

# PPEC-86CA3C Buck/Boost 半桥应用手册

---

**PPEC-Programmable Power Electronics Controller**

武汉森木磊石科技有限公司

---

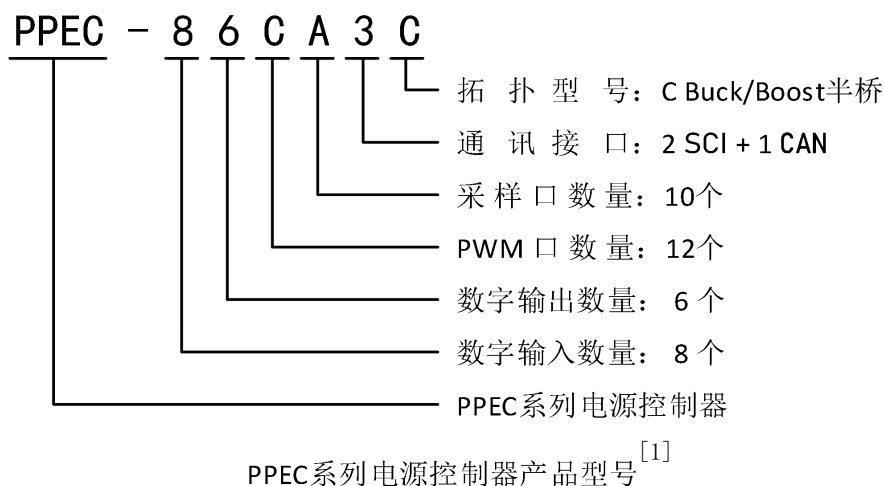
<http://www.senmuleishi.com>

## PPEC-86CA3C介绍

PPEC (Programmable Power Electronics Controller)，即可编程电力电子控制器，是武汉森木磊石科技有限公司研发的电源控制核心，依托PPEC Workbench图形化编程平台免代码编程，实现电源的快速研发。PPEC可降低电源研发企业对高层次人才的依赖，为电源研发企业降本增效。



PPEC-86CA3C 控制器



### 产品特点:

- 单3.3V电源供电
- 体积小: 25mm×25mm
- 支持作为Modbus从机
- 免代码开发
- 可远程控制

本手册为PPEC-86CA3C Buck/Boost半桥拓扑的应用指南，对芯片特性、引脚封装及应用于Buck/Boost半桥的参考电路进行了描述。

### PPEC系列电源控制器应用领域

直流电源、充电机、交流伺服系统、逆变器、PCS、UPS、变频器等。

### PPEC系列电源控制器适用拓扑

移相全桥变换器、全桥LLC谐振变换器、Buck/Boost半桥变换器、双向有源全桥变换器、LC串联谐振变换器、单相逆变(整流)器、三相逆变(整流)器、Vienna整流器等。



## 目录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 概述 .....                     | 1  |
| 2 引脚 .....                     | 2  |
| 2.1 引脚定义 .....                 | 2  |
| 2.2 引脚描述 .....                 | 3  |
| 3 硬件特性 .....                   | 5  |
| 3.1 电源及温度特性 .....              | 5  |
| 3.2 模拟输入电气特性 .....             | 5  |
| 3.3 数字输入电气特性 .....             | 5  |
| 3.4 数字输出电气特性 .....             | 5  |
| 3.5 PWM输出电气特性 .....            | 6  |
| 4 参考电路 .....                   | 7  |
| 4.1 BUCK/BOOST半桥关键接口参考电路 ..... | 7  |
| 4.2 电源参考电路 .....               | 9  |
| 4.3 采样参考电路 .....               | 9  |
| 4.3.1 双电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路 ..... | 9  |
| 4.3.2 单电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路 ..... | 10 |
| 4.3.3 双电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路 ..... | 11 |
| 4.3.4 单电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路 ..... | 13 |
| 4.3.5 分压式电压电流采样参考电路 .....      | 13 |
| 4.4 数字量输入参考电路 .....            | 15 |
| 4.4.1 启停输入检测电路 .....           | 15 |
| 4.4.2 急停输入检测电路 .....           | 16 |
| 4.4.3 复位按键检测电路 .....           | 17 |
| 4.4.4 温度开关检测电路 .....           | 17 |
| 4.4.5 外部故障检测电路 .....           | 18 |
| 4.5 数字量输出参考电路 .....            | 18 |
| 4.6 PWM输出参考电路 .....            | 18 |
| 4.7 短路保护参考电路 .....             | 18 |
| 4.8 通讯接口电路 .....               | 19 |
| 5 通讯协议 .....                   | 21 |
| 5.1 接口说明 .....                 | 21 |
| 5.2 通讯格式 .....                 | 21 |



|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 5.2.1 读取Modbus寄存器（功能码0x03）     | 21 |
| 5.2.2 给单个Modbus寄存器写数据（功能码0x06） | 22 |
| 5.2.3 给多个Modbus寄存器写数据（功能码0x10） | 23 |
| 5.3 寄存器定义                      | 24 |
| 6 功能及参数配置                      | 28 |
| 6.1 系统参数                       | 28 |
| 6.1.1 权限分层实现                   | 28 |
| 6.1.2 从机地址修改                   | 29 |
| 6.1.3 版本号                      | 29 |
| 6.2 用户参数                       | 30 |
| 6.2.1 工作状态及运行参数显示              | 30 |
| 6.2.2 电源控制指令                   | 31 |
| 6.3 开发者参数                      | 32 |
| 6.3.1 电源控制参数                   | 32 |
| 6.3.2 开环调试功能                   | 32 |
| 6.3.3 采样及校正                    | 33 |
| 6.3.4 预充电参数                    | 35 |
| 6.3.5 保护阈值                     | 36 |
| 6.3.6 硬件保护阈值                   | 36 |
| 7 封装尺寸                         | 38 |
| 8 解析及注释                        | 39 |



## 文件修订页

| 版本   | 修订说明   | 日期         |
|------|--------|------------|
| V1.0 | V1.0发布 | 2023.11.27 |
|      |        |            |
|      |        |            |
|      |        |            |
|      |        |            |
|      |        |            |
|      |        |            |
|      |        |            |



## 1 概述

PPEC-86CA3C 可以快速便捷的帮助用户进行1-4相Buck/Boost半桥的开发，仅需对关键参数进行配置即可完成全部软件开发工作，真正实现免代码开发。

PPEC-86CA3C控制器需搭配PPEC Workbench或屏幕来使用。有关步骤的详细情况，请参阅：

◆ 《PPEC Workbench 用户使用指南》

◆ 《PPEC-86CA3C 屏幕使用指南》

PPEC-86CA3C具有以下特点：

✓ **本地触摸屏显控**

PPEC-86CA3C适配了触摸屏，通过触摸屏实现参数配置及调试功能。

✓ **PPEC Workbench快速开发**

PPEC Workbench进行参数配置、在线调试、波形显示，免代码完成开发。

✓ **远程控制**

标准Modbus RTU协议，支持RS485总线接口，兼容性好，用户远程控制简单。

✓ **权限分层**

通讯及屏幕权限分层，开发者可操作全部调试参数，用户仅可访问使用参数。

✓ **采样校准友好**

采样通道校准简单，快速。

✓ **工作模式切换**

恒压模式、恒流模式简单切换，运行自动切换。

✓ **完善的保护功能**

输入欠压、输入过压、输入过流、输出过压、输出过流、输出过载、输出短路等保护功能，保护阈值可配置。

✓ **预充电电路控制**

预充电电路适用于大功率数字电源，缓解上电冲击。

✓ **开环调试模式**

调试友好、便捷、安全。

✓ **按键检测及继电器控制**

外部按键实现启停、急停、复位操作，启动、故障灯显示控制。



## 2 引脚

### 2.1 引脚定义

图 2.1显示了PPEC-86CA3C封装64引脚分配。

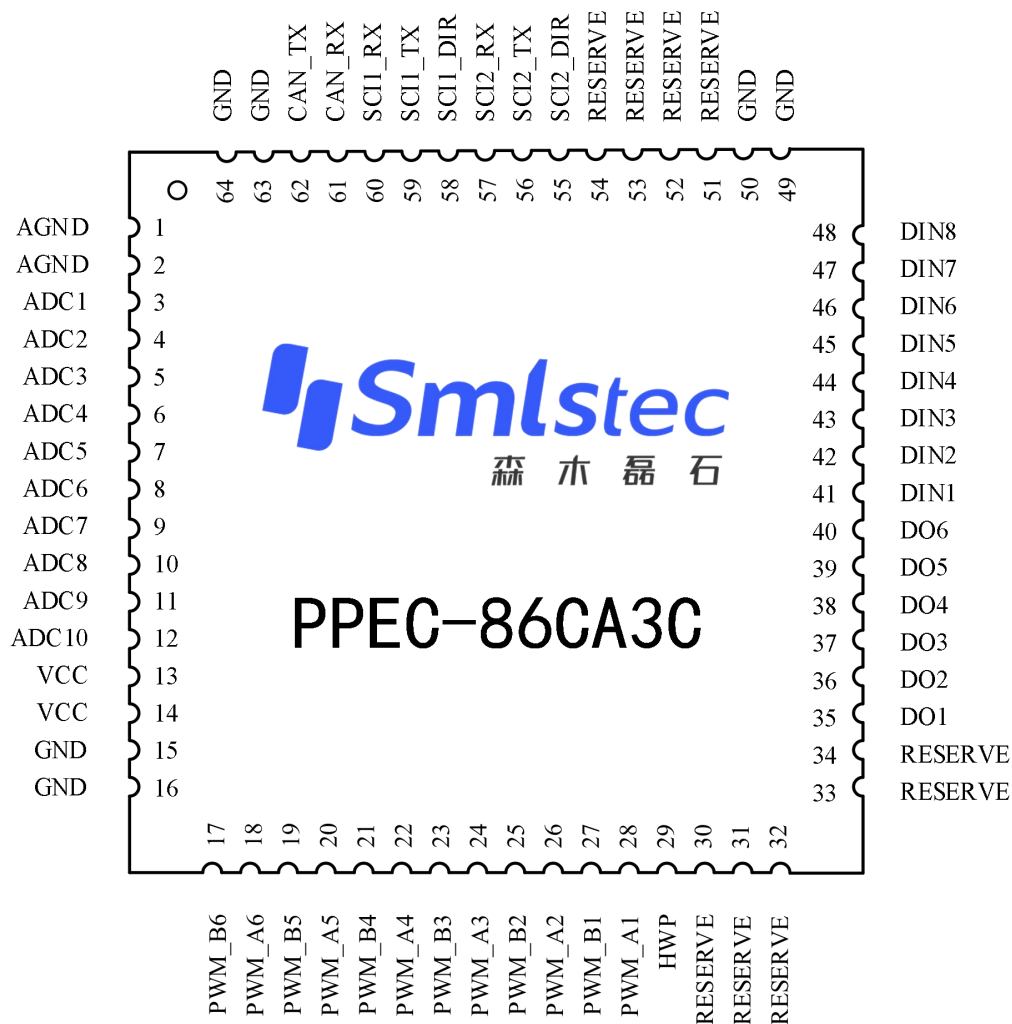


图 2.1 PPEC-86CA3C引脚分配图



## 2.2 引脚描述

表2.1 引脚定义

| 序号                      | 名称       | 类型  | 描述                                       |
|-------------------------|----------|-----|------------------------------------------|
| 1-2                     | AGND     | GND | 模拟地，内部与数字地连接                             |
| 3<br>8-12               | ADCx     | AI  | 预留模拟量输入，建议接模拟地                           |
| 4                       | ADC2     | AI  | 模拟量输入通道 2，对应输入电压采样通道                     |
| 5                       | ADC3     | AI  | 模拟量输入通道 3，对应输入电流采样通道                     |
| 6                       | ADC4     | AI  | 模拟量输入通道 4，对应输出电压采样通道                     |
| 7                       | ADC5     | AI  | 模拟量输入通道 5，对应输出电流采样通道                     |
| 13-14                   | VCC      | PWR | 供电输入，建议提供 3.3V1A 供电能力                    |
| 15-16<br>49-50<br>63-64 | GND      | GND | 数字地                                      |
| 17-20                   | PWMx     | PO  | 预留 PWM 输出，保持悬空                           |
| 21                      | PWM_4B   | PO  | PWM 通道 4B 输出，接第四相 Buck 半桥下桥臂/Boost 半桥上桥臂 |
| 22                      | PWM_4A   | PO  | PWM 通道 4A 输出，接第四相 Buck 半桥上桥臂/Boost 半桥下桥臂 |
| 23                      | PWM_3B   | PO  | PWM 通道 3B 输出，接第三相 Buck 半桥下桥臂/Boost 半桥上桥臂 |
| 24                      | PWM_3A   | PO  | PWM 通道 3A 输出，接第三相 Buck 半桥上桥臂/Boost 半桥下桥臂 |
| 25                      | PWM_2B   | PO  | PWM 通道 2B 输出，接第二相 Buck 半桥下桥臂/Boost 半桥上桥臂 |
| 26                      | PWM_2A   | PO  | PWM 通道 2A 输出，接第二相 Buck 半桥上桥臂/Boost 半桥下桥臂 |
| 27                      | PWM_1B   | PO  | PWM 通道 1B 输出，接第一相 Buck 半桥下桥臂/Boost 半桥上桥臂 |
| 28                      | PWM_1A   | PO  | PWM 通道 1A 输出，接第一相 Buck 半桥上桥臂/Boost 半桥下桥臂 |
| 29                      | HWP      | DO  | 硬件保护输出，硬件故障时为低电平                         |
| 30-34<br>51-54          | Reserved | /   | 预留引脚，保持悬空                                |
| 35                      | DO1      | DO  | 数字输出通道 1，运行指示输出，运行时输出低电平                 |
| 36                      | DO2      | DO  | 数字输出通道 2，故障指示输出，故障时输出低电平                 |





|       |          |    |                                     |
|-------|----------|----|-------------------------------------|
| 37    | DO3      | DO | 数字输出通道 3，预充电继电器控制，动作时输出低电平          |
| 38    | DO4      | DO | 数字输出通道 4，主继电器控制，动作时输出低电平            |
| 39    | DO5      | DO | 数字输出通道 5，复位信号输出，动作时输出低电平            |
| 40    | DO6      | DO | 预留数字输出通道 6，建议悬空                     |
| 41    | DIN1     | DI | 数字输入通道 1，启动-停止信号输入，低电平为启动开机         |
| 42    | DIN2     | DI | 数字输入通道 2，急停信号输入，高电平为急停              |
| 43    | DIN3     | DI | 数字输入通道 3，故障复位信号输入，低电平为复位操作          |
| 44    | DIN4     | DI | 数字输入通道 4，过温信号输入，高电平为过温故障            |
| 45    | DIN5     | DI | 数字输入通道 5，故障信号输入，高电平为故障              |
| 46-48 | DINx     | DI | 预留数字输入通道 6 -8，建议接数字地                |
| 55    | SCI2_DIR | DO | SCI2 收发控制，485 通信方式时使用，发送置低电平        |
| 56    | SCI2_TX  | DO | SCI2 TX 端，用于显控屏通讯                   |
| 57    | SCI2_RX  | DI | SCI2 RX 端，用于显控屏通讯                   |
| 58    | SCI1_DIR | DO | SCI1 收发控制，485 通信方式时使用，发送置低电平        |
| 59    | SCI1_TX  | DO | SCI1 TX 端，用于上位机/PPEC Workbench 连接通讯 |
| 60    | SCI1_RX  | DI | SCI1 RX 端，用于上位机/PPEC Workbench 连接通讯 |
| 61    | CAN_RX   | DI | 预留 CAN RX 端                         |
| 62    | CAN_TX   | DO | 预留 CAN TX 端                         |

