

描述

ZH6332 是一款工作电压范围宽，驱动电流大，高度集成的三相有感 BLDC 驱动芯片。ZH6332 集成三个半桥，换向逻辑，PWM 调速，方向控制，以及限流、短路、过温、欠压、过压、堵转和开路保护等完善的保护功能。

ZH6332 的开路保护逻辑可以检测出电机端子开路或者虚焊等异常故障。当异常故障发生后，ZH6332 将 FLT 引脚拉低报警。

精简的外部电路，适合各类永磁同步电机的驱动。封装形式为 TSSOP20 和 QFN20。

特点

- AEC-Q100
- 工作电压 6V~40V
- 工作电流 3A（峰值）
- 工作温度 -40~125°C
- 内置功率管导通阻抗 150mΩ
- 可配置的限流保护阈值
- 短路，过温，欠压，过压，堵转，开路保护
- 短路，过温，霍尔故障，堵转，开路保护报警
- PWM 调节速度，DIR 控制方向
- 可通过 UART 协议进行参数配置和故障诊断

应用

三相永磁同步电机

系统框图

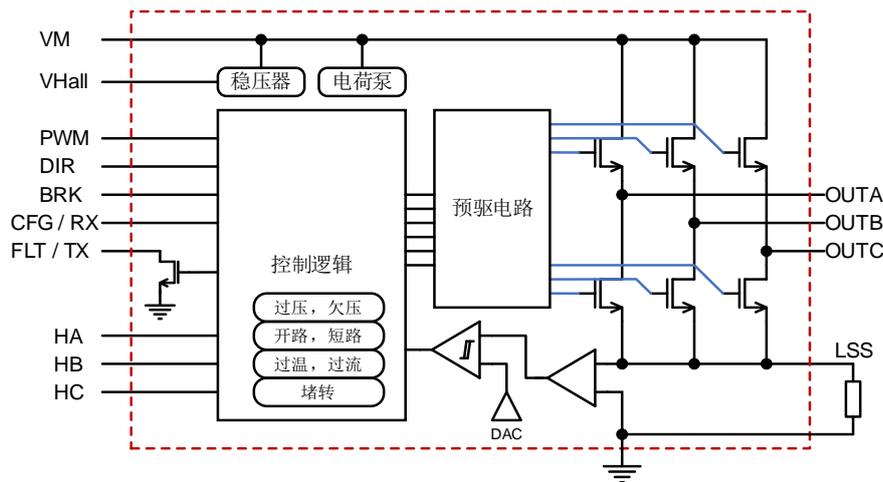


图 1 系统框图

应用框图

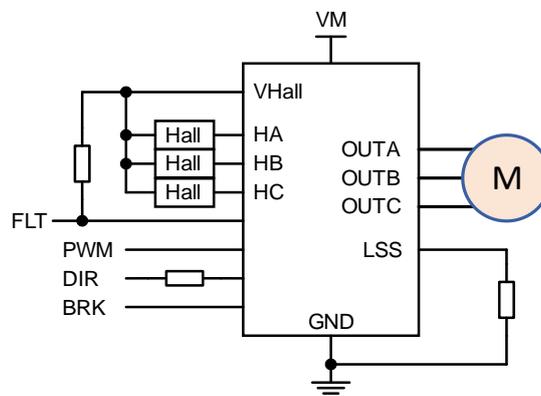


图 2 应用框图

引脚分布

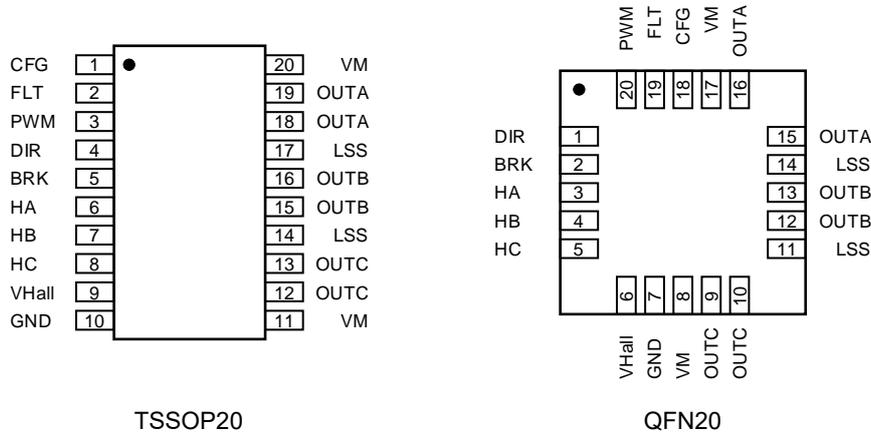


图 3 引脚分布

表 1 引脚定义

TSSOP20	QFN20	名称	描述
1	18	CFG (RX, Vref)	参数配置引脚, 或通讯的 RX 引脚, 或 Vref 输入引脚
2	19	FLT (TX, FG)	故障输出引脚, 或通讯的 TX 引脚, 或 FG 输出引脚
3	20	PWM	调速信号输入
4	1	DIR	方向信号输入
5	2	BRK	刹车信号输入
6	3	HA	Hall A 信号输入
7	4	HB	Hall B 信号输入
8	5	HC	Hall C 信号输入
9	6	VHall	对外供电, 供 Hall IC 使用
10	7	GND	电源地
14,17	11,14	LSS	功率输出下管的源极, 与 GND 间接采样电阻
12,13	9,10	OUTC	功率输出 C
15,16	12,13	OUTB	功率输出 B
18,19	15,16	OUTA	功率输出 A
11,20	8,17	VM	电源正

订购信息

全称	封装	包装	包装数量	备注
ZH6332JT	TSSOP20	Reel	4000	
ZH6332ND	QFN20	Reel	5000	

绝对最大工作条件

参数	最小	最大	单位
供电电压	-0.3	45	V
供电上升斜率		2	V/us
逻辑引脚电压 (PWM, DIR, HA, HB, HC, RX, TX, FLT, BRK)	-0.3	6	V
模拟引脚电压 (LSS, VHall)	-0.3	6	V
相电压	-1	VM+1	V
工作节温范围	-40	150	°C
存储温度范围	-65	150	°C

推荐工作条件

参数	最小	最大	单位
