集成了电流检测功能和 AutoTune™ 技术的 DRV8886AT 2A 步进电机驱动器

1 特性

- 脉宽调制 (PWM) 微步进电机驱动器
  - 最高 1/16 微步进
  - 非循环和标准 ½ 步进模式
- 集成电流检测功能
  - 无需检测电阻
  - ±6.25% 满量程电流精度
- AutoTune™自适应衰减技术、缓慢和混合衰减选项
- 8V 至 37V 工作电源电压范围
- 低 $R_{DS(ON)}$：550mΩ HS + LS（在 24V 和 25℃ 条件下）
- 高电流容量
  - 每条桥臂的峰值电流为 3A
  - 每条桥臂的满量程电流为 2A
  - 每条桥臂的均方根 (rms) 电流为 1.4A
- 动态和固定关断时间 PWM 电流调节
- 简单的 STEP/DIR 接口
- 低电流休眠模式 (20μA)
- 小型封装和外形尺寸
  - 24 引脚散热薄型小外形尺寸 (HTSSOP) PowerPAD™封装
  - 28 WQFN 封装
- 保护 特性
  - VM 欠压锁定 (UVLO)
  - 电荷泵欠压 (CPUV)
  - 过流保护 (OCP)
  - 热关断 (TSD)
  - 故障条件指示引脚 (nFAULT)

2 应用

- 双极步进电机
- 多功能打印机和扫描仪
- 激光束打印机
- 3D 打印机
- 自动取款机和验钞机
- 视频安保摄像机
- 办公自动化设备
- 工厂自动化和机器人

3 说明

DRV8886AT 是一款适用于工业和消费类终端设备应用的步进电机 驱动器的步进电机驱动器。该器件与两个 N 沟道功率金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) H 桥驱动器、一个微步进分度器以及集成电流检测功能完全集成。DRV8886AT 能够驱动高达 2A 的满标量程电流或 1.4A rms 输出电流（电压为 24V 且 T_A = 25°C，取决于 PCB 设计）。

DRV8886AT 采用内部电流检测架构，无需使用两个外部功率检测电阻器，从而缩小 PCB 面积并降低系统成本。DRV8886AT 使用能够在 AutoTune 自适应衰减技术、缓慢和混合衰减选项之间进行调节的内部 PWM 电流调节方案。AutoTune 自适应衰减技术可自动调节，以实现最佳电流调节性能并对电机变化和老化效应进行补偿。

简易 STEP/DIR 接口允许外部控制器管理步进电机的方向和步进速率。该器件可以配置为不同步进模式，范围涵盖整步至 1/16 微步。凭借专用 nSLEEP 引脚，该器件可提供一种低功耗休眠模式，从而实现超低静态待机电流。

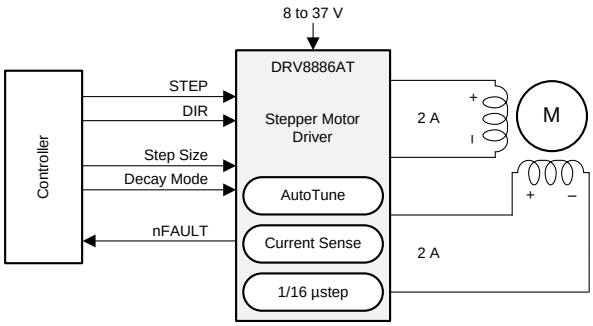
该器件的 保护功能 包括：电源欠压、电荷泵故障、过流、短路以及过热保护。故障状态通过 nFAULT 引脚指示。

器件信息(1)

器件型号	封装	封装尺寸（标称值）
DRV8886AT	HTSSOP (24)	7.80mm × 4.40mm
	WQFN (28)	5.50mm × 3.5mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

简化原理图



本文档旨在为方便起见，提供有关 TI 产品中文版本的信息，以确认产品的概要。 有关适用的官方英文版本的最新信息，请访问 www.ti.com，其内容始终优先。 TI 不保证翻译的准确性和有效性。 在实际设计之前，请务必参考最新版本的英文版本。

目录

1 特性 ... 1
2 应用 ... 1
3 说明 ... 1
4 修订历史记录 ... 2
5 引脚配置和功能 ... 3
6 规格 ... 4
6.1 绝对最大额定值 ... 4
6.2 ESD 额定值 ... 4
6.3 建议运行条件 ... 5
6.4 热性能信息 ... 5
6.5 电气特性 ... 6
6.6 分度器时序要求 ... 8
6.7 典型特性 ... 9
7 详细 说明 ... 11
7.1 概述 ... 11
7.2 功能方框图 ... 12
7.3 特性 说明 ... 13
7.4 器件功能模式 ... 27
8 应用和实现 ... 28
8.1 应用信息 ... 28
8.2 典型应用 ... 28
9 电源建议 ... 31
9.1 大容量电容 ... 31
10 布局 ... 32
10.1 布局指南 ... 32
10.2 布局示例 ... 32
11 器件和文档支持 ... 33
11.1 文档支持 ... 33
11.2 接收文档更新通知 ... 33
11.3 社区资源 ... 33
11.4 商标 ... 33
11.5 静电放电警告 ... 33
11.6 术语表 ... 33
12 机械、封装和可订购信息 ... 33

4 修订历史记录

注：之前版本的页码可能与当前版本有所不同。

Changes from Revision A (July 2018) to Revision B — **Page**

- 已更改 器件状态从“预告信息”更改为“生产数据” ... 1

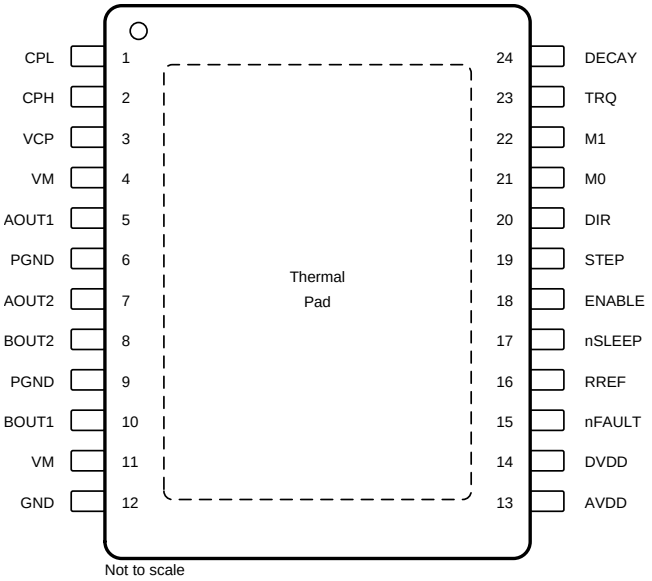
Changes from Original (January 2017) to Revision A — **Page**

- 已添加 添加了 WQFN 封装选项 ... 1
- 已更改 将 VM 引脚上的高侧和低侧 $R_{DS(ON)}$ 以及该值和温度间的关系图中高侧和低侧 $R_{DS(ON)}$ 轴标示的单位从 mΩ 更改成了 Ω ... 9

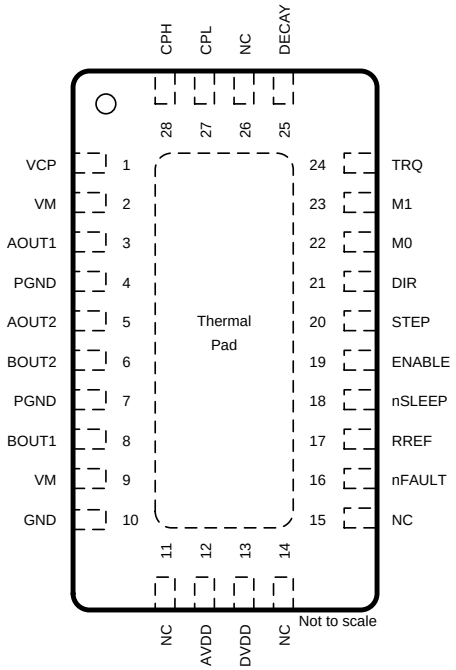
Copyright © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

PWP PowerPAD™ 封装
24 引脚 HTSSOP
俯视图



RHR 封装
带有外露散热焊盘的 28 引脚 WQFN 封装
俯视图



引脚功能

引脚			类型(1)	说明
名称	NO.			
	HTSSOP	WQFN		
AOUT1	5	3	O	绕组 A 输出。连接到步进电机绕组。
AOUT2	7	5		
AVDD	13	12	PWR	内部稳压器。通过一个 X5R 或 X7R、0.47µF、6.3V 陶瓷电容旁路至 GND。
BOUT1	10	8	O	绕组 B 输出。连接到步进电机绕组。
BOUT2	8	6		
CPH	2	28	PWR	电荷泵开关节点。从 CPH 到 CPL 之间连接一个 X5R 或 X7R、0.022µF、额定电压为 VM 的陶瓷电容。
CPL	1	27		
DECAY	24	25	I	衰减模式设置。设置衰减模式（请参见*衰减模式* 部分）。衰减模式在器件启用时锁存。
DIR	20	21	I	方向输入。逻辑电平设置步进的方向；内部下拉电阻。
DVDD	14	13	PWR	内部稳压器。通过一个 X5R 或 X7R、0.47µF、6.3V 陶瓷电容旁路至 GND。
ENABLE	18	19	I	启用驱动器输入。逻辑高电平用于启用器件输出；逻辑低电平用于禁用；内部下拉电阻。
GND	12	10	PWR	器件接地。连接到系统接地。
M0	21	22	I	细分模式设置。设置步进模式；三电平引脚；设置步进模式；内部下拉电阻。
M1	22	23		
NC	—	11	—	无连接。无内部连接
		14		
		15		
		26		
PGND	6	4	PWR	电源接地。连接到系统接地。
	9	7		
RREF	16	17	I	电流限制模拟输入。将电阻器接地以设置满量程调节电流。

(1) I = 输入，O = 输出，PWR = 功率，OD = 开漏

引脚功能 (continued)

引脚			类型(1)	说明
名称	NO.			
	HTSSOP	WQFN		
STEP	19	20	I	步进输入。上升沿使分度器前进一步；内部下拉电阻。
TRQ	23	24	I	电流调节控制。调节输出电流；三电平引脚。
VCP	3	1	PWR	电荷泵输出。通过一个 X5R 或 X7R、0.22µF、16V 陶瓷电容连接至 VM。
VM	4	2	PWR	电源。连接到电机电源电压，并通过两个 0.01µF 陶瓷电容（每个引脚一个）和一个额定电压为 VM 的大容量电容旁路到 GND。
	11	9		
nFAULT	15	16	OD	故障指示。故障状态下拉低逻辑低电平；开漏输出需要外部上拉电阻。
nSLEEP	17	18	I	休眠模式输入。逻辑高电平用于启用器件；逻辑低电平用于进入低功耗休眠模式；内部下拉电阻。

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风温度范围内测得（除非另有说明）(1)

	最小值	最大值	单位
电源电压 (VM)	–0.3	40	V
电源电压斜升速率 (VM)	0	2	V/µs
电荷泵电压（VCP、CPH）	–0.3	VM + 7	V
电荷泵负开关引脚 (CPL)	–0.3	VM	V
内部稳压器电压 (DVDD)	–0.3	3.8	V
内部稳压器电流输出 (DVDD)	0	1	mA
内部稳压器电压 (AVDD)	–0.3	5.7	V
控制引脚电压（STEP、DIR、ENABLE、nFAULT、M0、M1、DECAY、TRQ、nSLEEP）	–0.3	5.7	V
开漏输出电流 (nFAULT)	0	10	mA
电流限制输入引脚电压 (RREF)	–0.3	6.0	V
连续相节点引脚电压（AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2）	-1.0	VM + 1.0	V
瞬态 100ns 相节点引脚电压（AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2）	–3.0	VM + 3.0	V
峰值驱动电流（AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2）	0	3	A
运行结温，T_J	–40	150	°C
贮存温度，T_{stg}	–65	150	°C

(1) 应力超出*绝对最大额定值*下所列的值可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅仅是应力额定值，这并不表示器件在这些条件下以及在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

6.2 ESD 额定值

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001(1)	±2000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101(2)	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

Copyright © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

6.3 建议运行条件

在自然通风温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	最大值	单位
V_{VM}	电源电压 (VM)	8	37	V
V_I	输入电压（DECAY、DIR、ENABLE、M0、M1、nSLEEP、STEP、TRQ）	0	5.3	V
f_{PWM}	施加的 STEP 信号 (STEP)	0	100(1)	kHz
I_{DVDD}	外部负载电流 (DVDD)	0	1(2)	mA
I_{FS}	电机满量程电流 (xOUTx)	0	2(2)	A
I_{rms}	电机均值电流 (xOUTx)	0	1.4(2)	A
T_A	工作环境温度	–40	125	°C

(1) STEP 输入工作频率最高可达 500kHz，但系统带宽受电机负载限制
(2) 必须遵守功耗和热限值

6.4 热性能信息

热指标(1)		DRV8886		单位
		PWP (HTSSOP)	RHR (WQFN)	
		24 引脚	28 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	33.8	33.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	18.0	23.1	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	7.7	12.2	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部的特征参数	0.2	0.3	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	7.8	12.0	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	1.3	3.3	°C/W

(1) 有关传统和新热指标的更多信息，请参阅*《半导体和 IC 封装热指标》*应用报告。

6.5 电气特性

测试条件为 T_A = -40 to 125°C，V_{VM} = 8 to 37V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压（VM、DVDD、AVDD）						
VVM	VM 工作电压		8		37	V
I_{VM}	VM 工作电源电流	ENABLE = 1，nSLEEP = 1，无电机负载		5	8	mA
I_{VMQ}	VM 休眠模式电源电流	nSLEEP = 0；T_A = 25°C			20	µA
		nSLEEP = 0；T_A = 125°C (1)			40	
t_{SLEEP}	休眠时间	nSLEEP = 0 至休眠模式		50	200	µs
t_{WAKE}	唤醒时间	nSLEEP = 1 至输出转换		0.85	1.5	ms
t_{ON}	开通时间	VM > UVLO 至输出转换		0.85	1.5	ms
V_{DVDD}	内部稳压器电压	0 至 1mA 外部负载	2.9	3.3	3.6	V
V_{AVDD}	内部稳压器电压	无外部负载	4.5	5	5.5	V
电荷泵（VCP、CPH、CPL）						
V_{VCP}	VCP 工作电压			VM + 5.5		V
逻辑电平输入（STEP、DIR、ENABLE、nSLEEP、M1）						
V_{IL}	输入逻辑低电平电压		0		0.8	V
V_{IH}	输入逻辑高电平电压		1.6		5.3	V
V_{HYS}	输入逻辑迟滞			200		mV
I_{IL}	输入逻辑低电平电流	VIN = 0V	-1		1	µA
I_{IH}	输入逻辑高电平电流	VIN = 5V			100	µA
R_{PD}	下拉电阻	连接至 GND		100		kΩ
t_{PD} (1)	传播延迟	STEP 到电流变化			1.2	µs
三电平输入（M0、TRQ）						
V_{IL}	三电平输入逻辑低电平电压		0		0.65	V
V_{IZ}	三电平输入高阻态电压		0.95	1.1	1.25	V
V_{IH}	三电平输入逻辑高电平电压		1.5		5.3	V
I_{IL}	三电平输入逻辑低电平电流	VIN = 0V	–90			µA
I_{IH}	三电平输入逻辑高电平电流	VIN = 5V			155	µA
R_{PD}	三电平下拉电阻	VIN = 高阻态，连接至 GND		65		kΩ
R_{PU}	三电平上拉电阻	VIN = 高阻态，连接至 DVDD		130		kΩ
四电平输入 (DECAY)						
V_{I1}	四电平输入电压 1	可通过 1% 5kΩ 电阻器连接至 GND 进行设置	0		0.14	V
V_{I2}	四电平输入电压 2	可通过 1% 15kΩ 电阻器连接至 GND 进行设置	0.24		0.46	V
V_{I3}	四电平输入电压 3	可通过 1% 44.2kΩ 电阻器连接至 GND 进行设置	0.71		1.24	V
V_{I4}	四电平输入电压 4	可通过 1% 133kΩ 电阻器连接至 GND 进行设置	2.12		5.3	V
I_O	输出电流	连接至 GND	17	22	27.25	µA
控制输出 (nFAULT)						
V_{OL}	输出逻辑低电平电压	I_O = 1mA，R_{PULLUP} = 4.7kΩ			0.5	V
I_{OH}	输出逻辑高电平泄漏电流	V_O = 5V，R_{PULLUP} = 4.7kΩ	-1		1	µA

(1) 取决于具体的设计和特性数据

Copyright © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

电气特性 (continued)

