



MF616

三相无刷直流马达控制器

数据手册

第0.03版

2021年1月15日

Copyright © 2021 by PADAUK Technology Co., Ltd., all rights reserved.

6F-6, No.1, Sec. 3, Gongdao 5th Rd., Hsinchu City 30069, Taiwan, R.O.C.

TEL: 886-3-572-8688  www.padauk.com.tw

重要声明

应广科技保留权利在任何时候变更或终止产品，建议客户在使用或下单前与应广科技或代理商联系以取得最新、最正确的产品信息。

应广科技不担保本产品适用于保障生命安全或紧急安全的应用，应广科技不为此类应用产品承担任何责任。关键应用产品包括，但不仅限于，可能涉及的潜在风险的死亡，人身伤害，火灾或严重财产损失。

应广科技不承担任何责任来自于因客户的产品设计所造成的任何损失。在应广科技所保障的规格范围内，客户应设计和验证他们的产品。为了尽量减少风险，客户设计产品时，应保留适当的产品工作范围安全保障。

提供本文档的中文简体版是为了便于了解，请勿忽视中英文的部份，因为其中提供有关产品性能以及产品使用的有用信息，应广科技暨代理商对于文中可能存在的差错不承担任何责任，建议参考本档英文版。

目 录

1. 特性	5
2. 引脚图与功能说明	6
3. 器件电气特性	7
3.1. 绝对最大值	7
3.2. 直流/交流特性	7
4. 参考应用电路	10
5. 封装信息	11
5.1. SSOP16 (150mil)	11
5.2. QFN3*3-16	12
6. PCB 布局指南	13

修订历史:

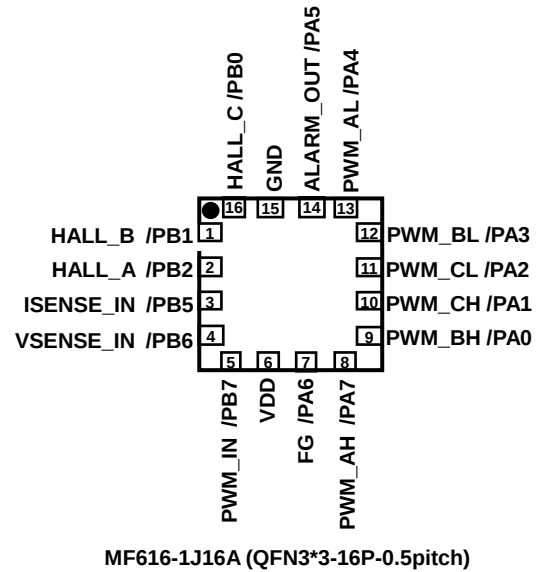
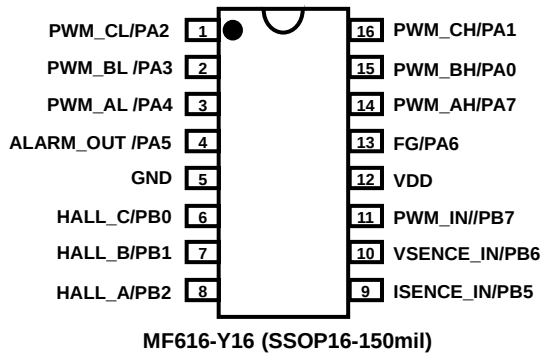
修 订	日 期	描 述
0.00	2019/12/27	初版
0.01	2020/04/14	更新直流交流电气特性: f_{SYS} , R_{PH} , f_{IHRC} , f_{ILRC}
0.02	2020/12/09	1. 新增 QFN3*3-16P 2. 修改电源电压/ 工作电压 3. 修改输入电压
0.03	2021/01/15	补充引脚说明

1. 特性

- 三相有感无刷直流马达控制
- PWM 输入或模拟输入控制
- FG/RD/ALM/RALN/RXX/RRXX 输出
- 异常输出
- 逆转煞车控制
- 软件 Hall 进角提前或延后换相控制
- 开回或闭回控制
- 线流保护跟过流保护
- 欠压保护
- 过压保护
- 堵转保护
- 软启动跟自动重启机制
- 硬件保护
 - 欠压重启
 - 程序错误重启
- MTP 烧录
 - 支持六线烧录模式
 - 支持四线烧录模式
- DC Fan 应用
 - 工作电压范围: 3.5V~6V
 - 工作温度范围: -40°C~105°C
- 封装信息
 - MF616-Y16: SSOP16 (150mil)
 - MF616-1J16A (QFN3*3-16P-0.5pitch)

