

EG1615 芯片数据手册

谐振型双有源桥（DAB）控制芯片

版本变更记录

| 版本号 | 日期 | 描述 |
|------|------------------|----------------|
| V1.0 | 2022 年 01 月 10 日 | EG1615 数据手册初稿。 |
| | | |
| | | |

目录

| | |
|------------------------------------|----|
| 目录 | 3 |
| 1. 特点 | 5 |
| 2. 描述 | 6 |
| 3. 应用领域 | 6 |
| 4. 引脚 | 7 |
| 4.1 引脚定义 | 7 |
| 4.2 引脚描述 | 8 |
| 5. 结构框图 | 10 |
| 6. 典型应用电路 | 11 |
| 6.1 EG1615 DC/DC 控制板应用原理图 | 11 |
| 6.2 EG1615 主板应用原理图 | 12 |
| 6.3 EG8026 DC/AC 控制板原理图 | 13 |
| 7. 电气特性 | 14 |
| 7.1 极限参数 | 14 |
| 7.2 典型参数 | 15 |
| 8. 应用设计 | 17 |
| 8.1 双向逆变器的主拓扑结构 | 17 |
| 8.2 LC 谐振参数 | 18 |
| 8.3 开、关机按键自锁电路 | 18 |
| 8.4 逆变时蓄电池欠压关断、欠压蜂鸣 | 19 |
| 8.5 逆变时蓄电池过压关断和充电时电池电压采样 | 19 |
| 8.6 IFB_BAT 电池端电流检测和充电时恒流值反馈 | 20 |
| 8.7 CHG_ISET 充电电流设定 | 21 |
| 8.8 IFB_HV 高压侧过流保护 | 21 |
| 8.9 低压侧同步续流 | 22 |
| 8.10 TFB1_DC 温度检测反馈 | 22 |
| 8.11 VFB_HDC 高压侧母线直流电压反馈 | 23 |
| 8.12 频率设定 | 23 |
| 8.13 死区时间 | 24 |
| 8.14 FAN 风扇控制 | 24 |
| 8.15 Beep 蜂鸣器控制 | 25 |
| 8.16 LED 运行及故障指示 | 25 |
| 8.17 高压侧 PWM 使能和低压侧 PWM 使能控制 | 25 |
| 8.18 高压侧 MOS 管峰值电流保护 | 26 |
| 9. 通讯功能 (UART) | 27 |
| 9.1 串口描述 | 27 |
| 9.2 UART1 | 27 |
| 9.2.1 UART1 发送 | 27 |
| 9.2.2 UART1 接收 | 28 |
| 9.3 UART2 | 29 |
| 9.3.1 UART2 发送 | 29 |

| | | |
|-------|---------------------|----|
| 9.4 | CFG 功能 | 31 |
| 9.4.1 | CFG 请求消息 | 31 |
| 9.4.2 | CFG 应答消息 | 32 |
| 9.4.3 | 0x10 服务-会话切换 | 32 |
| 9.4.4 | 0x22 服务-读 DID | 33 |
| 9.4.5 | 0x2E 服务-写 DID | 33 |
| 9.4.6 | 0x21 服务-读 CFG | 34 |
| 9.4.7 | 0x2D 服务-写 CFG | 34 |
| 10. | 封装尺寸 | 37 |
| 10.1 | LQFP64 | 37 |

EG1615 芯片数据手册 V1.0

1. 特点

- 采用 LC 谐振型双有源桥（DAB）拓扑结构，能实现软开关、高效率等特性
- 专用于双向逆变器中的 DC TO DC 部分，能实现逆变升压及充电管理等控制
- 集成了两路 600V 半桥高压 MOS 管驱动器，驱动能力为±2A，每路驱动器自带 2 路独立的 MOS 管峰值电流保护电路及内置 200mV 基准源的比较器供用户设定过流保护值
- 作逆变升压时的功能
 - 支持外部可调节的 PWM 频率, 范围为 40KHz-150KHz，用于 LC 谐振时的调整需要
 - 支持 PWM 软启动功能，软启动时间为 500mS
 - 50%占空比输出，支持死区时间可调分别为 500nS，700nS，1uS，1.5uS
 - 输出电压反馈采用欠闭环控制方式
 - 高压母线电压过压保护
 - 电池端过流保护和变压器高压端过流保护
 - 电池端过压保护
 - 电池端欠压保护
 - 过温保护
 - 智能风扇控制
- 作电池充电器时的功能
 - 固定 50%占空比输出，易于实现谐振软开关控制
 - 自动同步整流功能，易于实现大电流充电，提高充电器效率
 - 配合 EG8026 中的 PFC 调压功能，可实现充电部分的恒流（CC）和恒压（CV）等特性
 - 电池端过流保护和变压器高压端过流保护
 - 支持充饱自动停充功能
 - 死区时间可调分别为 500nS，700nS，1uS，1.5uS
 - 过温保护
 - 智能风扇控制
- 支持 UART 串口通讯，波特率为 9600
- 根据客户的应用场合，屹晶微电子公司提供修改相应的功能或参数
- 工作电源：+3.3V 和+12V
- 封装形式：LQFP64

2. 描述

EG1615 芯片是一款专用于双向逆变器（同一套电路可作逆变器功能，又可作电池充电器功能）中的 DC To DC 逆变升压和电池充电管理的控制芯片，集成了两路 600V 半桥高压 MOS 驱动器，驱动器的输出电流能力为 $\pm 2A$ ，内置四路独立的逐周 PWM 关断保护，可有效防止在极端情况下过高的峰值电流而损坏 MOS 的情况，另外提供了两路 SD，分别为 SD1，和 SD2，SD1 是驱动器 1 H01 和 L01 的逐周关断引脚，SD2 是驱动器 2 H02 和 L02 的逐周关断引脚，结合外部比较器和 SD 功能可实现过流或短路保护等功能。

EG1615 主要的功能由两部分组成，第一部分为逆变升压控制，主要实现将电池的低压直流电压转换为高压直流电压，供后级 DC/AC 逆变所需的高压；第二部分为充电器降压控制，主要实现将市电经 PFC 升压后的高压直流电压转换为低压直流电压，供电池充电所需的恒压恒流充电。

EG1615 采用了 LC 谐振型双有源桥（DAB）拓扑结构，能实现能量双向控制，结合 PWM 工作频率和 LC 谐振参数的匹配，可实现开关管的软开关控制，易于应用于高开关频率、高效率等场合。

EG1615 作逆变升压时，低压侧 H 桥的占空比为 50%，高压侧 H 桥用 MOS 内部的体二极管做整流输出，电压反馈采用了浅闭环稳压模式（即空载最高电压限制，带载开环），有效防止空载时电压过高而导致烧器件等现象，谐振参数由外部的 LC 进行调整，芯片可支持的 PWM 的工作频率为 40K-150KHz，高压侧串入的电流互感器可用于输出短路保护。

EG1615 作充电降压时，高压侧 H 桥的占空比为 50%，低压侧 H 桥用 MOS 内部二极管做整流输出及 MOS 管自动跟踪同步整流功能，充电的恒压（CV）、恒流（CC）需 EG8026 中的 PFC 调压功能进行配合，高压侧串入的电流互感器可用于输出短路保护。

