



## FCM8201 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）
- 可编程电流领先相位
- 串行接口 (SPI)
- 两种工作模式（单独工作或通过 SPI 控制）
- 可编程软开关（死区时间）
- 同步整流
- 过压和欠压保护
- 电机和功率晶体管过压保护
- 三级过流保护 (OCP)
- 可编程 OC 定时器
- 过温保护 (OTP)

### 说明

FCM8201 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 模式可供选择；正弦波模式和方波模式。方波模式包括 PWM-PWM 和 PWM-ON，以提高电机驱动的效率。保护功能包括过压、过流、过温和短路保护，防止控制电路和电机被损坏，特别是在应力大的应用中和要求很高的环境中。关于电压、电流和温度的信息可以通过 SPI 接口访问。

FCM8201 能单独工作或与微控制器一起用于先进的 BLDC 电机控制。

### 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
FCM8201QY	-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

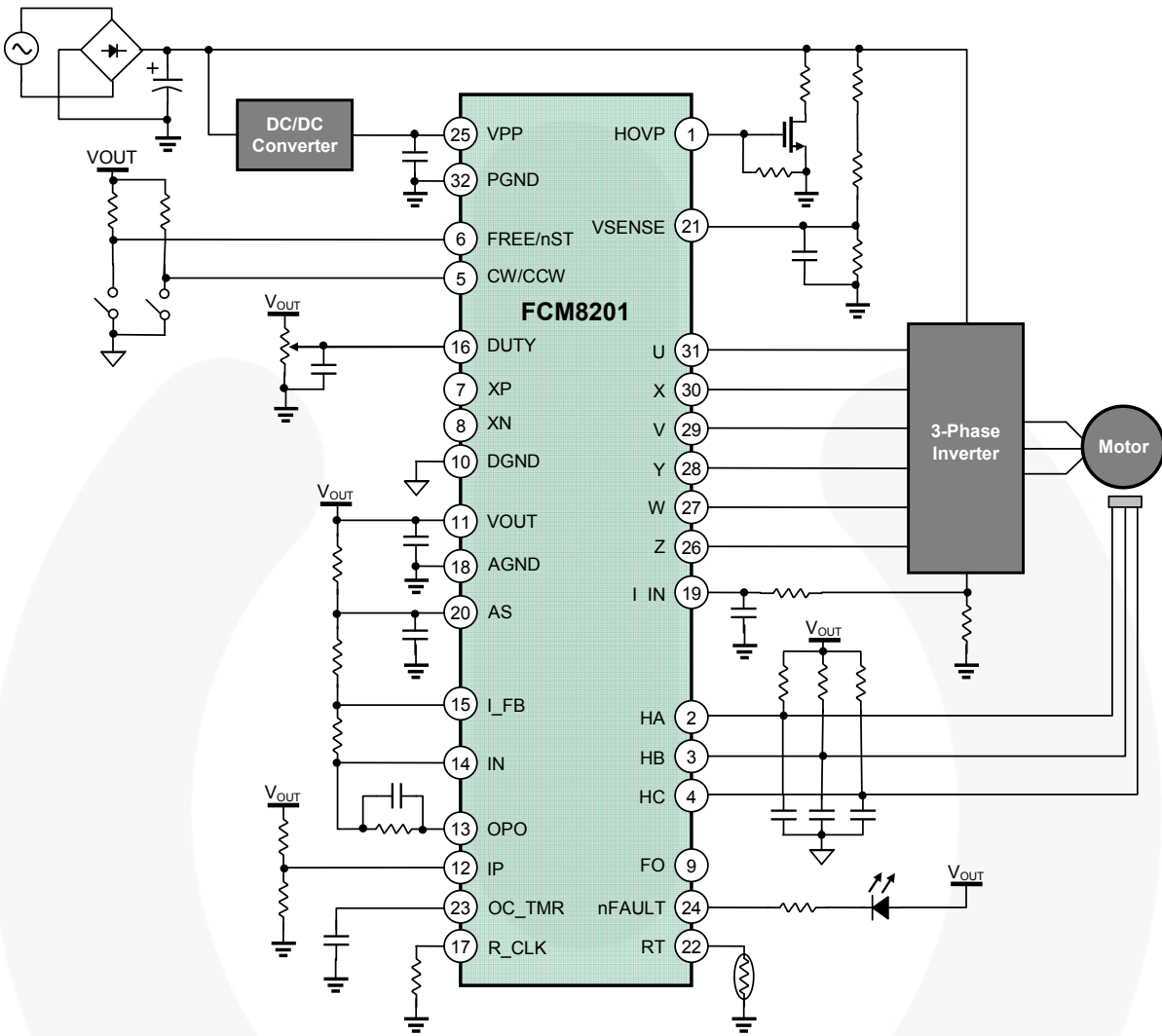


图 1. 单独应用

典型应用电路 (续)