类型说明：

GND为参考电平，包括模拟地和数字地；

PWR为电源输入，特性参见3.1 电源及温度特性；

AI为模拟输入，特性参见3.2模拟输入电气特性；

DI为数字量输入（或通讯输入口），特性参见 3.3 数字输入电气特性；

DO为数字量输出（或通讯输出口），特性参见 3.4 数字输出电气特性；

PO为PWM输出，特性参见 3.5 PWM输出电气特性。



### 3 硬件特性

#### 3.1 电源及温度特性

| 项目   | 符号        | 允许值  |     | 额定工作参数 |     |     | 单位 |
|------|-----------|------|-----|--------|-----|-----|----|
|      |           | 最小值  | 最大值 | 最小值    | 典型值 | 最大值 |    |
| 供电电压 | $V_{cc}$  | -0.3 | 3.6 | 3.2    | 3.3 | 3.4 | V  |
| 供电电流 | $I_{cc}$  | /    | /   | 0.8    | /   | /   | A  |
| 工作温度 | $T_{OPr}$ | -40  | 85  | -40    | 25  | 85  | °C |
| 保存温度 | $t_{stg}$ | -60  | 125 | -60    | 25  | 125 | °C |

#### 3.2 模拟输入电气特性

| 项目     | 符号        | 允许值  |                | 额定工作参数 |     |     | 单位 |
|--------|-----------|------|----------------|--------|-----|-----|----|
|        |           | 最小值  | 最大值            | 最小值    | 典型值 | 最大值 |    |
| 模拟输入电压 | $V_{AIN}$ | -0.3 | $V_{cc} + 0.3$ | 0      | /   | 3.0 | V  |

PPEC-86CA3C 内部集成 12bit ADC，采样率为 80kHz·10ch。

#### 3.3 数字输入电气特性

| 项目    | 符号        | 允许值  |                | 额定工作参数 |     |          | 单位 |
|-------|-----------|------|----------------|--------|-----|----------|----|
|       |           | 最小值  | 最大值            | 最小值    | 典型值 | 最大值      |    |
| 输入电平  | $V_{GPI}$ | -0.3 | $V_{cc} + 0.3$ | 0      | /   | $V_{cc}$ | V  |
| 输入高电平 | $V_{IH}$  | /    | /              | 2.2    | 3.3 | $V_{cc}$ | V  |
| 输入低电平 | $V_{IL}$  | /    | /              | -0.3   | 0   | 0.6      | V  |

数字输入内部弱上拉，引脚未连接会识别为高电平。

#### 3.4 数字输出电气特性

| 项目            | 符号            | 额定工作参数 |          |     | 单位 |
|---------------|---------------|--------|----------|-----|----|
|               |               | 最小值    | 典型值      | 最大值 |    |
| 输出高电平         | $V_{OH}$      | /      | $V_{cc}$ | /   | V  |
| 输出低电平         | $V_{OL}$      | /      | 0        | /   | V  |
| 输出高电平拉电流      | $I_{OH}$      | /      | /        | 4   | mA |
| 输出低电平灌电流      | $I_{OL}$      | /      | /        | -4  | mA |
| 总输出拉电流（含 PWM） | $I_{OH\_ALL}$ | /      | /        | 20  | mA |
| 总输出灌电流（含 PWM） | $I_{OL\_ALL}$ | /      | /        | -20 | mA |



### 3.5 PWM输出电气特性

| 项目       | 符号         | 额定工作参数 |          |     | 单位 |
|----------|------------|--------|----------|-----|----|
|          |            | 最小值    | 典型值      | 最大值 |    |
| 输出高电平    | $V_{PWMH}$ | /      | $V_{CC}$ | /   | V  |
| 输出低电平    | $V_{PWML}$ | /      | 0        | /   | V  |
| 输出高电平拉电流 | $I_{PWMH}$ | /      | /        | 4   | mA |
| 输出低电平灌电流 | $I_{PWML}$ | /      | /        | -4  | mA |



## 4 参考电路

### 4.1 Buck/Boost半桥关键接口参考电路

下图给出了四相Buck/四相Boost半桥关键接口参考电路。驱动管及采样对应通道在图中已给出，可参考本图进行整体电路设计。

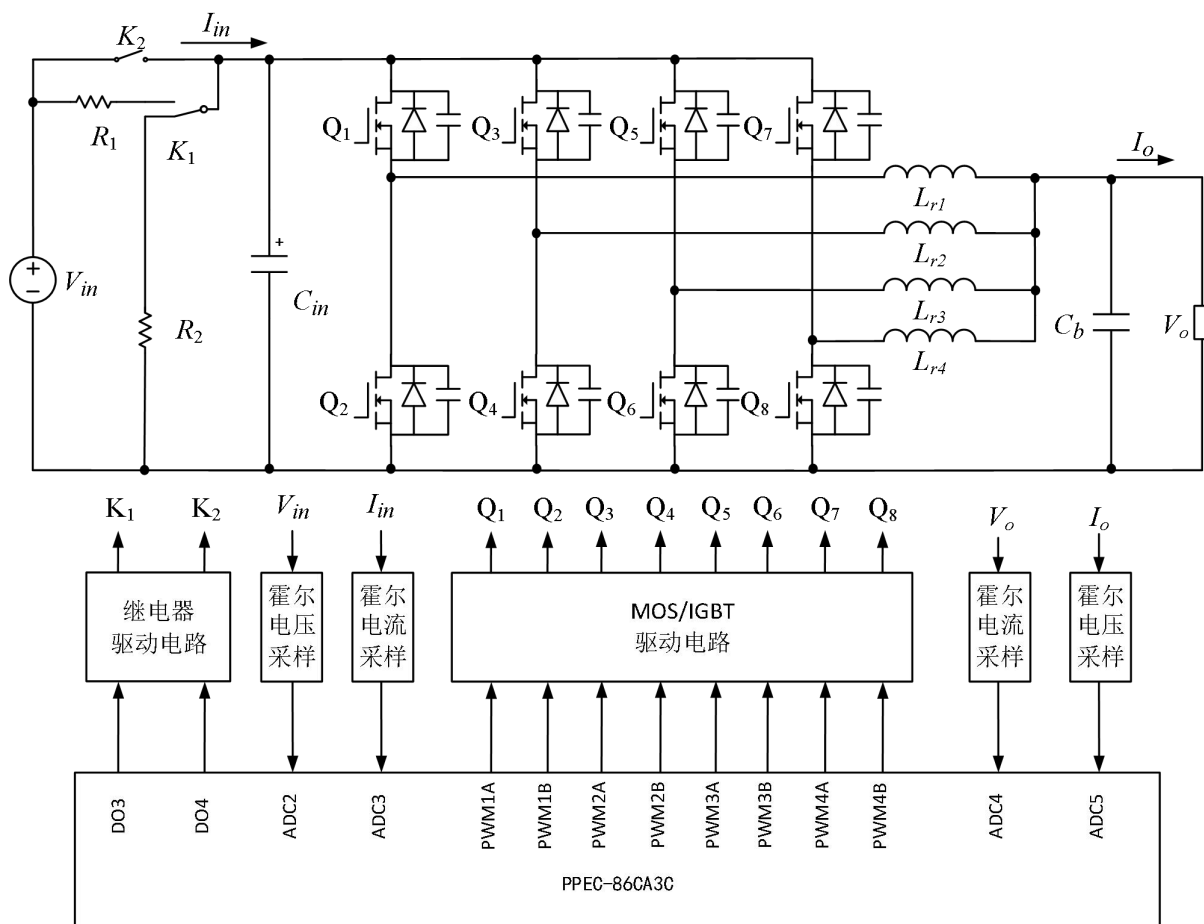


图 4.1 Buck半桥关键接口参考电路



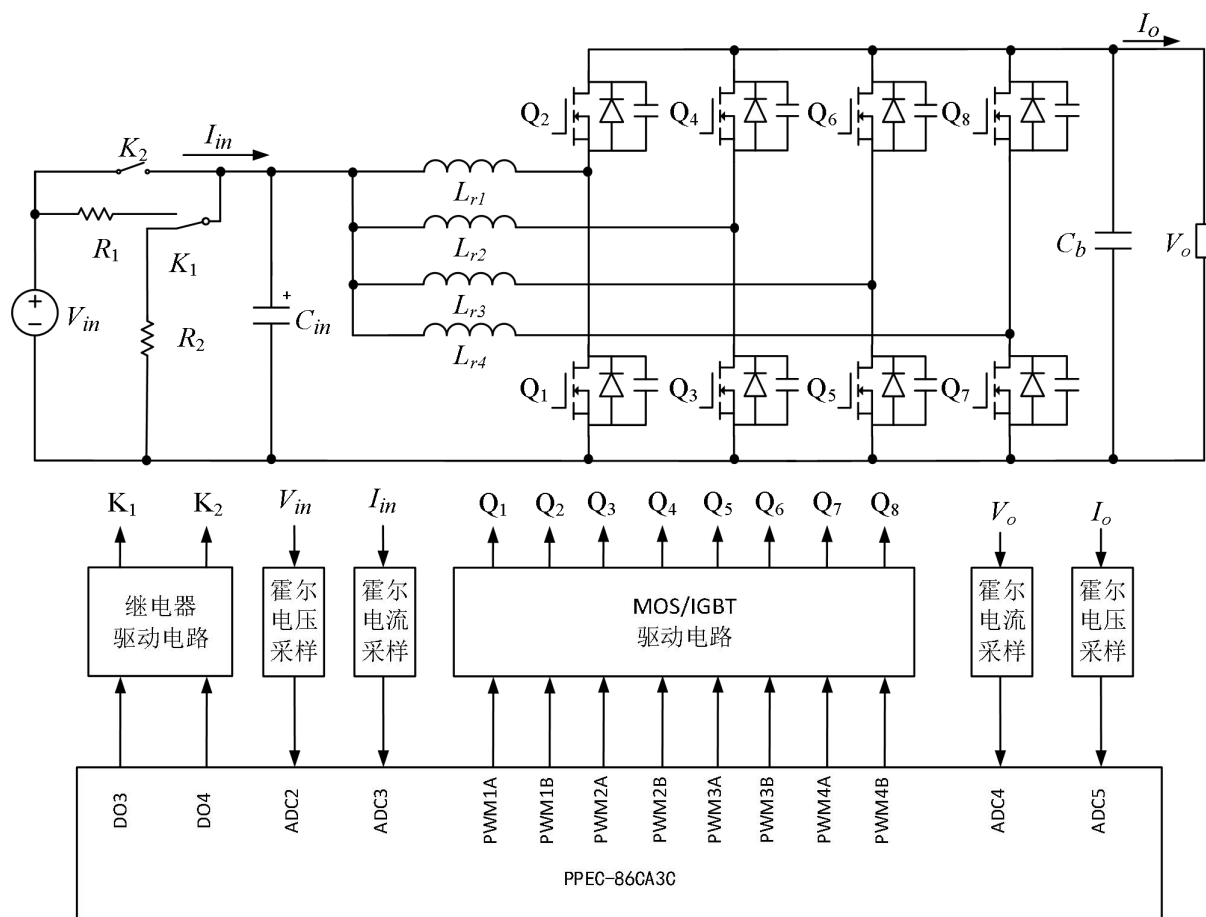


图 4.2 Boost半桥关键接口参考电路

输入电压 $V_{in}$ 采样通过采样及调理电路（可参考4.3采样参考电路）后，接到ADC2通道；  
 输入电流 $I_{in}$ 采样通过采样及调理电路（可参考4.3采样参考电路）后，接到ADC3通道；  
 输出电压 $V_o$ 采样通过采样及调理电路（可参考4.3采样参考电路）后，接到ADC4通道；  
 输出电流 $I_o$ 采样通过采样及调理电路（可参考4.3采样参考电路）后，接到ADC5通道；  
 Buck半桥驱动第一相上桥臂/Boost半桥驱动第一相下桥臂 $Q_1$ 信号来自于PWM1A通道；  
 Buck半桥驱动第一相下桥臂/Boost半桥驱动第一相上桥臂 $Q_2$ 信号来自于PWM1B通道；  
 Buck半桥驱动第二相上桥臂/Boost半桥驱动第二相下桥臂 $Q_3$ 信号来自于PWM2A通道；  
 Buck半桥驱动第二相下桥臂/Boost半桥驱动第二相上桥臂 $Q_4$ 信号来自于PWM2B通道；  
 Buck半桥驱动第三相上桥臂/Boost半桥驱动第三相下桥臂 $Q_5$ 信号来自于PWM3A通道；  
 Buck半桥驱动第三相下桥臂/Boost半桥驱动第三相上桥臂 $Q_6$ 信号来自于PWM3B通道；  
 Buck半桥驱动第四相上桥臂/Boost半桥驱动第四相下桥臂 $Q_7$ 信号来自于PWM4A通道；  
 Buck半桥驱动第四相下桥臂/Boost半桥驱动第四相上桥臂 $Q_8$ 信号来自于PWM4B通道；  
 $R_1$ 为预充电电阻， $R_2$ 为泄能电阻，根据应用场合需要可以去掉 $R_2$ 及 $K_1$ ；  
 预充电继电器 $K_1$ 驱动信号来自于DO3，驱动电路可参考4.5数字量输出参考电路；



