

FCM8202

三相正弦波无刷 DC 电机控制器

特性

- 支持空间向量调制 (SVM)
- 支持正弦波和方波解决方案
- 内置时钟发生器
- 内置误差放大器，用于扭力闭环控制
- 占空比直接控制
- 方波 120°，正弦波 180° 导通
- PLL 角度检测（霍尔传感器）
- 电流领先相位更正
- 两个可选死区时间
- 同步整流
- 过压和欠压保护
- 用于过压保护 (OVP) 的电机和功率晶体管
- 三级过流保护 (OCP)
- 可调 OC 定时器
- 过温保护 (OTP)

说明

FCM8202 是一款三相正弦波无刷 DC (BLDC) 电机或永磁同步电机 (PMSM) 控制器。该器件采用先进的霍尔感应设计。采用霍尔感应信号，控制系统能够通过开关三相转换器进行 PWM 交换。有两种 PWM 模式：正弦波模式和方波模式。方波模式包括可提高电机驱动效率的 PWM-PWM 和 PWM-ON 方法。

完整的保护功能包括过压、过流、过温和短路保护，可防止控制电路和电机受损，特别是在应力大的应用中和要求很高的环境中。

应用

- BLDC 电机或 PMSM 控制
- 低噪音电机应用
- 风扇、泵、工具等

订购信息

器件编号	工作温度范围	封装	包装方法
FCM8202QY	-40°C 至 125°C	32 引脚, LQFP, JEDEC MS-026, Variation BBA, 7 mm 方形	托盘

典型应用电路

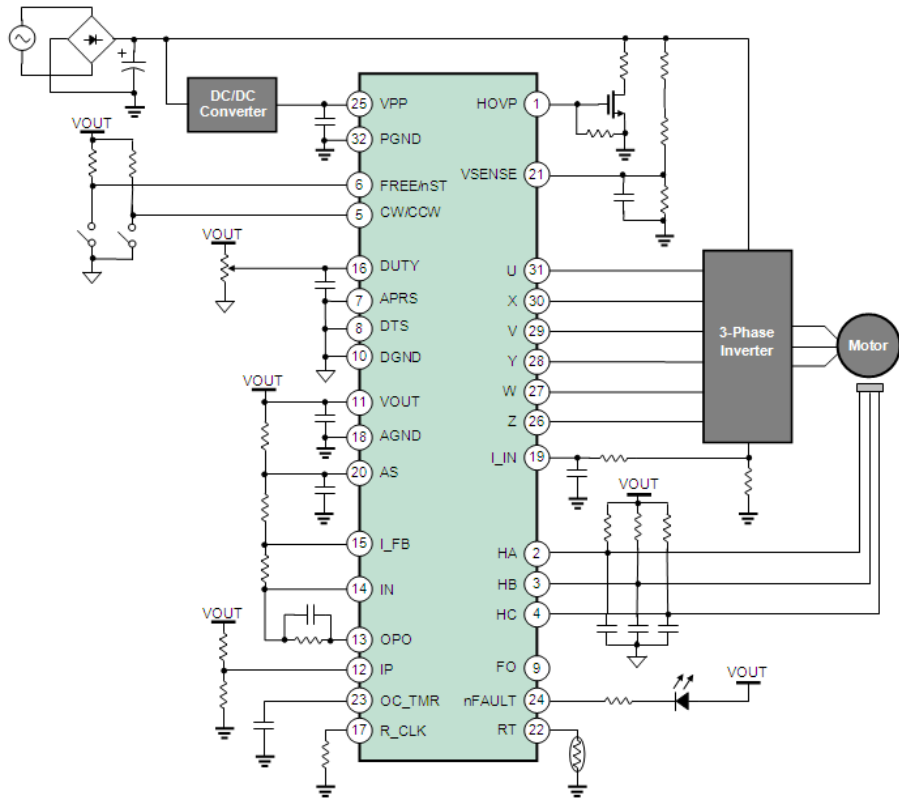


图 1. 典型应用电路

框图

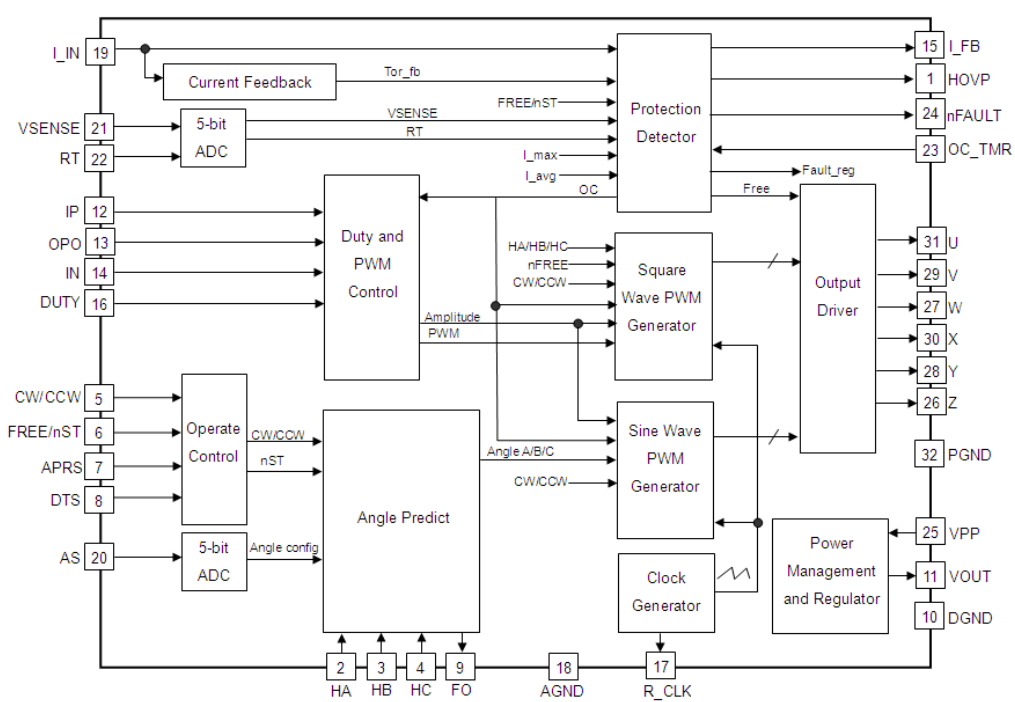
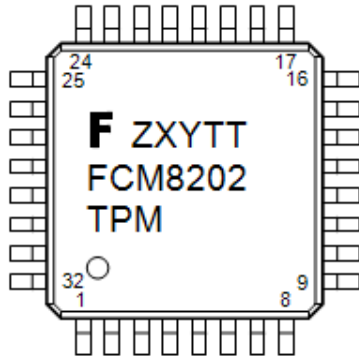