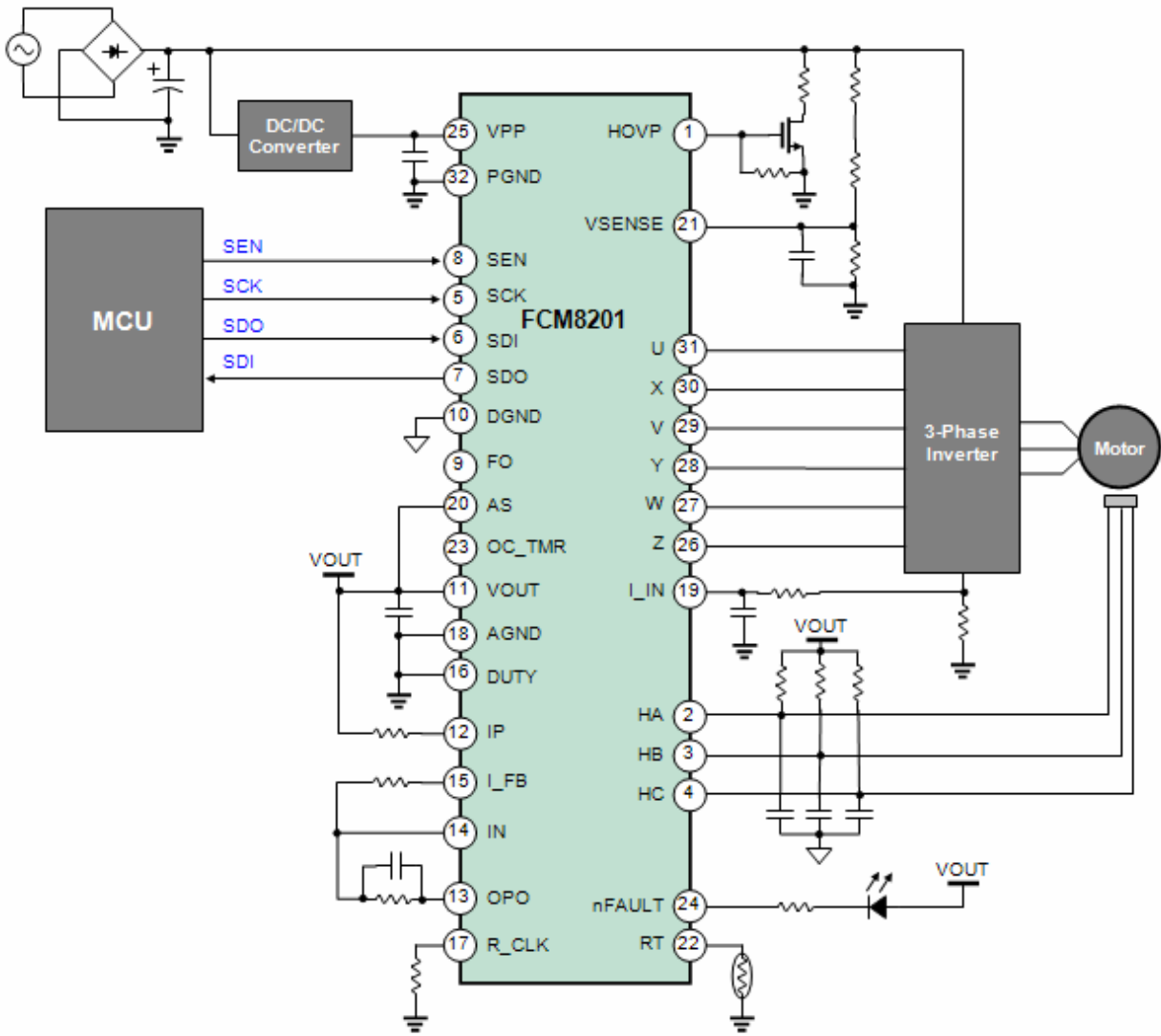


图 2. SPI 应用

框图

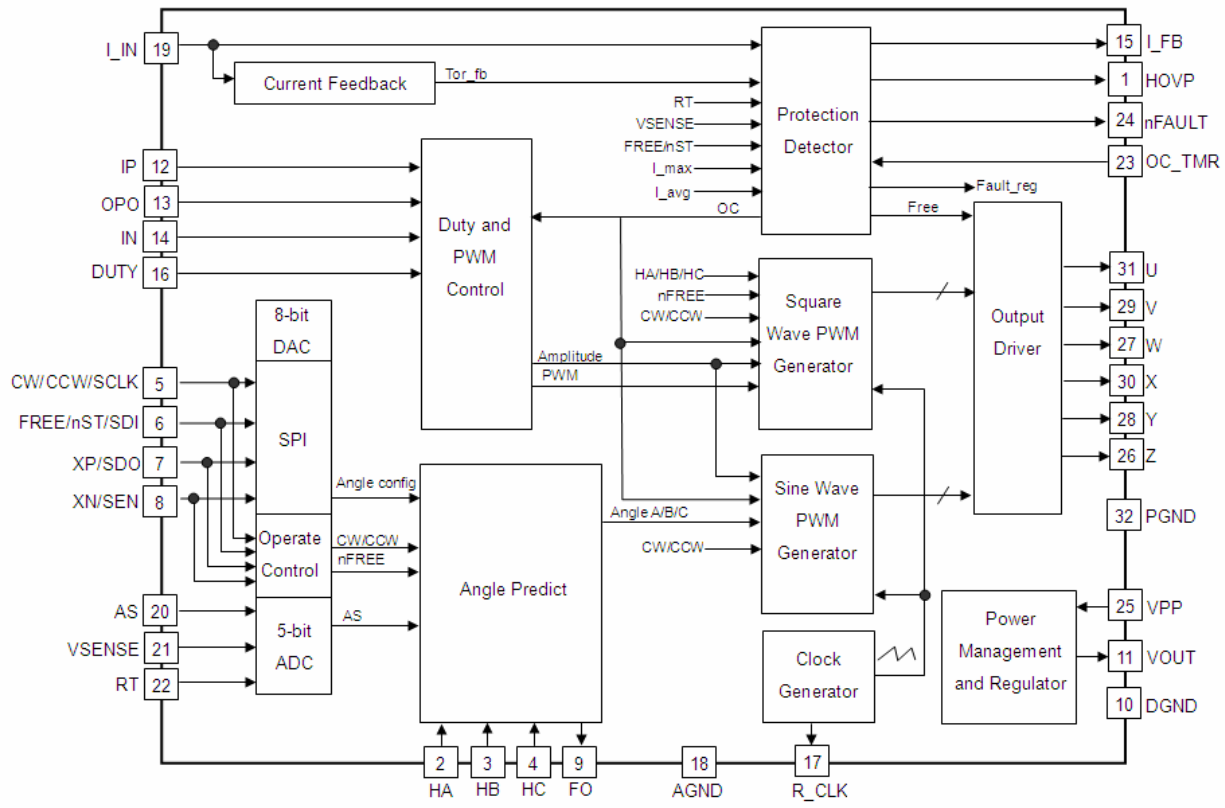
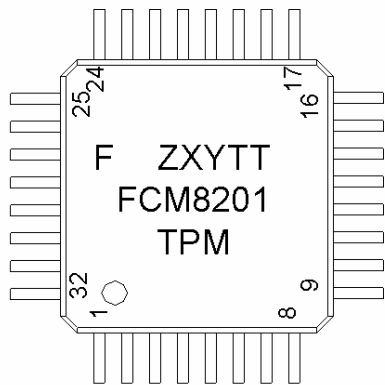


图 3. 系统原理框图

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 4. 顶标

## 引脚配置

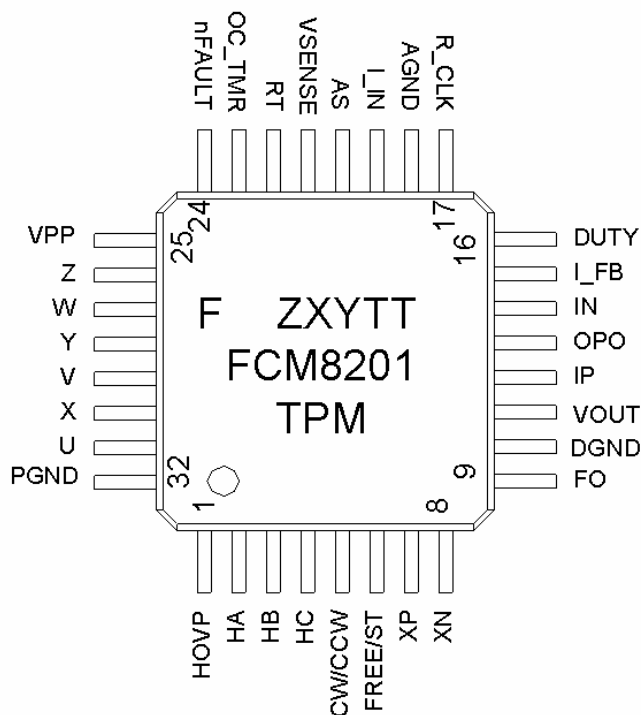


图 5. 引脚配置

## 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。设计用于单独操作。高电平；CW，低电平；CCW。
	SCLK	串行时钟输入。设计用于 SPI 操作。
6	FREE/ST	空闲和启动控制输入。设计用于单独操作。高电平；空闲，低电平；启动。
	SDI	串行数据输入。设计用于 SPI 操作。
7	XP	接口选择 P（漏极开路）。设计为配置单独或 SPI 操作上运行的引脚 5~8。
	SDO	串行数据输出，（漏极开路）。设计用于 SPI 操作。
8	XN	接口选择 N（漏极开路）。设计为配置单独或 SPI 操作上运行的引脚 5~8。
	SEN	SPI 使能（漏极开路）。设计用于 SPI 操作。高电平；SPI 禁用，低电平；SPI 使能。

