下，由电池供电的负载电流不应该超过 $450\text{mV} / R_{SENSE}$ ，以便保持电量检测的线性度。在保证压降 ($I_{LOAD} \times$

R_{SENSE}) 比地低一个二极管的压降的情况下， R_{SENSE} 要尽可能小。

6.2 V_{DD} 电源的选择

V_{DD} 最小值必须大于待充电电池额定电压乘上电池节数再加上在 PFET、电感 L、电池内阻 R_{INT} 和 R_{SENSE} 上的压降之和，即

$$V_{DDMIN} = I_{CHRG} \times [R_{DS(ON)}(P1) + R_{SENSE} + n \times R_{INT}] + n \times V_{EC} + V_L$$

假定 $V_{EC} = 2\text{V}$ 。用 16V 的电源，LTC1325 最多只能对 8 节电池充电，如果需要同时对更多的电池充电，需要外接电压提升器。

6.3 电感 L 的选择

为了降低损耗，电感器的绕线电阻应尽可能地小，并且要保证在最大充电电流（峰值）下不到达饱和状态。如果电感进入了饱和状态，充电电流将仅受 PFET 的 $R_{DS(ON)}$ 、电感绕线电阻、 R_{SENSE} 和 V_{DD} 电源内阻的控制，这可能会导致电流太大，造成电池的损坏，也可能使电流值超过 PFET、电感、 R_{SENSE} 的额定电流，损坏这些器件。

6.3 续流二极管的选择

续流二极管应选择正向导通压降低、反向恢复时间短的二极管，以使损耗最小。二极管的总损耗为：

$$P_{dD1} = V_F \times I_F + V_R \times f \times t_{RR} \times I_F'$$

其中， I_F 为正向导通电流， I_F' 为关断前的正向导通电流， V_F 为通态压降， V_R 为反向电压（约等于 V_{DD} ）， f 为 PWM 频率（111kHz）， t_{RR} 为反向恢复时间。

二极管的功率和最高反向电压应当分别大于 P_{dD} 和 V_{DD} 。为了减小 D_1 导通续流时产生的尖峰电压，续流二极管的开通时间应当尽可能小。

肖特基二极管的开关时间很短，正向压降也很小，因此续流二极管 D_1 应选用肖特基二极管。

6.5 涓流充电电阻 R_{TRK}

镍镉和镍氢电池的自放电率分别为 $(C/100)$ 和 $(2C/200)$ 。为补充因自放电而损失的电量，该充电器中加有涓流充电电路。通常涓流充电速率应在 $C/30$ 到 $C/50$ 之间。涓流充电电流 I_{TRK} 由电阻 R_{TRK} 、电源电压 V_{DD} 和电池充足电时的电压 V_{BAT} 决定：

$$I_{TRK} = (V_{DD} - V_{BAT}) / R_{TRK}$$

式中， V_{BAT} 为电池充足电时的电压，应当说明，涓流充电过程中，电流将发生微小变化。

6.6 热敏电阻 R_T 和负载电阻 R_L

为了减小负载变化的影响，在高温极限时，热敏电阻网络的总电阻应大于 $30k\Omega$ 。

6.7 故障设定电阻 R_0 、 R_1 、 R_2 和 R_3

R_0 、 R_1 、 R_2 和 R_3 串联后，接在 REG 脚和 GND 脚之间，组成电阻分压器。该分压器输出的三个电压分别加在 LTF、HTF 和 MCV 脚，用于设定高温极限电平、低温极限电平和最高电池电压。选择各故障点相应的电压值时，应考虑以下几点：

a. 电池生产厂建议采用的电池温度和电压极限值；

b. REG 脚的最大负载电流 ($<2mA$)；

c. LTF、HTF 和 MCV 比较器输入电压范围：

$$V_{LTF} > 1.6V, V_{MCV} < 2.8V, 0.5V < V_{HTF} < 1.3V$$

d. 热敏电阻分压器的温度曲线。

镍镉和镍氢电池的温度极限如下表所列。

电池类型	放电温度范围(°C)		充电温度范围(°C)	
	最低	最高	最低	最高
标准	-20	45/50	0	45/50
高速	-20	45/50	10	45/50
快速	-20	45/50	15	45/50
涓流	-20	45/50	0	45/50