供电电压	6	40	V
模拟输出电压 VHall	3.3	3.9	V
逻辑输入输出电压 (PWM, DIR, HA, HB, HC, TX, RX, FLT, BRK)	0	5	V
逻辑输入频率 (PWM)	0	100k	Hz
采样输入电压 LSS	-0.5	0.5	V
峰值输出电流		3	A
工作环境温度	-40	125	°C

电气参数

除特殊标注外，测试条件为：使用默认参数，在推荐工作条件下，环境温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

参数	测试条件	最小	标准	最大	单位	
上电和供电						
VM	供电电压	6		40	V	
I _{VM}	供电电流	VM = 24V	3.6	5	mA	
I _{MSLEEP}	睡眠电流	VM = 24V	2.1	3	uA	
t _{ON}	启动时间	从 VM > V _{UVLO} 或者退出睡眠开始	20	100	us	
逻辑输入 (PWM, DIR, HA, HB, HC, RX)						
V _{IL}	逻辑低电平			0.6	V	
V _{IH}	逻辑高电平	1.8			V	
V _{HYS}	逻辑迟滞		0.5		V	
I _{IL}	漏电流	V _{IN} = 0V	-1	1	uA	
I _{IH}	漏电流	V _{IN} = 5V		100	uA	
R _{PD}	下拉电阻	PWM, DIR, RX, BRK	200k		Ω	
R _{PU}	上拉电阻	HA, HB, HC	200k		Ω	
t _{DL}	逻辑延时	PWM 变化到 OUTx 变化		100	ns	
t _{HOLD}	保持时间	PWM = 0, 到进入溜车的时间		1	ms	
t _{SLEEP}	睡眠时间	从进入溜车到进入睡眠的时间		1	ms	
驱动输出						
R _{DS(ON)}	导通电阻	VM = 24V, I _{LOAD} = 1A (单管)	150	200	mΩ	
t _{DEAD}	输出死区时间		360		ns	
V _d	二极管压降	VM = 24V, I _{LOAD} = -1A (单管)	0.8	1	V	
电流限制						
A _v	信号放大		9.5	10	10.5	V/V
t _{OFF}	关断时间			25		us
t _{BLANK}	消隐时间			1.6		us
V _{REFIN}	内部参考		2			V
保护电路						
V _{UVLO}	欠压点		4.7			V
V _{UVLOHYS}	欠压迟滞		1			V
V _{OV}	过压点		32			V
I _{OCP}	短路保护点		8			A
t _{OCP}	消隐时间		1.2			us
t _{LOCK}	堵转检测时间		0.5			s
t _{RETRY}	重启时间	堵转保护重启和过流保护重启时间	3			s
TSD	过温保护点		175			°C
诊断与报警 (RX, TX, FLT)						
BODE	波特率		9600			

