

1、概述

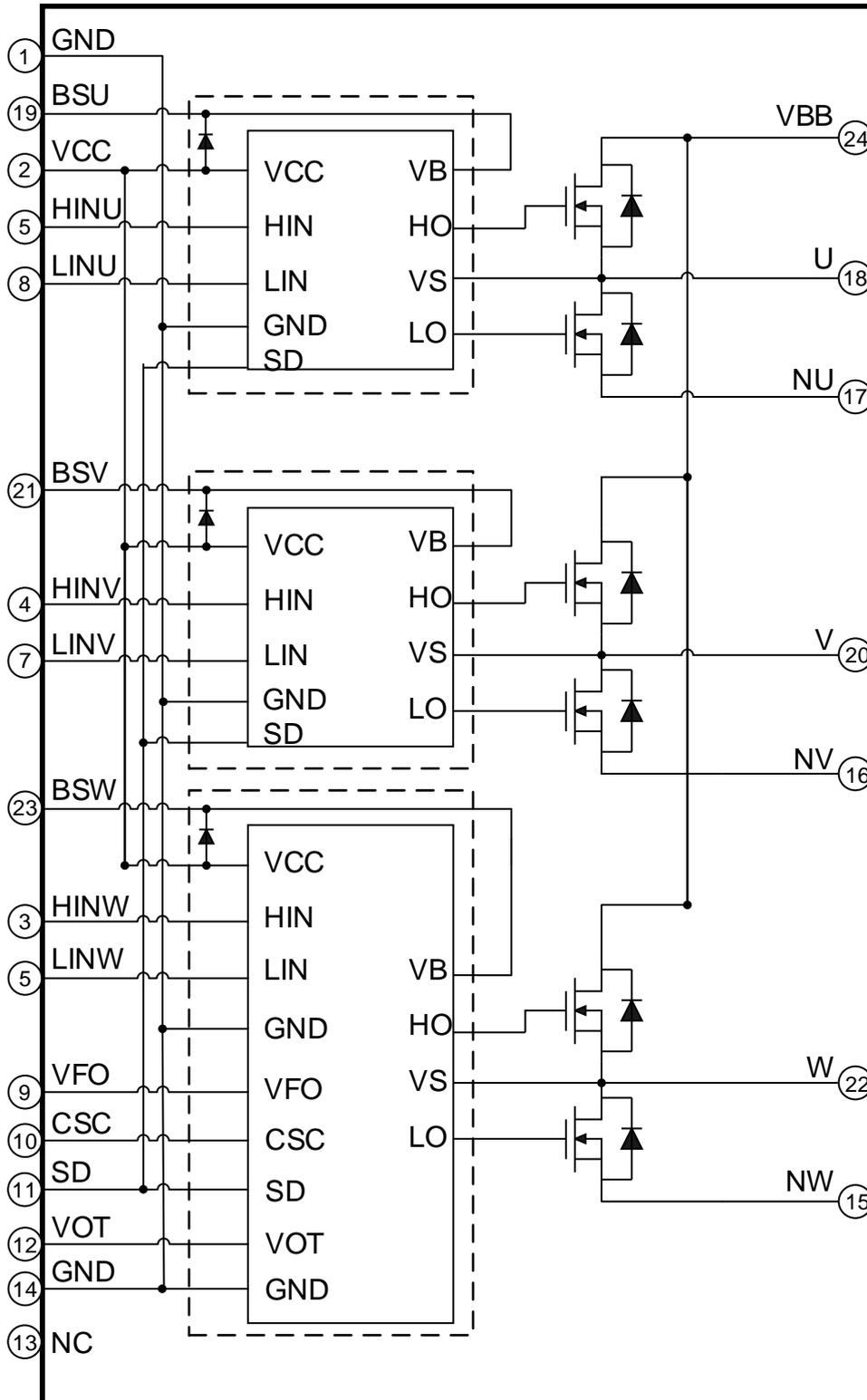
DPM04T60AM1 是一款高度集成、高可靠性的三相无刷直流电机驱动电路，主要应用于较低功率电机驱动，如风扇电机。其内置了 6 个快恢复 MOSFET 和 3 个半桥 HVIC 栅极驱动电路。内部集成了欠压保护，过流保护电路，SD 使能关断功能，提供了优异的保护和故障安全操作。由于每一相都有一个独立的负直流端，其电流可以分别单独检测。DPM04T60AM1 提供一个温度感测输出端口，另外内部集成了自举二极管，简化了外围线路。

其特点如下：

- 内置 6 个快恢复功率 MOSFET
- 内置高压栅极驱动电路 (HVIC)
- 内置欠压保护
- 内置过流保护
- SD 使能关断
- 内置自举二极管
- 完全兼容 3.3V、5V 和 15V 的 MCU 的接口，高电平有效
- 温度感测功能
- 3 个独立的负直流端用于变频器电流检测的应用
- 低 EMI 优化设计
- 绝缘级别：2000V_{rms}/min
- 封装形式：DIP-24H

