

EG8013 纯数字算法电流模式逆变芯片 数据手册



版本变更记录

版本号	日期	描述
V1.0	2024 年 02 月 13 日	EG8013 数据手册初稿。

目录

1.	特点	4
2.	描述	5
3.	应用领域	5
4.	引脚	6
4.1	引脚定义	6
4.2	引脚描述	7
5.	结构框图	8
6.	典型应用电路	9
6.1	2KW 逆变器主板应用图	9
6.2	EG1615 前级升压驱动板原理图	9
6.3	EG8013 后级 DC To AC 逆变驱动板原理图	10
7.	电气特性	11
7.1	极限参数	11
7.2	典型参数	11
8.	应用设计	13
8.1	PWM 调制方式	13
8.2	输出电压反馈	13
8.3	输出电流反馈	15
8.4	直流母线电压反馈	16
8.5	温度反馈	16
9.	保护功能	17
9.1	输出过载保护	17
9.2	输出过流保护	17
9.3	直流母线电压过压、欠压保护	17
9.4	PCB 过温保护	17
9.5	功率管过温保护	17
9.6	短路保护	17
10.	测试模式	18
11.	通讯功能（UART）	19
11.1	串口描述	19
11.2	APP 功能	19
11.2.1	APP 消息发送	19
11.2.2	APP 消息接收	20
11.3	CFG 功能	22
11.3.1	CFG 请求消息	22
11.3.2	CFG 应答消息	22
11.3.3	0x22 服务-读 DID	23
11.3.4	0x2E 服务-写 DID	24
11.3.5	0x2F 服务-IO 控制	25
12.	封装尺寸	28
12.1	LQFP32	28

EG8013 芯片数据手册 V1.0

1. 特点

- 采用最先进的纯数字算法的电流模式芯片，完成精确控制电感中的电流
- 超强的峰值功率输出能力，支持 2 倍额定功率、持续运行 30S 以上
- 超强的带电机类和容型负载能力性能，恒流源模式启动电机，实现卓越的带电机性能
- 支持逆变输出时直接插市电不烧 IGBT 或 MOS 管
- 全负载范围内正弦波形失真率小于 1.5%，
- 短路保护由纯数字算法电流模式独立完成，可根据 IGBT 或 MOS 管的最大承受电流设定恒流值大小，短路发生时，控制电感上的电流基本上是一种恒流源。
- SPWM 载波频率为 50KHz，采用倍频调制方式，作用在 LC 滤波电感和电容上的频率为 100KHz
- 输出电压和输出电流是每个 PWM 周期实时处理，能实现精确跟踪
- 逆变器保护功能：
 - 直流母线电压过压和欠压保护
 - 交流输出欠压保护
 - 输出过载保护
 - 输出过流保护
 - PCB 过温保护和 IGBT 过温保护
 - 输出短路保护，纯数字算法实现保护，无需硬件短路保护电路参与
- 串口通讯可设置参数：
 - 50Hz 纯正弦波固定频率
 - 60Hz 纯正弦波固定频率
 - 交流输出电压
 - 温度保护值
 - 额定功率保护值
 - 额定电流保护值
 - 故障复位
- 串口通讯可读参数：
 - 交流输出电压
 - 交流输出频率
 - 交流输出功率
 - 交流输出电流
 - 直流母线电压
 - 故障代码

2. 描述

EG8013 是一款采用最先进的纯数字算法电流模式的 SPWM 芯片，能够实现精确控制电感中的电流，超强的带电机类和容型负载能力性能，恒流源模式启动电机，实现卓越的带电机性能。

EG8013 具有恒流方式的短路保护功能，短路保护由内部纯数字算法电流模式独立完成，可根据 IGBT 或 MOS 管的最大承受电流设定恒流值大小，短路发生时，控制电感上的电流基本上是一种恒流源。