详细描述

ZH6332 是一款三相有感 BLDC 驱动器，内部集成了耐压 40V，峰值电流 3A 的功率输出模块；集成了 Hall 换向逻辑，PWM 调速逻辑，DIR 方向控制逻辑；集成了电流检测模块，输出限流模块；集成了短路，过温，欠压，过压，堵转和开路保护逻辑。在故障发生时，可以通过 FLT 引脚指示故障，也可通过 UART 协议诊断故障类型，保障安全运行。在系统不运行时，ZH6332 可进入睡眠模式，功耗小于 $I_{VMSLEEP}$ 。

逻辑真值表

ZH6332 按照下面的逻辑进行换向，其中，Z 代表高阻态（上管与下管同时关闭）。

ZH6332 换向逻辑表

HA	HB	HC	BRK	DIR	OUTA	OUTB	OUTC
X	X	X	1	X	brake	brake	brake
1	0	1	0	1	HI	LOW	Z
1	0	0	0	1	HI	Z	LOW
1	1	0	0	1	Z	HI	LOW
0	1	0	0	1	LOW	HI	Z
0	1	1	0	1	LOW	Z	HI
0	0	1	0	1	Z	LOW	HI
1	0	1	0	0	LOW	HI	Z
0	0	1	0	0	Z	HI	LOW
0	1	1	0	0	HI	Z	LOW
0	1	0	0	0	HI	LOW	Z
1	1	0	0	0	Z	LO	HI
1	0	0	0	0	LOW	Z	HI

睡眠模式

当 PWM 为低且持续 $t_{SLEEP} + t_{HOLD}$ 时间后，进入睡眠模式。睡眠模式下保持溜车状态（OUTA = Z，OUTB = Z，OUTC = Z）。睡眠电流为 $I_{VMSLEEP}$ 。退出睡眠的时间 t_{ON} ， t_{on} 时间内，OUTA，OUTB 和 OUTC 保持高阻状态。

睡眠模式可以通过寄存器关闭，此时，PWM 为零且超过 t_{HOLD} 时间后，仅控制溜车，不进入睡眠模式。

注意，如果 BRK 引脚为高，则不进入睡眠模式；待 BRK 引脚为低后，经过 t_{SLEEP} 时间后进入睡眠模式。

限流功能

用户可以在 LSS 和 GND 之间接入采样电阻，用于测量输出驱动电流大小。采样电阻上的电压经过放大后，与内部的参考电压进行比较。超过内部参考电压则进入限流控制逻辑，且限流点大小满足公式：

$$I_{LIMIT} = \frac{V_{REF}}{A_V \times R_{LSS}}$$

限流控制时，高边导通的一相切换为低边导通，持续固定的时间 t_{OFF} ，之后恢复，周而复始，将电流维持在设定的阈值上。

注意，限流保护功能不作用于电机刹车阶段。

短路保护（OCP）

当输出端（OUTA，OUTB 或 OUTC）与电源短路，或者与地短路，或者输出端之间短路时，系统会立即停机报警，以确保器件和负载不被损坏。

OCP 事件发生后，需要重新上电，或者进出睡眠模式以清除 OCP 故障。在寄存器的配置下，也可经过 t_{RETRY} 时间后自动清除 OCP 故障，重新尝试驱动。过流保护功能可以通过寄存器关闭。