测试条件为 T_A = -40 to 125°C，V_{VM} = 8 to 37V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电机驱动器输出（AOUT1、AOUT2、BOUT1、BOUT2）						
$R_{DS(ON)}$	高侧 FET 导通电阻	VM = 24V，I = 1.4A，T_A = 25°C		290	346	mΩ
$R_{DS(ON)}$	低侧 FET 导通电阻	VM = 24V，I = 1.4A，T_A = 25°C		260	320	mΩ
t_{RISE} (1)	输出上升时间			100		ns
t_{FALL} (1)	输出下降时间			100		ns
t_{DEAD} (1)	输出死区时间			200		ns
V_d (1)	体二极管正向电压	I_{OUT} = 0.5A		0.7	1	V
PWM 电流控制 (RREF)						
A_{RREF}	RREF 跨阻增益		28.1	30	31.9	kAΩ
V_{RREF}	RREF 电压	RREF = 18 至 132kΩ	1.18	1.232	1.28	V
t_{OFF}	PWM 关断时间			20		µs
C_{RREF}	RREF 上的等效电容				10	pF
t_{BLANK}	PWM 消隐时间	I_{RREF} = 2.0A，63% 至 100% 电流设置		1.5		µs
		I_{RREF} = 2.0A，0% 至 63% 电流设置		1		
ΔI_{TRIP}	电流跳变精度	I_{RREF} = 1.5A，10% 至 20% 电流设置，1% 基准电阻	-15%		15%	
		I_{RREF} = 1.5A，20% 至 63% 电流设置，1% 基准电阻	-10%		10%	
		I_{RREF} = 1.5A，71% 至 100% 电流设置，1% 基准电阻	–6.25%		6.25%	
保护电路						
V_{UVLO}	VM UVLO	VM 下降，UVLO 报告	7		7.8	V
		VM 上升，UVLO 恢复	7.2		8	
$V_{UVLO,HYS}$	欠压迟滞	上升至下降阈值		200		mV
V_{CPUV}	电荷泵欠压	VCP 下降；CPUV 报告		VM + 2		V
I_{OCP}	过流保护跳闸电流水平	流经任何 FET 的电流	3			A
t_{OCP} (1)	过流抗尖峰时间		1.3	1.9	2.8	µs
t_{RETRY}	过流重试时间		1		1.6	ms
T_{TSD} (1)	热关断温度	裸片温度 T_J	150			°C
T_{HYS} (1)	热关断迟滞	裸片温度 T_J		20		°C

Copyright © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

6.6 分度器时序要求

测试条件为 T_A = -40 to 125°C，V_{VM} = 8 to 37V（除非另有说明）

NO.			最小值	最大值	单位
1	f_{STEP} (1)	步进频率		500	kHz
2	$t_{WH(STEP)}$	脉冲持续时间，STEP 高电平	970		ns
3	$t_{WL(STEP)}$	脉冲持续时间，STEP 低电平	970		ns
4	$t_{SU(DIR, Mx)}$	设置时间，DIR 或 USMx 至 STEP 上升	200		ns
5	$t_{H(DIR, Mx)}$	保持时间，DIR 或 USMx 至 STEP 上升	200		ns

(1) STEP 输入工作频率最高可达 500kHz，但系统带宽受电机负载限制。

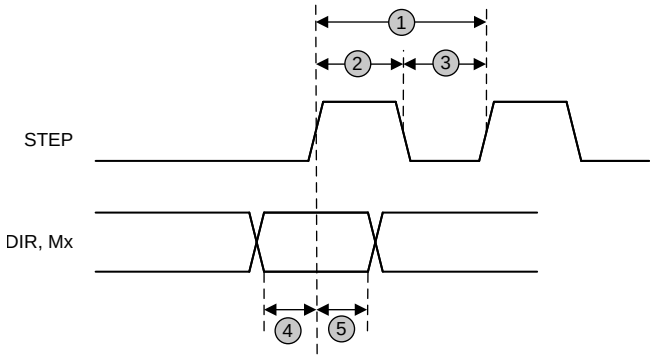


图 1. 时序图

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性

在建议的工作条件下（除非另有说明）

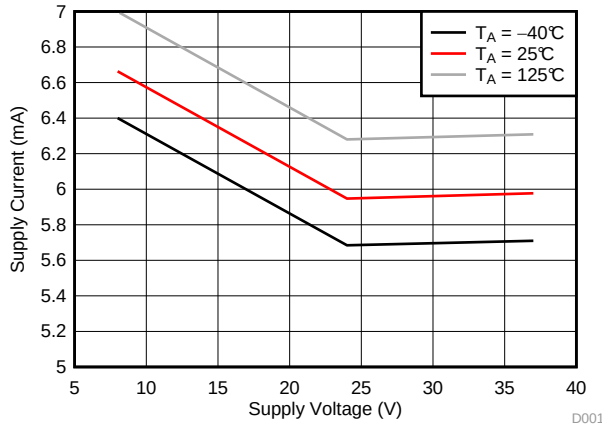


图 2. VM 引脚上的电源电流

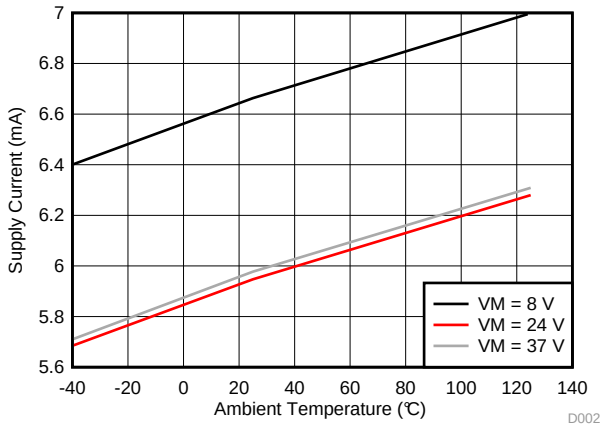


图 3. 电源电流与温度间的关系

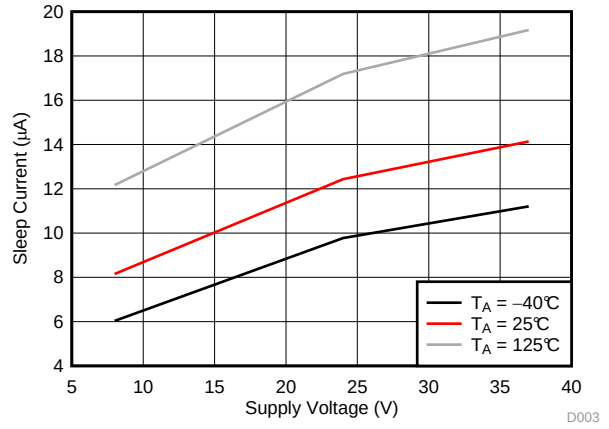


图 4. VM 引脚上的休眠电流

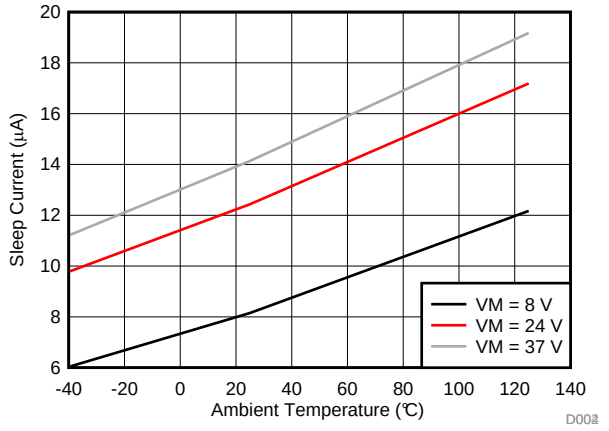


图 5. 休眠电流与温度间的关系

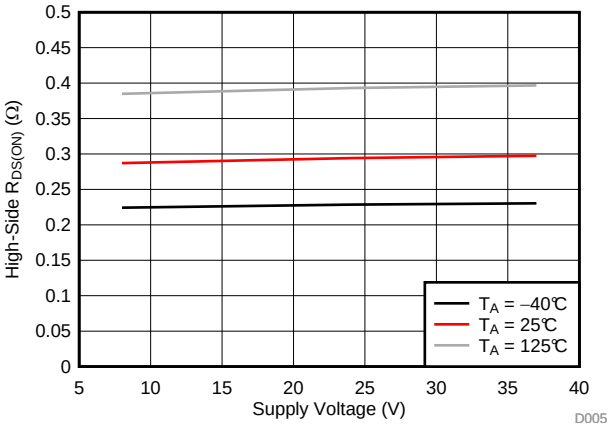


图 6. VM 引脚上的高侧 $R_{DS(ON)}$

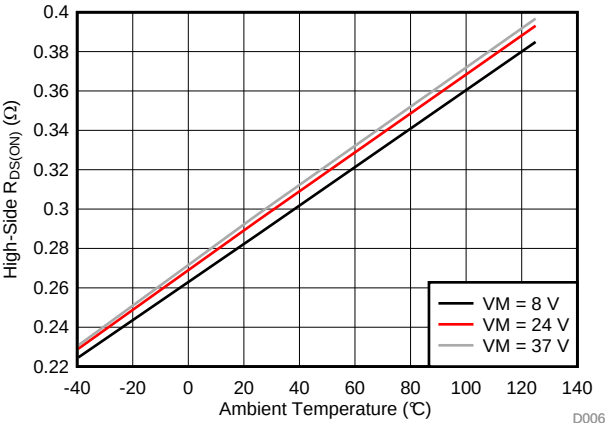


图 7. 高侧 $R_{DS(ON)}$ 与温度间的关系

典型特性 (接下页)

在建议的工作条件下（除非另有说明）

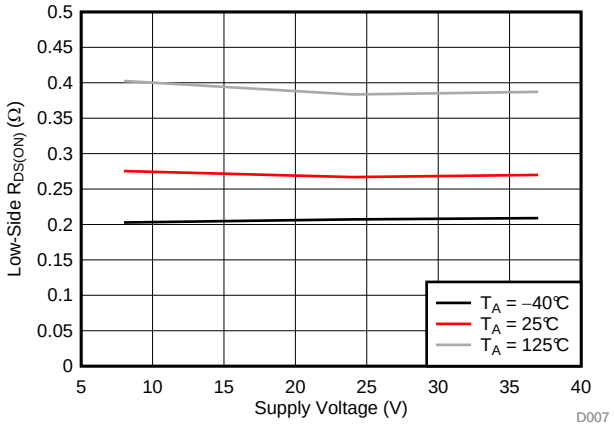


图 8. VM 引脚上的低侧 $R_{DS(ON)}$

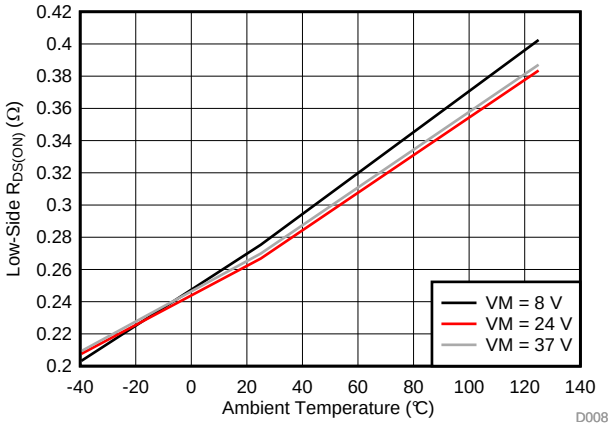


图 9. 低侧 $R_{DS(ON)}$ 与温度间的关系

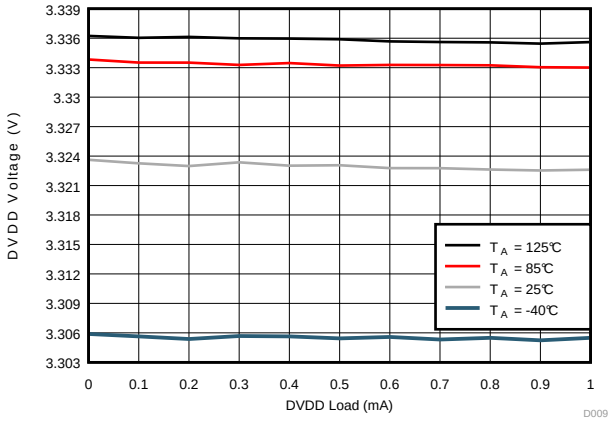


图 10. DVDD 稳压器与负载间的关系 (VM = 24V)

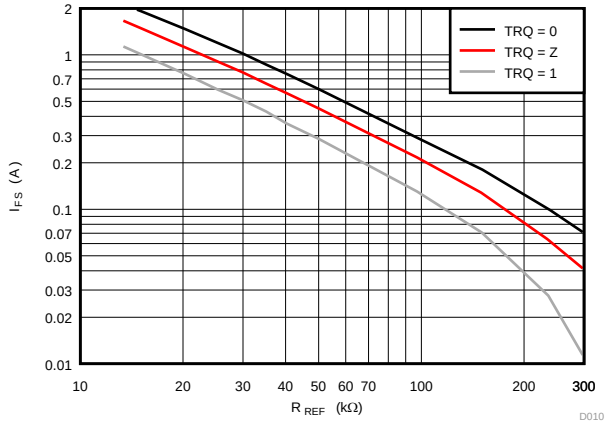


图 11. 满量程电流与 RREF 选择间的关系

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7 详细 说明

7.1 概述

DRV8886AT 器件是一款用于双极步进电机的集成电机驱动器解决方案。该器件集成了两个 N 沟道功率 MOSFET H 桥、集成电流检测和调节电路以及一个细分分度器。DRV8886AT 器件可以通过 8V 至 37V 的电源电压供电，并且能够提供高达 3A 峰值、2A 满量程或 1.4A 均方根 (rms) 的输出电流。实际的满量程和均方根电流取决于环境温度、电源电压和 PCB 热性能。

DRV8886AT 器件采用集成电流检测架构，无需使用两个外部功率检测电阻器。该架构通过使用电流镜方法和内部功率 MOSFET 进行电流检测，消除了检测电阻器中的功率耗散。通过连接到 RREF 引脚的标准低功耗电阻器调节电流调节设定点。该 功能 可降低外部组件成本、电路板 PCB 尺寸和系统功耗。

简易 STEP/DIR 接口允许外部控制器管理步进电机的方向和步进速率。内部分度器可以执行高精度细分，而无需外部控制器来管理绕组电流电平。分度器具有全步、半步和 1/4、1/8、1/16 细分功能。除了标准的半步进模式，非循环半步进模式可用于在较高的电机转速下增加转矩输出。

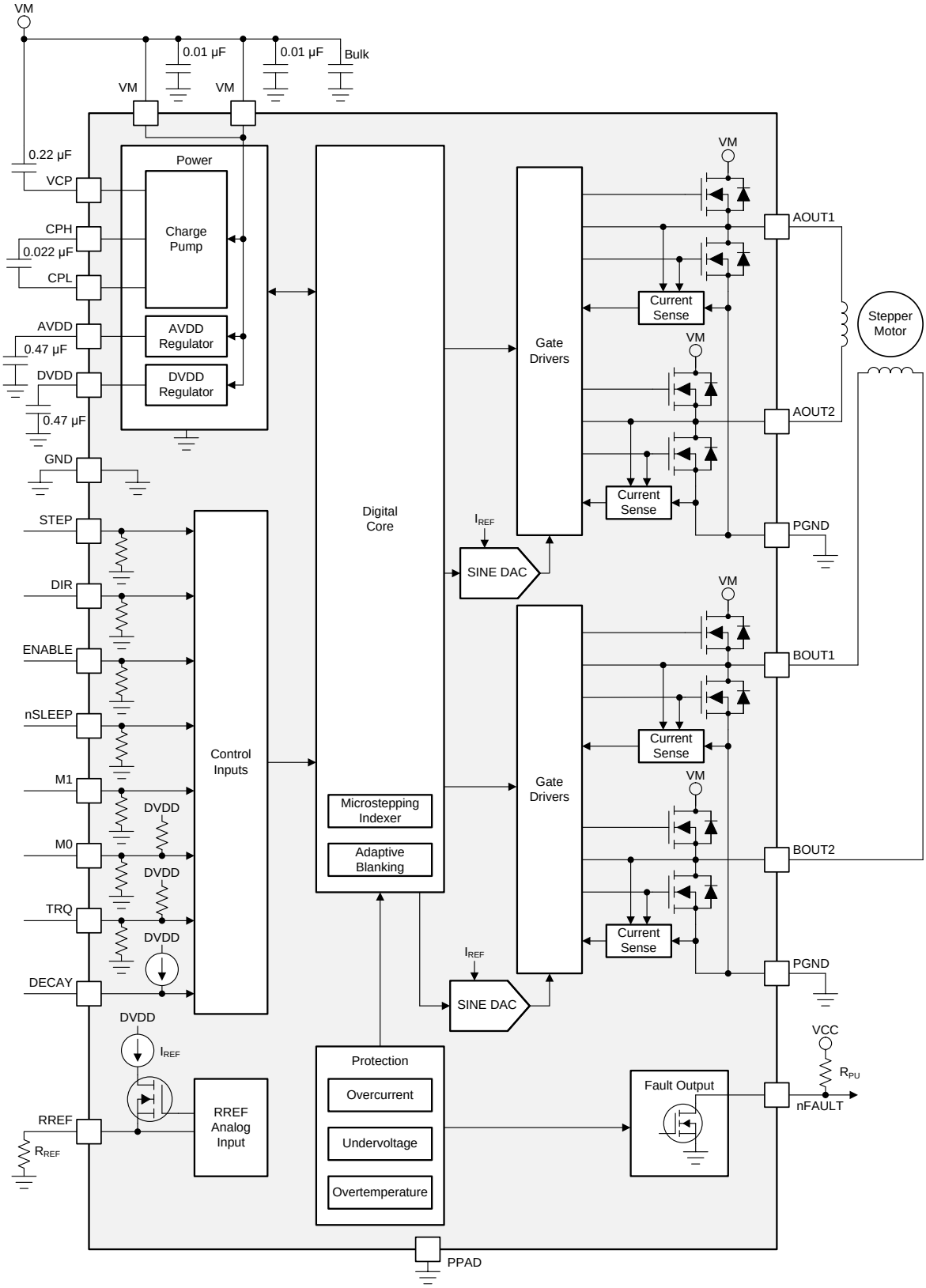
电流调节可在几种衰减模式之间配置。衰减模式可以选择为慢速混合、混合衰减、AutoTune 纹波控制或 AutoTune 动态衰减电流调节方案。慢速混合衰减模式在上升阶跃时使用慢速衰减，在下降阶跃时使用混合衰减。AutoTune 衰减模式可自动调节以获得最佳电流调节性能，并补偿电机变化和老化效应。AutoTune 纹波控制使用可变关断时间纹波控制方案，以最大限度地减少电机绕组电流的失真。AutoTune 动态衰减使用固定关断时间动态衰减百分比方案，以最大限度地减少电机绕组电流的失真，同时最小化频率成分。