主继电器K2驱动信号来自于DO4，驱动电路可参考4.5数字量输出参考电路。

## 4.2 电源参考电路

供电电源芯片需选用线性LDO电源芯片，输出需满足3.1 电源及温度特性，参考电路如下。

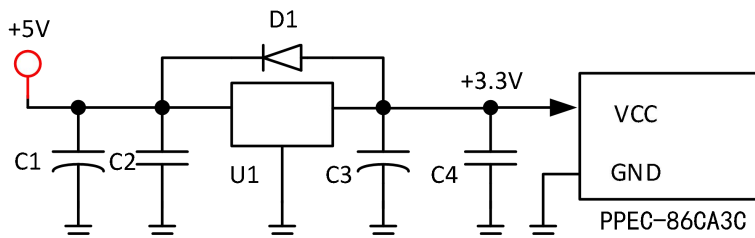


图 4.3 LDO供电参考电路

$U_1$  为线性LDO电源芯片，参考型号：LM1117DT-3.3/NOPB；

$C_1$ 、 $C_3$ 为滤波电容器，参考选用100uF/10V固态电解电容；

$C_2$ 、 $C_4$ 为去耦电容，参考选用10nF/50V/X7R/0603；

$D_1$ 为保护二极管，参考选用1N5819WS。

## 4.3 采样参考电路

参见3.1电源及温度特性，模拟输入端口可识别的电压为3.0V，因此建议通过采样及调理电路，将额定最高输出电压电流控制在2.2V左右，优先考虑双单元供电闭环霍尔采样电路。

### 4.3.1 双电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路

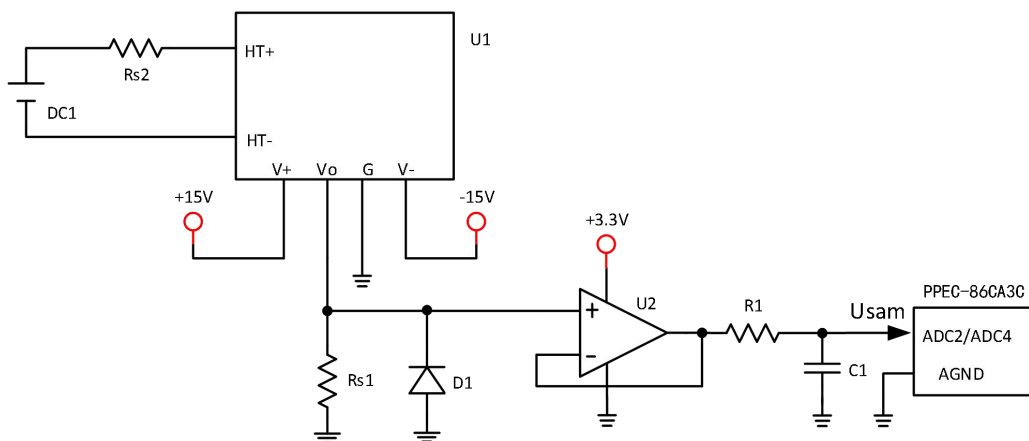


图 4.4 双电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路

$U_1$  双电源供电闭环霍尔电流传感器，参考型号：宇波模块CHV-25P(600V)、CHV-50P (1200V)；

$U_2$  运放需要选取低压轨至轨运放，参考型号RS6331BXF，建议与PPEC-86CA3C同电源供电；

$R_1$ 、 $C_1$ 为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 10nF/50V/X7R/0603；

$R_{s2}$ 阻值选取：被测量DC1的额定电压  $V_n$ 作用下通过 $R_{s2}$ 的电流建议在霍尔额定输入电流 $I_n$ 的0.66~0.75范围内，即：



$$0.66I_n < \frac{V_n}{R_{s2}} < 0.75I_n$$

$R_{s1}$ 阻值选取：额定最高电压  $V_n$ ，对应采样电压应在2.0V~2.2V范围内，霍尔传输比为 $n$ ，即：

$$2.0V < \frac{V_n R_{s1}}{R_{s2}} n < 2.2V$$

$D_1$ 为钳位二极管，推荐选型为1N5819WS；

为了避免采样电阻发热导致的误差，采样电阻 $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 实际发热功率应小于额定功率的1/5。针对不同电压等级，推荐 $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 阻值选取参考（全部电阻均为E96表内阻值）。

表 4.1 双电源霍尔电压采样阻值选取参考

| 额定电压  | 霍尔型号    | $R_{s2}$       | $R_{s1}$     | 理论增益 <sup>[5]</sup> |
|-------|---------|----------------|--------------|---------------------|
| 5V    | CHV-25P | 499Ω/1%/0.5W   | 82Ω/1%/1206  | 2.489               |
| 12V   |         | 1.2K/1%/1W     |              | 5.985               |
| 24V   |         | 2.4K/1%/2W     |              | 11.97               |
| 48V   |         | 4.75K/1%/3W    |              | 23.69               |
| 72V   |         | 7.25K/1%/5W    |              | 36.16               |
| 100V  |         | 10K/1%/5W      |              | 49.88               |
| 200V  |         | 40.2K/1%/5W    | 160Ω/1%/1206 | 100.5               |
| 320V  |         | 120K/1%/5W 2并  | 160Ω/1%/1206 | 150                 |
| 400V  |         | 160K/1%/5W 2并  |              | 200                 |
| 500V  |         | 300K/1%/5W 3并  |              | 250                 |
| 600V  | CHV-50P | 49.9K/1%/5W 3串 | 200Ω/1%/1206 | 299.4               |
| 800V  |         | 78.7K/1%/5W 3串 | 240Ω/1%/1206 | 393.5               |
| 1000V |         | 130K/1%/5W 3串  | 330Ω/1%/1206 | 472.7               |
| 1200V |         | 120K/1%/5W 4串  |              | 581.8               |

双电源供电霍尔的 **理论偏置**<sup>[6]</sup>为0。

**理论增益** 及 **理论偏置** 可用于初步采样校正，详见6.3.3采样及校正。

$R_{s1}$ 、 $R_{s2}$  精度1%为最低标准，建议选取更高精度电阻。

#### 4.3.2单电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路

（优先考虑使用双电源霍尔传感器）



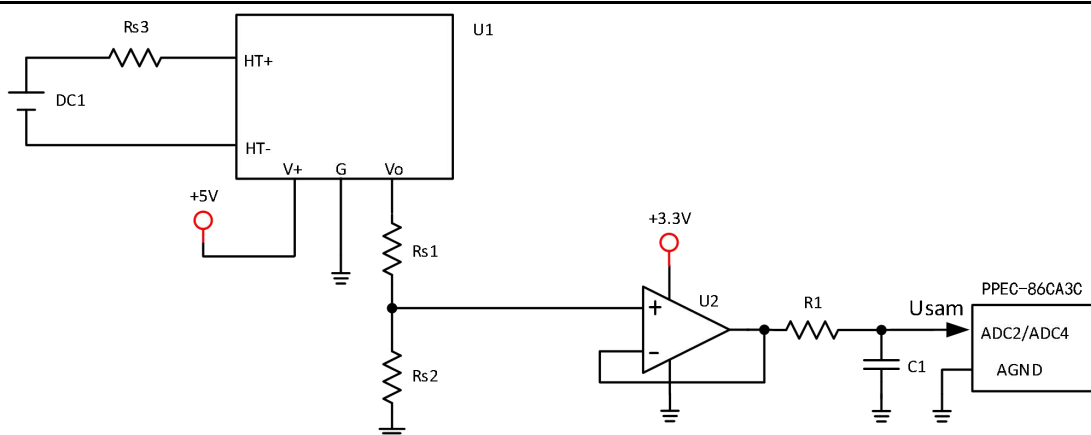


图 4.5 单电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路

$U_1$  单电源供电闭环霍尔电流传感器参考型号：HVS-AS5-5；

$U_2$  运放需要选取低压轨至轨运放，参考型号 RS6331BXF，建议与 PPEC-86CA3C 同电源供电；

$R_1$ 、 $C_1$  为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 10nF/50V/X7R/0603；

$R_{s1}$  参考选用 20K/1%/0603， $R_{s2}$  参考选用 30K/1%/0603，将 2.5V 偏置电压分压至 1.5V。

$R_{s3}$  阻值选取：在额定最高电压  $V_n$  作用下通过  $R_{s3}$  的电流建议在霍尔测量范围  $I_p$  的 0.66~0.75 范围内，即：

$$0.66I_p < \frac{V_n}{R_{s3}} < 0.75I_p$$

为了避免采样电阻发热导致的误差，采样电阻  $R_{s3}$  实际发热功率应小于额定功率的 1/5。

表 4.2 单电源霍尔电压采样阻值选取参考

| 额定电压 | $R_{s3}$     | 理论增益 <sup>[5]</sup> | 额定电压  | $R_{s3}$       | 理论增益 <sup>[5]</sup> |
|------|--------------|---------------------|-------|----------------|---------------------|
| 5V   | 420Ω/1%/0.5W | 5.6                 | 320V  | 120K/1%/5W 2并  | 800                 |
| 12V  | 1K/1%/1W     | 13.33               | 400V  | 160K/1%/5W 2并  | 1067                |
| 24V  | 2K/1%/2W     | 26.67               | 500V  | 300K/1%/5W 3并  | 1333                |
| 48V  | 4.02K/1%/3W  | 53.6                | 600V  | 49.9K/1%/5W 3串 | 1996                |
| 72V  | 6.04K/1%/5W  | 80.53               | 800V  | 不建议            |                     |
| 100V | 10K/1%/5W    | 133.3               | 1000V | 不建议            |                     |
| 200V | 40.2K/1%/5W  | 536                 | 1200V | 不建议            |                     |

霍尔型号：HVS-AS5-5，单电源供电霍尔的理论偏置<sup>[6]</sup>为 1.5V（分压后）。

$R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 、 $R_{s3}$  精度 1% 为最低标准，建议选取更高精度电阻。

#### 4.3.3 双电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路





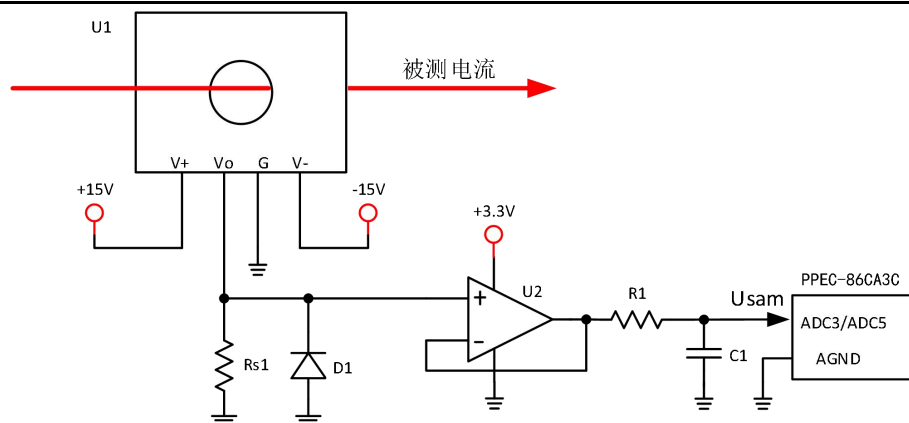


图 4.6 双电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路

$U_1$ 双电源供电闭环霍尔电流传感器参考型号：宇波模块LA-100P(100A)、CHB-200P(200A)；

$U_2$ 运放需要选取低压轨至轨运放，参考型号RS6331BXF，建议与PPEC-86CA3C同电源供电；

$R_1$ 、 $C_1$ 为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 10nF/50V/X7R/0603；

$R_{s1}$ 阻值选取：输出最大电流  $I_n$ ，对应采样电压应在2.0V~2.2V范围内，霍尔传输比为 $n$ ，即：

$$2.0V < nI_n R_{s1} < 2.2V$$

$D_1$ 为钳位二极管，推荐选型为1N5819WS；

为了避免采样电阻发热导致的误差，采样电阻 $R_{s1}$ 实际损耗应小于额定功率的1/5。

针对不同电流等级，推荐 $R_{s1}$ 阻值选取参考（全部电阻均为E96表内阻值）。

表 4.3 双电源霍尔电流采样器件选取参考

| 额定电流 | 霍尔型号                  | $R_{s1}$          | 理论增益 <sup>[5]</sup> |
|------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| 1A   | CHB-25NP<br>(5A连接方式)  | 430Ω/1%/1206      | 0.4651              |
| 2A   | CHB-25NP<br>(5A连接方式)  | 210Ω/1%/1206      | 0.9524              |
| 5A   | CHB-25NP<br>(5A连接方式)  | 82Ω<br>1%<br>2512 | 2.439               |
| 8A   | CHB-25NP<br>(8A连接方式)  |                   | 4.065               |
| 12A  | CHB-25NP<br>(12A连接方式) |                   | 6.098               |
| 25A  | CHB-25NP<br>(25A连接方式) |                   | 12.2                |
| 50A  | CHB-50A               | 43Ω/1%/2512       | 23.26               |
| 100A | CHB-100S              | 21Ω/1%/1W         | 47.62               |
| 150A | CHB-150P              | 28Ω/1%/2512       | 71.43               |



|      |           |           |       |
|------|-----------|-----------|-------|
| 200A | CHB-200S  | 21Ω/1%/1W | 95.24 |
| 300A | CHB-300SG | 14Ω/1%/2W | 142.9 |
| 500A | CHB-500SG | 21Ω/1%/1W | 238.1 |