过压保护

当 VM 大于 V_{OVp} 后，系统自动调节输出模式，防止电机中的能量进一步回馈到供电电源。当驱动器连接大惯量的感性负载时，过压保护功能可以保护驱动器在快速减速时不被损坏。

过压保护功能并不能保护由于供电电压错误造成的过压情况。过压保护阈值可以通过寄存器调整，过压保护功能也可以通过内部寄存器关闭。

FLT 报警

FLT 引脚内部采用开漏输出结构，正常工作时被外部电路上拉为高，在以下任何一种情况都将被驱动器内部下拉为低，为上位机指示故障的发生。

故障类型	特征	恢复条件
过温故障	温度超过 TSD	降温
短路故障	电流超过 I_{ocp}	重启 / 进出睡眠
堵转故障	时间超过 t_{Lock}	超过 T_{RETRY} / 进出睡眠
开路故障	开路检测为真	重启 / 进出睡眠
霍尔故障	霍尔信号异常	重启 / 进出睡眠

上位机可以通过 UART 协议诊断当前是哪一种故障。

FG 转速输出

根据寄存器 FG_CFG[1:0] 的配置，FLT 引脚可以被复用为转速输出 (FG) 功能。

配置	模式	波形
00	不输出 FG	/
01	$3 \times FG$	每个电气周期输出 3 个 FG 脉冲
10	$1 \times FG$	每个电气周期输出 1 个 FG 脉冲
11	5 脉冲模式	每 5 个 Hall 沿，输出 1 个 FG 脉冲

开路保护

如果 OUTA, OUTB 或 OUTC 输出端没有连接电机或其他线圈类负载，且此时系统上电准备运行，开路保护功能将检测到这种异常的状态，触发 FLT。此功能可以有效避免引脚接触不良或者虚焊等情况。

开路检测在上电时会启动一次，也可通过寄存器的控制，在运行过程中（电机不转时）触发启动。开路保护功能可以通过寄存器关闭。

霍尔故障

电机正常正转或者反转的过程中，Hall 信号应该遵守一定的规律变化，如果 Hall 信号发生异常，则系统停机保护，并 FLT 报警。

Hall 异常的状态包括，三路霍尔输入都为 111 或 000；也包括，运行中多次越过一个或两个 Hall 状态。

堵转保护

当 Hall 信号长时间（大于 t_{Lock} ）维持在某个状态下，或者 Hall 信号在两个状态下来回抖动，则说明电机发生堵转。此时系统停机保护，并 FLT 报警。

经过一段时间后 (T_{RETRY})，系统恢复，尝试重新驱动。若在 T_{RETRY} 的时间内，DIR 信号的变化（上升或者下降沿）也将清除堵转状态，重新尝试驱动。使用 DIR 信号的电平变化可以更快速的恢复运行。