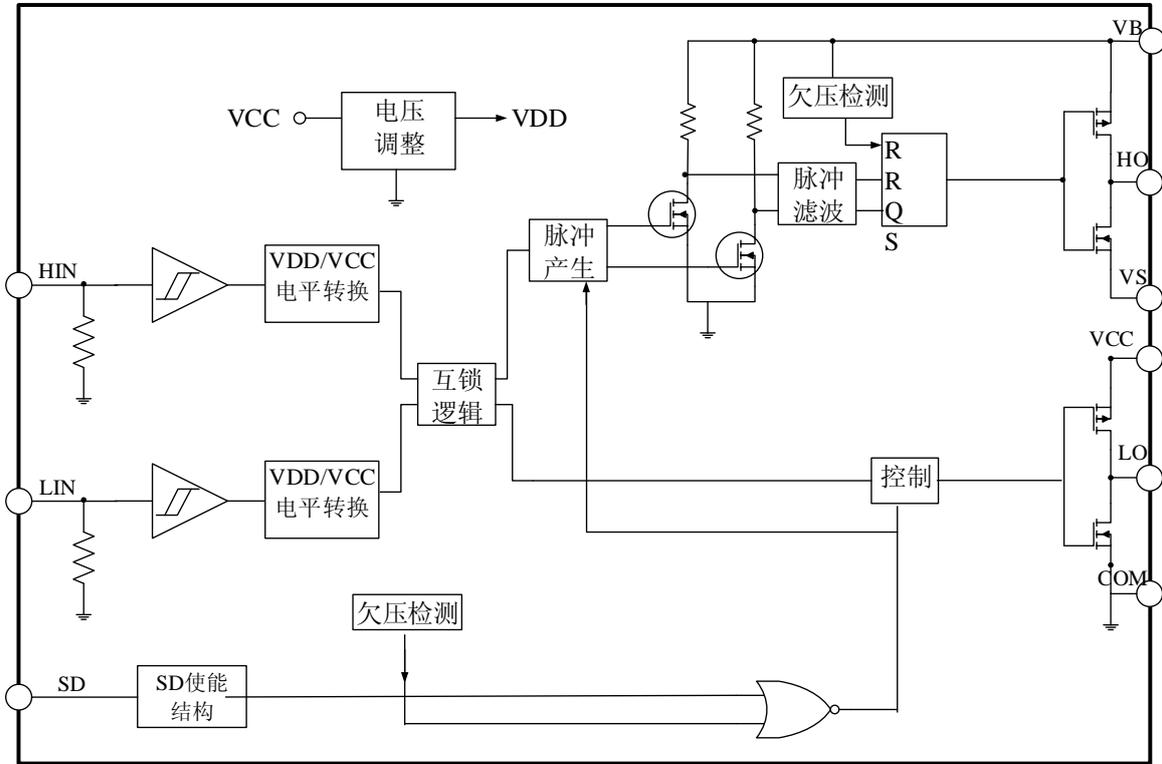
2、功能框图与引脚说明

2.1、功能框图



2.2、功能描述

该电路内置了 6 个快恢复 MOSFET 和 3 个半桥 HVIC 栅极驱动电路，如上图所示。其中 U、V 两相半桥 HVIC 栅极驱动电路功能框图及描述如下：



该 HVIC 栅极驱动主要由高低电平转换器、互锁逻辑、延时逻辑、脉冲发生器、脉冲过滤器、欠压保护逻辑和高低侧端驱动级等模块构成。

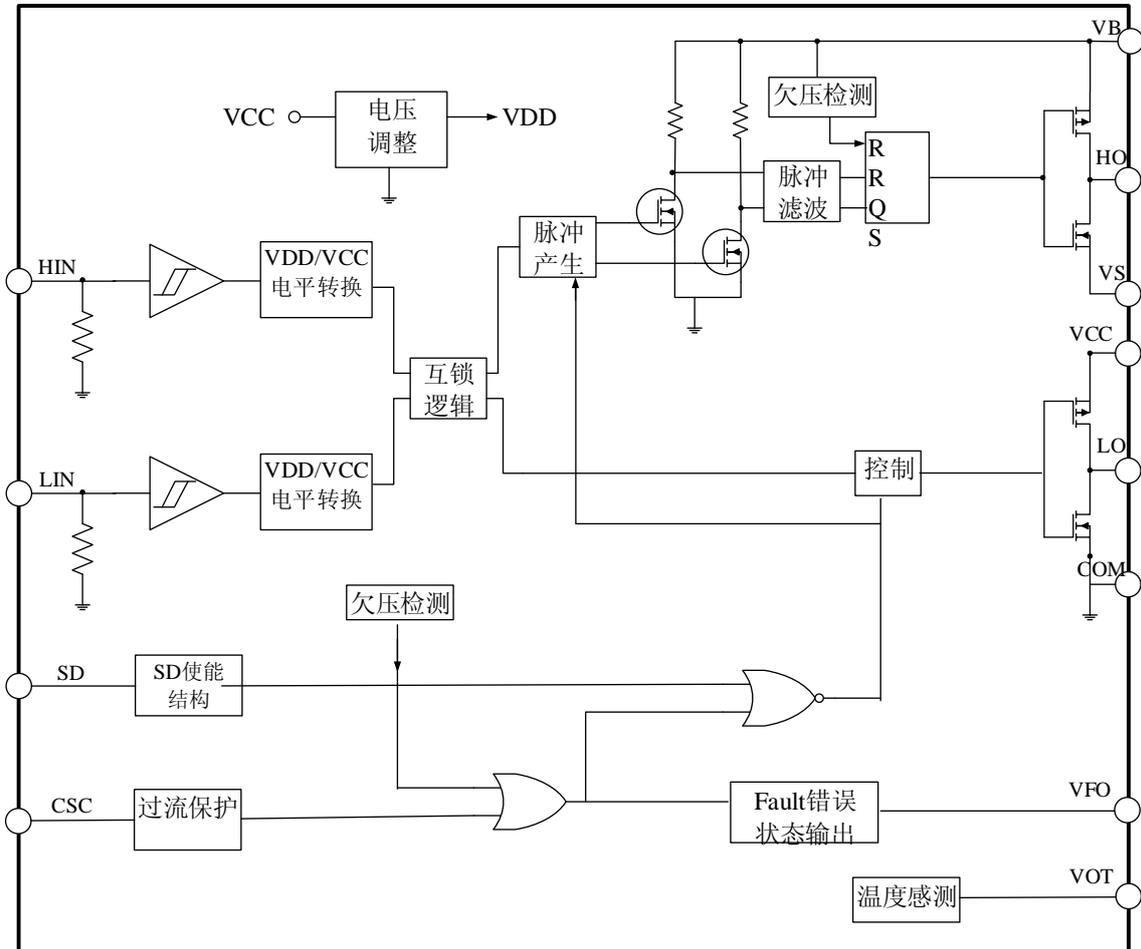
LIN 输入信号通过一个由内部稳压供电（门限电压不受外压影响）的施密特触发器后输入给内部稳压-外部低压供电 VCC 之间的电平转换，再通过用于控制死区时间的延时电路，最后输入到驱动级。HIN 输入信号同样通过一个由内部稳压供电的施密特触发器后输入给内部稳压-外部低压供电 VCC 间进行电平转换，然后输入延时电路，输出由低压通道欠压保护模块的输出信号控制产生两路固定相位差的定频短脉冲，然后通过 VCC-VS 电平转换将脉冲电平变换为 VB-VS 之间，再通过脉冲过滤模块，和高压通道欠压保护模块的输出信号一起输入给 RS 触发器，最后输出控制高压通道的驱动级。