双电源供电霍尔的 **理论偏置**<sup>[6]</sup> 为0。

$R_{s1}$ 精度1%为最低标准，建议选取更高精度电阻。

#### 4.3.4单电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路

（优先考虑使用双电源霍尔传感器）：

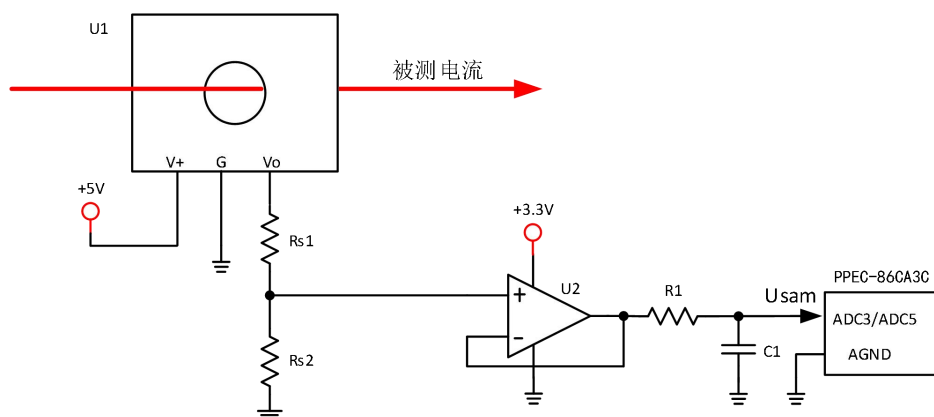


图 4.7 单电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路

$U_1$ 单电源供电闭环霍尔电流传感器参考型号：宇波模块CHB-15MP(48A)；

$U_2$ 运放需要选取低压轨至轨运放，参考型号RS6331BXF，建议与PPEC-86CA3C同电源供电；

$R_1$ 、 $C_1$ 为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 10nF/50V/X7R/0603；

$R_{s1}$ 参考选用 20K/1%/0603， $R_{s2}$ 参考选用 30K/1%/0603，精度1%为最低标准，建议选取更高精度电阻。

单电源供电霍尔的 **理论偏置**<sup>[6]</sup> 为1.5V（分压后）。

针对不同电流等级，选型参考如下表。

表 4.4 单电源霍尔电流采样器件选取参考

| 额定电流    | 霍尔型号     | 理论增益 <sup>[5]</sup> |
|---------|----------|---------------------|
| <15A    | CHB-6MP  | 9.6                 |
| 15A-40A | CHB-15MP | 24                  |
| 40-67A  | CHB-25MP | 40                  |

#### 4.3.5分压式电压电流采样参考电路

在控制可以与输入或输出等电位的场合，可以直接通过分压方式进行采样。

电阻分压方式需要注意2点：1是避免运放负载效应影响分压比，分压电路流经的电流需要远大于



运放的输入偏置电流；2是分压电阻的发热功率应小于额定功率的1/5，避免发热影响采样精度。

功率回路及控制回路需要单点连接降低干扰，分压电路。

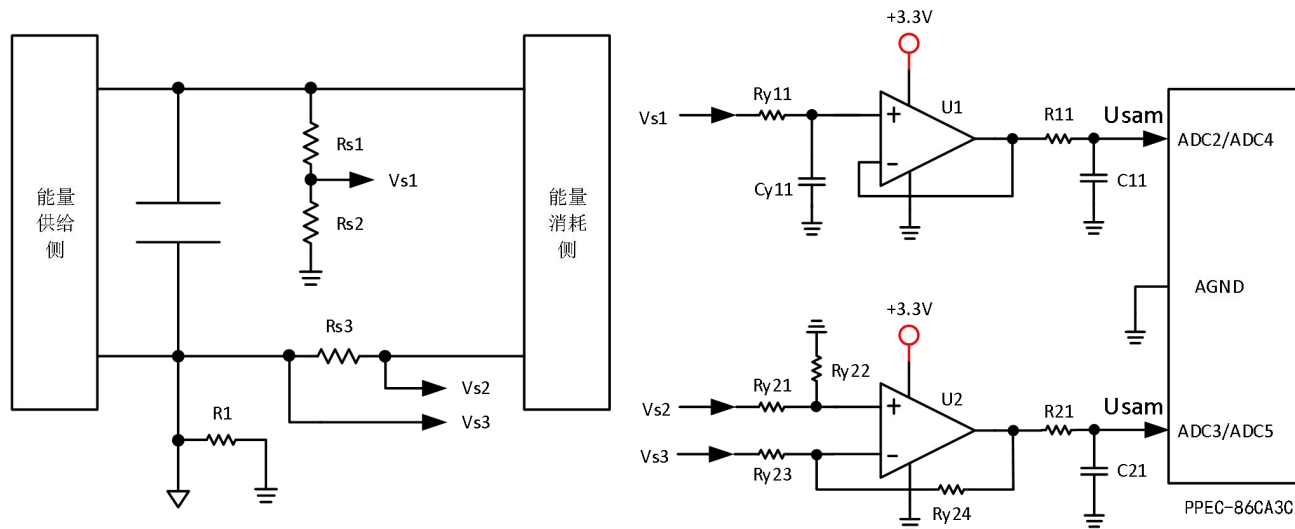


图 4.8 分压采样在输出功率回路的检测器件

$R_1$ 为功率回路和控制回路等电位连接点，采用单点连接方案，参考选用 0R/5%/0805；

$U_1$ 、 $U_2$ 运放需要选取低压轨至轨、低失调电压运放，参考型号OPA333AIDR，建议与PPEC-86CA3C同电源供电；

$R_{11}$ 、 $C_{11}$ 、 $R_{21}$ 、 $C_{21}$ 为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 10nF/50V/X7R/0603；

$R_{y11}$ 、 $C_{y11}$ 为低通滤波器，参考选用 1K/1%/0603 及 1nF/50V/X7R/0603；

$R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 在额定工作电压下的分压值建议选取在2V~2.2V之间，且发热功率小于额定功率的1/5，针对不同电压等级，推荐 $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 阻值选取参考（全部电阻均为E96表内阻值）。

表 4.5 电阻分压式电压采样阻值选取参考

| 额定电压 | $R_{s1}$      | $R_{s2}$          | 理论增益<br>[5] | 额定电压  | $R_{s1}$       | $R_{s2}$          | 理论增益<br>[5] |
|------|---------------|-------------------|-------------|-------|----------------|-------------------|-------------|
| 5V   | 30K/1%/0603   | 20K<br>1%<br>0603 | 2.5         | 320V  | 3.16M/1%/1206  | 20K<br>1%<br>0603 | 159         |
| 12V  | 100K/1%/0603  |                   | 6           | 400V  | 3.92M/1%/1206  |                   | 197         |
| 24V  | 220K/1%/0603  |                   | 12          | 500V  | 4.87M/1%/1812  |                   | 244.5       |
| 48V  | 453K/1%/0603  |                   | 23.65       | 600V  | 5.9M/1%/1812   |                   | 296         |
| 72V  | 698K/1%/0603  |                   | 35.9        | 800V  | 7.87M/1%/1812  |                   | 394.5       |
| 100V | 976K/1%/0603  |                   | 49.8        | 1000V | 9.76M/1%/2512  |                   | 489         |
| 200V | 1.96M/1%/0805 |                   | 99          | 1200V | 11.8 M/1%/2512 |                   | 591         |

分压式采样 理论偏置<sup>[6]</sup>为0。



推荐 $R_{s3}$ 、 $R_{y21}$ 、 $R_{y22}$ 、 $R_{y23}$ 、 $R_{y24}$ 阻值选取参考（全部电阻均为E96表内阻值）。

表 4.6 电阻分压式电流采样阻值选取参考

| 额定电流 | $R_{s3}$       | $R_{y21}$ 、 $R_{y23}$ | $R_{y22}$ 、 $R_{y24}$ | 理论增益 <sup>[5]</sup> |
|------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1A   | 100mΩ/2512合金电阻 | 10K/1%/0603           | 200K/1%/0603          | 0.5                 |
| 2A   | 50mΩ/2512合金电阻  | 10K/1%/0603           | 200K/1%/0603          | 1                   |
| 5A   | 20mΩ/2512合金电阻  | 10K/1%/0603           | 200K/1%/0603          | 2.5                 |
| 8A   | 10mΩ/2512合金电阻  | 10K/1%/0603           | 270K/1%/0603          | 3.704               |
| >10A | 75mV标准分流器      | 10K/1%/0603           | 270K/1%/0603          | In / 2.025          |

分压式采样 理论偏置<sup>[6]</sup>为0。

#### 4.4 数字量输入参考电路

数字量输入建议用缓冲器、电平转换芯片或光耦做缓冲。

##### 4.4.1 启停输入检测电路

若不使用外部按键作为启停控制，该引脚使用3.3K电阻上拉到+3.3V。

单自锁按键启停控制方案，参考电路见下图。

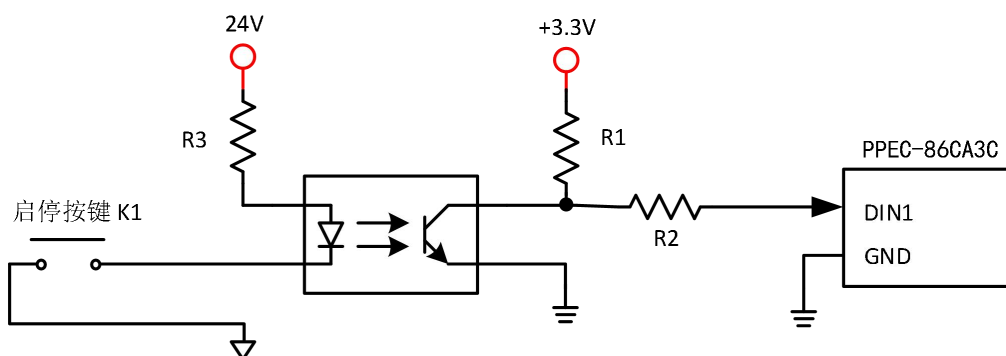


图 4.9 单键启停控制参考电路

$K_1$  闭合时 DIN1 为低电平电源启动输出，断开时 DIN1 为高电平电源停止输出。

$U_1$  光耦参考型号：TLP181GB；

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  参考选用 3.3K/1%/0603、22R/1%/0603、20K/1%/0805；

$K_1$  选用自锁按键，参考型号为：LA39-A1-11T/g。

双自复位按键启停控制方案，参考电路见下图。



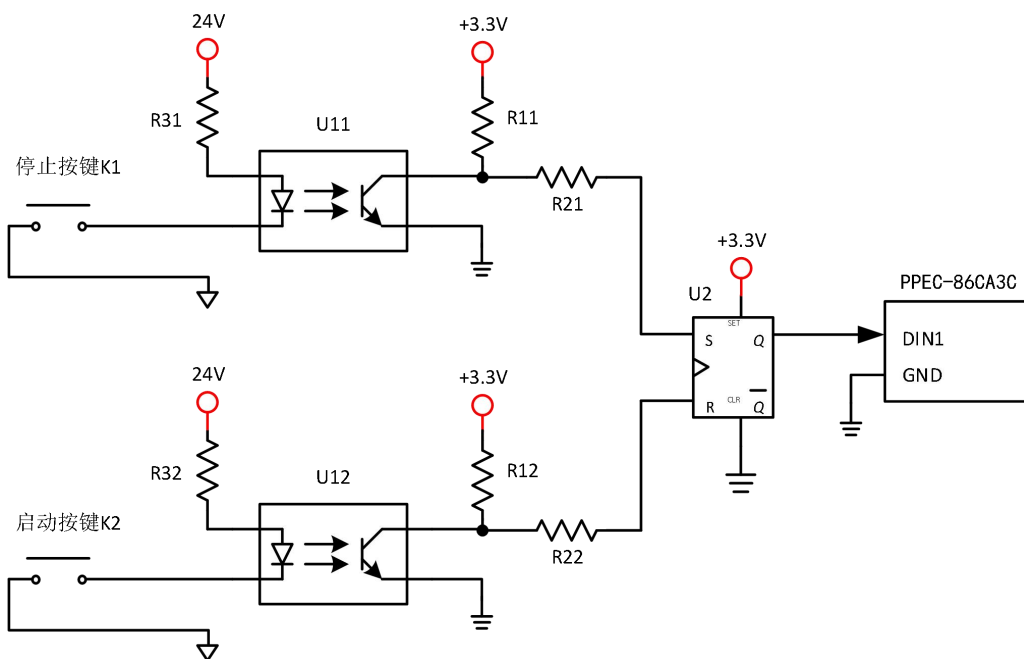


图 4.10 双键启停控制参考电路

$K_1$ 、 $K_2$  使用常开触点， $K_2$  按下 RS 锁存器 R 端置低，Q 输出低电平，DIN1 为低电平电源启动输出； $K_1$  按下 RS 锁存器 S 端置低，Q 输出高电平，DIN1 为高电平电源停止输出。

$U_{11}$ 、 $U_{12}$  光耦参考型号：TLP181GB；

$R_{11}$ 、 $R_{12}$  参考：3.3K/1%/0603， $R_{21}$ 、 $R_{22}$  参考：22R/1%/0603， $R_{31}$ 、 $R_{32}$  参考：20K/1%/0805；

$K_1$ 、 $K_2$  参考型号分别为：LA39-A1-11/g、LA39-A1-11/r；

$U_2$  RS 锁存器参考型号：CD4044BPWR，使用 +3.3V 供电。

#### 4.4.2 急停输入检测电路

若不使用外部按键作为急停保护，该引脚短接到数字地。

做急停保护时， $K_1$  选用常闭型急停开关，正常时急停开关内部闭合，DIN2 为低电平，急停开关拍下时急停开关内部断开，DIN2 为高电平，参考电路见下图。

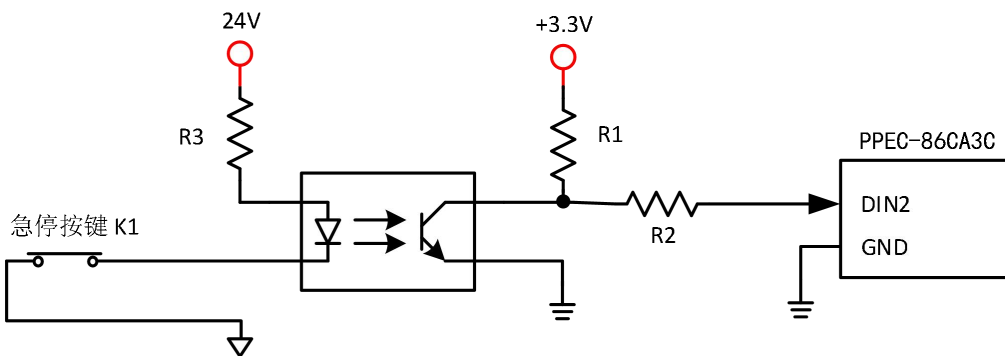


图 4.11 急停检测参考电路

$U_1$  光耦参考型号：TLP181GB；



$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 参考选用3.3K/1%/0603、22R/1%/0603、20K/1%/0805;

$K_1$ 参考型号为: LA39-B2-11Z/r.