此外，进出睡眠模式也可以清除堵转故障。

通讯与诊断

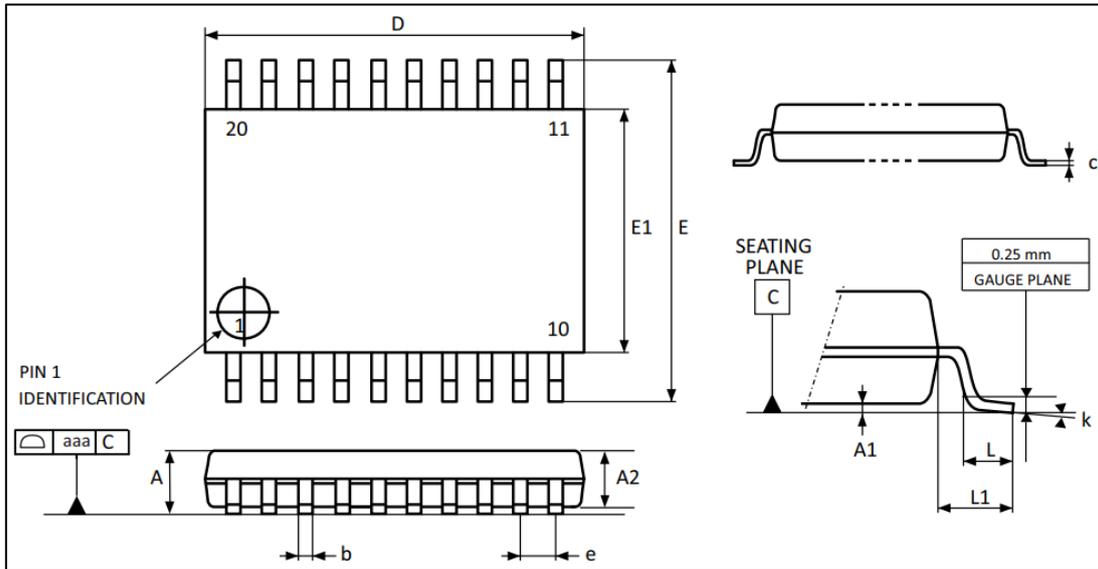
上位机可以使用 UART 协议与 ZH6332 通讯，配置寄存器参数，读取运行状态（或者故障状态）。UART 协议定义一个字节由 10 位组成：1 位起始位，1 位停止位，8 位数据位，无奇偶校验位，波特率 9600。

寄存器表

地址	名称	描述	默认值
00[0]	pwm_opt	PWM 信号滤波时间 =0: 滤波时间 120ns =1: 滤波时间 500ns	0
00[2:1]	fg_mode	FG 信号频率 =00: 不输出 FG 信号 (即使 fg_en=1) =01: 每个电气周期输出 3 个 FG 脉冲 =10: 每个电气周期输出 1 个 FG 脉冲 =11: 每 5/6 个电气周期输出 1 个 FG 脉冲	0b01
01[12]	e_hall_dis	=0: Hall=000 / 111 时, 电机停止运行 =1: Hall=000 / 111 时, 电机继续运行	0
01[13]	Vref_mode	=0: 正常 (外部 VREF) =1: 使用 DAC	1
01[15:14]	Lock_opt	=00: 堵转检测时间为 0.5s =01: 堵转检测时间为 1s =10: 堵转检测时间为 2s =11: 关闭堵转检测功能	0b00
02[0]	sleep_dis	=0: 使能睡眠模式 =1: 关闭睡眠模式	0
02[1]	ocp_dis	=0: 使能过流保护功能 =1: 关闭过流保护功能	0
02[2]	opd_dis	=0: 使能上电时的开路检测功能 =1: 关闭上电时的开路检测功能	0
02[3]	tsd_dis	=0: 使能过温保护功能 =1: 关闭过温保护功能	0
02[7:4]	deadtime	死区时间: $40ns * (n+1)$	0b1000
02[12:10]	ovp_opt	过压保护选项 =000: 不使能 OVP (ovp_dis=1) =100: 电压模式阈值 35V =101: 电压模式阈值 30V =110: 电压模式阈值 25V =111: 电压模式阈值 20V	0b101
02[14:13]	ocp_blank	OCP 信号消隐时间: $320ns * (n+1)$	0b11
02[15]	ocp_retry	=1: 3s 后尝试重启启动 =0: 等待系统重新上电	0
03[2:0]	ocp_filter	OCP 信号滤波时间: $40ns * (n+1)$	0b111
03[5:3]	ocl_blank	OCL 信号消隐时间: $320ns * (n+1)$	0b100
03[8:6]	ocl_filter	OCL 信号滤波时间: $40ns * (n+1)$	0b100
03[9]	sleep_opt	=0: 1ms 后开始计时进入睡眠模式时间 =1: 400us 后开始计时进入睡眠模式时间	0
03[11]	Isen_mode	=0: 正常 (外部采样电阻) =1: 使用功率管的 $R_{DS(ON)}$	0
03[14:12]	ocl_dac	=100mV * (n+1); =111: 关闭 OCL 功能	0b110

