

600V 三相 MOSFET/IGBT 驱动器

特性

- 栅极驱动电源电压最高20V
- 具有可编程重启延时的过流保护
- 1A 栅极驱动器
- 每相都有双 (HI/LI) 输入
- 发生过流和 V_{DD} UVLO 时, 故障信号置为有效
- TTL 输入阈值
- 300 ns 典型输入滤波时间
- 直通保护
- 低功耗
- 电源欠压保护
- -40°C 至 +125°C 的结温范围

典型应用

- 三相电机驱动
- 磁场定向控制 (Field-Oriented Control, FOC)
- 白色家电
- 无刷直流风扇

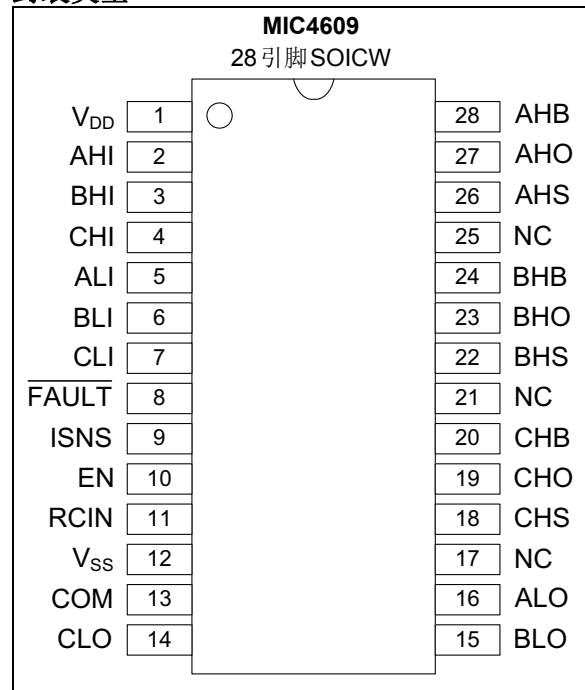
概述

MIC4609 是一款 600V 三相 MOSFET/IGBT 驱动器。MIC4609 具有 300 ns 的典型输入滤波时间, 旨在避免出现意外的脉冲和获得 550 ns 的传播延时。MIC4609 具有 TTL 输入阈值。

MIC4609 的稳健运行可确保输出不受电源毛刺、低于地电压的上桥臂 (High Side, HS) 振铃或高速电压转换 HS 摆动的影响。下桥臂和上桥臂驱动器上均提供了欠压保护。

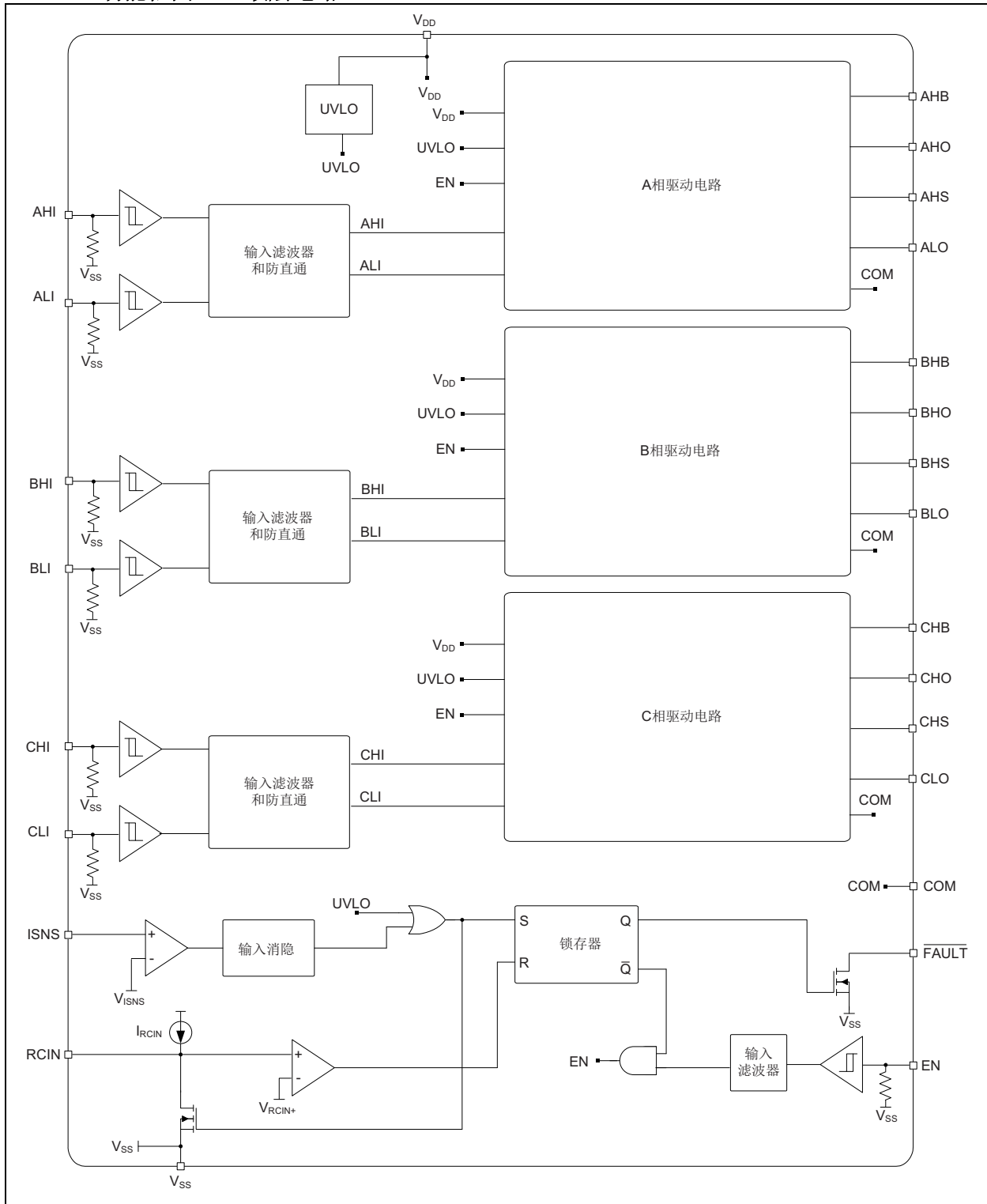
MIC4609 采用 28 引脚宽条 SOIC 封装。MIC4609 的工作结温范围为 -40°C 至 +125°C。

封装类型

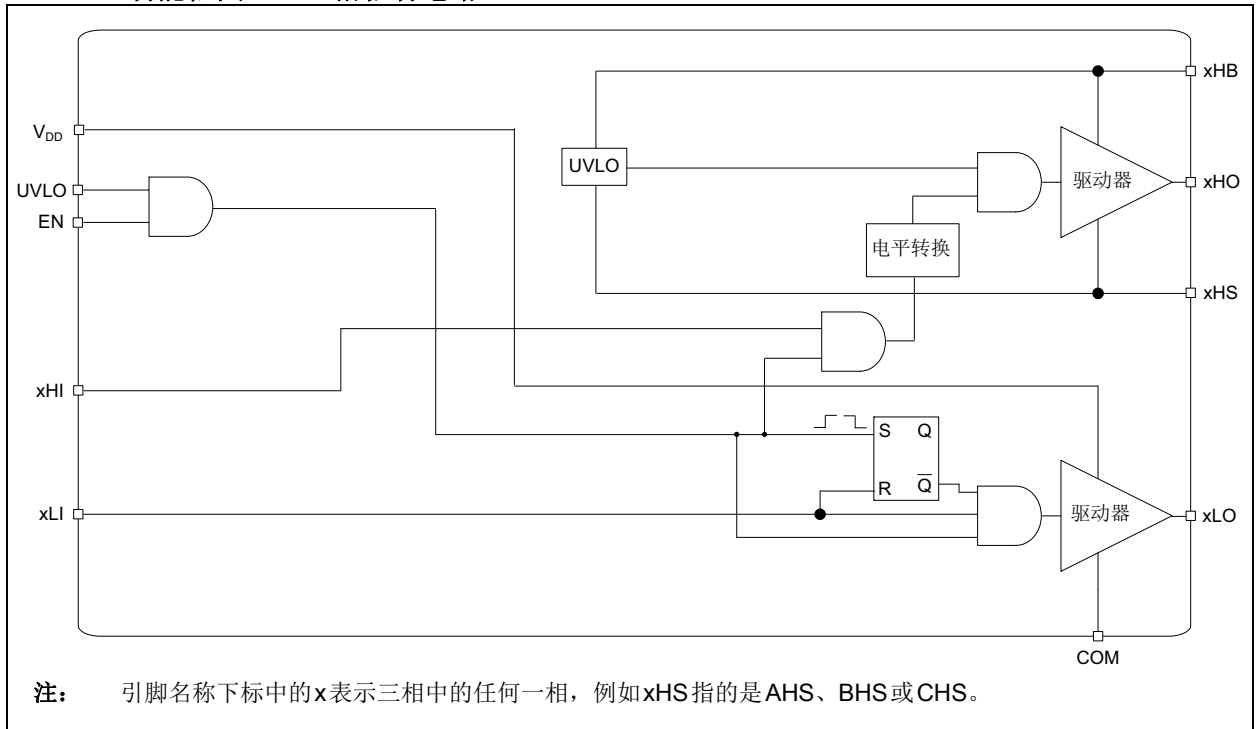


MIC4609

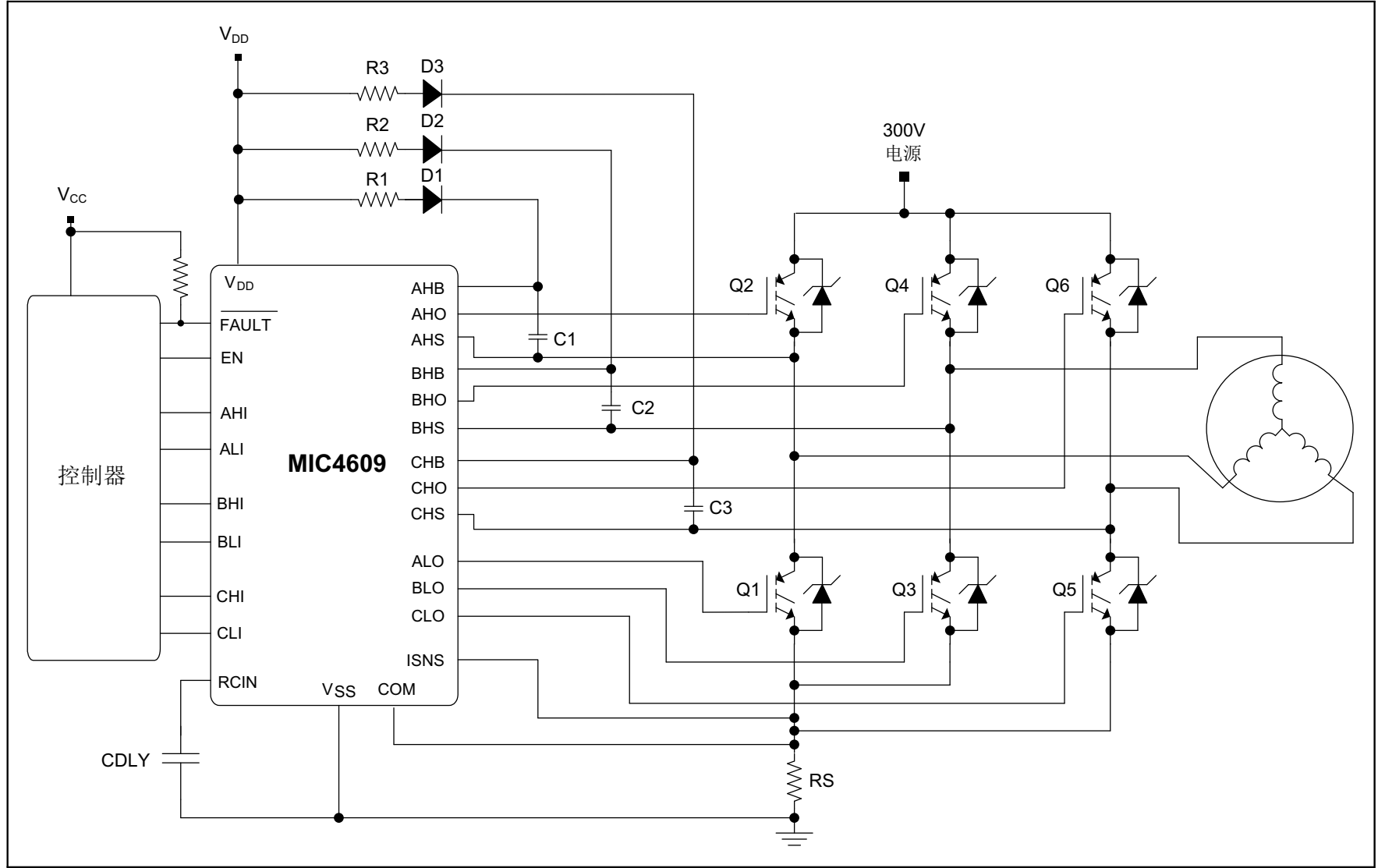
MIC4609 功能框图——顶层电路



MIC4609 功能框图——x相驱动电路



MIC4609 典型应用电路——300V 三相电机驱动器



1.0 电气特性

绝对最大值†

电源电压 (V_{DD} 和 $V_{xHB} - V_{xHS}$)	-0.3V 至 +25V
输入电压 (V_{xLI} 、 V_{xHI} 和 V_{EN})	-0.3V 至 V_{DD}
LO 的电压 (V_{xLO})	-0.3V 至 V_{DD}
HO 的电压 (V_{xHO})	$V_{HS} - 0.3V$ 至 V_{HB}
HS 的电压	-5V 至 +630V
HB 的电压	+655V
ESD 额定值 (HBM)	2 kV
ESD 额定值 (CDM)	1.5 kV