3. 应用领域

- 双向正弦波逆变器
- 移动储能电源
- 光伏逆变器
- 不间断电源 UPS
- 电池能量墙

4. 引脚

4.1 引脚定义

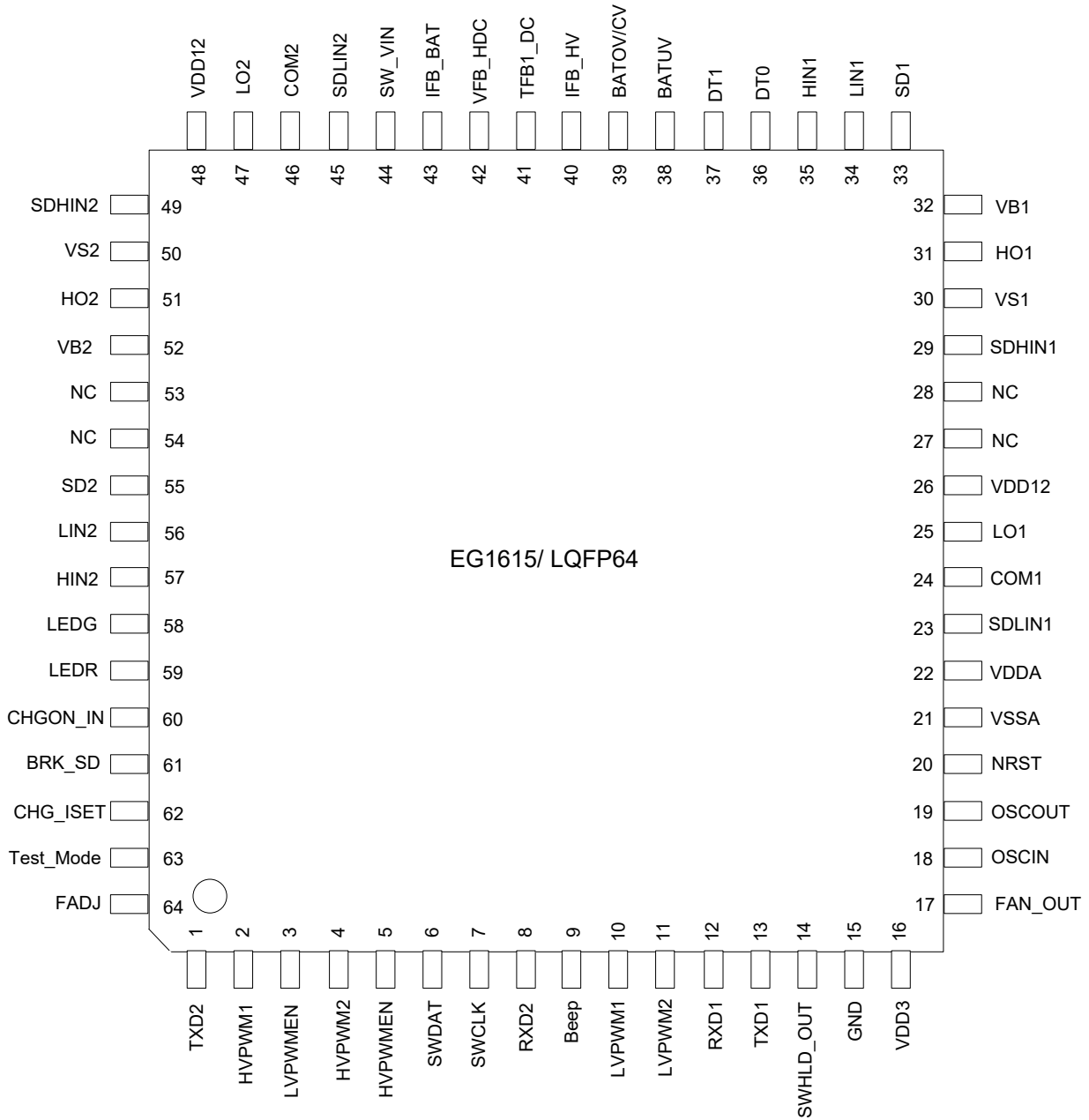


图 4-1. EG1615 管脚定义

4.2 引脚描述

| 引脚序号 | 引脚名称 | I/O | 描述 |
|------|-----------|-------|--|
| 1 | TXD2 | O | 串口2通讯数据发送端 |
| 2 | HVPWM1 | O | 用于变压器高压侧H桥的推挽输出PWM1 |
| 3 | LVPWMEN | I | 低压侧 H 桥的 PWM 使能控制脚, “1”是启动 LVPWMx 输出, “0”是关闭 LVPWMx 输出 |
| 4 | HVPWM2 | O | 用于变压器高压侧H桥的推挽输出PWM2 |
| 5 | HVPWMEN | I | 高压侧 H 桥的 PWM 使能控制脚, “1”是启动 HVPWMx 输出, “0”是关闭 HVPWMx 输出 |
| 6 | SWDAT | I | 固件升级数据 |
| 7 | SWCLK | O | 固件升级时钟 |
| 8 | RXD2 | I | 串口2通讯数据接收端 (该脚不能悬空, 需接一个上拉电阻如10K到3.3V) |
| 9 | Beep | O | 蜂鸣器报警输出, 高电平有效 |
| 10 | LVPWM1 | O | 用于变压器低压侧 H 桥的推挽输出 PWM1 |
| 11 | LVPWM2 | O | 用于变压器低压侧H桥的推挽输出PWM2 |
| 12 | RXD1 | I | 串口1通讯数据接收端 (该脚不能悬空, 需接一个上拉电阻如10K到3.3V) |
| 13 | TXD1 | O | 串口 1 通讯数据发送端 |
| 14 | SWHLD_OUT | O | 开/关机锁存信号输出, 用于按钮开关的应用场合 |
| 15 | GND | GND | 芯片的地端 |
| 16 | VDD3 | Power | 芯片的+3.3V 电源端 |
| 17 | FAN_OUT | O | 风扇控制输出, 高电平有效 |
| 18 | OSCIN | I | 8M晶体振荡器引脚1 |
| 19 | OSCOU | O | 8M晶体振荡器引脚2 |
| 20 | NRST | I | 芯片复位脚, 低电平复位有效 |
| 21 | VSSA | GND | 芯片的模拟部分地端 |
| 22 | VDDA | Power | 芯片的模拟部分电源端+3.3V |
| 23 | SDLIN1 | I | 驱动器1的低端MOS管峰值电流保护输入端, 内部基准电压为200mV |
| 24 | COM1 | GND | 驱动器1的功率地 |
| 25 | LO1 | O | 驱动器1的低端门极驱动输出 |
| 26 | VDD12 | Power | 驱动器1的功率部分电源, 输入电压范围为10V-20V |
| 27 | NC | - | 空脚, 用于高压隔离 |
| 28 | NC | - | 空脚, 用于高压隔离 |
| 29 | SDHIN1 | I | 驱动器2的高端MOS管峰值电流保护输入端, 内部基准电压为200mV |
| 30 | VS1 | O | 驱动器1的高端悬浮端输出 |
| 31 | HO1 | O | 驱动器1的高端门极驱动输出 |
| 32 | VB1 | Power | 驱动器1的悬浮电源, 需外接10uF的自举电容 |
| 33 | SD1 | I | 驱动器1的SD控制端 |
| 34 | LIN1 | I | 驱动器1的低端控制信号输入端, 控制低端功率MOS管的导通与截止 |
| 35 | HIN1 | I | 驱动器1的高端控制信号输入端, 控制高端功率MOS管的导通与截止 |

| | | | |
|----|-----------|-------|--|
| 36 | DT0 | I | DT1（引脚 37），DT0（引脚 36）是设置 LVPWMx、HVPWMx 输出的死区时间： DT1:DT0 |
| 37 | DT1 | I | “00” 是 500nS 死区时间 “01” 是 700nS 死区时间 “10” 是 1.0uS 死区时间 “11” 是 1.5uS 死区时间 |
| 38 | BATUV | I | 电池电压欠压检测，欠压报警，BATUV<1.65V；欠压关断，BATUV<1.6V |
| 39 | BATOV/CV | I | 电池电压过压检测和充电恒压输出，BATOV>2.5V过压报警和关断，充电恒压基准值为2.4V |
| 40 | IFB_HV | I | 变压器高压侧电流反馈输入脚，IFB>0.1V，风扇开启，IFB>0.6V，过流关断 |
| 41 | TFB1_DC | I | 温度检测脚，TFB<1.15V,输出关闭,TFB>1.28V, 输出恢复 |
| 42 | VFB_HDC | I | 高压侧直流电压反馈，通过光耦隔离反馈，当VFB>3V，输出关闭 |
| 43 | IFB_BAT | I | 电池端电流反馈输入脚 |
| 44 | SW_VIN | I | 开/关机键电压检测输入脚 |
| 45 | SDLIN2 | I | 驱动器2的低端MOS管峰值电流保护输入端，内部基准电压为200mV |
| 46 | COM2 | GND | 驱动器2的功率地 |
| 47 | LO2 | O | 驱动器2的低端门极驱动输出 |
| 48 | VDD12 | Power | 驱动器2的功率部分电源，输入电压范围为10V-20V |
| 49 | SDHIN2 | I | 驱动器2的高端MOS管峰值电流保护输入端，内部基准电压为200mV |
| 50 | VS2 | O | 驱动器2的高端悬浮端输出 |
| 51 | HO2 | O | 驱动器2的高端门极驱动输出 |
| 52 | VB2 | Power | 驱动器2的悬浮电源，需外接10uF的自举电容 |
| 53 | NC | - | 空脚，用于高压隔离 |
| 54 | NC | - | 空脚，用于高压隔离 |
| 55 | SD2 | I | 驱动器1的SD控制端 |
| 56 | LIN2 | I | 驱动器2的低端控制信号输入端，控制低端功率MOS管的导通与截止 |
| 57 | HIN2 | I | 驱动器2的高端控制信号输入端，控制高端功率MOS管的导通与截止 |
| 58 | LEDG | O | 运行LED指示输出 |
| 59 | LEDR | O | 故障LED指示输出 |
| 60 | CHGON_IN | I | 充电降压模式使能信号输入 |
| 61 | BRK_SD | I | 短路保护 |
| 62 | CHG_ISET | I | 充电电流大小调整引脚，0-3.3V对应0-100A |
| 63 | Test_Mode | I | Test_Mode 是设置工作模式（该脚不能悬空，不使用时需接 GND）： “0” 是正常运行模式 “1” 是测试模式，PWM开环输出，用于调试硬件电路工作情况 |
| 64 | FADJ | I | PWM频率调整引脚，0-3.3V对应40K-150KHz |