接下页

## 引脚定义 (续)

引脚号	名称	说明
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。设计为直接控制单独操作中的 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 NTC (负温度系数) 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 相低侧的 PWM 输出
27	W	W 相高侧的 PWM 输出
28	Y	V 相低侧的 PWM 输出
29	V	V 相高侧的 PWM 输出
30	X	U 相低侧的 PWM 输出
31	U	U 相高侧的 PWM 输出
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
$V_{VPP}$	电源电压	0	30	V
$\theta_{JA}$	结至环境热阻		82	°C/W
$\theta_{JC}$	热阻，结至外壳		29	°C/W
$T_J$	结温		+150	°C
ESD	人体放电模型，JESD22-A114		2	kV
	元件充电模型，JESD22-C101		1	

## 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	工作条件	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		10.0	12.0	17.0	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
<b>V<sub>PP</sub> 部分</b>						
V <sub>VPP_ON</sub>	导通阈值电压		8.5	9.0	9.5	V
V <sub>VPP_OFF</sub>	关断阈值电压		7.5	8.0	8.5	V
I <sub>DD_OP</sub>	工作电源电流	V <sub>PP</sub> = 12 V, f <sub>SYS</sub> = 1.28 MHz	4.0	5.0	6.5	mA
<b>稳压器部分</b>						
V <sub>VOUT</sub>	稳压器输出电压	输出电流 5 mA	4.9	5.2	5.5	V
I <sub>VOUT</sub>	稳压器输出电流	V <sub>VOUT</sub> = 5.2 V			10	mA
C <sub>VOUT</sub>	稳压器外部电容		0.1			μF
<b>数字 I/O 部分</b>						
V <sub>IH_HALL</sub>	霍尔信号输入高电平		4.0			V
V <sub>IL_HALL</sub>	霍尔信号输入低电平				1.0	V
V <sub>HYS_HALL</sub>	霍尔信号滞回电压		2.0	2.5	3.0	V
T <sub>DEB_HALL</sub>	霍尔信号去抖动时间			5		μs
V <sub>IH_SPI</sub>	SPI 信号输入高电平		2.0		5.3	V
V <sub>IL_SPI</sub>	SPI 信号输入低电平		-0.3	0.8	1.2	V
V <sub>OH_SPI</sub>	SPI 信号输出高电平	I <sub>O</sub> = 4 mA	4			V
V <sub>OL_SPI</sub>	SPI 信号输出低电平	I <sub>O</sub> = 4 mA			1	V
R <sub>DIO_UP</sub>	数字 I/O 内部上拉电阻		150	200	250	kΩ
<b>高压 I/O 部分</b>						
V <sub>OH_PWM</sub>	PWM 信号输出高电平 (U/V/W/X/Y/Z)	V <sub>PP</sub> = 12 V, I <sub>O</sub> = 4 mA	10			V
V <sub>OL_PWM</sub>	PWM 信号输出低电平 (U/V/W/X/Y/Z)	V <sub>PP</sub> = 12 V, I <sub>O</sub> = 4 mA			1	V
V <sub>OH_HOVP</sub>	HOVP 输出高电平	V <sub>PP</sub> = 12 V, I <sub>O</sub> = 1 mA	9.0	9.7	10.0	V
V <sub>OL_HOVP</sub>	HOVP 输出低电平	V <sub>PP</sub> = 12 V, I <sub>O</sub> = 1 mA			1	V
<b>PWM 控制部分</b>						
V <sub>fd</sub>	DUTY 引脚的全占空比电压		4.0	4.3	4.6	V
V <sub>zd</sub>	DUTY 引脚的零占空比电压			0.7		V
t <sub>PWM_MIN</sub>	PWM 最小导通时间	R <sub>CLK</sub> = 12 kΩ		1		μs
t <sub>DEAD0</sub>	PWM 死区时间 0	DT[1:0] / PWM_REG = 00 (默认值)	2.15	2.72	3.45	μs
t <sub>DEAD1</sub>	PWM 死区时间 1	DT[1:0] / PWM_REG = 01	1.45	1.95	2.45	μs
t <sub>DEAD2</sub>	PWM 死区时间 2	DT[1:0] / PWM_REG = 10	3.35	3.96	4.65	μs
t <sub>DEAD3</sub>	PWM 死区时间 3	DT[1:0] / PWM_REG = 11	2.75	3.34	4.05	μs
REG <sub>zd</sub>	DUTY_REG 和 IP_REG 的零占空比值		0x00		0x07	
f <sub>PWM_20K</sub>	PWM 频率 20 kHz	R <sub>CLK</sub> = 12 kΩ	18.5	20.0	21.5	kHz
I <sub>SOURCE_OPO</sub>	OPO 引脚的拉电流能力	IP = 5 V, IN = 0 V, OPO = 0 V	4.0	5.0	6.0	mA
I <sub>SINK_OPO</sub>	OPO 引脚的灌电流能力	IP = 0 V, IN = 5 V, OPO = 5 V	-4.0	-5.0	-6.0	mA
A <sub>ERR</sub>	扭力误差放大器的增益			60		dB
GBW <sub>ERR</sub>	扭力误差放大器的单位增益带宽			10		MHz

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	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>正弦波 PWM 发生器</b>						
$V_{SIN\_ENA}$	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
<b>过流保护部分</b>						
$V_{OCP\_SH}$	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	$\mu\text{A}$
$I_{TMR\_DIS}$	OC_TMR 放电电流	OC_TMR = 5 V	5	10	15	$\mu\text{A}$
$I_{BIAS\_I\_IN}$	I_IN 的偏压电流	$R_{I\_IN} = 10\text{ k}\Omega$	40	50	60	$\mu\text{A}$
$I_{O\_I\_FB}$	I_FB 输出电流			0.5		mA
$G_{I\_FB}$	I_FB 输出增益			8		
<b>过压/欠压保护 (OVP/UV) 部分</b>						
$V_{OV\_VPP}$	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		$\mu\text{s}$
$V_{UV\_VPP}$	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
<b>过温保护 (OTP) 部分</b>						
$V_{RT}$	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	$\mu\text{A}$
<b>引脚开路/短路保护部分</b>						
$V_{SHORT}$	引脚短路保护级别	R_CLK Pin		0.2		V
$V_{OPEN}$	引脚开路保护级别	R_CLK 引脚和 RT 引脚	4.6	4.8	5.2	V