工作额定值‡

电源电压 (V_{DD})	+10V 至 +20V
xHS (连续) 的电压	-1V 至 +600V
xHS (重复瞬变) 的电压	-5V 至 +600V
HS 压摆率	50 V/ns
xHB 的电压	$V_{xHS} + 10V$ 至 $V_{xHS} + 20V$
和/或	$V_{DD} - 1V$ 至 $V_{DD} + 600V$

†注：如果器件的工作条件超过上述“最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述数值仅是工作条件最大值，我们建议不要使器件工作在最大值甚至超过最大值的条件下。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

‡注：器件无法保证在超出工作额定值范围的条件下正常工作。

MIC4609

交流/直流电气特性（注1和2）

电气规范：除非另外说明，否则 $V_{DD} = V_{xHB} = 20V$ ， $V_{EN} = 5V$ ， $V_{SS} = V_{xHS} = 0V$ ；xLO或xHO上无负载， $T_A = +25^\circ C$ 。
粗体值表示 $-40^\circ C \leq T_J \leq +125^\circ C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电源电流						
V_{DD} 静态电流	I_{DD}	—	150	250	μA	$xLI = xHI = 0V$
V_{DD} 关断电流	I_{DDSH}	—	0.1	10	μA	$EN = 0V$ 且 $HS =$ 悬空或接地
V_{DD} 工作电流	I_{DDO}	—	240	350	μA	$f = 20\text{ kHz}$
总 xHB 静态电流	I_{xHB}	—	81	180	μA	$xLI = xHI = 0V$ 或 $xLI = 0V$ 且 $xHI = 5V$
总 xHB 工作电流	I_{xHBO}	—	600	1500	μA	$f = 20\text{ kHz}$
上桥臂泄漏电流	I_{LxHB}	—	1	10	μA	$V_{xHB} = V_{xHS} = 600V$
输入（TTL：xLI、xHI和EN）						
低电平输入电压	V_{IL}	—	—	0.8	V	
高电平输入电压	V_{IH}	2.2	—	—	V	
输入电压滞后	V_{HYS}	—	0.2	—	V	
输入下拉电阻	R_I	100	370	500	$k\Omega$	仅适用于xLI和xHI（注3）
欠压保护						
V_{DD} 下降阈值	V_{DDR}	7	8	9	V	—
V_{DD} 阈值滞后	V_{DDH}	—	0.5	—	V	—
xHB 下降阈值	V_{xHBR}	7	8	9	V	—
xHB 阈值滞后	V_{xHBH}	—	0.5	—	V	—

注 1：规范值仅针对已封装的产品。

2：引脚名称下标中的x表示三相中的任何一相，例如xHS指的是AHS、BHS或CHS。

3：使能电阻仅为典型值，未经生产测试。

交流/直流电气特性 (续) (注1和2)

电气规范: 除非另外说明, 否则 $V_{DD} = V_{xHB} = 20V$, $V_{EN} = 5V$, $V_{SS} = V_{xHS} = 0V$; xLO或xHO上无负载, $T_A = +25^\circ C$ 。
粗体值表示 $-40^\circ C \leq T_J \leq +125^\circ C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
过流保护						
上升过流阈值	V_{ISNS+}	420	520	650	mV	—
ISNS 引脚消隐时间	t_{ISNS_BLK}	270	370	470	ns	—
ISNS 至栅极的传播延时	t_{ISNS_PROP}	400	650	900	ns	—
故障电路						
FAULT 引脚输出低电压	V_{OLF}	—	—	0.8	V	$V_{ISNS} = 1V$, $I_{FAULT} = 1 mA$
VCIN 引脚上升阈值	V_{RCIN+}	—	5	—	V	—
VCIN 滞后	V_{RCIN_HYS}	—	0.6	—	V	—
RCIN 引脚电流源	I_{RCIN}	3	5	7	μA	$V_{RCIN} = 0V$
故障清除时间	t_{FCL}	0.5	1	2	ms	$C_{RCIN} = 1 nF$
LO 栅极驱动器						
低电平输出电压	V_{xOLL}	—	0.5	0.9	V	$I_{xLO} = 50 mA$
高电平输出电压	V_{xOHL}	—	0.6	0.9	V	$I_{xLO} = -50 mA$ $V_{xOHL} = V_{DD} - V_{xLO}$
峰值灌电流	I_{xOHL}	—	1	—	A	$V_{xLO} = 0V$
峰值拉电流	I_{xOLL}	—	1	—	A	$V_{xLO} = 20V$
HO 栅极驱动器						
低电平输出电压	V_{xOLH}	—	0.5	0.9	V	$I_{xHO} = 50 mA$
高电平输出电压	V_{xOHH}	—	0.6	0.9	V	$I_{xHO} = -50 mA$ $V_{xOHH} = V_{xHB} - V_{xHO}$
峰值灌电流	I_{xOHH}	—	1	—	A	$V_{xHO} = 0V$
峰值拉电流	I_{xOLH}	—	1	—	A	$V_{xHO} = 20V$
开关规范						
导通传播延时	t_{ON}	300	600	700	ns	$C_L = 1 nF$
关断传播延时	t_{OFF}	300	550	700	ns	$C_L = 1 nF$
导通上升时间	t_R	—	20	60	ns	$C_L = 1 nF$
关断下降时间	t_F	—	20	60	ns	$C_L = 1 nF$
输入滤波时间	t_{FLTR}	200	300	480	ns	xLI、xHI 和 EN
死区	t_D	200	300	450	ns	$C_L = 1 nF$
延时匹配	t_{DLYM}	—	50	—	ns	$C_L = 1 nF$
EN 至栅极关断延时	t_{EN_OFF}	450	650	750	ns	$C_L = 1 nF$
输出脉冲宽度匹配	t_{PWN}	—	50	—	ns	$t_{PW} > 1 \mu s$ $C_L = 1 nF$

注 1: 规范值仅针对已封装的产品。

2: 引脚名称下标中的x表示三相中的任何一相, 例如xHS指的是AHS、BHS或CHS。

3: 使能电阻仅为典型值, 未经生产测试。

MIC4609

温度特性

电气规范：除非另有说明，否则所有参数的适用条件均为 $10V \leq V_{DD} \leq 20V$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
规定温度范围 (注1)	T_A	-40	—	+125	°C	—
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	—
存储温度范围	T_S	-60	—	+150	°C	—
封装热阻						
热阻, 28引脚SOICW	θ_{JA}	—	53	—	°C/W	—

注 1: 在此范围内工作时不能使 T_J 超出最大结温 (+125°C)。

2.0 典型性能曲线

注：以下图表为基于有限数量样片的统计结果，仅供参考。此处列出的特性未经测试，不做任何担保。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（例如，超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

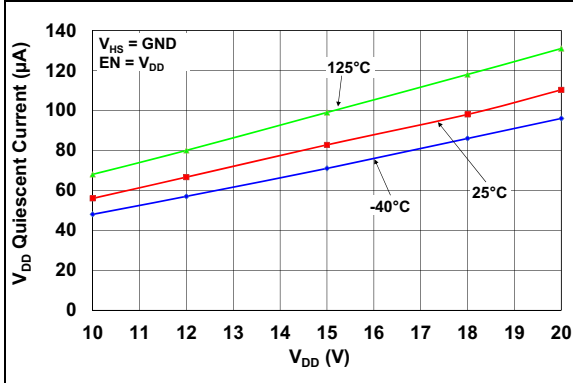


图2-1: V_{DD} 静态电流— V_{DD} 电压曲线

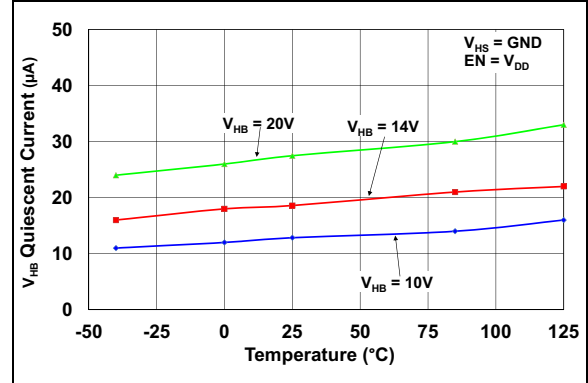


图2-4: V_{HB} 静态电流—温度曲线

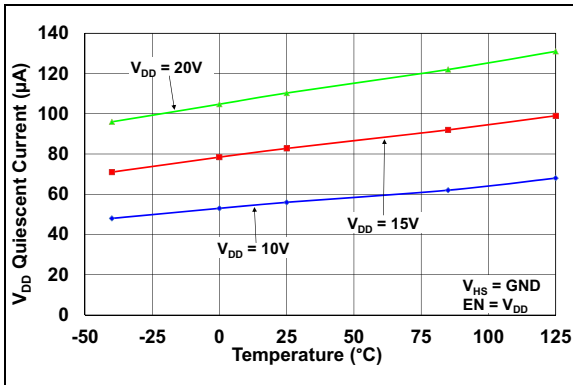


图2-2: V_{DD} 静态电流—温度曲线

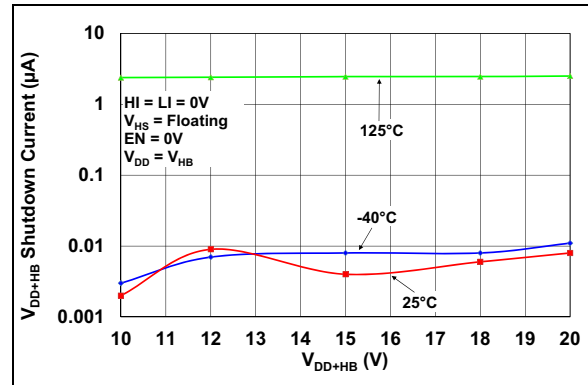


图2-5: V_{DD+HB} 关断电流—电压曲线

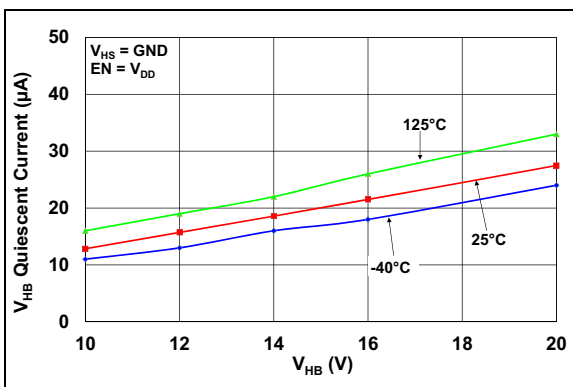


图2-3: V_{HB} 静态电流— V_{HB} 电压曲线

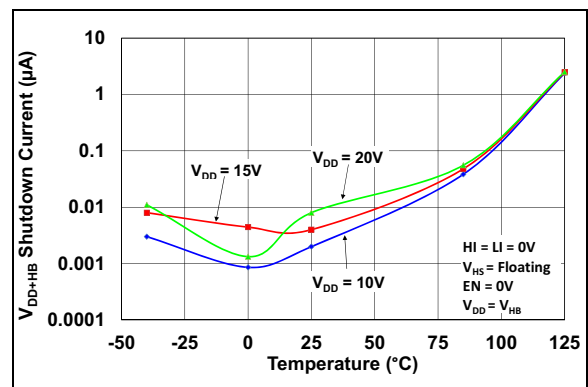


图2-6: V_{DD+HB} 关断电流—温度曲线

MIC4609

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

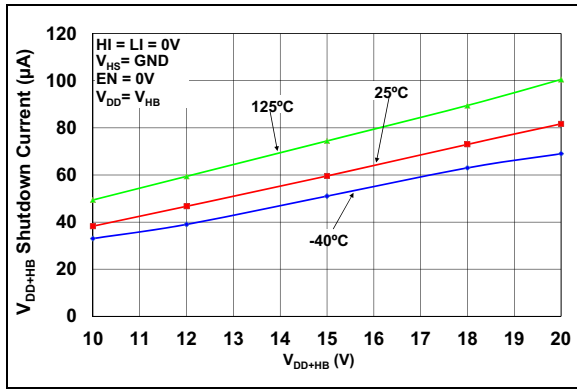


图2-7: V_{DD+HB} 关断电流—电压曲线

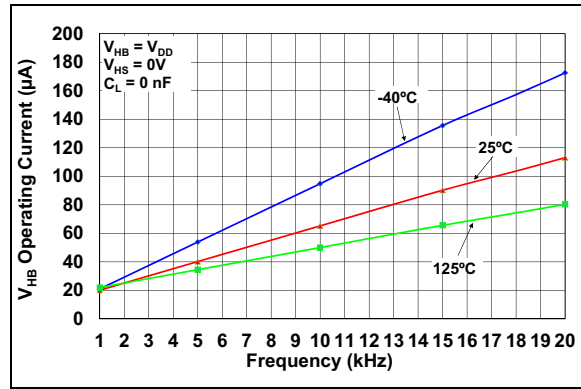


图2-10: V_{HB} 工作电流—频率曲线 (单相)

