

特性

- 1 通道 H 桥马达驱动器：低 MOSFET 导通电阻：0.4Ω (HS+LS)
- 较宽的 V_{DD} 输入电压范围：2.5V~5.5V
- 最大马达电源电压 V_M：24V
- 最大马达峰值电流：3.2A
- 四种操作模式：正转、反转、制动和待机
- 低休眠电流 < 1μA
- 重置 IN1 和 IN2 引脚超过 10ms 后自动进入休眠周期
- 控制器和马达的电源独立分开：V_{DD} 和 V_M
- 隔离的马达电流检测引脚：PGND
- 高达 200kHz PWM 输入控制操作
- IN1/IN2 内接下拉电阻
- 保护功能：
 - ◆ V_{DD} 欠压锁定保护
 - ◆ 过流保护
 - ◆ 热关机保护
 - ◆ 输出短路保护
- 封装类型：8-pin SOP-EP
- 工作温度范围：-40°C ~ +85°C

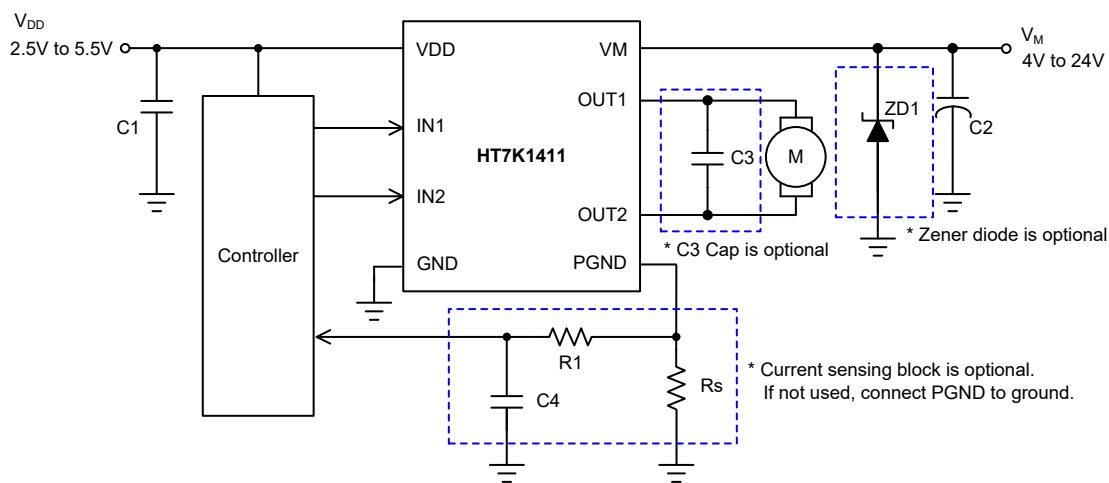
应用领域

- 摆动马达，白色家电，阀门 / 泵，电子锁

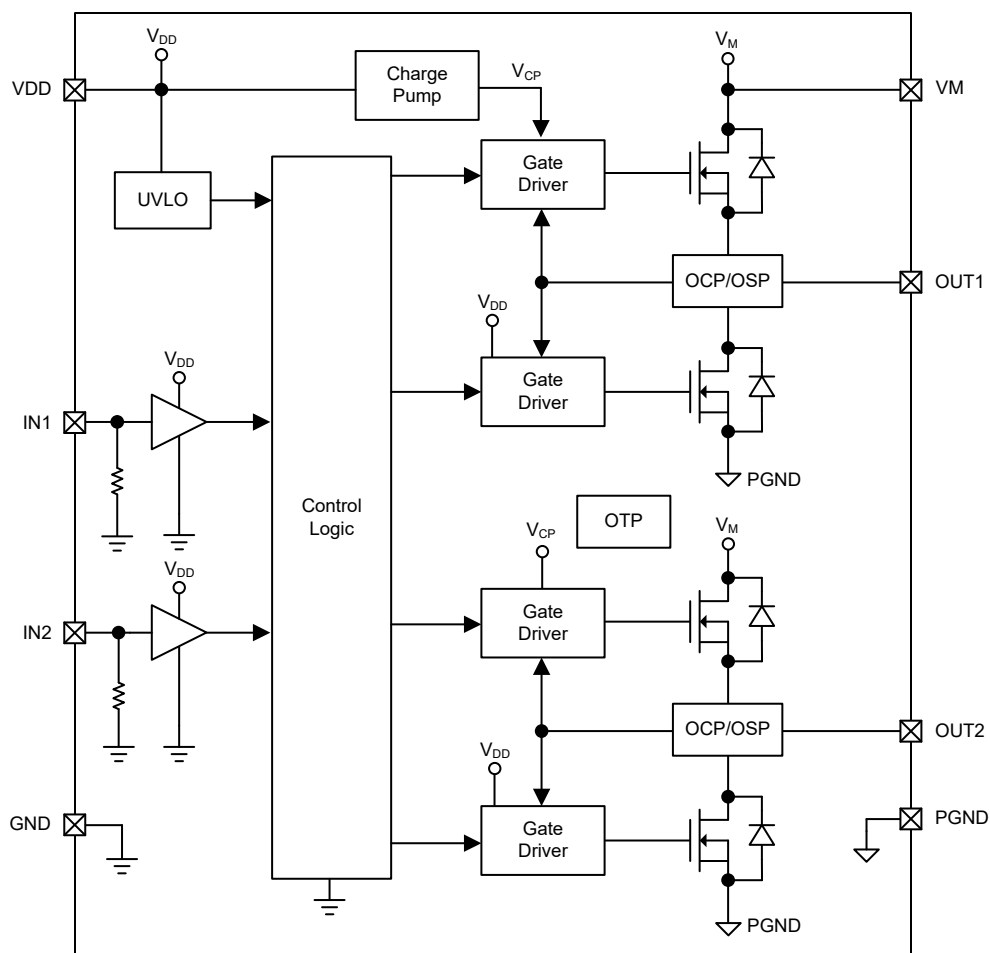
概述

HT7K1411 是一款 1 通道 H 桥驱动器，最大马达峰值电流可达 3.2A。其优异的低导通电阻特性使其具有良好的输出效率，这对电池供电系统而言十分有利。简单的两个输入控制引脚结构提供了四种控制模式：正转、反转、制动和待机。PWM 输入控制频率高达 200kHz，可为各种应用产品提供精准的速度控制。该芯片还提供了包括过流保护、输出短路保护和热关机保护在内的全方位保护功能，即使在恶劣工作环境下发生马达堵转或短路也能避免芯片损坏。共享的输入控制引脚可用来启动自动休眠周期机制，无需额外的关机信号引脚。此外，超低功耗的休眠周期只需要 1μA 的电流，延长了电池寿命。该芯片控制电路和马达的电源是独立分开的，另外还包含一个电流检测引脚，允许系统通过外接电阻来测量马达电流。

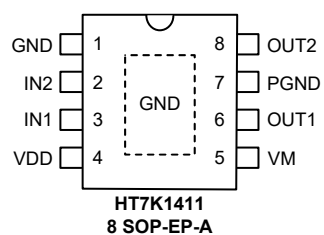
典型应用电路



方框图



引脚图



引脚说明

引脚序号	引脚名称	类型	说明
1	GND	G	模拟地
2	IN2	I	控制输入 2 内接 220k Ω 下拉电阻。
3	IN1	I	控制输入 1 内接 220k Ω 下拉电阻。
4	VDD	P	IC 电源
5	VM	P	马达电源
6	OUT1	O	H 桥输出 1
7	PGND	G	马达电流检测端 通过一个检测电阻连接到 GND。若无需检测马达电流， 则 PGND 引脚应直接连接到 GND。
8	OUT2	O	H 桥输出 2
EP	GND	G	散热增强 Pad，连接到 GND

注：I：输入 O：输出 P：电源 G：地

极限参数

参数		数值	单位
V_{DD}		-0.3 ~ +6.0	V
V_M , OUT1, OUT2		-0.3 ~ +32	V
IN1, IN2		-0.3 ~ ($V_{DD}+0.3$)	V
PGND		± 0.7	V
工作温度范围		-40 ~ +85	$^{\circ}\text{C}$
最大结温		+150	$^{\circ}\text{C}$
储存温度范围		-60 ~ +150	$^{\circ}\text{C}$
焊接温度 (焊接 10s)		+260	$^{\circ}\text{C}$
ESD 敏感性	人体模型	± 5000	V
	机器模型	± 400	V
结点到环境的热阻, θ_{JA} (8SOP-EP)		125	$^{\circ}\text{C/W}$

建议工作范围

参数	数值	单位
V_{DD}	2.5 ~ 5.5	V
$V_{M(\text{MAX})}$	4 ~ 24	V
$PGND_{(\text{MAX})}$	± 0.5	V
$I_{OUT(\text{PEAK})}$	3.2	A

注：极限参数表示超过所规定范围将可能对芯片造成损害。建议工作范围表示芯片可正常工作的条件，但不包含特定限制条件。