自适应消隐时间功能可根据输出电流电平自动调整最小驱动时间。此功能通过限制低电流阶跃下的驱动时间来帮助减轻过零失真。

借助转矩 DAC 功能，控制器无需调节 RREF 基准电阻即可调节输出电流。当不需要高输出转矩时，可使用数字输入引脚访问转矩 DAC，该输入引脚允许控制器通过降低电机电流消耗来节省系统功耗。

系统包括一个低功耗休眠模式，以允许其在不主动驱动电机时节省功耗。

7.2 功能方框图



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3 特性 说明

表 1 列出了 DRV8886AT 器件的推荐外部组件。

表 1. DRV8886AT 外部组件

组件	引脚 1	引脚 2	推荐
C_{VM1}	VM	GND	两个 X5R 或 X7R、0.01µF、额定电压为 VM 的陶瓷电容
C_{VM2}	VM	GND	额定电压为 VM 的大容量电容
C_{VCP}	VCP	VM	X5R 或 X7R、0.22µF、16V 陶瓷电容
C_{SW}	CPH	CPL	X5R 或 X7R、0.022µF、额定电压为 VM 的陶瓷电容
C_{AVDD}	AVDD	GND	X5R 或 X7R、0.47µF、6.3V 陶瓷电容
C_{DVDD}	DVDD	GND	X5R 或 X7R、0.47µF、6.3V 陶瓷电容
R_{nFAULT}	VCC (1)	nFAULT	>4.7kΩ 电阻器
R_{REF}	RREF	GND	必须安装限制斩波电流的电阻器。有关电阻值选择方面的信息，请参见 *典型应用* 部分。

(1) VCC 不是 DRV8886AT 器件上的引脚，但开漏输出 nFAULT 需要 VCC 电源电压上拉；nFAULT 可能上拉到 DVDD

7.3.1 步进电机驱动器电流额定值

步进电机驱动器可以通过以下三种不同的输出电流值表示方式进行分类：峰值、均方根和满量程。

7.3.1.1 峰值电流额定值

步进驱动器中的峰值电流受过流保护跳闸阈值 I_{OCP} 的限制。峰值电流表示任何瞬态持续电流脉冲，例如当对电容充电时，或当总占空比非常低时。通常，I_{OCP} 的最小值指定了步进电机驱动器的峰值电流额定值。对于 DRV8886AT 器件，每个桥臂的峰值电流额定值为 3A。

7.3.1.2 均方根电流额定值

均方根（平均）电流由集成电路的热特性决定。均方根电流是基于 25°C 时典型系统中的 $R_{DS(ON)}$、上升和下降时间、PWM 频率、器件静态电流和封装热性能计算得出的。实际运行条件下的均方根电流可能更高或更低，具体取决于散热和环境温度。对于 DRV8886AT 器件，每个桥臂的均方根电流额定值为 1.4A。

7.3.1.3 满量程电流额定值

满量程电流描述了细分时正弦电流波形的顶部。由于正弦波振幅与均方根电流有关，因此满量程电流也由器件的热特性决定。满量程电流额定值约为 $\sqrt{2} \times I_{RMS}$。在配置 DRV8886AT 器件时，可通过 RREF 引脚和转矩 DAC 设置满量程电流，有关详细信息，请参阅 *电流调节* 部分。对于 DRV8886AT 器件，每个桥臂的满量程电流额定值为 2A。

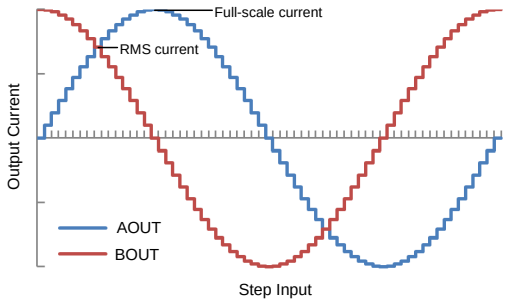


图 12. 满量程和均方根电流

7.3.2 PWM 电机驱动器

DRV8886AT 器件具有两个全 H 桥驱动器，用于驱动双极步进电机的两个绕组。图 13 显示了该电路的方框图。

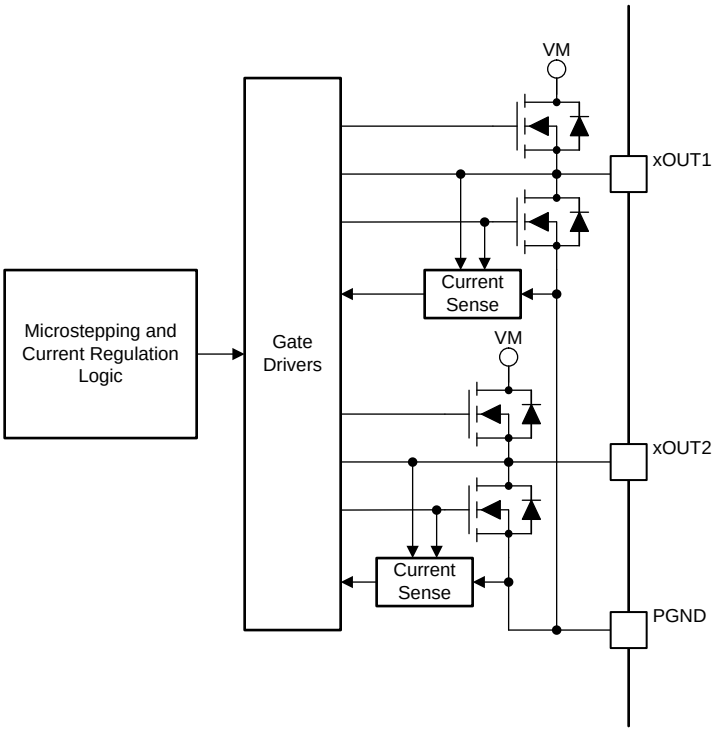


图 13. PWM 电机驱动器方框图

7.3.3 细分分度器

DRV8886AT 器件中的内置分度器逻辑支持多种不同的步进模式。M1 和 M0 引脚用于配置步进模式，如 表 2 所示。

表 2. 细分设置

M1	M0	步进模式
0	0	全步进（两相励磁），电流为 71%
0	1	1/16 步进
1	0	1/2 步进
1	1	1/4 步进
0	Z	1/8 步进
1	Z	非循环 1/2 步进

表 3 显示了全步进至 1/16 步进运行的相对电流和步进方向。AOUT 电流是电角的正弦，BOUT 电流是电角的余弦。正电流是指进行驱动时从 xOUT1 引脚流向 xOUT2 引脚的电流。

在 STEP 输入的每个上升沿，分度器移动到表格中的下一个状态。方向按照 DIR 引脚逻辑高电平进行显示。如果 DIR 引脚为逻辑低电平，则顺序相反。

上电或退出休眠模式时，请保持 STEP 引脚逻辑低电平，否则分度器前进一步。

注

在步进时，如果步进模式从全步、1/2、1/4、1/8 或 1/16 变为全步、1/2、1/4、1/8 或 1/16，则分度器在 STEP 上升沿情况下前进到下一个有效状态，以便实现新的步进模式设置。如果步进模式改变自/至非循环 1/2 步进，则分度器立即进入该模式的有效状态。

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

初始状态下的电角度为 45°。系统在上电后、退出逻辑欠压锁定后或退出休眠模式后进入该状态。表 3 以红色列出了初始状态。

表 3. 每步进的细分相对电流 (DIR = 1)

全步	1/2 步进	1/4 步进	1/8 步进	1/16 步进	电角（度）	AOUT 电流（满量程中所占百分比）	BOUT 电流（满量程中所占百分比）
	1	1	1	1	0.000°	0%	100%
				2	5.625°	10%	100%
			2	3	11.250°	20%	98%
				4	16.875°	29%	96%
		2	3	5	22.500°	38%	92%
				6	28.125°	47%	88%
			4	7	33.750°	56%	83%
				8	39.375°	63%	77%
1	2	3	5	9	45.000°	71%	71%
				10	50.625°	77%	63%
			6	11	56.250°	83%	56%
				12	61.875°	88%	47%
		4	7	13	67.500°	92%	38%
				14	73.125°	96%	29%
			8	15	78.750°	98%	20%
				16	84.375°	100%	10%
	3	5	9	17	90.000°	100%	0%
				18	95.625°	100%	-10%
			10	19	101.250°	98%	-20%
				20	106.875°	96%	–29%
		6	11	21	112.500°	92%	–38%
				22	118.125°	88%	–47%
			12	23	123.750°	83%	–56%
				24	129.375°	77%	–63%
2	4	7	13	25	135.000°	71%	–71%
				26	140.625°	63%	–77%
			14	27	146.250°	56%	–83%
				28	151.875°	47%	–88%
		8	15	29	157.500°	38%	–92%
				30	163.125°	29%	–96%
			16	31	168.750°	20%	–98%
				32	174.375°	10%	–100%
	5	9	17	33	180.000°	0%	–100%
				34	185.625°	-10%	–100%
			18	35	191.250°	-20%	–98%
				36	196.875°	–29%	–96%
		10	19	37	202.500°	–38%	–92%
				38	208.125°	–47%	–88%
			20	39	213.750°	–56%	–83%
				40	219.375°	–63%	–77%
3	6	11	21	41	225.000°	–71%	–71%
				42	230.625°	–77%	–63%
			22	43	236.250°	–83%	–56%

表 3. 每步进的细分相对电流 (DIR = 1) (接下页)

全步	1/2 步进	1/4 步进	1/8 步进	1/16 步进	电角（度）	AOUT 电流（满量程中所占百分比）	BOUT 电流（满量程中所占百分比）
				44	241.875°	–88%	–47%
		12	23	45	247.500°	–92%	–38%
				46	253.125°	–96%	–29%
			24	47	258.750°	–98%	-20%
				48	264.375°	–100%	-10%
	7	13	25	49	270.000°	–100%	0%
				50	275.625°	–100%	10%
			26	51	281.250°	–98%	20%
				52	286.875°	–96%	29%
		14	27	53	292.500°	–92%	38%
				54	298.125°	–88%	47%
			28	55	303.750°	–83%	56%
				56	309.375°	–77%	63%
4	8	15	29	57	315.000°	–71%	71%
				58	320.625°	–63%	77%
			30	59	326.250°	–56%	83%
				60	331.875°	–47%	88%
		16	31	61	337.500°	–38%	92%
				62	343.125°	–29%	96%
			32	63	348.750°	-20%	98%
				64	354.375°	-10%	100%
	1	1	1	1	360.000°	0%	100%

表 4 显示了非循环 1/2 步进操作。这种步进模式比循环 1/2 步进运行消耗更多的功耗，但在高电机转速下可提供更高的转矩。

表 4. 非循环 1/2 步进电流

非循环 1/2 步进	AOUT 电流（满量程中所占百分比）	BOUT 电流（满量程中所占百分比）	电角（度）
1	0	100	0
2	100	100	45
3	100	0	90
4	100	–100	135
5	0	–100	180
6	–100	–100	225
7	–100	0	270
8	–100	100	315

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3.4 电流调节

通过电机绕组的电流由一个可调的固定关断时间 PWM 电流调节电路进行调节。当 H 桥被启用时，电流以一定的速率上升通过绕组，该速率取决于直流电压、绕组电感和存在的反电动势大小。当电流达到电流调节阈值时，电桥进入衰减模式以减小电流，该模式将持续一段 20µs 的固定时间。关断时间结束后，电桥重新启用，开始另一个 PWM 循环。

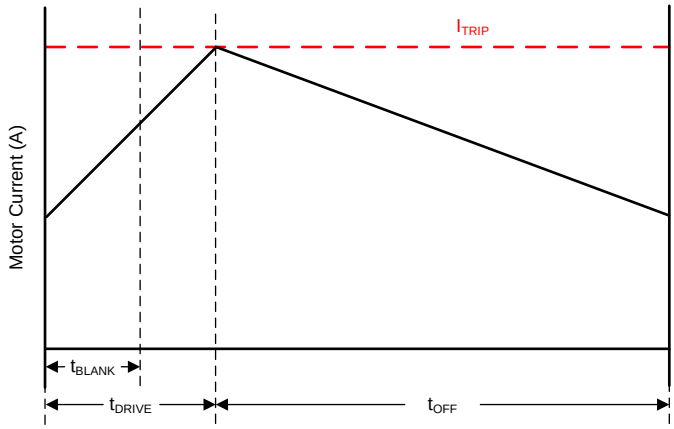


图 14. 电流斩波波形

PWM 调节电流由比较器设置，该比较器监测与低侧功率 MOSFET 并联的电流检测 MOSFET 两端的电压。电流检测 MOSFET 通过基准电流进行偏置，该基准电流是电流模式正弦加权 DAC 的输出，其满量程基准电流由通过 RREF 引脚的电流设置。在 RREF 引脚到 GND 之间放置一个外部电阻器，用于设置基准电流。此外，TRQ 引脚还可以进一步调节基准电流。

使用 公式 1 计算满量程调节电流。

$$I_{FS}\ (A) = \frac{A_{RREF}\ (kA\Omega)}{RREF\ (k\Omega)} \times TRQ\ (\%) = \frac{30\ (kA\Omega)}{RREF\ (k\Omega)} \times TRQ\ (\%) \tag{1}$$

例如，如果一个 30kΩ 电阻器连接到 RREF 引脚，则满量程调节电流为 1A（TRQ 为 100%）。

TRQ 引脚是用于调节输出电流的 DAC 的输入。表 5 列出了不同输入的当前标量值。

表 5. 转矩 DAC 设置

TRQ	电流标量 (TRQ)
0	100%
Z	75%
1	50%

7.3.5 通过 MCU DAC 控制 RREF

在某些情况下，满量程输出电流可能需要在许多不同的值之间变化，具体取决于电机速度和负载。通过将 RREF 电阻器连接到 DAC 输出而不是 GND，可以在系统中调整 RREF 引脚的基准电流。

在这种运行模式中，随着 DAC 电压的增加，基准电流减小，因此满量程调节电流也减小。为实现正常工作，DAC 的输出不应上升至超过 V_{RREF}。

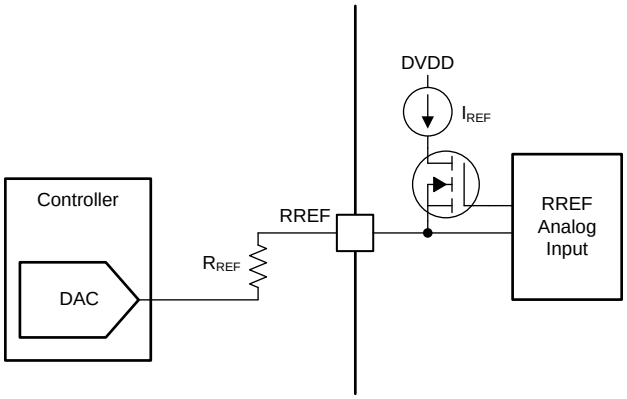


图 15. 通过 DAC 资源控制 RREF

使用 公式 2 计算由控制器 DAC 控制的满量程调节电流。

$$I_{FS}\ (A) = \frac{A_{RREF}\ (kA\Omega) \times \left[V_{RREF}\ (V) - V_{DAC}\ (V)\right]}{V_{RREF}\ (V) \times RREF\ (k\Omega)} \times TRQ\ (\%) \tag{2}$$

