

40V-3A 三相 BLDC 驱动器

描述：

ZH6332 是一款宽工作电压，大电流，高集成度的三相 BLDC 驱动芯片。包括三个半桥，换向逻辑，PWM 调速与方向控制，以及包括限流，短路，过温，欠压，过压，堵转等完善的保护功能。

ZH6332 的智能开路保护逻辑可以侦测出电机端子开路，虚焊等异常故障。当异常发生后，FLT 引脚将拉低报警。

精简的外部电路，适合各类永磁同步电机的驱动。封装形式为带散热焊盘的 TSSOP20，或 QFN20。

特点：

- AEC-Q100
- 工作电压 6V~40V
- 工作电流 3A（峰值）
- 工作温度-40~125℃
- 内置功率管导通阻抗 150mΩ
- 内置电流采样电路，节省采样电阻
- 可配置的限流保护阈值
- 短路保护，过温，过压，欠压保护
- 可实现堵转保护报警，开路保护报警
- PWM 控速，DIR 控制方向
- 可通过 UART 通讯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：

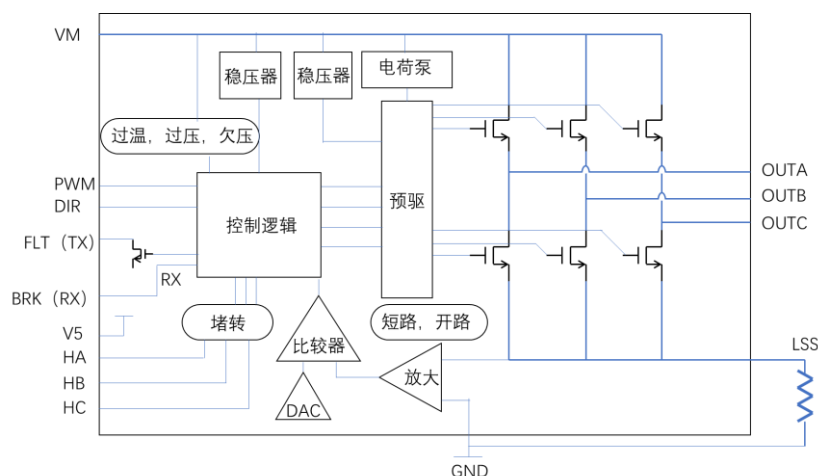


图 1, 系统框图

应用框图：

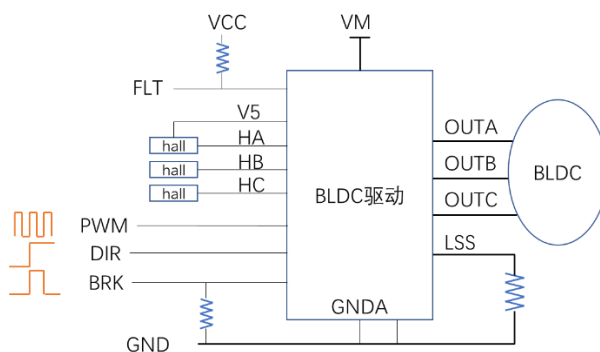


图 2, 应用框图

引脚分布:

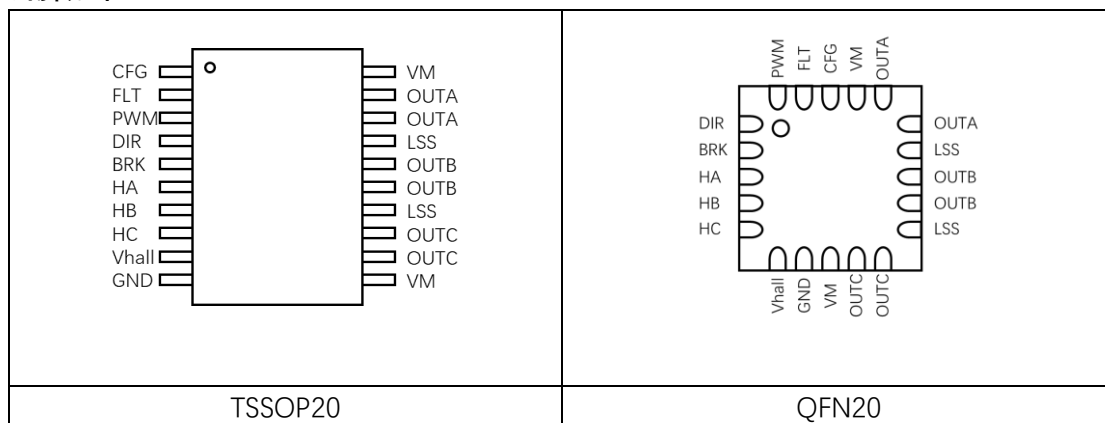


图 3, 引脚分布

表 1, 引脚分布

TSSOP	QFN	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	PWM 调速信号输入
4	1	DIR	方向信号输入
5	2	BRK	刹车引脚
6	3	HA	Hall A 输入
7	4	HB	Hall B 输入
8	5	HC	Hall C 输入
9	6	VHall	对外供电, 供 Hall 使用
10	7	GND	地
14,17	11,14	LSS	功率输出的下管源级, 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	供电电源