5. 结构框图

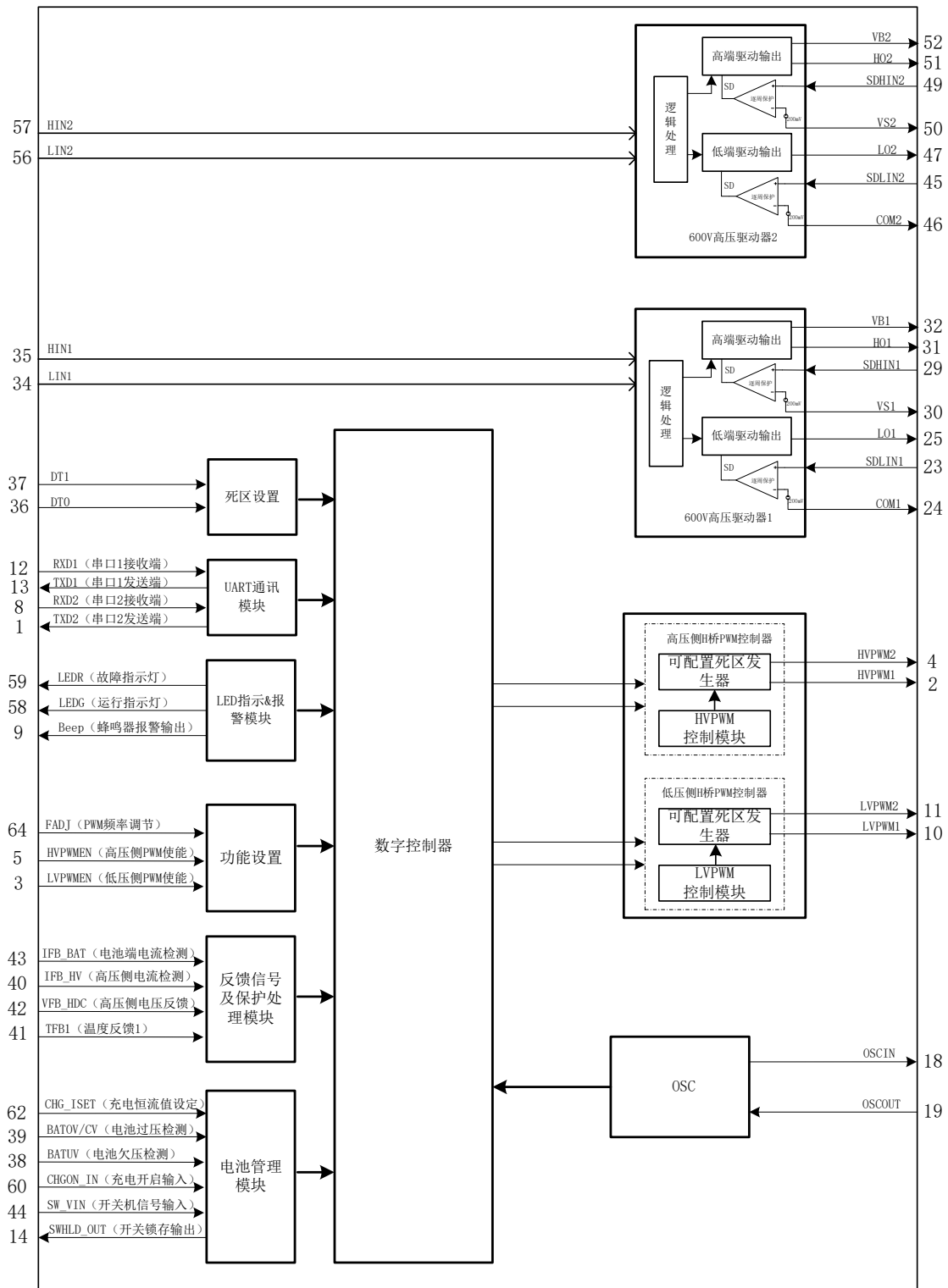


图 5-1. EG1615 结构框图

6. 典型应用电路

6.1 EG1615 DC/DC 控制板应用原理图

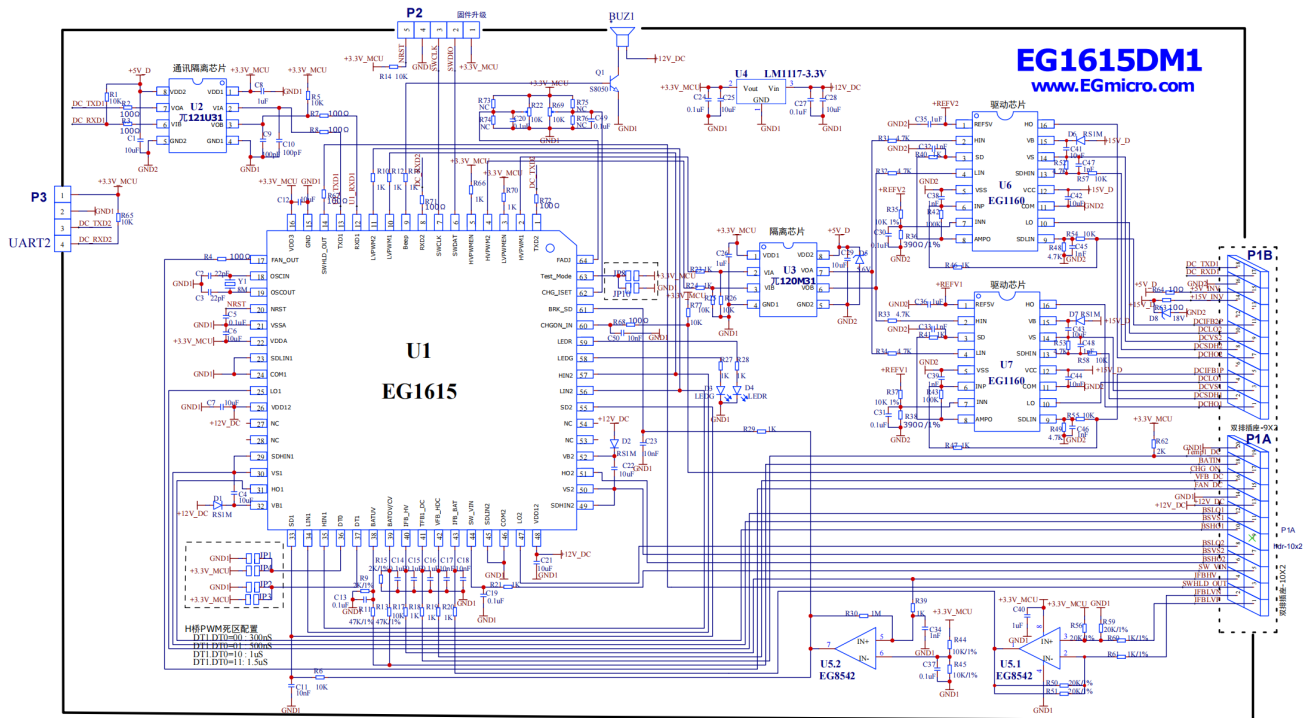


图 6-1. EG1615 控制板原理图

6.2 EG1615 主板应用原理图

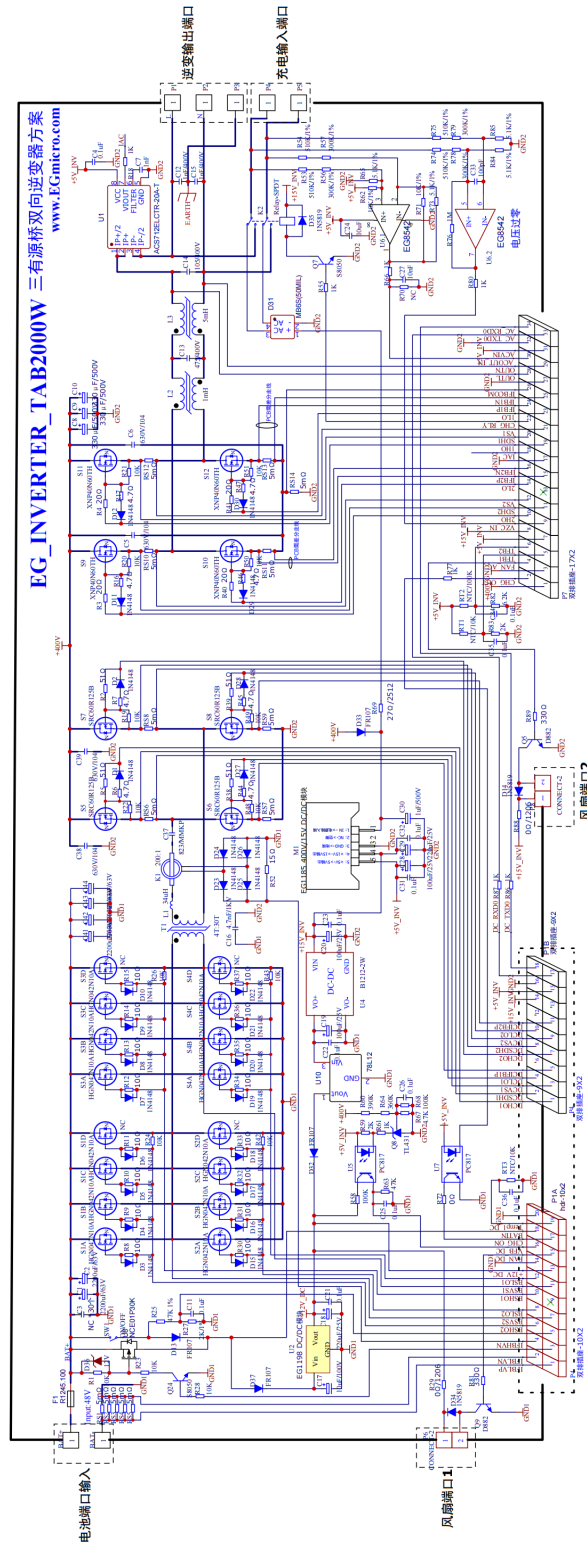


图 6-2. EG1615 主板应用原理图

6.3 EG8026 DC/AC 控制板原理图

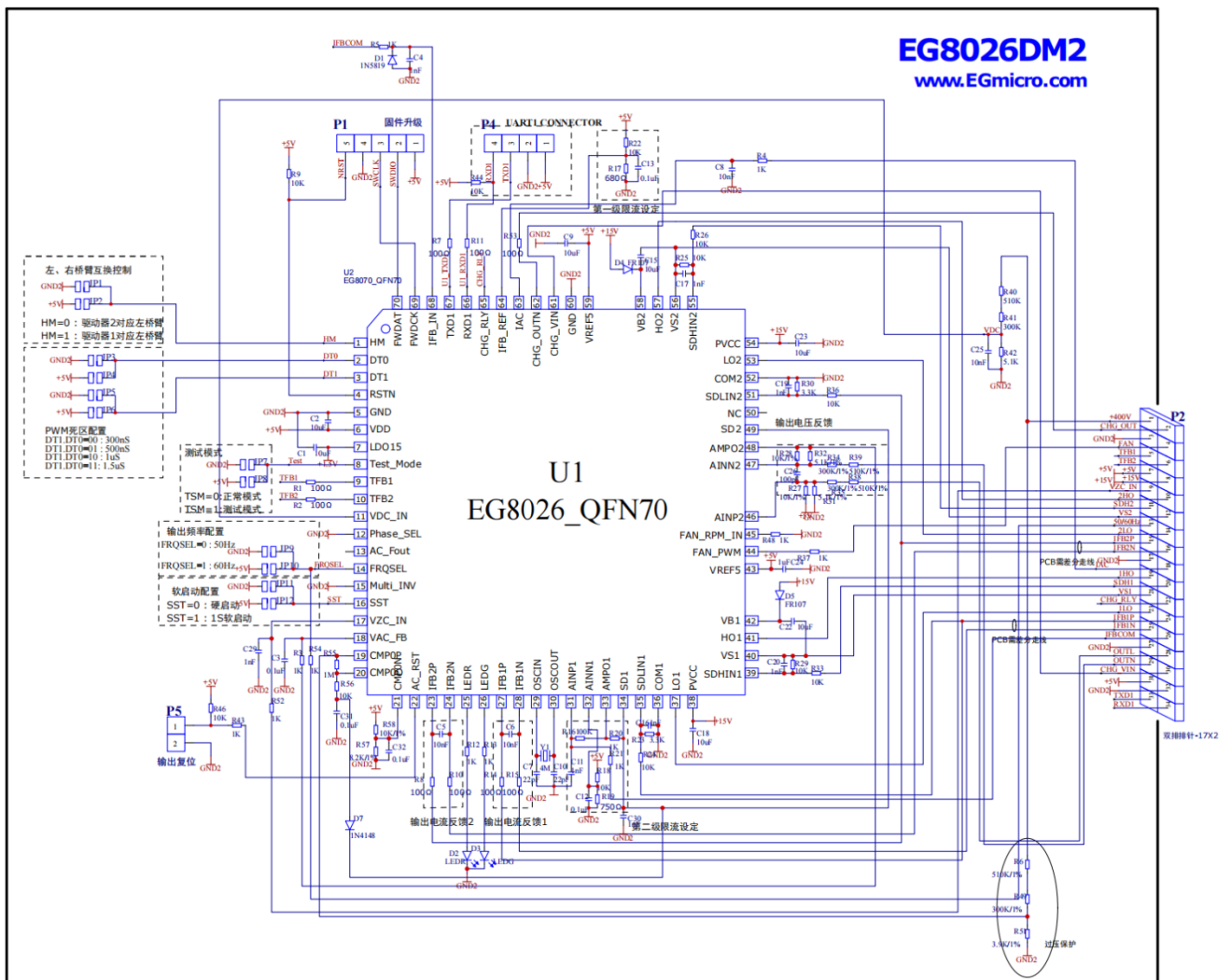


图 6-4. EG8026 控制板原理图

7. 电气特性

7.1 极限参数

无另外说明，在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 条件下

| 符号 | 参数名称 | 测试条件 | 最小 | 最大 | 单位 |
|----------------|---------------|------------------------|---------|--------|--------------------|
| VDD3、VDDA | 电源 | VDD3、VDDA 引脚相对 GND 的电压 | -0.3 | 4.0 | V |
| VDD12 | 驱动器电源 | VDD_12V 引脚相对 GND 的电压 | -0.3 | 20 | V |
| VB1、VB2 | 自举高端 VB 电源 | - | -0.3 | 600 | V |
| VS1、VS2 | 高端电源 | - | VB -20 | VB+0.3 | V |
| HO1、HO2 | 高端驱动输出 | - | VS -0.3 | VB+0.3 | V |
| LO1、LO2 | 低端驱动输出 | - | -0.3 | VDD12 | V |
| SDHIN1, SDHIN2 | 高端 SD 比较器输入正端 | - | VS-0.3 | VS+5 | V |
| SDLIN1, SDLIN2 | 低端 SD 比较器输入正端 | - | -0.3 | 5.5 | V |
| SD1, SD2 | SD 逻辑控制输入 | - | -0.3 | 5.5 | V |
| HIN1、HIN2 | 高通道逻辑信号输入电平 | - | -0.3 | VDD12 | V |
| LIN1、LIN2 | 低通道逻辑信号输入电平 | - | -0.3 | VDD12 | V |
| I/O | 普通输入输出端口 | 普通 I/O 引脚对 GND 的电压 | -0.3 | 4.0 | V |
| Isink | 输出引脚的最大输出灌电流 | - | - | 25 | mA |
| Isource | 输出引脚的最大输出拉电流 | - | - | -25 | mA |
| T_A | 环境温度 | - | -40 | 105 | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{str} | 储存温度 | - | -65 | 125 | $^{\circ}\text{C}$ |

注：超出所列的极限参数可能导致芯片内部永久性损坏，在极限的条件长时间运行会影响芯片的可靠性。

7.2 典型参数

无另外说明, 在 TA=25°C, OSC=8MHz

| 符号 | 参数名称 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|---------------------|-------------|--------------|-----|-------|-----|----|
| VDD3、VDDA | 电源 | - | 2.4 | 3.3 | 3.6 | V |
| VDD12 | 驱动器电源 | - | 10 | 12 | 18 | V |
| Ivdd12 | VDD12 静态电流 | VDD12=12V | - | 1 | 1.5 | mA |
| Ivdd3 + Ivdda | VDD 静态电流 | VDD=3.3V | - | 5 | 20 | mA |
| 内部高压 MOS 驱动器 | | | | | | |
| VB1-VS1, VB2-VS2 | 高端驱动器供电电源 | VB 相对 VS 端电压 | 10 | 12 | 18 | V |
| SDHIN1, SDHIN2 | 高端电流比较器内部基准 | 相对 VS 电压 | - | 200 | - | mV |
| SDLIN1, SDLIN2 | 低端电流比较器内部基准 | 相对 COM 端电压 | - | 200 | - | mV |
| SD1, SD2 | SD 逻辑控制输入 | 相对 GND 的电压 | 0 | - | 5 | V |
| IO+ | IO 输出拉电流能力 | - | 1.8 | 2 | - | A |
| IO- | IO 输出灌电流能力 | - | 2 | 2.5 | - | A |
| 反馈 | | | | | | |
| VFB_HDC | 峰值反馈基准电压 | - | - | >3.0 | - | V |
| BATUV | 电池欠压保护 | - | - | <1.6 | - | V |
| BATOV/CV | 电池过压保护 | - | - | >2.5 | - | V |
| IFB_HV | 电流保护基准电压 | - | - | >0.6 | - | V |
| | 过流检测延时时间 | - | - | 10 | - | mS |
| | 风扇开启电压 | - | - | >0.1 | - | V |
| SW_VIN | 开关机键电压检测 | - | - | >1 | - | V |
| TFBI_DC | 过温保护值 | - | - | <1.15 | - | V |
| | 退出过温保护值 | - | - | >1.28 | - | V |
| | 风扇开启值 | - | - | <2.3 | - | V |

| | | | | | | |
|--|------------------|----------------------|------|------|-----|-----|
| | 风扇关闭值 | - | - | >2.4 | - | V |
| 功能设置 | | | | | | |
| FADJ | FADJ 脚输入电压范围 | - | 0 | - | 3.3 | V |
| | 对应 PWM 频率 | - | 40 | - | 150 | KHz |
| CHG_ISET | CHG_ISET 脚输入电压范围 | - | 0 | - | 3.3 | V |
| | 对应充电电流 | Rsense=1mΩ, A=10 | 0 | - | 165 | A |
| UART 通讯口 | | | | | | |
| RXD1, TXD1 RXD2, TXD2 | Vin(H) 输入高电位 | VDD3=3.3V, IOH=-10mA | 2.3 | 3.3 | - | V |
| | Vin(L) 输入低电位 | VDD3=3.3V, IOL=10mA | - | 0 | 0.5 | V |
| 控制模块和指示模块 | | | | | | |
| LEDR, LEDG, Beep, FAN_OUT, SWHLD_OUT | Vout(H) 输出高电位 | VDD=3.3V, IOH=-10mA | 2.3 | 3.3 | - | V |
| | Vout(L) 输出低电位 | VDD=3.3V, IOL=10mA | - | 0 | 0.3 | V |
| FADJ, HVPWMEN, LVPWMEN, DTO、DT1, Test_Mode | Vin(H) 输入高电位 | VDD=3.3V | 2.3 | 3.3 | - | V |
| | Vin(L) 输入低电位 | VDD=3.3V | -0.3 | 0 | 0.5 | V |