电气特性

$V_{DD}=5V$, $V_M=12V$, $T_a=25^{\circ}C$, 除非另有说明

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
电源						
V_{DD}	电源电压	—	2.5	—	5.5	V
I_{DD}	电源工作电流	PWM=25kHz, 无负载	—	0.75	0.95	mA
$I_{DD(STB)}$	电源待机电流	IN1=IN2='0', 激活周期	—	750	950	μA
$I_{DD(SLP)}$	电源休眠电流	IN1=IN2='0', 休眠周期	—	0.1	1.0	μA
V_M	马达电源电压	—	—	—	24	V
I_M	V_M 工作电流	PWM=25kHz, 无负载	—	0.4	0.6	mA
$I_{M(STB)}$	V_M 待机电流	IN1=IN2='0', 激活周期	—	250	375	μA
H 桥驱动器						
R_{ON}	HS+LS FET 导通电阻 ⁽¹⁾	$V_{DD}=3.3V$, $I_{OUT}=500mA$	—	0.4	—	Ω
V_{CLAMP}	钳位二极管电压	$I=300mA$ (HS 和 LS)	—	0.8	—	V
$I_{HS(OFF)}$	HS MOSFET 漏电流	IN1=IN2='0', $V_M=12V$, $V_{OUT}=0V$, 测量 $I(V_M)$	—	—	1	μA
$t_{r(OUT)}$	输出上升时间	$R_L=20\Omega$, 10% 到 90% (图 1)	—	400	—	ns
$t_{f(OUT)}$	输出下降时间	$R_L=20\Omega$, 90% 到 10% (图 1)	—	100	—	ns
控制逻辑						
V_{IL}	输入逻辑低电平电压	$V_{DD}=5V$	—	—	0.8	V
		$V_{DD}=2.5V$	—	—	0.4	
V_{IH}	输入逻辑高电平电压	$V_{DD}=5V$	2	—	—	V
		$V_{DD}=2.5V$	1.25	—	—	
V_{HYS}	输入逻辑迟滞	—	—	0.1	—	V
t_{p1}	IN 到 OUT 传播延迟 (图 1)	$R_L=20\Omega$, INx 到 OUTx (高阻抗到高电平 / 低电平)	—	450	—	ns
t_{p2}		$R_L=20\Omega$, INx 到 OUTx (高电平 / 低电平到高阻抗)	—	100	—	ns
t_{p3}		$R_L=20\Omega$, INx 到 OUTx	—	100	—	ns
t_{p4}		$R_L=20\Omega$, INx 到 OUTx	—	250	—	ns
t_{SLPEN}	休眠周期进入时间	IN1=IN2='0', 直到充电泵关闭 (图 2)	—	10	—	ms
f_{PWM}	输入 PWM 频率 ⁽²⁾	内部充电泵开启	—	—	200	kHz
R_{PD}	输入下拉电阻	IN1 和 IN2	—	220	—	k Ω
充电泵						
t_{CP_ON}	充电泵开启时间	充电泵激活时间 (图 2)	—	10	—	ms
保护功能						
V_{UVLO+}	V_{DD} 开启的电压电平	V_{DD} 上升	—	—	2.5	V
V_{UVLO-}	V_{DD} 关闭的电压电平	V_{DD} 下降	2.0	—	—	V
I_{OCP}	过流保护阈值	有去毛刺时间, t_{DEG}	3.2	4.0	—	A
t_{DEG}	过流去毛刺时间	(图 3)	—	1.0	—	μs
t_{RETRY}	过流重试时间 ⁽⁴⁾	(图 3, 4, 5)	—	1.0	—	ms
I_{OSP}	输出短路保护阈值 ⁽³⁾	无去毛刺时间 (图 4, 5)	—	4.5	—	A
T_{SHD}	热关机保护阈值	—	—	150	—	$^{\circ}C$