MF616 是一个在八位单片机平台上控制三相无刷直流马达。单片机可以使用六线刻录模式或者四线系统刻录模式。MF616 是接收 Hall 芯片后使用六部方波的方式来让无刷直流马达高效能运转。透过应广上位机系统来调适，可以很轻松地设置速度曲线、输出模式、保护的参数...等，可以立即在上位机上观看马达运转的状况。

2. 引脚图与功能说明



引脚名称	I/O	功能描述
PWM_CL / PA2	输出	N3 输出端
PWM_BL / PA3	输出	N2 输出端
PWM_AL / PA4	输出	N1 输出端
ALARM_OUT / PA5	输出	异常输出端
GND	-	接地端
HALL_C / PB0	输入	Hall 3 输入端
HALL_B / PB1	输入	Hall 2 输入端
HALL_A / PB2	输入	Hall 1 输入端
ISENSE_IN / PB5	输入	电流侦测输入端
VSENSE_IN / PB6	输入	电压侦测输入端
PWM_IN / PB7	输入	控制讯号输入端
VDD	-	电源端
FG / PA6	输出	输出控制端
PWM_AH / PA7	输出	P1 输出端
PWM_BH / PA0	输出	P2 输出端
PWM_CH / PA1	输出	P3 输出端

3. 器件电气特性

3.1. 绝对最大值

名称	最小值	典型值	最大值	单位	备注
电源电压 (VDD)	3.5		6	V	电源电压最大不能超过 6V, 否则可能损坏 IC
输入电压	-0.3		$V_{DD} + 0.2$	V	
工作温度	-40		105	°C	
储藏温度	-50		125	°C	
节点温度		150		°C	

3.2. 直流/交流特性

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件(Ta=25°C)
V_{DD}	工作电压	3.5 4.75	5.0 5.0	6 6	V	-40 °C < Ta < 85 °C -40 °C < Ta < 105 °C
V_{FSV}	禁止工作电压启动范围	0.7		1.6	V	
V_{PORV}	工作电压掉电释放电压			0.7	V	
T_{POR}	工作电压开机时间 (工作电压从 0V 到 5V)			50	ms	
T_{FSV}	在禁止工作电压启动范围内的 工作电压开机时间			10	ms	
f_{SYS}	系统时钟(CLK)* = IHRC IHRC ILRC	0 0	33.8K	8M 4M	Hz	$V_{DD} = 3.3V$ $V_{DD} = 2.5V$ $V_{DD} = 5.0V$
I_{OP}	工作电流		1.8 3.5 150 8		mA mA uA uA	$f_{SYS}=1MIPS@5.0V$ $f_{SYS}=8MIPS@5.0V$ $f_{SYS}=ILRC \sim 32KHz@5.0V$ $f_{SYS}=ILRC \sim 12KHz@3.3V$
I_{PD}	掉电模式消耗电流 (使用 <i>stopsys</i> 命令)		3 1		uA uA	$V_{DD}=5.0V$ $V_{DD}=3.3V$
I_{PS}	省电模式消耗电流 (使用 <i>stopexe</i> 命令)		0.4		mA	$V_{DD}=5.0V$; Band-gap, LVD, IHRC, ILRC, Timer16 modules are ON.
V_{IL}	输入低电压	0		$0.2V_{DD}$	V	
V_{IH}	输入高电压	$0.8 V_{DD}$		V_{DD}	V	
I_{OL}	IIO 输出灌电流	11	14	17	mA	$V_{DD}=5.0V, V_{OL}=0.5V$
I_{OH}	IO 输出驱动电流	-8	-10	-12	mA	$V_{DD}=5.0V, V_{OH}=4.5V$
R_{PH}	上拉电阻		90 170		KΩ	$V_{DD}=5.0V$ $V_{DD}=3.3V$