该芯片采用 CMOS 工艺，内部的主要模块为纯数字算法电流模式的 SPWM 发生模块、多路反馈处理及保护电路、UART 串口通讯模块等功能。

EG8013 内置了完善的各项保护功能，提供了直流母线过压和欠压保护、交流输出欠压保护、过载保护、过流保护、过温保护及短路保护等。

EG8013 内置了 UART 串口通讯功能，用户通过串口可设配置参数，及复位功能等，也可以通过串口读出逆变器运行的状态及相关数据。

3. 应用领域

- 单相纯正弦波逆变器
- 不间断电源 UPS 系统
- 光伏发电逆变器
- 风力发电逆变器
- 锂电发电机
- 储能电源
- 逆控一体机



4. 引脚

4.1 引脚定义

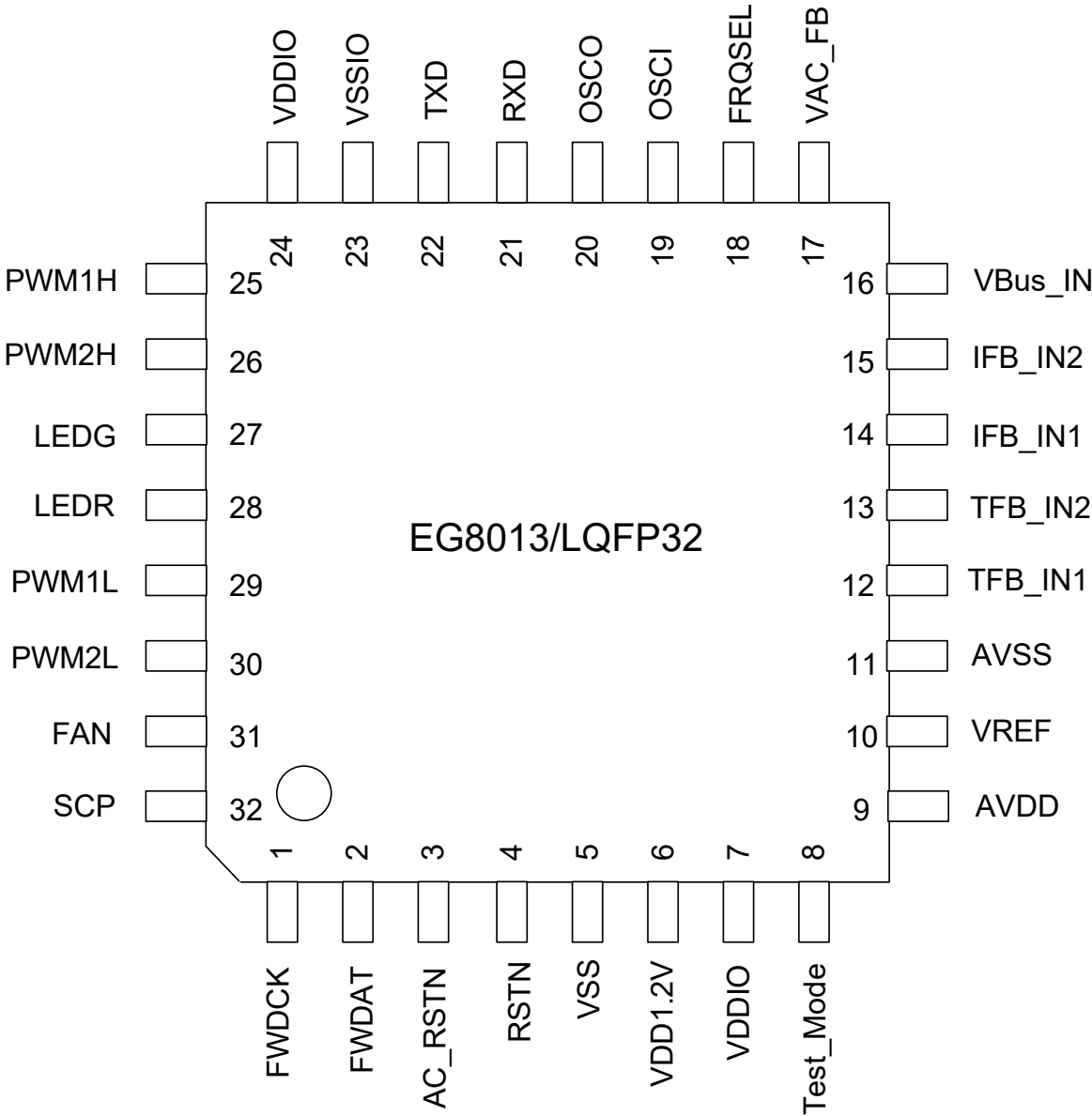


图 4-1. EG8013 管脚定义

4.2 引脚描述

引脚序号	引脚名称	I/O	描述
1	FWDCK	I	固件升级时钟输入
2	FWDAT	I	固件升级数据输入
3	AC_RSTN	I	交流输出复位脚（该脚不能悬空，需接一个上拉电阻如 10K 到 3.3V）： 输入“0”为复位输出 输入“1”为正常运行
4	RSTN	I	芯片复位脚，低电平复位有效，外接一个 0.1uF 电容到 GND
5	VSS	GND	芯片的地端
6	VDD1.2V	Power	+1.2V 电源输出端，供内部数字电路使用，需外接一个 10uF 电容到 GND
7	VDDIO	Power	芯片的 +3.3V 供电端，需外接一个 10uF 电容到 GND
8	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 或 5V）： “0” 是正常运行模式 “1” 是测试模式，正弦波开环输出，用于调试硬件电路工作情况
9	AVDD	Power	芯片内部的模拟电路 +3.3V 供电端，需外接一个 10uF 电容到 GND
10	VREF	Power	芯片内部的 ADC 基准电源，可以连接到 AVDD 供电端
11	AVSS	GND	芯片的地端
12	TFB_IN1	I	温度反馈输入通道 1，可用于 PCB 板上的环境温度检测
13	TFB_IN2	I	温度反馈输入通道 2，可用于 IGBT 或 MOS 管的温度检测
14	IFB_IN1	I	负载电流反馈输入通道 1，用于其中半个正弦周期电流的采样
15	IFB_IN2	I	负载电流反馈输入通道 2，用于另半个正弦周期电流的采样
16	VBus_IN	I	直流母线电压反馈输入
17	VAC_FB	I	交流电压反馈输入，用于交流电压环稳压
18	FRQSEL	I	FRQSEL 是设置输出频率（该脚不能悬空，不使用时需接 GND 或 5V）： “0” 是输出 50Hz 频率 “1” 是输出 60Hz 频率
19	OSCI	I	8M 晶体振荡器引脚 1
20	OSCO	I	8M 晶体振荡器引脚 1
21	RXD	I	串口通讯数据接收端 0（该脚不能悬空，需接一个上拉电阻如 10K 到 5V）
22	TXD	O	串口通讯数据发送端 0
23	VSSIO	GND	芯片的地端
24	VDDIO	Power	芯片的 +3.3V 供电端，需外接一个 10uF 电容到 GND
25	PWM1H	O	左桥臂上管 SPWM 输出，外接到 EG3116D 高压全桥驱动器的 HINx 输入脚
26	PWM2H	O	右桥臂上管 SPWM 输出，外接到 EG3116D 高压全桥驱动器的 HINx 输入脚
27	LEDG	O	运行 LED 指示输出
28	LEDR	O	故障 LED 指示输出
29	PWM1L	O	左桥臂下管 SPWM 输出，外接到 EG3116D 高压全桥驱动器的 LINx 输入脚
30	PWM2L	O	右桥臂下管 SPWM 输出，外接到 EG3116D 高压全桥驱动器的 LINx 输入脚
31	FAN	O	风扇控制信号输出
32	SCP	I	IGBT 或 MOS 管的极限电流保护输入，需通过外部比较器触发输入