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
T_{REC}	热恢复温度	—	—	120	—	°C

注：1. HS 表示上端，LS 下端。

2. 输入 PWM 频率 = 200kHz，占空比 = 15%。

3. HT7K1411 芯片为 OUT_x 到地、OUT_x 到电源或 OUT1 到 OUT2 路径提供了完整的短路保护。

4. 重试机制仅适用于正转和反转模式（图 5）。

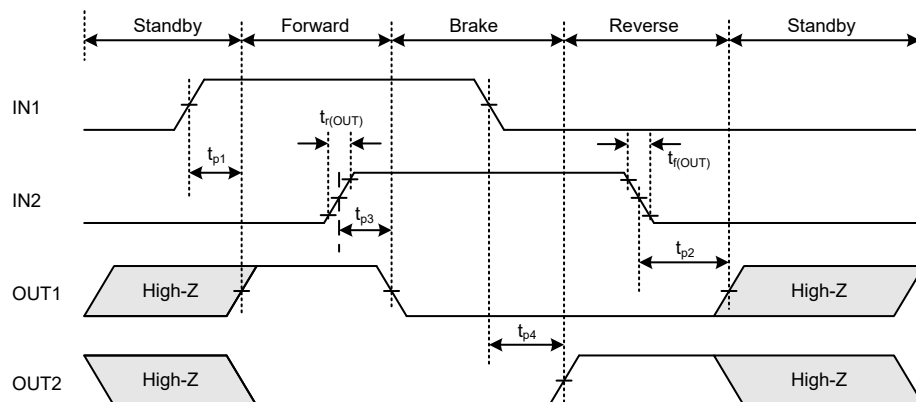


图 1. 激活周期工作模式控制逻辑

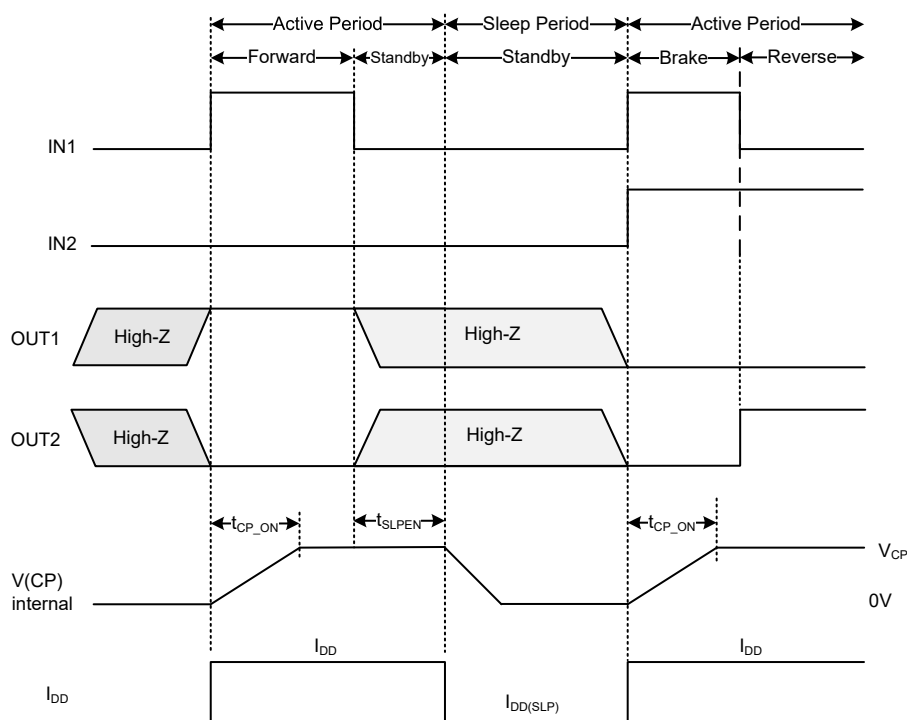


图 2. 工作模式控制时序图

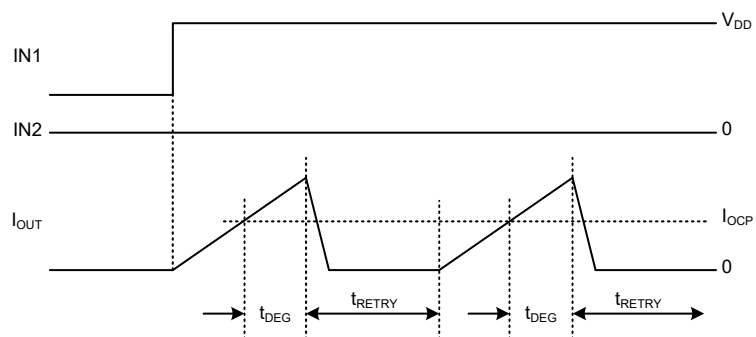


图 3. OCP 响应

