

特性描述

TM6603 是一款专为解决在驱动偏心转子马达驱动器 (ERM) 触觉反馈元件中常见障碍的触觉反馈驱动器。TM6603 还被用于为具有低延迟、极高的效率、以及大驱动强度的便携式器件中常用驱动器提供驱动力量。TM6603 自动输入电平转换在无需增加额外的外部元件的情况下解决了低电压 PWM源的问题，所以如果数字I/O电平变化时，输出电压不会改变。TM6603 还有电源校正功能来确保无电源调节时的恒定振动强度，从而允许与一个高效直流电池连接。本产品性能优良，质量可靠。

功能特点

- 灵活触控反馈/Vibra驱动程序-ERM(偏心转子马达)
- 持续振动强度超过供应范围
- 自动输入电平转换
- 0%到 100%占空比控制范围
- 2. 7V至 5. 2V的宽电源电压范围
- 1. 8V兼容，5V容限数字引脚
- 封装形式：SOT23-6、DFN6LE
- 应用领域：移动电话、平板电脑、支持触控的器件

管脚排列

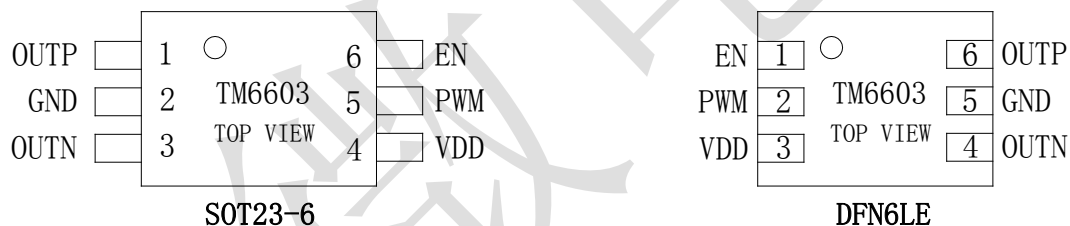


图 1

管脚功能

引脚名称	引脚序号		I/O	功能说明
	SOT23-6	DFN6LE		
OUTP	1	6	-	正触觉驱动器差分输出
GND	2	5	-	地
OUTN	3	4	-	负触觉驱动器差分输出
VDD	4	3	-	电源输入
PWM	5	2	-	输入信号
EN	6	1	--	使能，高有效



集成电路系静电敏感器件，在干燥季节或者干燥环境使用容易产生大量静电，静电放电可能会损坏集成电路，天微电子建议采取一切适当的集成电路预防处理措施，不正当的操作焊接，可能会造成 ESD 损坏或者性能下降，芯片无法正常工作。

电气特性

极限工作条件

参数名称	参数符号	极限值	单位
工作电压	Vdd	-0.3~6.0	V
输入电压	Vin	-0.3~VDD+0.3	V
环境温度范围	Ta	-40~85	°C
结温	Tj	-40~150	°C
存储温度范围	Tstg	-65~150	°C
ESD	HBM (人体模型)	±2	KV
	MM (机器型号)	±500	V

(1) 芯片长时间工作在上述极限参数条件下, 可能造成器件可靠性降低或永久性损坏, 天微电子不建议实际使用时任何一项参数达到或超过这些极限值。

(2) 所有电压值均相对于系统地测试。

推荐工作条件

在 VDD=5V 和 TA=+25°C 测试条件下			TM6603			单位
参数名称	参数符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	
电源电压	Vdd	VDD	2.7		5.2	V
PWM 输入频率	Fpwm		10		250	kHz
负载阻抗	RL	VDD=5.2V	8			Ω
数字输入低电压	Vil	EN, PWM			0.6	V
数字输入高电压	Vih	EN, PWM	1.2			V
环境温度范围	Ta		-40		85	°C
结到环境热阻	Rθja			153.7		°C/W
结到箱(顶)热阻	Rθjc(top)			86		°C/W
接点板热阻	Rθjb			70.4		°C/W
连接到顶部表征参数	ψjt			1.3		°C/W
点对板特性参数	ψjb			70.4		°C/W