5. 结构框图

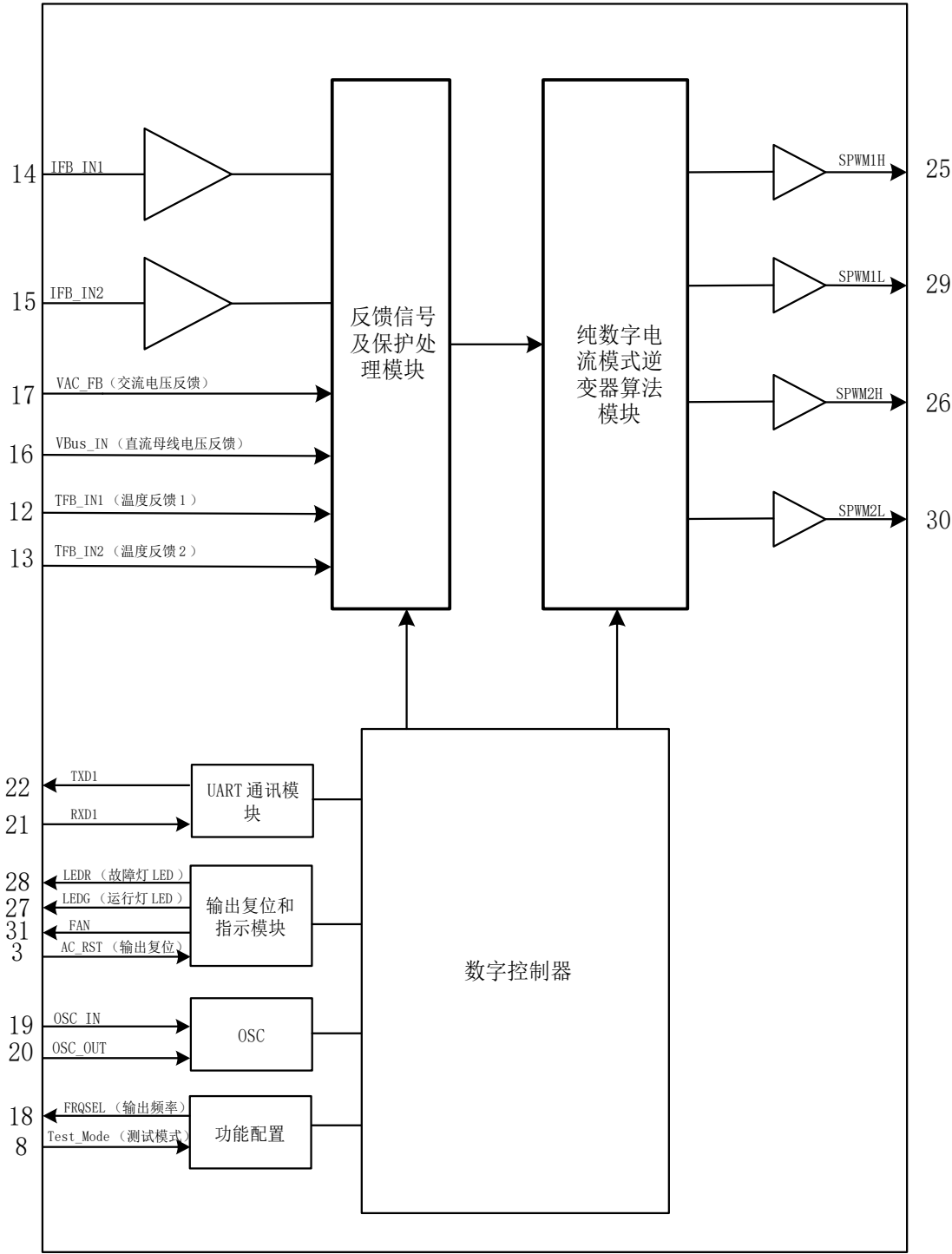


图 5-1. EG8013 结构框图

6. 典型应用电路

6.1 2KW逆变器主板应用图

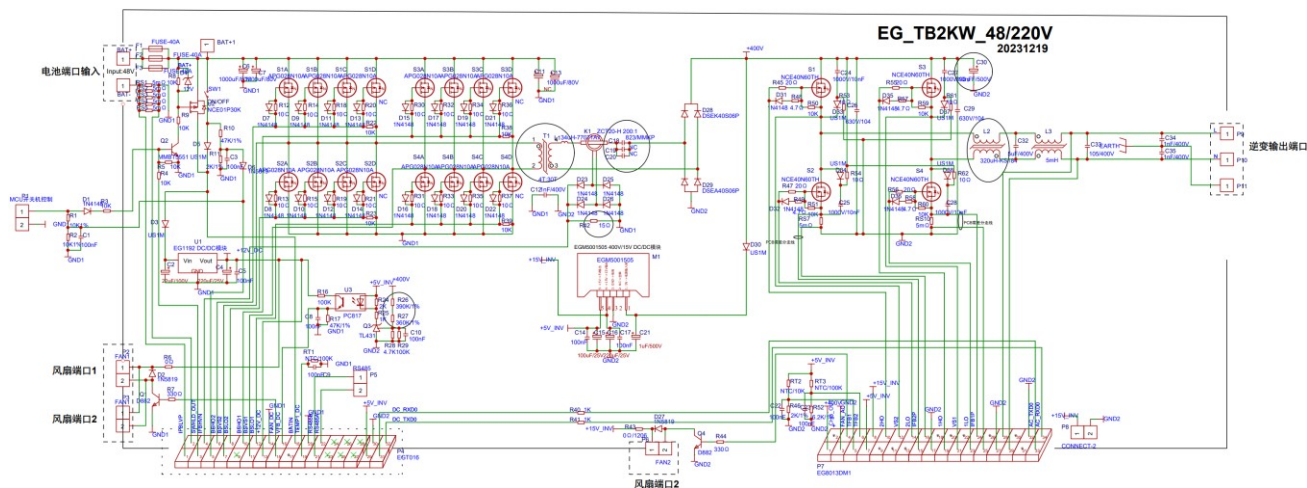


图 6-1. 2KW 逆变器主板应用图

6.2 EGT016前级升压驱动板原理图

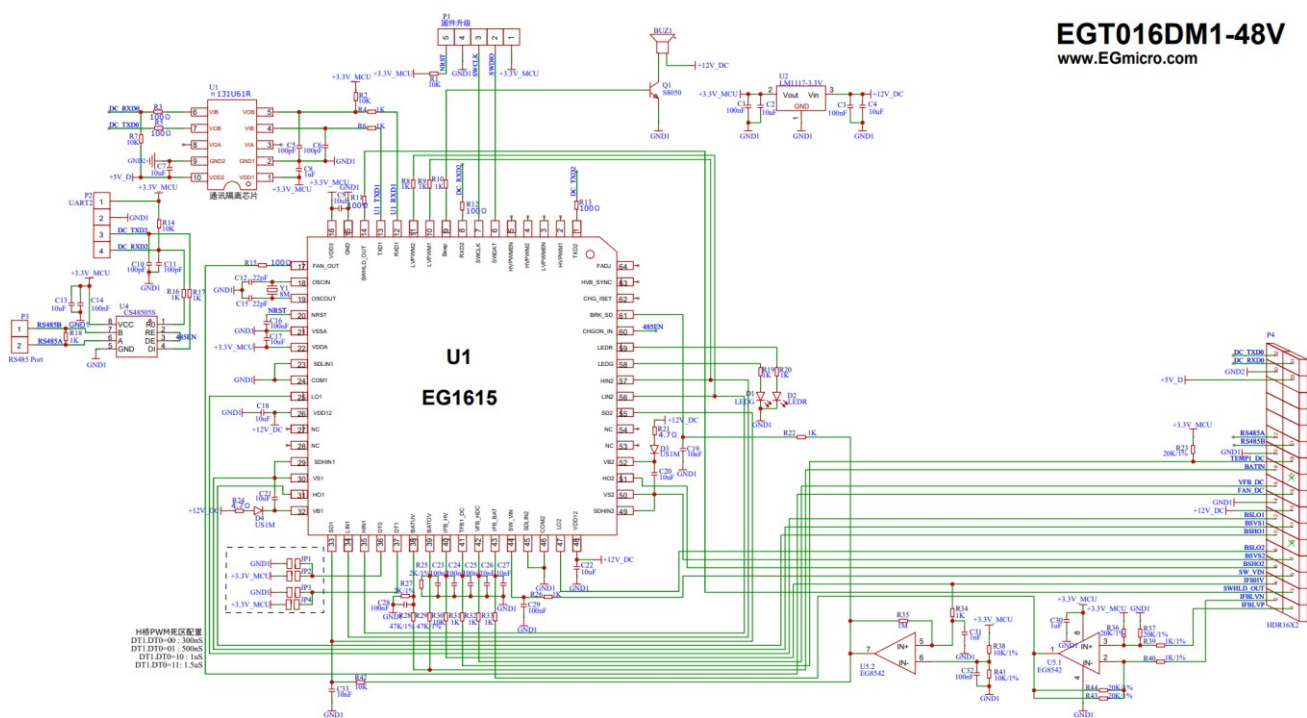


图 6-5. EGT016 前级升压驱动板原理图

6.3 EG8013 后级 DC To AC 逆变驱动板原理图

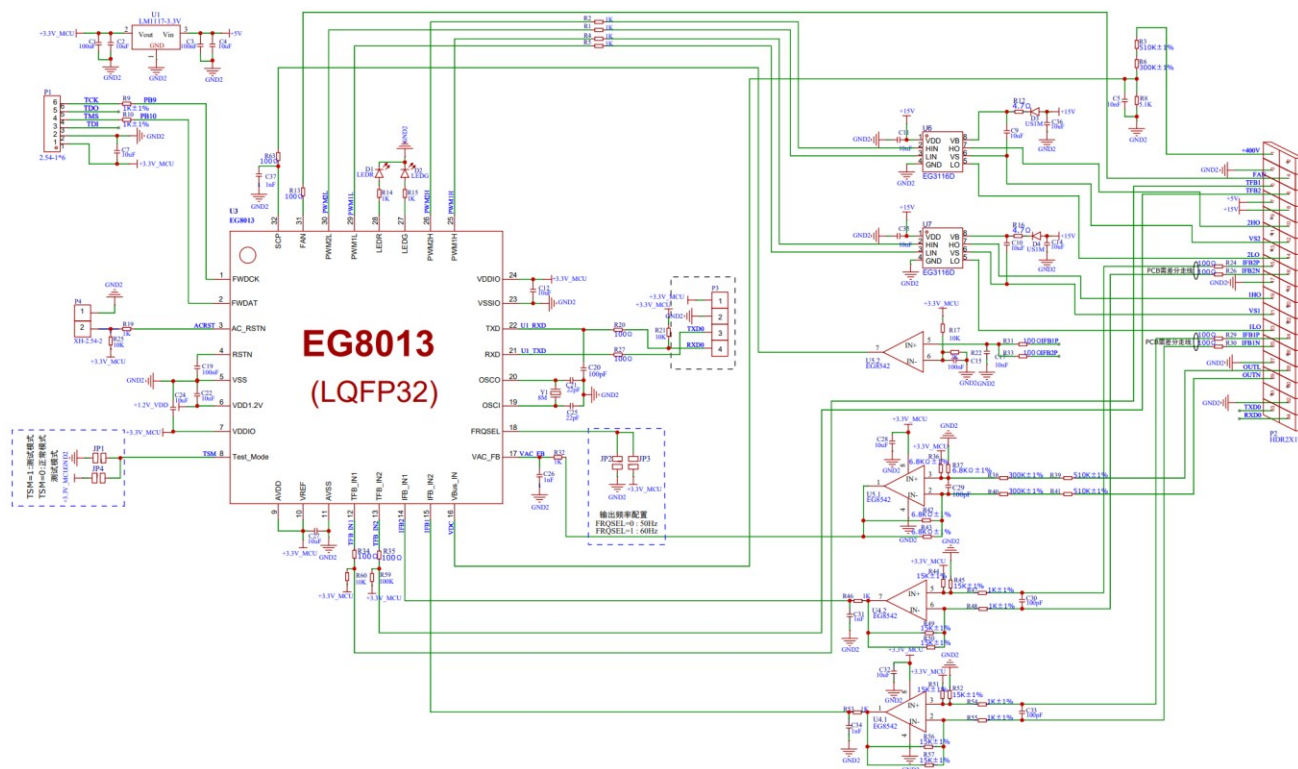


图 6-6. EG8013 后级驱动板原理图

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
VDDIO	电源	VDDIO 引脚相对 GND 的电压	-0.3	3.6	V
AVDD、VREF	电源	AVDD、VREF 引脚相对 GND 的电压	-0.3	3.6	V
VDD1.2V	电源	VDD1.2V 引脚相对 GND 的电压	-	1.3	V
I/O	所有输入输出端口	所有 I/O 引脚对 GND 的电压	-0.3	3.6	V
Isink	输出引脚的最大输出灌电流	-	-	20	mA
Isourcing	输出引脚的最大输出拉电流	-	-	-20	mA
T_A	环境温度	-	-45	105	$^{\circ}\text{C}$
Tstr	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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $\text{OSC}=8\text{MHz}$

符号	参数名称	测试条件	最小	典型	最大	单位
VDDIO	电源	VDDIO 引脚相对 GND 的电压	3.0	3.3	3.6	V
AVDD、VREF	电源	AVDD、VREF 引脚相对 GND 的电压	3.0	3.3	3.6	V
VDD1.2V	电源	VDD1.2V 引脚相对 GND 的电压	1.15	1.2	1.25	V
Ivddio	VCCIO 静态电流	VDDIO=3.3V	-	10	15	mA
Iavdd	PVDD 静态电流	AVDD=3.3V	-	10	15	mA
Ivref	VDD 静态电流	VREF=3.3V	-	3	5	mA
VAC_FB	电压反馈通道直流共模分量	AVDD=3.3V	1.48	1.65	1.81	V
	电压反馈通道正弦基准源幅值	AVDD=3.3V	-	1.36	-	V