图 2. 系统原理框图

标识信息



F- 飞兆徽标
 Z- 工厂代码
 X- 一位数字年份代码
 Y- 一位数字周代码
 TT: 两位数字模具运行代码
 T: 封装类型 (Q=LQFP)
 P: Y = 绿色封装
 M: 晶圆编码

图 3. 顶标

引脚配置

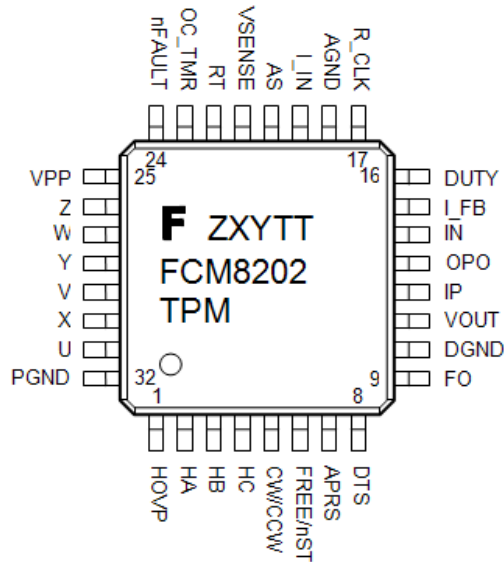


图 4. 引脚配置

引脚定义

引脚号	名称	说明
1	HOVP	电机驱动过压保护输出。可连接至外部功率晶体管使反电动势放电。
2	HA	霍尔A传感器输入。U相磁场检测。
3	HB	霍尔B传感器输入。V相磁场检测。
4	HC	霍尔C传感器输入。W相磁场检测。
5	CW/CCW	方向控制输入。此引脚有 200 kΩ 的内部上拉电阻。高电平：CW，低电平：CCW。
6	FREE/nST	空闲和启动控制输入。此引脚有 200 kΩ 的内部上拉电阻。高电平：空闲，低电平：启动。
7	APRS	角度预测范围选择输入。此引脚有 200 kΩ 的内部上拉电阻。低电平：0.8 ~ 80 Hz，高电平：3.2 ~ 320 Hz 霍尔频率。
8	DTS	死区时间选择输入。此引脚有 200 kΩ 的内部上拉电阻。低电平：3 μs，高电平：4 μs。
9	FO	转数脉冲输出。每转脉冲 = 电机极数 ÷ 2 × 3。
10	DGND	数字接地
11	VOUT	稳压器输出。应在此引脚和地之间连接一个 0.1 μF（最小）电容。
12	IP	扭力误差放大器的正极输入
13	OPO	扭力误差放大器的输出
14	IN	扭力误差放大器的负极输入
15	I_FB	电流反馈输出
16	占空比	PWM 占空比控制输入。设计为直接控制 PWM 占空比。
17	R_CLK	时钟发生器的外部电阻。设计用于确定内部时钟发生器的频率。
18	AGND	模拟接地
19	I_IN	电流反馈输入
20	AS	角度位移输入。设计用于校正 PWM 输出信号的领先角。范围从 0° 至 60°，与感应磁场电压相关。
21	VSENSE	电机驱动电压感测电阻。设计用于确定过压保护的电压电平。
22	RT	热敏电阻电压输入。连接到负温度系数 (NTC) 热敏电阻用于过温保护。
23	OC_TMR	过载超时可编程输入。连接到电容用于确定过载保护的时间延迟。
24	nFAULT	故障标志。漏极开路输出，低电平：系统故障。
25	VPP	电源电压输入
26	Z	W 相的 PWM 输出，低侧
27	W	W 相的 PWM 输出，高侧
28	Y	V 相的 PWM 输出，低侧
29	V	V 相的 PWM 输出，高侧
30	X	U 相的 PWM 输出，低侧
31	U	U 相的 PWM 输出，高侧
32	PGND	高电压接地

绝对最大额定值

应力超过绝对最大额定值，可能会损坏器件。在超出推荐的工作条件的情况下，该器件可能无法正常工作，所以不建议让器件在这些条件下长期工作。此外，长期在高于推荐的工作条件下工作，会影响器件的可靠性。绝对最大额定值仅是应力规格值。