## 典型性能特征

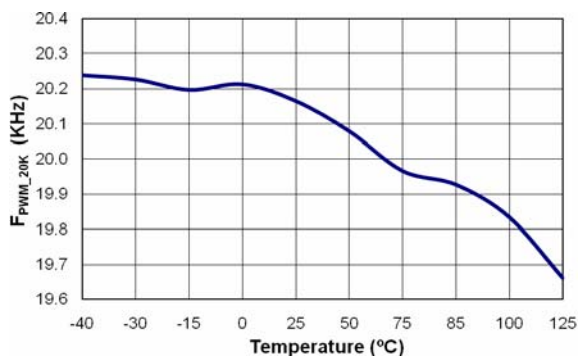


图 6. PWM 20 kHz 频率 ( $f_{\text{PWM\_20K}}$ ) 与温度的关系

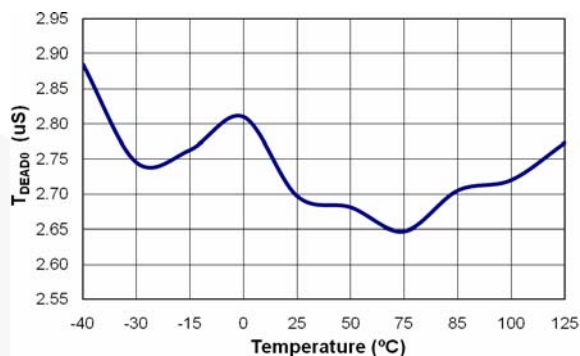


图 7. PWM 2 μs 死区时间 ( $t_{\text{DEAD0}}$ ) 与温度的关系

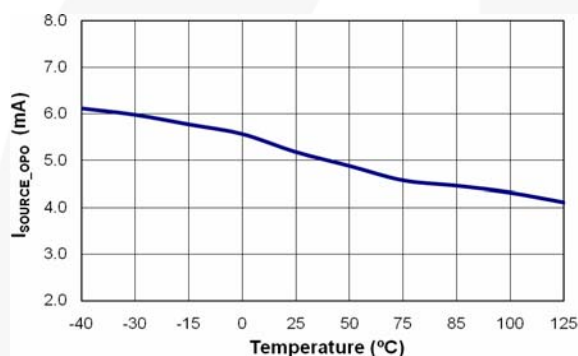


图 8. OPO 拉电流 ( $I_{\text{SOURCE\_OPO}}$ ) 与温度的关系

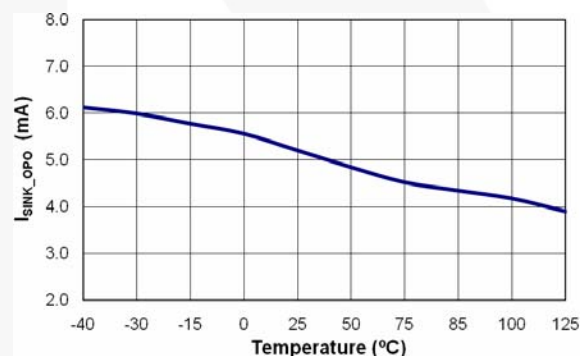


图 9. OPO 灌电流 ( $I_{\text{SINK\_OPO}}$ ) 与温度的关系

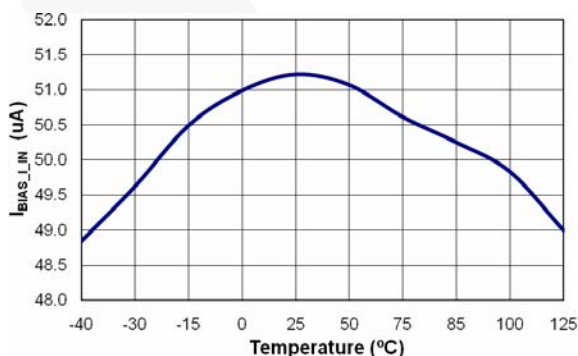


图 10. I\_IN 偏压电流 ( $I_{\text{BIAS\_I\_IN}}$ ) 与温度的关系

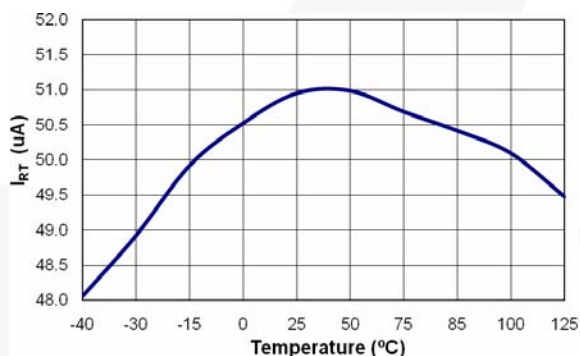


图 11. RT 拉电流 ( $I_{\text{RT}}$ ) 与温度的关系

典型性能特征 (接上页)