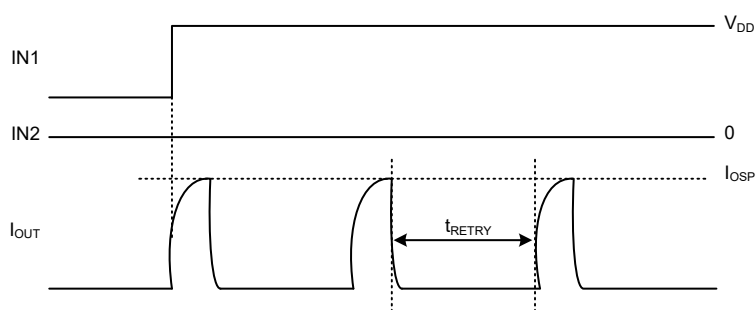


图 4. OSP 响应

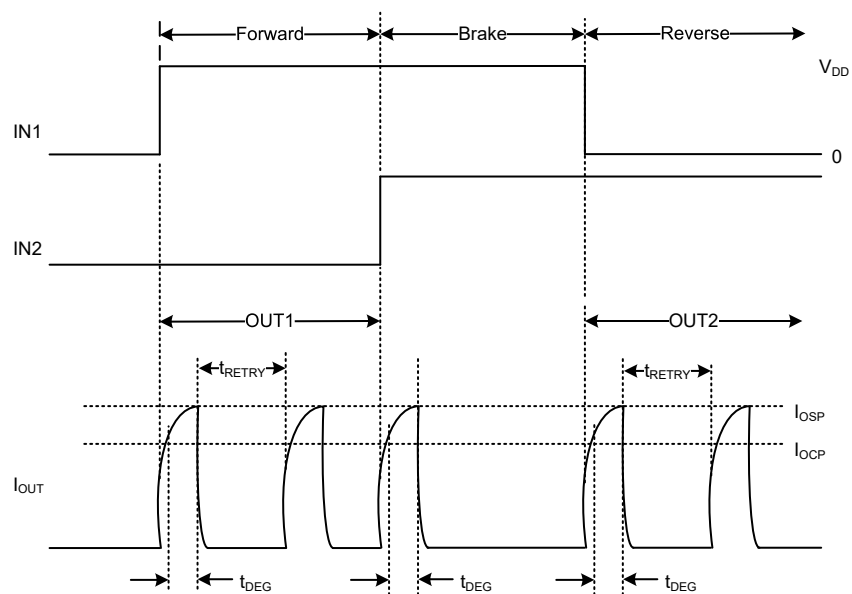
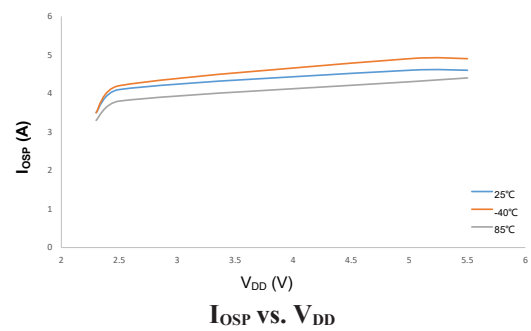
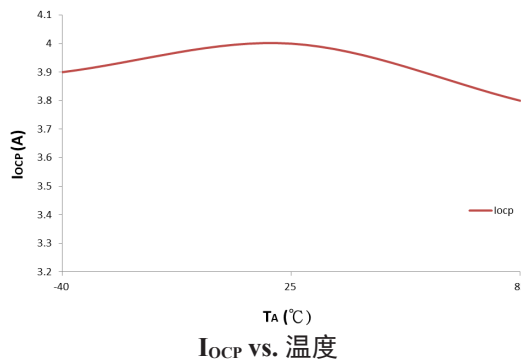
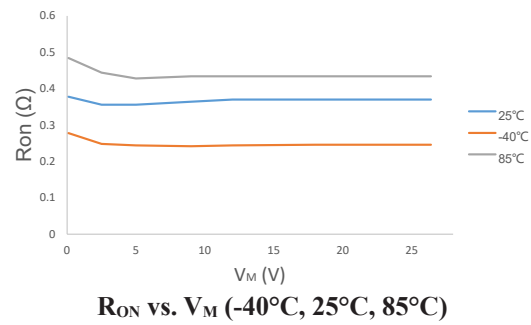
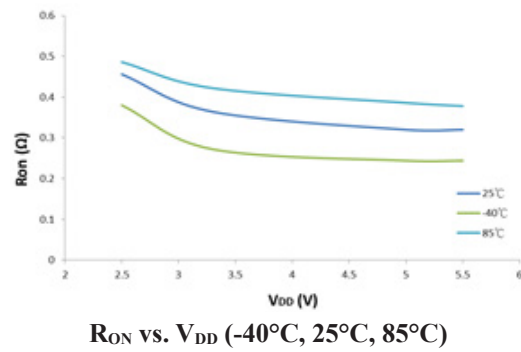
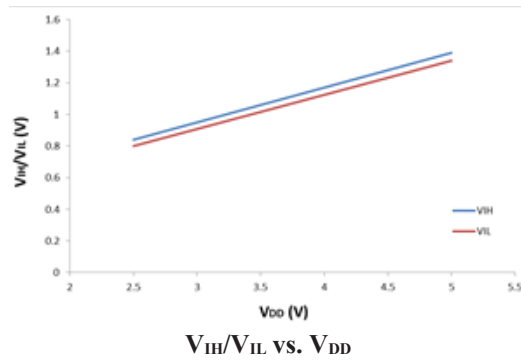
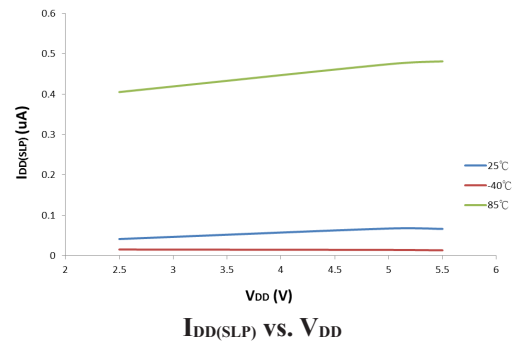
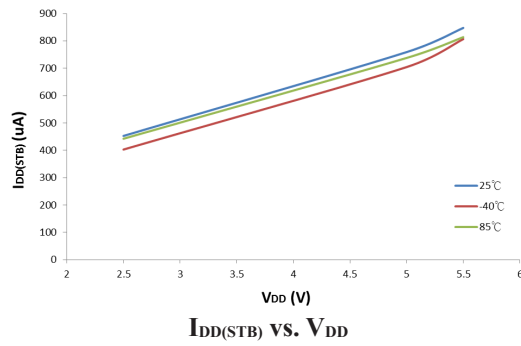
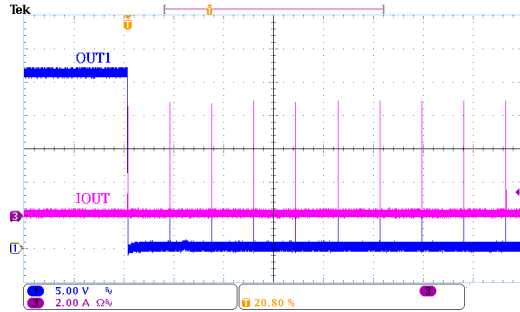