例如，如果一个 20kΩ 电阻器从 RREF 引脚连接到 DAC，并且 DAC 输出为 0.74V，则斩波电流为 600mA（TRQ 为 100%）

RREF 引脚也可以使用 PWM 信号和低通滤波器进行调整。

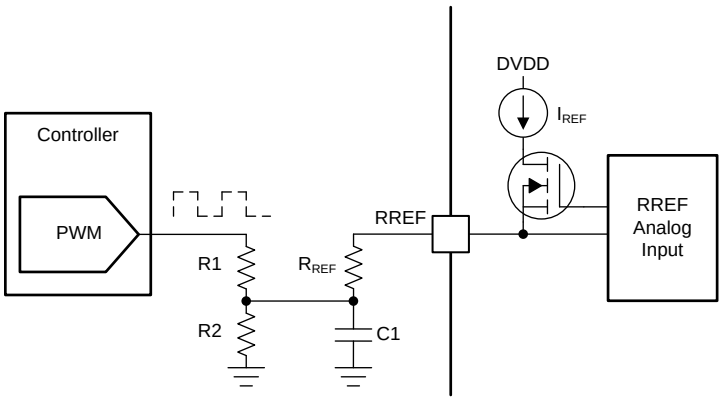


图 16. 通过 PWM 资源控制 RREF

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3.6 衰减模式

DRV8886AT 衰减模式是通过将四电平 DECAY 引脚设置为 表 6 中列出的电压范围来选择的。衰减模式设置在器件启用时锁存。

表 6. 衰减模式设置

DECAY	上升阶跃	下降阶跃
100mV 可连接至接地	慢速衰减	混合衰减：30% 快速
300mV，用 15kΩ 电阻器连接至 GND	混合衰减：30% 快速	混合衰减：30% 快速
1.0V，用 45kΩ 电阻器连接至 GND	AutoTune 纹波控制	AutoTune 纹波控制
2.9V 可连接至 DVDD	AutoTune 动态衰减	AutoTune 动态衰减

图 17 定义了上升和下降电流。对于慢速混合衰减模式，衰减模式在上升电流阶跃期间设置为慢速，在下降电流阶跃期间设置为混合衰减。在全步进模式中，始终使用下降电流阶跃衰减模式。在非循环 1/2 步进模式中，在电平转换（0% 至 100% 和 0% 至 -100%）之后使用上升电流阶跃衰减模式。当电平转换达到类似的水平（100% 至 100% 和 -100% 至 -100%）时，使用下降电流阶跃衰减模式。

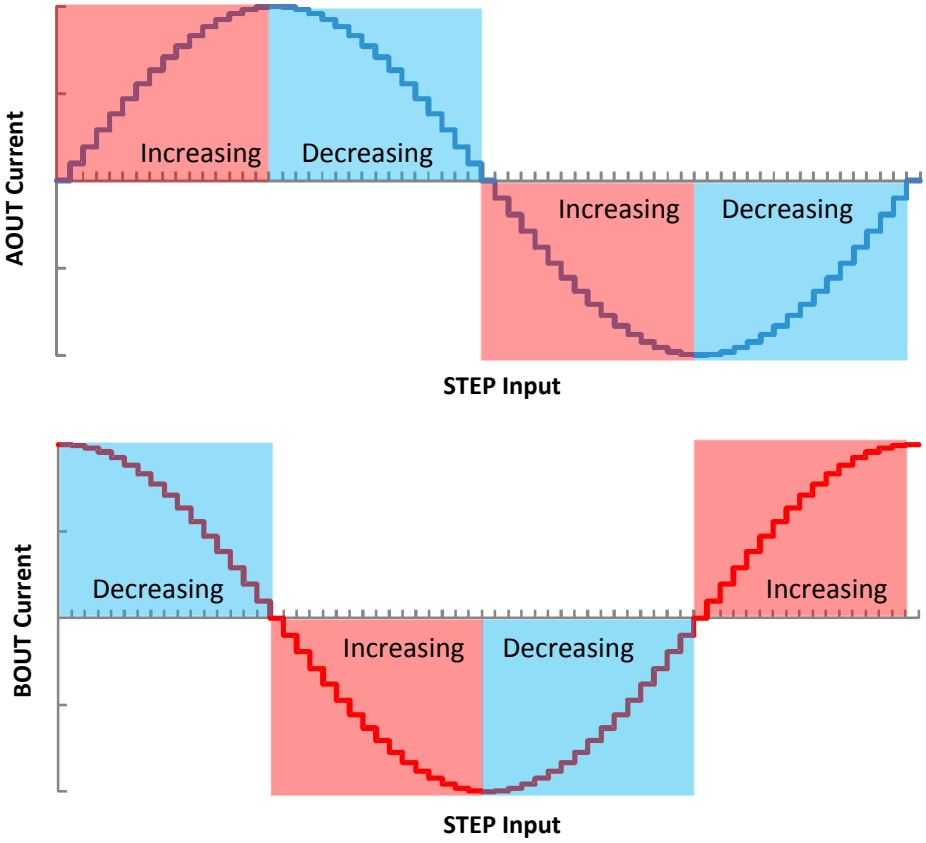


图 17. 上升和下降阶跃的定义

7.3.6.1 模式 1：用于上升电流的慢速衰减，用于下降电流的混合衰减

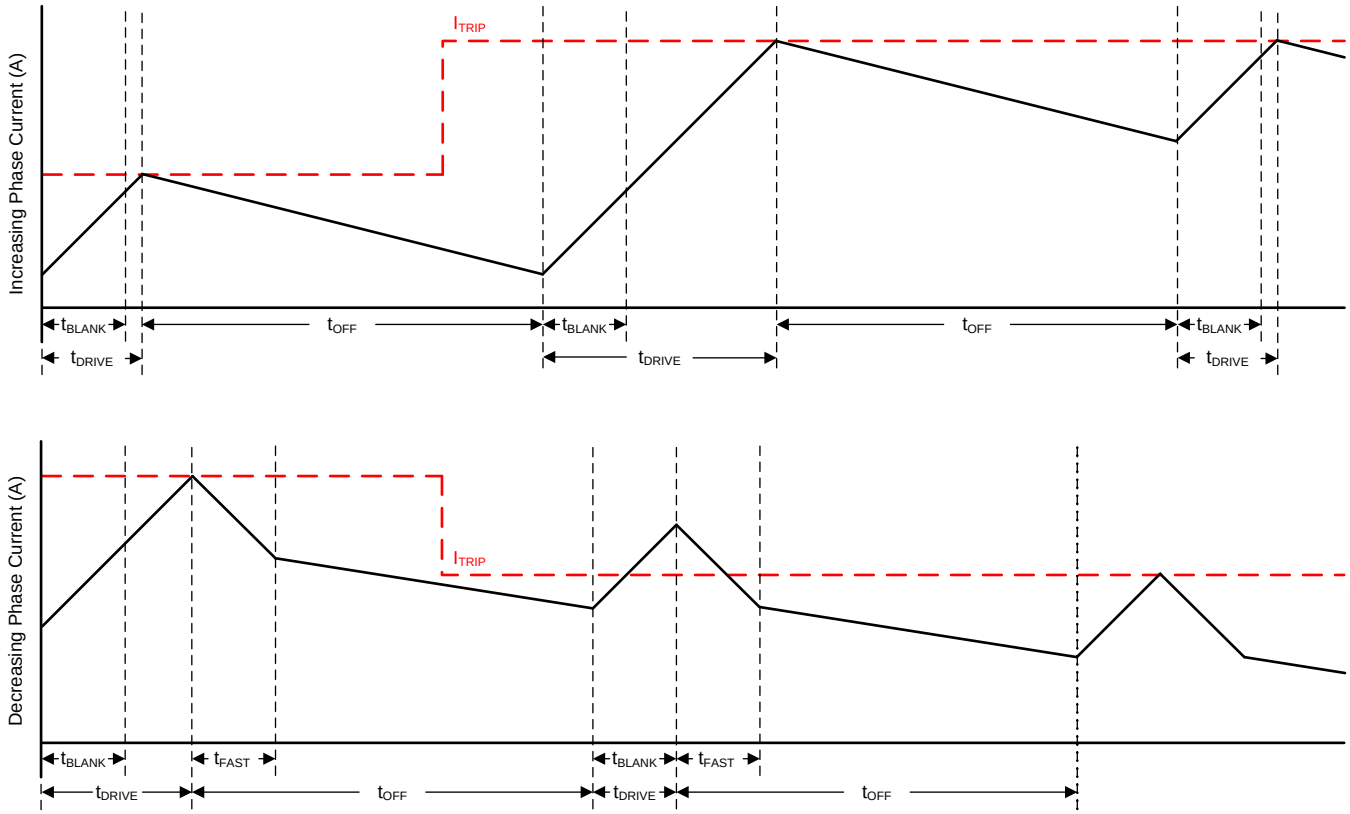


图 18. 慢速混合衰减模式

混合衰减下，开始的一段时间为快速衰减，然后在剩余的 t_{OFF} 时间内慢速衰减。在此模式下，混合衰减仅在下降电流期间发生。慢速衰减用于上升电流的情况。

该模式表现出与上升电流的慢速衰减相同的电流纹波，因为上升电流时，仅使用慢速衰减。对于下降电流，纹波大于慢速衰减，但小于快速衰减。在下降电流阶跃时，混合衰减可比慢速衰减更快地稳定到新的 I_{TRIP} 电平。

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3.6.2 模式 2：用于上升和下降电流的混合衰减

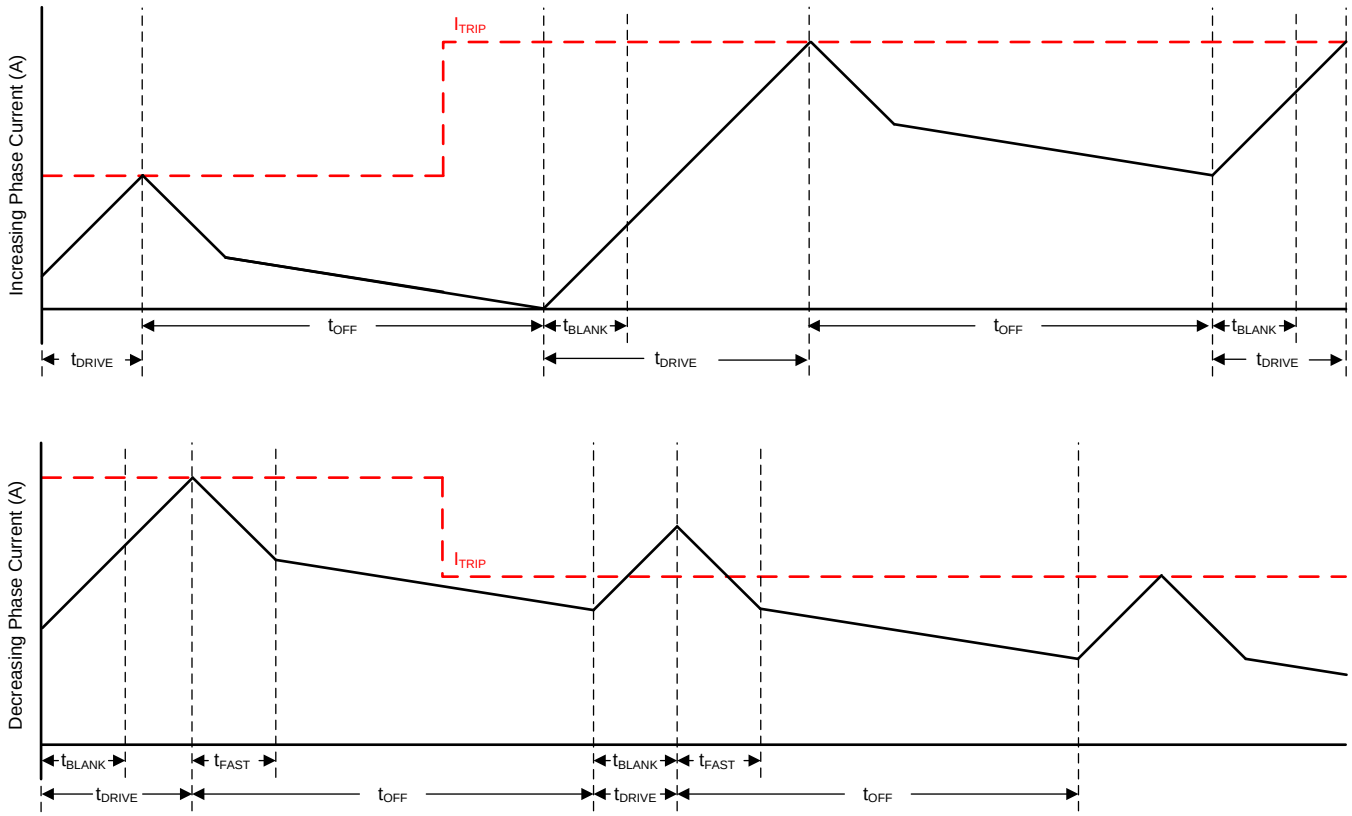


图 19. 混合-混合衰减模式

混合衰减下，开始的一段时间为快速衰减，然后在剩余的 t_{OFF} 内慢速衰减。在此模式下，上升和下降电流阶跃都会发生混合衰减。

该模式表现出的纹波比慢速衰减大，但比快速衰减小。在下降电流阶跃时，混合衰减可比慢速衰减更快地稳定到新的 I_{TRIP} 电平。

如果电流保持很长时间（STEP 引脚无输入）或步进速度非常慢，则慢速衰减可能无法正确调节电流，因为电机绕组上不存在反电动势。在这种状态下，电机电流上升速度会非常快，需要极长的关断时间。当电机绕组上没有反电动势时，上升或下降混合衰减模式能持续调节电流电平。

7.3.6.3 模式 3：AutoTune 纹波控制

与传统的固定关断时间电流调节方案相比，AutoTune 电流调节方案是一种使用额外组件来调节电流的先进控制方法。AutoTune 电流调节方案有助于步进电机驱动器根据下列运行因素调整衰减方案：

- 电机绕组电阻和电感
- 电机老化效应
- 电机动态转速和负载
- 电机电源电压变化
- 步进上升和下降时的电机反电动势差
- 步进转换
- 低电流与高电流 dI/dt

DRV8886AT 器件提供两种不同的 AutoTune 电流调节模式，即 AutoTune 纹波控制和 AutoTune 动态衰减。

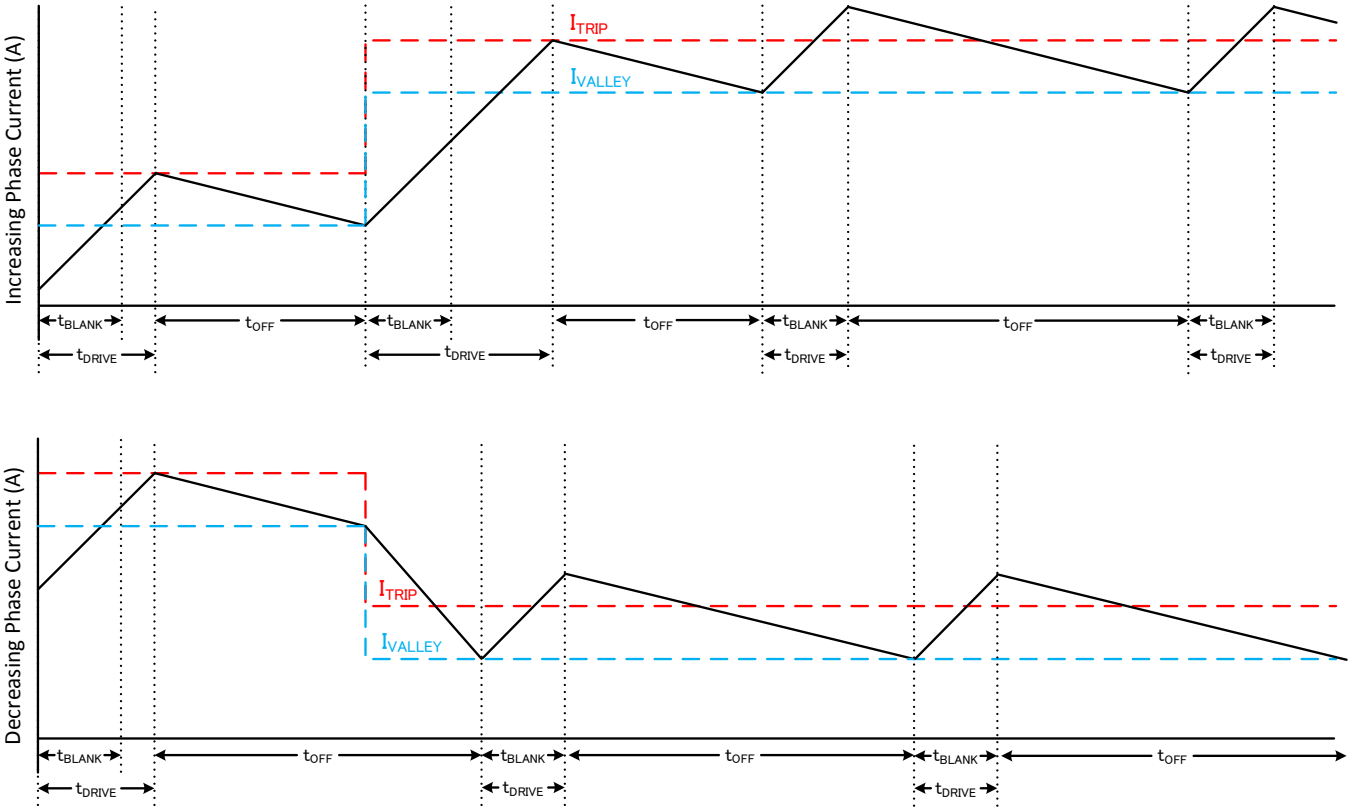


图 20. AutoTune 纹波控制衰减模式

AutoTune 纹波控制通过在 I_{TRIP} 电平旁设置一个 I_{VALLEY} 电平来进行操作。当电流电平达到 I_{TRIP} 时，驱动器将进入慢速衰减，直到达到 I_{VALLEY}，而不是直到 t_{OFF} 时间结束。慢速衰减的工作原理类似于模式 1，其中两个低侧 MOSFET 都导通，允许电流再循环。在此模式下，t_{OFF} 根据电流电平和运行条件而变化。