8. 应用设计

8.1 双向逆变器的主拓扑结构

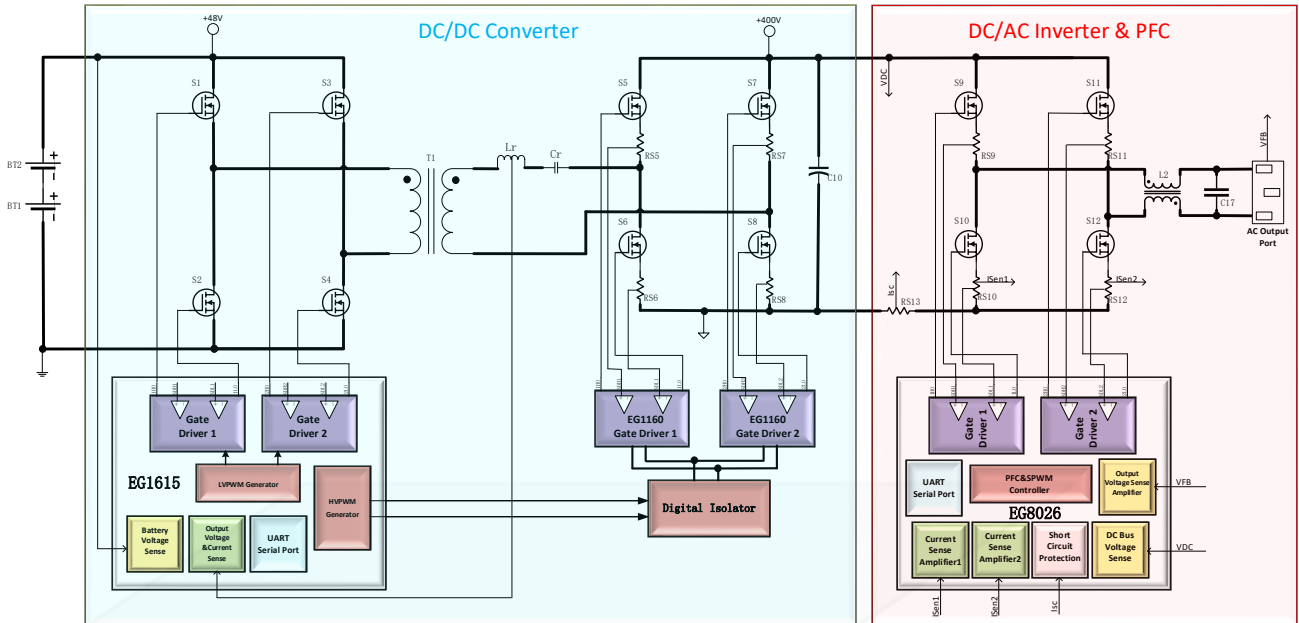


图 8.1 EG1615 双向逆变器的主拓扑图

屹晶微开发的双向逆变器方案的主拓扑采用了三有源桥 (Triple Active Bridge-TAB) 电路结构如图 8.1 所示。

图中 EG1615 芯片是负责控制 DC/DC 转换部分，采用了 LC 谐振型双有源桥 (DAB) 拓扑结构，电路如图 8.1 中的 DC/DC Converter 部分，能实现能量的双向传输，作逆变升压时，实现将电池的低压直流电压转换为高压直流电压，供后级 DC/AC 逆变所需的高压；作充电器降压时，实现将市电经 PFC 升压后的高压直流电压转换为低压直流电压，供电池充电所需的恒压恒流充电，结合 LC 谐振参数和 PWM 工作频率的匹配，DC/DC 级可实现开关管的软开关控制。

图中 EG8026 芯片是负责控制 DC/AC 逆变和 PFC 升压部分，作 DC/AC 逆变时，EG8026 采用了中间对齐 PWM 调制方式，调制频率为 20KHz，该调制方式的优点是 H 桥上开关管的频率为 20KHz，输出电感和输出电容上的开关频率是 PWM 频率的二倍 (40KHz)，跟传统逆变器的单极性或双极性调制方式相比，在相同功率下，MOS 管或 IGBT 管上的开关损耗相同，作用在输出电感和电容上的频率是传统的 2 倍，这种调制方式可以降低电感的体积和线径；作 PFC 升压时，EG8026 采用了传统型无桥 PFC 电路结构，有源桥的两路下管开关管 S10 和 S12 做 PWM 调制，两路上管开关管 S9 和 S11 用内部的体二极管做同步续流，调制频率为 20KHz，控制上采用了平均电流控制算法。

8.2 LC 谐振参数

如图 8-1 所示的电路结构，谐振电路由 L_r 和 C_r 组成串联谐振，谐振频率根据公式 $f=1/[2\pi\sqrt{L_rC_r}]$ ，其中 L_r 是包括变压器的漏感，调整 PWM 频率等于 LC 谐振频率，使其对应到 L_r , C_r 谐振点上，目的使其 S1、S2、S3 和 S4 开关管工作在 ZCS 软开关开启和关断，来实现高频率、高效率等应用场合， L_r 的选取需采用低磁导率抗饱和和能力强的磁环如铁硅铝磁环， C_r 的选取需使用能承受大电流、高电压和温升低的电容如 MMKP 材质的电容。

8.3 开、关机按键自锁电路

为了实现电池端零功耗电压采样及无自锁按键开、关机功能，EG1615 使用了 3 个主要引脚来实现该功能，分别为引脚 44 (SW_VIN)、引脚 60 (CHGON_IN) 和引脚 14 (SWHLD_OUT)，电路结构如图 8.2 所示。

引脚 44 (SW_VIN) 用来做按键的动作检测，当该引脚电压大于 1V 时，判断为有按键动作信号输入，该脚内部做了 10ms 的防抖滤波处理。

引脚 14 (SWHLD_OUT) 用来做开关自锁信号输出，当 SW_VIN 的信号判断为有效时，SWHLD_OUT 将输出高电平用于自锁开关电路，当再次按键 SW_VIN 信号有效时，SWHLD_OUT 将输出低电平用于关闭自锁电路。

引脚 60 (CHGON_IN) 用来做充电时激活 SWHLD_OUT 输出及电池采样信号。

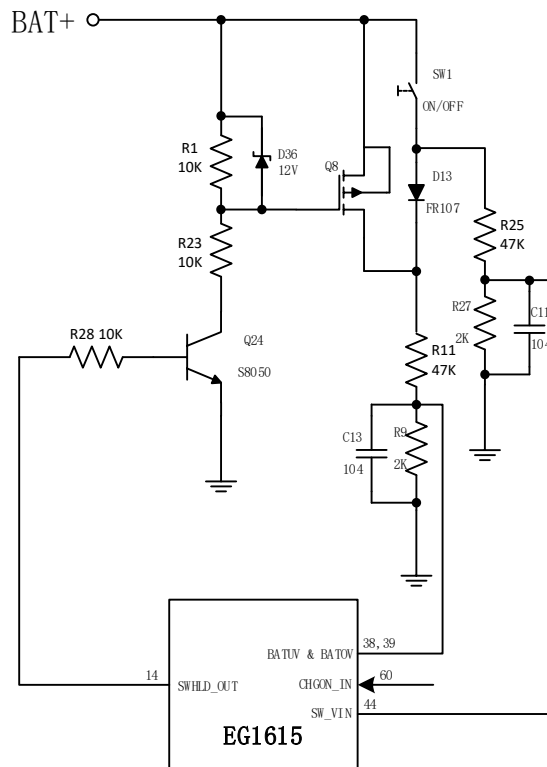


图 8.2 无自锁按键开、关机电路

8.4 逆变时蓄电池欠压关断、欠压蜂鸣

当双向逆变器工作在逆变模式时，为了防止蓄电池过放引起的损坏，EG1615 芯片内置了蓄电池电压检测电路，提供了蓄电池欠压蜂鸣报警和蓄电池欠压关断两种保护功能，如图 8.3 所示，利用 EG1615 的 38 脚外接分压电阻来实现蓄电池的电压检测，芯片内部的欠压关断电压比较值为 1.60V，欠压报警电压比较值为 1.65V，欠压释放电压比较值为 1.75V。

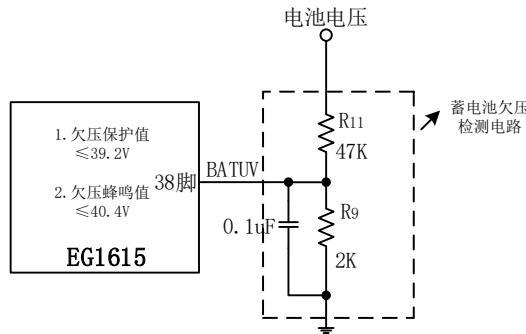


图 8.3 EG1615 蓄电池欠压检测电路

图 8.3 为 13 串锂电池应用推荐的外接分压电阻值，R11（47K）和 R9（2K）组成 40.4V 的欠压蜂鸣报警及 39.2V 的欠压关断保护功能。如需修改到其他的欠压保护值，可以参考公式 $U_{BATUV} = (1 + R11/R9) \times 1.60V$ ，其中 U_{BATUV} 为电池欠压保护值，例如 7 电池串锂电池应用中，希望蓄电池欠压关断值为 21V，按上述的公式，可以先选取 R9 为 2K，再求出 R11 为 24.25K。

8.5 逆变时蓄电池过压关断和充电时电池电压采样

当双向逆变器工作在逆变模式时，为了防止不匹配的蓄电池接入逆变器时，过高的电压开启而损坏逆变器，EG1615 芯片内置了蓄电池过压关断及蜂鸣报警保护功能，如图 8.4 所示，利用 EG1615 的 39 脚外接分压电阻来实现蓄电池的过压检测，芯片内部的过压关断和报警电压比较值为 2.5V。

图 8.4 为 13 串锂电池应用推荐的外接分压电阻值，R13（47K）和 R15（2K）组成 61.25V 的过压关断和过压蜂鸣报警，如需修改到其他的过压保护值，可以参考公式 $U_{BATOV} = (1 + R13/R15) \times 2.5V$ ，其中 U_{BATOV} 为电池过压保护值，例如 7 电池串锂电池应用中，希望蓄电池过压关断值为 30V，按上述的公式，可以先选取 R15 为 2K，再求出 R13 为 22K。