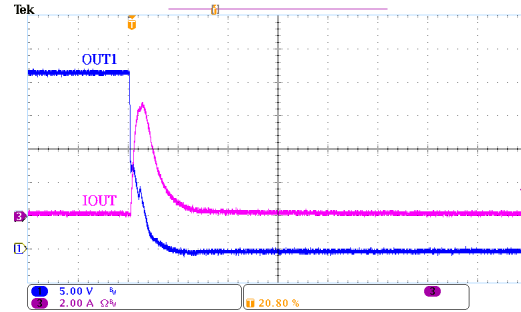
图 5. 重试响应

典型性能特性

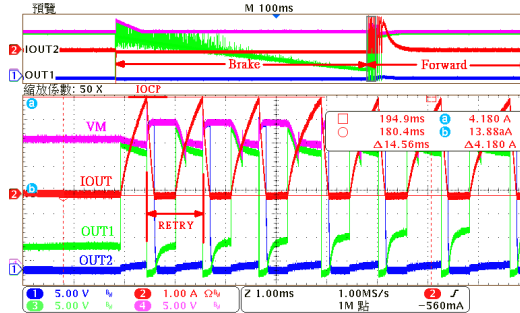




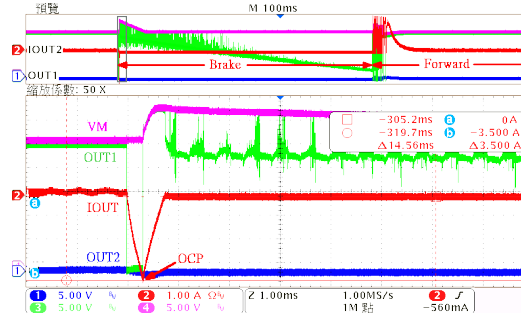
短路保护响应



短路保护响应 (放大)



正转模式主动重试响应



制动模式 OCP 响应

功能描述

简介

HT7K1411 是一个 1 通道 H 桥驱动器，可以驱动直流带刷马达或螺线管。由于 4 个内部的低导通电阻的功率 MOSFET 并联了消火花二极管，并采用的是散热良好的 8-pin SOP-EP 封装，HT7K1411 马达驱动器具有高效的马达驱动能力、精简的外部元件和出色的散热性能。独立的控制器和马达电源简化了系统电源域的设计。隔离的马达电流检测引脚 PGND 是专门为了检测马达电流而设计的，通过该引脚连接一个电阻器到地即可实现。该芯片还具有一系列的保护功能，包括过流和过温保护等，即使马达堵转或输出引脚间互相短路也可避免芯片烧坏的情况发生。

H 桥控制

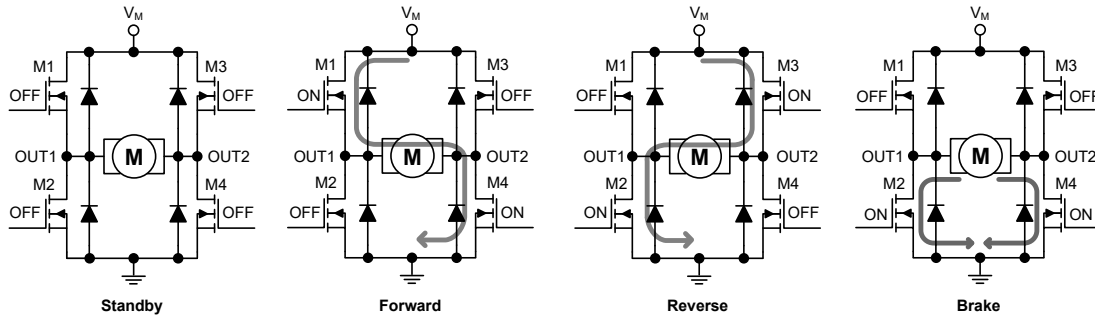
根据 IN1 和 IN2 引脚的状态，芯片将产生 4 种 H 桥输出状态：待机，正转，反转和制动。激活周期输入 / 输出操作真值表如表 1 所示。休眠周期输入 / 输出操作真值表如表 2 所示。

IN1	IN2	OUT1	OUT2	工作模式	H 桥状态			
					M1	M2	M3	M4
0	0	Z	Z	待机	OFF	OFF	OFF	OFF
0	1	L	H	反转	OFF	ON	ON	OFF
1	0	H	L	正转	ON	OFF	OFF	ON
1	1	L	L	制动	OFF	ON	OFF	ON