应当说明，该表中给出的电池放电温度范围要比充电温度范围宽。但是为了延长电池寿命，电池制造厂通常建议放电温度范围与充电温度范围相同。因此，LTC1325 设定的充放电低温极限电平 LTE 和高温极限电平 HTF 是相同的。最高充电电压 MCV 应当略高于电池说明书中给出的单体电池的充电电压，LTF 和 HTF 脚的电压应当与最窄的温度范围相适应，最窄的温度范围为 $15 \sim 45^\circ C$ 。与该温度范围相应的电压，可以由图 7 所示的热敏电阻分压器温度曲线上找出。采用这种热敏电阻时，LTF 约为 $2.12V$ ，HTF 约为 $1.13V$ 。由于 MCV 通常为 $2V$ ，所以 MCV 可以方便地接在 LTF 脚。如果需要的话，可针对各种不同的状态和不同的充电速率，由微处理器控制模拟开关来改变 LTF、HTF 和 MCV 的电压值。充电电路中的 R_0 、 R_1 、 R_2 和 R_3 的阻值可按下列式计算：

$$R_3 = V_{HTF} \times R_E / V_{REG}$$

$$R_2 = V_{MCV} \times R_E - R_3$$

$$R_1 = V_{LTF} \times R_E - (R_2 + R_3)$$

$$R_0 = R_E - (R_1 + R_2 + R_3)$$

式中， $R_E = R_0 + R_1 + R_2 + R_3$ ， R_E 值应根据 REG 脚的负载电流来选择， R_E 的最小阻值为 $30k\Omega$ 。应当说明，在实际电路中 V_{LTF} 略

高于 V_{MCV} 。否则, MCV 脚与 LTF 脚应当接在一起, 电阻 R_2 设为 0。

6.8 REG 脚的负载

LTC1325 内 3.072V 稳压器的负载调整率为 $-5\text{mV}/\text{mA}$ 。由于 ADC 也采用该稳压器的电压作基准电压, 因此在整个工作温度范围内, 应当尽可能减小负载对 REG 脚输出电压的影响。在 25°C 时, 热敏电阻 R_{TO} 的阻值至少应为 $10\text{k}\Omega$ 。在 50°C 时, 热敏电阻的阻值可下降到 25°C 时电阻值的三分之一。与热敏电阻串联的电阻 R_5 的计算方法已经在温度取样一节中作了详细介绍。由于取样电路由热敏电阻的温度系数控制, 因此 R_5 的温度系数不很重要。

6.9 放电电阻 R_{DIS}

放电电阻 R_{DIS} 用来限制电池的放电电流, 使其不超过电池允许的放电电流。该电阻的额定功率应大于 $I_{DIS}^2 \times R_{DIS}$, 其中

$$I_{DIS} = V_{BAT} / (R_{DIS} + R_{DS(ON)})$$

$R_{DS(ON)}$ 为放电 MOSFET (N_1) 的通态电阻。

6.10 充电 MOSFET (P_1) 和放电 MOSFET (N_1)

由于 LTC1325 的 PGATE 和 DIS 脚的电压在 0 和 V_{DD} 之间变化, 所以为了保证充放电晶体管正常工作, MOSFET 的栅源电压应该 $|V_{GS}| < V_{DD}$ 。为了减小充放电晶体管的功耗, V_{GS} 要远远小于 V_{DD} 。 P_1 和 N_1 的额定功率应分别大于 $I_{CHRG}^2 \times R_{DS(ON)P_1}$ 和 $I_{DIS}^2 \times R_{DS(ON)N_1}$ 。MOSFET 的源漏最高电压 V_{DSMAX} 应当大于 V_{DD} 。

6.11 充电器电源电压高于 16V 时的辅助电路

LTC1325 额定电源电压 V_{DD} 为 16V。但是在许多实际应用中, 充电电源的电压往往超过 16V。只要增加三个简单的辅助电路, 由 LTC1325 组成的充电器就能采用高于 16V 的直流电源。

a. 用稳压器将直流电源电压降到

LTC1325 允许的供电电压以内;

b. 在 PGATE 脚和 PMOSFET (P_1) 的栅极之间加入电平变换器, 以保证当 PGATE 脚的电压上升到 V_{DD} 时, 晶体管 P_1 能够完全关断;

c. 为了避免涓流充电电阻 R_{TRK} 使 V_{BAT} 超过 V_{DD} , 在 V_{BAT} 脚应加入电压箝位电路。

在图 9 所示的电路中, C_1 、 R_{11} 和稳压管 D_4 组成 15V 稳压器, 给 LTC1325 供电。 D_3 和 C_2 组成电平变换器, 稳压管 D_3 应能将晶体管 P_1 的栅源电压箝位到额定值以内。最后, 稳压管 D_2 能够将 V_{BAT} 脚的电压箝位到 15V。