符号	参数	最小值	最大值	单位
V _{PP}	电源电压	0	30	V
θ _{JA}	结至环境热阻		82	°C/W
θ _{JC}	热阻，结至外壳		29	°C/W
T _J	结温		+150	°C
ESD	静电放电防护等级	人体放电模型，JESD22-A114	2.50	kV
		元件充电模型，JESD22-C101	1.25	

推荐工作条件

推荐的操作条件表明了器件的真实工作条件。指定推荐的工作条件，以确保器件的最佳性能达到数据表中的规格。飞兆半导体建议不要超过推荐工作条件，也不能按照绝对最大额定值进行设计。

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
T _A	工作环境温度	-40		+125	°C
V _{PP}	电源电压	10	12	17	V
f _{sys}	系统时钟	0.96	1.28	1.92	MHz
R _{CLK}	时钟发生器外部电阻		12		kΩ
R _{I_IN}	I _{IN} 偏压电阻		10		kΩ

电气特性

除非另有说明，否则 $V_{PP} = 12\text{ V}$ 和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{PP} 部分						
V _{PP_ON}	导通阈值电压		8.5	9.0	9.5	V
V _{PP_OFF}	关断阈值电压		7.5	8.0	8.5	V
I _{DD_OP}	工作电源电流	V _{PP} = 12 V, f _{SYS} = 1.28 MHz	4.0	5.0	6.5	mA
稳压器部分						
V _{VOUT}	稳压器输出电压	输出电流 5 mA	5.0	5.2	5.5	V
I _{VOUT}	稳压器输出电流	V _{VOUT} = 5.2 V			10	mA
C _{VOUT}	稳压器外部电容		0.1			μF
数字 I/O 部分						
V _{IH_HALL}	霍尔信号输入高电平		4.0			V
V _{IL_HALL}	霍尔信号输入低电平				1.0	V
V _{HYS_HALL}	霍尔信号滞回电压		2.0	2.5	3.0	V
t _{DEB_HALL}	霍尔信号去抖动时间			5		μs
R _{DIO_UP}	数字 I/O 内部上拉电阻		150	200	250	kΩ
高压 I/O 部分						
V _{OH_PWM}	PWM 信号输出高电平 (U/V/W/X/Y/Z)	V _{PP} = 12 V, I _O = 4 mA	10			V
V _{OL_PWM}	PWM 信号输出低电平 (U/V/W/X/Y/Z)	V _{PP} = 12 V, I _O = 4 mA			1	V
V _{OH_HOVP}	HOVP 输出高电平	V _{PP} = 12 V, I _O = 1 mA	9.0	9.7	10.0	V
V _{OL_HOVP}	HOVP 输出低电平	V _{PP} = 12 V, I _O = 1 mA			1	V
PWM 控制部分						
V _{FD}	DUTY 引脚的全占空比电压		4.0	4.3	4.6	V
V _{ZD}	DUTY 引脚的零占空比电压			0.7		V
t _{PWM_MIN}	PWM 最小导通时间	R _{CLK} = 12 kΩ		1		μs
t _{DEAD0}	PWM 死区时间3 μs	DTS = LOW	2.15	2.88	3.45	μs
t _{DEAD1}	PWM 死区时间4 μs	DTS = HIGH	3.35	3.91	4.65	μs
f _{PWM_20K}	PWM 频率20 kHz	R _{CLK} = 12 kΩ	18.5	20.0	21.5	kHz
I _{SOURCE_OPO}	OPO 引脚的拉电流能力	I _P = 5 V, I _N = 0 V, OPO = 0 V	4.0	5.0	6.0	mA
I _{SINK_OPO}	OPO 引脚的灌电流能力	I _P = 0 V, I _N = 5 V, OPO = 5 V	-4.0	-5.0	-6.0	mA
A _{ERR}	扭力误差放大器的增益			60		dB
GBW _{ERR}	扭力误差放大器的单位增益带宽			10		MHz
正弦波 PWM 发生器						
V _{SIN_ENA}	DUTY 引脚的正弦波使能阈值			0.75		V
V _{SIN_DIS}	DUTY 引脚的正弦波禁用阈值			0.65		V
t _{SIN_ENA}	正弦波使能去抖动时间			1		ms
t _{SIN_DIS}	正弦波禁用去抖动时间			100		ms

接下页.....

电气特性 (续)