电气特性

在 VDD=5V 和 TA=+25°C 测试条件下			TM6603			单位
参数名称	参数符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	
数字输入低电流	Iil	EN, PWM, VDD=5.0V, VIN=0V			1	μA
数字输入大电流	Iih	EN=VDD=5.0V, VIN=VDD			6	μA
		PWM, VDD=5.0V, VIN=VDD			3	μA
关闭电流	I _{sd}	VEN = 0 V		0.3	3	μA
静态电流	I _{ddq}	VEN = VDD, ERM 模式, 50% 占空比输入周期, 空载		1.7	2.5	mA
停机时输出阻抗	R _{out}	OUT+ to GND, OUT- to GND		15		kΩ
启动时间	t _{su}	从 EN 高到输出信号的时间		1.3		ms
PWM 输出频率	f _{sw}		19.5	20.3	21.5	kHz
正常工作时的平均电流	I _{bat, avg}	占空比 = 80%, ERM 模式, RL = 17 Ω, 2V rated ERM		59		mA
漏源电阻, 高侧	R _{ds-hs}			1.05		Ω
漏源电阻, 低侧	R _{ds-ls}			0.85		Ω

差分输出电压	Vout	占空比= 100%, ERM 模式, 负载 = 20 Ω ERM		3.3 3.3		V V
热阈值				145		° C
热滞后现象				18		° C

参数测量

测试设置图

TM6603 的输出波形可连接示波器查看。

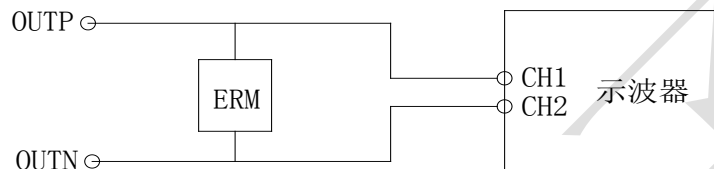


图 2

功能说明

1. 用于恒定振动强度的电源电压抑制与 PWM 输入逻辑电平

TM6603 具有电源反馈，因此不需要外部电源调节。如果电源电压随着时间的推移（例如，由于电池放电消耗），只要有足够的电源电压来维持所需的输出电压，振动强度将保持不变。TM6603 可以直接连接到电池。只要 PWM 端口输入电压满足 VIH 和 VIL 电平，即使数字电平不同，振动强度也会保持不变。

2. 过温和过流保护防护

TM6603 芯片过温保护时将关闭设备，以防止内部过热，典型的超温阈值请参阅电气规格表。同时还具有过电流保护，用于防止短路条件下的损坏，这个过流保护监控电流来自 VDD, GND, OUT+ 和 OUT-。典型过流阈值请参阅电气规格表。

3. 边缘率控制

TM6603 输出驱动器实现了边缘速率控制 (Erc)。这确保了输出驱动器的上升和下降特性不释放可能干扰移动和便携式平台中的其他电路的辐射电平。由于 ErC，不需要任何输出滤波器或电感。

4. 偏心转子马达 (ERM)

偏心转子马达或称 ERMs，通常是直流控制的杆状或硬币状电机。根据其两端的电压极性，可以沿顺时针方向或逆时针方向驱动 ERM。在一个单一的供电系统中，双向驱动是可能的，差分输出能够提供和吸收电流。这一特性有助于消除在触觉反馈系统中不需要的长振动尾。

驱动直流电动机的另一种常用方法是过驱动电压的概念。为了克服电机质量的惯性，它们通常在短时间内被过度驱动，然后回到电机的额定电压以维持电机的旋转。反向过驱通过反转驱动线圈的磁场来快速制动 ERM 电机。

应用信息

1. 应用简介

TM6603 芯片用于驱动触觉反馈的 ERM 电机。ERM 可用于许多触觉反馈应用，包括振动报警、用于触摸表面或屏幕通信的高级振动、按钮替换和触觉反馈。

TM6603 输出采用 PWM 输入控制。PWM 的占空比决定了输出波形的振幅。通过改变占空比，可以创建

高级触觉模式和程序，例如点击，颠簸，脉冲，斜坡等等。

如果PWM端口不可用，则TM6603的PWM引脚可以用GPIO控制；此时，TM6603将只作为一个开关。当GPIO为高时，输出为100%；当GPIO为低时，输出为-100%（相反方向）。

TM6603 芯片提供是一款紧凑，低成本的 ERM 电机驱动解决方案的。大多数竞争解决方案需要用于偏置或电平移动外部组件，但 TM6603 只需要一个去耦电容器，总的近似电路尺寸为 2 毫米×2 毫米。这个小的解决方案具有电平转换输入，制动微分输出、过压恒定驱动强度、边缘速率控制，以及宽输入 PWM 频率范围等特性。

TM6603 采用简单的控制方案。100%输入占空比提供最大强度正向旋转，50%输入占空比不提供旋转强度，0%占空比提供最大强度反向旋转。在 ERM 系统中，使用电机速度进行反向旋转，以实现电机制动。在不同的时间内，接不同占空比，输出端会产生触觉马达控制信号，以精确地驱动电机。