IFB_IN1	电流反馈通道 1	AVDD=3.3V	-	1.0	-	V

	直流共模分量					
	电流反馈通道 1 极限电压	AVDD=3.3V	-	-	3.3	V
IFB_IN2	电流反馈通道 2 直流共模分量	AVDD=3.3V	-	1.0	-	V
	电流反馈通道 2 极限电压	AVDD=3.3V	-	-	3.3	V
TFB_IN1	温度反馈通道 1	AVDD=3.3V , NTC=10K (3950)	-	2.5	-	V
TFB_IN2	温度反馈通道 2	AVDD=3.3V NTC=100K (3950)	-	2.5	-	V
VBus_IN	直流母线电压保护	AVDD=3.3V , VBus=400V	-	2.5	-	V
Vin(H)	输入逻辑信号高 电位	VDDIO=3.3V	2.3	3.3	3.6	V
Vin(L)	输入逻辑信号低 电位	VDDIO=3.3V	-0.3	0	0.7	V
Vout(H)	输出逻辑信号高 电平	VDDIO=3.3V , IOH=-10mA	2.5	3.3	-	V
Vout(L)	输出逻辑信号低 电位	VDDIO=3.3V , IOL=+10mA	-	-	0.5	V
UART 通讯						
TXD	Vout(H) 输出高电位	VDDIO=3.3V , IOH=-10mA	2.5	3.3	-	V
	Vout(L) 输出低电位	VDDIO=3.3V , IOL=+10mA	-	-	0.5	V
RXD	Vin(H) 输入高电位	VDDIO=3.3V	2.3	3.3	3.6	V
	Vin(L) 输入低电位	VDDIO=3.3V	-0.3	0	0.7	V

8. 应用设计

8.1 PWM调制方式

EG8013 采用倍频调制方式，PWM 载波频率为 50KHz，该调制方式的优点是 H 桥上开关管的频率为 50KHz，作用在输出电感和输出电容上的开关频率是 PWM 频率的二倍（100KHz），跟传统逆变器相比，可选用空气芯的电感作为输出滤波电感，电感量仅需求 250uH 左右，解决了重载时传统磁芯电感出现的饱和现象和电感量严重下降等问题。

8.2 输出电压反馈

EG8013 是通过外部运放组成差分放大器，实时采样交流输出电压，输出电压的调整率为每个 PWM 周期（20uS）时间，跟传统逆变器峰值电压采样的方式相比，EG8013 的输出电压动态响应时间和稳压特性大大的提高。

EG8013 内部的正弦电压基准为直流偏移量 1.65V+ 幅值 1.36V 的 50Hz 或 60Hz 正弦波，通过差分运放的放大和直流偏移量 1.65V 叠加后，送入到 EG8013 的 17 脚 VAC_FB，经误差计算后，然后送入峰值电流估算模块做参考基准电流源。具体应用电路图可参考图 8.2a 和图 8.2b。