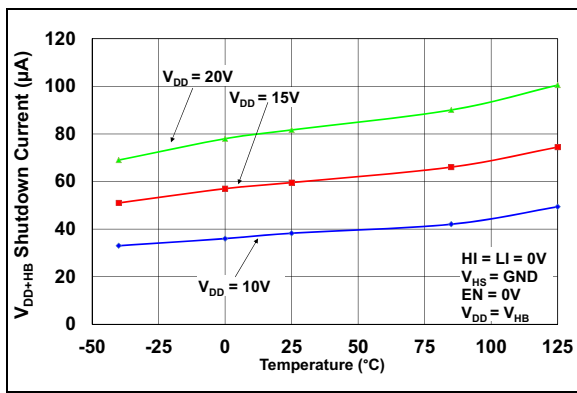


图2-8: V_{DD+HB} 关断电流—温度曲线

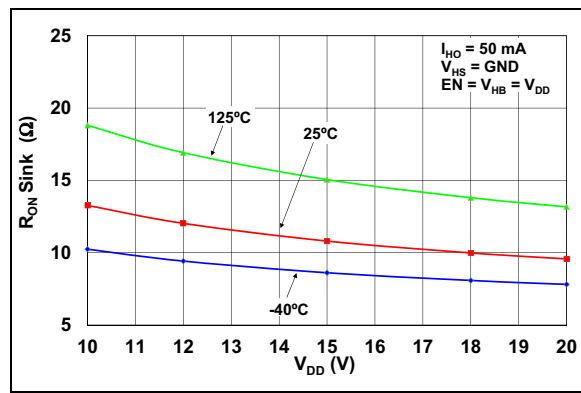


图2-11: HO 输出灌电流导通电阻— V_{DD} 曲线

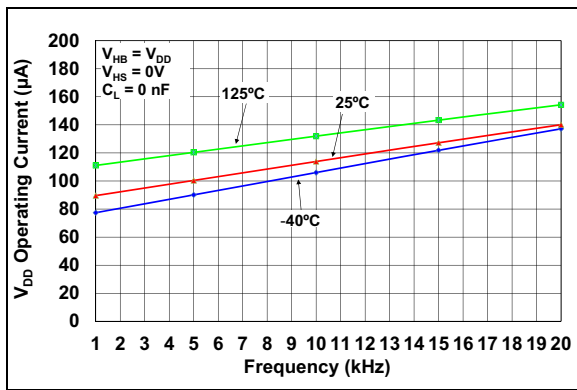


图2-9: V_{DD} 工作电流—频率曲线

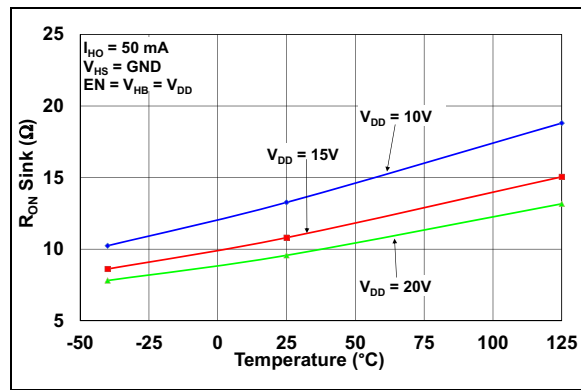


图2-12: HO 输出灌电流导通电阻—温度曲线

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

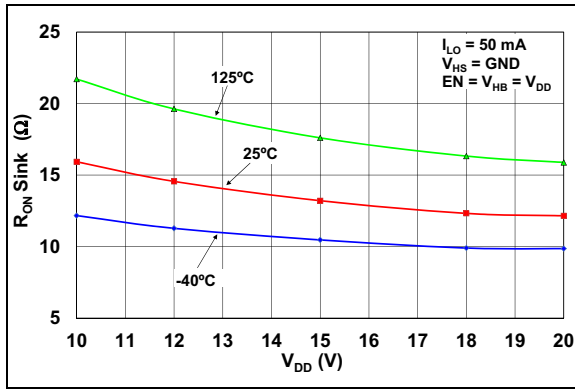


图2-13: LO 输出灌电流导通电阻— V_{DD} 曲线

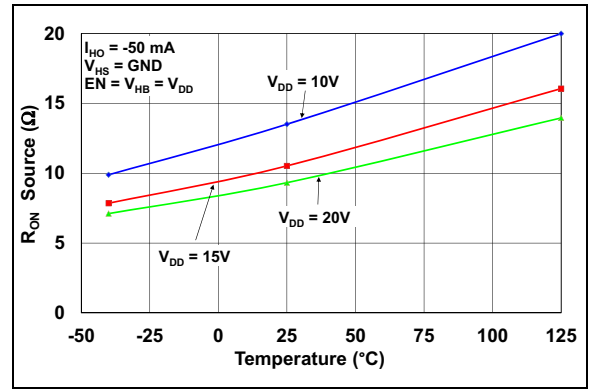


图2-16: HO 输出拉电流导通电阻—温度曲线

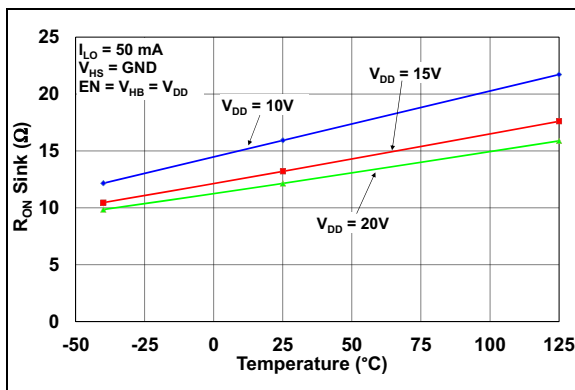


图2-14: LO 输出灌电流导通电阻—温度曲线

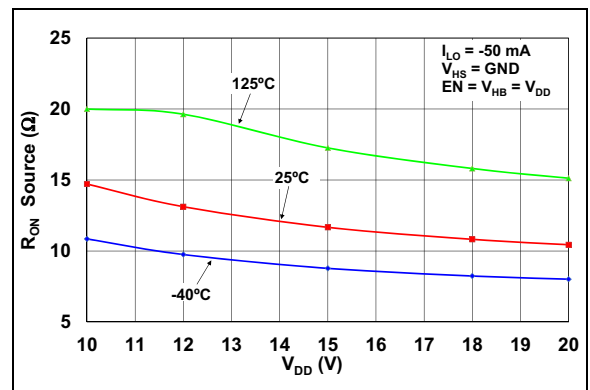


图2-17: LO 输出拉电流导通电阻— V_{DD} 曲线

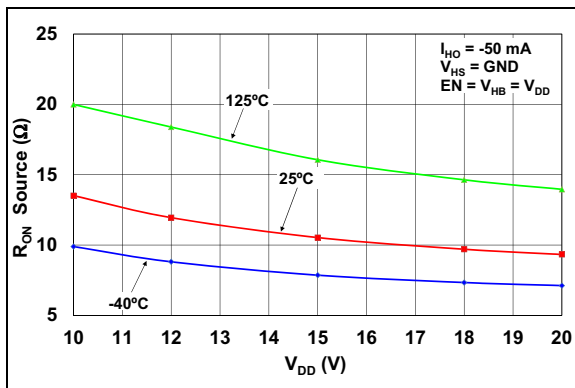


图2-15: HO 输出拉电流导通电阻— V_{DD} 曲线

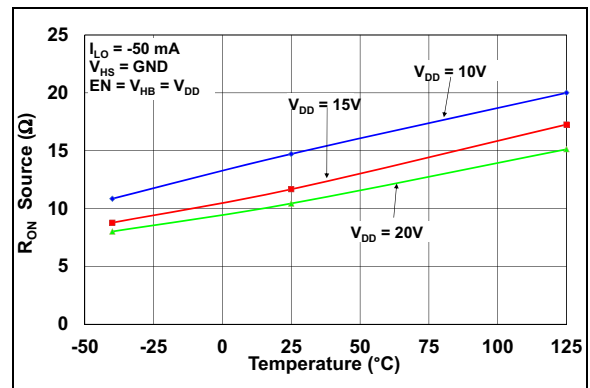


图2-18: LO 输出拉电流导通电阻—温度曲线

MIC4609

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

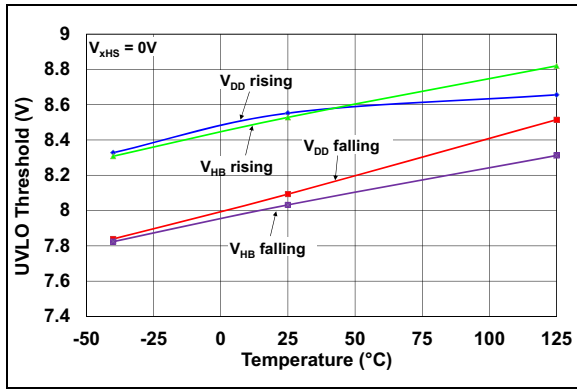


图2-19: V_{DD}/V_{HB} ULVO—温度曲线

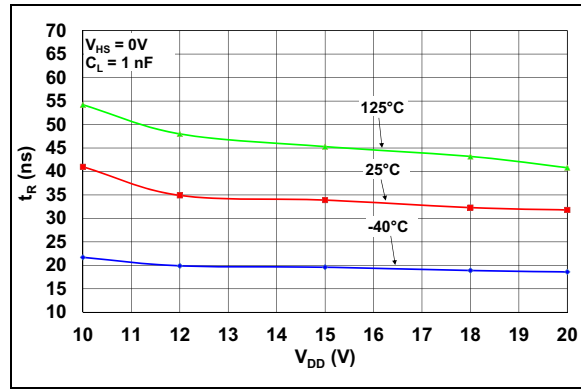


图2-22: HO 上升时间— V_{DD} 电压曲线

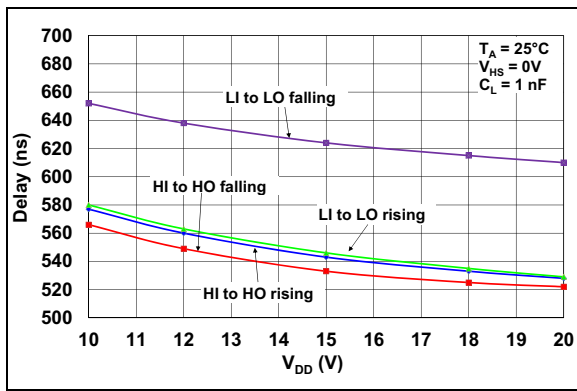


图2-20: 传播延时— V_{DD} 电压曲线

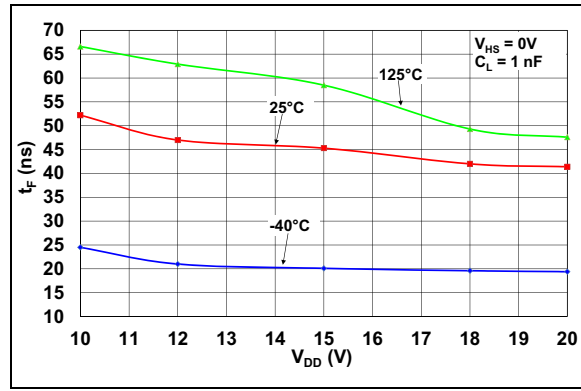


图2-23: HO 下降时间— V_{DD} 电压曲线

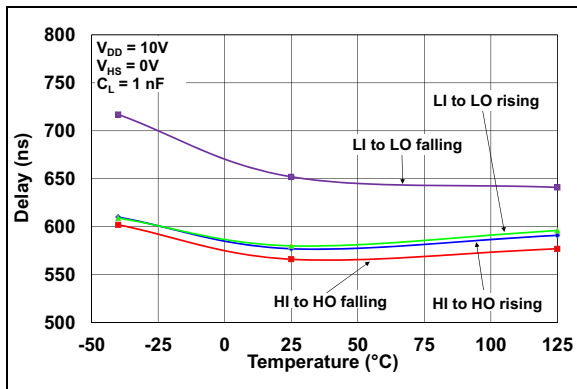


图2-21: 传播延时—温度曲线

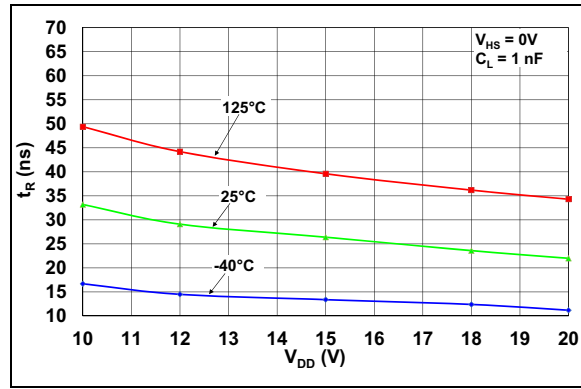


图2-24: LO 上升时间— V_{DD} 电压曲线

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

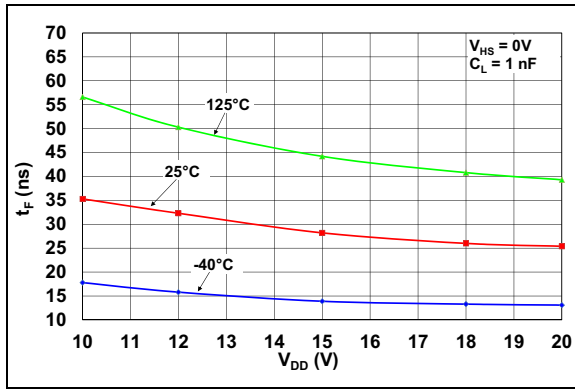


图2-25: LO 下降时间— V_{DD} 电压曲线

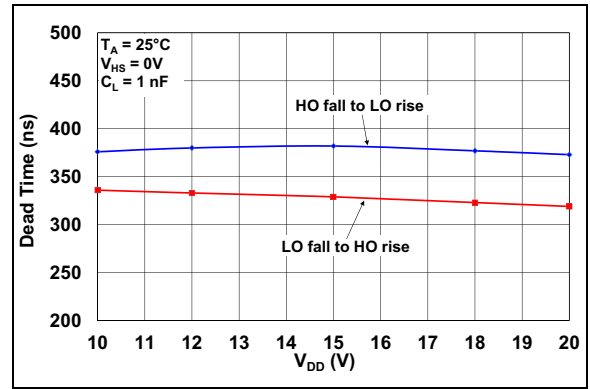


图2-28: 死区— V_{DD} 电压曲线

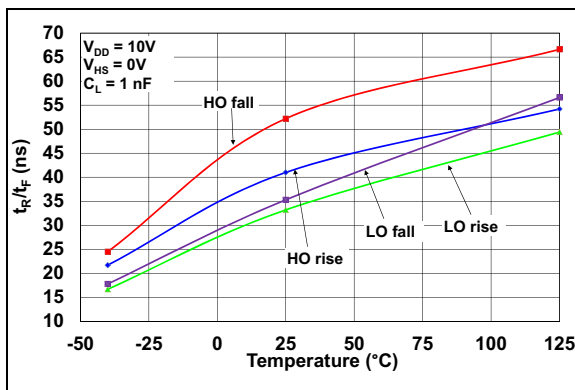


图2-26: 上升/下降时间—温度曲线
($V_{DD} = 10\text{V}$)

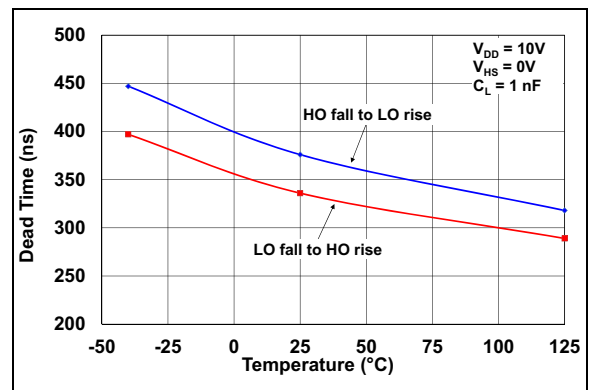


图2-29: 死区—温度曲线 ($V_{DD} = 10\text{V}$)

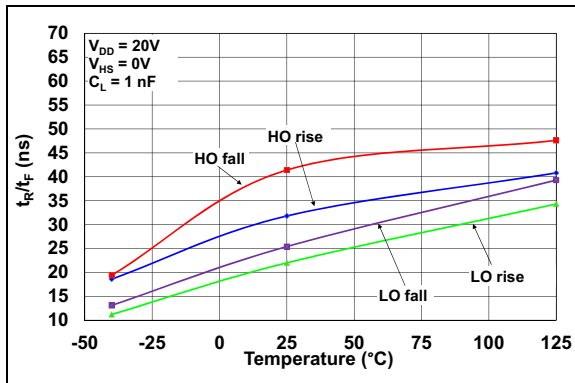


图2-27: 上升/下降时间—温度曲线
($V_{DD} = 20\text{V}$)

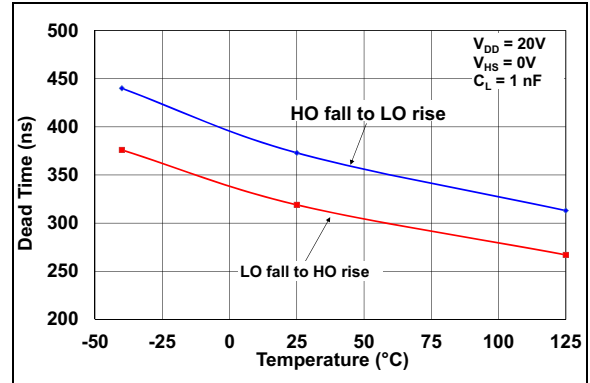


图2-30: 死区—温度曲线 ($V_{DD} = 20\text{V}$)

MIC4609

注：除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $10\text{V} \leq V_{DD} \leq 20\text{V}$ 。

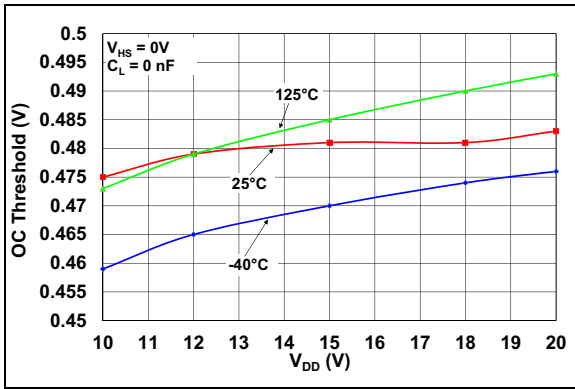


图2-31: 过电流阈值— V_{DD} 电压曲线

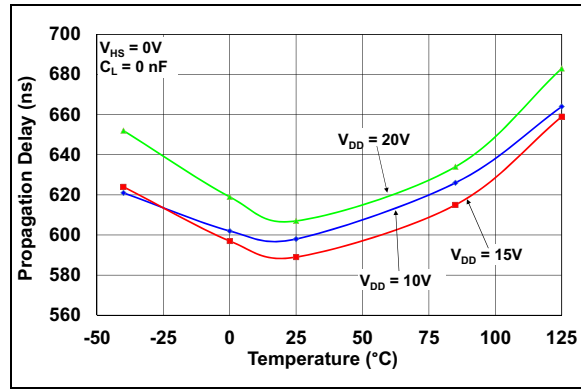