表 1. 激活周期操作真值表

IN1	IN2	OUT1	OUT2	工作模式	H 桥状态			
					M1	M2	M3	M4
0	0	Z	Z	待机	OFF	OFF	OFF	OFF

表 2. 休眠周期操作真值表



H 桥工作模式

激活周期与休眠周期

当 HT7K1411 芯片处于待机模式时间连续超过 10ms，将进入休眠周期。在休眠周期内，待机模式仍可工作，如表 2 所示。切换工作模式为制动、正转或反转模式，芯片将返回激活周期（图 2）。

在休眠周期内，所有功能块都将关闭，电流消耗减小，低至 $1\mu\text{A}$ （最大值）以下。由于所有功能块都关闭，此时待机模式输出将不受保护。当 INT1 或 INT2 引脚其中之一设置为“高”时，芯片将退出休眠周期。

V_{DD} 欠压锁定

为了避免上电时或电池电压较低时，发生 H 桥亚稳态输出的情况，芯片提供了欠压锁定功能。在上电期间，当 V_{DD} 低于 V_{UVLO+} 时，H 桥输出将保持在高阻抗状态，控制输入会被忽略。当 V_{DD} 高于 V_{UVLO+} 时，H 桥输出仅由输入控制。当 V_{DD} 下降到低于 V_{UVLO-} 时，芯片将再次被锁定。

过流保护 – OCP

HT7K1411 芯片具有一个完全集成的过流保护功能，可应用在每个内部功率 MOSFET。当马达电流大于过流保护阈值 I_{OCP} 且持续时间超过了去毛刺时间 t_{DEG} 时，所有功率 MOSFET 将立即关闭。在超过重试时间后，芯片将解除保护，并恢复正常操作。重试机制仅适用于正转和反转模式（图 6）。

输出短路保护 – OSP

该芯片为输出引脚短接到地、短接到马达电源或输出引脚之间短接等情况，提供了全面的输出保护功能。芯片将通过每一个功率 MOSFET 检测的电流，与无去毛刺时间的输出短路保护阈值 I_{OSP} 进行比较。这个电流阈值 I_{OSP} 设置为 I_{OCP} 的 1.5 倍。当 OSP 条件发生时，芯片将关闭所有功率 MOSFET，在每个重试时间 t_{RETRY} 后都要检查输出状态，直到故障移除。重试机制仅适用于正转和反转模式（图 6）。

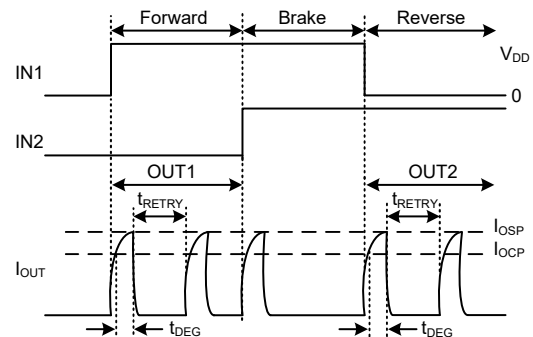


图 6. 重试机制

过温保护 – OTP

如果结温超过内部极限阈值 T_{SHD} ，芯片将关闭所有功率 MOSFET，直到温度下降到恢复温度 T_{REC} 以下。

进入和解除重试机制的条件如下所示。

保护类型	进入重试的条件	工作模式			重试解除的条件
		正转 / 反转	制动	待机	
OCP	$I_{OCP} > 3.2A$	○	—	—	$I_{OCP} < 3.2A$
OSP	OUTx 到地, OUTx 到电源或 OUT1 到 OUT2 路径	○	—	—	短路故障已解除

表 3. 重试机制条件

进入和解除保护的条件如下所示。

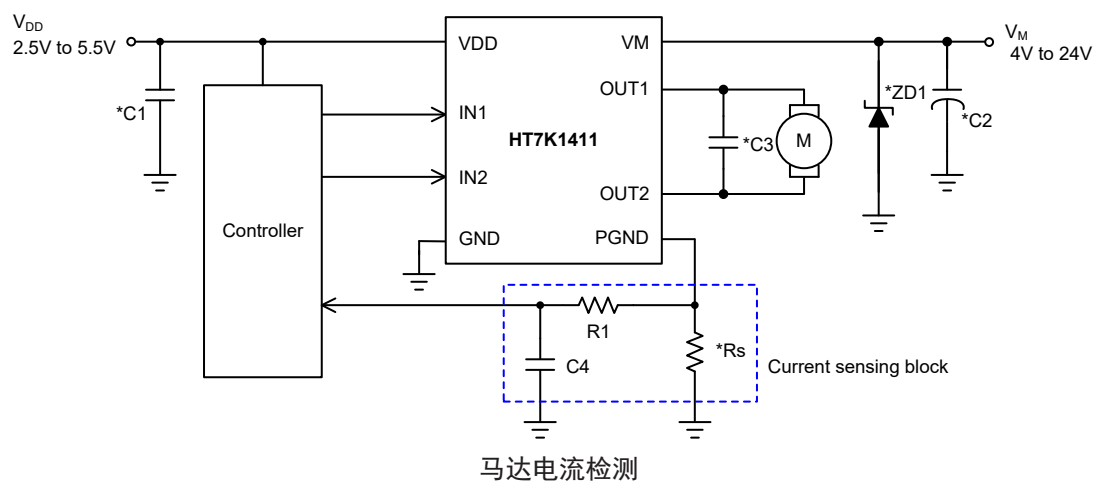
保护类型	进入保护的条件	工作模式			保护解除的条件
		正转 / 反转	制动	待机	
UVLO	$V_{IN} < 2.0V$	○	○	○	$V_{IN} > 2.5V$
OCP	$I_{OCP} > 3.2A$	○	○	—	$I_{OCP} < 3.2A$
OSP	OUTx 到地, OUTx 到电源或 OUT1 到 OUT2 路径	○	○	—	短路故障已解除
OTP	$T_J > 150^{\circ}C$	○	○	○	$T_J < 120^{\circ}C$

表 4. 保护功能条件

马达电流检测

HT7K1411 芯片可以通过从 PGND 外接一个电阻到 GND 来实现马达电流检测功能。建议 PGND 电压需保持在 0.5V 以下，以避免输入引脚（如 MCU A/D 转换器输入）上