#### 4.4.3 复位按键检测电路

若不使用外部按键进行复位操作, 该引脚使用3.3K电阻上拉到+3.3V。

使用外部按键进行复位操作,  $K_1$ 选用自复位按键常开触点, 正常时开关内部断开, DIN3为高电平, 按下复位按键开关闭合, DIN3为低电平, PPEC-86CA3C识别到低电平执行故障复位流程, 参考电路见下图。

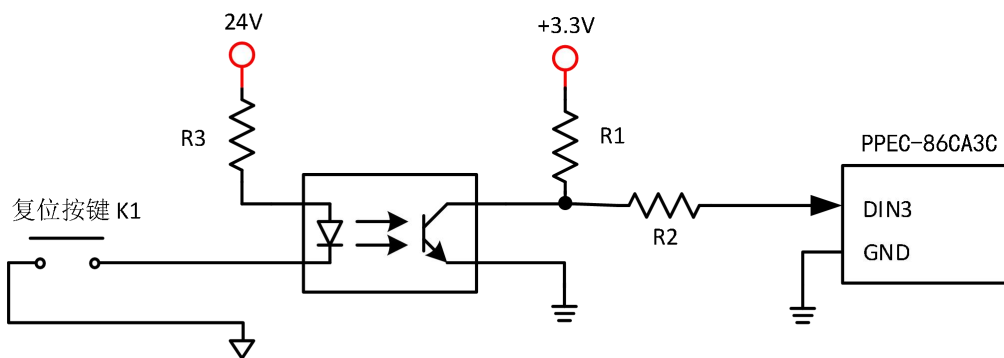


图 4.12 复位检测参考电路

$U_1$ 光耦参考型号: TLP181GB;

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 参考选用3.3K/1%/0603、22R/1%/0603、20K/1%/0805;

$K_1$ 参考型号为: LA39-A1-11/y.

#### 4.4.4 温度开关检测电路

若不使用温度开关作为过温保护, 该引脚短接到数字地。

使用温度开关做过温保护时,  $K_1$ 选用常闭型温度开关, 正常时温度开关内部闭合, DIN4为低电平, 过温时, 温度开关断开, DIN4为高电平, PPEC-86CA3C识别到高电平停止输出。

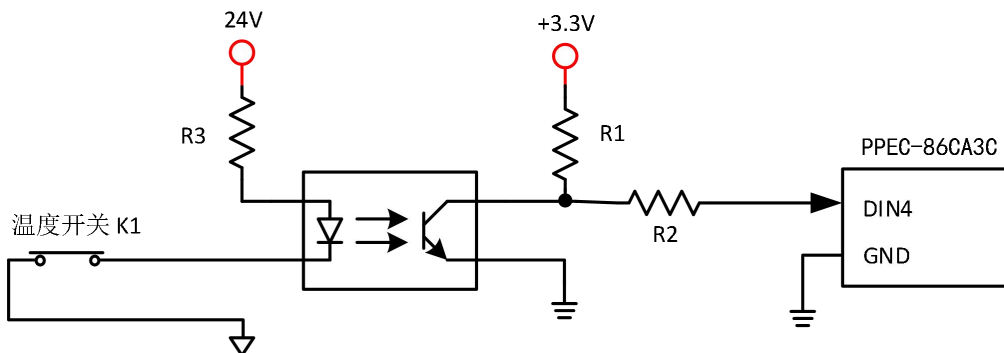


图 4.13 温度开关检测参考电路

$U_1$ 光耦参考型号: TLP181GB;



$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 参考选用3.3K/1%/0603、22R/1%/0603、20K/1%/0805;

$K_1$ 参考型号为: KSD9700常闭型。

#### 4.4.5 外部故障检测电路

此输入为实现硬件保护功能,详细设计参见图 4.16。

若不使用此输入,将此输入短接到数字地。

#### 4.5 数字量输出参考电路

数字量输出建议用缓冲器、电平转换芯片做缓冲,再经过三极管驱动继电器,参考电路见下图:

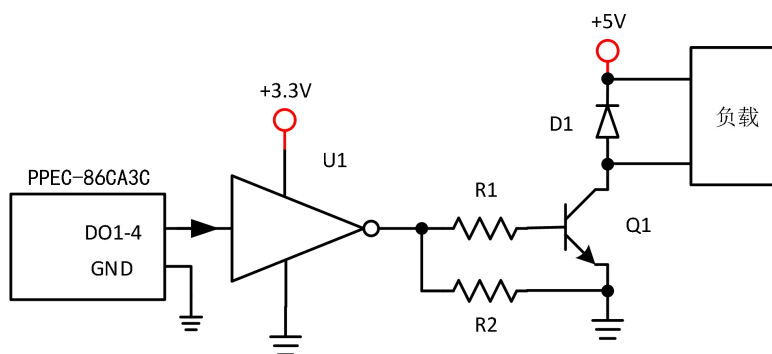


图 4.14 数字量输出参考电路

$U_1$ 反相器参考型号: SN74LVC1G04DCKR;

$R_1$ 、 $R_2$ 参考选用 1K/1%/0603、10K/1%/0603;

$Q_1$ 、 $D_1$ 参考选用: MMBT5551、RS1M;

负载可以为继电器线圈(大功率继电器需要增加中间继电器)、LED灯、蜂鸣器等。

#### 4.6 PWM输出参考电路

PWM输出建议用缓冲器、电平转换芯片做缓冲后输出至驱动电路(非直接驱动开关管),参考电路见下图:

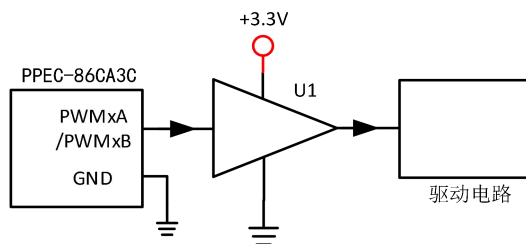


图 4.15 PWM输出参考电路

$U_1$ 缓冲器参考型号: SN74LVC1G07DCKR。

#### 4.7 短路保护参考电路

图 4.16电路可实现短路保护、快速过流保护功能,短路保护时间优于5us, PPEC-86CA3C预留IO





口，实现硬件故障复位、外部故障检测（软件显示）功能。

例：输入电流超过120A时需要进行保护，此时对应的ADC口电压为2.6V，将输入电流对应通道连接到比较器 $U_1$ 负输入，比较器 $U_1$ 正输入连接分压电阻，分压值选取为2.6V，当 $U_1$ 负输入高于正输入端时，比较器输出0V，RS锁存器 $U_2$ 的Q端输出低电平，将PWM驱动封锁，同时将故障信号送到DIN5口，PPEC-86CA3C可检测到外部故障停机；通过屏幕/上位机/复位按键执行复位程序时，DO5输出低电平，RS锁存器 $U_2$ 的Q端输出高电平，将PWM驱动解除封锁。

多个采样通道硬件保护，可以将多个RS锁存器 $U_2$ 的Q端通过与门再控制各PWM，见图 4.16。

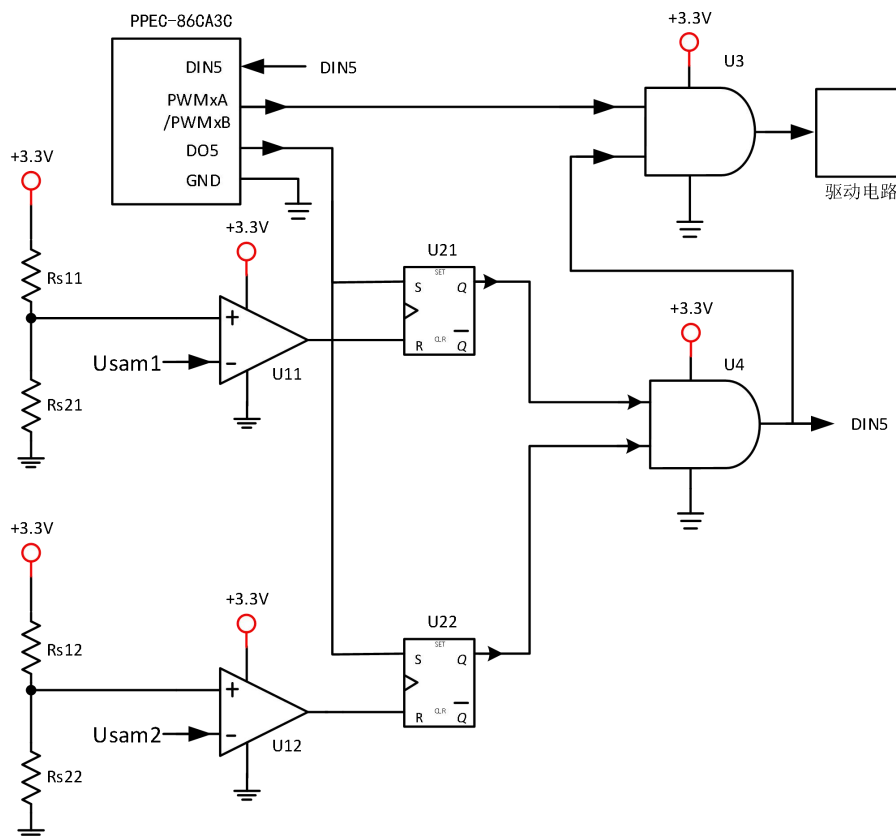


图 4.16 多路保护的PWM输出参考电路

图中，Usam来自图 4.4~图 4.7中运放输出。

$U_{11}$ 、 $U_{12}$ 比较器参考型号：LMV331IDCKR；

$U_{21}$ 、 $U_{22}$  RS锁存器参考型号：CD4044BPWR；

$U_3$ 、 $U_4$  与门参考型号：SN74LVC1G08DCKR；

$R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 参考选用 1%/0603 电阻，阻值根据保护时采样口电压确定。

## 4.8 通讯接口电路

通讯接口电路建议用232/485电平转换芯片做缓冲，参考电路见下图：





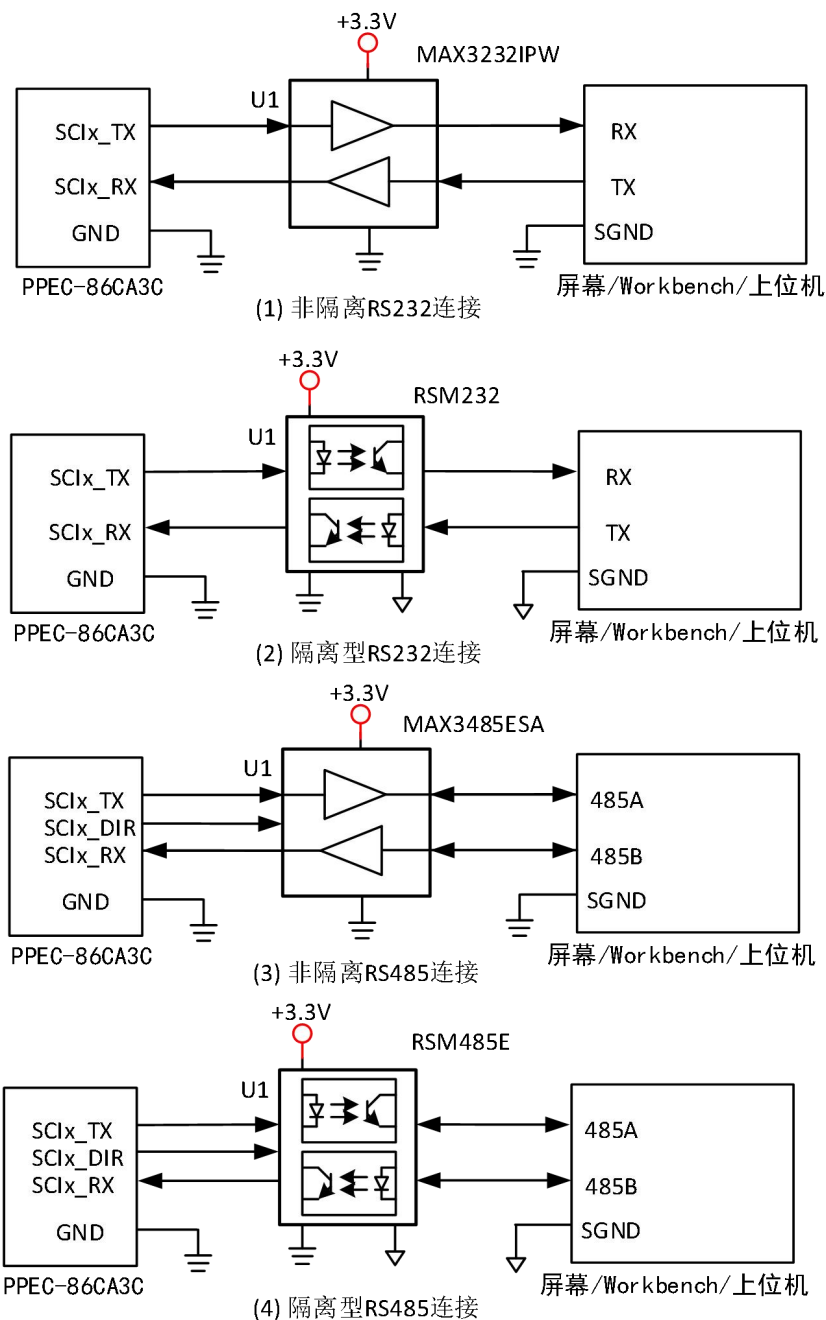


图 4.17 通讯参考电路

上位机/PPEC Workbench连接到SCI1通道，屏幕连接到SCI2通道。

图中给出了参考器件型号，未对外围器件进行详细描述，注意上下拉电阻、匹配电阻等外围器件选型与连接。



## 5 通讯协议

### 5.1 接口说明

SCI1通讯接口，用于上位机/PPEC Workbench连接通讯，采用Modbus-RTU通讯协议。PPEC-86CA3C作为从机，默认从机地址为0x01，可修改。