除非另有说明, 否则 $V_{PP} = 12\text{ V}$ 和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
过流保护部分						
V_{OCP_SH}	短路电流保护阈值电压			2.5		V
V_{OCP_CYC}	逐周期电流保护阈值电压			1.5		V
V_{OCP_OL}	过载电流保护阈值电压			1.4		V
V_{OC_TMR}	OC_TMR 阈值电压			2.5		V
I_{TMR_CHG}	OC_TMR 充电电流	OC_TMR = 0 V	30	40	50	μA
I_{TMR_DIS}	OC_TMR 放电电流	OC_TMR = 5 V	5	10	15	μA
$I_{BIAS_I_IN}$	I_IN 的偏压电流	$R_{I_IN} = 10\text{ k}\Omega$	40	50	60	μA
$I_{O_I_FB}$	I_FB 输出电流			0.5		mA
G_{I_FB}	I_FB 输出增益			8		
过压/欠压保护 (OVP/UV) 部分						
V_{OV_VPP}	系统 OVP 阈值电压			18		V
$V_{OV_VPP_RLS}$	系统 OVP 释放电压			17		V
t_{OV_VPP}	系统 OVP 去抖动时间			100		μs
V_{UV_VPP}	系统 UVP 阈值电压		7.5	8.0	8.5	V
$V_{UV_VPP_RLS}$	系统 UVP 释放电压		8.5	9.0	9.5	V
V_{UV_VOUT}	V_{OUT} UVP 阈值电压			4		V
$V_{UV_VOUT_RLS}$	V_{OUT} UVP 释放电压			4.5		V
V_{OV_MOTOR}	电机驱动电压 OVP 阈值电压		4.3	4.5	4.8	V
V_{RL_MOTOR}	电机驱动电压 OVP 释放电压			4.0		V
过温保护 (OTP) 部分						
V_{RT}	OTP 阈值电压		0.9	1.0	1.1	V
V_{RT_RLS}	OTP 释放电压		1.15	1.20	1.25	V
I_{RT}	RT 引脚拉电流		40	50	60	μA
引脚开路/短路保护部分						
V_{SHORT}	引脚短路保护等级	R_CLK Pin		0.2		V
V_{OPEN}	引脚开路保护等级	R_CLK 引脚和 RT 引脚	4.6	4.8	5.2	V