图2-34: 过电流传播延时—温度曲线

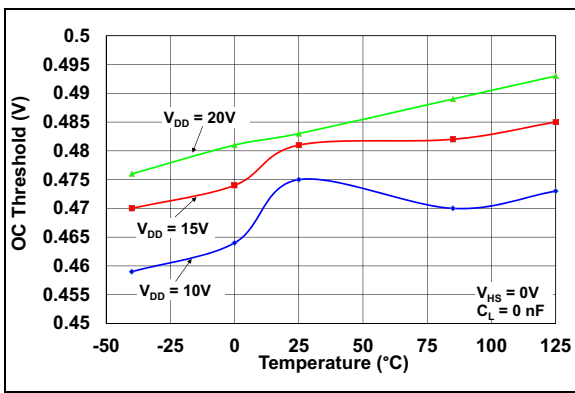


图2-32: 过电流阈值—温度曲线

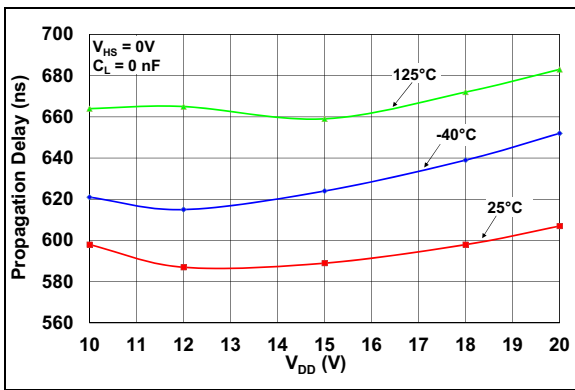


图2-33: 过电流传播延时— V_{DD} 电压曲线

3.0 引脚说明

表3-1列出了引脚说明。

表3-1: 引脚功能表

引脚编号	引脚名称	I/O	说明
1	V _{DD}	电源	栅极驱动器的输入电源 使用 > 2.2 μF 的电容将此引脚与V _{SS} 去耦。 将自举二极管的阳极连接至此引脚。
2	AHI	IN	A相上桥臂驱动输入
3	BHI	IN	B相上桥臂驱动输入
4	CHI	IN	C相上桥臂驱动输入
5	ALI	IN	A相下桥臂驱动输入
6	BLI	IN	B相下桥臂驱动输入
7	CLI	IN	C相下桥臂驱动输入
8	$\overline{\text{FAULT}}$	OUT	故障输出 漏极开路, 置为低电平表示出现过电流或V _{DD} 欠压状态。
9	ISNS	IN	用于过电流关断的电流检测输入
10	EN	IN	使能引脚 使能引脚上为逻辑高电平时将正常操作。 逻辑低电平将强制器件进入关断模式。
11	RCIN	OUT	过电流故障清除延时引脚 连接到外部电容以设置故障清除延时。
12	V _{SS}	GND	逻辑地引脚
13	COM	—	下桥臂驱动器返回引脚
14	CLO	OUT	C相下桥臂驱动输出 连接至外部下桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。
15	BLO	OUT	B相下桥臂驱动输出 连接至外部下桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。
16	ALO	OUT	A相下桥臂驱动输出 连接至外部下桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。
17、21 和 25	NC	—	无连接
18	CHS	—	C相上桥臂驱动返回连接 连接至外部上桥臂功率器件的发射极或源极。 在此引脚和CHB引脚之间连接自举电容。
19	CHO	OUT	C相上桥臂驱动输出 连接至外部上桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。
20	CHB	电源	C相上桥臂自举电源 需要外部自举电容。 在此引脚和CHS之间连接自举电容。 连接至外部自举二极管的阳极。
22	BHS	—	B相上桥臂驱动返回连接 连接至外部上桥臂功率器件的发射极或源极。 在此引脚和BHB引脚之间连接自举电容。
23	BHO	OUT	B相上桥臂驱动输出 连接至外部上桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。

MIC4609

表3-1: 引脚功能表 (续)

引脚编号	引脚名称	I/O	说明
24	BHB	电源	B相上桥臂自举电源 需要外部自举电容。 在此引脚和BHS之间连接自举电容。 连接至外部自举二极管的阳极。
26	AHS	—	A相上桥臂驱动返回连接 连接至外部上桥臂功率器件的发射极或源极。 在此引脚和AHB引脚之间连接自举电容。
27	AHO	OUT	A相上桥臂驱动输出 连接至外部上桥臂功率 MOSFET 或 IGBT 的栅极。
28	AHB	电源	A相上桥臂自举电源 需要外部自举电容。 在此引脚和AHS之间连接自举电容。 连接至外部自举二极管的阳极。

4.0 功能说明

MIC4609是一款同相600V三相IGBT/MOSFET驱动器，适用于独立驱动三相桥中的六个IGBT或MOSFET。MIC4609可以提供10V至20V V_{DD} 的宽工作电源电压范围，并且具有六个独立输入（兼容TTL或3.3V CMOS）。

该驱动器由六个带滞后功能的输入缓冲器、四个独立的UVLO电路（三个监视HB电压的上桥臂，一个监视 V_{DD} 电压的下桥臂）和六个输出驱动器组成。上桥臂输出驱动器使用以HS引脚为参考的高速电平转换电路。过电流保护电路会在过电流故障期间关闭所有输出。

4.1 UVLO保护

UVLO电路强制驱动器输出低电平，直到电源电压超过UVLO阈值。通过UVLO电路中的滞后可避免系统噪声和有限的电路阻抗在导通期间引起抖动。

UVLO电路如功能框图所示。下桥臂UVLO电路（[MIC4609功能框图——x相驱动电路](#)）监视 V_{DD} 和 V_{SS} 引脚之间的电压。当 V_{DD} 小于UVLO阈值电压时，电路关断所有驱动器。