预留RS485方向控制引脚SCI1\_DIR，可以使用RS232、RS485总线做远程控制。

PPEC-86CA3C的SCI1通讯接口配置如下：

表 5.1 通讯接口配置

| 项目  | 参数       |
|-----|----------|
| 波特率 | 38400bps |
| 数据位 | 8bit     |
| 校验位 | None     |
| 停止位 | 1bit     |

### 5.2 通讯格式

采用Modbus-RTU通讯协议。通过0x03 / 0x06 / 0x10功能码实现寄存器数据的存取。

#### 5.2.1 读取Modbus寄存器（功能码0x03）

读取Modbus寄存器数据。一次性读取寄存器数量不要超过40个。

举例，读Modbus寄存器数据，开始寄存器地址为0x01，数量为2，上位机指令：

表 5.2 读取Modbus寄存器指令

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x03 |      |
| 3    | 寄存器起始地址高8位 | 0x00 |      |
| 4    | 寄存器起始地址低8位 | 0x01 |      |
| 5    | 寄存器数量高8位   | 0x00 |      |
| 6    | 寄存器数量低8位   | 0x02 |      |
| 7    | CRC16校验高8位 | 0x95 |      |
| 8    | CRC16校验低8位 | 0xCB |      |



PPEC-86CA3C收到数据后，响应如下：

表 5.3 读取Modbus寄存器响应

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x03 |      |
| 3    | 数据字节数量     | 0x04 |      |
| 4    | 数据1高8位     | 0x00 |      |
| 5    | 数据1低8位     | 0x01 |      |
| 6    | 数据2高8位     | 0x00 |      |
| 7    | 数据2低8位     | 0x02 |      |
| 8    | CRC16校验高8位 | 0x2A |      |
| 9    | CRC16校验低8位 | 0x32 |      |

### 5.2.2给单个Modbus寄存器写数据（功能码0x06）

把一个值写入到一个Modbus寄存器中。

举例，给地址为0x01的Modbus寄存器写入0x01数据，上位机指令：

表 5.4 写入单个Modbus寄存器指令

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x06 |      |
| 3    | 寄存器地址高8位   | 0x00 |      |
| 4    | 寄存器地址低8位   | 0x01 |      |
| 5    | 被写入数据高8位   | 0x00 |      |
| 6    | 被写入数据低8位   | 0x01 |      |
| 7    | CRC16校验高8位 | 0x19 |      |
| 8    | CRC16校验低8位 | 0xCA |      |



PPEC-86CA3C收到数据后，响应如下：

表 5.5 写入单个Modbus寄存器响应

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x06 |      |
| 3    | 寄存器地址高8位   | 0x00 |      |
| 4    | 寄存器地址低8位   | 0x01 |      |
| 5    | 被写入数据回读高8位 | 0x00 |      |
| 6    | 被写入数据回读低8位 | 0x01 |      |
| 7    | CRC16校验高8位 | 0x19 |      |
| 8    | CRC16校验低8位 | 0xCA |      |

### 5.2.3 给多个Modbus寄存器写数据（功能码0x10）

给多个Modbus寄存器写数据。一次性写入数据的寄存器数量不要超过40个。

举例，给地址为0x01及0x02的Modbus寄存器写入0x0001、0x0002数据，上位机指令：

表 5.6 写入多个Modbus寄存器指令

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x10 |      |
| 3    | 寄存器起始地址高8位 | 0x00 |      |
| 4    | 寄存器起始地址低8位 | 0x01 |      |
| 5    | 写入数据数量高8位  | 0x00 |      |
|      | 写入数据数量低8位  | 0x02 |      |
| 6    | 数据字节数      | 0x04 |      |
| 7    | 被写入数据1高8位  | 0x00 |      |
| 8    | 被写入数据1低8位  | 0x01 |      |
| 9    | 被写入数据2高8位  | 0x00 |      |
| 10   | 被写入数据2低8位  | 0x03 |      |
| 11   | CRC16校验高8位 | 0xE2 |      |
| 12   | CRC16校验低8位 | 0x62 |      |



PPEC-86CA3C收到数据后，响应如下：

表 5.7 写入多个Modbus寄存器响应

| 字节序号 | 定义         | 实例   | 备注   |
|------|------------|------|------|
| 1    | 地址         | 0x01 | 默认地址 |
| 2    | 功能码        | 0x10 |      |
| 3    | 寄存器起始地址高8位 | 0x00 |      |
| 4    | 寄存器起始地址低8位 | 0x01 |      |
| 5    | 写入数据数量高8位  | 0x00 |      |
| 6    | 写入数据数量低8位  | 0x02 |      |
| 7    | CRC16校验高8位 | 0x19 |      |
| 8    | CRC16校验低8位 | 0xCA |      |

### 5.3 寄存器定义

下表为寄存器地址及定义表，各地址详细介绍及作用参见 6 功能及参数配置。

表 5.8 PPEC-86CA3C Modbus 寄存器定义

| 名称     | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 定义                                                                                                                                             |    | 默认值 |
|--------|----|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|
|        |    |                   |                   | 量纲 <sup>[4]</sup>                                                                                                                              | 范围 |     |
| 工作状态 1 | 0  | Uint16            | R                 | 0x00 预充电中<br>0x01 就绪/停止<br>0x02 运行<br>0x03 故障                                                                                                  |    |     |
| 工作状态 2 | 1  | Uint16            | R                 | bit0=1 预充继电器闭合<br>bit1=1 主继电器闭合                                                                                                                |    |     |
| 故障状态 1 | 2  | Uint16            | R                 | bit0=1 输入欠压<br>bit1=1 输入过压<br>bit2=1 输入过流<br>bit3=1 输出过压<br>bit4=1 输出过流<br>bit5=1 输出短路<br>bit6=1 输出过载<br>bit7=1 过温<br>bit8=1 急停<br>bit9=1 外部故障 |    |     |



|           |       |          |     |                                                                                    |            |       |
|-----------|-------|----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
|           |       |          |     | bit10=1 硬件输入过流<br>bit11=1 硬件输出过压<br>bit12=1 硬件输出过流                                 |            |       |
| 故障状态 2    | 3     | Uint16   | R   | bit0=1 flash 存储异常                                                                  |            |       |
| ADC1 结果   | 4     | long int | R   | 未使用                                                                                |            |       |
| ADC2 输入电压 | 6     | long int | R   | 0.1V                                                                               | 0~6500.0V  |       |
| ADC3 输入电流 | 8     | long int | R   | 0.01A                                                                              | 0~650.00A  |       |
| ADC4 输出电压 | 10    | long int | R   | 0.1V                                                                               | 0~6500.0V  |       |
| ADC5 输出电流 | 12    | long int | R   | 0.01A                                                                              | 0~650.00A  |       |
| ADC6 结果   | 14    | long int | R   | 未使用                                                                                |            |       |
| 输出功率      | 16    | long int | R   | 1W                                                                                 | 0~500000W  |       |
| 预留        | 18-29 | Uint16   | R   | 未使用                                                                                |            |       |
| 指令        | 30    | Uint16   | W   | 0x01 启动(PWM 输出)<br>0x02 停止(PWM 停止)<br>0x03 故障复位<br>0xAA 存储数据到 flash<br>0xBB 恢复默认参数 |            |       |
| 工作模式      | 31    | Uint16   | RW  | 0x01 恒压<br>0x02 恒流<br>0x03 开环                                                      |            | 0x01  |
| 输出电压      | 32    | Uint32   | RW  | 0.1V                                                                               | 0V~6500.0V | 10V   |
| 输出电流      | 34    | Uint32   | RW  | 0.01A                                                                              | 0A~650.0A  | 1A    |
| PWM 占空比   | 37    | Uint16   | RW  | 1                                                                                  | 0~100%     | 50%   |
| PWM 频率    | 38    | Uint16   | RW  | 0.1kHz                                                                             | 1~100kHz   | 20kHz |
| PWM 死区时间  | 39    | Uint16   | RW  | 0.1us                                                                              | 0.3us~2us  | 1us   |
| 相数选择      | 40    | Uint16   | RW  | 1                                                                                  | 1~4        | 1     |
| 输出电压限值    | 41    | Uint32   | RWP | 0.1V                                                                               | 0V~6500.0V | 10V   |
| 输出电流限值    | 43    | Uint32   | RWP | 0.01A                                                                              | 0A~650.0A  | 1A    |
| PWM 频率限值  | 47    | Uint16   | RW  | 0.1kHz                                                                             | 1~100kHz   | 20kHz |



|             |    |       |     |     |          |      |
|-------------|----|-------|-----|-----|----------|------|
| 电压环 KP      | 48 | float | RWP | /   | 0.01~100 | 1.0  |
| 电压环 KI      | 50 | float | RWP | /   | 0.001~10 | 0.01 |
| 电流环 KP      | 52 | float | RWP | /   | 0.01~100 | 1.0  |
| 电流环 KI      | 54 | float | RWP | /   | 0.001~10 | 0.01 |
| ADC1 增益     | 56 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC1 偏置     | 58 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC2 输入电压增益 | 60 | float | RWP | /   | /        | 1.0  |
| ADC2 输入电压偏置 | 62 | float | RWP | /   | /        | 0    |
| ADC3 输入电流增益 | 64 | float | RWP | /   | /        | 1.0  |
| ADC3 输入电流偏置 | 66 | float | RWP | /   | /        | 0    |
| ADC4 输出电压增益 | 68 | float | RWP | /   | /        | 1.0  |
| ADC4 输出电压偏置 | 70 | float | RWP | /   | /        | 0    |
| ADC5 输出电流增益 | 72 | float | RWP | /   | /        | 1.0  |
| ADC5 输出电流偏置 | 74 | float | RWP | /   | /        | 0    |
| ADC6 增益     | 76 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC6 偏置     | 78 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC7 增益     | 80 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC7 偏置     | 82 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC8 增益     | 84 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC8 偏置     | 86 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC9 增益     | 88 | float | RWP | 未使用 |          |      |
| ADC9 偏置     | 90 | float | RWP | 未使用 |          |      |



|                |             |        |     |       |           |        |
|----------------|-------------|--------|-----|-------|-----------|--------|
| ADC10 增益       | 92          | float  | RWP | 未使用   |           |        |
| ADC10 偏置       | 94          | float  | RWP | 未使用   |           |        |
| 主继电器闭合电压<br>阈值 | 96          | Uint16 | RWP | 0.1V  | 0~6500.0V | 10.0V  |
| 主继电器闭合时间       | 97          | Uint16 | RWP | 0.1s  | 0~600.0S  | 10.0S  |
| 输入欠压保护阈值       | 98          | Uint32 | RWP | 0.1V  | 0~6500.0V | 0.0V   |
| 输入过压保护阈值       | 100         | Uint32 | RWP | 0.1V  | 0~6500.0V | 400.0V |
| 输入过流保护阈值       | 102         | Uint32 | RWP | 0.01A | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出过压保护阈值       | 104         | Uint32 | RWP | 0.1V  | 0~6500.0V | 400.0V |
| 输出过流保护阈值       | 106         | Uint32 | RWP | 0.01A | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出过载保护阈值       | 108         | Uint32 | RWP | 1W    | 0~500000W | 400.0W |
| 输出短路保护阈值       | 110         | Uint32 | RWP | 0.1A  | 0~5000.0A | 100.0A |
| 预留             | 112-<br>115 | Uint16 | RWP | 未使用   |           |        |
| 输入电流硬件保护<br>阈值 | 116         | Uint16 | RWP | 0.01A | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出电压硬件保护<br>阈值 | 117         | Uint16 | RWP | 0.1V  | 0~6500.0V | 400.0V |
| 输出电流硬件保护<br>阈值 | 118         | Uint16 | RWP | 0.01A | 0~650.00A | 1.00A  |
| 预留             | 119-<br>121 | Uint16 | RWP | 未使用   |           |        |
| 从机地址           | 122         | Uint16 | RWP | /     | 1~255     | 1      |
| 版本号            | 123         | Uint16 | R   | /     | 0~0xFFFF  |        |
| 密码             | 124         | Uint32 | RWP | /     | 1~999999  | 666666 |
| 权限解锁           | 126         | Uint32 | W   | /     | 1~999999  | 1      |

[2]类型、[3]权限、[4]量纲 解析及含义请查看 8 解析及注释





## 6 功能及参数配置

结合 4 参考电路 及 5.3 寄存器定义，对PPEC-86CA3C各配置参数及可实现的功能进行阐述。

寄存器读写相关内容是给需要做上位机的研发人员做解释，使用PPEC Workbench或屏幕的研发人员，可借助本章了解PPEC-86CA3C可实现的功能，不需要学习寄存器数据的读写。