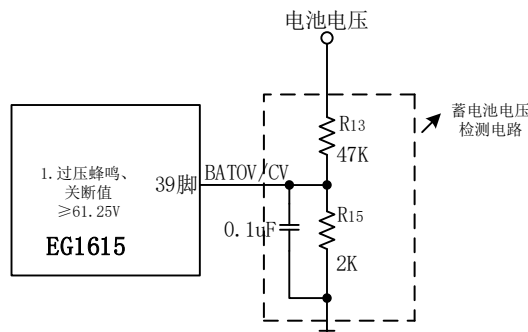


图 8.4 EG1615 蓄电池过压检测电路

当双向逆变器工作在充电模式时，EG1615 的 39 脚用来做电池电压采样和恒压段反馈引脚，恒压段 CV 内部基准电压值为 2.4V，设定时可参考公式 $U_{BATCV} = (1 + R13/R15) \times 2.4V$ ，其中 U_{BATCV} 为恒压充电的电压值，如图 8.4 的参数，可得出恒压的电压值为 $U_{BATCV} = 58.8V$ ，如需微调 CV 恒压值，可通过增加一个电阻与 R13 串

联进行微调, 当调整分压电阻比例后, 会引起电池过压保护值偏离, 一般情况下, 过压保护是为了防止不匹配的蓄电池接入逆变器, 微调的电压值一般不影响逆变器的整体性能。如果不希望通过改硬件参数去调整 CV 恒压值, 屹晶微公司提供了上位机软件, 供用户修改 CV 恒压值, 用户可以到我司的网站上或联系我们, 下载相应的上位机软件。

8.6 IFB_BAT 电池端电流检测和充电时恒流值反馈

EG1615 采用了高精度合金电阻采样电池端电流, 电路结构如图 8.5 所示, RS1 电阻上的电流经外部运放 10 倍增益放大后, 送入 EG1615 的引脚 43 进行电流检测及各项功能处理。

IFB_BAT 引脚实现的主要功能有充电电流和放电电流的检测, 充电恒流值 CC 的设定, 充电时低压侧 H 桥同步续流开启的条件设定及逆变时高压侧 H 桥同步续流开启的条件设定。

在充电电流和放电电流检测时, EG1615 将采样的电流用来做功率计算和保护、风扇开启和关闭、同步续流的开启和关闭。

当工作在充电模式时, EG1615 内部的电流恒流环将一直有效, IFB_BAT 引脚的内部恒流基准值由引脚 62 脚 CHG_ISET 设定 (EG1615 自动抵消直流偏移量 1.65V), 恒流电流值设定可参考公式 $I_{charge} = (CHG_ISET) / 10 / R_s$, 如图 8.5 所示的参数, RS 选用 $1m\Omega$, 电位器调整到 CHG_ISET 的电压为 500mV, 可得充电电流 $I_{charge} = 50A$, 该值比较适合 48V/2KW 或 24V/1KW 的应用。

下列为运放的配置计算公式供参考:

第一步、计算直流偏移量: $V_{out_DC} = \frac{R_{59}}{R_{56} + R_{59}} \times 3.3V = 20K / 40K \times 3.3V \approx 1.65V$ (参考图 8.2a)

第二步、计算运放放大倍数: $A = (R_{50} // R_{51}) / (R_{61}) = 10$

第三步、计算运放的输出电压: $V_{out} = V_{out_DC} + A * V_{in}$ (V_{in} 为采样电阻 RS1 上的电压)

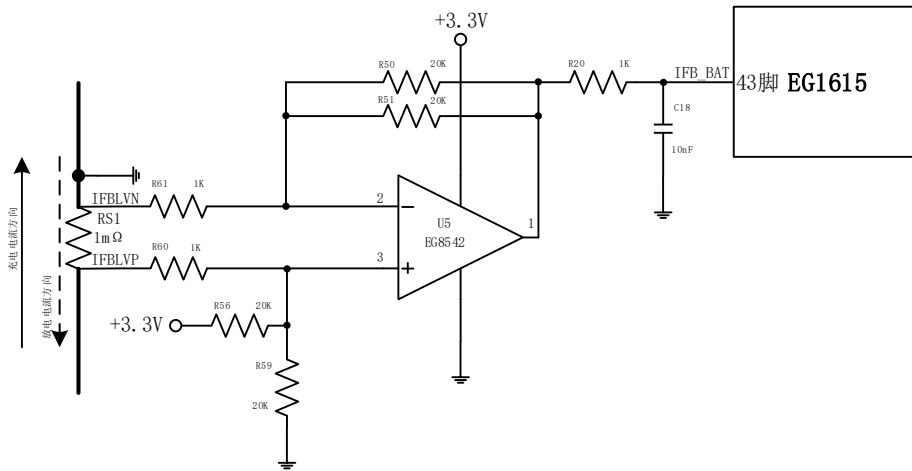


图 8.5 EG1615 电池端电流检测电路

PCB 走线时 IFBLVP、IFBLVN 需走差分信号线, 最大电流的计算为: $I_{max} = (3300mV - 1650mV) / 10 / R_s$ 如 R_s 选 0.001Ω 时, 可得出最大电流 $I_{max} = 1650mV / 10 / 0.001\Omega = 165A$ 。

应用时, IFB_BAT 脚不能做悬空或接地处理, 必须要严格按照 8.5 章节的接法, 否则会影响充电恒流功能、同步续流、功率保护等功能, 严重时导致烧器件等风险。

8.7 CHG_ISET 充电电流设定

EG1615 引脚 CHG_ISET (62 脚) 是用于设定恒流充电电流大小, 电路如图 8.6 所示, CHG_ISET 引脚的输入电压从 0~3.3V 变化, 对应的充电电流可参考 8.6 节中公式描述。

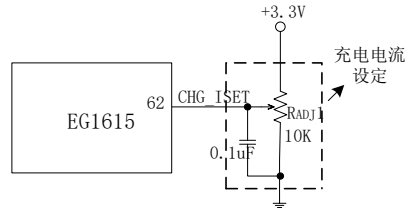


图 8.6 EG1615 充电电流设定

8.8 IFB_HV 高压侧过流保护

EG1615 采用了变压器次级电流检测方式来实现过流保护关断功能, 电路结构采用电流互感器, 如图 8.7 所示, T2 次级的输出电压经 D23~D26 整流后给负载电阻 R32, 此电压提供到 EG1615 的 40 脚 IFB_HV 做过流判断, 当 IFB 脚电压大于 0.6V 时, 过流保护动作, 关闭 MOS 管输出。

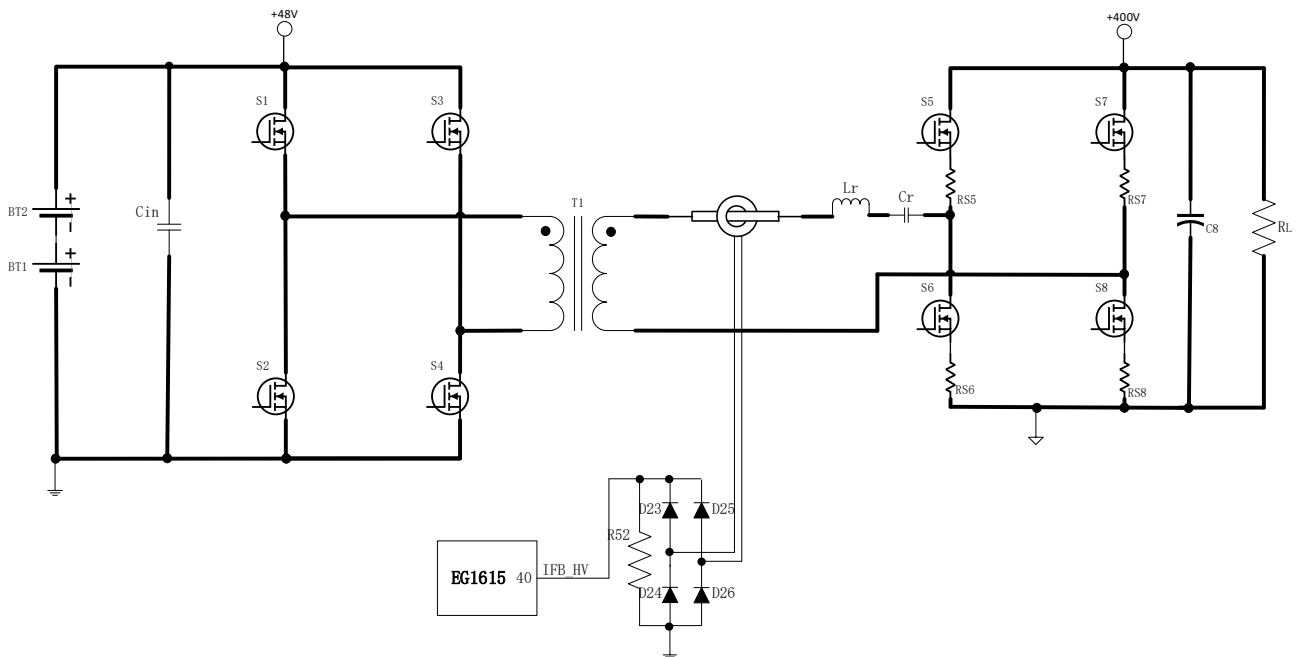


图 8.7 EG1615 过流检测电路

8.9 低压侧同步续流

作降压充电时，低压侧 H 桥将负责低压侧整流输出，为了支持大电流快充功能，EG1615 集成了低压侧自动同步续流功能，同步续流的开启和关闭由 IFB_BAT 引脚的电压决定，当工作在充电模式时，只要检测到 IFB_BAT 引脚大于 50mV，EG1615 将开启低压侧同步续流来提高转换器的效率，同时做了 20mV 的迟滞电压，为了防止开启附近的振荡现象。

8.10 TFB1_DC 温度检测反馈

EG1615 引脚 TFB1_DC 是测量逆变器的工作温度，主要用于过温保护，电路结构如图 8.8 所示，NTC 热敏电阻 RT3 和测量电阻 R62 组成一个简单的分压电路，分压值随着温度值变化而变化数值，这个电压的大小将反映出 NTC 电阻的大小从而得到相应的温度值。NTC 选用 25°C 对应阻值 10K (B 常数值为 3950) 的热敏电阻，TFB1_DC 引脚的过温电压设定在 1.15V，当 TFB1_DC < 1.15V 发生过温保护时，LVPWM1 和 LVPWM2 输出低电平去关闭功率 MOSFET。当 TFB1_DC > 1.28V，EG1615 将退出过温保护，逆变器正常工作。当 R62 阻值选用 2K 时，对应的过温保护是 85 度，退出过温保护是 80 度。如果不使用过温保护功能，该引脚需要被上拉到 3.3V。

同时 TFB1_DC 引脚具有风扇开启和关闭功能，当 TFB1_DC 脚电压小于 2.3V，对应的温度为大于 45 度时风扇将开启，当 TFB 脚电压大于 2.4V，对应的温度为小于 40 度时风扇将关闭。

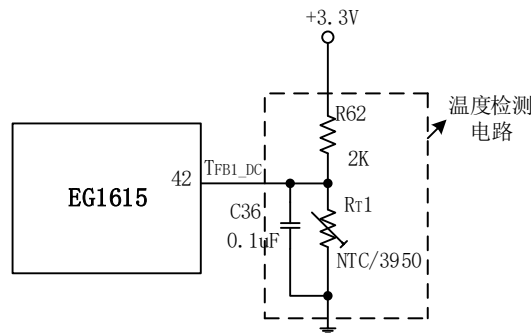


图 8.8 EG1615 温度检测电路

8.11 VFB_HDC 高压侧母线直流电压反馈

EG1615 引脚 VFB_HDC (42 脚) 是用于作逆变升压时高压侧的母线直流电压反馈, VFB_HDC 采用了欠闭环控制方式即空载时最高电压限制及带载时开环输出, 当 VFB_HDC 引脚的电压超过 3V 且在空载模式下, EG1615 将进入打嗝模式来限制输出电压, 可有效防止空载时电压过高而导致烧器件现象, 当工作在带载模式下, EG1615 将进入开环模式, VFB_HDC 引脚将无效, 不做反馈处理。作降压充电时, VFB_HDC 引脚的功能同样无效, 不做任何处理。