典型性能特征

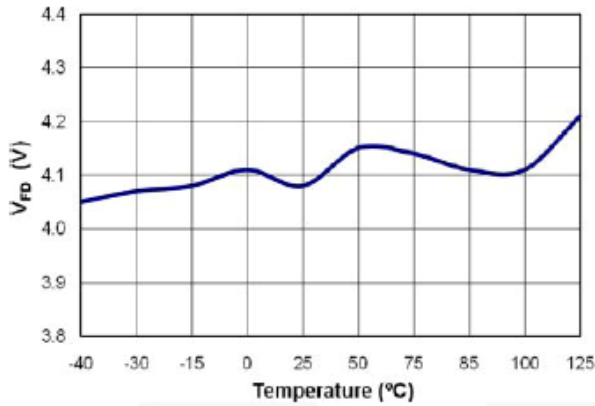


图 5. PWM-全占空比电压 (V_{FD}) 与温度的关系

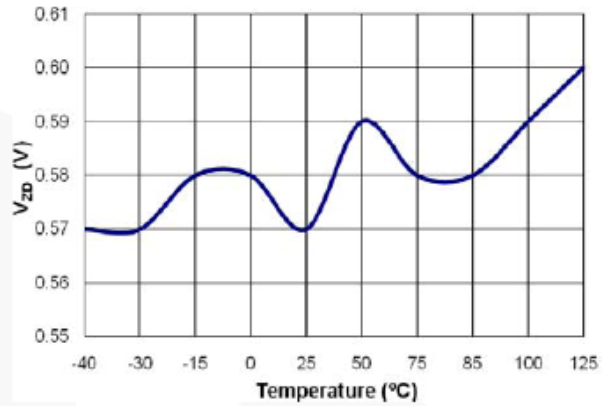


图 6. PWM 零占空比电压 (V_{ZD}) 与温度的关系

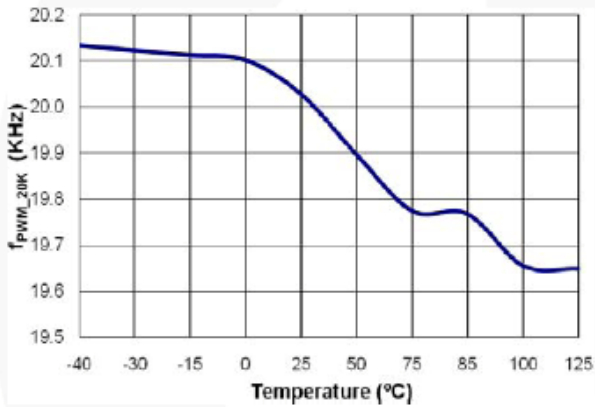


图 7. PWM 20 kHz 频率 (f_{PWM_20K}) 与温度的关系

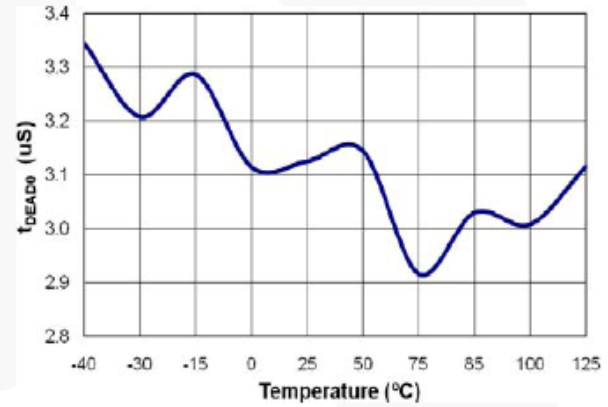


图 8. PWM 3 μ s 死区时间 (t_{DEAD0}) 与温度的关系

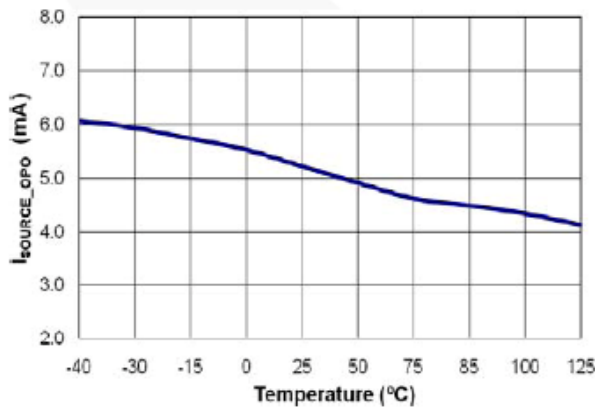


图 9. OPO 拉电流 (I_{SOURCE_OPO}) 与温度的关系

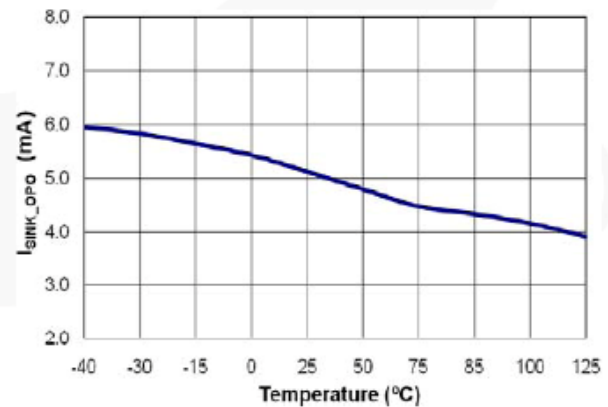


图 10. OPO 灌电流 (I_{SINK_OPO}) 与温度的关系

典型性能特征 (接上页)