6.12 对电压高于 16V 的电池组充电

为了对充足电电压高于 16V 的电池组充电, 充电器的直流电源电压必须高于 16V。为此, 充电器电路中必须增加上一节介绍的稳压器, 电平变换器和电压箝位电路。此外, 为了使 V_{BAT} 脚的电压低于 LTC1325 的电源电压 V_{DD} , 还必须外加电池电压分压器, 如图 9 所示。选择分压电阻 R_9 和 R_{10} 时, 应保证电池组电压除以电池节数后的电压经内部分压器后, 使取样电压等于单体电池的电压。此外, 外部分压器还可避免 V_{BAT} 上升到 V_{DD} , 这样, 不管电池是否接入, BATEP (电池接入标记) 脚均为高电平。接入外部分压器不会影响 LTC1325 的其他工作。

7、软件设计

通常充电流程包括以下几部分:

充电前放电;

快速充电;

补足充电;

涓流充电。

在某些工作状态下, 镍镉和镍氢电池不能放出全部电量, 镍镉电池如未放完电就充电, 将产生记忆效应, 使电池不能放出全部电量。此外长期在高温下存放的电池, 也不能放

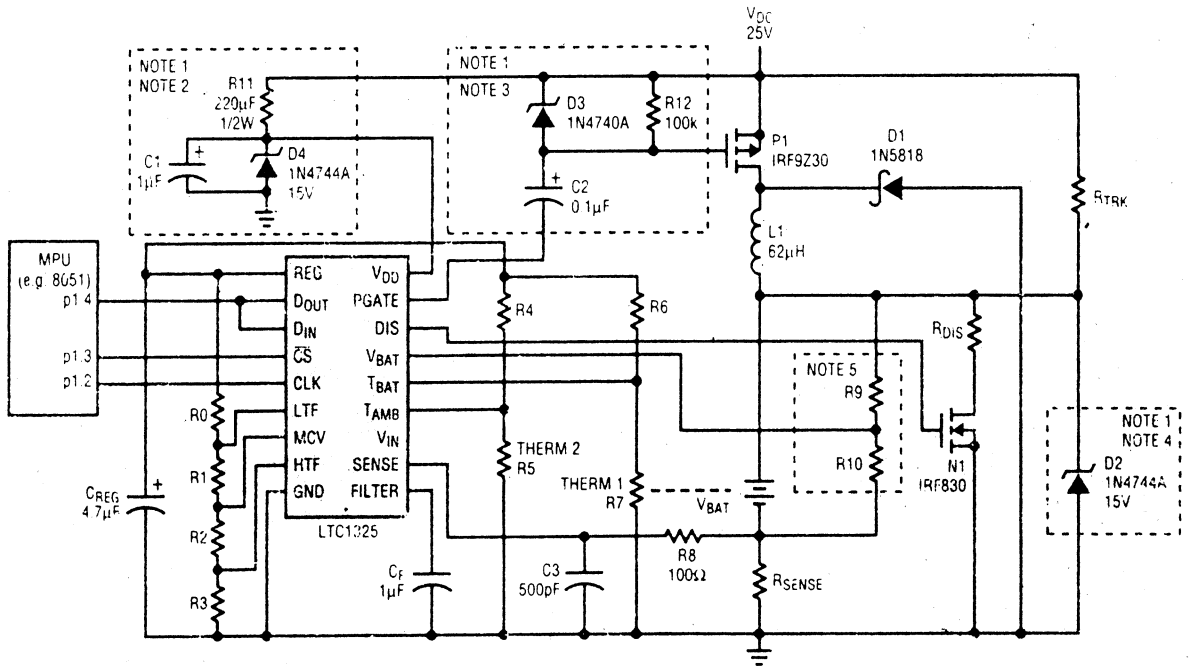


图 9

- NOTE1: 当 $V_{DC} > 16V$ 或最高电池电压 $V_{BAT} > 16V$ 时,才需要;
- NOTE2: 当 $V_{DC} < 16V$ 时,此部分电路省略, V_{DD} 直接接到 V_{DC} ;
- NOTE3: 电平变换电路,当 $V_{DC} < 16V$ 时, P_{GATE} 短接到 P1 的栅极;
- NOTE4: 齐纳二极管,当 $V_{DC} < 16V$ 时, D2 省略;
- NOTE5: 外接电源分压器,当电池电压高于 16V 时,才需要这部分电路。

出全部电量。为了恢复容量,必须让这些电池进行多次深放电/充电循环。重复上述工作过程就能恢复电池的容量。

简单的充电流程图如图 10 所示。实际上,该流程图中已考虑了任何工作进程可能检测到的各种故障(例如,在放电或充电时,电池温度超过 HTF)。微处理器在流程的每一步发送到 LTC1325 相应的指令如表 1 所列。