的保护二极管被开启。另外还建议电流检测电阻 R_s 需小于 $0.5V/I_{M(max)}$ ，其中 $I_{M(max)}$ 表示最大马达电流（即马达堵转电流）。



功耗

HT7K1411 芯片的主要功耗是由内部功率 MOSFET 的导通电阻决定的。平均功耗可以通过以下公式估算：

$$P_{AVG} = R_{ON} \times (I_{OUT(RMS)})^2$$

其中 P_{AVG} 为芯片的平均功耗， R_{ON} 为上端和下端 MOSFET 的总导通电阻， $I_{OUT(RMS)}$ 为负载电流的均方根有效值。注意， R_{ON} 值会随着结温升高而增大。当环境温度升高或芯片发热增加时，芯片的功耗也会增加。

元件 / 马达选择

马达注意事项

合适的马达电压取决于所需的转速和电源来源。较高的马达电压也会提高马达的电流速度。注意，马达堵转电流必须小于内部过电流保护阈值 I_{OCP} ，以避免马达启转失败。

控制器供应电容

建议 C1 至少使用 10 μ F 值的电容值，为芯片（除 H 桥以外）提供必要的电源稳定性。

马达供应电容

建议 C2 至少使用 10 μ F 的电容值。这个电容有两个主要的功能：首先，它吸收马达释放的能量以减少过冲电压损坏。其次，它为马达提供一个瞬态电源，可对电池响应时间、马达启动时的长连线效应以及正反转模式之间快速切换做补偿。

马达旁路电容

旁路电容 C3 提供快速飞轮路径以释放马达的电感能量。对于大多数应用，电容值设置范围为 0.01 μ F 到 0.1 μ F。通常此电容已被内置在马达中，外部不需要额外增加。在一些应用，尤其是低速马达应用中，内部马达大电阻与旁路电容并联，当马达启动时可能引发瞬间大电流，这可能会误触发 OCP/OSP 反应，使得马达无法启动。有两种方法可以解决这个现象：减小旁路电容值或者加上一个 47 Ω ~100 Ω 的电阻与旁路电容串联。

马达电流检测电阻

要慎重考虑所选择的马达电流检测电阻的功耗问题。如功能描述章节所述，PGND 最大电压应低于 0.5V。对于选定的最大马达电流 $I_{M(max)}$ ，电流检测电阻的最大功耗可由 $0.5V \times I_{M(max)}$ 计算。例如，如果 $I_{M(max)}=1A$ ，所选的电流检测电阻的额定功率应大于 0.5W。

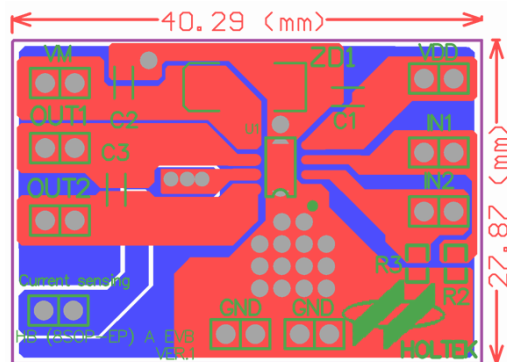
马达电压齐纳二极管

此齐纳二极管 ZD1 为可选，位于 VM 引脚输入端，以避免马达的反电势电压流入 VM 引脚。该反电势电压可能会超过 IC 的额定电压并造成损坏。ZD1 的值设置在 32V。

布局注意事项

为了减少传导噪声，关于 PCB 布局的重要注意事项如下：

1. 输入电容 C1 必须放置在靠近 VDD 引脚处。
2. 马达供应电容 C2 必须放置在靠近 VM 引脚处。
3. 输入旁路电容 C3 是可选的，应放置在靠近马达处。
4. 确保 VM、OUT1、OUT2 和 PGND 等电源线通路尽可能宽。
5. 芯片附近的小孔可以帮助散热。



热注意事项

最大功耗取决于 IC 封装的热阻、PCB 布局、周围气流速率以及结点与环境之间所允许的温差。最大功耗可以由下列公式计算：

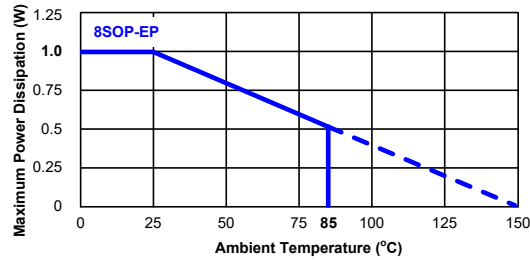
$$P_{D(MAX)} = (T_{J(MAX)} - T_a) / \theta_{JA} \quad (W)$$

其中， $T_{J(MAX)}$ 表示最大结温， T_a 是环境温度， θ_{JA} 是 IC 封装结点到环境的热阻。

最大额定工作条件下，结温最大值为 150°C 。但一般建议正常工作时结温最大值不要超过 125°C ，从而保证芯片的可靠性。最大功耗的降额曲线如下图所示：

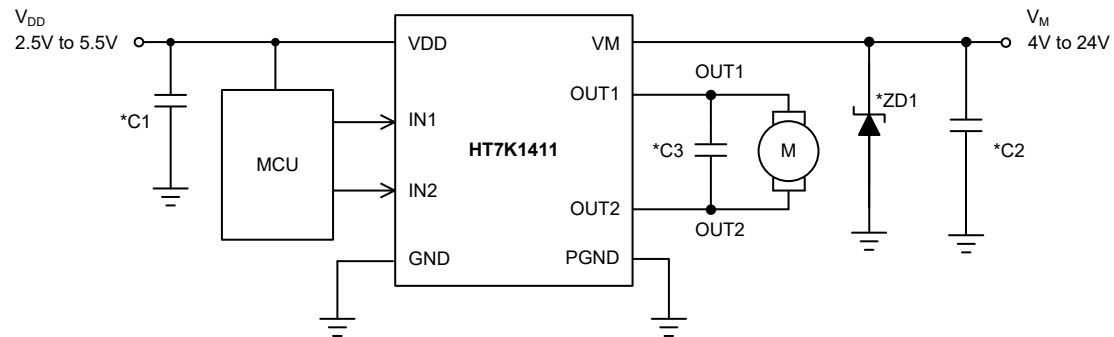
$$P_{D(MAX)} = (150^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) / (125^{\circ}\text{C/W}) = 1.0\text{W}$$