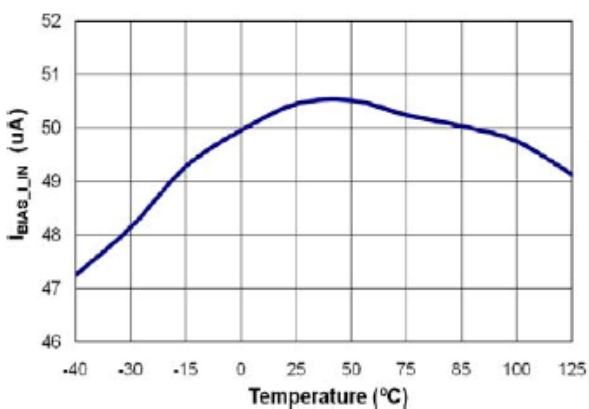


图 11. I_{IN} 偏压电流 ($I_{BIAS_I_IN}$) 与温度的关系

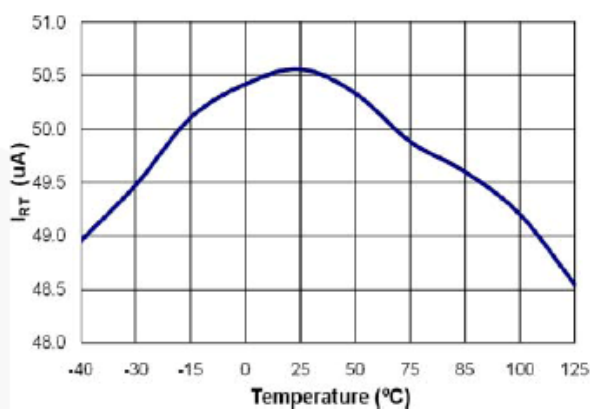


图 12. RT 拉电流 (I_{RT}) 与温度的关系

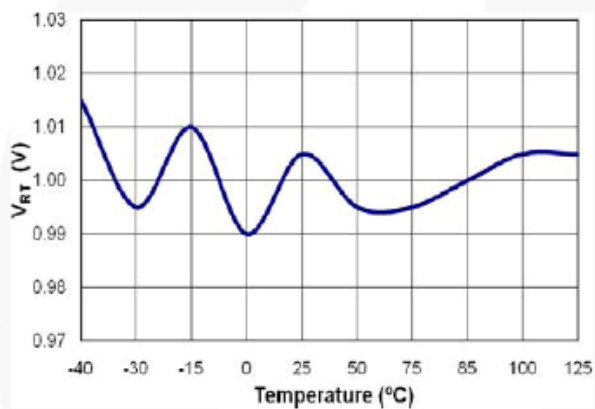


图 13. OTP 阈值电压 (V_{RT}) 与温度的关系

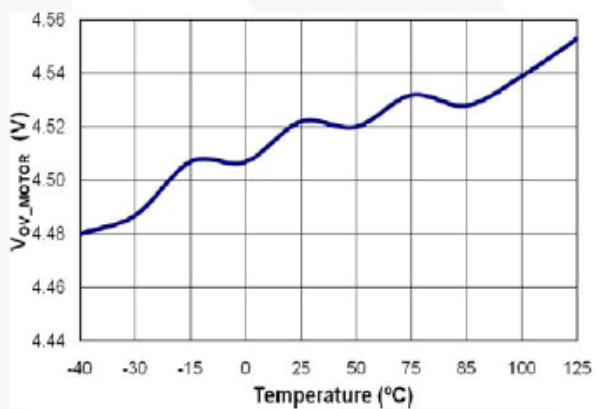


图 14. 电机 OVP 阈值电压 (V_{OV_MOTOR}) 与温度的关系

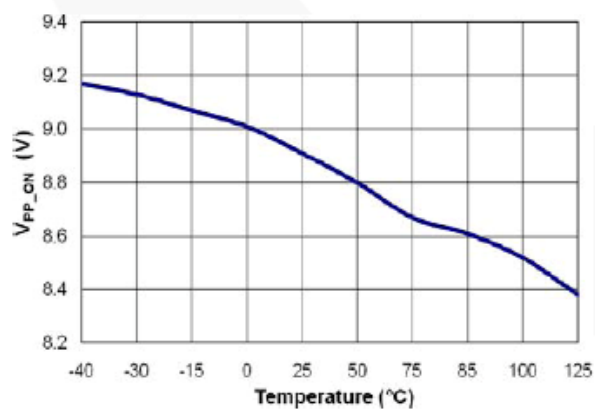


图 15. V_{PP} 导通阈值电压 (V_{PP_ON}) 与温度的关系

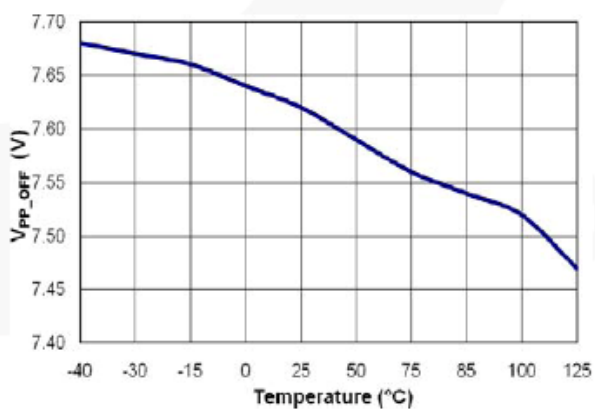


图 16. V_{PP} 关断阈值电压 (V_{PP_OFF}) 与温度的关系

功能说明

电源管理和稳压器

FCM8202 可在 10 V 至 17.5 V 的宽输入电压 (V_{PP}) 范围内工作。VOUT 引脚是内部稳压器的输出端子。典型输出电压范围为 5.0 V 至 5.2 V。要使 VOUT 电路保持稳定，必须在此端子和地之间紧密连接外部电容。如果 V_{PP} 电压低于 8 V 阈值，FCM8202 会被关断，内部寄存器会被重置。

时钟发生器

FCM8202 附带可编程振荡器。系统时钟 R_CLK 由外部添加的电阻确定，其频率范围可设置为 960 kHz 至 1920 kHz。PWM 信号的开关频率等于系统时钟的 1/64（除以 64）。因此，系统时钟配置为 960 kHz 时，PWM 为 960 kHz / 64 = 15 kHz。同理，如果 PWM 设计为 20 kHz，那么系统时钟应设置为 1.28 MHz。

PWM 切换

FCM8202 支持方波 PWM 和正弦波 PWM，可用于 BLDC 电机控制。控制器采用霍尔传感器设计，用于对准电机的转子位置。对于方波模式，PWM 输出切换如表 1 处所示。

表 1. 方波切换

CW	霍尔	霍尔	U-V-W	X-Y-Z
X	000	0	0-0-0	0-0-0
X	111	7	0-0-0	0-0-0
1	001	1	P-0-0	Pb-1-0
1	011	3	0-0-P	0-1-Pb
1	010	2	0-0-P	1-0-Pb
1	110	6	0-P-0	1-Pb-0
1	100	4	0-P-0	0-Pb-1
1	101	5	P-0-0	Pb-0-1
0	101	5	0-0-P	1-0-Pb
0	100	4	0-0-P	0-1-Pb
0	110	6	P-0-0	Pb-1-0
0	010	2	P-0-0	Pb-0-1
0	011	3	0-P-0	0-Pb-1
0	001	1	0-P-0	1-Pb-0

注：

1. P = PWM, Pb = PWM 反向。
2. X= 无关。

霍尔信号输入

FCM8202 为每个霍尔信号输入提供 3 ~ 6 μ s 去抖动时间，以减少霍尔信号的干扰。如果霍尔信号变化缓慢，可能会产生干扰并出现错误。通过内置霍尔信号去抖动电路，FCM8202 可最大限度降低干扰风险和减少相关错误。

PWM 占空比和操作

PWM 占空比与 OPO 引脚和 DUTY 引脚上的电压电平成正比。FREE/nST 引脚用于使能 PWM 信号。FREE/nST 引脚设置为逻辑高电平时，PWM 状态处于空闲模式并且所有 PWM 输出 (U、V、W、X、Y、Z 引脚) 均为逻辑低电平。一旦 FREE/nST 引脚进入逻辑低电平，FCM8202 即开始操作 PWM。

正弦波发生器

FCM8202 包括正弦波 PWM 的空间向量调制 (SVM)。角度检测电路使用电机的霍尔信号锁相转子位置。分辨率为 32 步 /60°。通过 PWM 操作，各相位的电机电流为正弦波。各相位间的角度位移为 120°。