该方法可以更严格地调节电流电平，从而提高电机效率和系统性能。AutoTune 纹波控制适用于能够承受可变关断时间调节方案的系统，以在电流调节中实现小电流纹波。

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3.6.4 模式 4：AutoTune 动态衰减

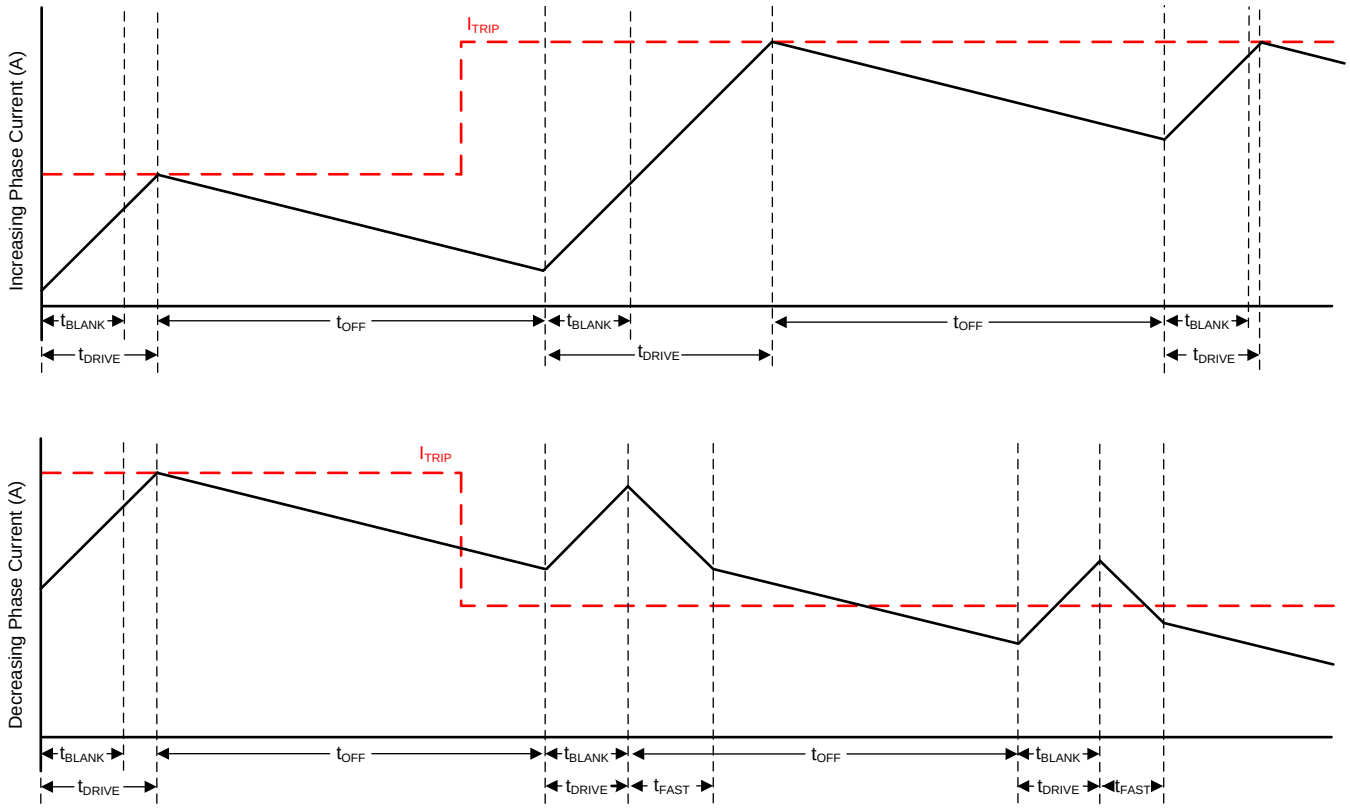


图 21. AutoTune 动态衰减模式

AutoTune 动态衰减通过在慢速、混合和快速衰减之间自动配置衰减模式，极大地简化了衰减模式选择。在混合衰减中，AutoTune 动态调整总混合衰减时间中快速衰减的百分比。此功能通过自动确定最佳衰减设置来消除电机调谐，从而产生最低的电机纹波。

衰减模式设置经由每个 PWM 周期进行迭代优化。如果电机电流超过目标跳变电平，则衰减模式在下一个周期变得更加激进（增加快速衰减百分比）以防止调节损失。如果必须长时间驱动才能达到目标跳变电平，则衰减模式在下一个周期变得不那么激进（去除快速衰减百分比），从而以更少的纹波实现更高效地运行。在步进下降时，AutoTune 动态衰减会自动切换到快速衰减，以便快速进入下一步进。

AutoTune 动态衰减最适合 需要 最小电流纹波但希望在电流调节方案中保持固定频率的应用。

7.3.7 消隐时间

在 H 桥接通电流后，电流检测比较器将在启用电流检测电路前被忽略一段时间 (t_{BLANK})。消隐时间还将设置 PWM 的最小驱动时间。表 7 显示了基于正弦表指数和转矩 DAC 设置的消隐时间。在 AutoTune 电流调节模式下，消隐时间固定为 1.0µs。请注意，转矩 DAC 指数与 表 3 中给出的每步进数据不同。

表 7. 自适应消隐时间随转矩 DAC 和细分变化的关系

t_{blank} = 1.5µs	t_{blank} = 1.0µs

正弦指数	转矩 DAC (TRQ)		
	100%	75%	50%
16	100%	75%	50%
15	98%	73.5	49%
14	96%	72%	48%
13	92%	69%	46%
12	88%	66%	44%
11	83%	62.3%	41.5%
10	77%	57.8%	38.5%
9	71%	53.3%	35.5%
8	63%	47.3%	31.5%
7	56%	42%	28%
6	47%	35.3	23.5%
5	38%	28.5	19%
4	29%	21.8%	14.5%
3	20%	15%	10%
2	10%	7.5%	5%
1	0%	0%	0%

7.3.8 电荷泵

集成了一个电荷泵以提供高侧 N 沟道 MOSFET 栅极驱动电压。需要在 VM 和 VCP 引脚之间为电荷泵设置一个电容作为储能电容。此外，还需要在 CPH 和 CPL 引脚之间设置一个陶瓷电容作为飞跨电容。

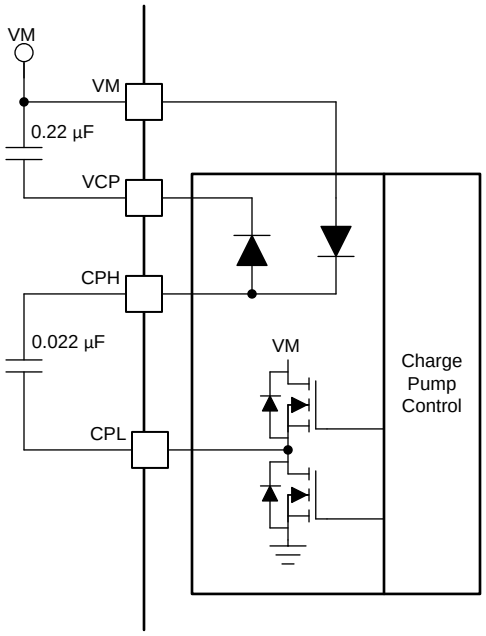


图 22. 电荷泵方框图

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

7.3.9 线性稳压器

DRV8886AT 器件中集成了一个线性稳压器。DVDD 稳压器可用于提供基准电压。为实现正常运行，请使用陶瓷电容将 DVDD 引脚旁路至 GND。

DVDD 输出的标称值为 3.3V。当 DVDD LDO 电流负载超过 1mA 时，输出电压显著下降。

AVDD 引脚还需要一个连接至 GND 的旁路电容。此 LDO 仅供 DRV8886AT 内部使用。

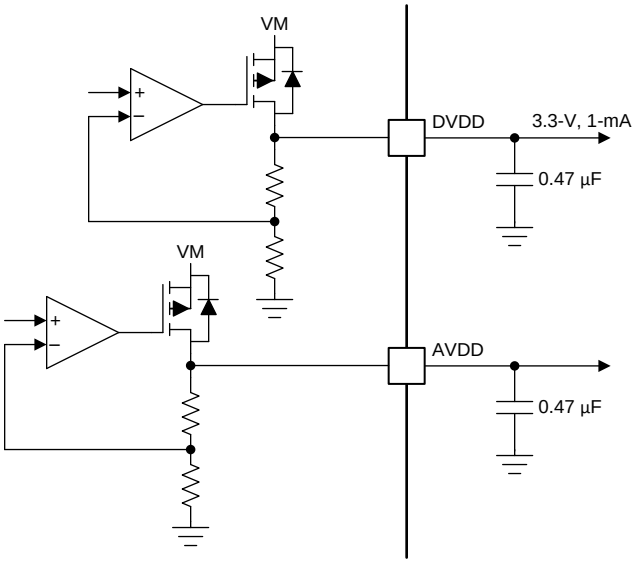


图 23. 线性稳压器方框图

如果数字输入必须永久连接高电平（即 Mx、DECAY 或 TRQ），则最好将输入连接到 DVDD 引脚而不是外部稳压器。当 VM 引脚未应用或处于休眠模式时，此方法可节省功耗：DVDD 稳压器被禁用，电流不会流经输入下拉电阻。作为参考，逻辑电平输入的典型下拉电阻为 100kΩ，三电平输入的典型下拉电阻为 60kΩ。

7.3.10 逻辑和多电平引脚图

图 24 显示了逻辑电平引脚 STEP、DIR、ENABLE、nSLEEP 和 M1 的输入结构。

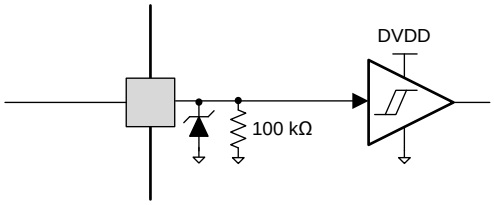


图 24. 逻辑电平输入引脚图

三电平逻辑引脚 M0 和 TRQ 具有 图 25 所示的结构。

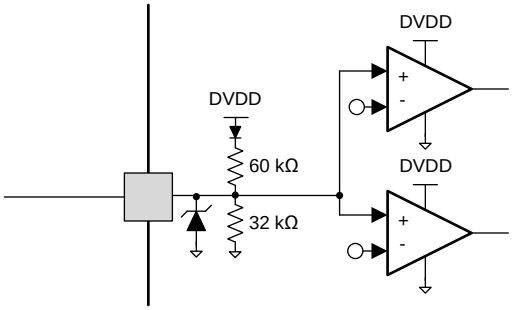


图 25. 三电平输入引脚图

四电平逻辑引脚 DECAY 具有 图 26 所示的结构。

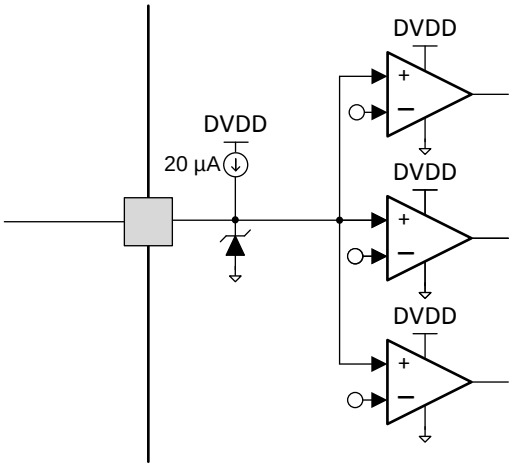


图 26. 四电平输入引脚图

7.3.11 保护电路

DRV8886AT 器件可完全防止电源欠压、电荷泵欠压、输出过流和器件过温事件。

7.3.11.1 VM 欠压锁定 (UVLO)

如果在任何时候，VM 引脚上的电压降至低于 VM 欠压锁定阈值电压 (V_{UVLO})，则 H 桥中的所有 MOSFET 将被禁用，电荷泵将被禁用，逻辑电平将被重置，nFAULT 引脚被驱动为低电平。当 VM 电压上升高于 V_{UVLO} 阈值时，操作将恢复。运行恢复后，nFAULT 引脚将被释放。将 VM 电压降低到此欠压阈值以下会重置分度器位置。

7.3.11.2 VCP 欠压锁定 (CPUV)

如果在任何时候，VCP 引脚上的电压降至低于电荷泵欠压锁定阈值电压 (V_{CPUV})，则 H 桥中的所有 MOSFET 将被禁用，且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。当 VCP 电压上升高于 V_{CPUV} 阈值时，操作将恢复。运行恢复后，nFAULT 引脚将被释放。

7.3.11.3 过流保护 (OCP)

每个 MOSFET 上的模拟电流限制电路通过移除栅极驱动来限制通过 MOSFET 的电流。如果此模拟电流限制持续时间长于 t_{OCP}，则 H 桥中的所有 MOSFET 将被禁用，nFAULT 引脚被驱动为低电平。

在 OCP 重试周期 (t_{RETRY}) 过后，驱动器将重新启用。重试时间过后，nFAULT 引脚再次变为高电平。如果故障仍然存在，则重复此过程。如果故障消失，则恢复正常运行并且 nFAULT 保持取消置位。

7.3.11.4 热关断 (TSD)

如果裸片温度超过 T_{TSD} 水平，则 H 桥中的所有 MOSFET 将被禁用，且 nFAULT 引脚被驱动为低电平。当裸片温度低于 T_{TSD} 水平时，运行将自动恢复。运行恢复后，nFAULT 引脚将被释放。

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

表 8. 故障条件汇总

故障	条件	错误报告	H 桥	电荷泵	分度器	DVDD	AVDD	恢复
VM 欠压 (UVLO)	VM < V_{UVLO} (最大 7.8V)	nFAULT	禁用	禁用	禁用	工作	禁用	VM > V_{UVLO} (最大 8.0V)
VCP 欠压 (CPUV)	VCP < V_{CPUV} (典型 VM + 2.0V)	nFAULT	禁用	工作	工作	工作	工作	VCP > V_{CPUV} (典型 VM + 2.7V)
过流 (OCP)	I_{OUT} > I_{OCP} (最小 3A)	nFAULT	禁用	工作	工作	工作	工作	t_{RETRY}
热关断 (TSD)	T_J > T_{TSD} (最小 150°C)	nFAULT	禁用	禁用	工作	工作	工作	T_J < T_{TSD} - T_{HYS} (T_{HYS} 典型值 20°C)

7.4 器件功能模式

DRV8886AT 器件处于活动状态，除非 nSLEEP 引脚为逻辑低电平。在休眠模式下，电荷泵被禁用，H 桥 FET 为禁用高阻态，并且稳压器被禁用。

注

必须在 nSLEEP 引脚上的下降沿之后经历 t_{SLEEP} 时间段后，器件才处于休眠模式。如果 nSLEEP 为逻辑高电平，则 DRV8886AT 器件自动退出休眠模式。

唤醒后，输出改变状态之前必须经过 t_{WAKE} 时间段。

TI 建议在脱离 nSLEEP 或接通电源时保持 STEP 引脚逻辑低电平。

如果 ENABLE 引脚变为逻辑低电平，则 H 桥输出被禁用，但内部逻辑仍然有效。STEP 的上升沿使分度器前进，但输出在 ENABLE 引脚置位之前不会改变状态。