当最大结温 $T_{J(MAX)}$ 固定为 150°C 时，最大功耗取决于工作环境温度以及封装的热阻 θ_{JA} 。下面的降额曲线体现了环境温度上升与最大建议功耗之间的关系。

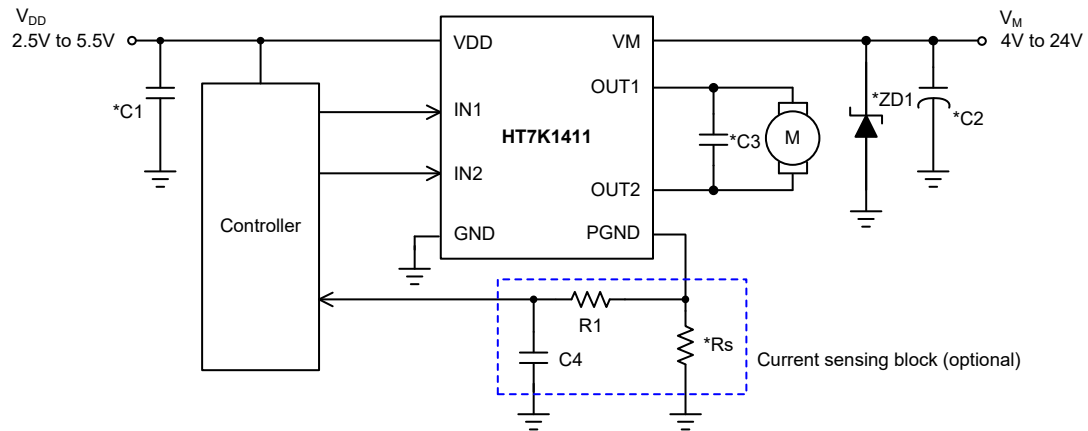


应用电路

无马达电流检测



带马达电流检测



注：* 建议 C1 的电容值为 10 μ F；C2 的电容值取决于不同的应用需求，典型值为 10 μ F。

* C3 为可选，典型值范围从 0.01 μ F 到 0.1 μ F。

* ZD1 为可选，典型值为 32V (DIODES 1N4752A)。

* R_s 为马达电流检测电阻，一般情况下建议最大检测电压要小于 0.5V。

* 马达堵转电流应小于过流保护阈值 I_{OCP} 。

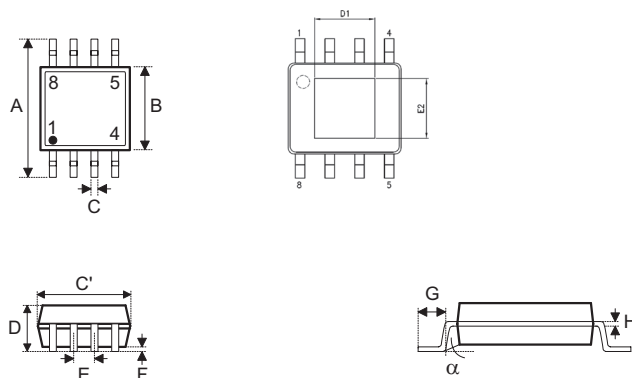
封装信息

请注意，这里提供的封装信息仅作为参考。由于这个信息经常更新，提醒用户咨询 [Holtek 网站](#) 以获取最新版本的 [封装信息](#)。

封装信息的相关内容如下所示，点击可链接至 Holtek 网站相关信息页面。

- 封装信息（包括外形尺寸、包装带和卷轴规格）
- 封装材料信息
- 纸箱信息

8-pin SOP-EP (150mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.193 BSC	—
D	—	—	0.069
D1	0.076	—	0.118
E	—	0.050 BSC	—
E2	0.075	—	0.101
F	0.000	—	0.006
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
α	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.31	—	0.51
C'	—	4.90 BSC	—
D	—	—	1.75
D1	1.94	—	3.00
E	—	1.27 BSC	—
E2	1.90	—	2.56
F	0.00	—	0.15
G	0.40	—	1.27
H	0.10	—	0.25
α	0°	—	8°

Copyright© 2023 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. All Rights Reserved.

本文件出版时 HOLTEK 已针对所载信息为合理注意，但不保证信息准确无误。文中提到的信息仅是提供作为参考，且可能被更新取代。HOLTEK 不担保任何明示、默示或法定的，包括但不限于适合商品化、令人满意的质量、规格、特性、功能与特定用途、不侵害第三方权利等保证责任。HOLTEK 就文中提到的信息及该信息之应用，不承担任何法律责任。此外，HOLTEK 并不推荐将 HOLTEK 的产品使用在会由于故障或其他原因而可能会对人身安全造成危害的地方。HOLTEK 特此声明，不授权将产品使用于救生、维生或安全关键零部件。在救生 / 维生或安全应用中使用 HOLTEK 产品的风险完全由买方承担，如因该等使用导致 HOLTEK 遭受损害、索赔、诉讼或产生费用，买方同意出面进行辩护、赔偿并使 HOLTEK 免受损害。HOLTEK (及其授权方，如适用) 拥有本文件所提供信息 (包括但不限于内容、数据、示例、材料、图形、商标) 的知识产权，且该信息受著作权法和其他知识产权法的保护。HOLTEK 在此并未明示或暗示授予任何知识产权。HOLTEK 拥有不事先通知而修改本文件所载信息的权利。如欲取得最新的信息，请与我们联系。