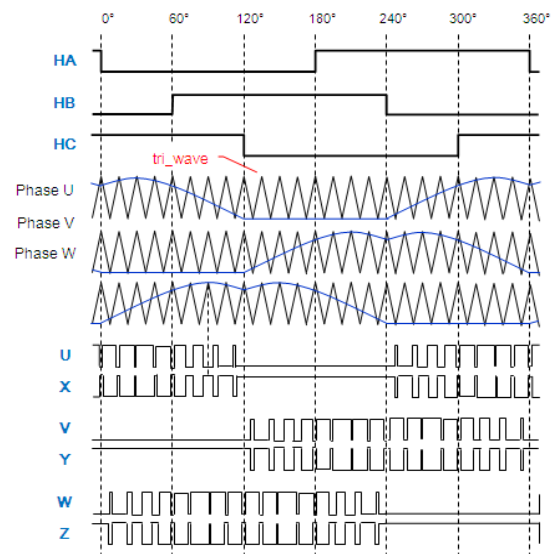


图 17. CW 时的正弦波输出 = 1

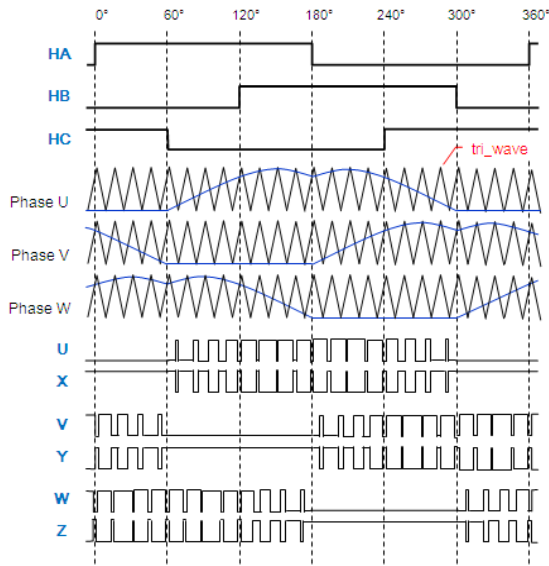


图 18. CW 时的正弦波输出 = 0

电流反馈和保护

电流反馈和保护执行两种主要功能：(1) 生成电机控制的电流反馈信号 (2) 过流保护。I_{IN} 引脚输出 50 μA 电流，在 I_{IN} 端子上提供 DC 偏置以防止负极电压。等式 1 显示的是 I_{FB} 和 I_{IN}。建议 I_{IN} 上提供 0.5 V 的 DC 偏置。最大平均电流信号为 1 V。通过使用这些参数，最大 I_{FB} 信号摆幅为 0.5 V ~ 4.5 V。

$$V_{I_FB} = (V_S \times 8) + (I_{BIAS_I_IN} \times R_{BIAS}) \quad (1)$$

保护和故障

表 2. 故障表

类型	状态	触发	发布
V _{PP} OV	释放	V _{PP} > 18 V	V _{PP} < 17 V
V _{PP} UV	释放, 重置	V _{PP} < 8 V	V _{PP} > 9 V
V _{OUT} UV	释放	V _{OUT} < 4 V	V _{OUT} > 4.5 V
RT	释放	R _T < 1.0 V	R _T > 1.2 V
OS	释放	开路 and 短路	FREE/nST ↗
霍尔错误	释放	霍尔 = 000 或 111	
HOVP	释放	V _{SENSE} > 4.5 V	V _{SENSE} < 4.0 V
OC_Latch	释放	I _{IN} > 1.4 V	FREE/nST ↗
SHORT	释放	I _{IN} > 2.5 V	FREE/nST ↗

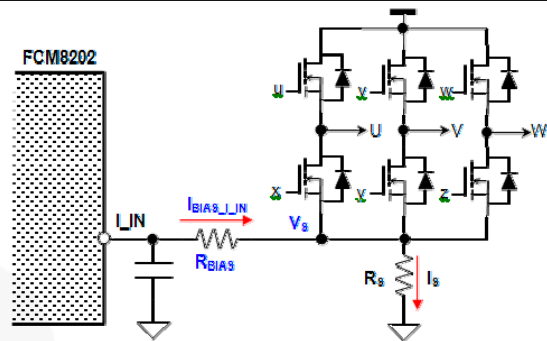


图 19. 电流反馈流向

FCM8202 提供三级过流保护 (OCP)。第一级为 1.4 V，用于带 OCP 定时器延迟的过载电流保护。如果 I_{IN} 高于 1.4 V，则会触发 OC 定时器。一旦定时器超出其超时限制，就会使能 OC_Latch。第二级为 1.5 V，用于逐周期限流。I_{IN} is > 1.5 V 时，PWM 信号会立即关断。第三级为 2.5 V，设计用于短路保护。如果 I_{IN} > 2.5 V 超过三个 PWM 脉冲，所有 PWM 输出 (U 引脚、V 引脚、W 引脚、X 引脚、Y 引脚、Z 引脚) 都会被关断。