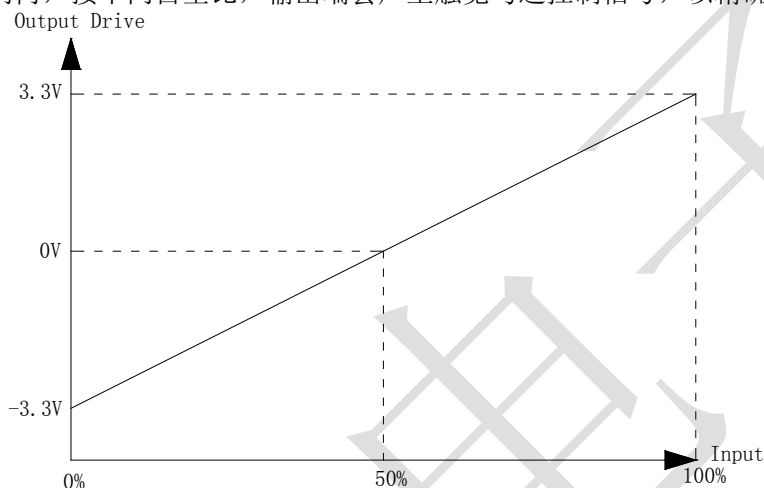


图 3

在 ERM 模式下，TM6603 满量程、空载输出电压为 3.6V。标称 RDS 为 1.9Ω。当满量程驱动 20Ω ERM 时，在输出端看到的差动电压是 3.3V，当驱动 10Ω ERM 时，输出电压约为 3V。图中输出电压和输入占空比的函数关系式见下公式。

$$V_{OUT(RMS)} = V_{OUT(FULL-SCALE)} \left[\frac{Input\ Duty\ Cycle\ \%}{50} - 1 \right]$$

由于 TM6603 包括恒定的输出驱动电源电压和可调节的输出 PWM 占空比，所以无论供电电压如何变化，上述公式都是正确的。输出 ERM 模式中的占空比可以由以下方程来近似求得。

$$Output\ Duty\ Cycle\ (\%) = \frac{V_{OUT(FULL-SCALE)}}{VDD} \left[\frac{Input\ Duty\ Cycle\ \%}{50} - 1 \right] 100\%$$

2. 典型应用

下图是 ERM 应用配置。

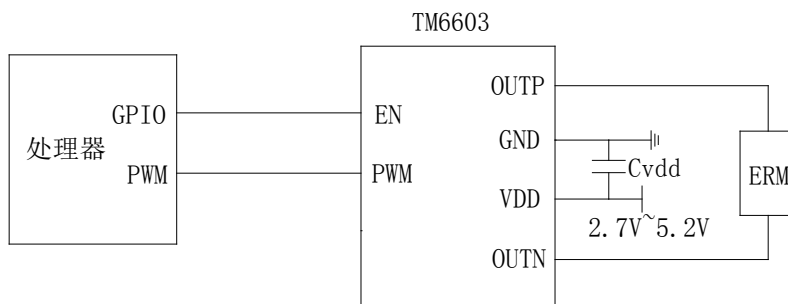


图 4

2.1 详细的设计步骤

2.1.1 驱动器选择

选择驱动器要参考许多因素，包括成本、形状因子、振动强度、功耗要求、触觉锐度、可靠性和可听噪声性能。驱动器的选择是触觉系统最重要的设计考虑之一，因此驱动器应该是第一个在设计系统时要考虑的组件。如下可以用来选择所需的最小供电电压。

- 1、在驱动器数据表中找到额定/最大工作电压；有些驱动器数据表可能只有额定电压列出。
- 2、使用更大的额定值和最大工作电压加上 250mV 就是最小操作电压。增加 250mV 为内部驱动器损失提供了操作余量。
- 3、检查电源电压，以确保达到预期的输出。还需要根据负载求出最小供电电流。比较电池或电压的驱动能力以确保足够的功率来驱动驱动器数据表中的负载。