应用时必须要保证差分运放外接电阻的对称性，即 $(R41+R40)=(R39+R38)$ ， $(R36//R37)=(R42//R43)$

当设定输出电压值时，下列的计算公式供参考设计：

用于 220V 输出电压的计算步骤，电路结构图如图 8.2a：

第一步、计算直流偏移量：运放输出 $V_{out_DC} = \frac{R37}{R36+R37} \times 3.3V = 6.8K/13.6K \times 3.3V \approx 1.65V$ （参考图 8.2a）

第二步、计算运放放大倍数： $A = (R42//R43) / (R41+R40)$

第三步、计算输出电压： $V_{out_AC} = A \times V_{in}$

$$V_{out_AC} = \frac{R42//R43}{R41+R40} \times (V_{ACL} - V_{ACN}) \approx \frac{1}{238} \times (V_{ACL} - V_{ACN}) \quad (\text{参考图 8.2a})$$

从上述公式得出，该运放的放大倍数为 1/238 倍，比如当交流 220V 输出，峰值电压为 311V，经差分运放 1/238 倍的放大后，输入到 EG8013 的 17 脚，其幅度为 $V_{AC_FB} = V_{out_DC} + V_{out_AC} = 1.65V + 1.30V = 2.95V$ ，然后经内部电路误差计算后，再调整输出电压。

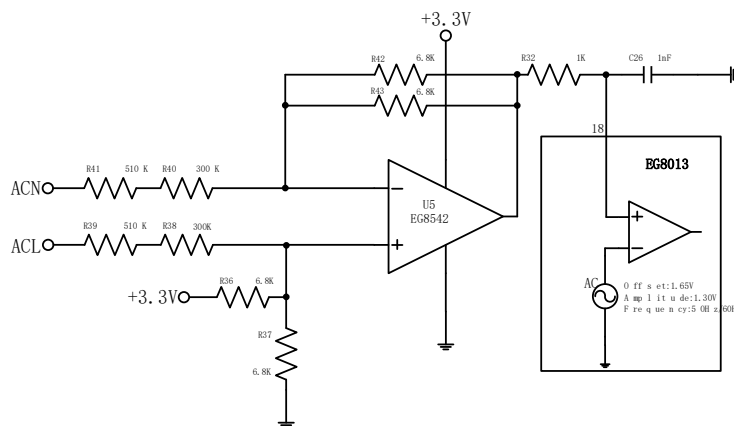


图 8.2a 用于交流 220V 输出电压的反馈原理图

用于 120V 输出的计算步骤，电路结构图如图 8.2b 的参数：

第一步、计算直流偏移量：运放输出 $V_{out_DC} = \frac{R37}{R36+R37} \times 3.3V = 6.8K/13.6K \times 3.3V \approx 1.65V$ （参考图 8.2b）

第二步、计算运放放大倍数： $A = (R42//R43) / (R41+R40)$

第三步、计算输出电压： $V_{out_AC} = A \times V_{in}$

$$V_{out_AC} = \frac{R42//R43}{R41+R40} \times (V_{ACL} - V_{ACN}) \approx \frac{1}{118} \times (V_{ACL} - V_{ACN}) \quad (\text{参考图 8.2b})$$

从上述公式得出，该运放的放大倍数为 1/118 倍，比如当交流 110V 输出，峰值电压为 155V，经差分运放 1/118 倍的放大后，输入到 EG8013 的 17 脚，其幅度为 $V_{AC_FB} = V_{out_DC} + V_{out_AC} = 1.65V + 1.31V = 2.96V$ ，然后经内部电路误差计算后，再调整输出电压。

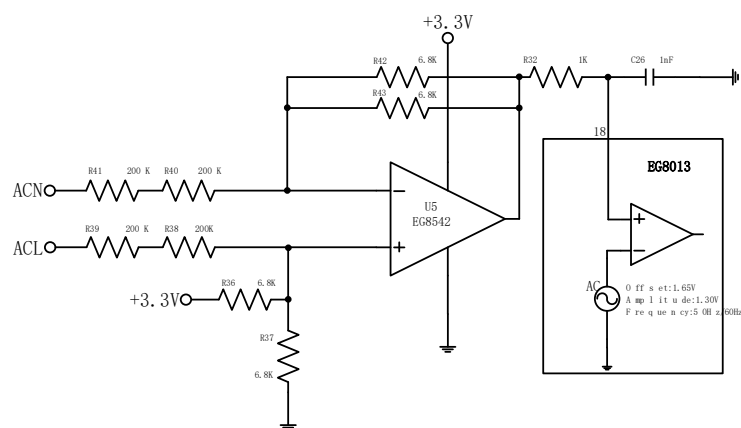


图 8.2b 用于交流 120V 输出电压的反馈原理图

8.3 输出电流反馈

EG8013 采用了交替轮流方式采样输出电流，电路结构如图 8.3a 所示，IFB_IN1 和 IFB_IN2 通过外部的差分运放分别采样 RS1 和 RS2 电阻上的电流，经运放的 7.5 倍增益放大后，送入内部反馈模块进行运算，PCB 走线运放输入端到 RS 电阻两端的走线需走差分信号线。

EG8013 电流反馈值的最大饱和电流为： $I_{\max}=1650\text{mV}/7.5/R_s$ 如 R_s 选 0.005Ω 时，可得出最大的峰值电流为 $I_{\max}=1650\text{mV}/7.5/0.005\Omega=44\text{A}$ ，超过最大饱和电流时，将不能被 IFB_IN 脚所采样，不同功率应用时，选取合适阻值的采样电阻值，如 2KW 可选用 $5\text{m}\Omega$ 。

应用时，IFB_IN1 和 IFB_IN2 脚不能做悬空或接地处理，必须要严格按照 8.3 章节的接法，否则不能输出正常正弦波形。

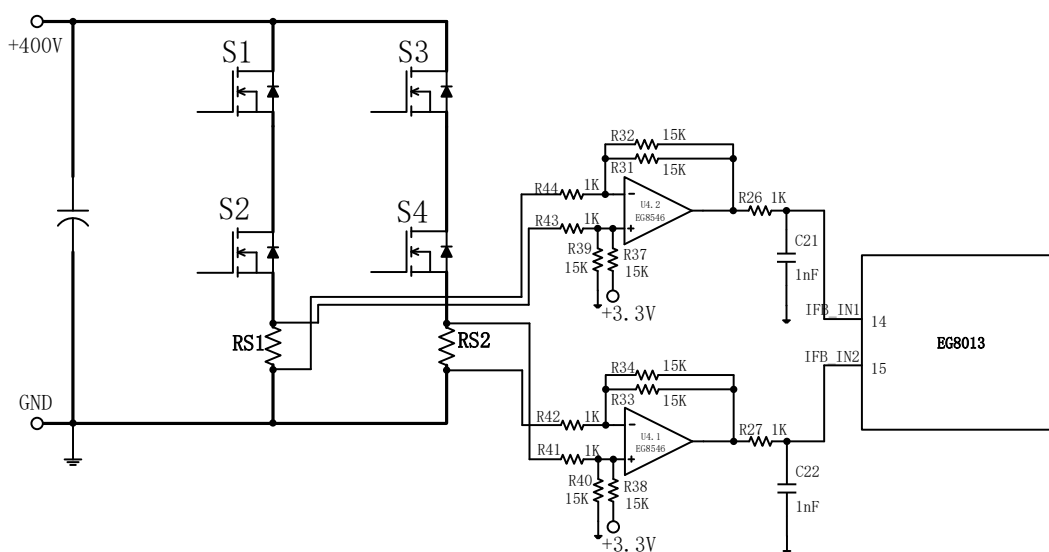


图 8.4a 输出电流反馈原理图

在批量生产时，考虑硬件精度的误差导致输出电压和输出电流的偏差，屹晶微公司提供了上位机软件，供输出电压和输出电流校正，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。