三个上桥臂UVLO电路（如[MIC4609典型应用电路——300V三相电机驱动器](#)所示）监视 xHB 和 xHS 引脚之间的电压。当 $V_{HB} - V_{HS}$ 小于UVLO阈值电压时，电路关断相应的上桥臂输出。

4.2 启动和UVLO

启动序列如[图4-1](#)所示。随着 V_{DD} 上升至超过未指定阈值 V_T ，内部电路激活，FAULT引脚置为低电平，UVLO电路开始监视 V_{DD} 。当 V_{DD} 上升至UVLO阈值时，电流源开始对RCIN引脚的外部电容充电，直到其达到RCIN延时阈值。一旦达到RCIN阈值且EN引脚置为高电平，便会使能输出驱动器。

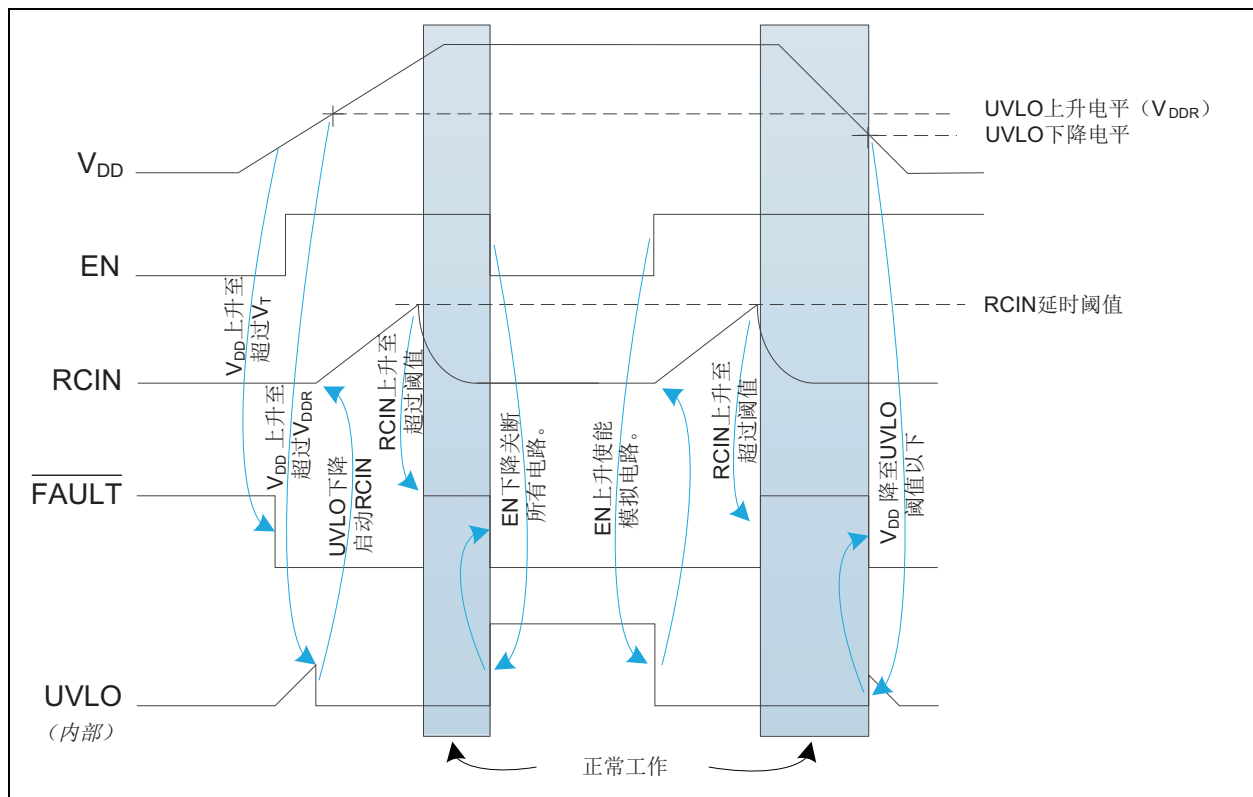





图4-1: 启动和故障时序图

MIC4609

表4-1: 工作真值表

条件	xHI	xLI	EN	ULVO ^(1和2)		输出 ^(3和4)	
				HB ULVO	V _{DD} ULVO	xHO	xLO
禁止	X	X	L	X	X	L	L
V _{DD} ULVO	X	X	X	X	L	L	L
V _{HB} ULVO	X	L或H	H	L	H	L	L或H
开关	H	H		H	H	L	L
	H	H	H			L	L
	L	H	H	H	H	L	H
	H	L	H	H	H	H	L
	L	L	H	H	H	H	L

注 1: 当V_{DD} > UVLO 阈值时, UVLO = H

2: 当V_{DD} < UVLO 阈值时, UVLO = L

3: 当V_{DD} 上升至高于 UVLO 阈值或 EN 引脚置为高电平时, 如果 xHI 和 xLI 均为低电平, 则 xHO 和 xLO 保持低电平。当其中一个输入状态从L变为H时, 开始正常开关操作。

4: 防直通电路可避免两路输出同时出现高电平。

4.3 使能输入

用一个外部使能引脚来控制全部三相。使能引脚 (EN) 上为逻辑高电平时, 启动所有相并正常工作。相反, 当使能引脚上为逻辑低电平时, 所有相关断, 器件进入低电流关断模式。当 EN 为低电平时, 所有输出 (xHO 和 xLO) 均拉低。从内部拉低 EN 引脚。将此引脚悬空会禁止器件。

4.4 输入级

xHI 和 xLI 引脚以 COM 引脚为参考，并具有兼容 CMOS/TTL 的输入范围。输入阈值电压与 V_{DD} 电源无关。输入引脚电压不能超过 V_{DD} 引脚电压。输入信号的电压状态不会改变驱动器的静态电流消耗。图4-2给出了输入级框图。

xHI 和 xLI 引脚上连接了一个内部下拉电阻。如果输入断开或悬空，则会将驱动器输出引脚拉低。将向输入中编程少量的滞后，以避免错误触发输出。另外，每个输入都有用于额外抗噪声保护的最小脉冲宽度滤波器。输入脉冲宽度必须超过 t_{FLTR} 时间，输出才会改变状态。更多信息，请参见电气特性表和图4-3。

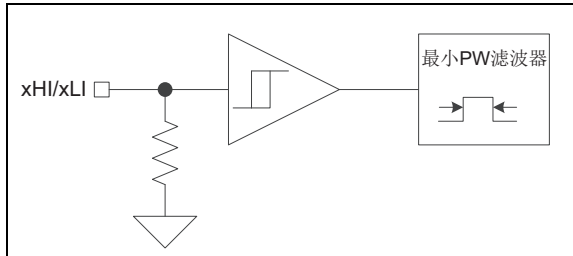


图4-2: 输入级框图

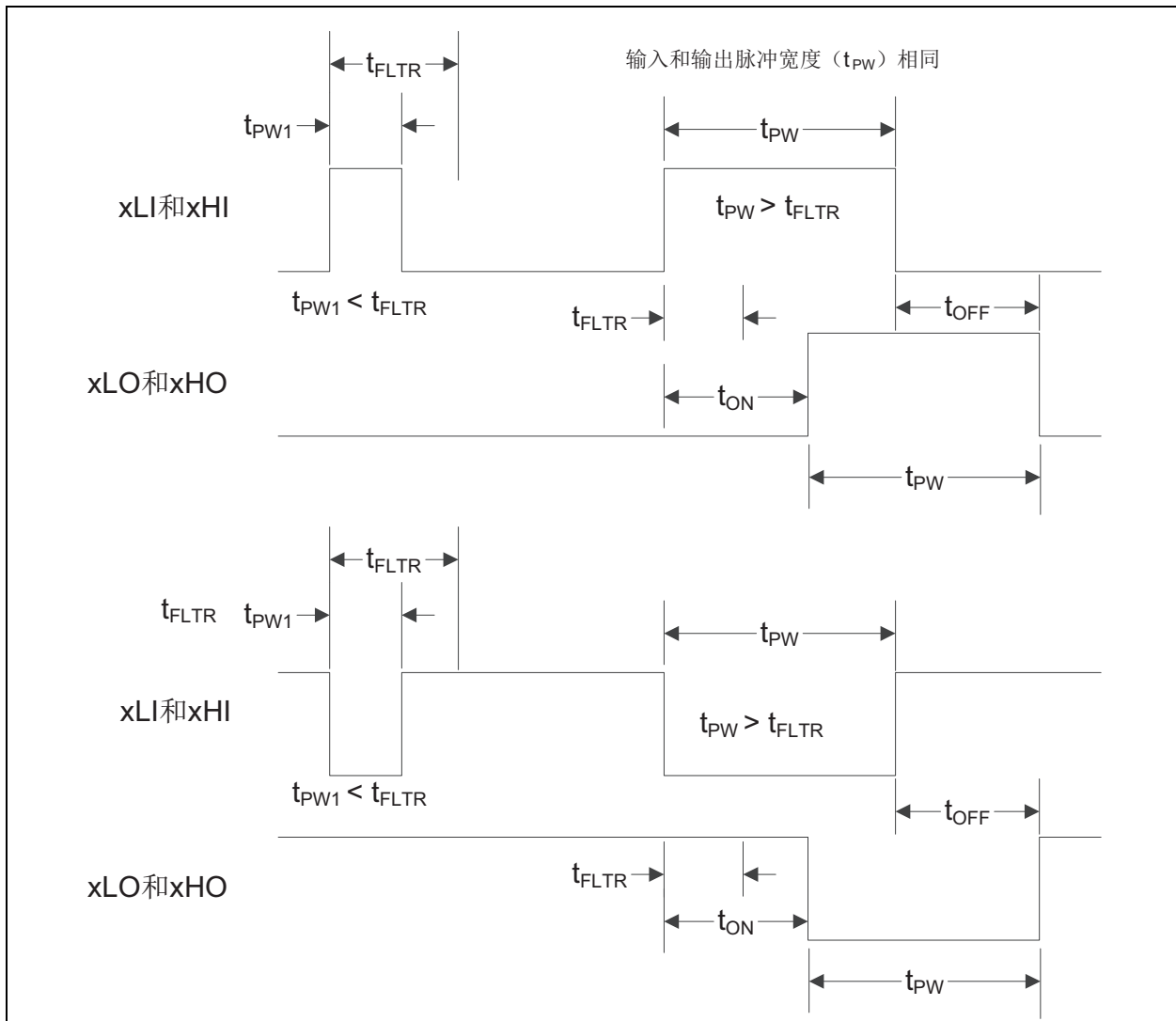


图4-3: 最小脉冲宽度框图

4.5 死区和防直通保护

当某一相的上桥臂和下桥臂 IGBT/MOSFET 同时导通时，会发生直通。每一相的输入都使用防直通电路来避免发生这种情况。如果某一相的 HI 和 LI 输入都变为高电平，则该相的两个输出（HO 和 LO）都将变为低电平。