物理尺寸

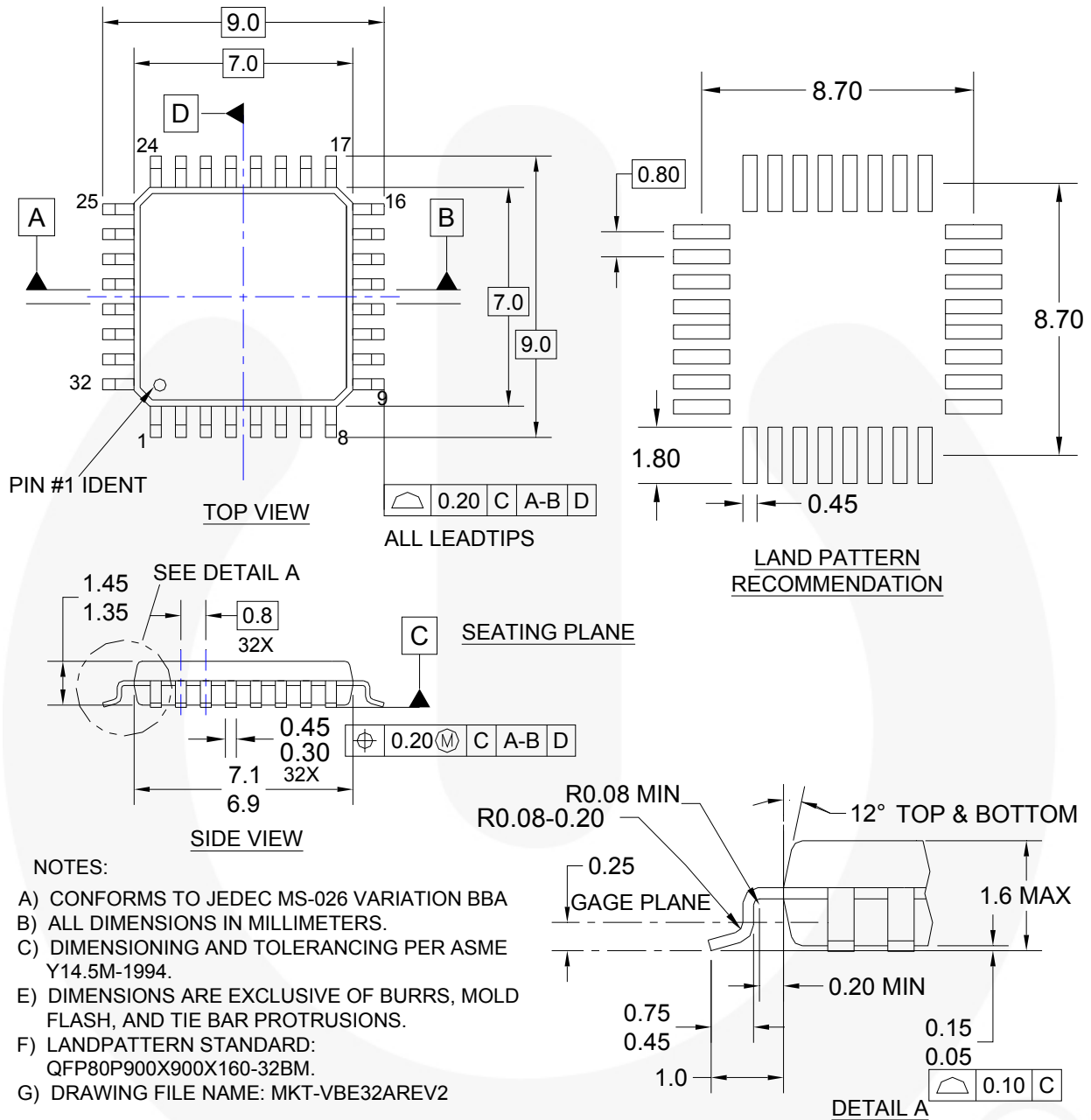


图 20. 32 引脚薄型四侧扁平封装 (LQFP)

封装图纸是作为一项服务而提供给考虑选用飞兆半导体产品的客户。具体参数可能会有变化，且不会做出相应通知。请注意图纸上的版本和/或日期，并联系飞兆半导体代表核实或获得最新版本。封装规格并不超出飞兆公司全球范围内的条款与条件，尤其指保修，保修涵盖飞兆半导体的全部产品。

有关最新的封装图纸，请始终访问飞兆半导体的在线封装区域：

<http://www.fairchildsemi.com/packaging/>



TRADEMARKS

The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

- | | | | |
|--|--|---------------------------------------|---|
| AccuPower™ | F-PFST™ | PowerTrench® | Sync-Lock™ |
| AX-CAP® | FRFET® | PowerXS™ |  SYSTEM GENERAL® |
| BitSiC™ | Global Power Resource™ | Programmable Active Droop™ | TinyBoost® |
| Build it Now™ | GreenBridge™ | QFET® | TinyBuck® |
| CorePLUS™ | Green FPS™ | Q5™ | TinyCalc™ |
| CorePOWER™ | Green FPST™ e-Series™ | Quiet Series™ | TinyLogic® |
| CROSSVOLT™ | Gmax™ | RapidConfigure™ | TINYOPTO™ |
| CTL™ | GTO™ | Saving our world, 1mW/W/kW at a time™ | TinyPower™ |
| Current Transfer Logic™ | IntelliMAX™ | SignalWise™ | TinyPWM™ |
| DEUXPEED® | ISOPLANAR™ | SmartMax™ | TinyWire™ |
| Dual Cool™ | Making Small Speakers Sound Louder and Better™ | SMART START™ | TransiC™ |
| EcoSPARK® | MegaBuck™ | Solutions for Your Success™ | TriFault Detect™ |
| EfficientMax™ | MICROCOUPLER™ | SPM® | TRUECURRENT® |
| ESBC™ | MicroFET™ | STEALTH™ | µSerDes™ |
|  Fairchild® | MicroPak™ | SuperFET® |  SerDes® |
| Fairchild Semiconductor® | MicroPak2™ | SuperSOT™-3 | UHC® |
| FACT Quiet Series™ | MillerDrive™ | SuperSOT™-6 | Ultra FRFET™ |
| FACT® | MotionMax™ | SuperSOT™-8 | UniFET™ |
| FAST® | mWVaver® | SupreMOS® | VCX™ |
| FastvCore™ | OptoHit™ | SyncFET™ | VisualMax™ |
| FETBench™ | OPTOLOGIC® | | VoltagePlus™ |
| FPST™ | OPTOPLANAR® | | XST™ |

* Trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ANTI-COUNTERFEITING POLICY

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, www.fairchildsemi.com, under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

Rev. 166