### 6.1 系统参数

#### 6.1.1 权限分层实现

为了避免电源最终用户误操作修改关键运行参数，导致电源不能正常工作甚至损坏负载，因此将关键运行参数通过密码做保护，最终用户不能对其查看或修改。

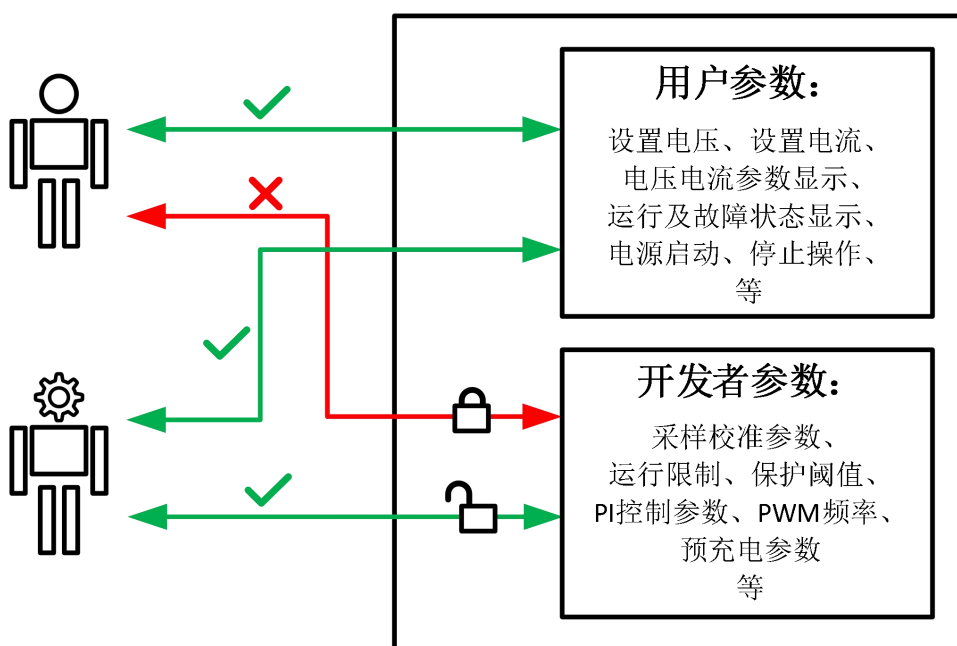


图 6.1 权限分层示意图

通讯及屏幕开发，均需要输入正确密码，才能读写开发者参数。相关寄存器为：

表 6.1 密码及权限寄存器

| 名称   | 地址  | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围       | 默认值    |
|------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|----------|--------|
| 密码   | 124 | Uint32            | RWP               | /                 | 1~999999 | 666666 |
| 权限解锁 | 126 | Uint32            | W                 | /                 | 0~999999 | 0      |

通过通讯解锁需要将正确密码写入到126号(0x7E)寄存器中，126号寄存器为Uint32双寄存器组，即高位存在127号寄存器，地位存在126号寄存器。例如写入密码666666，其十六进制码为0x000A2C2A，写入指令为：



0x01 0x10 0x00 0x7E 0x00 0x02 0x04 0x2C 0x2A 0x00 0x0A 0xDC 0x58

密码保存在124号(0x7C)寄存器，该寄存器也会受密码保护，解锁后可以访问读写，修改密码后还需要在30号（0x1E）指令寄存器写入0x00AA才能保存密码，指令为：

0x01 0x06 0x00 0x1E 0x00 0xAA 0x69 0xB3

**未解锁时，不能通过通讯、屏幕等任何方式，读取或者修改开发者参数。权限分层保护电源参数不被任意修改，保证电源开发者的数据安全，研发企业及研发人员应妥善保管密码！**

### 6.1.2从机地址修改

从机地址可以修改为1-255的任意值，实现电源共通讯线控制。

表 6.2 从机地址寄存器

| 名称   | 地址  | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围    | 默认值 |
|------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-----|
| 从机地址 | 122 | Uint16            | RWP               | /                 | 1~255 | 1   |

解锁后，对122号(0x7A)寄存器写入新地址，如修改为0x02，指令为：

0x01 0x06 0x00 0x7A 0x00 0x02 0x29 0xD2

修改后还需要在30号（0x1E）指令寄存器写入0x00AA才能保存，指令为：

0x01 0x06 0x00 0x1E 0x00 0xAA 0x69 0xB3

重启后即可使用新从机地址对PPEC-86CA3C进行访问。

### 6.1.3版本号

版本号存储了当前的拓扑版本信息，高8位为拓扑版本，Buck/Boost半桥为0X03；低8位为软件版本，例：PPEC-86CA3C对应的软件版本为0x01，读取123号(0x7B)寄存器返回值为0X0301。

表 6.3 版本号寄存器

| 名称  | 地址  | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围       | 默认值 |
|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-----|
| 版本号 | 123 | Uint16            | R                 | /                 | 0-0xFFFF |     |

读取指令为：

0x01 0x03 0x00 0x7B 0x00 0x01 0xF4 0x13

PPEC-86CA3C返回指令为：

0x01 0x03 0x02 0x03 0x01 0x79 0x74



## 6.2 用户参数

### 6.2.1 工作状态及运行参数显示

工作状态及运行参数寄存器均为具有读取权限的寄存器，相关寄存器如下：

表 6.4 工作状态及运行参数寄存器

| 名称        | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 定义                                                                                                                                                                                                   |           | 默认值 |
|-----------|----|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----|
|           |    |                   |                   | 量纲 <sup>[4]</sup>                                                                                                                                                                                    | 范围        |     |
| 工作状态 1    | 0  | Uint16            | R                 | 0x00 预充电中<br>0x01 就绪/停止<br>0x02 运行<br>0x03 故障                                                                                                                                                        |           |     |
| 工作状态 2    | 1  | Uint16            | R                 | bit0=1 预充继电器闭合<br>bit1=1 主继电器闭合                                                                                                                                                                      |           |     |
| 故障状态 1    | 2  | Uint16            | R                 | bit0=1 输入欠压<br>bit1=1 输入过压<br>bit2=1 输入过流<br>bit3=1 输出过压<br>bit4=1 输出过流<br>bit5=1 输出短路<br>bit6=1 输出过载<br>bit7=1 过温<br>bit8=1 急停<br>bit9=1 外部故障<br>bit10=1 硬件输入过流<br>bit11=1 硬件输出过压<br>bit12=1 硬件输出过流 |           |     |
| 故障状态 2    | 3  | Uint16            | R                 | bit0=1 flash 存储异常                                                                                                                                                                                    |           |     |
| ADC2 输入电压 | 6  | long int          | R                 | 0.1V                                                                                                                                                                                                 | 0~6500.0V |     |
| ADC3 输入电流 | 8  | long int          | R                 | 0.01A                                                                                                                                                                                                | 0~650.00A |     |
| ADC4 输出电压 | 10 | long int          | R                 | 0.1V                                                                                                                                                                                                 | 0~6500.0V |     |
| ADC5 输出电流 | 12 | long int          | R                 | 0.01A                                                                                                                                                                                                | 0~650.00A |     |
| 输出功率      | 16 | long int          | R                 | 1W                                                                                                                                                                                                   | 0~500000W |     |

工作状态及故障状态反映了电源的运行情况，运行状态及故障状态在PPEC Workbench及屏幕上可以直接显示对应状态，由于屏幕显示控件有限，仅能同时显示一种故障。



电压及电流参数，为矫正计算过后的实际电压电流值，详细计算过程见 6.3.3 采样及校正。

## 6.2.2 电源控制指令

电源控制寄存器实现对电源的操作，实现电源的启停、电压设定、电流设定，切换恒压、恒流模式。相关寄存器如下表，均不需要解锁操作即可进行访问、读写。

表 6.5 电源控制指令寄存器

| 名称   | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 定义                                                                                 |            | 默认值  |
|------|----|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|
|      |    |                   |                   | 量纲 <sup>[4]</sup>                                                                  | 范围         |      |
| 指令   | 30 | Uint16            | W                 | 0x01 开机(PWM 输出)<br>0x02 关机(PWM 停止)<br>0x03 故障复位<br>0xAA 存储数据到 flash<br>0xBB 恢复默认参数 |            |      |
| 工作模式 | 31 | Uint16            | RW                | 0x01 恒压<br>0x02 恒流<br>0x03 开环                                                      |            | 0x01 |
| 输出电压 | 32 | Uint32            | RW                | 0.1V                                                                               | 0V~6500.0V | 10V  |
| 输出电流 | 34 | Uint32            | RW                | 0.01A                                                                              | 0A~650.0A  | 1A   |

在状态符合要求时，通过写入30号（0x1E）指令寄存器对应数据，PPEC-86CA3C执行相应的动作：

当工作状态1寄存器值为 0x01就绪/停止时，在指令寄存器写入0x01，PPEC-86CA3C执行开机；

当工作状态1寄存器值为 0x02运行时，在指令寄存器写入0x02，PPEC-86CA3C执行停机；

当工作状态1寄存器值为 0x03故障时，在指令寄存器写入0x03，PPEC-86CA3C执行故障复位操作，若故障未解锁会导致复位失败；

工作模式、设定电压、设定电流，及任何开发者参数数据变动后，需要指令寄存器写入0xAA保存数据，部分数据重启后生效；

忘记密码，或需要恢复默认参数时，指令寄存器写入0xBB，即可擦除全部数据，此过程不可逆！



### 6.3 开发者参数

未解锁时，不能通过通讯、屏幕等任何方式，读取或者修改开发者参数。权限分层保护电源参数不被任意修改，保证电源开发者的数据安全，研发企业及研发人员应妥善保管密码！

#### 6.3.1 电源控制参数

电源控制参数见下表。

表 6.6 电源控制参数寄存器

| 名称       | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围         | 默认值   |
|----------|----|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-------|
| 输出电压限值   | 41 | UInt32            | RWP               | 0.1V              | 0V~6500.0V | 10V   |
| 输出电流限值   | 43 | UInt32            | RWP               | 0.01A             | 0A~650.0A  | 1A    |
| PWM 频率限值 | 47 | UInt16            | RW                | 0.1kHz            | 1~100kHz   | 20kHz |
| 电压环 KP   | 48 | float             | RWP               | /                 | 0.01~100   | 1.0   |
| 电压环 KI   | 50 | float             | RWP               | /                 | 0.001~10   | 0.01  |
| 电流环 KP   | 52 | float             | RWP               | /                 | 0.01~100   | 1.0   |
| 电流环 KI   | 54 | float             | RWP               | /                 | 0.001~10   | 0.01  |

设定电压限值和设定电流限值，对用户参数：设定电压、设定电流进行了约束，用户通过屏幕、或PPEC Workbench或者任何方式修改，若设定电压/电流超过设定电压/电流限值，均强制该数据回到限值，例如，设定电压限值为100.0V时，用户通过屏幕写入200.0V，将被自动修改为100.0V。

PWM频率建议取整数，例如5kHz、8kHz、10kHz、15kHz、20kHz。

电压环KP、电压环KI、电流环KP及电流环KI为PI环参数，此处不再赘述。

#### 6.3.2 开环调试功能

开环调试可以快速对硬件进行验证，提高开发效率。开环调试参数见下表。

表 6.7 开环调试寄存器

| 名称       | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围        | 默认值   |
|----------|----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------|
| PWM 占空比  | 37 | UInt16            | RW                | 1                 | 0~100%    | 50%   |
| PWM 频率   | 38 | UInt16            | RW                | 0.1kHz            | 1~100kHz  | 20kHz |
| PWM 死区时间 | 39 | UInt16            | RW                | 0.1us             | 0.3us~2us | 1us   |



|      |    |        |    |   |     |   |
|------|----|--------|----|---|-----|---|
| 相数选择 | 40 | Uint16 | RW | 1 | 1~4 | 1 |
|------|----|--------|----|---|-----|---|

开环调试流程如下：

- 1) 给定PWM占空比、PWM频率及PWM死区时间，并选择相数；
- 2) 在31号（0x1F）工作模式寄存器写入0x03，切换到开环模式；
- 3) 在30号（0x1E）指令寄存器写入0x01，PPEC-86CA3C执行开环输出；

开环调试需要在预充电结束后进行，可以先将主继电器闭合电压阈值设置为0，可以避免不能达到预充电条件不能进行开环调试。

开环调试需要在无故障状态下进行，若出现欠压故障，可以先将输入欠压阈值设置为0，可进行开环调试。

### 6.3.3 采样及校正

PPEC-86CA3C控制器适用不同电压、电流范围，可通过改变增益及偏置实现显示值与实际输出值的匹配。

表 6.8 采样校正寄存器

| 名称                 | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围 | 默认值 |
|--------------------|----|-------------------|-------------------|-------------------|----|-----|
| ADC2 输入电压增益 (Gain) | 60 | float             | RWP               | /                 | /  | 1.0 |
| ADC2 输入电压偏置 (Bias) | 62 | float             | RWP               | /                 | /  | 0   |
| ADC3 输入电流增益 (Gain) | 64 | float             | RWP               | /                 | /  | 1.0 |
| ADC3 输入电流偏置 (Bias) | 66 | float             | RWP               | /                 | /  | 0   |
| ADC4 输出电压增益 (Gain) | 68 | float             | RWP               | /                 | /  | 1.0 |
| ADC4 输出电压偏置 (Bias) | 70 | float             | RWP               | /                 | /  | 0   |
| ADC5 输出电流增益 (Gain) | 72 | float             | RWP               | /                 | /  | 1.0 |
| ADC5 输出电流偏置 (Bias) | 74 | float             | RWP               | /                 | /  | 0   |

各通道的显示值 $U_{Display}$ （5-8号寄存器对应值）与对应采样通道引脚电压 $U_{AIN}$ 关系如下：

$$U_{Display} = Gain \times (U_{AIN} - Bias)$$

例1，设计输出电压为200V电源设备（后面简称设备），使用图 4.3 双电源供电闭环霍尔电压传感器参考电路，参数参考表 4.1 双电源霍尔电压采样阻值选取参考选取200V参数，具体配置参见下图。

理论电压偏置为0V，可以计算实际200V电压时，理论对应采样通道引脚电压 $U_{AIN}$ ：

$$U_{AIN} = \frac{U_{real} R_{s1}}{R_{s2}} n = \frac{200V \times 160\Omega}{40.2k\Omega} \times 2500:1000 = 1.99V$$