除了防直通电路外，输入至输出的传播延时还会增加一个固定的“死区”延时。这样，某一相上的 IGBT/MOSFET 便能在其他相导通前完全关断。

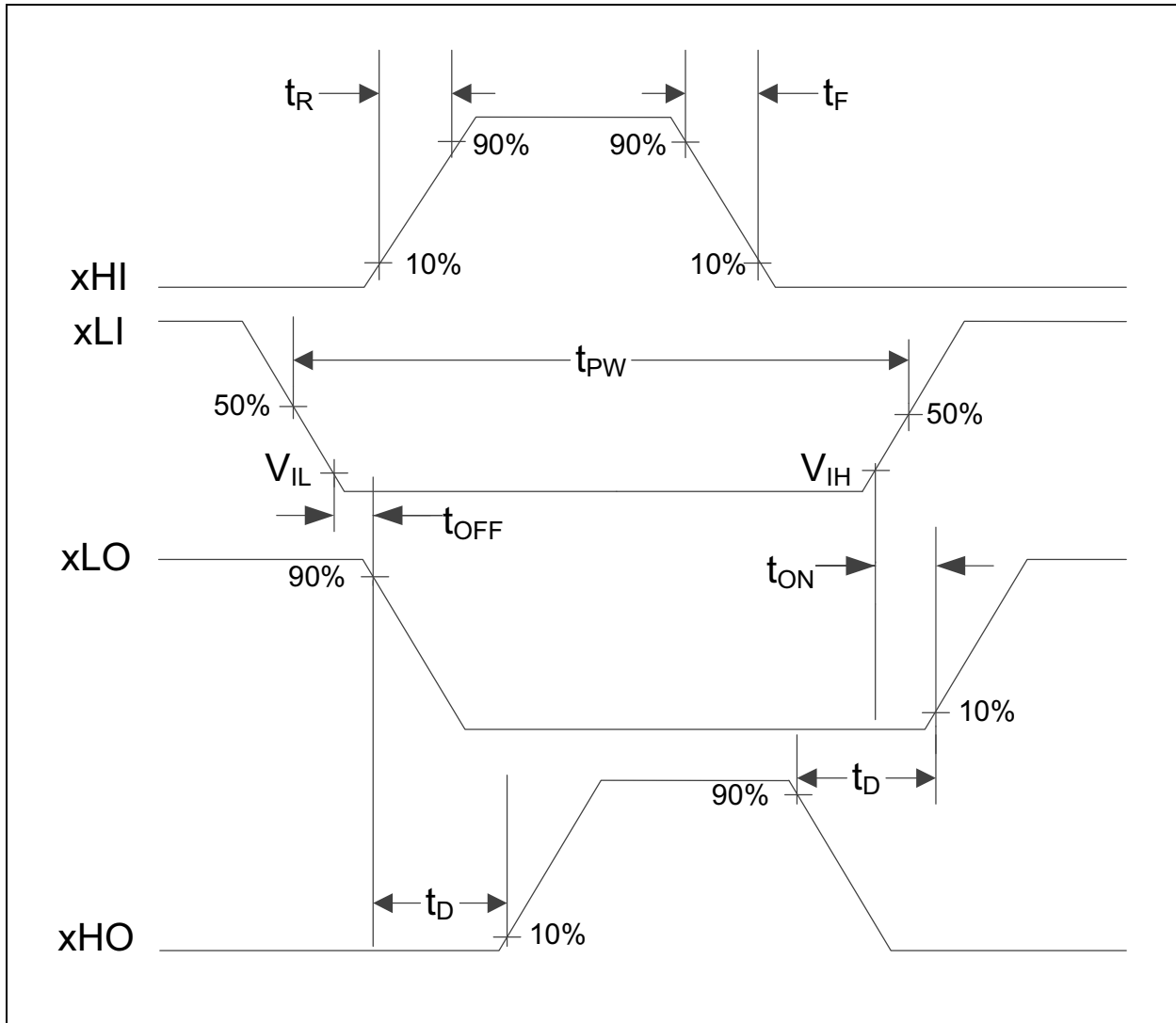


图4-4: 死区、传播延时和上升/下降时间图

4.6 下桥臂驱动器输出级

下桥臂驱动器（如图4-5所示）用于驱动N沟道MOSFET或IGBT。驱动器以相对于地为浮地的COM引脚为参考。COM参考为栅极驱动电流提供了返回路径，无需流经电流检测电阻。

较低的驱动器阻抗可以实现快速导通和关断外部IGBT/MOSFET。输出的轨到轨驱动能力可以确保外部功率器件具有较低的 V_{CE} 或 $R_{DS(on)}$ 。

当驱动外部IGBT导通时，驱动器的内部P沟道MOSFET导通， V_{DD} 施加到外部IGBT的栅极。要关断外部IGBT，驱动器的N沟道FET导通，从而使外部IGBT的栅极放电。

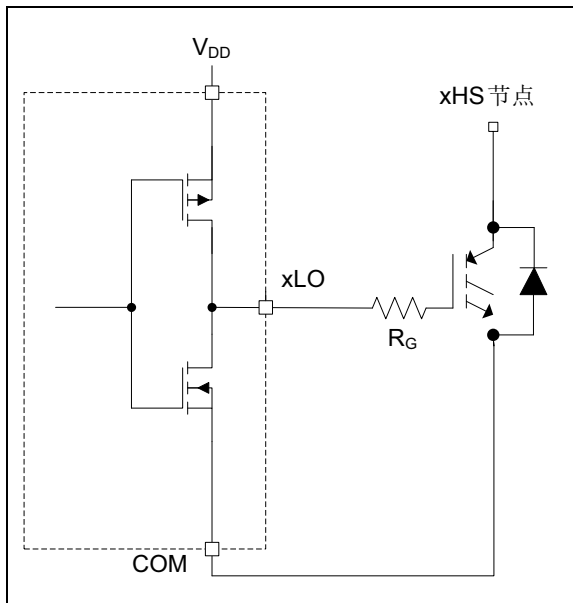


图4-5： 下桥臂驱动器框图

4.7 上桥臂驱动器和自举电路

上桥臂驱动器用于驱动源极/发射极端子以HS引脚为参考的悬浮N沟道FET或IGBT。图4-6给出了上桥臂驱动器部分的简化图。

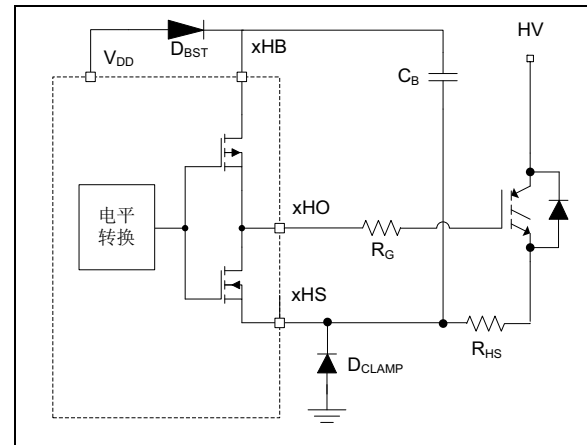


图4-6： 上桥臂驱动器和自举电路框图

一个低功耗的高速电平转换电路将下桥臂（ V_{SS} 引脚）参考电路与上桥臂（xHS引脚）参考驱动器隔离。自举电容（ C_B ）为上桥臂驱动器和UVLO电路供电，而xHS引脚的电压转换为高电平。

自举电路由外部二极管 D_{BST} 和外部电容 C_B 组成。在如图4-7所示的电机驱动器（仅给出了A相）等典型应用中，AHS引脚处于地电位，而下桥臂MOSFET导通。此时内部二极管为电容 C_B 充电至 $V_{DD} - V_F$ （ V_F 是内部二极管的正向压降）。当下桥臂MOSFET关断且AHO引脚导通后，电容 C_B 两端的电压施加到上桥臂外部MOSFET的栅极。上桥臂MOSFET导通后，AHS引脚上的电压会随着上桥臂MOSFET的源极上升，直至达到 V_{DD} 。随着AHS和AHB引脚的电压上升，内部二极管反向偏置，防止电容 C_B 放电。在此期间，上桥臂MOSFET通过电容 C_B 两端的电压导通。

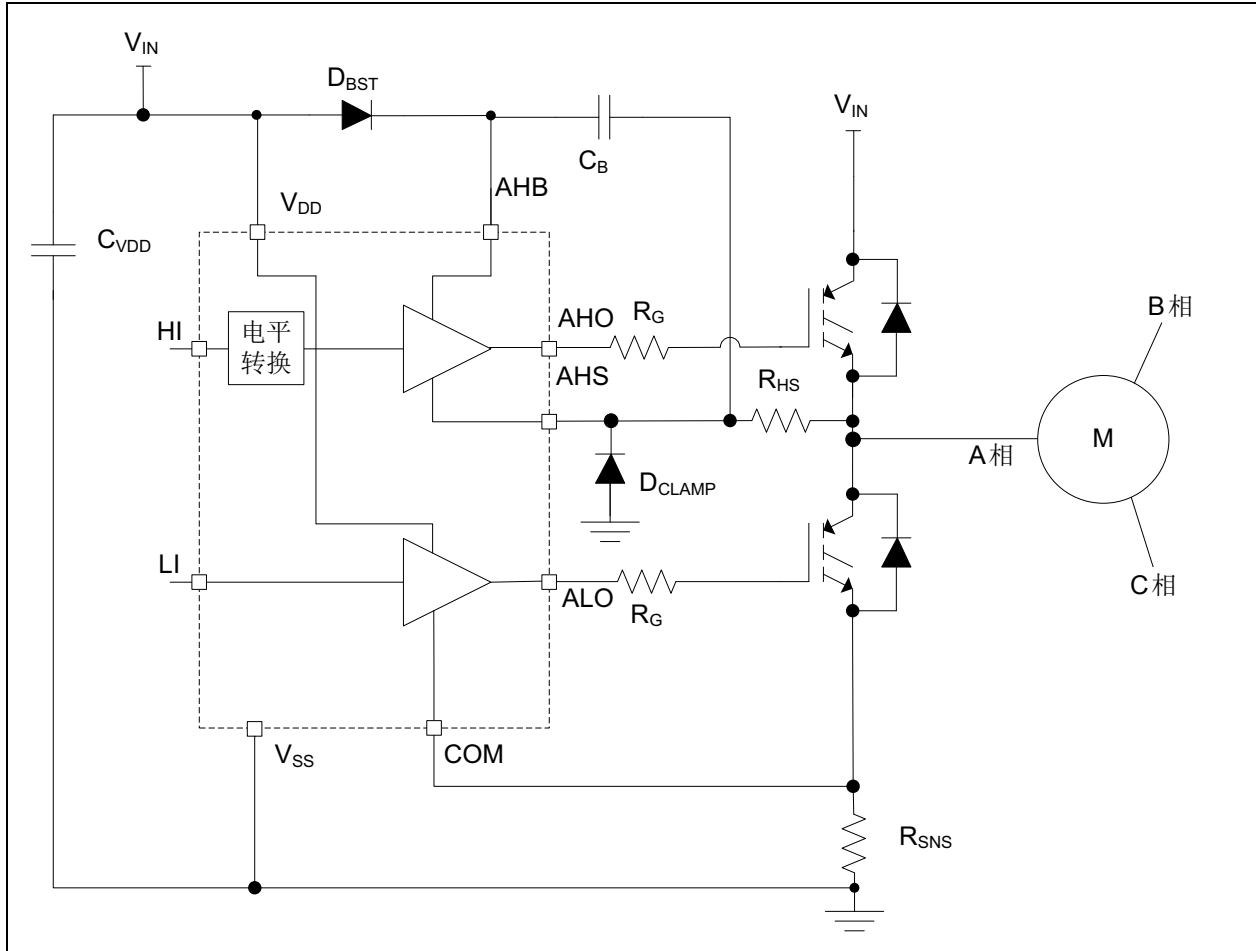


图4-7: MIC4609 电机驱动器典型应用——A 相

4.8 过电流保护电路

MIC4609 为三相桥提供过电流保护。其中包括:

- 用于检测电流检测电阻两端电压的比较器。
- 确保故障期间所有栅极驱动器关断的锁存器和定时器。
- 在故障期间拉低的开漏型 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚。

图4-8 给出了过电流保护序列。当检测到过电流情况时，拉低 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚，并且在由 RCIN 引脚电容所确定的一段时间内，锁存器禁止栅极驱动输出。延时电路超时后，锁存器复位， $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚置为高阻态，重新使能栅极驱动输出。

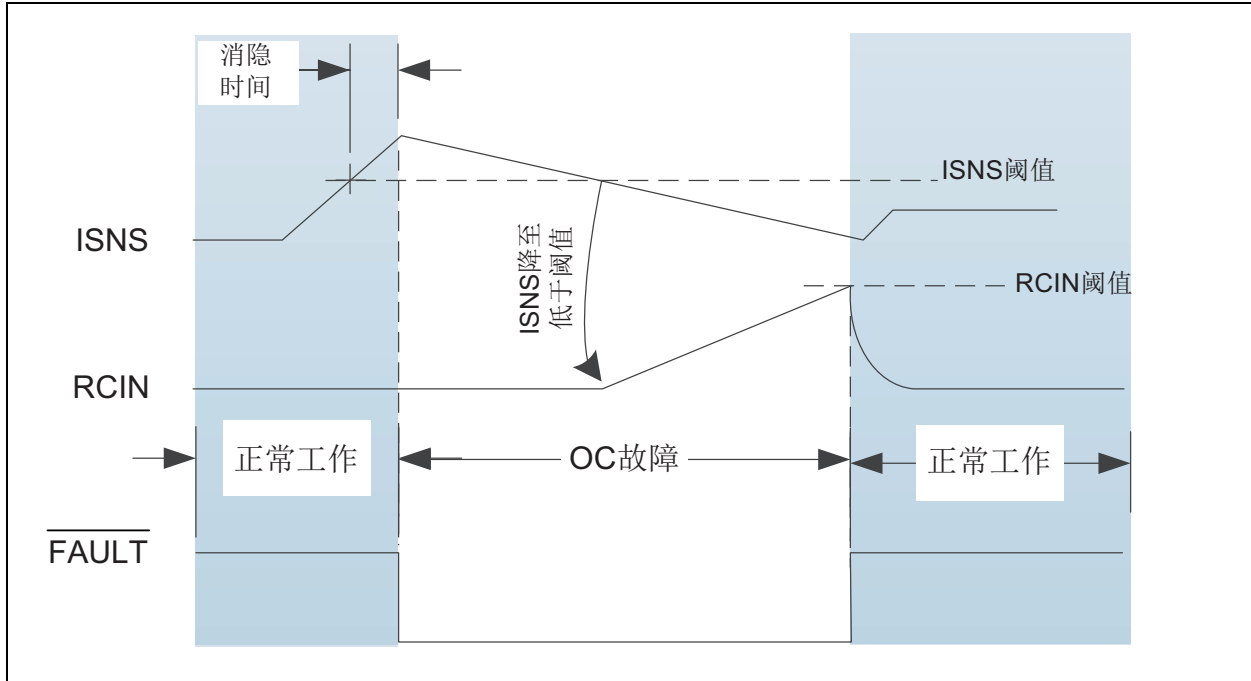


图4-8: 过电流故障序列

4.8.1 ISNS

ISNS 引脚可用于监视电机绕组电流。测量以 V_{SS} 引脚为参考，可以检测下桥臂电流检测电阻两端的电压，也可以连接到电流检测变压器。电流检测电阻通常连接在全部三个下桥臂开关的源极引脚（MOSFET）或发射级引脚（IGBT）与电源地之间。