DPM04T60AM1 模块电路 U、V 两相的输入输出控制逻辑表如下：

INH	INL	输出	备注
0	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
0	1	0	下桥臂 MOSFET 开
1	0	V _{DC}	上桥臂 MOSFET 开
1	1	禁止	桥臂穿通
开路	开路	Z	上下桥臂 MOSFET 全关

DPM04T60AM1 模块电路剩余 W 相的半桥 HVIC 栅极驱动电路功能框图及描述如下。

基本功能与上述 U、V 两相 HVIC 一致，除了在上述 HVIC 栅极驱动电路主要构成模块：高低电平转换器、互锁逻辑、延时逻辑、脉冲发生器、脉冲过滤器、欠压保护逻辑和高低侧端驱动级等模块的基础上增加了过流保护及温度感测功能；所有驱动 IC 均可被使能信号 SD 中断，该信号低电平有效。



当电路检测到过流保护端口 CSC 电压低于 0.5V (Typ.)，且电路 SD (使能端) 端信号为高时，此时 LIN 输入信号通过一个由内部稳压供电 (门限电压不受外压影响) 的施密特触发器后输入给内部稳压-外部低压供电 VCC 之间的电平转换，再通过用于控制死区时间的延时电路，最后输入到驱动级。HIN 输入信号同样通过一个由内部稳压供电的施密特触发器后输入给内部稳压-外部低压供电 VCC 间进行电平转换，然后输入延时电路，输出由低压通道欠压保护模块的输出信号控制产生两路固定相位差的定频短脉冲，然后通过 VCC-VS 电平转换将脉冲电平变换为 VB-VS 之间，再通过脉冲过滤模块，和高压通道欠压保护模块的输出信号一起输入给 RS 触发器，最后输出控制高压通道的驱动级。

而当电路检测到过流保护端口 CSC 电压高于 0.5V (Typ.)，或电路 SD 端信号为低时，无论输入信号处于何种状态，输出均会进入强制被关断的状态。

其中，VOT 为电路温度感测端输出。

DPM04T60AM1 模块电路输入输出控制逻辑表如下：

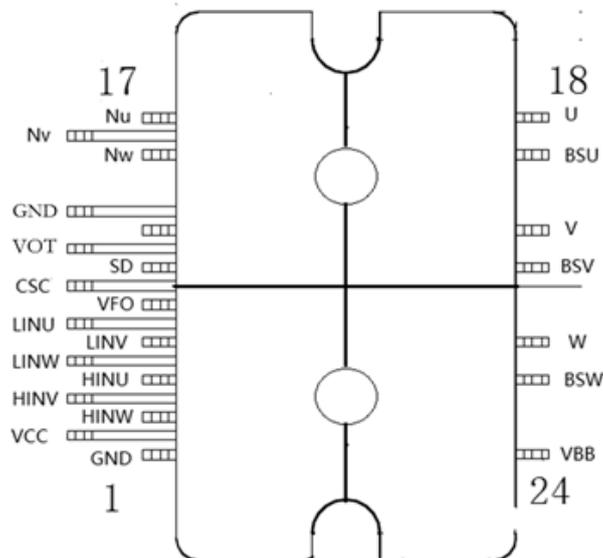
SD/VFO	INH	INL	输出	备注
1	0	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	0	1	0	下桥臂 MOSFET 开
	1	0	V _{DC}	上桥臂 MOSFET 开
	1	1	禁止	桥臂穿通
	开路	开路	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
0	0	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	0	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	开路	开路	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
0	0	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	0	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	开路	开路	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
1	0	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	0	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	0	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	1	1	Z	上下桥臂 MOSFET 全关
	开路	开路	Z	上下桥臂 MOSFET 全关