则ADC4输出电压增益为



$$\text{Gain}_{ADC4} = \frac{U_{real}}{U_{AIN}} = \frac{200V}{1.99V} = 100.5$$

或者可以快速计算：

$$\text{Gain}_{ADC4} = \frac{R_{s2}}{nR_{s1}} = \frac{40.2k\Omega}{2500/1000 \times 160\Omega} = 100.5$$

若霍尔存在0.01V偏置，即输出电压为0V时，对应采样通道引脚电压 $U_{AIN}$ 为0.01V，ADC4输出电压偏置 $\text{Bais}_{ADC4}$ 为0.01V。

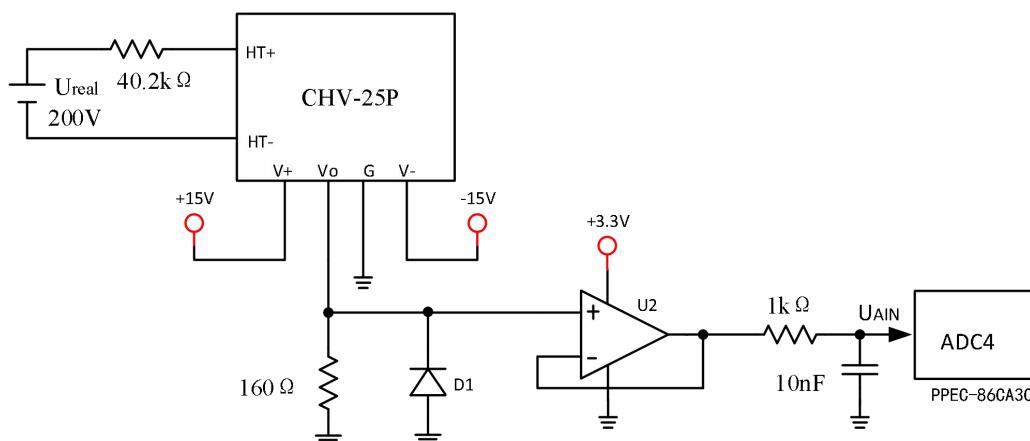


图 6.2 200V采样电路

当设定好偏置和增益后，若采样存在偏差，可以通过下面两种方式再次校正：

**方式1).** 有外部稳压源，在设备非运行状态，外部稳压源连接到设备输出，按如下方法校正。

外部电压源输出额定电压（额定电压：设备的设计输出电压最大值），记录设备输出电压显示值 $U1$ （屏幕 / PPEC workbench / 10号寄存器回读值），记录万用表测量输出电压 $U1'$ 。外部电压源输出0.1倍额定电压，记录设备输出电压显示值 $U2$ ，记录万用表测量输出电压 $U2'$ 。

**方式2).** 无外部稳压源，设备连接合适负载，开环可输出稳定电压，按如下方法校正。

开环模式下，调整占空比，待万用表测量值达到额定电压（设备的设计输出电压最大值）附近，记录设备输出电压显示值 $U1$ （屏幕 / PPEC workbench / 10号寄存器回读值），记录万用表测量输出电压 $U1'$ 。调整占空比，待万用表测量值达到0.1倍额定电压附近，记录设备输出电压显示值 $U2$ ，记录万用表测量输出电压 $U2'$ 。

校准计算公式如下：

$$\text{Gain}' = \frac{U1' - U2'}{U1 - U2} \text{Gain}$$

$$\text{Bias}' = \frac{U2}{\text{Gain}} - \frac{U2'}{\text{Gain}'} + \text{Bias}$$

Gain为原增益，Bias为原偏置，Gain'为校正后增益，Bias'为校正后偏置。

校正后需要写入对应寄存器并操作存储到flash。





例2，设计输出电流为30A电源，使用图 4.6 单电源供电闭环霍尔电流传感器参考电路，依据表 4.4 选用霍尔型号为CHB-15MP。

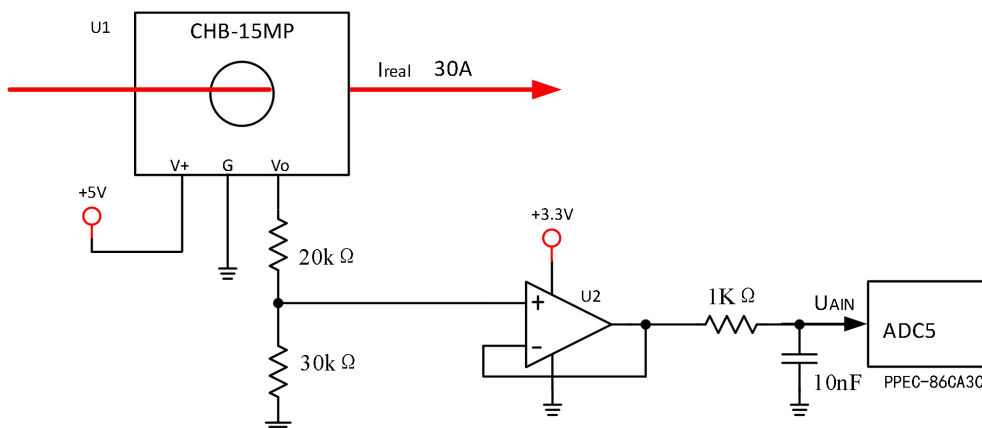


图 6.3 30A 电流采样电路

理论电压偏置为 1.5V，霍尔内部集成采样电阻  $R_s = 50\Omega$ ，可以快速计算，ADC5 输出电流增益为

$$\text{Gain}_{\text{ADC5}} = \frac{1}{nR_s} = \frac{1}{1/1200 \times 50\Omega} = 24$$

若分压后霍尔存在 -0.01V 偏置，即输出电压为 0V 时，对应采样通道引脚电压  $U_{\text{AIN}}$  为 1.49V，ADC5 输出电压流置  $\text{Bais}_{\text{ADC5}} = -0.01\text{V}$ 。

### 6.3.4 预充电参数

大功率电源直流母线电容较大，通过预充电电路可以降低上电冲击。相关寄存器如下表。

表 6.9 预充电寄存器

| 名称         | 地址 | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围        | 默认值   |
|------------|----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------|
| 主继电器闭合电压阈值 | 96 | Uint16            | RWP               | 0.1V              | 0~6500.0V | 10.0V |
| 主继电器闭合时间   | 97 | Uint16            | RWP               | 0.1s              | 0~600.0S  | 10.0S |

现结合电路对相关寄存器功能进行阐述。

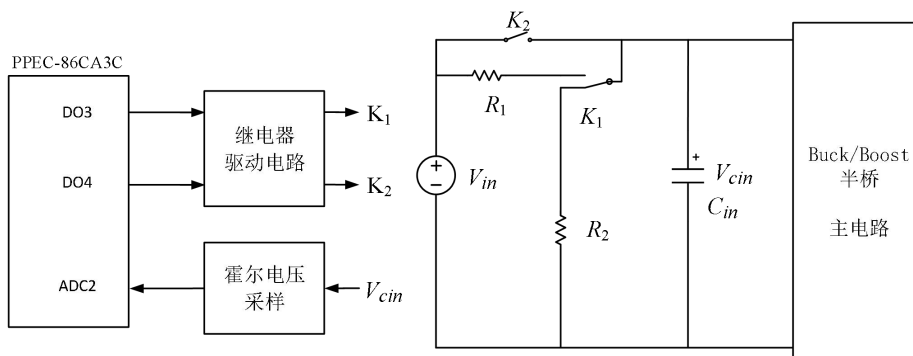


图 6.4 预充电电路





控制电路上电后，预充电继电器 $K_1$ 闭合，外部电源通过电阻 $R_1$ 对母线电容 $C_{in}$ 充电，需要同时达到以下两个条件， $K_2$ 主继电器闭合：

- 1) 电容电压 $V_{in}$ 达到主继电器闭合电压阈值；
- 2) 自 $K_1$ 闭合开始计时，时长主继电器闭合时间。

上图中， $R_2$ 为泄能电阻，掉电后自动泄放 $C_{in}$ 电荷，不需要可去掉。

若不需要预充电继电器， $K_1$ 继电器可去掉，对应位置短接即可。

### 6.3.5 保护阈值

通过配置保护阈值各寄存器，可以在参数达到保护条件时触发对应保护功能，电源执行停机并报故障，避免故障扩大，相关寄存器如下表。

表 6.10 保护阈值参数寄存器

| 名称       | 地址  | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围        | 默认值    |
|----------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|--------|
| 输入欠压保护阈值 | 98  | Uint32            | RWP               | 0.1V              | 0~6500.0V | 0.0V   |
| 输入过压保护阈值 | 100 | Uint32            | RWP               | 0.1V              | 0~6500.0V | 400.0V |
| 输入过流保护阈值 | 102 | Uint32            | RWP               | 0.01A             | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出过压保护阈值 | 104 | Uint32            | RWP               | 0.1V              | 0~6500.0V | 400.0V |
| 输出过流保护阈值 | 106 | Uint32            | RWP               | 0.01A             | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出过载保护阈值 | 108 | Uint32            | RWP               | 1W                | 0~500000W | 400.0W |
| 输出短路保护阈值 | 110 | Uint32            | RWP               | 0.1A              | 0~5000.0A | 100.0A |

### 6.3.6 硬件保护阈值

通过配置硬件保护阈值各寄存器，可以在参数达到硬件保护条件时触发对应保护功能，电源执行停机并报故障，避免故障扩大，软件保护与硬件保护阈值关系应为：硬件保护阈值>软件保护阈值，相关寄存器如下表。

表 6.11 保护阈值参数寄存器

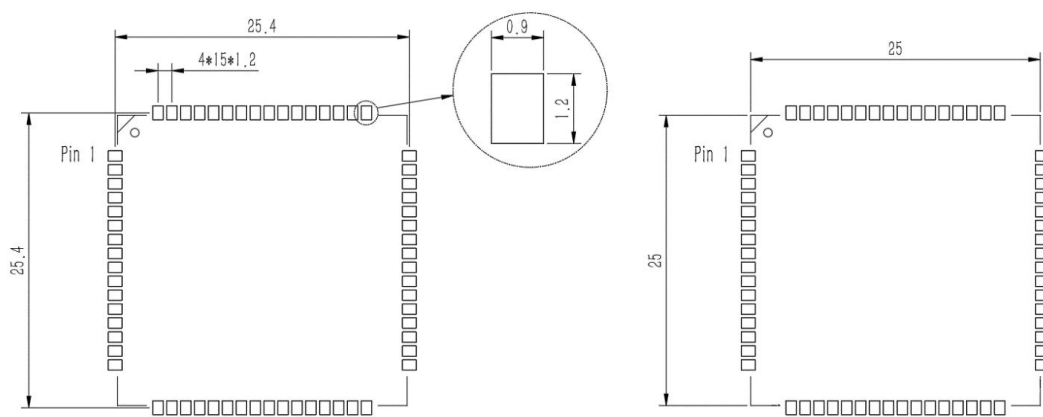
| 名称         | 地址  | 类型 <sup>[2]</sup> | 权限 <sup>[3]</sup> | 量纲 <sup>[4]</sup> | 范围        | 默认值    |
|------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|--------|
| 输入电流硬件保护阈值 | 116 | Uint16            | RWP               | 0.01A             | 0~650.00A | 1.00A  |
| 输出电压硬件保护阈值 | 117 | Uint16            | RWP               | 0.1V              | 0~6500.0V | 400.0V |



|                |     |        |     |       |           |       |
|----------------|-----|--------|-----|-------|-----------|-------|
| 输出电流硬件保护<br>閾值 | 118 | Uint16 | RWP | 0.01A | 0~650.00A | 1.00A |
|----------------|-----|--------|-----|-------|-----------|-------|



## 7 封装尺寸



图中单位 (mm)

图 7.1 封装尺寸



## 8 解析及注释

### [1] 拓扑型号及代码

| 代码 | 拓扑型号            | 代码 | 拓扑型号      |
|----|-----------------|----|-----------|
| A  | 移相全桥变换器         | B  | LLC谐振变换器  |
| C  | Buck/Boost半桥变换器 | D  | 双向有源全桥变换器 |
| E  | 单相逆变(整流)器       | F  | 三相逆变(整流)器 |
| G  | Vienna整流器       | H  | LC串联谐振变换器 |

### [2] 类型

寄存器类型分为：Uint16、int16、Uint32、float。

Uint16为无符号整形unsigned int，数据范围为0-0xFFFF，表示0-65535；

int16为整形int，数据范围-32768~+32767；

Uint32为无符号长整形unsigned long，数据范围为0-0xFFFF FFFF，一般作为特殊寄存器使用，占两个寄存器地址，其中高16位占本地址，低16位占本地址+1；

float为浮点型，占两个寄存器地址，其中高16位占本地址，低16位占本地址+1；

### [3] 权限

寄存器权限表明本寄存器的访问权限

W 为写入权限，可写入数据，无权限写该寄存器不生效；

R 为读取权限，可地区数据，无权限读该寄存器返回0；

P 为保护权限，“权限解锁”寄存器（126）写入正确密码后能操作，否则读返回0，写不生效。

### [4] 量纲

寄存器值的单位，例：设定电压量纲是0.1V，寄存器值为100表示100\*0.1V=10V。

### [5] 理论增益

指理论计算得到的被测量值 $U_{Real}$ 与对应采样通道引脚电压 $U_{AIN}$ 关系如下：

$$U_{Real} = Gain \times (U_{AIN} - Bias)$$

理论增益Gain为： $U_{AIN}$ 增加1V， $U_{Real}$ 的增量。该值用于采样校正，详见6.3.3采样及校正。

### [6] 理论偏置

接[5]，理论偏置Bias为：被测量值为0时，采样电路输出到采样引脚的电压。该值用于采样校正，详见6.3.3采样及校正。



让天下没有难做的电源！



扫码获取更多相关资讯

武汉森木磊石科技有限公司

全国服务热线：400-679-8818

官网：<http://www.senmuleishi.com>

地址：武汉市洪山区东港科技产业园4号楼