如果 ISNS 引脚上的峰值电压超过 V_{ISNS} 阈值，会导致锁存器关断全部六个输出。ISNS 比较器输出的消隐电路可避免噪声错误触发过电流电路。ISNS 引脚内部拉低至 V_{SS} ，但如果不使用过电流功能，也可以外部连接到 V_{SS} 地以提高抗噪声能力。

4.8.2 RCIN

连接到 RCIN 引脚上的电容决定了栅极驱动输出在重新启动之前锁存的时间。

正常工作期间，RCIN 引脚内部拉低。检测到过电流情况后，RCIN 引脚电容由内部电流源充电，直至电压达到 V_{RCIN+} 阈值，锁存器复位。随后使能输出。

可以应用公式 4-1 近似得出延时时间。

公式 4-1:

$$t_{DLY} = \frac{C_{RCIN} \times V_{RCIN+}}{I_{RCIN}}$$

其中:

- C_{RCIN} = RCIN 引脚上的外部电容
- I_{RCIN} = RCIN 引脚电流源（典型值为 $0.44 \mu A$ ）
- V_{RCIN+} = 内部比较器阈值

4.8.3 \overline{FAULT}

对于过电流情况或者 V_{DD} 电压低于 UVLO 阈值时，此漏极开路输出置为低电平。 V_{DD} 上升至高于 UVLO 阈值后或者 RCIN 引脚电压达到 V_{RCIN+} 阈值时，此漏极开路输出会置为高阻态。正常工作期间，引脚的内部下拉 MOSFET 处于高阻态。此引脚必须连接上拉电阻。

5.0 应用信息

5.1 自举电路

上桥臂栅极驱动器不能连续工作（100% 占空比）。必须定期关断以对自举电容 C_B 进行刷新/重新充电。选择自举电容值时需要考虑两个单独的要求：

- IGBT 或 MOSFET 的栅极电荷
- 上桥臂开关的导通持续时间

图 5-1 给出了 A 相的上桥臂自举电路。

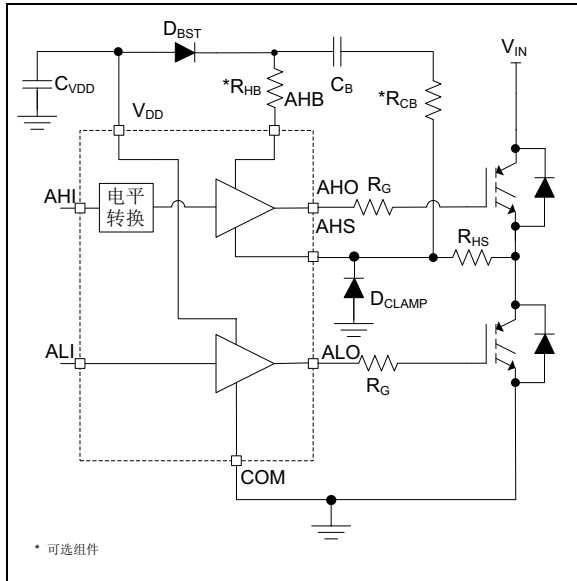


图 5-1: MIC4609——自举电路

每次传递电荷以导通 IGBT 时，自举电容的电压都会下降。压降取决于 IGBT 所需的栅极电荷。大多数 IGBT 和 MOSFET 的规格中都包含栅极电荷与 V_{GE} 或 V_{GS} 电压的关系信息或图表。根据此信息和 0.1V 至 0.5V 的推荐 ΔV_{HB} ，可以应用公式 5-1 来计算自举电容的最小值。

公式 5-1:

$$C_B \geq \frac{Q_{GATE}}{\Delta V_{HB}}$$

其中：

- Q_{GATE} = V_{HB} 的栅极总电荷
- ΔV_{HB} = HB 引脚的压降

上桥臂开关导通后，由于自举电容、IGBT/MOSFET 栅极到源极和驱动器（HS 引脚对地的泄漏）中的泄漏电流，自举电容会继续放电。

自举电容和 IGBT/MOSFET 的泄漏电流典型值在 100 nA 范围内。MIC4609 HS 引脚对驱动器的泄漏电流通常更高，典型值在 1 μ A 范围内（高结温和高电压下会更高）。根据公式 5-2 计算避免上桥臂开关的栅极驱动电压过度下降的自举电容最小值。

公式 5-2:

$$C_B \geq \frac{t_{ON} \times I_{discharge}}{\Delta V_{HB}}$$

其中：

- t_{ON} = 上桥臂开关的最大导通时间
- ΔV_{HB} = HB 引脚的压降
- $I_{discharge}$ = HB 引脚的总放电电流（电容、IGBT/MOSFET 和 HB 引脚）

电阻 R_{HB} 和 R_{CB} 可用于降低 C_B 充电电流的峰值，或修改上桥臂 IGBT/MOSFET 导通时间。这有助于降低噪声和 EMI 以及 V_{DD} 引脚上的纹波。

与 HB 引脚串联的电阻 R_{HB} 通过限制进入栅极的充电电流来控制上桥臂开关的导通时间。

增加一个与电容 C_B 串联的电阻会降低二极管 D_{BST} 消耗的峰值充电电流。这对缩短上桥臂开关的导通时间会造成一些影响，但不如电阻 R_{HB} 有效，因为在上桥臂开关开始导通并提高 HB 节点上的电压前， V_{DD} 也会产生充电电流。

5.2 HS 节点钳位

建议在开关节点与 HS 引脚之间放置一个电阻/二极管钳位电路，以最大程度减少 HS 引脚上的较大负向毛刺或脉冲。

如图 5-2 所示，通过导通和关断上桥臂和下桥臂 IGBT 来调节电机速度。在导通期间，当上桥臂 IGBT 导通时，电流流入电机。在上桥臂 IGBT 关断之后，下桥臂 IGBT 导通之前，会有一段短暂的时间（死区）以避免两个 IGBT 同时导通。在死区时间内，来自电机的电流流过上桥臂 IGBT 并联的二极管。根据二极管特性（ V_F 和导通时间）、电机电流和电路寄生效应，开关节点上的初始负电压可以是几伏或更高。

即使 HS 引脚的电压为负电压，也可以使用电阻和二极管来钳位 HS 引脚，以避免过大的负电压损坏驱动器。根据开关节点上负电压的应用和大小，推荐使用一个 1A 快恢复二极管和一个最小 10 Ω 的电阻。如果需要，可以使用更高电流的二极管和/或更大的电阻值。

在开关节点中增加一个串联电阻会限制上桥臂驱动器电流的峰值，这会影响上桥臂驱动器的开关速度。与HO引脚串联的电阻可减小，以帮助补偿额外的HS引脚电阻。

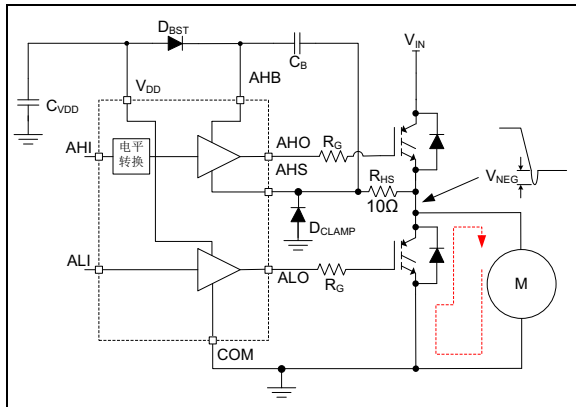


图5-2: HS引脚的负电压

5.3 功耗注意事项

驱动器的功耗可分为两部分：

- 栅极驱动器功耗
- 静态电流功耗，用于提供内部逻辑和控制功能

5.3.1 栅极驱动器功耗

输出驱动器级的功耗主要由外部IGBT的栅极到发射极和栅极到集电极电容的充放电引起。图5-3给出了MIC4609驱动外部上桥臂IGBT的简化等效电路。

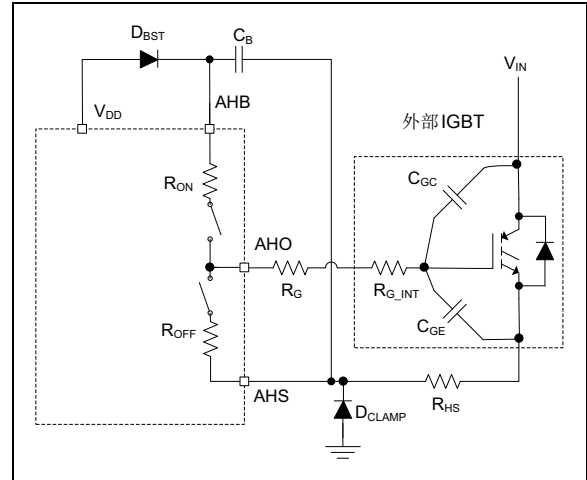


图5-3: MIC4609上桥臂驱动外部IGBT

5.3.2 外部IGBT/MOSFET导通时的功耗

电容 C_B 上的电能用于对IGBT的输入电容(C_{GE} 和 C_{GC})充电。输送到栅极的电能消耗在三个电阻元件 R_{ON} 、 R_G 和 R_{G_INT} 中。 R_G 是驱动器输出与IGBT之间的串联电阻。 R_{G_INT} 是IGBT的栅极电阻。 R_{G_INT} 通常会在IGBT或MOSFET的规范中列出。电容 C_B 的ESR和蚀刻连接的电阻可以忽略，因为它们比 R_{ON} 和 R_{G_INT} 小得多。

C_{GE} 和 C_{GC} 的有效电容难以计算，因为它们会随着 I_C 、 V_{GE} 和 V_{CE} 的不同而非线性变化。大多数功率IGBT和MOSFET的规范包含栅极总电荷与 V_{GE} 的关系图。图5-4给出了任意IGBT的典型栅极电荷曲线。此图表显示，要得到12V的栅极电压，IGBT需要12 nC的电荷。

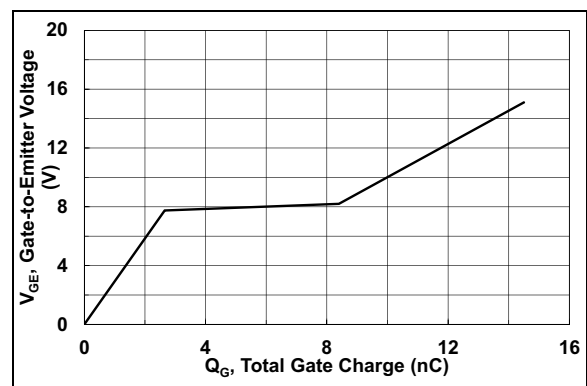


图5-4: 典型栅极电荷与 V_{GE} 的关系

MIC4609

导通期间，栅极驱动电路电阻元件的功耗计算方法如公式5-3所示。

公式5-3:

$$P_{DRIVER} = Q_G \times V_{GE} \times f_S \times D$$

其中:

- $P_{DRIVER}^{(1)}$ = 开关产生的驱动电路平均功率
- Q_G = V_{GE} 的栅极总电荷
- V_{GE} = IGBT上栅极到发射极的电压
- f_S = 栅极驱动电路的开关频率
- $D^{(2)}$ = 驱动器输出的工作占空比

注 1: P_{DRIVER} 是单个驱动器针对六个栅极驱动输出之一所消耗的功率。

2: 工作占空比是电机旋转一周期间特定驱动器输出的开关时间所占的百分比。

每个内部栅极驱动器（上桥臂或下桥臂）消耗的功率相当于 R_{ON} 和 R_{OFF} 与 R_G 和 R_{G_INT} 中的外部电阻损耗的比率。

如果 $R_{ON} = R_{OFF}$ ，则IC中单个驱动器输出消耗的功率按公式5-4来计算:

公式5-4:

$$P_{DISS} = P_{DRIVER} \times \frac{R_{ON}}{R_{ON} + R_G + R_{G_INT}}$$

MIC4609中因开关消耗的总功率等于全部六个驱动器功耗之和。

5.3.3 电源电流功耗

即使没有负载，MIC4609也会消耗功率。内部电路的偏置、电平转换电路和输出驱动器中的直通电流都会消耗电源电流。电源电流与工作频率、 V_{DD} 和 V_{HB} 电压成比例。图2-9和2-10显示了电源电流如何随开关频率和电源电压变化。