2.1.2 电源选择

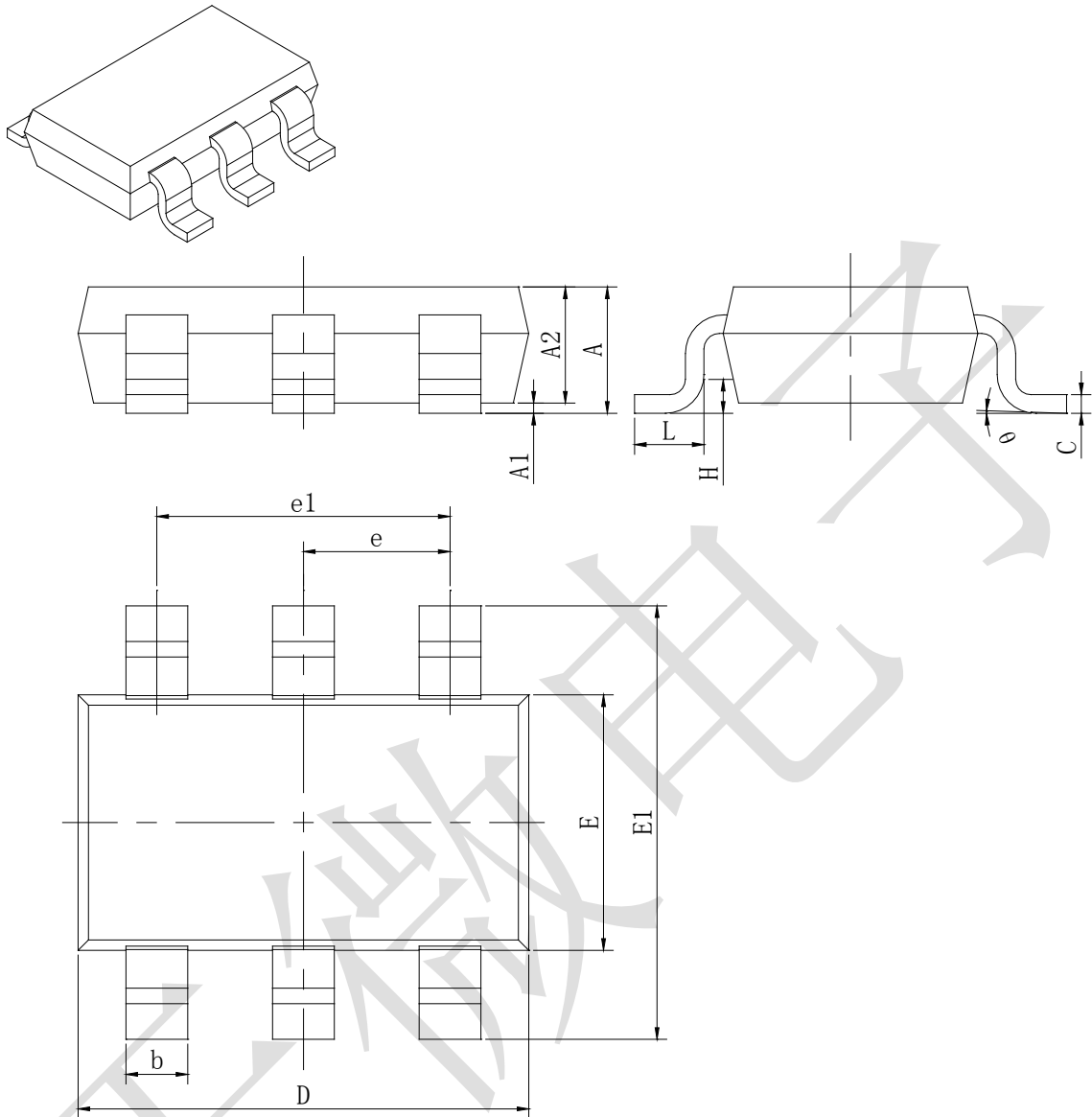
TM6603 支持电源电压从 2.7V 到 5.2V。TM6603 可以直接连接到各种类型的电池，包括普通电池，如锂离子和锂聚合物。电源抑制特性消除了 TM6603 对电池和 VDD 之间的电压调节器的需要。