一般注意事项说明如下:

- 1、超始位总是高电平;
- 2、SGL/DIFF 位通常设置为低电平,这样得到的 ADC 是以地为基准的。
- 3、MSBF 位应根据微处理器的串行数据中是 MSB 在先还是 LSB 在先来设定。
- 4、除了空载状态或者需要读 ADC 数外,DS0 到 DS2 位可以任意设定。在空载状态或者读 ADC 时,要根据所需的读数:

T_{BAT} 、 V_{CELL} 或 T_{AMB} 来设定 DS0 到 DS2。

5、PS 位应当为 0,这样 LTC1325 就不能进入关断模式。

6、DR0 到 DR2 不应当选择其中的任何一种测试模式,参见 DR0 指令部分。

7、在 \overline{CS} 有效时,FSCL 自动置为 0。为了在放电、快速充电、补足充电前清除以前的故障报警状态,此位应该先置 1。除 START 指令外,FSCLR 应设置为 0。

8、在放电状态下,为了避免因定时故障而过早地结束放电,TO0~TO2 位都应当设置为 1。在快速充电或补足充电状态下,TO0~TO2 应根据所用的充电速率设置一个数值,例如,若快速充电速率为 1C,那么定时周期应当设置为 80 分钟。

9、在充电状态下,电容 C_f 用于滤除 V_{CELL} 节点的纹波。在 LTC1325 取出 ADC 读数以前,为了减小噪声,先进入空闲模式,与

表1 指令表

序号	步骤	S T A R T	M O D 1	M O D 0	S G L - D I F F	M S B F	D S 0	D S 1	D S 2	D I V 0	D I V 1	D I V 2	D I V 3	P S	D R 0	D R 1	D R 2	F S C L R	T O 0	T O 1	T O 2	V R 0	V R 1
1	开始放电	1	1	0	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	?	?	?	1	1	1	1	x	x
2	读状态字	1	1	0	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	?	?	?	0	1	1	1	x	x
3	开始快速充电	1	0	1	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	d ₁	d ₁	d ₁	1	t ₁	t ₁	t ₁	v ₁	v ₁
4	空载状态和等待	1	0	0	0	m	c	c	c	b	b	b	b	0	d ₁	d ₁	d ₁	0	t ₁	t ₁	t ₁	v ₁	v ₁
5	读 ADC 和状态字	1	0	0	0	m	c	c	c	b	b	b	b	0	d ₁	d ₁	d ₁	0	t ₁	t ₁	t ₁	v ₁	v ₁
6	重新快速充电	1	0	1	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	d ₁	d ₁	d ₁	0	t ₁	t ₁	t ₁	v ₁	v ₁
7	开始补足充电	1	0	1	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	d ₂	d ₂	d ₂	1	t ₂	t ₂	t ₂	v ₂	v ₂
8	空载状态和等待	1	0	0	0	m	c	c	c	b	b	b	b	0	d ₂	d ₂	d ₂	0	t ₂	t ₂	t ₂	v ₂	v ₂
9	读 ADC 和状态	1	0	0	0	m	c	c	c	b	b	b	b	0	d ₂	d ₂	d ₂	0	t ₂	t ₂	t ₂	v ₂	v ₂
10	重新补足充电	1	0	1	0	m	x	x	x	b	b	b	b	0	d ₂	d ₂	d ₂	0	t ₂	t ₂	t ₂	v ₂	v ₂

说明: c 是指 ADC 各信道 (T_{BAT} 、 T_A 、 V_{CELL}) 中的一个; b 是电池分压比; d_1 是快速充电占空比; d_2 是补足充电占空比; t_1 是快速充电定时时间; t_2 是补足充电定时时间; v_1 是为快速充电设置的基准电压 V_{REF} ; v_2 是为补足充电设置的基准电压 V_{REF} 。

之对应, 微处理器应当在取读数前等待一秒。这样可使 V_{CELL} 下降到准确的单体电池电压值。等待时间最长为 $150k\Omega \times C_F$ 。

10、第一个开始 (START) 指令以前, 电池分压器设置可能不正确, C_F 可以充电到一个不正常的电压, 从而引起 EDV、BATR 或 MCV 告警。微处理器发送 START 指令时, 应当检查各种故障告警位, 并且当 C_F 充电到正确的电压值时, 微处理器应当重新发送 START 指令。

11、微处理器接口。LTC1325 能够直接与大部分通用微处理器的同步串行或并行 I/O 端口相连。采用并行端口时, 其中的 3 条或 4 条 I/O 线要编程为串行链路, 以便和 LTC1325 匹配。