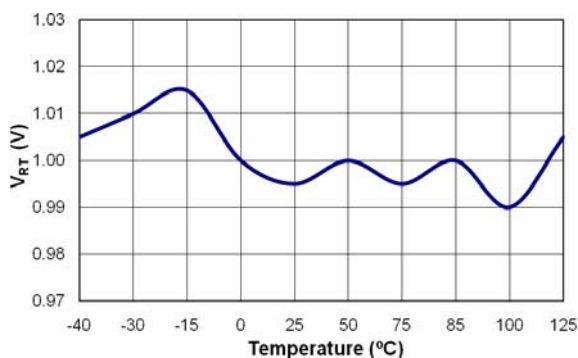


图 12. OTP 阈值电压 ( $V_{RT}$ ) 与温度的关系

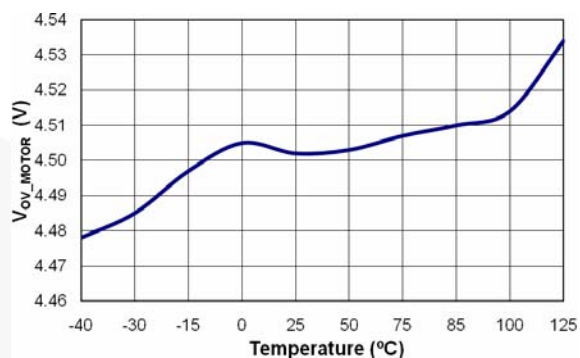


图 13. 电机 OVP 阈值电压 ( $V_{OV\_MOTOR}$ ) 与温度的关系

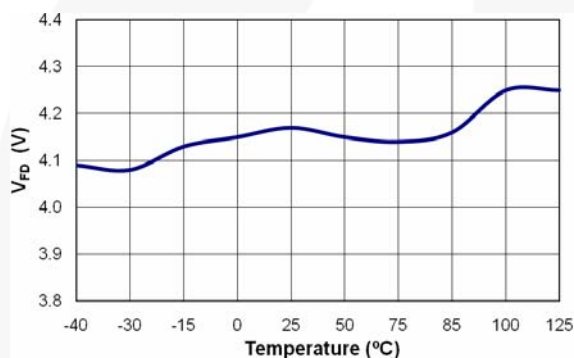


图 14. PWM 全占空比电压 ( $V_{FD}$ ) 与温度的关系

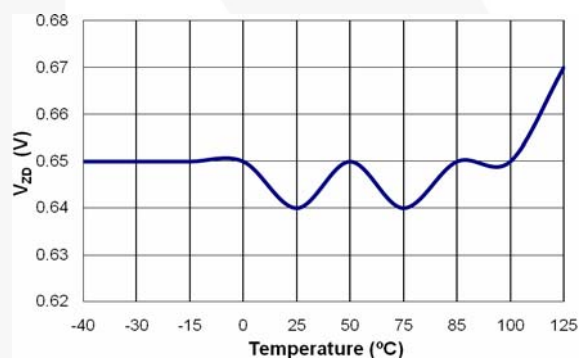


图 15. PWM 零占空比电压 ( $V_{ZD}$ ) 与温度的关系

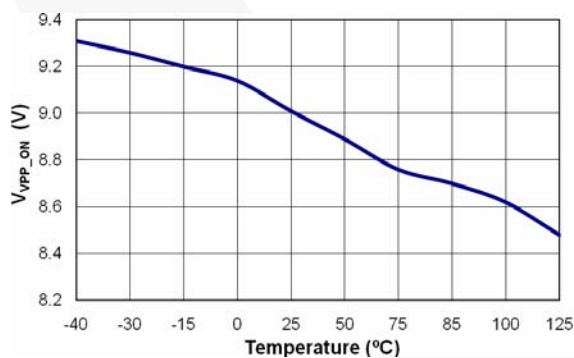


图 16.  $V_{PP}$  导通阈值电压 ( $V_{VPP\_ON}$ ) 与温度的关系

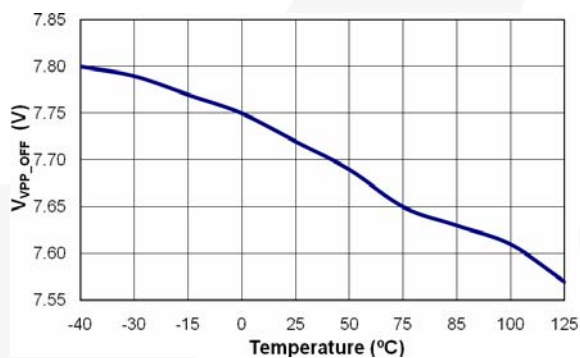


图 17.  $V_{PP}$  关断阈值电压 ( $V_{VPP\_OFF}$ ) 与温度的关系

## 功能说明

### 电源管理和稳压器

FCM8201 可在 10 V 至 15 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，就近添加一个在此端子与地之间连接的外部电容。如果  $V_{PP}$  电压低于 8 V 阈值，FCM8201 会被关断，所有内部寄存器都会被重置。

### 时钟发生器

FCM8201 附带可编程振荡器。系统时钟由外部添加的电阻 R\_CLK 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，那么系统时钟必须设置为 1.28 MHz。

### PWM 切换

FCM8201 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 PWM 模式，PWM 输出切换（PWM-PWM 和 PWM-ON）如表 1 和表 2 处所示。通过 SPI 接口设置内部控制电阻可选择方波 PWM 模式。PWM-PWM 切换的默认值如表 1 中所示。

表 1. 方波 PWM-PWM 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

表 2. 方波 PWM-ON 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	1-Pb-0	0-P-0
1	011	3	0-0-P	0-1-Pb
1	010	2	Pb-0-1	P-0-0
1	110	6	0-P-0	1-Pb-0
1	100	4	0-1-Pb	0-0-P
1	101	5	P-0-0	Pb-0-1
0	101	5	0-0-P	1-0-Pb
0	100	4	0-Pb-1	0-P-0
0	110	6	P-0-0	Pb-1-0
0	010	2	1-0-Pb	0-0-P
0	011	3	0-P-0	0-Pb-1
0	001	1	Pb-1-0	P-0-0

注：

1. P = PWM, Pb = PWM 反向。

### 霍尔信号输入

FCM8201 为每个霍尔信号输入提供 3~6  $\mu$ s 的去抖动时间，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。通过内置霍尔信号调制电路，FCM8201 可最大限度降低干扰风险和减少相关错误。此功能可通过控制寄存器通过 SPI 接口使能或禁用。

霍尔信号的极性可通过设置 HA\_INV、HB\_INV 和 HC\_INV 的电平进行配置。例如，如果 HA\_INV = 1，则内部霍尔 A 信号与 HA 引脚反向。否则，内部霍尔 A 信号与 HA 引脚上的信号相同。

### 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 引脚、V 引脚、W 引脚、X 引脚、Y 引脚、Z 引脚）均为逻辑低电平。一旦 FREE/nST 引脚进入逻辑低电平，FCM8201 即开始操作 PWM。FCM8201 支持各种 PWM 工作模式，可满足不同应用需求。详细说明如表 6 SPI 寄存器表中所示。

## 正弦波发生器

FCM8201 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 度。通过 PWM 操作，各相位的电机电流为正弦波。相位间的角度位移为 120°。

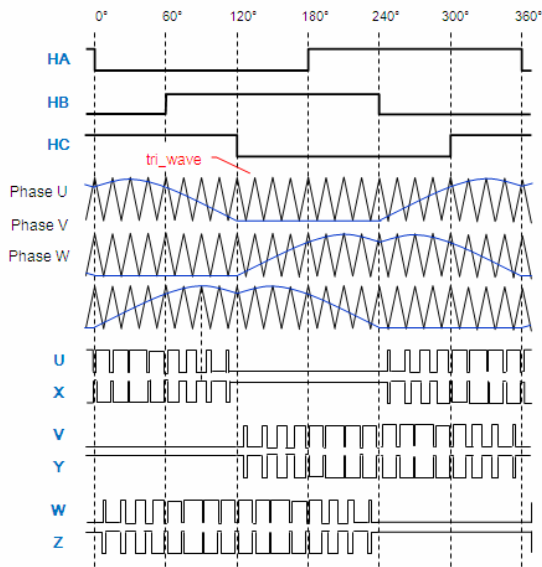


图 18. CW 时的正弦波输出 = 1

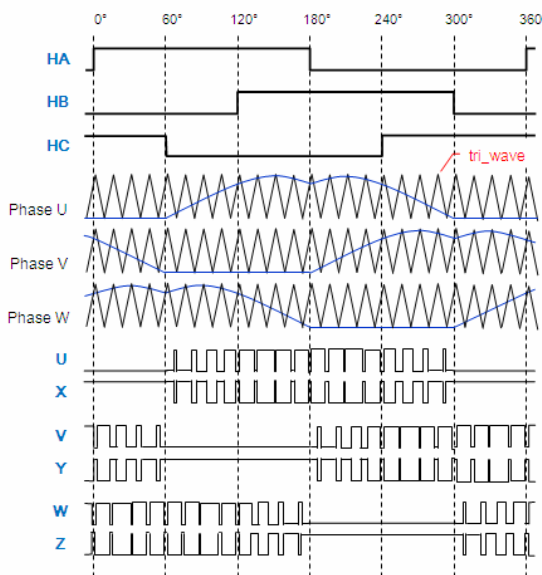


图 19. CW 时的正弦波输出 = 0

## 电流反馈和保护

电流反馈和保护执行两种主要功能；生成用于电机控制的电流反馈信号以及支持过流保护。 $I_{IN}$  引脚输出 50  $\mu A$  电流，在  $I_{IN}$  端子上提供 DC 偏置，如  $I_{FB}$  和  $I_{IN}$  的等式 (1) 中所示。建议在  $I_{IN}$  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。

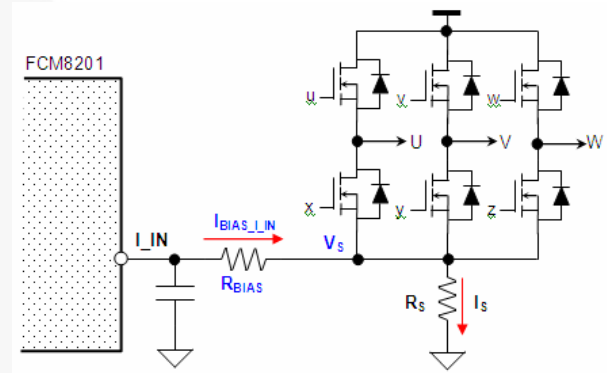


图 20. 电流反馈流向

$$V_{I\_FB} = (V_S \times 8) + (I_{BIAS\_I\_IN} \times R_{BIAS}) \quad (1)$$

FCM8201 提供三个不同级别的过流 (OC) 保护。第一级为 1.4 V，用于 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。