注：SD/VFO 为 0 时使能控制有效；

注：应用时 VFO 和 SD 短接，出现过流时，即 CSC 端电压大于保护阈值电压，将触发过流保护，VFO 输出低电平；出现欠压时，亦如此。

使用过流保护功能，VFO 外接上拉电阻，SD 引脚与 VFO 引脚在外部短接。

2.3、引脚排列图



2.4、引脚说明

引脚	符号	功能	属性
1	GND	模块公共地	I/O
2	VCC	低压部分驱动偏置电压	I/O
3	HINW	U 相高侧信号输入	I
4	HINV	V 相高侧信号输入	I
5	HINU	W 相高侧信号输入	I
6	LINW	U 相低侧信号输入	I
7	LINV	V 相低侧信号输入	I
8	LINU	W 相低侧信号输入	I
9	VFO	错误状态输出端	O
10	CSC	过流检测端	I
11	SD	使能端	I
12	VOT	温度感测端输出	O
13	NC	空脚	-
14	GND	模块公共地	I/O
15	NW	U 相直流负端	I/O
16	NV	V 相直流负端	I/O
17	NU	W 相直流负端	I/O
18	U (VSU)	W 相输出, W 相高侧驱动供电地	O
19	BSU	W 相高侧驱动偏置电压	I/O
20	V (VSV)	V 相输出, V 相高侧驱动供电地	O
21	BSV	V 相高侧驱动偏置电压	I/O
22	W (VSW)	U 相输出, U 相高侧驱动供电地	O
23	BSW	U 相高侧驱动偏置电压	I/O
24	VBB	直流正端	I/O

3、电特性

3.1、极限参数

除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$

参数名称	符号	额定值	单位
P-N 输入电压	V_{PN}	600	V
单个 MOSFET 漏极持续电流 $T_C=25^{\circ}\text{C}$	I_{D25}	2.0	A
单个 MOSFET 漏极持续电流 $T_C=80^{\circ}\text{C}$	I_{D80}	1.0	A
单个 MOSFET 峰值漏极电流（峰值） $T_C=25^{\circ}\text{C}$ ，脉冲宽度小于 $100\mu\text{s}$	I_{DP}	4.0	A
最大功耗， $T_C=25^{\circ}\text{C}$	P_D	14.5	W
控制电源电压	V_{CC}	20	V
高侧控制电压	V_{BS}	20	V
输入信号电压	V_{IN}	$-0.3\sim V_{CC}+0.3$	V
结温范围	T_J	$-20\sim 150$	$^{\circ}\text{C}$
壳温范围 $T_J\leq 150^{\circ}\text{C}$	T_C	$-20\sim 125$	$^{\circ}\text{C}$
存储温度范围	T_{STG}	$-50\sim 150$	$^{\circ}\text{C}$
结到外壳的热阻	$R_{\theta JC}$	2.6	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
绝缘电压，50Hz，正弦，AC1 分钟，连接管脚到散热器	V_{ISO}	2000	V_{rms}

3.2、推荐工作条件

除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$

参数名称	符号	规范值			单位
		最小	典型	最大	
P-N 输入电压	V_{PN}	45	300	400	V
控制电源电压	V_{CC}	13.5	15	16.5	V
高侧控制电压	V_{BS}	13.5	15	16.5	V
输入开启电压	$V_{IN(ON)}$	3	-	V_{CC}	V
输入关闭电压	$V_{IN(OFF)}$	0	-	0.8	V
防止桥臂直通死区时间	T_{DEAD}	1.2	-	-	μs
PWM 开关频率， $T_J\leq 150^{\circ}\text{C}$	f_{PWM}	-	15	20	kHz
PWM 信号脉冲宽度	T_{PWIN}	1	-	-	μs

3.3、电特性

3.3.1、逆变部分（单个快恢复 MOSFET）

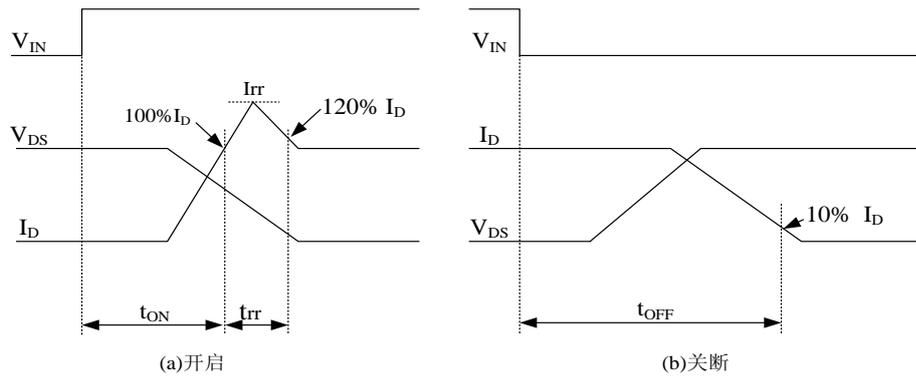
除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC}=V_B=15\text{V}$ ， $V_S=COM=0$

参数名称	符号	测试条件	规范值			单位
			最小	典型	最大	
漏-源 击穿电压	BV_{DSS}	$V_{IN}=0\text{V}$ $I_D=250\mu\text{A}$ （注 1）	600	-	-	V
零栅极电压 漏极电流	I_{DSS}	$V_{IN}=0\text{V}$ $V_{DS}=600\text{V}$	-	-	250	μA
静态漏源开 启导通电阻	$R_{DS(ON)}$	$V_{CC}=V_{BS}=15\text{V}$ $V_{IN}=5\text{V}$ ， $I_D=1.0\text{A}$	-	2.5	2.8	Ω
漏源二极管 正向电压	V_{SD}	$V_{CC}=V_{BS}=15\text{V}$ $V_{IN}=0\text{V}$ ， $I_D=-1\text{A}$	-	-	1.5	V
开关时间	t_{ON}	$V_{PN}=300\text{V}$	-	1000	-	ns
	t_{OFF}	$V_{CC}=V_{BS}=15\text{V}$	-	800	-	ns
	t_{RR}	$I_D=1.0\text{A}$	-	90	-	ns
	E_{ON}	$V_{IN}=0\text{V}\sim 5\text{V}$	-	50	-	μJ
	E_{OFF}	$L=3\text{mH}$ 电感负载（注 2）	-	10	-	μJ