2.1.3 发送触觉效果

用 TM6603 发送触觉效果是很简单的。最佳性能通过以下步骤实现。

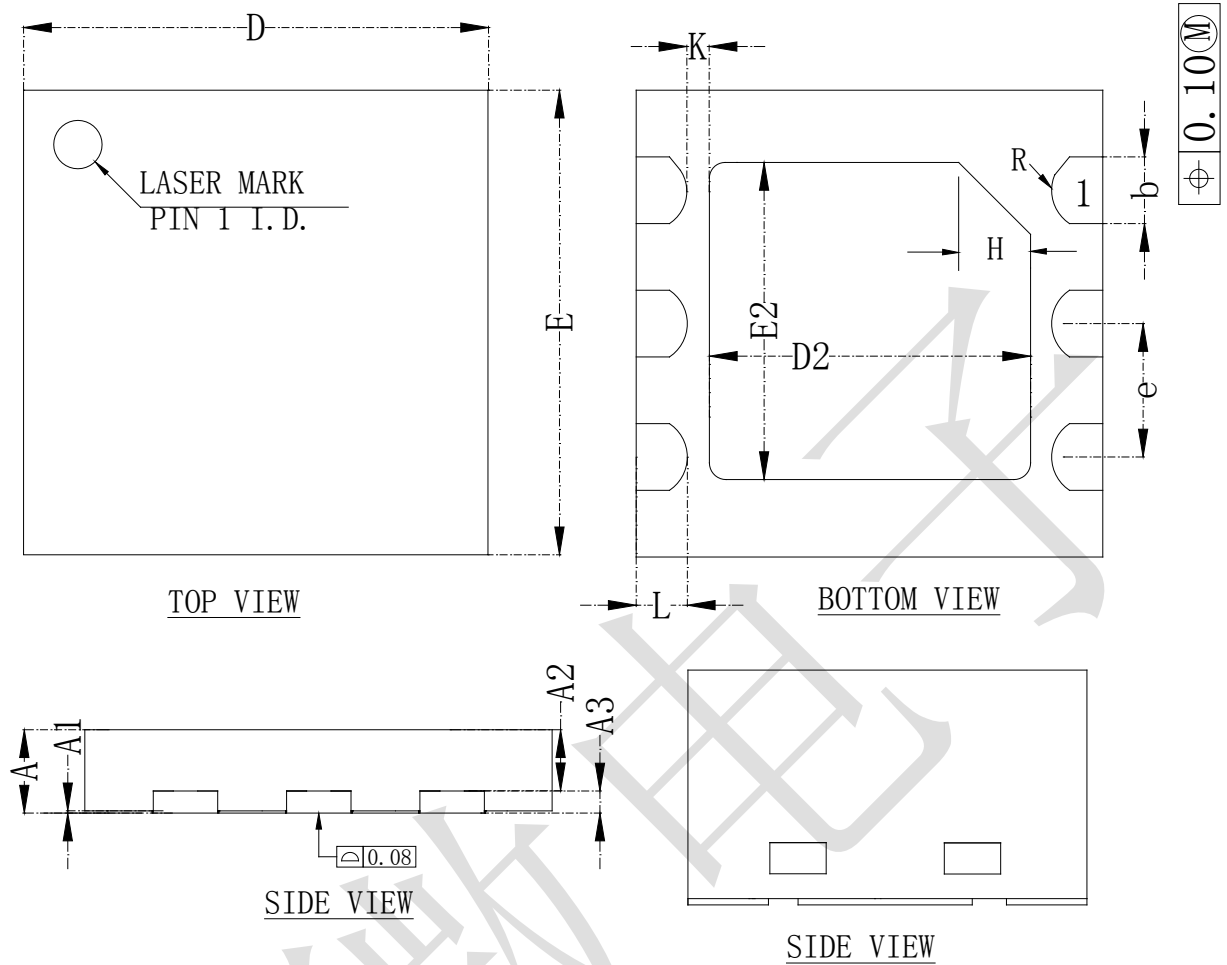
- 1、在或接近同一时间，EN 引脚拉高，PWM 输入波形。通常是在瞬时驱动 20 毫秒至 50 毫秒内，驱动器产生触觉效果。参考驱动器的规格以获得最佳的过驱动特性。
- 2、当触觉效果完成时，如果需要制动，将 PWM 占空比设置为 0%，EN 引脚必须保持高。当制动完成时，将 EN 引脚设置为低，结束触觉效果。制动 ERM 时，用户应注意不要将驱动器制动太长，否则可能产生反向旋转。

封装示意图 (SOT23-6)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.700	0.900	0.028	0.035
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	0.700	0.800	0.028	0.031
b	0.350	0.500	0.014	0.020
c	0.080	0.200	0.003	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E	1.600	1.700	0.063	0.067
E1	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.95 (BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.90 (BSC)		0.075(BSC)	
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°

(DFN6LE)



Symbol	Min	Max	Min
	Dimensions In Millimeters		
	Min	NOM	Max
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A2	0.50	0.55	0.60
A3	0.20REF		
b	0.20	0.25	0.30
D	1.90	2.00	2.10
E	1.90	2.00	2.10
D2	0.70	0.80	0.90
E2	1.20	1.30	1.40
e	0.55	0.65	0.75
H	0.25REF		
K	0.20	--	--
L	0.30	0.35	0.40
R	0.11	--	--

All specs and applications shown above subject to change without prior notice.

(以上电路及规格仅供参考，如本公司进行修正，恕不另行通知)