8.4 直流母线电压反馈

EG8013 芯片内置了母线电压检测电路，实时检测母线电压值，电路结构图如图 8.4a 所示，通过 EG8013 的 16 脚，外接分压电阻来实现母线电压的检测。

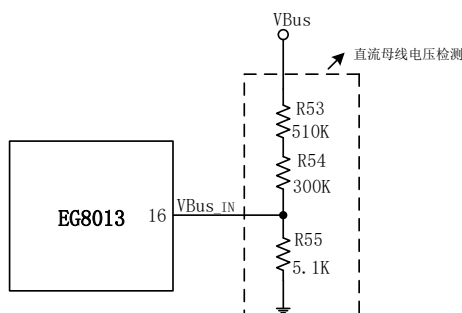


图 8.4a EG8013 的直流母线电压检测电路

8.5 温度反馈

EG8013 提供了两路温度反馈 TFB_IN1 和 TFB_IN2 用于温度检测及保护，TFB_IN1 主要用于 PCB 板级的温度保护，TFB_IN2 主要用于 IGBT 功率管的温度保护，电路结构如图 8.5a 所示。

TFB_IN1 的检测电路由 RT1 和电阻 R39 组成一个简单的分压电路，RT1 选用 25℃ 对应阻值 10K（B 常数值为 3950）的 NTC 热敏电阻，下拉电阻 R39 选用 10KΩ，TFB_IN1 引脚的过温电压值设定在 3.0V，对应温度保护值 85℃ 左右（此时 NTC 的电阻值为 1.08K），退出过温保护的迟滞值为 10℃，即低于 75℃ 退出过温保护。

TFB_IN2 的检测电路由 RT2 和电阻 R43 组成一个简单的分压电路，TFB_IN2 主要用于 IGBT 功率管的温度保护，RT2 选用 25℃ 对应阻值 100K（B 常数值为 3950）的 NTC 热敏电阻，下拉电阻 R43 选用 100KΩ，TFB_IN2 引脚的过温电压值设定在 3.1V，对应温度保护值 100℃ 左右（此时 NTC 的电阻值为 6.6K），退出过温保护的迟滞值为 10℃，即低于 90℃ 退出过温保护。

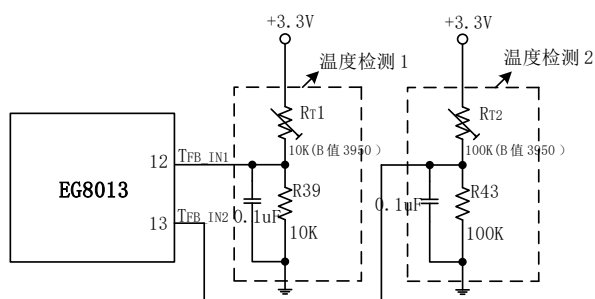


图 8.5a EG8013 的温度检测电路

9. 保护功能

EG8013 内置了完善的系统保护功能，提供了输出过载保护、输出过流保护、直流母线电压过压和欠压保护、输出电压欠压保护、过温保护及短路保护等。

同时提供了两种复位方式，一种是硬件复位，由芯片的 3 脚 AC_RST 低电平有效进行复位，另一种由 UART 串口命令复位，通过逆变器开启寄存器。

下列的各项保护参数值是基于 2KW 应用图而设定的，如用户有特殊要求，屹晶微可以提供修改。

9.1 输出过载保护

EG8013 具有过载保护功能，过载功率大于 2100W 时，红灯 LED 指示灯开始闪烁，过载功率大于 2200W 并持续 60 秒或大于 2300W 并持续 1 秒，逆变器关断，并输出红灯 LED 常亮，同时用户通过串口可以读出相应的保护信息。

9.2 输出过流保护

EG8013 具有过流保护功能，过流值大于 10A 时，红灯 LED 指示灯开始闪烁，过流值大于 11A 并持续 60 秒时，逆变器关断，并输出红灯 LED 常亮，同时用户通过串口可以读出相应的保护信息。

9.3 直流母线电压过压、欠压保护

EG8013 具有母线电压过压和欠压保护功能，直流电压低于 250V 或高于 470V 时，逆变器关断，并输出红灯 LED 常亮，提供用户通过串口可以读出相应的保护信息。

9.4 PCB过温保护

EG8013 具有 PCB 过温保护功能，PCB 温度高于 85℃ 时，逆变器关断，并输出红灯 LED 常亮，同时用户通过串口可以读出相应的保护信息。

9.5 功率管过温保护

EG8013 具有 IGBT 功率管过温保护功能，功率管温度高于 100℃ 时，逆变器关断，并输出红灯 LED 常亮，同时用户通过串口可以读出相应的保护信息。

9.6 短路保护

EG8013 具有输出短路保护功能，短路保护由内部峰值电流估算算法独立完成，当短路发生时，控制电感上的电流基本上是一种恒流源方式输出，短路移除后，立马恢复输出。

10. 测试模式

为考虑在生产或调试逆变器时，需测试硬件电路的参数及工作情况，比如需测试 MOS 驱动器及门极的上升沿、下降沿参数、运放反馈电路等，EG8013 提供了一种测试模式，供用户调试硬件电路使用。

通过接 EG8013 的引脚 8 (Test_Mode) 到 3.3V，EG8013 进入测试模式，在测试模式下，EG8013 仅做开环的 SPWM 输出，各项保护功能无效，即使电压反馈或电流反馈功能不正常，也不影响 SPWM 输出。

下列列举了几个关键引脚在测试模式下和正常模式下的比较：

功能引脚	正常模式的极限参数	测试模式的极限参数
VAC_FB (Pin17)	1.65V+1.35V	0 ~ 3.3V
IFB_IN1, IFB_IN2 (Pin14, Pin15)	1.0V+I _{max}	0 ~ 3.3V
TFB1 (Pin12)	3.0V	0 ~ 3.3V
TFB2 (Pin13)	3.1V	0 ~ 3.3V
VBus_IN (Pin16)	>3.0V or <1.5V	0 ~ 3.3V

11. 通讯功能（UART）

11.1 串口描述

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：

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。

11.2 APP 功能

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。APP 功能通常应用在逆变系统工作时，持续向外发送状态消息，并实时接收外部命令，执行相应控制操作。