MF616

三相无刷直流马达控制器

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件(Ta=25°C)
V_{BRD}	低电压侦测电压* (欠压电压)	4.2 3.7 3.35 3.25 3.05 2.9 2.75 2.47	4.5 4 3.75 3.5 3.3 3.15 3 2.7	4.8 4.3 4.05 3.75 3.55 3.4 3.25 2.93	V	
V_{BG}	Bandgap 参考电压* (校准前)	1.12	1.20	1.28	V	$V_{DD}=5V, 25^{\circ}C$
	Band-gap 参考电压 *(校准后)	1.17*	1.20*	1.23*		$V_{DD}=2.5V \sim 5.5V,$ $-40^{\circ}C < Ta < 105^{\circ}C^*$
f_{IHRC}	IHRC 输出频率 (校准后) *	15.52*	16*	16.48*	MHz	$25^{\circ}C, V_{DD}=3V \sim 5.5V$
		14*	16*	17.28*		$V_{DD}=3V \sim 5.5V,$ $-40^{\circ}C < Ta < 105^{\circ}C^*$
f_{ILRC}	ILRC 输出频率*	31.5*	33.8*	35*	KHz	$V_{DD}=5.0V, Ta=25^{\circ}C$
		29*	33.8*	38.4*		$V_{DD}=5.0V, -40^{\circ}C < Ta < 85^{\circ}C^*$
		32*	34*	35.5*		$V_{DD}=3.3V, Ta=25^{\circ}C$
		29*	34*	40*		$V_{DD}=3.3V, -40^{\circ}C < Ta < 85^{\circ}C^*$
V_{ADC}	ADC 可工作电压	2.5		5.0	V	
V_{AD}	AD 输入电压	0		V_{DD}	V	
$ADrs$	ADC 分辨率			11	bit	
$ADclk$	ADC 时钟周期		2		us	2.5V ~ 5.5V
t_{ADCONV}	ADC 转换时间 (T_{ADCLK} 是选定 AD 转换时钟周期)		14		T_{ADCLK}	
$AD\ DNL$	ADC 微分非线性		$\pm 3^*$		LSB	
$AD\ INL$	ADC 积分非线性		$\pm 3^*$		LSB	
$ADoS$	ADC 失调电压*		3 4		LSB	$-40^{\circ}C < Ta < 85^{\circ}C^*$ $-40^{\circ}C < Ta < 105^{\circ}C^*$
t_{INT}	中断脉冲宽度	30			ns	$V_{DD} = 5.0V$
V_{DR}	数据存储器数据保存电压*	1.5			V	In power-down mode.
t_{WDT}	看门狗超时溢出时间 (T_{ILRC} 是 ILRC 的时钟周期)		4096			misc[1:0]=01
			16384			misc[1:0]=10
t_{SBP}	系统上电开机时间		1024		T_{ILRC}	Where T_{ILRC} is the clock period of ILRC

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件(Ta=25°C)
t _{WUP}	系统唤醒时间					
	STOPEXE 省电模式下, 切换 IO 引脚的快速唤醒		128		T _{SYS}	Where T _{SYS} is the time period of system clock
	STOPSYS 掉电模式下, 切换 IO 引脚的快速唤醒。系统时钟为 IHRC		128 T _{SYS} + T _{SIHRC}			Where T _{SIHRC} is the stable time of IHRC from power-on.
	STOPSYS 掉电模式下, 切换 IO 引脚的快速唤醒。系统时钟为 ILRC		128 T _{SYS} + T _{SILRC}			Where T _{SILRC} is the stable time of ILRC from power-on.
	STOPEXE 省电模式和 STOPSYS 掉电模式下, 切换 IO 引脚的普通唤醒		1024		T _{ILRC}	Where T _{ILRC} is the clock period of ILRC
HCP _{os}	比较器偏压*	-	±10	±20	mV	
HCP _{cm}	比较器共模输入电压*	0		V _{DD} -1.5	V	
HCP _{spt}	比较器响应时间**		100	500	ns	Both Rising and Falling
HCP _{mc}	比较器模式改变稳定时间		2.5	7.5	us	

*这些参数是设计参考值，并不是每个芯片测试。

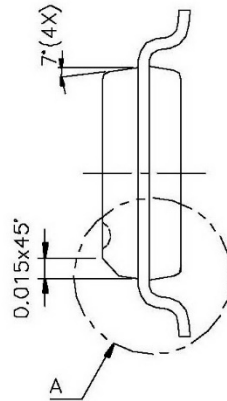
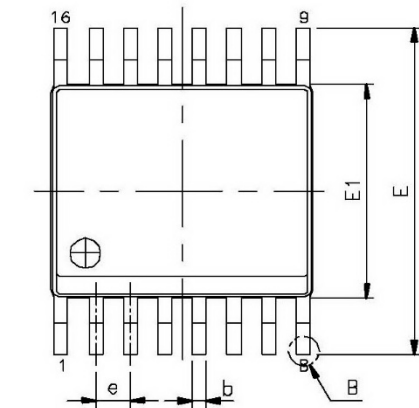
**比较器响应时间测量条件：输入电压为 (V_{DD}-1.5)/2 -100mV 和 (V_{DD}-1.5)/2+100mV