表 9 列出了功能模式的汇总。

表 9. 功能模式汇总

条件		H 桥	电荷泵	分度器	DVDD	AVDD
工作	8V < VM < 40V nSLEEP 引脚 = 1 ENABLE 引脚 = 1	工作	工作	工作	工作	工作
禁用	8V < VM < 40V nSLEEP 引脚 = 1 ENABLE 引脚 = 0	禁用	工作	工作	工作	工作
休眠模式	8V < VM < 40 nSLEEP 引脚 = 0	禁用	禁用	禁用	禁用	禁用
遇到故障	VM 欠压 (UVLO)	禁用	禁用	禁用	工作	禁用
	VCP 欠压 (CPUV)	禁用	工作	工作	工作	工作
	过流 (OCP)	禁用	工作	工作	工作	工作
	热关断 (TSD)	禁用	禁用	工作	工作	工作

8 应用和实现

注

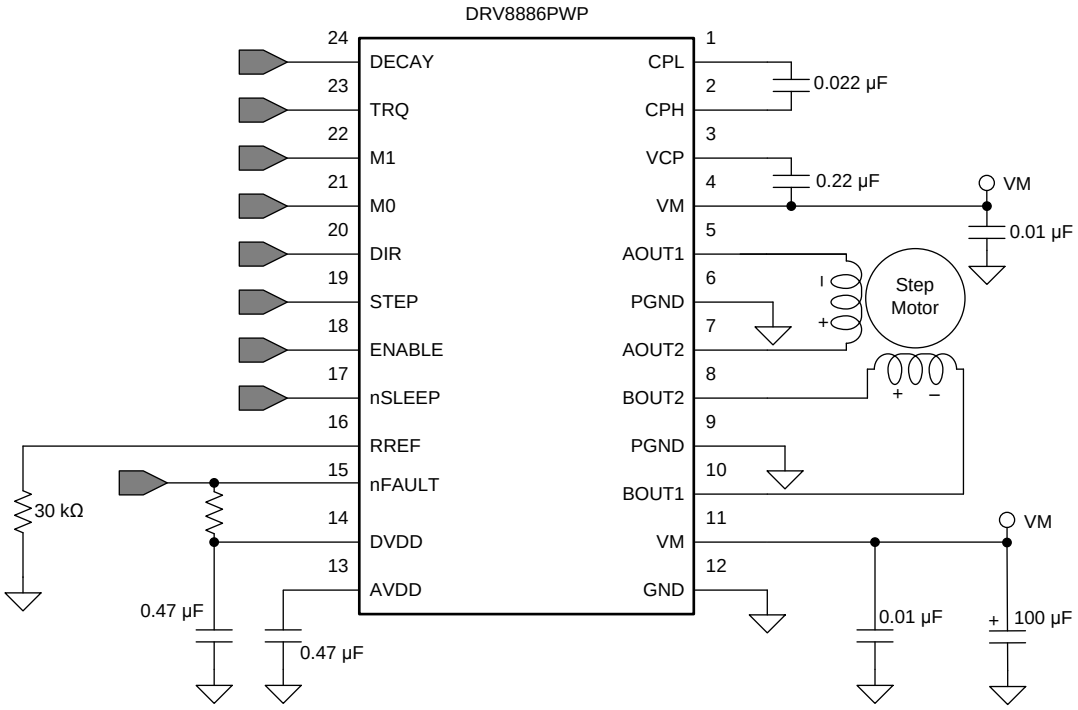
以下 应用 部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

DRV8886AT 器件用于双极步进控制。

8.2 典型应用

以下设计过程可用于配置 DRV8886AT 器件。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 27. 典型应用原理图

8.2.1 设计要求

表 10 列出了系统设计的设计输入参数。

表 10. 设计参数

设计参数	基准	示例值
电源电压	VM	24V
电机绕组电阻	R_L	2.6 Ω/相
电机绕组电感	L_L	1.4mH/相
电机全步进角	θ_{step}	1.8°/步
目标细分级别	n_m	1/8 步进
目标电机转速	v	120rpm
目标满量程电流	I_{FS}	2.0A

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

8.2.2 详细设计流程

8.2.2.1 步进电机转速

配置 DRV8886AT 器件时，第一步需要确定所需的电机转速和细分级别。如果目标应用需要恒定转速，则必须将频率为 f_{step} 的方波施加到 STEP 引脚。

如果目标电机转速过高，则电机不会旋转。请确保电机可以支持目标转速。

使用 公式 3 计算所需电机转速 (v)、细分级别 (n_m) 和电机全步进角 (θ_{step}) 对应的 f_{step}

$$f_{step}\ (\text{steps / s}) = \frac{v\ (\text{rpm}) \times 360\ (°/\text{rot})}{\theta_{step}\ (°/\text{step}) \times n_m\ (\text{steps / microstep}) \times 60\ (\text{s / min})} \tag{3}$$

θ_{step} 的值载于步进电机数据表中或印于电机上。

对于 DRV8886AT 器件，细分级别由 Mx 引脚设置，可以是 表 11 中列出的任何设置。更高的细分会带来更平滑的电机运动和更轻的可闻噪声，但会增加开关损耗，且需要更高的 f_{step} 才能实现相同的电机转速。

表 11. 细分分度器设置

M1	M0	步进模式
0	0	全步进（两相励磁），电流为 71%
0	1	1/16 步进
1	0	1/2 步进
1	1	1/4 步进
0	Z	1/8 步进
1	Z	非循环 1/2 步进

例如，对于 120rpm 的目标，在 1/8 细分模式下，电机步进角为 1.8°/步。

$$f_{step}\ (\text{steps / s}) = \frac{120\ \text{rpm} \times 360°/\text{rot}}{1.8°/\text{step} \times 1/8\ \text{steps / microstep} \times 60\ \text{s / min}} = 3.2\ \text{kHz} \tag{4}$$

8.2.2.2 电流调节

在步进电机中，满量程电流 (I_{FS}) 是通过任一绕组的最大电流。该值大小取决于 RREF 电阻和 TRQ 设置。在步进期间，I_{FS} 为最大电流阶跃定义了电流斩波阈值 (I_{TRIP})。

$$I_{FS}\ (\text{A}) = \frac{A_{RREF}\ (\text{k}\Omega)}{\text{RREF}\ (\text{k}\Omega)} = \frac{30\ (\text{k}\Omega) \times \text{TRQ}\%}{\text{RREF}\ (\text{k}\Omega)} \tag{5}$$

注

I_{FS} 电流也必须遵循 公式 6，以避免电机饱和。VM 是电机电源电压，R_L 是电机绕组电阻。

$$I_{FS}\ (\text{A}) < \frac{\text{VM}\ (\text{V})}{R_L\ (\Omega) + 2 \times R_{DS(ON)}\ (\Omega)} \tag{6}$$

8.2.2.3 衰减模式

DRV8886AT 器件支持三种不同的衰减模式：慢速衰减、慢速混合和全混合衰减。通过电机绕组的电流使用可调节的固定时间关断方案进行调节，这意味着在任何驱动阶段之后，当电机绕组电流达到电流斩波阈值 (I_{TRIP}) 时，DRV8886AT 会在 t_{OFF} 时间内将绕组置于三种衰减模式之一。t_{OFF} 之后，新的驱动阶段开始。

消隐时间 t_{BLANK} 定义了 PWM 电流斩波的最小驱动时间。在 t_{BLANK} 期间，I_{TRIP} 将被忽略，因此绕组电流可能会超过跳变电平。

8.2.3 应用曲线

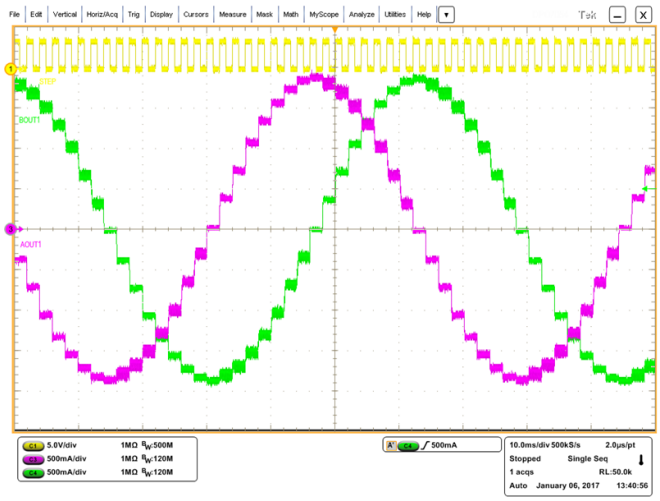


图 28. 慢速混合衰减下的 1/8 细分

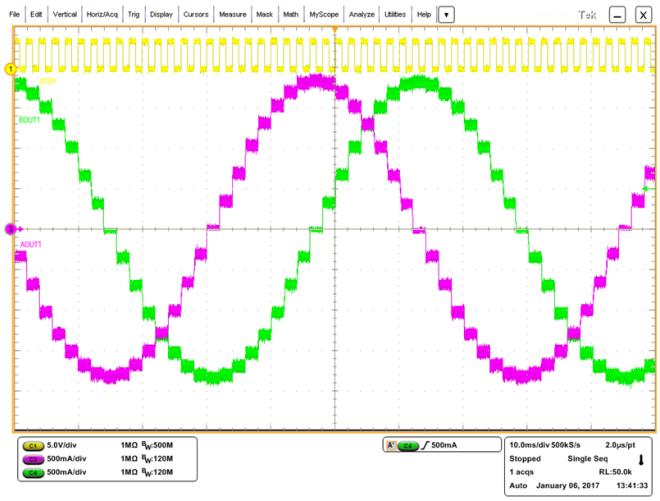


图 29. 混合 30 - 混合 30 衰减下的 1/8 细分

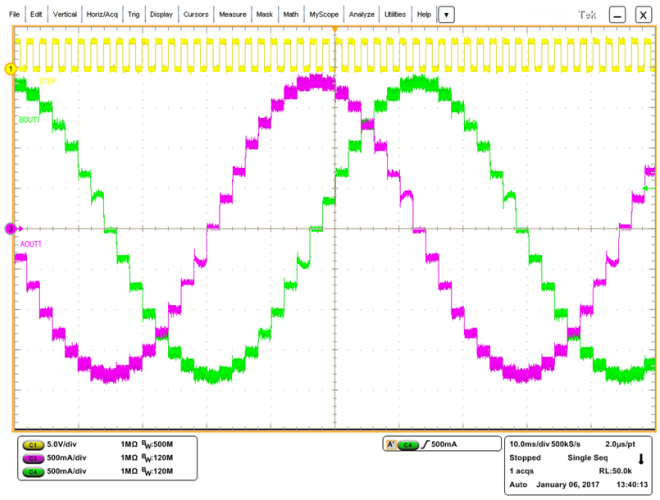


图 30. AutoTune 纹波控制下的 1/8 细分

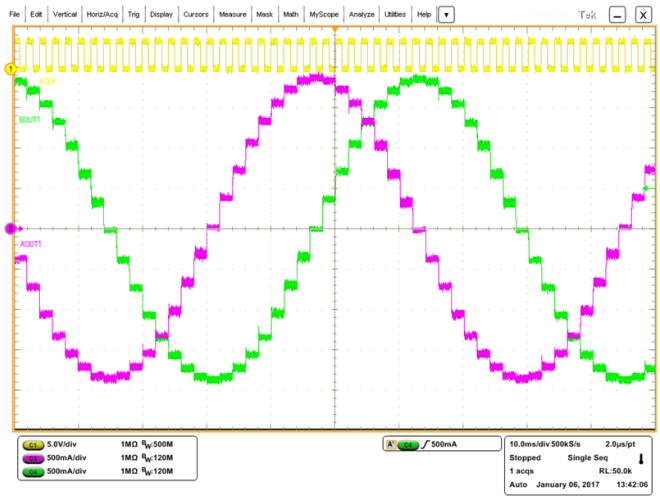


图 31. AutoTune 动态衰减下的 1/8 细分

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

9 电源建议

DRV8886AT 器件可在 8V 至 37V 的输入电压电源 (VM) 范围内正常工作。必须在每个 VM 引脚处放置一个额定电压为 VM 的 0.01µF 陶瓷电容，该电容要尽可能靠近 DRV8886AT 器件。此外，VM 上必须放置一个大容量电容。

9.1 大容量电容

配备合适的局部大容量电容是电机驱动系统设计中的重要因素。使用更多的大容量电容通常是有益的，但缺点在于这会增加成本和物理尺寸。

所需的局部电容数量取决于多种因素，包括：

- 电机系统所需的最高电流
- 电源的电容和拉电流的能力
- 电源和电机系统之间的寄生电感量
- 可接受的电压纹波
- 使用的电机类型（有刷直流、无刷直流、步进电机）
- 电机制动方法

电源和电机驱动系统之间的电感将限制电流可以从电源变化的速率。如果局部大容量电容太小，系统将以电压变化的方式对电机中的电流不足或过剩电流作出响应。当使用足够多的大容量电容时，电机电压保持稳定，可以快速提供大电流。

数据表通常会给出建议值，但需要进行系统级测试来确定大小适中的大容量电容。

大容量电容的额定电压应高于工作电压，以在电机将能量传递给电源时提供裕度。

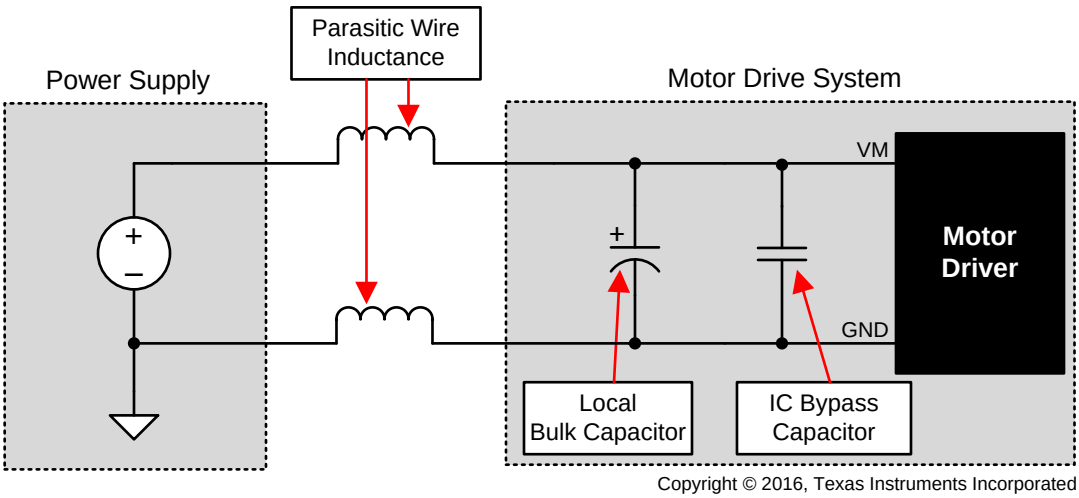


图 32. 带外部电源的电机驱动系统示例设置

10 布局

10.1 布局指南

应使用一个推荐电容值为 0.01µF 且额定电压为 VM 的低 ESR 陶瓷旁路电容将 VM 引脚旁路至 GND。该电容应尽可能靠近 VM 引脚放置，并通过较宽的迹线或通过接地平面与器件 GND 引脚连接。

必须使用额定电压为 VM 的大容量电容将 VM 引脚旁路至接地。该组件可以是电解电容。

必须在 CPL 和 CPH 引脚之间放置一个低 ESR 陶瓷电容。建议使用一个电容值为 0.022µF、额定电压为 VM 的电容。将此组件尽可能靠近引脚放置。

必须在 VM 和 VCP 引脚之间放置一个低 ESR 陶瓷电容。建议使用一个电容值为 0.22µF、额定电压为 16V 的电容。将此组件尽可能靠近引脚放置。

使用额定电压为 6.3V 的低 ESR 陶瓷电容将 AVDD 和 DVDD 引脚旁路至接地。将旁路电容尽可能靠近引脚放置。

10.2 布局示例

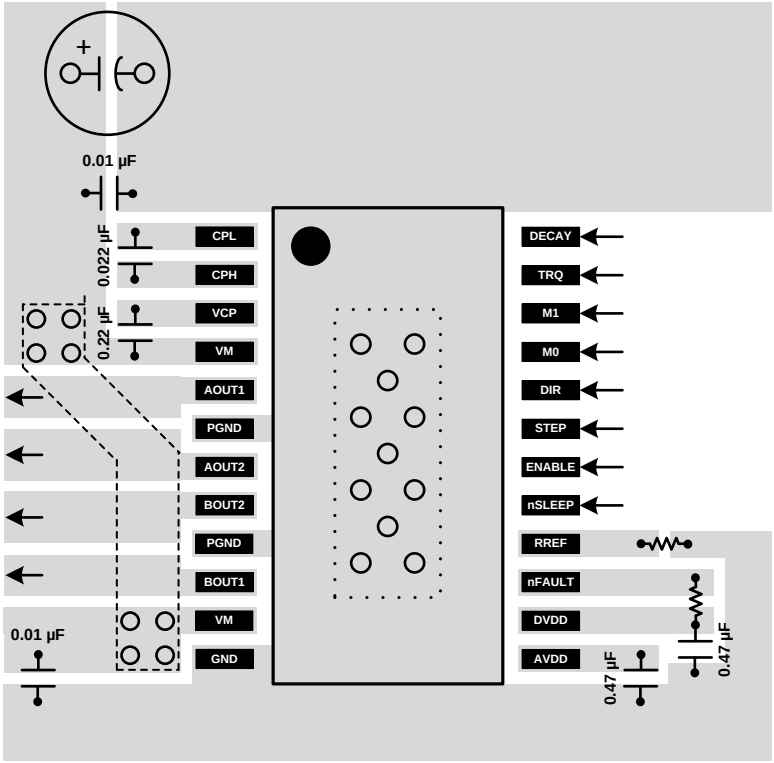


图 33. 布局建议

版权 © 2017–2018, Texas Instruments Incorporated

11 器件和文档支持

11.1 文档支持

11.1.1 相关文档

请参阅如下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*《计算电机驱动器的功耗》应用报告*
- 德州仪器 (TI)，*《电流再循环和衰减模式》应用报告*
- 德州仪器 (TI)，*《DRV8886AT 评估模块用户指南》*
- 德州仪器 (TI)，*《使用数模转换器 (DAC) 调节满标量程电流》 应用报告*
- 德州仪器 (TI)，*《AutoTune™ 如何调节步进电机中的电流》 白皮书*
- 德州仪器 (TI)，*《工业电机驱动解决方案指南》*
- 德州仪器 (TI)，*《PowerPAD™ 速成》应用报告*
- 德州仪器 (TI)，*《PowerPAD™ 热增强型封装》应用报告*
- 德州仪器 (TI)，*《使用 AutoTune™ 轻松实现步进电机》 白皮书*
- 德州仪器 (TI)，*《了解电机驱动器电流额定值》应用报告*

11.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 TI.com.cn 上的器件产品文件夹。单击右上角的*通知我* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

11.3 社区资源

下列链接提供到 TI 社区资源的连接。链接的内容由各个分销商“按照原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 《使用条款》。

TI E2E™ 在线社区 ***TI 的工程师对工程师 (E2E) 社区。***此社区的创建目的在于促进工程师之间的协作。在 e2e.ti.com 中，您可以咨询问题、分享知识、拓展思路并与同行工程师一道帮助解决问题。

设计支持 ***TI 参考设计支持*** 可帮助您快速查找有帮助的 E2E 论坛、设计支持工具以及技术支持的联系信息。

11.4 商标

AutoTune, PowerPAD, E2E are trademarks of Texas Instruments.
All other trademarks are the property of their respective owners.