11.2.1 APP 消息发送

芯片上电后，会间隔 200ms 周期持续向外部发送状态消息，长度为 16 个字节。

状态消息：

状态消息（200ms 周期发送）		
BYTE0	报头	0x55
BYTE1	输出电压高字节	输出电压： 电压数据为 2 个字节表示，最小分辨率是 0.1V。 举例：[0x08, 0xCF] 用两个 16 进制表示电压，0x08 转换到 10 进制是 8，0xCF 转换到 10 进制是 207，数据的十进制值为 $8*256+207=2255$ ，得出的电压 $V=2255*0.1V=225.5V$ 。
BYTE2	输出电压低字节	
BYTE3	输出电流高字节	输出电流： 电流数据为 2 个字节表示，最小分辨率是 0.01A。 举例：[0x02, 0xCF] 用两个 16 进制表示电压，0x02 转换到 10 进制是 2，0xCF 转换到 10 进制是 207，数据的十进制值为 $2*256+207=719$ ，得出的电流 $I=719*0.01A=7.19A$ 。
BYTE4	输出电流低字节	
BYTE5	输入电压高字节	输入电压： 电压数据为 2 个字节表示，最小分辨率是 0.1V。 举例：[0x0E, 0x83] 用两个 16 进制表示电压，0x0E 转换到 10 进制是 14，0x83 转换到 10 进制是 131，数据的十进制值为 $14*256+131=3715$ ，得出的电压 $V=3715*0.1V=371.5V$ 。
BYTE6	输入电压低字节	



BYTE7	保留	保留
BYTE8	保留	保留
BYTE9	IGBT 温度	IGBT 温度： 温度数据为 1 个字节，有符号数，最小分辨率是 1℃。 举例：[0x16] 转换为 10 进制是 20，温度 =20℃ [0xF0] 转换为 10 进制是 -16，温度 =-16℃
BYTE10	故障码	错误代码： 0x00：正常运行 0x01：过载保护 0x02：短路保护 0x03：输出欠压保护 0x04：直流母线电压过压保护 0x05：直流母线电压过低保护 0x06：短路到市电 0x07：温度保护 0x08：输出过压保护 0x09：配置模式 0x0A：引脚关闭 0x0C：串口关闭
BYTE11	环境温度	逆变器温度： 温度数据为 1 个字节，有符号数，最小分辨率是 1℃。 举例：[0x16] 转换为 10 进制是 20，温度 =20℃ [0xF0] 转换为 10 进制是 -16，温度 =-16℃
BYTE12	输出功率高字节	输出功率： 功率数据为 2 个字节表示，最小分辨率是 1W。 举例：0x06. 0x40 用两个 16 进制表示电压，0x06 转换到 10 进制是 6， 0x40 转换到 10 进制是 64，数据的十进制值为 6*256+64=1600， 得出的功率 P=1600*1W=1600W。
BYTE13	输出功率低字节	
BYTE14	CRC 校验高字节	循环冗余校验是 $CRC16=f(X^6+X^{15}+X^2+1)$ 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	

11.2.2 APP 消息接收

芯片可接收的 APP 消息共有 2 条。

逆变关闭：收到逆变关闭消息后，关闭逆变输出。

逆变开启：收到逆变开启消息后，清除故障状态，启动逆变输出。

消息长度同样为 16 字节，超时 50ms 接收，即外部发送数据时，两个字节之间的时间间隔应小于 50ms，如超过 50ms，则判断为当前消息结束，为提高通讯效率，两个字节之间的时间间隔可以尽量小。两组消息之间时间间隔应大于 50ms，为避免接收乱帧，推荐两组消息之间时间间隔大于 100ms。

逆变关闭消息：

逆变关闭（超时 50ms 接收）		
BYTE0	命令字段 1	0x0F
BYTE1	命令字段 2	0xF0
BYTE2	命令字段 3	0x5A
BYTE3	命令字段 4	0x36
BYTE4	保留	0x00
BYTE5	保留	0x00
BYTE6	保留	0x00
BYTE7	保留	0x00
BYTE8	保留	0x00
BYTE9	保留	0x00
BYTE10	保留	0x00
BYTE11	保留	0x00
BYTE12	保留	0x00
BYTE13	保留	0x00
BYTE14	CRC 校验高字节	循环冗余校验是 $CRC16=f(X^{16}+X^{15}+X^2+1)$ 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	

逆变开启消息：

逆变开启（超时 50ms 接收）		
BYTE0	命令字段 1	0x7D
BYTE1	命令字段 2	0xD7
BYTE2	命令字段 3	0xFE
BYTE3	命令字段 4	0xDA
BYTE4	保留	0x00
BYTE5	保留	0x00
BYTE6	保留	0x00
BYTE7	保留	0x00
BYTE8	保留	0x00
BYTE9	保留	0x00
BYTE10	保留	0x00
BYTE11	保留	0x00
BYTE12	保留	0x00
BYTE13	保留	0x00
BYTE14	CRC 校验高字节	循环冗余校验是 $CRC16=f(X^{16}+X^{15}+X^2+1)$ 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	



11.3 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 校验结果是 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 。而 CFG 消息的 CRC 校验结果相当于在 APP 校验基础上减 1，即 CFG 消息的校验结果是 $X^{16}+X^{15}+X^2+1-1$ 。

11.3.1 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	

11.3.2 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	当前服务下的子功能或地址



	(addr)	
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	

1.1.1 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 bootloader 时使用，暂不对用户开放。



1.1.2 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。

1.1.3 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 信息表					
ADDR	DID	W/R	LEN	TYPE	描述
0x09	ProductDate	w/r	4	BCD	此 DID 可以写入整机生产日期，如 2019 年 10 月 15 日： d1 = 0x20 d2 = 0x19 d3 = 0x10 d4 = 0x15
0x0A	SerialNo	w/r	10	ASCII	此 DID 可以写入整机序列号，如 HS 厂生产的 2019 年第 21 周第 0001 号产品：“EG24010001”
0x0B	PartNo	r	10	ASCII	此 DID 表示逆变器规格： “AC220V50HZ”
0x0C	CustomerNo	r	10	hex	此 DID 表示逆变器规格： “2000W ”



0x0D	CoreModel	r	10	ASCII I	串口通讯协议版本号，如 V1.0 版本 19 年 10 月 15 日发行： "EG8013"
0x0E	SoftwareVer	r	10	ASCII I	芯片固件版本号，如 V2.1 版本 19 年 10 月 15 日发行： "1.4.240520"
0x0F	HardwareVer	r	10	ASCII I	芯片硬件版本号，如 V3.2 版本 19 年 10 月 15 日发行： "STD_EG.001"

1.1.4 0x2F 服务-IO 控制

0x2F 服务是 IO 控制服务，通过请求 0x2F 服务，主机可以控制芯片工作在特殊的状态，如测试模式等。

主机 0x2F 请求消息：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15
0x45	0x47	0x2F	sfun	ctl	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	CRC16	

sfun 是不同的 IO 服务子功能，ctl 是当前子功能下的控制字。

从机回复：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15
0x45	0x47	0x2F	sfun	resp	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	CRC16	

resp = ctl : 请求成功

resp = 0xFF : 请求失败

IO 控制功能表：

IO 控制功能表															
0x02	0x00	逆变电路闭环输出													
	0x03	逆变电路开环 SPWM 输出（测试模式）													

11.3.3 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。

11.3.4 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

注意：

0x2D 命令写入相应配置项后，配置立即生效，但不会执行保存至 FLASH 操作，掉电后将丢失。如果需要保存，需要写入 0x2D 0x00 命令，将配置保存至 FLASH，这样掉电后配置仍然能够保留。执行 0x2D 0x00 命令，CPU 内核会短暂停止，输出关闭，需要避免高压带电运行时使用。