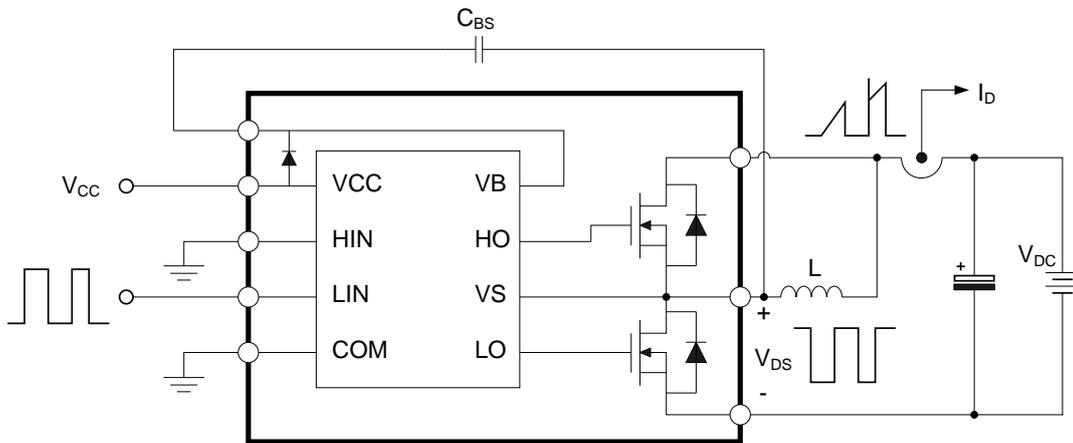
注 1： BV_{DSS} 指每个功率 MOSFET 源漏之间的极限最高电压，实际应用中考虑到杂散电感的影响， V_{PN} 电压应当远小于这个值，以保证在任何时刻加在 MOSFET 上的电压都不大于 BV_{DSS} ；

注 2： t_{ON} 、 t_{OFF} 包括驱动 IC 内部传输延时，所列典型值为实验室测试条件下的测试值，实际应用中随着不同的印刷电路板和线路而有不同的效果。开关时间定义与测试线路详见下 2 图。

开关时间定义图：



开关时间测试电路（U 相低侧）：



3.3.2、控制部分（单个 HVIC）

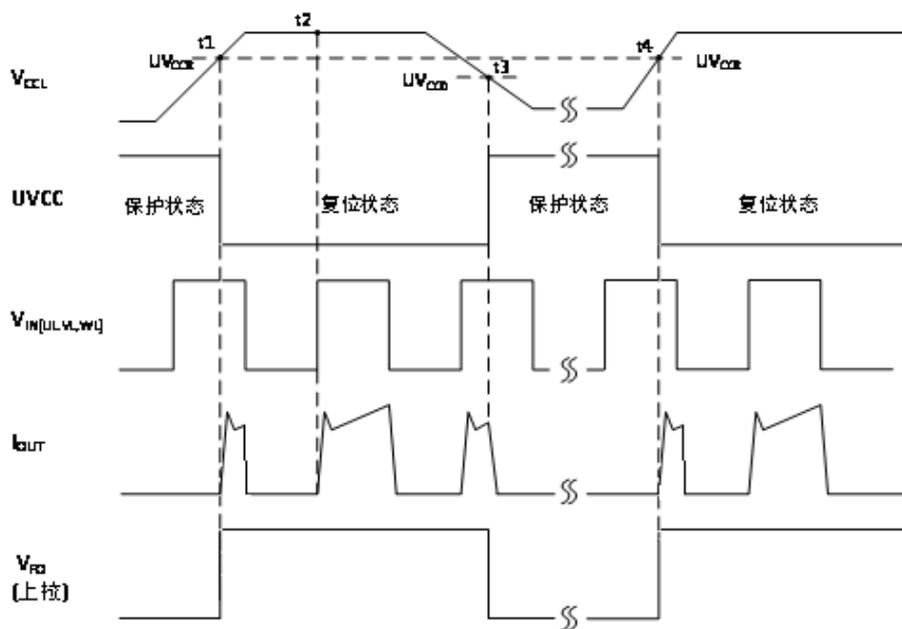
除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC}=V_B=15\text{V}$ ， $V_S=COM=0$

参数名称	符号	测试条件	规范值			单位
			最小	典型	最大	
输入开启阈值电压	V_{IH}	$V_{CC}=15\text{V}$	1.8	2.4	3	V
输入关闭阈值电压	V_{IL}	$V_{CC}=15\text{V}$	0.8	1.2	1.6	V
高侧欠压保护动作电压	UV_{BSD}	VBS 检测电压，注 3	8.0	8.7	9.4	V
高侧欠压保护恢复电压	UV_{BSR}	VBS 恢复电压	8.6	9.3	9.9	V
低侧欠压保护动作电压	UV_{CCD}	VCC 检测电压	8.3	8.9	9.7	V
低侧欠压保护恢复电压	UV_{CCR}	VCC 恢复电压	8.8	9.5	10	V
VBS 端静态电流	I_{QBS}	$V_{BS}=15\text{V}$ ， $V_{IN}=0\text{V}$	-	-	100	μA
VCC 端静态电流	I_{QCC}	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{IN}=0\text{V}$	-	-	1.5	mA
输入电流	I_{IN+}	$V_{IN}=5\text{V}$	-	50	100	μA
	I_{IN-}	$V_{IN}=0\text{V}$	-	-	1	μA
温度感测输出电压	V_{TS} (注 4)	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $T=25^{\circ}\text{C}$	600	790	980	mV
		$V_{CC}=15\text{V}$ ， $T=95^{\circ}\text{C}$	1.93	2.12	2.31	V
故障输出电压	V_{FOH}	$V_{SC}=0\text{V}$ ， V_{FO} 上拉 4.7K Ω 电阻到 5V	4.5	-	-	V
	V_{FOL}	$V_{SC}=1\text{V}$ ， $I_{FO}=1\text{mA}$	-	-	0.5	V
过流保护触发电压	$V_{CSC(REF)}$	$V_{CC}=15\text{V}$ ，注 3	0.45	0.50	0.55	V
过流保护延时	Dt	$V_{CC}=15\text{V}$ ，从 CSC 到 VFO	-	1.0	-	μs
故障输出脉冲宽度	T_{FO}	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $V_{CSC}>0.5\text{V}$ ， $V_{FO}: 1\rightarrow 0$	20	-	-	μs
SD 使能	V_{SDH}	$V_{CC}=15\text{V}$	3	-	-	V
	V_{SDL}		-	-	0.8	V