MIC4609由于电源电流所消耗的功率按公式5-5计算。

公式5-5:

$$P_{DISS_SUPPLY} = V_{DD} \times I_{DD} \times V_{HB} \times I_{HB}$$

5.3.4 总功耗和散热注意事项

MIC4609的总功耗等于驱动外部IGBT和电源电流引起的功耗之和。公式5-6给出了这种关系。

公式5-6:

$$P_{DISS_TOTAL} = P_{DISS_SUPPLY} + \sum P_{DISS_DRIVERS}$$

确定总功耗后，可以按公式5-7计算芯片温度。

公式5-7:

$$T_J = T_A + P_{DISS_TOTAL} \times \theta_{JA}$$

其中:

- T_A = 最大环境温度 (°C)
- T_J = 结温 (°C)
- P_{DISS_TOTAL} = MIC4609功耗 (W)
- θ_{JA} = 结到环境空气的热阻 (°C/W)

5.3.5 其他时序注意事项

确保输入信号的脉冲宽度大于所指定的最小脉冲宽度。小于最小脉冲宽度的输入信号可能导致无输出脉冲，或输出脉冲的宽度远远小于输入。

下桥臂的最小脉冲宽度和关断期间 C_B 电容充电所需的时间决定最大占空比（上桥臂导通时间与开关周期之比）。上桥臂驱动器导通前，必须有足够的时间对 C_B 电容充电。

5.4 去耦电容选择

V_{DD} 引脚上需要去耦电容来提供驱动外部 IGBT 或 MOSFET 所需的电荷，以及最大程度减少这些引脚上的电压纹波。 V_{DD} 引脚去耦电容为全部六个驱动器（三个上桥臂和三个下桥臂）提供瞬态电流。对于 V_{DD} 电容，建议使用最小 $1\ \mu\text{F}$ 且电容值大于所有三个 C_B 电容之和的陶瓷电容，无论 C_B 电容的值如何。

建议使用陶瓷电容的原因是它们的阻抗低、尺寸小。不应使用 Z5U 型陶瓷电容电介质，因为其电容随温度和电压变化的幅度较大。较大的 IGBT/MOSFET 和低开关频率需要较大的电容值才能正常工作。电容的电压额定值取决于电源电压、环境温度和用于提供可靠性的电压降额。对于大多数应用，建议使用额定值为 25V 的 X5R 或 X7R 陶瓷电容。如果使用低压电容，则应增大最小电容值，因为即使是高质量的介质电容（例如 X5R），在额定电压下也会损失 40% 至 70% 的电容值。

去耦电容的放置非常关键。 V_{DD} 的旁路电容应尽可能靠近 V_{DD} 引脚和地平面。 HB 电源引脚的旁路电容 (C_B) 必须尽可能靠近 HB 和 HS 引脚。蚀刻连接必须短、宽且直。建议使用地平面来尽可能减小连接阻抗。

5.5 接地、元件布局和电路布线

MIC4609 驱动器的纳秒级开关速度和高峰值电流需要对所有元件进行正确放置和布线。不正确的布局可能导致抗噪声能力下降、错误开关、过多振铃或电路门锁。

图 5-5 给出了驱动器输出变为高电平且外部 IGBT 导通时的临界电流路径。这也有助于说明对低阻抗地平面的需求。导通 IGBT 栅极所需的电荷由去耦电容 C_{VDD} 和 C_B 提供。下桥臂栅极驱动器中的电流从 C_{VDD} 流经内部驱动器进入 IGBT 栅极，随后从发射极流出。通过地平面返回去耦电容，完成整个回路。接地返回路径中的任何电感或电阻都会导致 IGBT 的发射极上出现电压尖峰或振铃。此电压与栅极驱动电压作用相反，可以在 IGBT 应该导通期间减慢或关断 IGBT。

上桥臂驱动器中的电流来源于电容 C_B ，流入 HB 引脚并从 HO 引脚流出，随后流入上桥臂 IGBT 的栅极。电流的返回路径是从 IGBT 的发射极回到电容 C_B 。上桥臂电路返回路径通常没有低阻抗地平面，因此该临界路径中的蚀刻连接应当短而宽，以尽可能减小寄生电感。对于下桥臂电路，IGBT 发射极与去耦电容之间的阻抗也会导致负向电压反馈，从而影响 IGBT 的导通。

必须注意的是，电容 C_B 必须靠近 HB 和 HS 引脚放置。此电容不仅提供导通电流，还能使 HB 引脚保持低噪声和低纹波，确保上桥臂驱动电路正常工作。

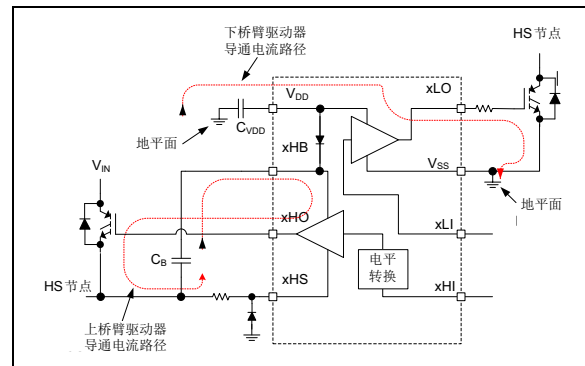


图 5-5: 导通电流路径

MIC4609

图5-5给出了驱动器输出变为低电平且外部IGBT关断时的临界电流路径。与导通说明中给出的原因相同，在关断期间，较短且低阻抗的连接非常重要。流经内部二极管的电流会补充自举电容 C_B 中的电荷。

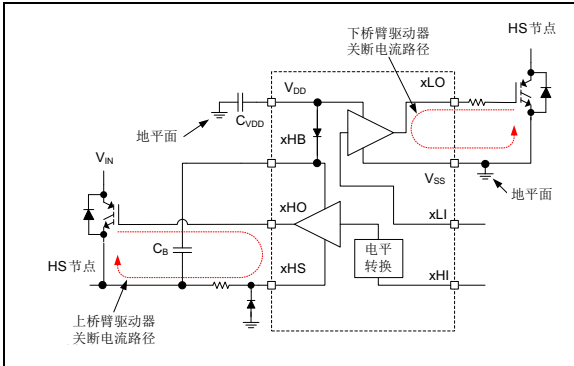


图5-6: 关断电流路径

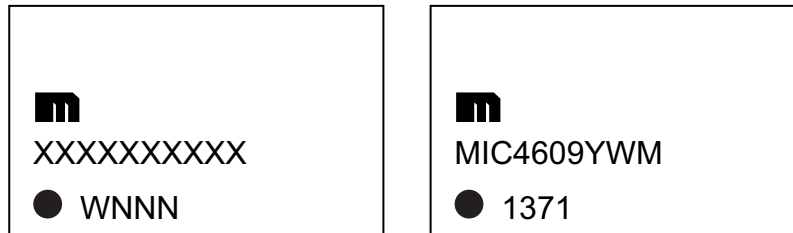
强烈建议使用地平面来最大程度减少返回路径中的寄生电感和阻抗。MIC4609能够承受超过1A的峰值电流，并且MIC4609、去耦电容与外部IGBT/MOSFET之间的任何阻抗都会降低驱动器的性能。

6.0 封装信息

6.1 封装标识信息

28 引脚 SOICW*

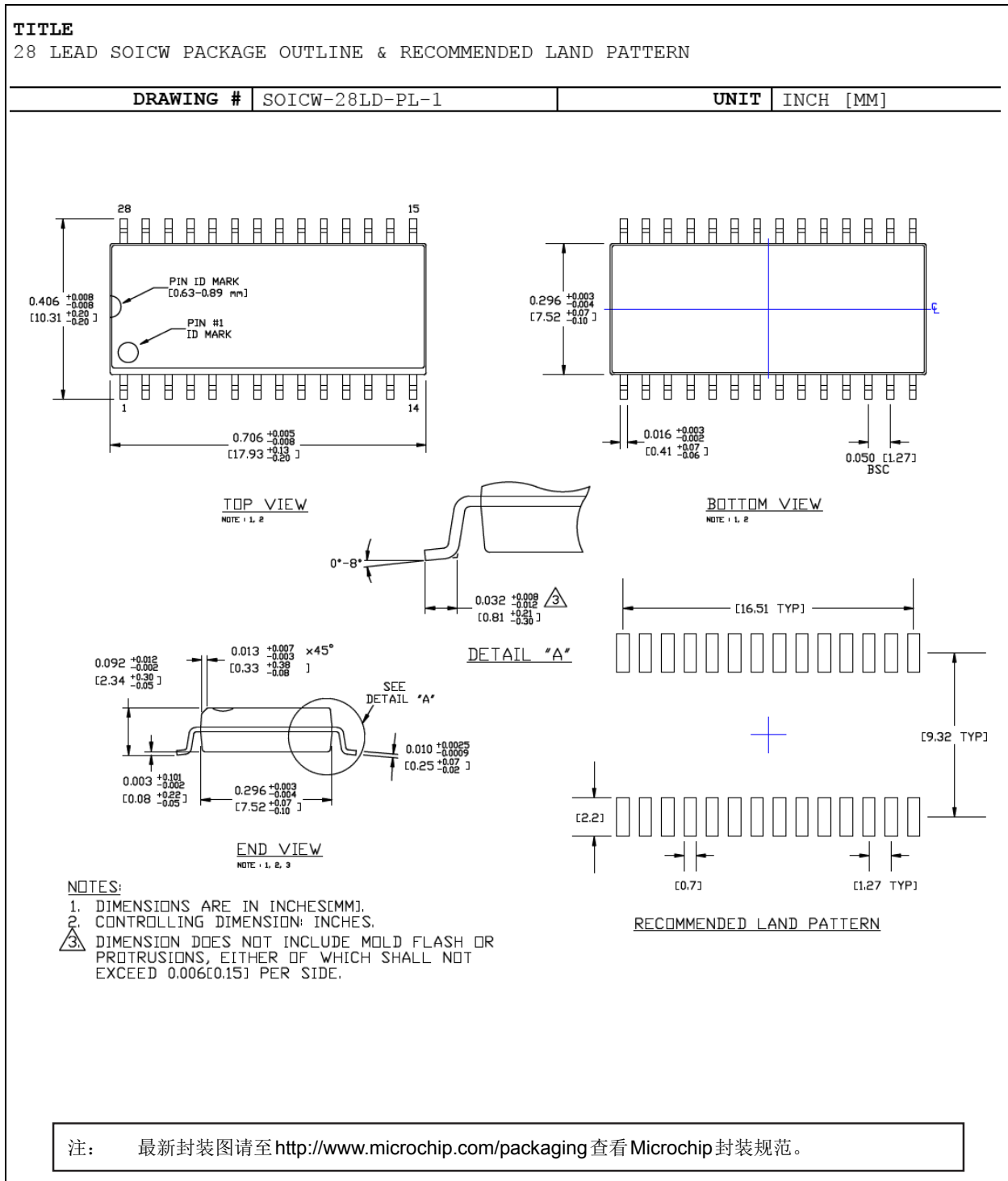
示例



图注:	<p>XX...X 产品代码或客户指定信息</p> <p>Y 年份代码（日历年的最后一位数字）</p> <p>YY 年份代码（日历年的最后两位数字）</p> <p>WW 星期代码（一月一日的星期代码为“01”）</p> <p>NNN 以字母数字排序的追踪代码</p> <p>ⓔ3 雾锡（Matte Tin, Sn）的JEDEC®无铅标志</p> <p>* 表示无铅封装。JEDEC无铅标志（ⓔ3）标示于此种封装的外包装上。</p> <p>●、▲和▼ 引脚1的索引由圆点、上三角或下三角（三角形标记）标识。</p>
注:	<p>Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户指定信息的字符数。包装可能包含也可能不包含公司徽标。</p> <p>下划线（<u> </u>）和/或上划线（）符号不能按比例放大或缩小。</p>

MIC4609

28 引脚 SOICW 封装外形和推荐焊盘布局



附录 A: 版本历史

版本 A (2016年3月)

- 本文档的初始版本。

版本 B (2017年11月)

- 封装: 已更新器件标识图注; 添加了注释
- 更正了整个文档中微小的语法错误。
- 更新了产品信息系统中的介质类型选项。

MIC4609

注:

产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

部件编号	X	XX	-XX ⁽¹⁾	示例:
器件	引脚加工	封装代码	介质类型	
器件:	MIC4609:	600V 三相 MOSFET/IGBT 驱动器		a) MIC4609YWM: 600V 三相 MOSFET/IGBT 驱动器、无铅工业级温度、28 引脚宽条 SOIC 封装 27/管式
引脚加工:	Y:	无铅, 工业级温度		b) MIC4609YWM-TR: 600V 三相 MOSFET/IGBT 驱动器、无铅工业级温度、28 引脚宽条 SOIC 封装 1000/卷带式
封装代码:	WM:	塑封小外形, 主体 7.52 mm, 28 引脚宽条 SOIC 封装		注 1: 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的, 不会印刷在器件封装上。关于包装是否提供卷带式选项的信息, 请咨询当地的 Microchip 销售办事处。
介质类型:	<空白>: TR:	27/管式 1000/卷带式		

MIC4609

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949 ==

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2511-3

全球销售及及服务网点

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820