写入 0x2D 0x01 命令，将会清除所有配置，下次上电时，会自动加载系统默认的出厂设置。此命令后面需要加上 0x88 0x20 0x55 0x36 关键字段，避免误操作，避免高压带电运行时使用。

CFG 信息表：

CFG(0x21/0x2D)	ADDR	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	CRCH	CRCL
保存参数	0x00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CRC	
输出电压	0x01	Vset				-	-	-	-	-	-	CRC	
输出频率	0x02	Fset				-	-	-	-	-	-	CRC	
输出功率	0x03	Iset		Pset		Imax		PloopDly		-		CRC	
母线过压保护	0x10	Ref2		Ref1		Delay		-		-		CRC	
母线欠压保护	0x11	Ref2		Ref1		Delay		-		-		CRC	
输出过压保护	0x12	Ref		-		Delay		-		-		CRC	
输出欠压保护	0x13	Ref		-		Delay		-		-		CRC	
一级过载保护	0x14	IRef		PRef		Delay		-		-		CRC	
二级过载保护	0x15	IRef		PRef		Step		-		-		CRC	
闪灯保护	0x16	IRef		PRef				-		-		CRC	
温度保护	0x17	Ref1		Ref2		Delay		-		-		CRC	
短路保护	0x18	Ref		Delay		RstRef		RstDelay		-		CRC	

CFG 参数描述表：

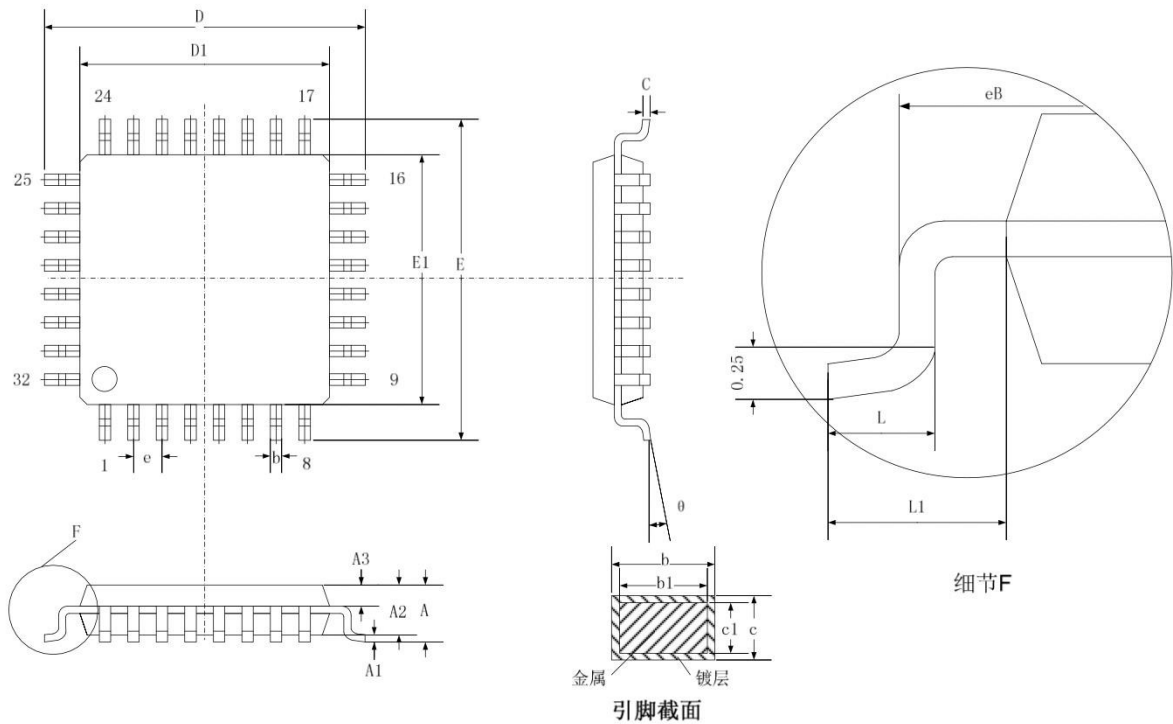
地址	参数名称	符号	数据类型	单位	换算系数	示例	
						串口值	真实值
0x00	保存所有						

0x01	输出电压	Vset	int16	V	0.1	2200	220.0
0x02	输出频率	Fset	int16	Hz	0.01	5000	50.00
0x03	恒电流值	Iset	int32	A	0.01	1500	15.00
	恒功率值	Pset	int16	W	1	1800	1800
	最大瞬时电流	I _{max}	int16	A	0.01	2500	25.00
	恒功率延时	PloopDly	int16	S	0.02	500	10
0x10	母线过压保护基准 2	OV_Ref2	int16	V	0.1	4500	450V
	母线过压保护基准 1	OV_Ref1	int16	V	0.1	4300	430V
	母线过压保护延时	OV_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x11	母线欠压保护基准 2	UV_Ref2	int16	V	0.1	2500	250V
	母线欠压保护基准 1	UV_Ref1	int16	V	0.1	2300	230V
	母线欠压保护延时	UV_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x12	输出过压保护基准 2	UV_Ref2	int16	V	0.1	2500	250V
	输出过压保护基准 1	UV_Ref1	int16	V	0.1	2400	240V
	输出过压保护延时	UV_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x13	输出欠压保护基准 2	UV_Ref2	int16	V	0.1	1700	170V
	输出欠压保护基准 1	UV_Ref1	int16	V	0.1	1600	160V
	输出欠压保护延时	UV_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x14	一级过载电流基准	OC1_IRef	int16	A	0.01	1500	15.00
	一级过载功率基准	OC1_PRef	int16	W	1	2000	2000
	一级过载延时	OC1_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x15	二级过载电流基准	OC2_IRef	int16	A	0.01	1800	18.00
	二级过载功率基准	OC2_PRef	int16	W	1	2200	2200
	二级过载步进	OC2_Step	int16				
0x16	闪灯电流基准	LED_IRef	int16	A	0.01	1500	15.00
	闪灯功率基准	LED_PRef	int16	A	0.01	2000	2000
0x17	PCB 温度保护基准	Tboard_Ref	int16	W	1	2200	2200
	IGBT 温度保护基准	Tigbt_Ref	int16	℃	1	75	75℃
	温度保护延时	OT_Delay	int16	S	0.02	500	10
0x18	短路保护基准	OL_ChgRef	int16	V	0.1	200	20V
	短路路保护延时	OL_Recover_ChgRef	int16	mS	0.05	160	8
	短路保护恢复	OL_DisChgRef	int16	V	0.1	200	20V
	短路保护恢复延时	OL_Recover_DisChgRef	int16	S	0.02	200	4



2. 封装尺寸

2.1 LQFP32



符号	A	A1	A2	A3	b	b1	c	c1	D	D1	E	E1	e	eB	L	L1	θ
MIN	-	0.05	1.35	0.59	0.32	0.31	0.13	0.12	8.80	6.90	8.80	6.90	0.80 BSC	8.10	0.40	1.00 BSC	0
NOM	-	-	1.40	0.64	-	0.35	-	0.13	9.00	7.00	9.00	7.00		-	-		-
MAX	1.60	0.20	1.45	0.69	0.43	0.39	0.18	0.14	9.20	7.10	9.20	7.10		8.25	0.65		7
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°