注 3：高、低压侧欠压保护功能、过流保护功能，见 3.3.2.X 工作时序图；

注 4：温度感测输出电压 V_{TS} 的温度特性曲线见“ V_{TS} 电压的温度特性”图。

3.3.2.1、低侧控制电源 VCC 具有欠压闭锁保护功能，其工作时序如下图所示：



控制电源欠压闭锁功能时序

0~t1: V_{CCL} 升至 UV_{CCR} 阈值之前, $UVLO$ 处于保护状态, 电路不会对输入信号进行响应。此时 V_{FO} 输出低电平, 报告故障状态;

t1~t2: 当 V_{CCL} 升至 UV_{CCR} 以上时, 电路对输入信号进行响应。此时 V_{FO} 输出高电平, 即无故障状态;

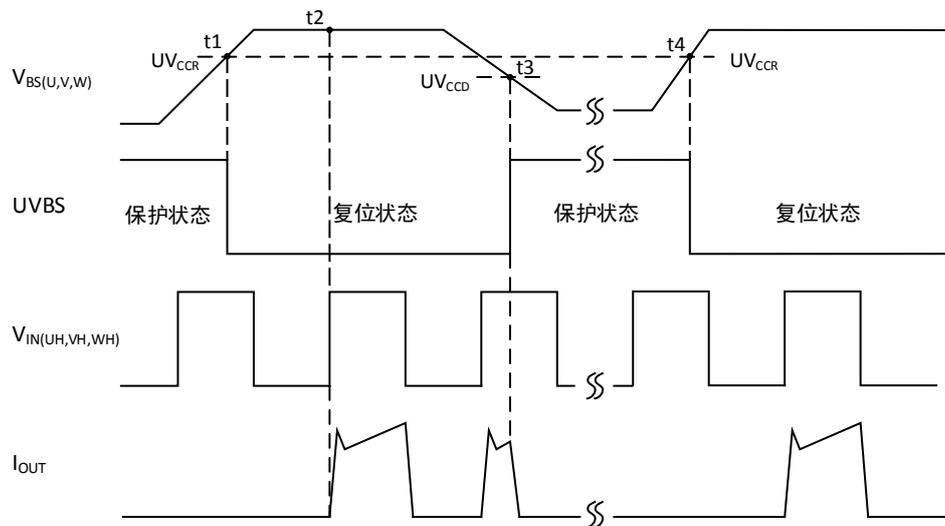
t2~t3: 电路正常工作;

t3~t4: 当 V_{CCL} 降低至 UV_{CCD} 阈值时, 电路进入欠压闭锁保护状态, 输出被立刻关断。在保护状态内, V_{FO} 输出低电平, 报告故障状态;

t4: 当 V_{CCL} 回升至 UV_{CCR} 以上时, $UVLO$ 进入复位状态, 电路对输入信号进行响应, 开始正常工作。

说明: W 相的欠压保护信号可以从 V_{FO} 端口输出, 实际应用时, V_{FO} 接上拉电阻, SD 引脚与 V_{FO} 引脚应该短接在一起。

3.3.2.2、高压侧浮动电源欠压闭锁保护功能工作时序如下图所示：



浮动电源欠压闭锁功能时序

具体功能时序与低侧控制电源欠压闭锁功能时序基本一致。

0~t1: $V_{BS(U, V, W)}$ 升至 UV_{CCR} 阈值之前, $UVLO$ 处于保护状态, 电路不会对输入信号进行响应;

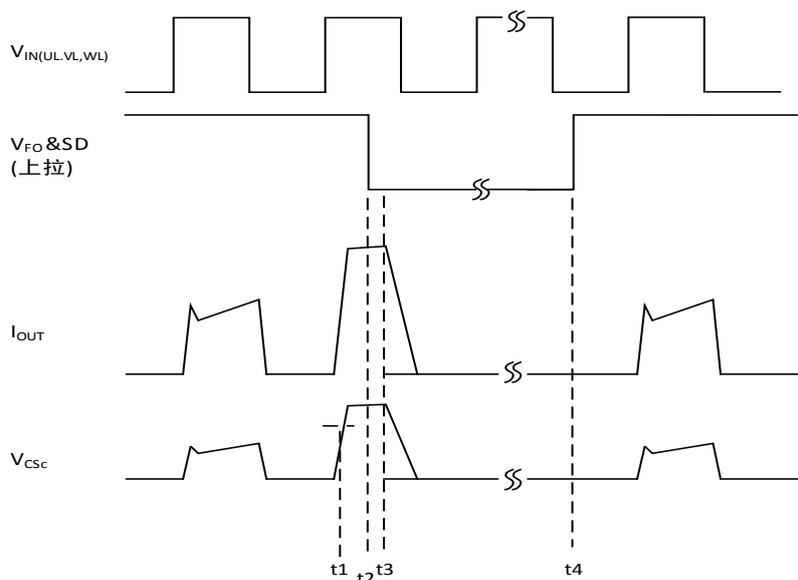
t1~t2: 当 $V_{BS(U, V, W)}$ 升至 UV_{CCR} 以上时, 电路欠压闭锁功能接触, 在输入信号的下一个周期恢复工作;