11.5 静电放电警告

这些装置包含有限的内置 ESD 保护。 存储或装卸时，应将导线一起截短或将装置放置于导电泡棉中，以防止 MOS 门极遭受静电损伤。

11.6 术语表

SLYZ022 — *TI 术语表*。

这份术语表列出并解释术语、缩写和定义。

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件的最新可用数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。如需获取此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
DRV8886ATPWPR	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 24	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8886AT
DRV8886ATPWPR.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 24	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8886AT
DRV8886ATRHRR	Active	Production	WQFN (RHR) | 28	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	8886AT
DRV8886ATRHRR.A	Active	Production	WQFN (RHR) | 28	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	8886AT
DRV8886ATRHRT	Obsolete	Production	WQFN (RHR) | 28	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	8886AT

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

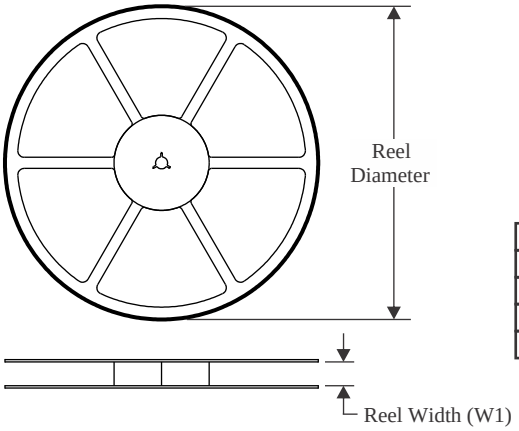
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

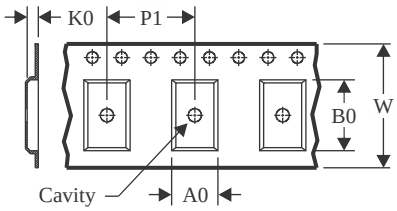
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

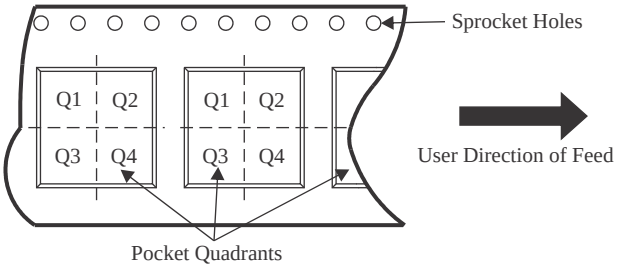


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

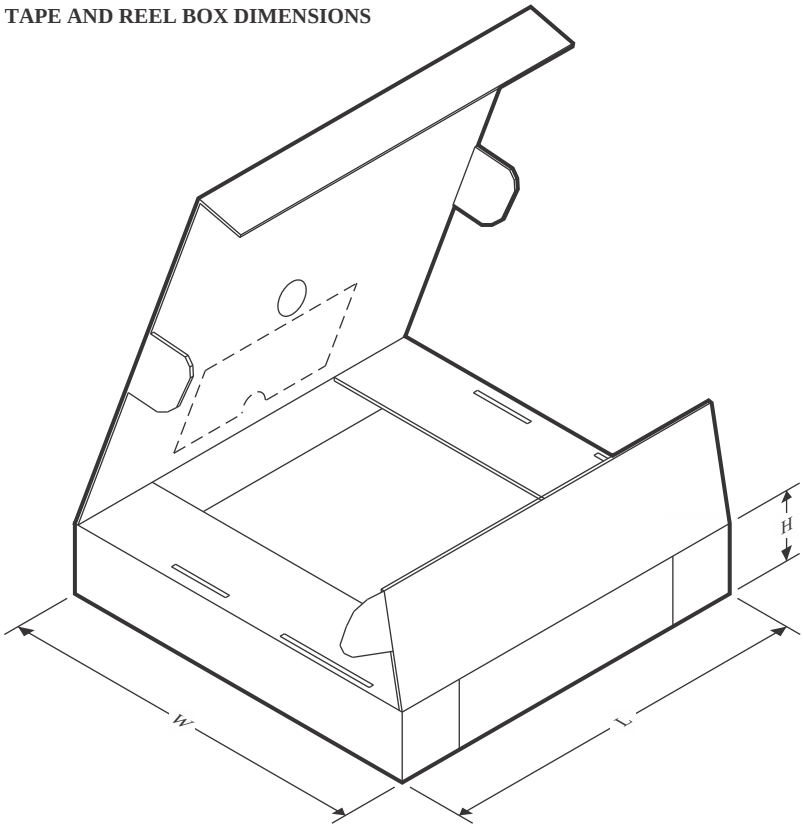
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
DRV8886ATPWPR	HTSSOP	PWP	24	2000	330.0	16.4	6.95	8.3	1.6	8.0	16.0	Q1
DRV8886ATRHRR	WQFN	RHR	28	3000	330.0	12.4	3.8	5.8	1.2	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
DRV8886ATPWPR	HTSSOP	PWP	24	2000	350.0	350.0	43.0
DRV8886ATRHRR	WQFN	RHR	28	3000	367.0	367.0	35.0

GENERIC PACKAGE VIEW

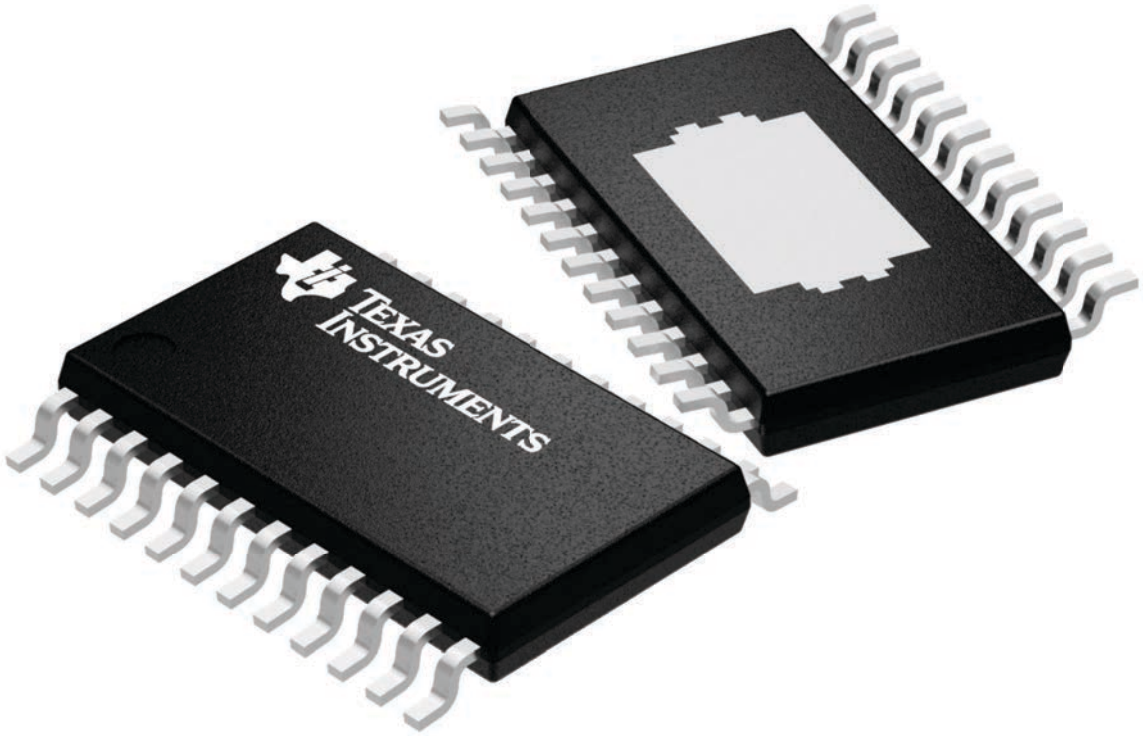
PWP 24

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

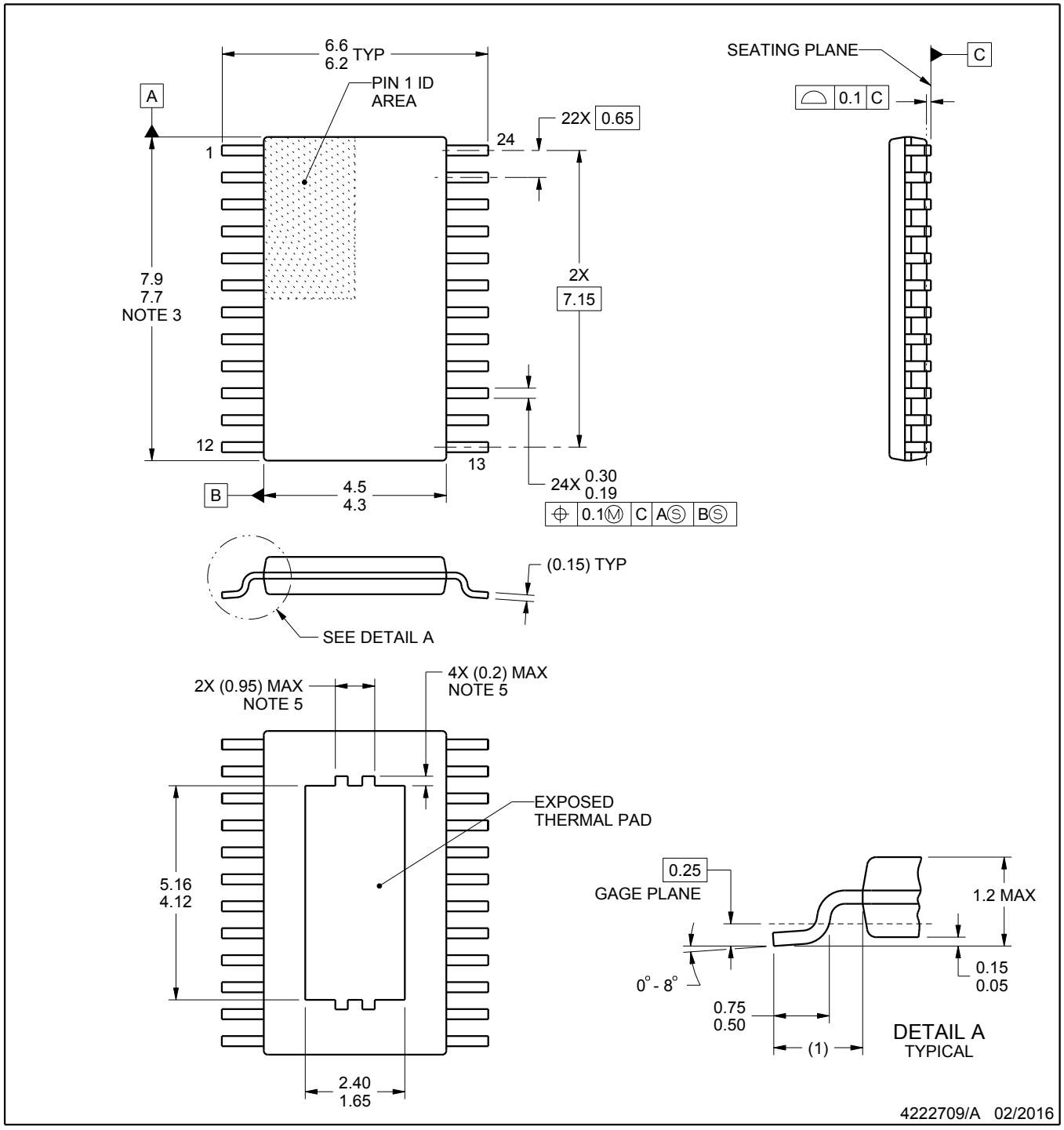
4.4 x 7.6, 0.65 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



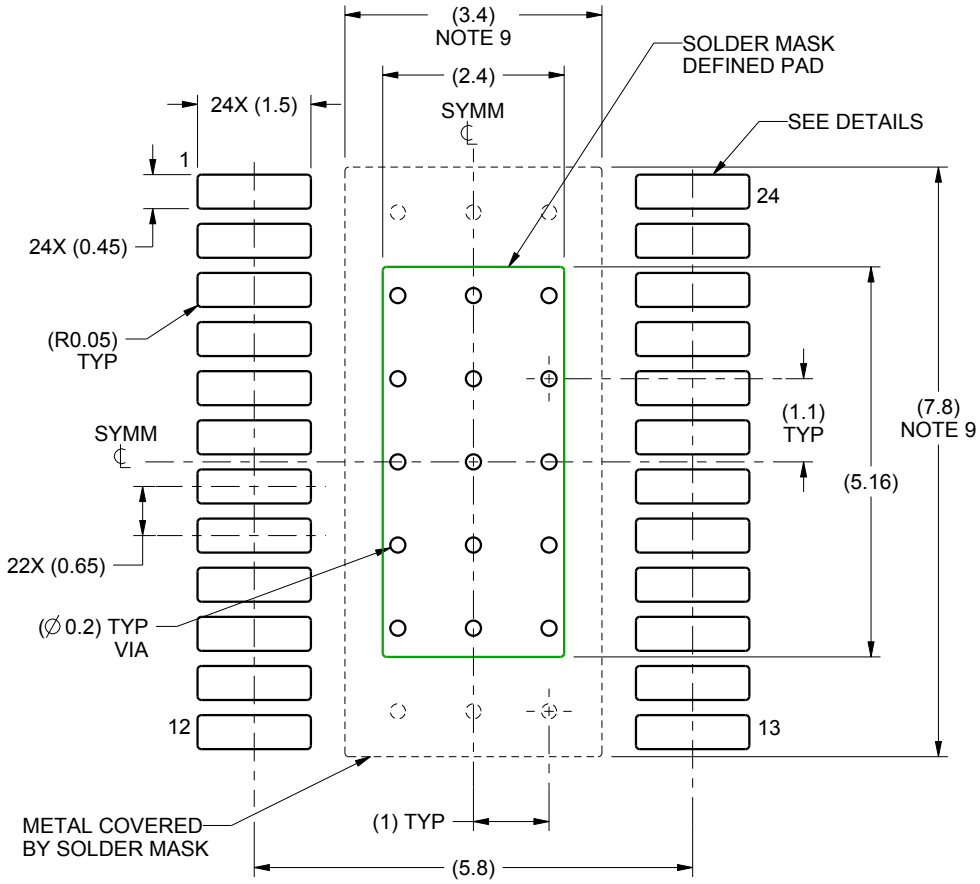
4224742/B



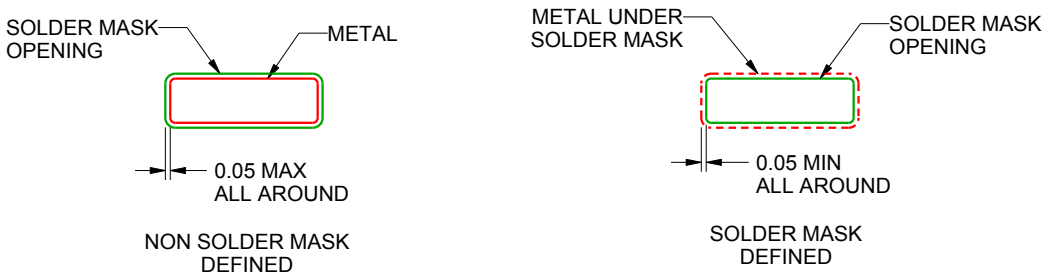
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may not be present and may vary.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:10X