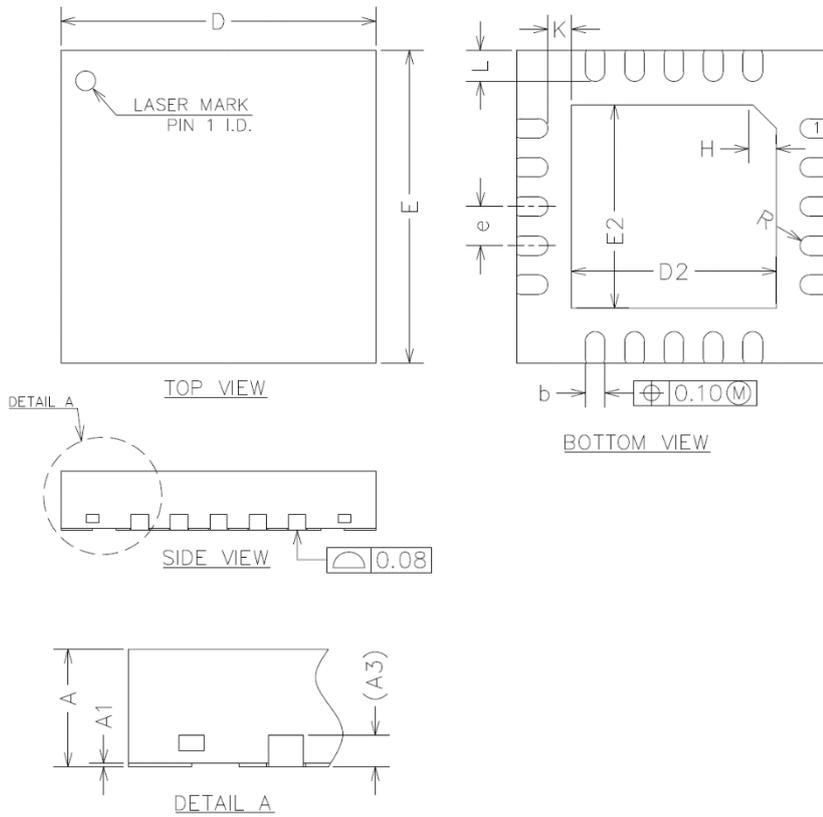
封装尺寸图

TSSOP20



Symbol	millimeters			inches		
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
A	-	-	1.200	-	-	0.0472
A1	0.050	-	0.150	0.0020	-	0.0059
A2	0.800	1.000	1.050	0.0315	0.0394	0.0413
b	0.190	-	0.300	0.0075	-	0.0118
c	0.090	-	0.200	0.0035	-	0.0079
D	6.400	6.500	6.600	0.2520	0.2559	0.2598
E	6.200	6.400	6.600	0.2441	0.2520	0.2598
E1	4.300	4.400	4.500	0.1693	0.1732	0.1772
e	-	0.650	-	-	0.0256	-
L	0.450	0.600	0.750	0.0177	0.0236	0.0295
L1	-	1.000	-	-	0.0394	-

QFN20



COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.20REF		
b	0.20	0.25	0.30
D	3.90	4.00	4.10
E	3.90	4.00	4.10
D2	2.50	2.60	2.70
E2	2.50	2.60	2.70
e	0.40	0.50	0.60
H	0.30REF		
K	0.20	-	-
L	0.35	0.40	0.45
R	0.10	-	-

修改历史

版本	修改日期	修改内容
V0.1	2022.10.07	初始版本
V1.1	2023.06.04	参数微调
V1.2	2023.11.01	封装尺寸微调
V1.3	2024.05.11	更新寄存器表说明
V1.4	2024.09.04	更新寄存器表说明
V1.5	2024.11.11	完善功能描述