t2~t3: 电路正常工作;

t3~t4: 当 $V_{BS(U, V, W)}$ 降低至 UV_{CCD} 阈值时, 电路进入欠压闭锁保护状态, 输出被立刻关断;

t4: 当 $V_{BS(U, V, W)}$ 回升至 UV_{CCR} 以上时, $UVLO$ 进入复位状态, 电路从输入信号的下一个周期开始正常工作。

3.3.2.3、短路电流保护（VFO 外接上拉电阻，SD 引脚与 VFO 引脚应在外部短接）



t1: 过流发生时， V_{CSC} 在 t1 时间达到保护阈值；

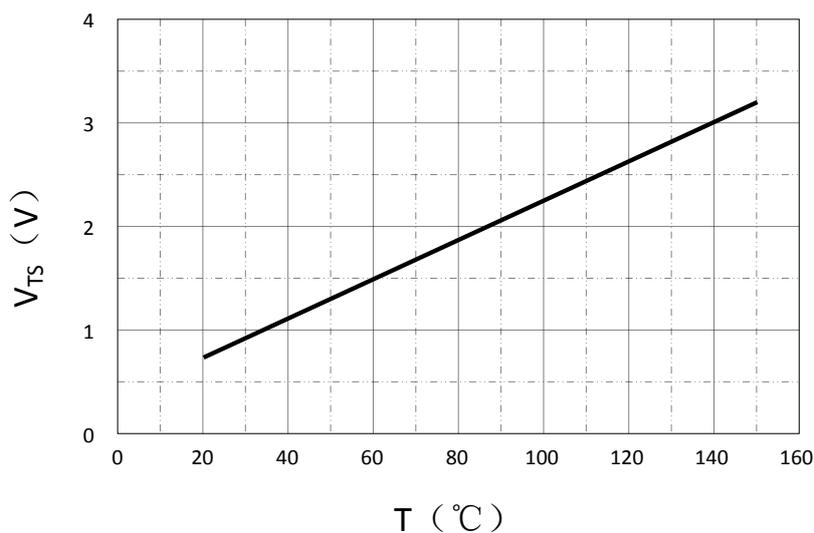
t1~t2: 过流模块内有滤波电路，到 t2 时刻输出信号 V_{FO} (&SD) 变为低电平（ V_{FO} 应与 SD 短接）；

t2~t3: 使能信号为 0，通过 SD 端口将关闭信号传递到输出端，在 t3 时间，输出开始关闭；

t3~t4: 电路保持短路保护状态，停止工作；

t4 后: 使能信号解除，电路恢复工作。

3.3.2.4、 V_{TS} 电压的温度特性



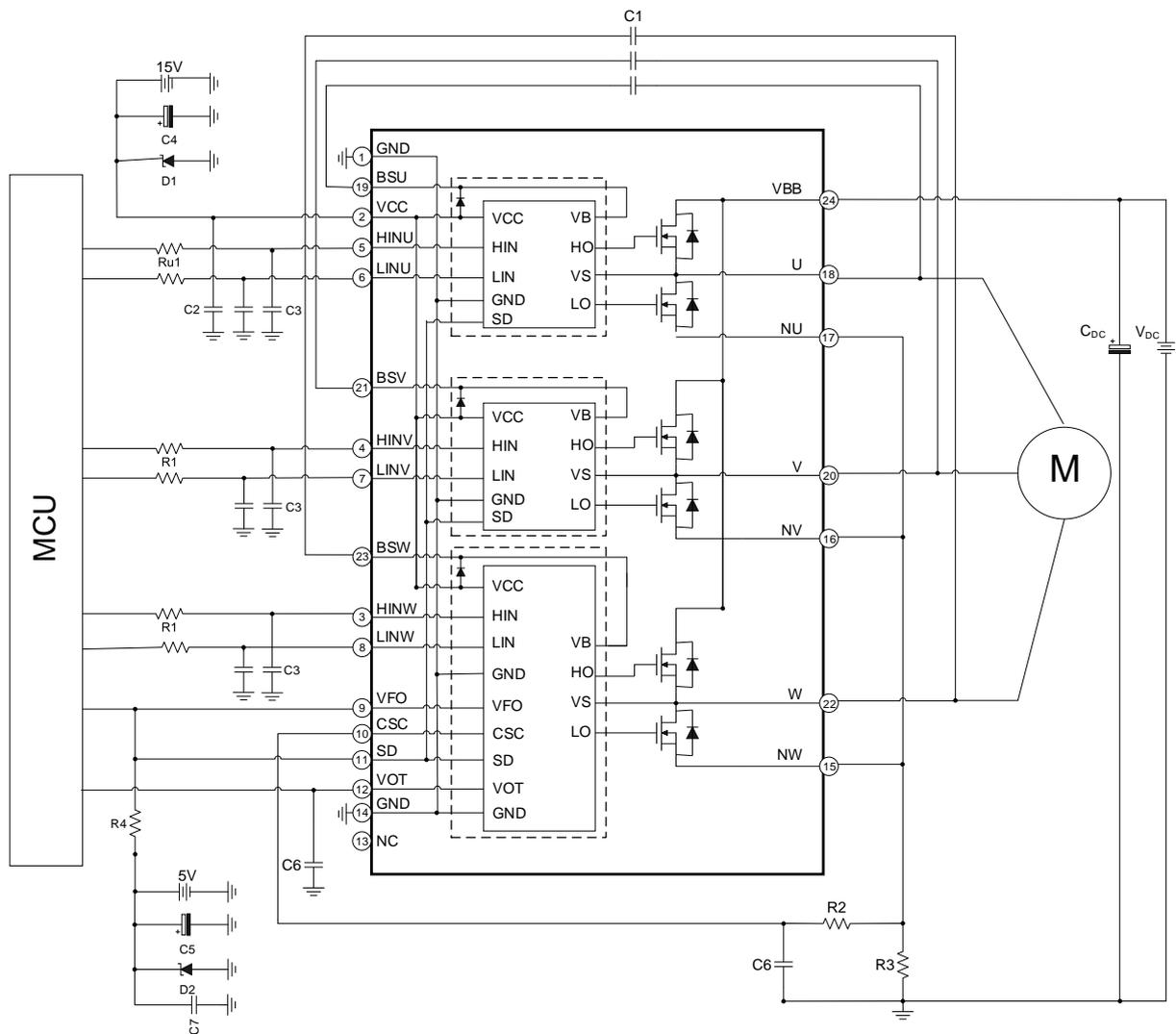
V_{TS} 和内部 IC 的温度的函数关系如下： $V_{TS}[\text{mV}] = 330 + 18.9 \times T_{\text{HVIC}} \pm 190$ 。