订购信息:

全称	封装	包装	包装数量	备注
ZH6332JT	TSSOP20	Reel	3000	
ZH6332ND	QFN20	Reel	3000	

绝对最大工况：

	最小	最大	单位
供电电压	-0.3	45	V
供电上升斜率		2	V/us
逻辑输入输出电压 (PWM, DIR, HA, HB, HC, RX, TX, FLT, BRK)	-0.3	6	V
模拟电压 (LSS, VHall)	-0.3	6	V
相电压	-1	VM+1	V
工作节温	-40	150	°C
存储温度	-65	150	°C

推荐工况：

	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
采样输入电压 LSS	-0.5	0.5	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 (PWM) 频率	0	100k	Hz
峰值输出电流		3	A
工作环境温度	-40	125	°C

电气特性表：

(除特殊标明，测试条件为 25℃，推荐工况下，默认参数下)

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=12V		3	10	mA
I _{VMSLEEP}	睡眠电流	VM=12V			10	uA
t _{ON}	启动时间	从 VM>V _{UVLO} 或者退出睡眠计时			200	us
逻辑输入 (PWM, DIR, HA, HB, HC, RX)						
V _{IL}	逻辑低电平				0.5	V
V _{IH}	逻辑高电平		1.5			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		100k		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			10	ms
t _{SLEEP}	睡眠时间	从进入溜车到进入睡眠的时间			1.5	ms
驱动输出						
R _{DS (ON)}	导通电阻	VM=24V, I=1A		150	200	mΩ
t _{DEAD}	输出死区			200		ns
V _d	二极管压降	VM=24V, I=-1A		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			2		us
V _{REFIN}	内部参考			2		V
保护电路						
V _{UVLO}	欠压点			3.8		V
V _{UVLOHYS}	欠压迟滞			100		mV
I _{OC}	短路保护			3		A
t _{OC}	消隐时间			1.5		us
t _{RETRY}	重启时间			3		s
V _{OVP}	过压点			28		V
t _{LOCK}	堵转时间			1		s
T _{SD}	热保护点			175		℃
诊断与报警 (RX, TX, FLT)						
BODE	波特率			9600		

详细描述：

ZH6332 是一款三相 BLDC 驱动器，集成了 40V，峰值 3A 的功率输出模块，集成了 Hall 换向逻辑，PWM 控速逻辑，DIR 方向控制逻辑。还集成了内置电流检测，限流模块。

过压，短路，过温，堵转保护逻辑，开路保护逻辑。在故障发生时，可以通过 **FLT** 引脚报警，并可通过 **UART** 通讯诊断故障源。保障安全运行。在系统不运行是，ZH6332 可进入睡眠模式，功耗小于 $I_{VMSLEEP}$ 。

- 逻辑真值表：

ZH6332 按照下表的逻辑进行换向。

其中 **Z** 代表高阻态，上管与下管同时关闭。

若 **PWM=1**，则 **HI = VM**，**LOW = GND**。

若上管 **PWM** 模式选定了，**HI = PWM**；**LOW = GND**。

若下管 **PWM** 模式选定了，**HI = VM**；**LOW = ~PWM**。

若上管 **PWM** 模式选定了，**brake = VM**。

若下管 **PWM** 模式选定了，**brake = GND**。

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 0 持续 $t_{SLEEP} + t_{HOLD}$ 时间后进入睡眠模式。睡眠模式下保持溜车（**OUTA = Z**，**OUTB = Z**，**OUTC = Z**）。睡眠电流为 $I_{VMSLEEP}$ 。退出睡眠需要 t_{ON} ，这个时间内 **OUTA**、**OUTB** 和 **OUTC** 保持高阻。

睡眠功能可以通过寄存器关闭，此时 **PWM** 为零超过 t_{HOLD} 后仅控制溜车，不进入睡眠。

注意，若 **BRK** 引脚为高，则不进入睡眠状态。待 **BRK** 为低后，重进计时 t_{SLEEP} 。

- 限流功能

用户可在 **LSS** 和 **GND** 之间接入采样电阻用于测量驱动电流。采样电阻上的电压经过放大倍数 A_V 后，与内部的参考电压进行比较。超过则进入限流控制，且满足公式：