## 保护和故障

表 3. 故障表

类型	状态	触发	发布
$V_{PP}$ OV	释放	$V_{PP} > 18 V$	
$V_{PP}$ UV	释放, 重置	$V_{PP} < 8 V$	
$V_{OUT}$ UV	释放	$V_{OUT} < 4 V$	
$R_T$	释放	$R_T < 1.0 V$	$R_T > 1.2 V$
OS	释放	开路和短路	↑Run
霍尔错误	释放	霍尔 = 000 或 111	
HOVP	释放	$V_{SENSE} > 4.5 V$	
OC_Latch	释放	$I_{IN} > 1.4 V$	↑Run
看门狗	释放	WDT 超时	寄存器
SHORT	释放	$I_{IN} > 2.5 V$	↑Run

## 数模转换器

FCM8201 具有 8 位数模转换器 (DAC)，可通过 SPI 接口控制 DUTY 和 IP。

## 模数转换器

FCM8201 具有 5 位模数转换器 (ADC)，用于 AS、VSENSE、I\_FB 和 RT 引脚上的信号。其电压可通过 SPI 接口读取。

## I/O 可选功能

FCM8201 的引脚 5~8 是两种类型的 I/O，用于单独应用和微控制器 (SPI 模式) 应用。默认情况下，FCM8201

使用单独模式。微控制器应当使用引脚 7 (XP) 和引脚 8 (XN) 来完成图 21 中所示的信号切换步骤。这样，FCM8201 就能激活 SPI 工作模式。随后，引脚 5~8 切换为 SPI 功能。

要从 SPI 模式返回至单独模式，微控制器必须完成图 22 中所示的信号切换步骤。

## SPI 接口

微控制器可通过 SPI 接口访问 FCM8201。在 SPI 工作模式下，FCM8201 提供的电机控制功能要比在单独工作模式下的多。有关详细信息，请参见表 6 和表 7。

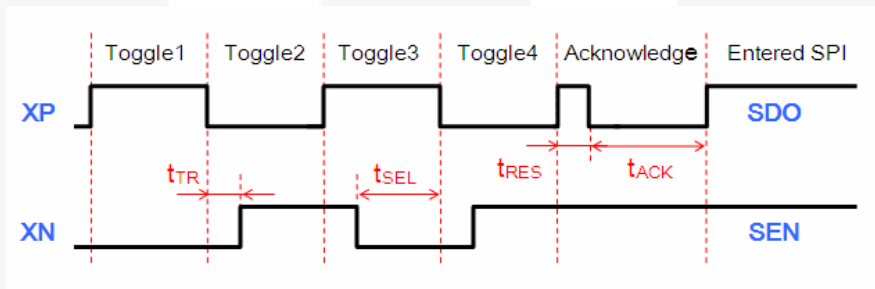


图 21. 进入 SPI 模式的 I/O 选择定时

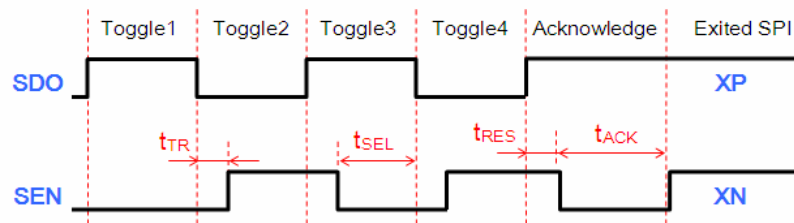


图 22. 退出 SPI 模式的 I/O 选择定时

表 4. I/O 功能选择的定时规格

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SEL}$	选择位稳定时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$	12		100	$\mu\text{s}$
$t_{TR}$	选择位瞬态时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$	0		12	$\mu\text{s}$
$t_{ACT}$	应答位下拉低电平时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		1		ms
$t_{RES}$	FCM8201 响应时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		4		$\mu\text{s}$

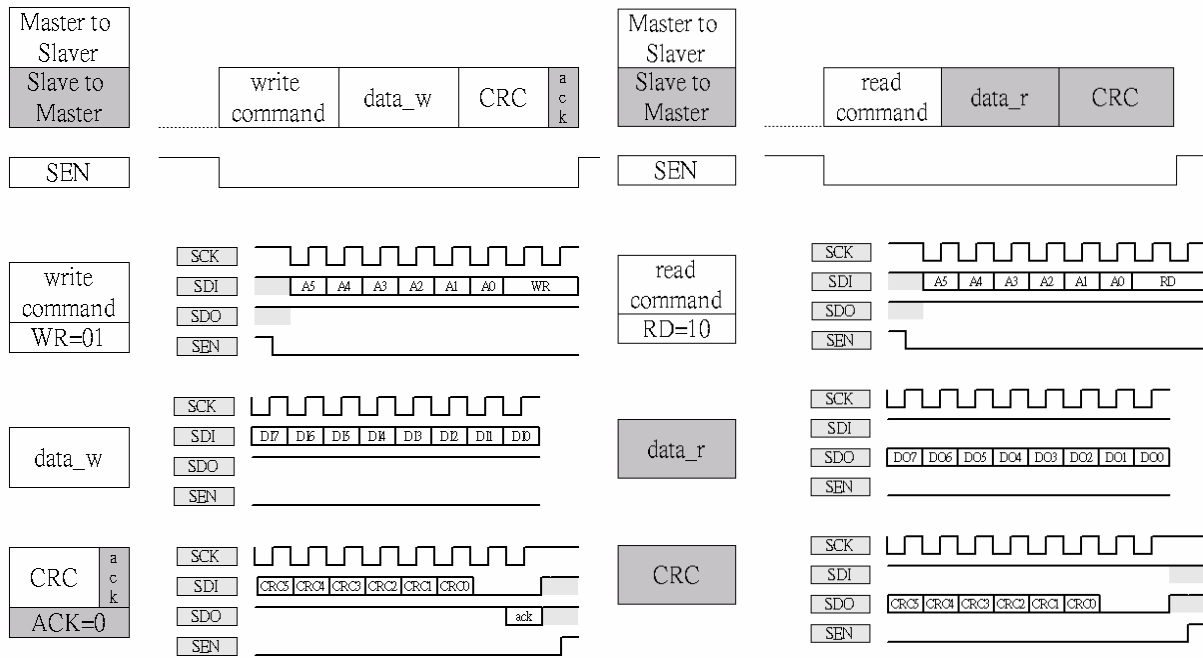


图 23. SPI 位定义

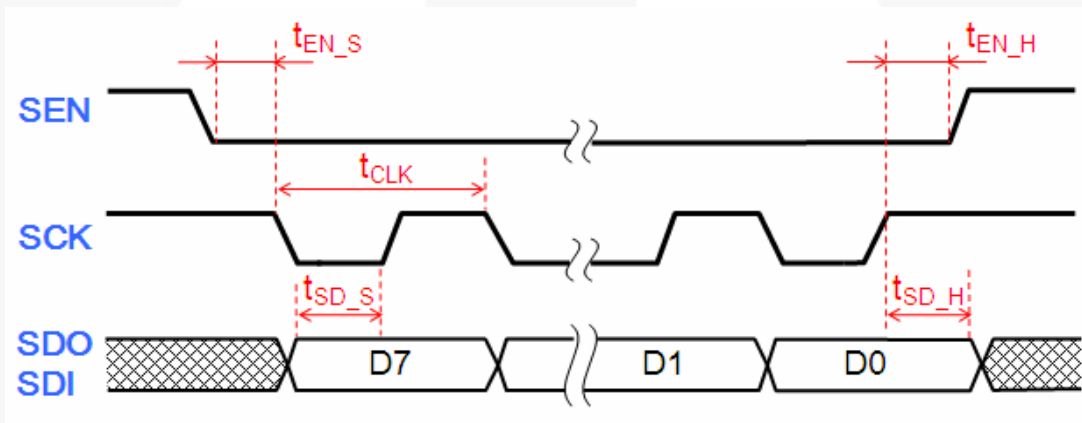


图 24. SPI 定时规格

表 5. SPI 的定时规格

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{EN\_S}$	SEN 的设置时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		2		$\mu\text{s}$
$t_{EN\_H}$	SEN 的保持时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		2		$\mu\text{s}$
$t_{SD\_S}$	SDO/SDI 的设置时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		0		$\mu\text{s}$
$t_{SD\_H}$	SDO/SDI 的保持时间	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$		2		$\mu\text{s}$
$t_{CLK}$	SPI 的最大时钟频率	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$	12.5			$\mu\text{s}$
$t_{TMR\_OUT}$	SCK 超时	$f_{SYS} = 1.28 \text{ MHz}$	90	100		ms