图 8.9 为高压侧母线直流电压反馈电路, TL431 的 1 脚 Ref 内部基准电压值为 2.5V, 设定最高输出电压时可参考公式 $U_{HVMAX}=[1+(R60+R64)/(R67//R68)] \times 2.5V$, 其中 U_{HVMAX} 为最高输出电压值, 如图 8.9 的参数, 可得出最高输出电压值为 $U_{HVMAX}=420V$ 。

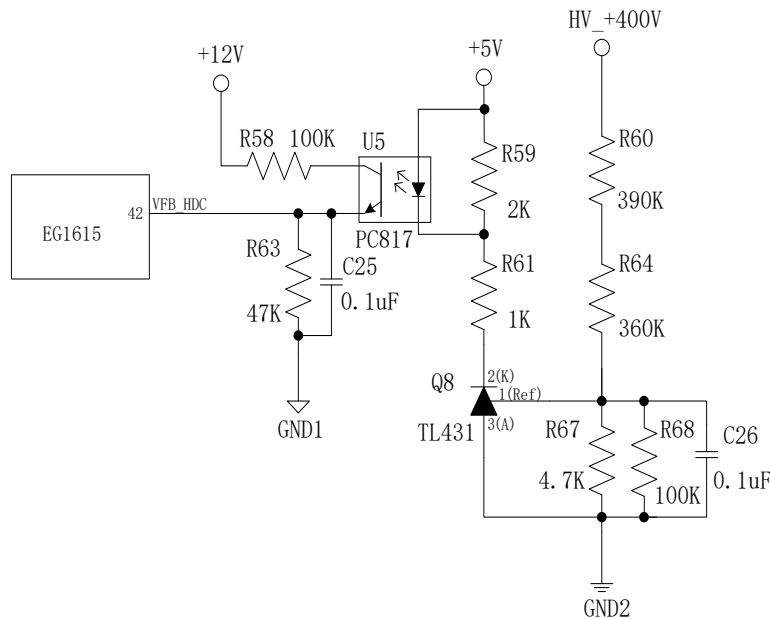


图 8.9 EG1615 VFB_HDC 高压侧母线直流电压反馈电路

8.12 频率设定

EG1615 引脚 FADJ (64 脚) 是用于设置 DC/DC 级 PWM 输出频率, 可调频率电路如图 8.10 所示, FADJ 引脚的输入电压从 0~3.3V 变化, 对应的输出频率从 40KHz~150KHz 变化, 可用公式: $f(\text{KHz})=40+(150-40) \times F_{adj} / 3.3V$ 参考计算。应用于推挽或全桥准谐振软开关变换器中, 需要调整 PWM 工作频率到对应到 LC 谐振点上, 实现零电流软开关切换, 使 MOS 管上的尖峰电压达到最小。

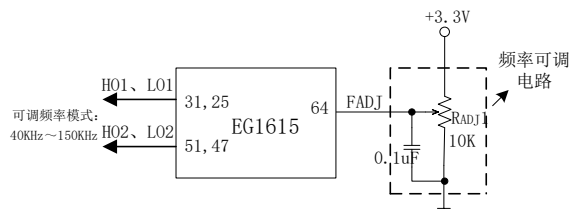


图 8.10 EG1615 频率调节电路

8.13 死区时间

EG1615 芯片的引脚 DT1, DT0 是控制死区时间, 死区时间控制是功率 MOS 管的重要参数之一, 如果无死区时间或太小会导致上下功率 MOS 管同时导通而烧毁 MOS 管现象, 如果死区太大会导致波形失真及功率管发热严重现象, 图 8.11 为 EG1615 内部死区控制时序, 如图所示引脚 DT1, DT0 去设置 4 种死区时间, “00” 是 300nS 死区时间, “01” 是 500nS 死区时间, “10” 是 1uS 死区时间, “11” 是 1.5us 死区时间。

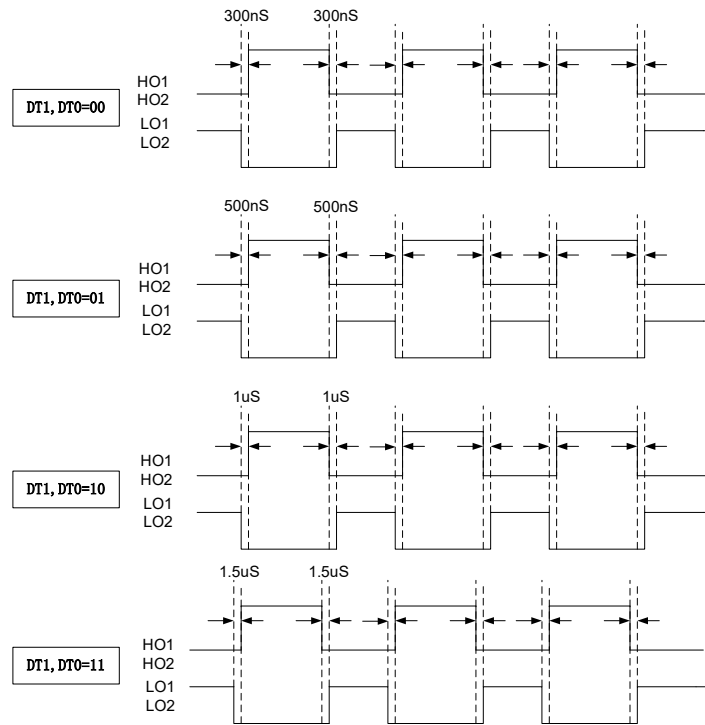


图 8.11 HO1、HO2 和 LO1、LO2 死区时间

8.14 FAN 风扇控制

EG1615 引脚 FAN_OUT (17 脚) 是用于控制风扇的开启和关断, 如图 8.12 所示, 外接一个 D882 三极管和 330Ω 基极电阻来驱动大电流风扇。

风扇的开启条件如下, 任何一项条件满足都能开启风扇, 关闭时需要全部条件达到才会关闭:

- IFB_BAT 脚电压大于 50mV, IFB_BAT > 50mV, 风扇开启;
- IFB_HV 脚电压大于 0.1V, IFB_HV > 0.1V, 风扇开启;
- 当 TFB1_DC 脚电压小于 2.3V, TFB1_DC < 2.3V, 风扇开启;

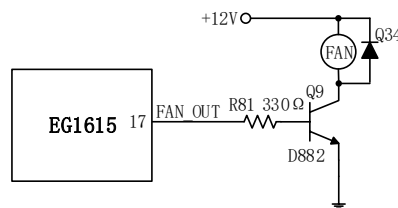


图 8.12 FAN 风扇控制输出

8.15 Beep 蜂鸣器控制

EG1615 引脚 Beep（9 脚）是用于控制蜂鸣器的报警，如图 8.13 所示，外接一个 S8050 三极管和 1K 的基极电阻来驱动蜂鸣器。当 BATUV 脚检测到蓄电池欠压时，Beep 脚输出高电平使蜂鸣器长鸣；当 BATOV 脚检测到蓄电池过压时，Beep 脚输出高电平 3 秒低电平 1 秒循环；当 TFB1_DC 脚检测到过温时，Beep 脚输出 2 个 0.25 秒高电平 1 秒循环；当 IFB_HV 检测过流时，Beep 脚输出 3 个 0.25 秒高电平 1 秒循环。

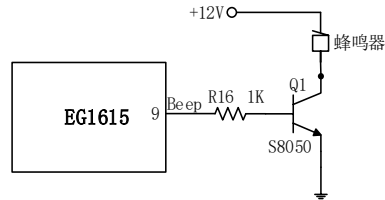


图 8.13 蜂鸣器控制输出

8.16 LED 运行及故障指示

作逆变器工作时的 LED 指示

- 绿灯 LED 长亮、红灯 LED 长灭：该状态指示逆变器正常运行输出，无故障。
- 红灯 LED 闪烁、绿灯 LED 长灭：该状态指示逆变器进入故障保护模式，可根据 LED 闪烁次数判断故障类型。红灯 LED 具体定义如下：
 - ◇ 正常：长灭
 - ◇ 过流：闪烁 2 下，灭 2 秒，一直循环
 - ◇ 过压：闪烁 3 下，灭 2 秒，一直循环
 - ◇ 欠压：闪烁 4 下，灭 2 秒，一直循环
 - ◇ 过温：闪烁 5 下，灭 2 秒，一直循环

作充电器工作时的 LED 指示

- 红灯 LED 长亮、绿灯 LED 长灭：该状态指示充电进行中。
- 绿灯 LED 长灭、红灯 LED 长灭：该状态指示充满电。

8.17 高压侧 PWM 使能和低压侧 PWM 使能控制

EG1615 支持高压侧和低压侧 PWM 独立使能控制，HVPWMEN 是高压侧 H 桥的 PWM 使能控制脚，该脚主要用于开启或屏蔽降压充电的相关功能，“1”是启动 HVPWMx 输出，“0”是关闭 HVPWMx 输出，当关闭 HVPWMEN 使能脚时，充电功能将无效；LVPWMEN 是低压侧 H 桥的 PWM 使能控制脚，该脚主要用于开启或屏蔽逆变升压的相关功能，“1”是启动 LVPWMx 输出，“0”是关闭 LVPWMx 输出，当关闭 LVPWMEN 使能脚时，逆变升压功能将无效，但充电同步续流的功能仍有效。

8.18 高压侧 MOS 管峰值电流保护

MOS 管峰值电流保护电路，电路结构如图 8.14 所示，采用 EG1160 的内部比较器正极作输入和负极内置 200mV 的基准源做电流检测。

当设定 MOS 管的峰值电流保护值时，下列的计算公式供参考设计：

MOS 管 S5 的峰值电流保护值为： $I_{s5_peak} = 200mV * (1 + R26/R25) / RS5$

比如如图 8.14 所示的参数， $R26 = 10K$ ， $R25 = 4.7K$ ， $RS5 = 5m\Omega$ 时，

$I_{s1_peak} = 200mV * (1 + 10K/4.7K) / 5m\Omega = 62.5A$

MOS 管 S6 的峰值电流保护值为： $I_{s6_peak} = 200mV * (1 + R36/R30) / RS6$

比如如图 8.14 所示的参数， $R36 = 10K$ ， $R30 = 4.7K$ ， $RS6 = 5m\Omega$ 时，

$I_{s2_peak} = 200mV * (1 + 10K/4.7K) / 5m\Omega = 62.5A$

MOS 管 S7 的峰值电流保护值为： $I_{s7_peak} = 200mV * (1 + R33/R29) / RS7$

比如如图 8.14 所示的参数， $R33 = 10K$ ， $R29 = 4.7K$ ， $RS7 = 5m\Omega$ 时，

$I_{s7_peak} = 200mV * (1 + 10K/4.7K) / 5m\Omega = 62.5A$

MOS 管 S8 的峰值电流保护值为： $I_{s8_peak} = 200mV * (1 + R24/R23) / RS8$

比如如图 8.14 所示的参数， $R36 = 10K$ ， $R30 = 4.7K$ ， $RS8 = 5m\Omega$

$I_{s8_peak} = 200mV * (1 + 10K/4.7K) / 5m\Omega = 62.5A$

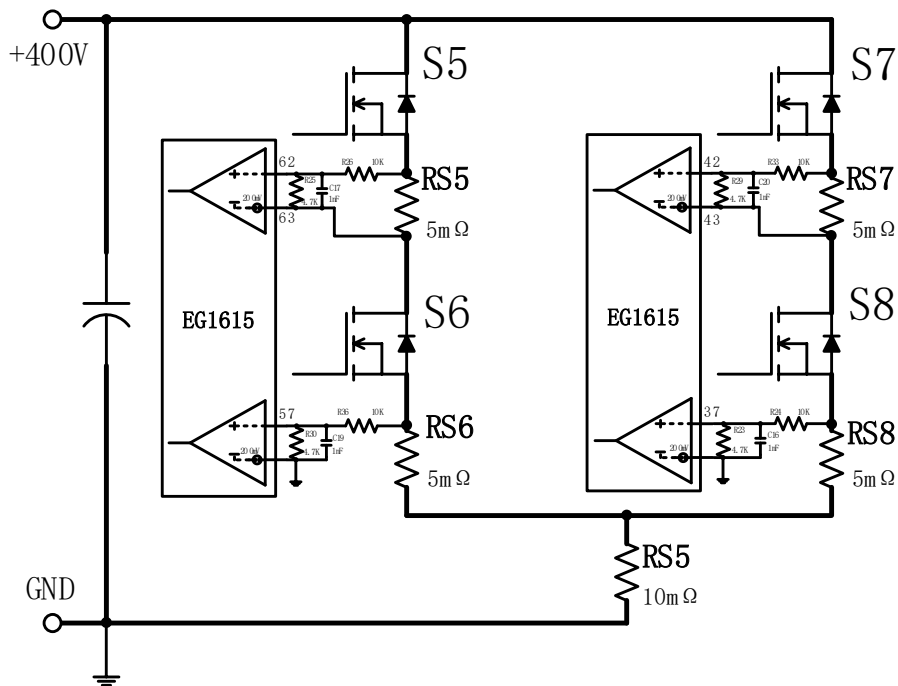


图 8.14 高压侧 MOS 管峰值电流保护电路

9. 通讯功能 (UART)