特性图是实际测量值。考虑到生产飘移等因素的影响，表格中的数据是在实际测量值的安全范围内。



5. 封装信息

5.1. SSOP16 (150mil)

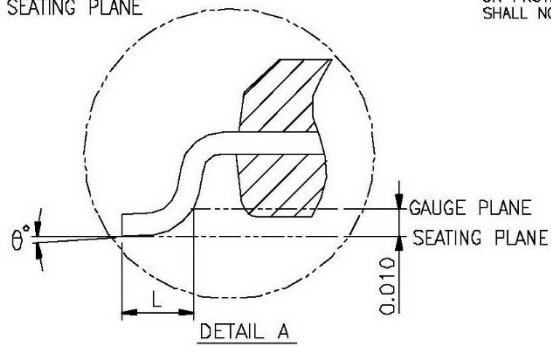
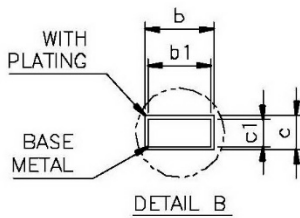
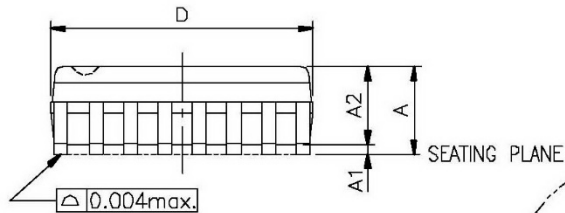


SYMBOLS	MIN.	MAX.
A	0.053	0.069
A1	0.004	0.010
A2	—	0.059
b	0.008	0.012
b1	0.008	0.011
c	0.007	0.010
c1	0.007	0.009
D	0.189	0.197
E1	0.150	0.157
E	0.228	0.244
L	0.016	0.050
e	0.025	BASIC
θ°	0	8

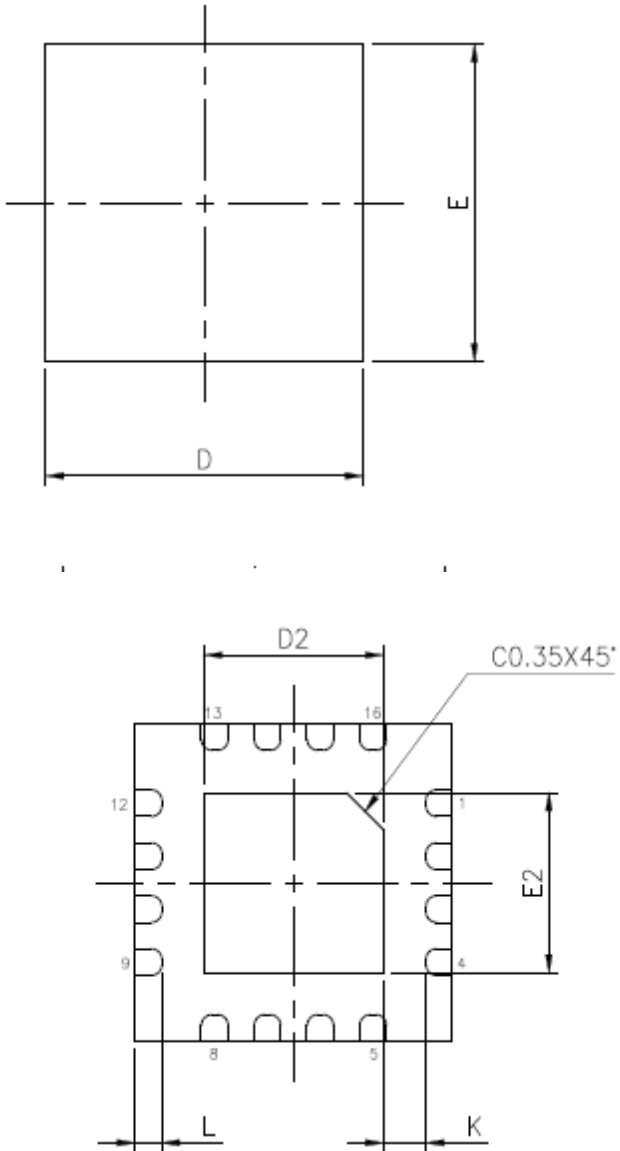
UNIT : INCH

NOTES:

1. JEDEC OUTLINE : MO-137 AB
2. DIMENSIONS "D" DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH, PROTRUSIONS AND GATE BURRS SHALL NOT EXCEED .15mm (.006in) PER SIDE.
3. DIMENSIONS "E" DOES NOT INCLUDE INTER-LEAD FLASH, OR PROTRUSIONS. INTER-LEAD FLASH AND PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED .25mm (.010in) PER SIDE.



5.2. QFN3*3-16



SYMBOLS	MILLIMETERS		
	MIN	TYP	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF		
b	0.18	0.25	0.30
D	3.00 BSC		
E	3.00 BSC		
e	0.50 BSC		
K	0.20	-	-
D2	1.65	1.70	1.75
E2	1.65	1.70	1.75
L	0.35	0.40	0.45

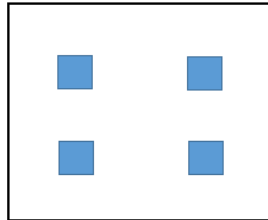
PKG CODE: WQFN

6. PCB 布局指南

6.1. 建议 PCB 设计者遵守 IPC-7525 和 IPC-7351 和 IPC-7095 的要求。

6.2. QFN / DFN（薄双平面无引线）封装 PCB 布局指南：

6.2.1. 由于 QFN / DFN 热焊盘区下焊膏体积丰富，在回流焊过程中会使 QFN / DFN 封装的电阻升高，这种效应会引起 QFN / DFN 端子的浮动和可焊性失效问题。为了防止 QFN / DFN 在表面贴装过程中浮动并出现可焊性短路问题，应广科技建议不需要在模具上设计热焊盘区域。此外，建议焊料覆盖率占热焊盘面积的 30%到 70%之间。图 QFN / DFN 的蓝色区域只是模板设计的一个示例。无论如何，如果发生接触不良的问题，模具设计应该由 SMT 公司进行微调。



QFN/DFN 示意图

6.2.2. 为了减少回流焊过程中的出气，应分阶段确定微孔的位置。不建议在便携式产品的 PCB 上使用微孔，并且在焊盘上设置过孔的 BGA 会影响可靠性，如 IPC-7095A 所示。

6.3. PCB 工艺流程

6.3.1. 板料

对于无铅绿色封装，建议板材料的玻璃转变温度（Tg）大于 170℃。

6.3.2. 表面处理

为了获得高的装配成品率，使用平面的、具有良好可焊性的表面光洁度是很重要的。以下方法均为已知方法，能提供可接受的焊盘表面。

*OSP（有机可焊性防腐剂）

*Nihau（电镀镍/金）

*沉银

*沉锡

6.3.3. 焊膏：不建议使用清洁助焊剂。

6.3.4. 模板设计指南：请参阅 IPC-7525 模板设计指南流程。

6.3.5. 回流炉：对于无铅绿色封装，建议采用氮气强制对流回流。

6.3.6. 回流模式：对于无铅绿色封装，建议使用 8 区以上的焊炉。

6.3.7. 对于焊接电气和电子组件，建议使用 IPC-A-610。

6.4. 返工和修理指南：

6.4.1. 若无特殊的重新装料夹具和工具，则不建议在生产应用中重工 BGA / CSP。市场上有许多返修系统，然而，专门的返修夹具和工具被设计来简化和帮助控制这个过程。有关其他信息，请参阅「IPC -7711 / 21A 返工和修理指南」或「IPC-7095A（BGA 的设计和装配过程）」或搜索 IPC 网站。应广科技也建议 SMT 公司只对 BGA / CSP 进行一次重新封装。

6.4.2. QFN / DFN 返工和修理指南：QFN / DFN 封装的返工和修理指南与 BGA 产品相同，需要特殊的返修夹具和工具，并使用红外回流焊工艺。