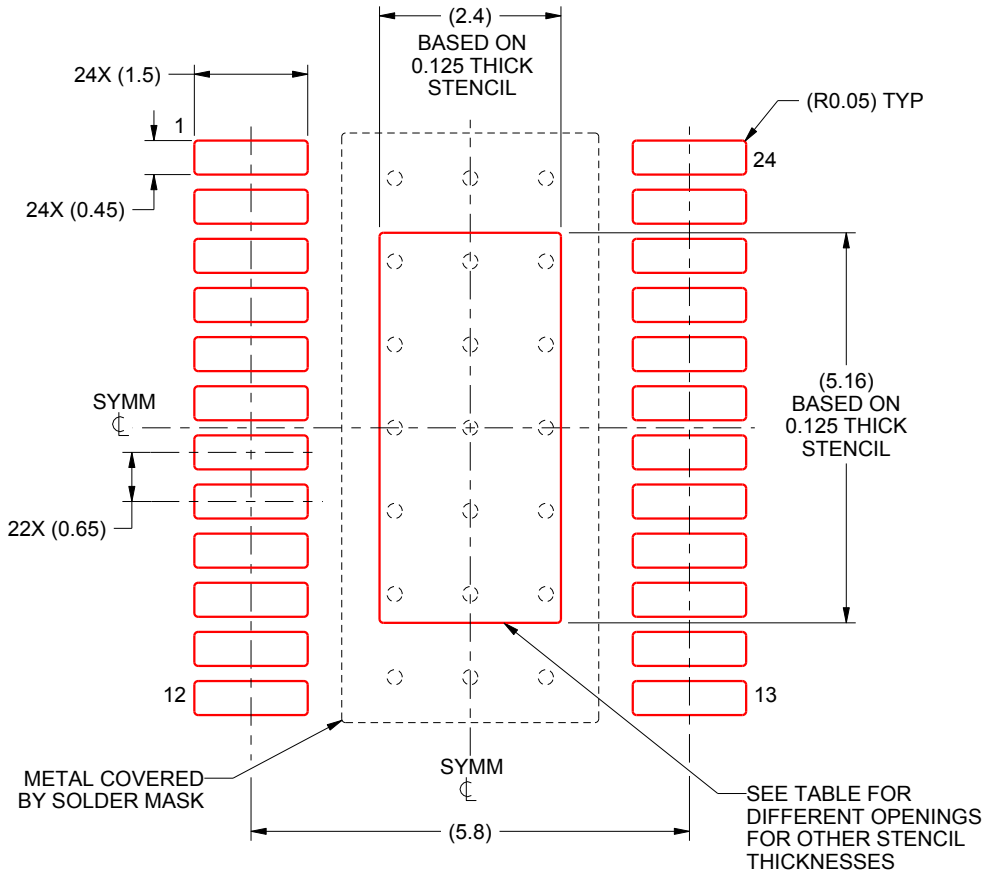


SOLDER MASK DETAILS
PADS 1-24

4222709/A 02/2016

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.



SOLDER PASTE EXAMPLE
EXPOSED PAD
100% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:10X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	2.68 X 5.77
0.125	2.4 X 5.16 (SHOWN)
0.15	2.19 X 4.71
0.175	2.03 X 4.36

4222709/A 02/2016

NOTES: (continued)

10. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
11. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

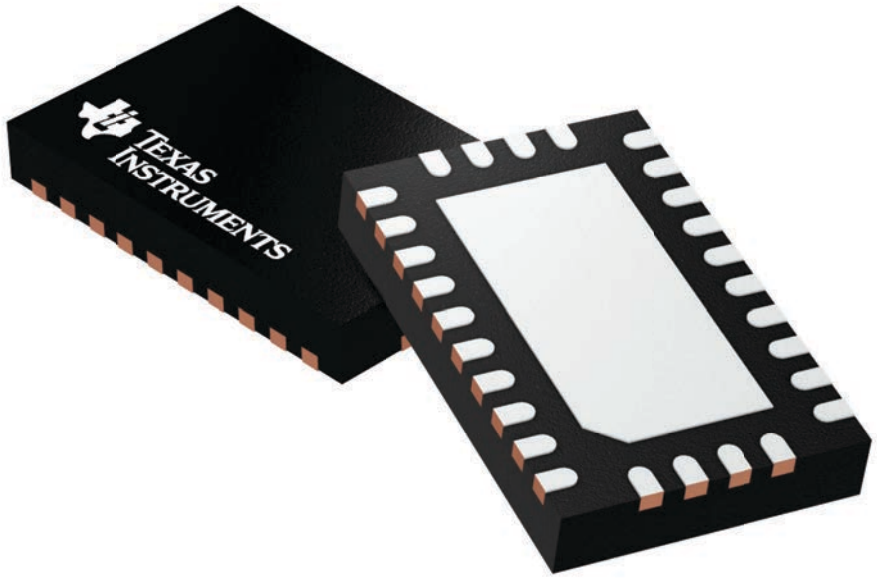
GENERIC PACKAGE VIEW

RHR 28

WQFN - 0.8 mm max height

3.5 x 5.5, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

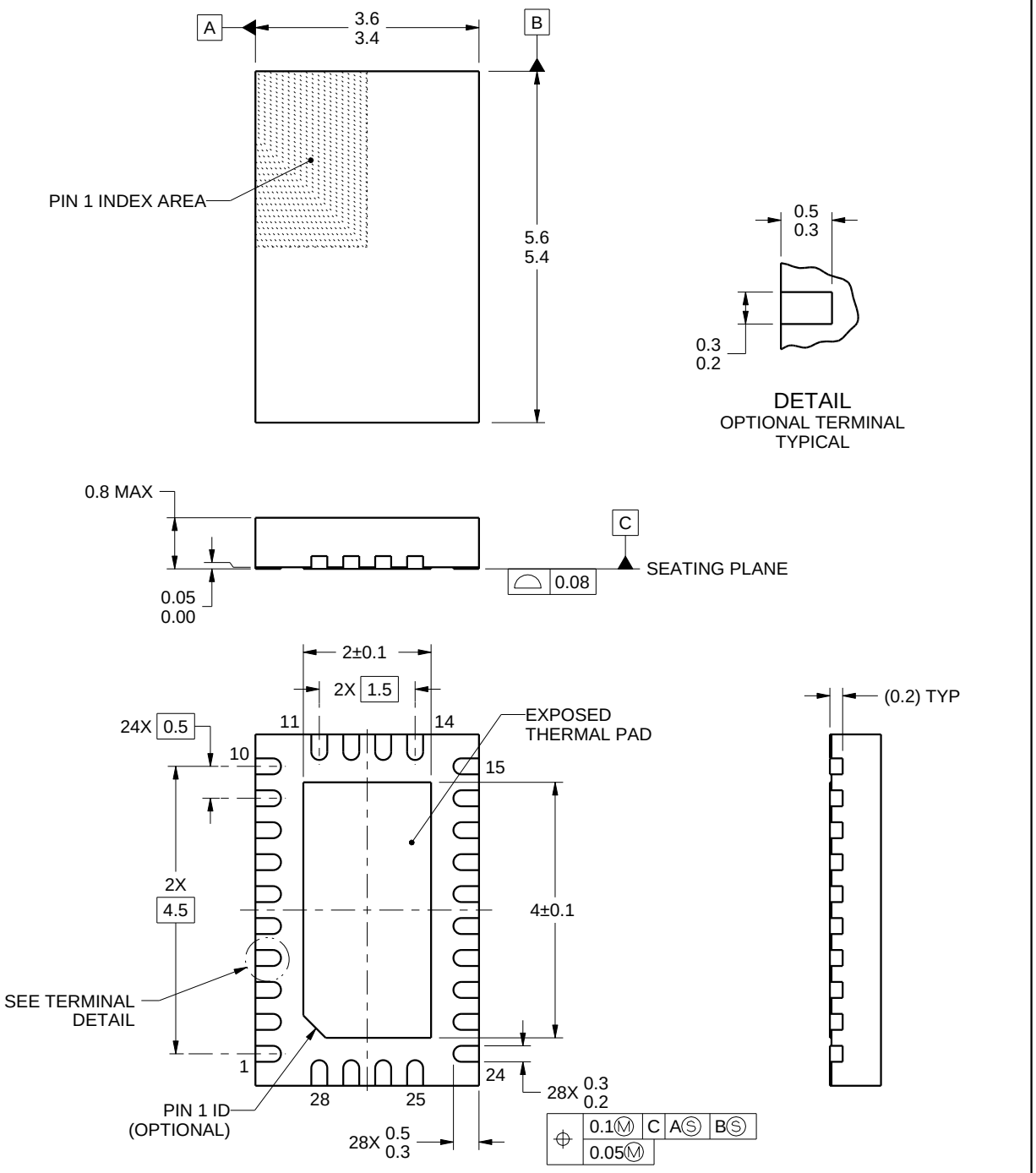
4210249/B

PACKAGE OUTLINE

RHR0028A

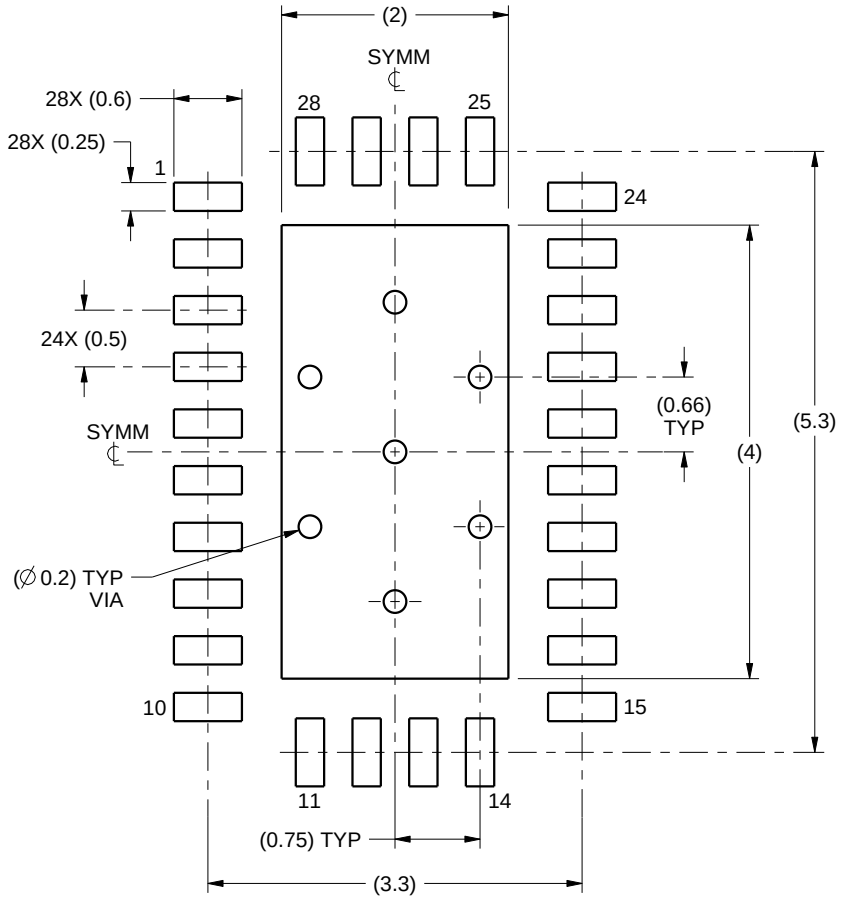
WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

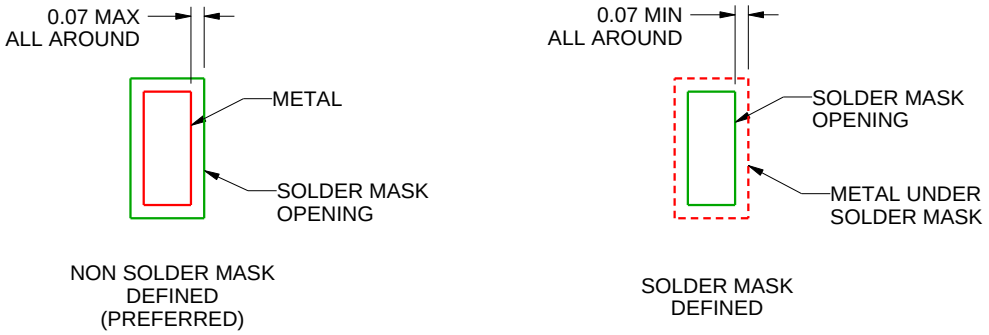


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:15X

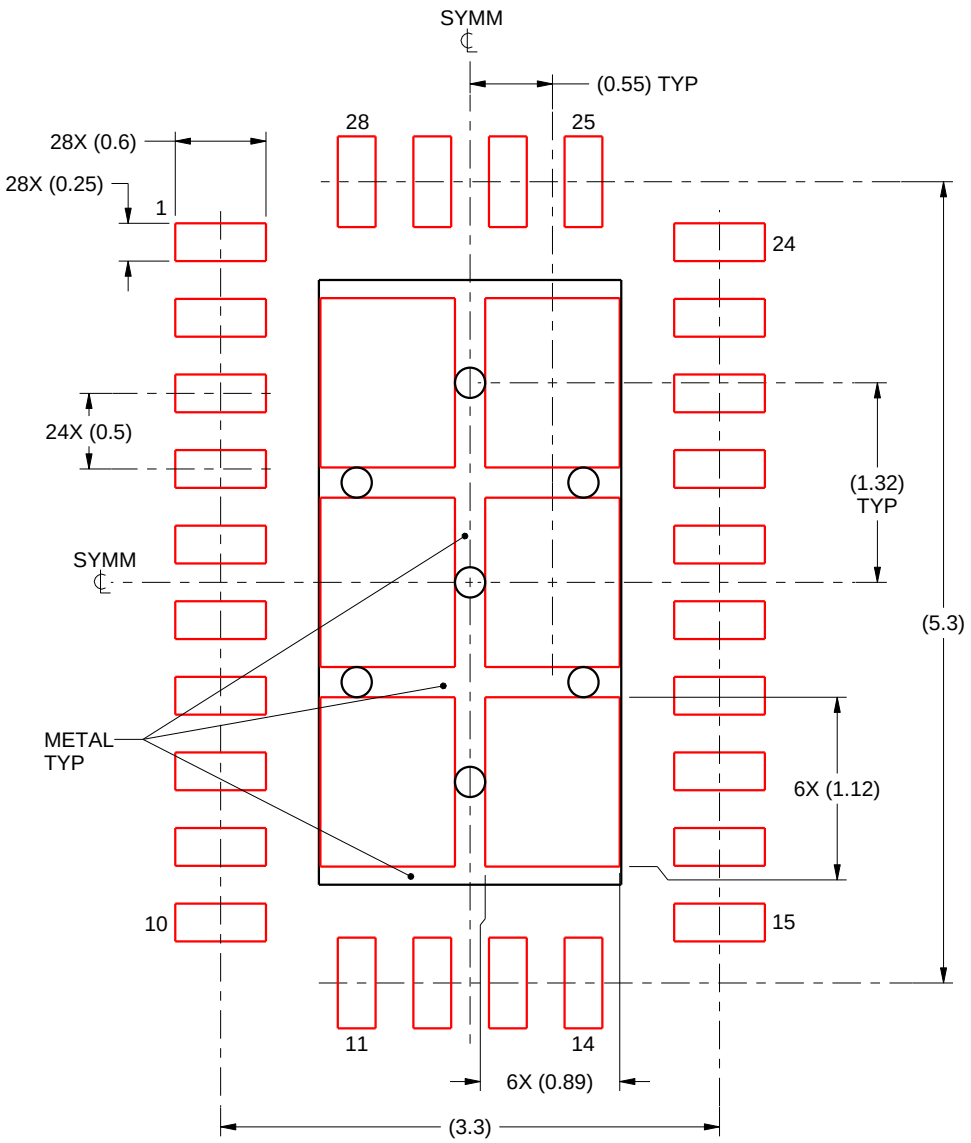


SOLDER MASK DETAILS

4219075/A 11/2014

NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD
75% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:20X

4219075/A 11/2014

NOTES: (continued)

5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月