9.1 串口描述

注意： 串口功能不断升级更新，请关注官网最新版本串口通信协议。

串口配置： (9600. 8. N. 1)
 波特率：9600
 数据位：8 位
 校验位：无
 停止位：1

通讯功能：

EG1615 有 2 个串口：UART1 和 UART2。

UART1： 主要负责与 EG8026 通讯。

- URAT1_TX：设定 EG8026 的 PFC 电压、电流、使能。
- URAT1_RX：获取 EG8026 的运行参数，包含电压、电流、温度、故障等信息。

UART2： 负责与外部操作面板或 PC 端上位机软件通讯。读取系统信息，修改系统配置。

- URAT1_TX：向外部发送 EG1615 和 EG8026 的运行参数，包含电压、电流、温度、故障等信息。
- URAT1_RX：接收面板或上位机的指令。

串口通讯功能分为 APP 功能和 CFG 功能两部分。APP 功能为正常应用功能，包含芯片主动发送状态消息，和接收外部控制命令的功能。CFG 功能为高级配置功能，主要实现芯片的工作模式配置、参数校准等功能。APP 功能通常应用在逆变系统工作时，而 CFG 功能通常应用在逆变系统停机状态下。通过 CFG 功能配置的参数，会存储在芯片内部的 FLASH 空间中，在芯片上电时自动加载。

9.2 UART1

UART1 主要负责与 EG8026 通讯。设定 EG8026 的 PFC 电压、电流、使能。并获取 EG8026 的运行参数，包含电压、电流、温度、故障等信息。

9.2.1 UART1 发送

EG1615 运行时，会间隔 1S 向 EG8026 发送 PFC 控制信号，控制 PFC 的电压、电流和使能。主要应用于充电模式下。当充电模式时，恒流段的充电电流和恒压段的充电电压，都是通过设定 PFC 电压、电流来实现。

PFC 设定命令：

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x2F | 0x03 | 0x00 | EN | VsetH | VsetL | IsetH | IsetL | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

EN: PFC 使能

EN=0, 关闭 PFC 输出, 剩余 IGBT 体二极管自然整流。

EN=1, 开启 PFC 输出, PFC 电压和电流由 Vset 和 Iset 设定。

Vset: PFC 电压值设定

Vset 为 16 位无符号数, VsetH 为高字节, VsetL 为低字节。单位是 0.1V。

例: Vset = 4200, 表示 PFC 设定的直流输出电压为 420.0V

Iset: PFC 限流值设定

Iset 为 16 位无符号数, IsetH 为高字节, IsetL 为低字节。单位是 0.01A。

例: Iset = 1000, 表示 PFC 设定的限流值为 10.00A

注意:

PFC 设定的电流无法准确对应交流输入电流的有效值, 但总体来说, 设定的电流值越大, PFC 的输出功率上限越大。因为 EG8026 应用中, PFC 模式和逆变模式共用电感和 IGBT 功率管, 所以 PFC 的 PWM 频率为 20KHz, 导致 PFC 在小功率时工作在断续模式, 大功率时连续模式但电流锯齿纹波较大。

PFC 限流值需要根据实际的电路设定, 在我们典型应用中, Iset=1000, 实际交流输入电流有效值约为 5A, PFC 功率在 1100W 附近。

PFC 限流值可通过 EG1615 的 Iset 引脚设定。0-3.3V 对应 200-1800, 200 为下限值, 1800 为上限值。当 Iset 引脚设定电压为 1.8V 时, 对应的 Iset 值约为 1000。UART1 会周期发送这个电流值给 EG8026。

9.2.2 UART1 接收

UART1 会接收 EG8026 的 APP 消息。获取 EG8026 的电压、电流、温度、故障等参数。

此消息由 EG8026 周期发送, EG1615 接收解析。

EG8026 状态消息:

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x55 | VacH | VacL | IacH | IacL | VdcH | VdcL | PrdH | PrdL | Tigt | Error | Tpcb | PwrH | PwrL | CRC16 | |

Vac: 交流电压

Vac 为 16 位无符号数, VacH 为高字节, VacL 为低字节。单位是 0.1V。

例: Vac= 2200, 表示当前 AC 电压有效值为 220.0V

Iac: 交流电流

Iac 为 16 位无符号数, IacH 为高字节, IacL 为低字节。单位是 0.01A。

例: Iac= 550, 表示当前 AC 电流有效值为 5.50A

Vdc: 直流母线电压

Vdc 为 16 位无符号数, VdcH 为高字节, VdcL 为低字节。单位是 0.1V。

例: Vdc= 3950, 表示当前直流母线电压平均值为 395.0V

Prd: 正弦波周期

Prd 为 16 位无符号数, PrdH 为高字节, PrdL 为低字节。单位是 1us。

例: Prd= 20000, 表示当前 AC 正弦波周期为 20ms, 频率为 50Hz

Tigt: IGBT 温度

Tigt 为 8 位有符号数, 范围-40 ~ 127。单位是℃。

例: Tigt = 25, 表示当前温度为 25℃

例: Tigt = -40(0xD8), 表示当前温度为-40℃

Error: 故障代码

- EN (bit7): 使能关闭
- OT (bit6): 过温
- RES (bit5): 输入过压
- RES (bit4): 输入欠压
- OVo (bit3): 输出过压
- UVo (bit2): 输出欠压
- OL (bit1): 过载
- SC (bit0): 短路

Tpcb: PCB 温度

Tpcb 为 8 位有符号数, 范围-40 ~ 127。单位是℃。

例: Tpcb = 25, 表示当前温度为 25℃

例: Tpcb = -40(0xD8), 表示当前温度为-40℃

Pwr: 交流有功功率

Pwr 为 16 位无符号数, PwrH 为高字节, PwrL 为低字节。单位是 1W。

例: Pwr= 1245, 表示当前 AC 输出有功功率为 1245W

9.3 UART2

UART2 主要负责与外部操作面板或 PC 端上位机软件通讯。读取系统信息, 修改系统配置。包括向外部发送 EG1615 和 EG8026 的运行参数, 包含电压、电流、温度、故障等信息。接收面板或上位机的指令, 设定系统参数配置。

9.3.1 UART2 发送

芯片上电后, 会间隔 100ms 周期持续向外部发送状态消息, 长度为 32 个字节。

EG1615 状态消息:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
| 0x55 | VacH | VacL | IacH | IacL | VdcH | VdcL | PrdH | PrdL | Tigt | Error | Tpcb | PwrH | PwrL | VbuvH | VbuvL |
| Byte16 | Byte17 | Byte18 | Byte19 | Byte20 | Byte21 | Byte22 | Byte23 | Byte24 | Byte25 | Byte26 | Byte27 | Byte28 | Byte29 | Byte30 | Byte31 |
| VbatH | VbatL | IbatH | IbatL | VhvH | VhvL | FpwmH | FpwmL | State | Error | Tpcb | IhvH | IhvL | SW | CRC | |

Byte1 - BYTE13 为转发的 EG8026 的 APP 消息, 参见 [10.2.1 USART1](#) 接收的描述。

Byte14 - BYTE29 为 EG1615 状态消息。

Byte30 - BYTE31 为前 30 个字节的 CRC 校验值。

Vbat: 电池电压

Vbat 为 16 位无符号数, VbatH 为高字节, VbatL 为低字节。单位是 0.01V。

例: Vbat = 4880, 表示当前电池电压平均值为 48.80V

Ibat: 电池电流

Ibat 为 16 位有符号数, 充电电流为正, 放电电流为负, IbatH 为高字节, IbatL 为低字节。单位是 0.01A。

例: Ibat = 2200, 表示当前电池充电电流为 22.00A

例: Ibat = -2200, 表示当前电池放电电流为 22.00A

Vhv: 母线电压反馈

Vhv 为 16 位有符号数, 值范围为 0-4095, 对应 VFB_HDC 反馈引脚上的电压 0-3.3V。

Vhv 描述参见《8.11 VFB_HDC 高压侧母线直流电压反馈》

Fpwm: PWM 频率

Fpwm 为 16 位无符号数, FpwmH 为高字节, FpwmL 为低字节。单位是 10Hz。

例: Fpwm = 7300, 表示当前 PWM 频率为 73KHz

State: 运行状态

State 为 8 位无符号数, 指示当前 EG1615 的工作状态。

0: 休眠模式

1: 放电初始化

2: 放电模式

3: 充电初始化

4: 充电模式

5: 放电测试模式

6: 充电测试模式

Error: 故障代码(EG1615)

Error 为 8 位无符号数, 每个 bit 代表一个故障状态。

EN (bit7): 使能关闭

OT (bit6): 过温

RES (bit5): 保留

RES (bit4): 保留

OVo (bit3): 电池过压

UVo (bit2): 电池欠压

OL (bit1): 过载

SC (bit0): 短路

Tpcb: PCB 温度(EG1615)

Tpcb 为 8 位有符号数, 范围-40 ~ 127。单位是℃。

例: Tpcb = 25, 表示当前温度为 25℃

例: Tpcb = -40(0xD8), 表示当前温度为-40℃

Ihv: 变压器高压电流反馈

Ihv 为 16 位有符号数, 值范围为 0-4095, 对应 IFB_HV 反馈引脚上的电压 0-3.3V。

IFB_HV 描述参见《8.8 IFB_HV 高压测过流保护》

9.4 CFG 功能

CFG 功能为高级配置功能, 主要实现芯片的工作模式配置、参数校准等功能。CFG 功能通常应用在逆变器系统停机状态下。通过 CFG 功能配置的参数, 会存储在芯片内部的 FLASH 空间中, 在芯片上电时自动加载。

CFG 功能需要外部发送请求消息, 芯片响应请求服务并回复应答消息。

发送和接收均采用 16 字节固定长度, 消息以 ASCII 码 'E'、'G' 开头, CRC16 结尾。为区分 APP 消息和 CFG 消息, CRC 校验结果稍有不同, APP 消息的 CRC 校验结果= $f(X^{16}+X^{15}+X^2+1)$ 。而 CFG 消息的 CRC 校验结果相当于在 APP 校验基础上加 1, 即 CFG 消息的校验结果= $f(X^{16}+X^{15}+X^2+1)+1$ 。

9.4.1 CFG 请求消息

CFG 请求消息格式:

| CFG 请求消息 (超时 50ms 接收) | | |
|-----------------------|--------------------|---|
| BYTE0 | 报头 1 | 0x45 - 'E' |
| BYTE1 | 报头 2 | 0x47 - 'G' |
| BYTE2 | 服务编码(SID) | 主机请求的服务内容 |
| BYTE3 | 子功能(sfun)/地址(addr) | 当前服务下的子功能或地址 |
| BYTE4 | 请求数据 1 | |
| BYTE5 | 请求数据 2 | |
| BYTE6 | 请求数据 3 | |
| BYTE7 | 请求数据 4 | |
| BYTE8 | 请求数据 5 | |
| BYTE9 | 请求数据 6 | |
| BYTE10 | 请求数据 7 | |
| BYTE11 | 请求数据 8 | |
| BYTE12 | 请求数据 9 | |
| BYTE13 | 请求数据 10 | |
| BYTE14 | CRC 校验高字节 | 循环冗余校验是 $CRC16=f(X^{16}+X^{15}+X^2+1)+1$ 对前 14 个字节 BYTE0-BYTE13 执行 CRC16 运算, BYTE14=校验结果高字节, BYTE15=校验结果低字节。 |
| BYTE15 | CRC 校验低字节 | |