表 6. SPI 寄存器表 (读/写)

CNTL_REG; 系统控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x00	CNTL	W/R	TMR_CLR	OC_TMR2	OC_TMR1	OC_TMR0	IP_EA	DT_EA	CW	FREE/nST
		复位	0	0	0	0	0	0	1	1
		b7	TMR_CLR	OC 定时器清除 1 = OC 定时器清除, 0 = OC 时间是正常功能						
		b[6:4]	OC_TMR[2:0]	过载电流保护定时器配置 000 = OC 定时器由 OC_TMR 引脚配置 001 = OC 定时器配置为 $2^{18} \div f_{SYS}$ 010 = OC 定时器配置为 $2^{19} \div f_{SYS}$ 011 = OC 定时器配置为 $2^{20} \div f_{SYS}$ 100 = OC 定时器配置为 $2^{21} \div f_{SYS}$ 101 = OC 定时器配置为 $2^{22} \div f_{SYS}$ 110 = OC 定时器配置为 $2^{23} \div f_{SYS}$ 111 = OC 定时器配置为 $2^{24} \div f_{SYS}$						
		b3	IP_EA	IP_REG 使能 1 = 占空比由 IP_REG 控制, 0 = 占空比由 IP 引脚控制						
		b2	DT_EA	DUTY_REG 使能 1 = 占空比由 DUTY_REG 控制, 0 = 占空比由 DUTY 引脚控制						
		b1	CW	输出驱动电流方向 1 = CW, 0 = CCW						
		b0	FREE/nST	FREE 或 START 1 = FREE (PWM 输出禁用), 0 = START (PWM 输出使能)						
PWM_REG; PWM 控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x01	PWM	W/R	PMOD	不适用	DT1	DT0	SEQ_TBL	SYNCOFF	EXT_SYN	LPWM
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
		b7	PMOD	PWM 模式选择 0 = 角度检测器锁定后的正弦波 PWM 驱动 1 = 角度检测器锁定后的方波 PWM 驱动						
		b[5:4]	DT[1:0]	软开关死区时间设置 00 = 2.5 $\mu$ s, 01 = 2.0 $\mu$ s, 10 = 4.0 $\mu$ s, 11 = 3.5 $\mu$ s						
		b3	SEQ_TBL	方波序列表选择 0 = "PWM-PWM" 切换, 1 = "PWM-ON" 切换						
		b2	SYNCOFF	同步整流器 (SR) 禁用 0 = SR 使能, 1 = SR 禁用						
		b1	EXT_SYN	外部同步整流器配置 0 = SR 功能由 SYNCOFF 位控制 1 = SR 功能由 OC_TMR 引脚控制 在本部分中, CNTL_REG 的 OC_TMR[2:0] 位也无法设置为 0 OC_TMR 引脚; 高电平 = SR 使能, 低电平 = SR 禁用						
		b0	LPWM	低侧最小 PWM 输出使能。此功能仅对方波 PWM 驱动起作用 0 = 低侧最小 PWM 占空比输出禁用 1 = 低侧最小 PWM 占空比输出使能						

接下页



ANG_REG; 角度位移控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x02	ANG	W/R	ANG_SEL	ARNG1	ARNG0	ANG4	ANG3	ANG2	ANG1	ANG0
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b7	ANG_SEL	角度位移控制输入选择 0 = 由 AS 引脚设置, 1 = 由 ANG[4:0] 设置							
	b[6:5]	ARNG[1:0]	角度预测器工作范围选择 00 = 在 0.8 ~ 80 Hz 霍尔频率下工作, 2 极电机时 48 ~ 4800 rpm 01 = 在 0.4 ~ 40 Hz 霍尔频率下工作, 2 极电机时 24 ~ 2400 rpm 1x = 在 3.2 ~ 320 Hz 霍尔频率下工作, 2 极电机时 192 ~ 19200 rpm							
	b[4:0]	ANG[4:0]	角度位移功能的角度设置 0~31 = 0 ~ 60 度							
SVM_REG; 正弦波发生器控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x03	SVM	W/R	SIN_MAU	SIN_EA	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b7	SIN_MAU	正弦波驱动力有效 0 = 正弦波自动有效 1 = 正弦波按 SIN_EA 位有效并忽略 AS < 0.2 V							
	b6	SIN_EA	正弦波使能 (此功能仅在 SIN_MAU = 1 时有效) 0 = 正弦波禁用, 1 = 正弦波使能							
HALL_REG; 霍尔信号控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x04	霍尔	W/R	不适用	不适用	不适用	不适用	HREG	HC_INV	HB_INV	HA_INV
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b3	HREG	霍尔信号调制使能 0 = 禁用, 1 = 使能							
	b2	HC_INV	霍尔 C 输入反相 0 = 非反相, 1 = 反相							
	b1	HB_INV	霍尔 B 输入反相 0 = 非反相, 1 = 反相							
	b0	HA_INV	霍尔 A 输入反相 0 = 非反相, 1 = 反相							

接下页

WDT_REG; 看门狗定时器控制寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x06	WDT	W/R	OSL_DIS	OTL_DIS	不适用	CRC_ON	WDT_EN	CLR	W_TMR1	W_TMR0
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b7	OSL_DIS	开路短路 (OS) 故障锁存禁用 0 = OS 保护不锁存 1 = OS 保护锁存并按 FREE/nST 引脚上升沿清除或 FREE/nST 位 = 1							
	b6	OTL_DIS	过温故障锁存禁用 0 = OTP 保护不锁存 1 = OTP 保护将锁存, 并按 FREE/nST 引脚上升沿清除或 FREE/nST 位 = 1							
	b4	CRC_ON	SPI CRC 检查使能 0 = SPI CRC 检查禁用 1 = SPI CRC 检查使能							
	b3	WDT_EN	看门狗定时器使能 0 = 看门狗定时器禁用 1 = 看门狗定时器使能, 并在计数器达到超时输出故障							
	b2	CLR	看门狗定时器清除 (此位仅在 WDT_EN=1 时有效) 1 = WDT 计数器重置, 在其清除为零后, 此位自动重置为 0							
	b[1:0]	W_TMR[1:0]	看门狗定时器计数器选择 00 = $f_{SYS}=1.28$ MHz 时 0.25 s 01 = $f_{SYS}=1.28$ MHz 时 0.5 s 10 = $f_{SYS}=1.28$ MHz 时 1 s 11 = $f_{SYS}=1.28$ MHz 时 2 s							