12、与 Motorola SPI (68HC11) 相连

68HC11 微处理器具有同步串行接口, 该接口称为外部串行接口 (SPI)。它能够用

MSB 先出的原则每次传输 8 位数据。为了与这个微处理器通信, LTC1325 的 MSBF 控制位应当设置为 1。微处理器 68HC11 的外部串行接口 (SPI) 有四条线: 主入从出线 (MISO)、主出从入线 (MOSI)、串行时钟 (SCK) 和从选择 (\overline{SS})。把 \overline{SS} 线接成高电平, 68HC11 即构成主机。把控制字节写入外部串行控制寄存器, 就可以设定主控状态、波特率与时钟定时的关系, 其他字节写入直接寄存器的端口指令寄存器, 设定 MOSI、SCK 和 O 位 (LTC1325 的 \overline{CS}) 作为输出使用。由于 SCK 的控制, 微处理器 68HC11 时钟与 LTC1325 的时钟完全同步。

微处理发往 LTC1325 的指令分成 3 个字节。为了给 LTC1325 ADC 读数和状态位读出提供时钟, 微处理器在发出 3 字节指令后, 要跟上两个或更多的冗余字节 (所有位为 0)。

咨询编号: 951204

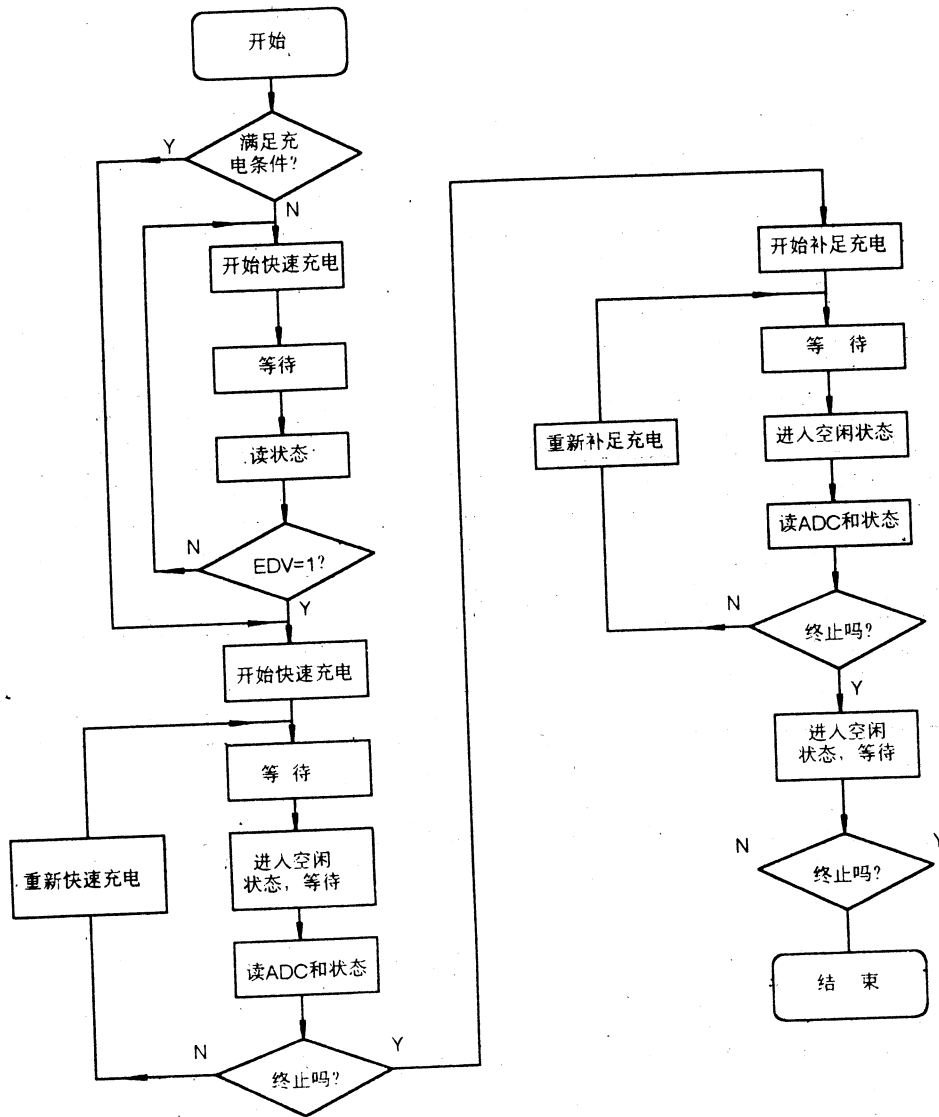


图 10 充电流程图