9.4.2 CFG 应答消息

CFG 应答消息格式:

| CFG 请求消息 (超时 50ms 接收) | | |
|-----------------------|--------------------|--|
| BYTE0 | 报头 1 | 0x45 - 'E' |
| BYTE1 | 报头 2 | 0x47 - 'G' |
| BYTE2 | 服务编码(SID) | 主机请求的 CFG 服务编码 |
| BYTE3 | 子功能(sfun)/地址(addr) | 当前服务下的子功能或地址 |
| BYTE4 | 应答数据 1 | |
| BYTE5 | 应答数据 2 | |
| BYTE6 | 应答数据 3 | |
| BYTE7 | 应答数据 4 | |
| BYTE8 | 应答数据 5 | |
| BYTE9 | 应答数据 6 | |
| BYTE10 | 应答数据 7 | |
| BYTE11 | 应答数据 8 | |
| BYTE12 | 应答数据 9 | |
| BYTE13 | 应答数据 10 | |
| BYTE14 | CRC 校验高字节 | 循环冗余校验是 $CRC16=f(X16+X15+X2+1)+1$ 对前 14 个字节 BYTE0-BYTE13 执行 CRC16 运算, BYTE14=校验结果高字节, BYTE15=校验结果低字节。 |
| BYTE15 | CRC 校验低字节 | |

9.4.3 0x10 服务-会话切换

0x10 服务是切换会话服务, 通信会话主要分为默认会话 (01)、扩展会话 (03) 和编程会话 (02), 其中编程会话暂不对用户开放。

主机 0x10 请求消息:

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x10 | Session | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

addr 是 DID 的地址, 不同的地址存储不同的 DID 信息。

从机回复:

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x10 | Session | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

若从机回复 Byte4=0xCC, 表示切换会话成功, 回复 Byte4=0xEE, 表示切换会话失败。

默认会话 (Session = 01) :

默认会话下, 从机周期性发送 APP 报文。通信默认在默认会话。

扩展会话 (Session = 03) :

扩展会话下, 从机停止周期性发送 APP 报文。通常在需要执行 DID 或 CFG 读写操作时, 为避免 APP 报文占用通讯资源, 切换至扩展会话; 操作完成后, 再切换回默认会话。

编程会话 (Session = 02) :

程序刷写返回 boot loader 时使用, 暂不对用户开放。

9.4.4 0x22 服务-读 DID

0x22 服务是读 DID 服务, 系统的配置参数、版本信息等都存储在 DID 中, 通过请求 0x22 服务, 主机可以读取芯片的配置参数和版本信息灯内容。

主机 0x22 请求消息:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
| 0x45 | 0x47 | 0x22 | addr | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

addr 是 DID 的地址, 不同的地址存储不同的 DID 信息。

从机回复:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
| 0x45 | 0x47 | 0x22 | addr | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | d10 | CRC16 | |

若从机回复 d1~d10 全为 0xFF, 那么表示读取 DID 失败。

9.4.5 0x2E 服务-写 DID

0x2E 服务是写 DID 服务, 通过请求 0x2E 服务, 主机可以将配置参数和版本信息等内容写入芯片。

主机 0x2E 请求消息:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
| 0x45 | 0x47 | 0x2E | addr | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | d10 | CRC16 | |

addr 是 DID 的地址, 不同的地址存储不同的 DID 信息。

从机回复:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
| 0x45 | 0x47 | 0x2E | addr | resp | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

resp = 1 : 写入成功

resp = 0 : 写入失败

DID 信息表:

| DID | ADDR | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | D10 | D11 | D12 | D13 | CRCH | CRCL | |
|----------|------|----------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|
| 逆变器配置 | 0x04 | cfg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |
| 直流电压校准值 | 0x05 | VSet_Pfc | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |
| 输出电压校准值 | 0x06 | VbatAdj | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |
| L 相电流校准值 | 0x07 | IlvAdj | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |
| N 相电流校准值 | 0x08 | ISet_Pfc | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |
| 生产日期 | 0x09 | YY | YY | MM | DD | - | - | - | - | - | - | CRC | | WR |

| | | | | |
|-------|------|------------|-----|----|
| 序列号 | 0x0A | EG20010001 | CRC | WR |
| 零件号 | 0x0B | DC48V2000W | CRC | WR |
| 客户代码 | 0x0C | C017 | CRC | WR |
| 内核版本 | 0x0D | EG1615 v10 | CRC | WR |
| 软件版本号 | 0x0E | 1.0.220228 | CRC | R |
| 硬件版本号 | 0x0F | 1.0.220228 | CRC | R |

9.4.6 0x21 服务-读 CFG

0x21 服务是读 CFG 服务，逆变运行、保护参数，通过请求 0x21 服务，主机可以读取芯片的逆变运行、保护参数等内容。

主机 0x21 请求消息：

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x21 | addr | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

addr 是 CFG 的地址，不同的地址存储不同的 CFG 信息。

从机回复：

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x21 | addr | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | d10 | CRC16 | |

若从机回复 d1~d10 全为 0xFF，那么表示读取 CFG 失败。

9.4.7 0x2D 服务-写 CFG

0x2D 服务是写 CFG 服务，通过请求 0x2D 服务，主机可以将配置参数和版本信息等内容写入芯片。

主机 0x2D 请求消息：

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x2D | addr | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | d10 | CRC16 | |

addr 是 CFG 的地址，不同的地址存储不同的 CFG 信息。

从机回复：

| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte4 | Byte5 | Byte6 | Byte7 | Byte8 | Byte9 | Byte10 | Byte11 | Byte12 | Byte13 | Byte14 | Byte15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0x45 | 0x47 | 0x2D | addr | resp | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | 0x00 | CRC16 | |

resp = 1 : 写入成功 resp = 0 : 写入失败

CFG 信息表：

| CFG | ADDR | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | D10 | D11 | D12 | D13 | CRCH | CRCL | |
|---------|------|---------|--------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|--|
| 保存参数 | 0x00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | CRC | | |
| 恢复出厂设置 | 0x01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | CRC | | |
| 寄存器配置生效 | 0x04 | - | Active | - | - | - | - | - | - | - | - | CRC | | |
| 电池电压校准值 | 0x06 | VbatAdj | | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | |
| 电池电压校准值 | 0x06 | VbatAdj | | | | | - | - | - | - | - | - | CRC | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|--------|----------|-------------|---------------|---------------|--------------|-----|-----|-----|
| 电池电流校准值 | 0x07 | IlvAdj | | - | - | - | - | - | - | CRC |
| 充电设定 | 0x10 | Fpwm | Chg_Vset | Chg_Timer | VSet_Pfc | ISet_Pfc | | | CRC | |
| 放电设定 | 0x12 | Freq | LowFreq | Chg_dt | Dis_dt | Freq_Iref | LowFreq_Iref | CRC | | |
| 过载保护 | 0x21 | Ref | Delay | Recover_Ref | Recover_Delay | Recover_Times | CRC | | | |
| 过压保护 | 0x22 | Ref | Delay | Recover_Ref | Recover_Delay | Recover_Times | CRC | | | |
| 欠压保护 | 0x23 | Ref | Delay | Recover_Ref | Recover_Delay | Recover_Times | CRC | | | |
| 过温保护 | 0x24 | Ref | Delay | Recover_Ref | Recover_Delay | Recover_Times | CRC | | | |

CFG 参数描述表:

| 地址 | 参数名称 | 符号 | 数据类型 | 单位 | 换算系数 | 示例 | | 引脚设定 |
|------|---------------|---------------------|---------|-----|------|-------|-------|-------------------|
| | | | | | | 串口值 | 真实值 | |
| 0x00 | 保存所有 | | | | | | | |
| 0x01 | 恢复出厂设置 | | | | | | | |
| 0x04 | 寄存器配置有效 | RegCfgEnable | int16 | - | | 1 | 内部 | |
| 0x06 | 电池电压校准值 | VbatAdj | float32 | - | | | | |
| 0x07 | 电池电流校准值 | IlvAdj | float32 | - | | | | |
| 0x10 | 充电模式 PWM 频率 | Chg_Freq | int32 | Hz | 1 | 73000 | 73KHz | FADJ |
| | 充电电压设定值 | Chg_Vset | int16 | V | 0.1 | 588 | 58.8V | BATOV |
| | 充电模式定时 | Chg_Timer | int16 | min | 1 | 180 | 3hour | |
| | PFC 电压设定值 | Chg_Pfc_Vset | int16 | V | 0.1 | 4200 | 420V | |
| | PFC 电流设定值 | Chg_Pfc_Iset | int16 | A | 0.01 | 1000 | 10A | CHG_ISET |
| 0x12 | 放电模式 PWM 频率 | DisChg_Freq | int32 | Hz | 1 | 73000 | 73KHz | FADJ |
| | 放电模式 PWM 频率 2 | DisChg_LowFreq | int32 | Hz | 1 | 65000 | 65KHz | FADJ-10KHz |
| | 充电模式死区 | Chg_Deaddtime | int8 | us | 1/60 | 30 | 0.5us | DT1/DT0 |
| | 放电模式死区 | DisChg_Deaddtime | int8 | us | 1/60 | 30 | 0.5us | DT1/DT0 |
| | 放电频率切换点 | DisChg_Freq_Iref | int16 | A | 0.01 | 800 | 8A | |
| | 放电频率恢复点 | DisChg_LowFreq_Iref | int16 | A | 0.01 | 600 | 6A | |
| 0x21 | 过载保护基准 | OL_Ref | int16 | mV | 1 | 650 | 650mV | |
| | 过载保护延时 | OL_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 过载保护恢复基准 | OL_Recover_Ref | int16 | mV | 1 | 550 | 550mV | |
| | 过载保护恢复延时 | OL_Recover_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |

| | | | | | | | | |
|------|----------|------------------|-------|----|-----|-------|-------|--------------|
| | 过载保护恢复次数 | OL_Recover_Times | int16 | 次 | 1 | 5 | 5次 | |
| 0x22 | 过压保护基准 | OV_Ref | int16 | V | 0.1 | 650 | 65.0V | BATOV |
| | 过压保护延时 | OV_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 过压保护恢复基准 | OV_Recover_Ref | int16 | V | 0.1 | 600 | 60.0V | |
| | 过压保护恢复延时 | OV_Recover_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 过压保护恢复次数 | OV_Recover_Times | int16 | 次 | 1 | 5 | 5次 | |
| 0x23 | 欠压保护基准 | UV_Ref | int16 | V | 0.1 | 420 | 42.0V | |
| | 欠压保护延时 | UV_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 欠压保护恢复基准 | UV_Recover_Ref | int16 | V | 0.1 | 450 | 45.0V | |
| | 欠压保护恢复延时 | UV_Recover_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 欠压保护恢复次数 | UV_Recover_Times | int16 | 次 | 1 | 5 | 5次 | |
| 0x24 | 过温保护基准 | OT_Ref | int16 | °C | 1 | 85 | 85°C | |
| | 过温保护延时 | OT_Delay | int16 | mS | 1 | 2000 | 2S | |
| | 过温保护恢复基准 | OT_Recover_Ref | int16 | °C | 1 | 75 | 75°C | |
| | 过温保护恢复延时 | OT_Recover_Delay | int16 | mS | 1 | 10000 | 10S | |
| | 过温保护恢复次数 | OT_Recover_Times | int16 | 次 | 1 | 5 | 5次 | |

10. 封装尺寸

10.1 LQFP64