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

限流控制时，高边导通的一相改变为低边导通（以上描述为高边 **PWM**，倘若是低边 **PWM** 则低边导通的一相改变为高边导通），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，刹车电流不能受到限流功能保护。

- 短路保护（OCP）

当输出端（**OUTA**，**OUTB** 或 **OUTC**）与电源或者地短路时，输出端之间短路时，系统会马上停机，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。在寄存器的配置下，也可经过 t_{RETRY} 后清除，重新尝试驱动。过流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以防止电机能量进一步回馈到供电电源。过压保护功能适合于大惯量负载，速度切换的时刻。

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

● FLT 报警

FLT 引脚是开路输出引脚，正常工作时为高，在以下任何一个情况下都将被拉低，为上位机指示故障的发生。

故障	特征	恢复条件
过温	温度超过 T_{SD}	降温
短路	电流超过 I_{OCP}	重启
堵转	时间超过 t_{LOCK}	超过 T_{RETRY}
开路	开路检测为真	重启
E_HL	霍尔故障	重启

上位机可以通过通讯和诊断确定当前是哪一个是故障。

● 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 x FG	每 Hall 跳变，FG 变化
10	6 脉冲模式	每 6 个 Hall 变化沿，输出一个 FG 脉冲，与 Hall 信号同频
11	5 脉冲模式	每 5 个 Hall 变化沿，输出一个 FG 脉冲

● 开路保护

如 OUTA，OUTB 或 OUTC 输出端没有电机或其他线圈类负载连接，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现象，触发 FLT。此功能有效避免引脚接触不良，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，倘若 Hall 信号异常，则系统停机保护，并 FLT 报警。Hall 异常包括，三个输入的结果为 111 或 000。也包括，运行中多次跳跃了一个或两个 Hall 状态。

● 堵转保护

当 Hall 信号长时间（大于 t_{LOCK} ）维持在某一个状态下，或者 Hall 信号在两个状态下抖动，则说明电机停堵转了。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 的方式可以更快速的恢复运行。

● 通讯与诊断

上位机可以使用 UART 与 ZH6332 通讯，配置参数，读取运行状态（故障状态）。UART 协议定义为 10 位一字节：有 1 位起始位，1 位停止位，无奇偶校验位，波特率 9600。

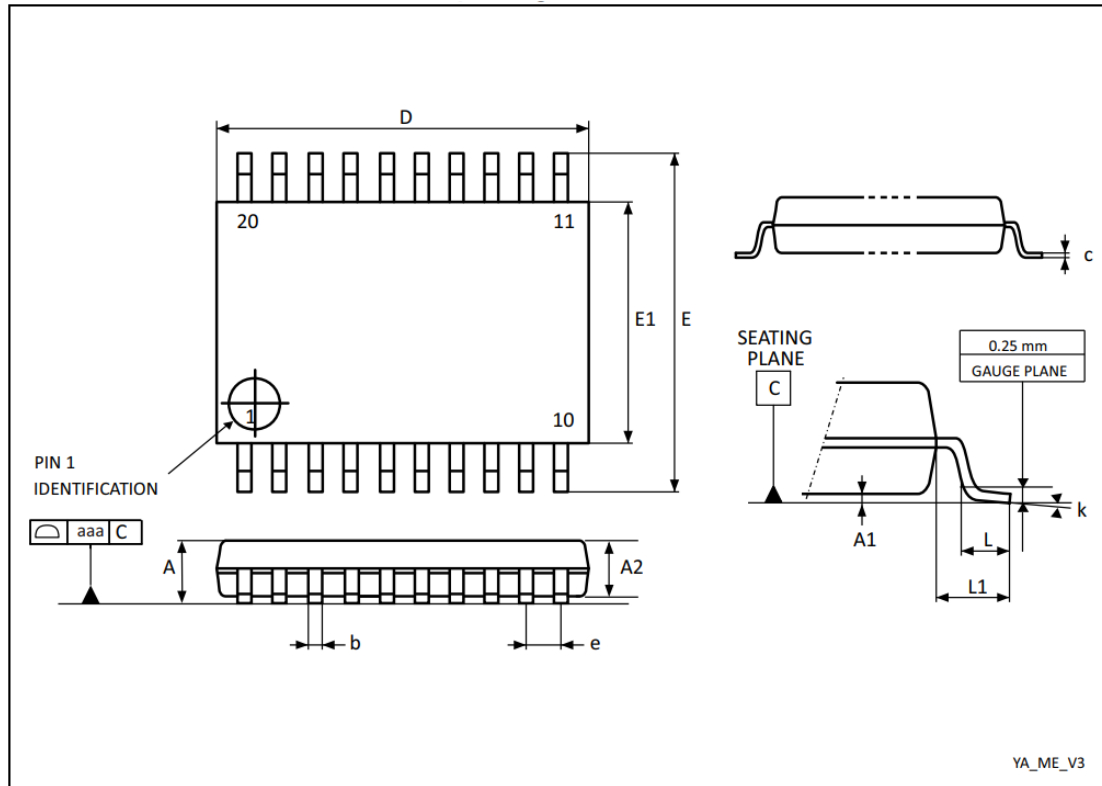
寄存器表:

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[11:10]	pwm_md	设置 PWM 控制模式 =00: 高边互补 =01: 高边非互补 =10: 低边互补 =11: 低边非互补	0b00
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 V _{REF}); =1: 使用 DAC 0: nfault 输出为 1 (不使能 nFLT)	0
01[15:14]	Lock_opt	设置堵转时间 =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: 使能睡眠功能 =1: 关闭睡眠功能	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	设置死区时间: 40ns * (n+1)	0b1000
02[9:8]	fix_off_time	OCL 固定关断时间 =00: 15us =01: 20us =10: 25us =11: 30us	0b10
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

		=0: 等待系统重新上电	
03[2:0]	ocp_filter	OCP 信号滤波时间: $40\text{ns} * (n+1)$	0b111
03[5:3]	ocl_blank	OCL 信号消隐时间: $320\text{ns} * (n+1)$	0b100
03[8:6]	ocl_filter	OCL 信号滤波时间: $40\text{ns} * (n+1)$	0b100
03[9]	sleep_opt	=0: 10ms 后开始计时进入睡眠模式时间 =1: 1ms 后开始计时进入睡眠模式时间	0
03[11]	lsen_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

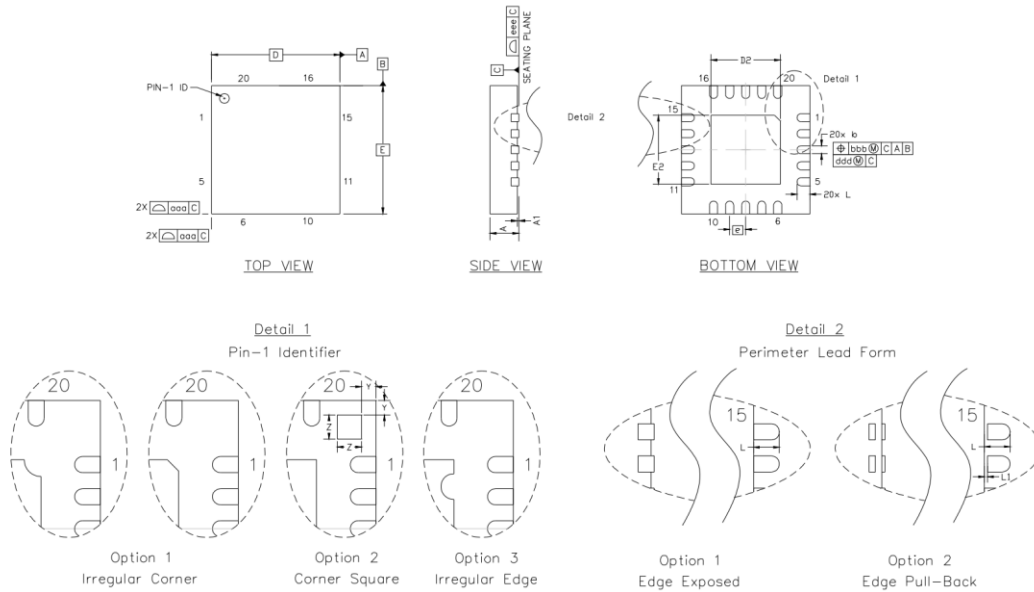
TSSOP20



尺寸参数表

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



Dimension	Min	Typ	Max
A	0.80	0.90	1.00
A1	0.00	0.02	0.05
b	0.18	0.23	0.30
D	4.00 BSC.		
D2	2.00	2.15	2.25
e	0.50 BSC.		
E	4.00 BSC.		
E2	2.00	2.15	2.25

Dimension	Min	Typ	Max
L	0.45	0.55	0.65
L1	0.00	—	0.15
aaa	—	—	0.15
bbb	—	—	0.10
ddd	—	—	0.05
eee	—	—	0.08
Z	—	0.43	—
Y	—	0.18	—

修改历史

版本	修改日期	修改内容
V0.1	2022.10.7	Preliminary Datasheet
V1.1	2023.6.4	参数微调
V1.2	2023.11.1	封装尺寸微调
V1.3	2024.05.11	更新寄存器表说明