## DUTY\_REG; 占空比控制寄存器

地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x08	占空比	W/R	DUTY7	DUTY6	DUTY5	DUTY4	DUTY3	DUTY2	DUTY1	DUTY0
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b[7:0]	DUTY[7:0]	DUTY 值配置 0 ~ 255 = 0.5 ~ 4.5 V							

## IP\_REG; 误差放大器 IP 引脚控制寄存器

地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x09	IP	W/R	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0
		复位	0	0	0	0	0	0	0	0
	b[7:0]	IP[7:0]	误差放大器配置的 IP 引脚值 0 ~ 255 = 0.5 ~ 4.5 V							

表 7. SPI 寄存器表 (只读)

AS_REG; AS 引脚电压电平读取寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x20	AS	R	不适用	不适用	不适用	AS4	AS3	AS2	AS1	AS0
b[4:0]		AS[4:0]	AS 电压 = ( AS[4:0] × 0.125 ) + 0.5 V							
VSENSE_REG; VSENSE 引脚电压电平读取寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x21	VSENSE	R	不适用	不适用	不适用	VS4	VS3	VS2	VS1	VS0
b[4:0]		VS[4:0]	VSENSE 电压 = ( VS[4:0] × 0.125 ) + 0.5 V							
I_FB_REG; I_FB 引脚电压电平读取寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x22	I_FB	R	不适用	不适用	不适用	IFB4	IFB3	IFB2	IFB1	IFB0
b[4:0]		IFB[4:0]	I_FB 电压 = ( IFB[4:0] × 0.125 ) + 0.5 V							
RT_REG; RT 引脚电压电平读取寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x23	RT	R	n/a	n/a	n/a	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0
b[4:0]		RT[4:0]	RT 电压 = ( RT[4:0] × 0.125 ) + 0.5 V							
HPERH_REG; 霍尔期间计数器高位字节										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x26	HPERH	R	HP15	HP14	HP13	HP12	HP11	HP10	HP9	HP8
b[7:0]		HP[15:8]	霍尔期间计数器高位字节, 位 [15:8]							
HPERL_REG; 霍尔期间计数器低位字节										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x27	HPERL	R	HP7	HP6	HP5	HP4	HP3	HP2	HP1	HP0
b[7:0]		HP[7:0]	霍尔期间计数器低位字节, 位 [7:0]							
STATUS_REG; 系统状态寄存器										
地址	名称	类型	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x28	STATUS	R	OT	OC	OS	OV	H_ERR	DIR	WDT	SHORT
b7		OT	1 = 触发过温保护 (RT 引脚电压 < V <sub>RT</sub> )							
b6		OC	1 = 触发过载电流保护							
b5		OS	1 = 触发开路/短路保护							
b4		OV	1 = 触发电机驱动过压保护 (VSENSE 引脚电压 > V <sub>OV_MOTOR</sub> )							
b3		H_ERR	1 = 霍尔信号错误 (HA/B/C=1/1/1 或 0/0/0)							
b2		DIR	1 = 霍尔方向与 PWM 序列表上的不同							
b1		WDT	1 = 触发监控器超时							
b0		SHORT	1 = 触发短路电流保护							

物理尺寸

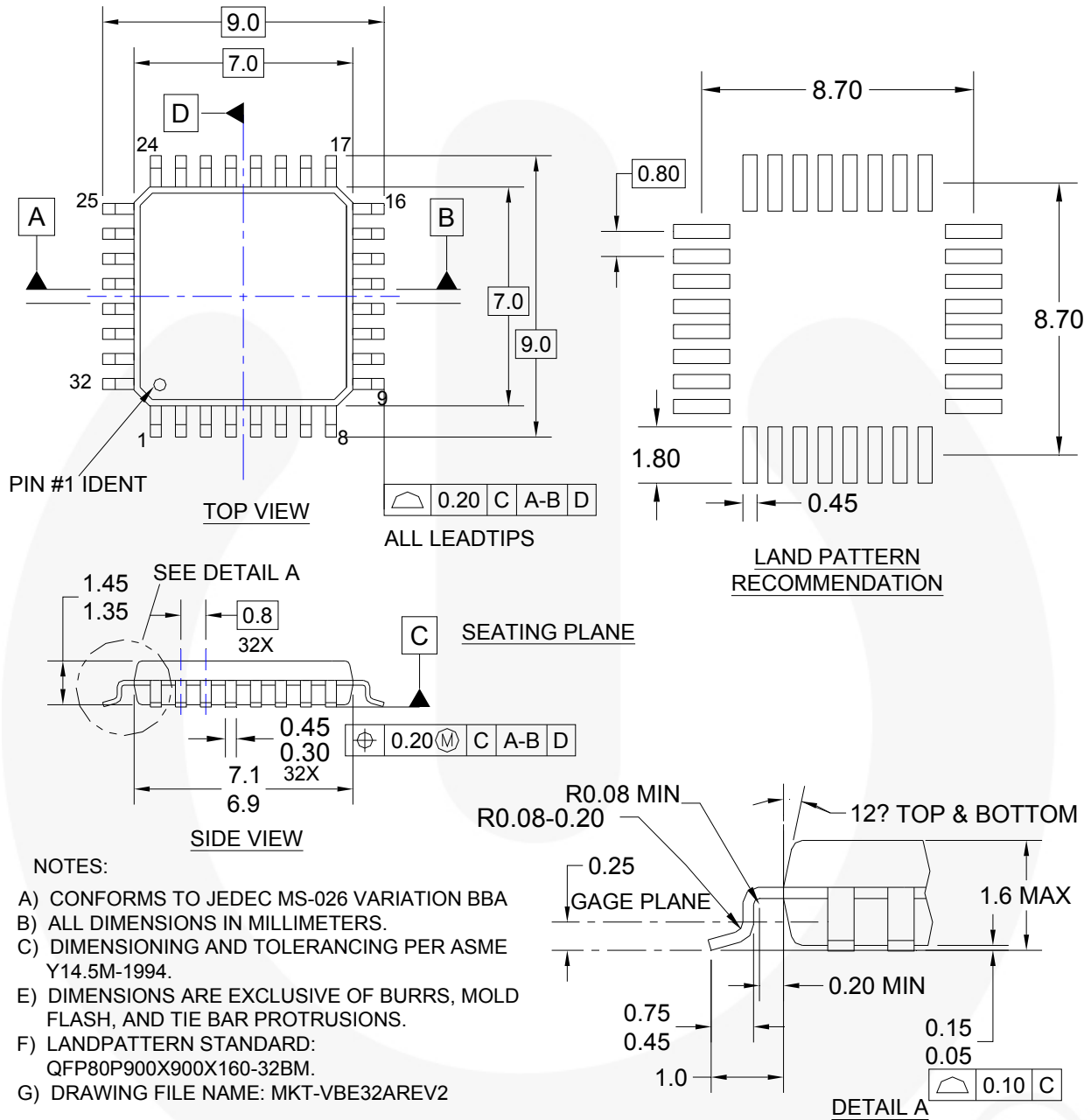


图 25. 32 引脚薄型四侧扁平封装 (LQFP)

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。






随时访问飞兆半导体在线封装网页，可以获取最新的封装图纸：

<http://www.fairchildsemi.com/dwg/VB/VBE32A.pdf>



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

\* 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](http://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