3.3.3、自举二极管部分

参数名称	符号	测试条件	规范值			单位
			最小	典型	最大	
最大重复反向电压	V_{RRM}	-	-	600	-	V
正向电压	V_F	$I_F = 1mA, T = 25^\circ C$	-	0.8	-	V
正向电流	I_F	$T = 25^\circ C$	-	0.15	-	A
反向恢复时间	t_{RR}	$I_F = 0.1A, T = 25^\circ C$	-	120	-	ns

4、典型应用线路与应用说明

4.1、应用线路

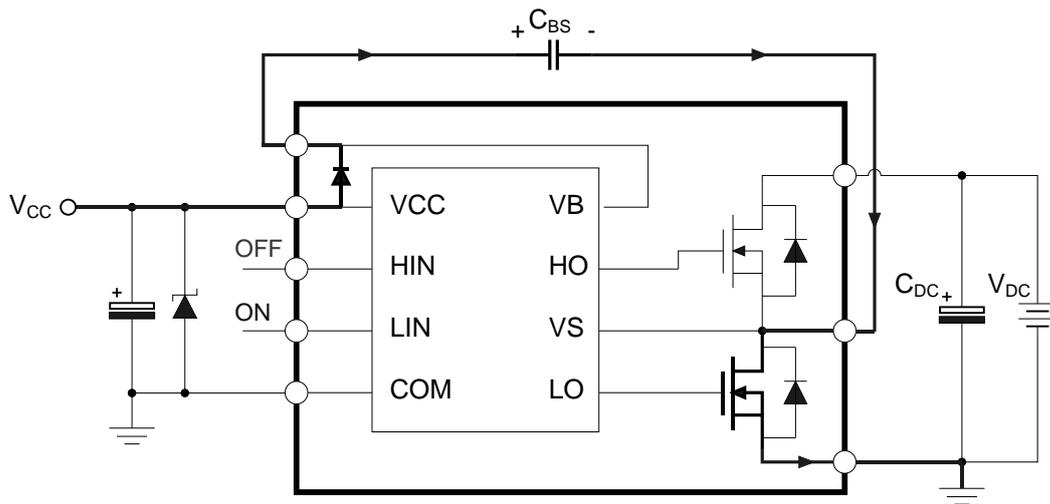


4.2、应用说明

- 1、微控制器与 IPM 之间的走线尽量短。如有必要可对栅极输入信号增加 RC 滤波电路，来预防不正确输入引起的浪涌噪声，但须仔细选择 RC 值；
- 2、INH、INL 内部有下拉电阻，如有必要也可接额外的下拉电阻；
- 3、 V_{FO} 外接上拉电阻，选择合适的阻值，并且应用中和 SD 短接；
- 4、驱动 IC 的 VCC 引脚附近应该放置一个 $1\mu\text{F}$ 电容，并尽量靠近电路引脚；
- 5、为防止浪涌损坏，在 IPM 的 P 端与电阻 R3 的接地端之间加一个高频非感性平缓电容。电容的连线要尽量短；
- 6、VCC 输入端加一个远大于自举电容 C1 的滤波电容；
- 7、采用高频电容 C1（大于 $2.2\mu\text{F}$ ）作为自举电容，吸收高频纹波；
- 8、电阻 R3 和 IPM 之间的连线应尽量短，避免线电感引起浪涌电压导致的 IPM 损坏。

4.3、自举电路设计

HVIC 内的高侧电路由浮动电源 V_{BS} 供电，该电源通过自举法产生，这种方法简单经济。自举电源由内置自举二极管和外接自举电容 C_{BS} 组成。



自举电路的电流路径如上图。当低侧功率 MOSFET 导通时，电源 V_{CC} 通过自举二极管对自举电容 C_{BS} 充电。自举电容的充电需要时间，因此限制了电路工作的占空比和导通时间。电路上电后，低侧 MOSFET 应当有足够的导通时间。

V_{BS} 电压的推荐工作范围为 $13.5\text{V}\sim 16.5\text{V}$ ，以便有足够的栅压驱动高侧 MOSFET。HVIC 内设计了对电源 V_{BS} 的欠压保护功能，确保 V_{BS} 电压低于保护电压时不会驱动高侧 MOSFET，避免 MOSFET 工作在高功耗模式。

自举电容的选型

自举电容的大小由下面的公式计算：

$$C_{BS} = \frac{I_{LEAK} \times \Delta t}{\Delta V_{BS}}$$

其中， Δt ：高侧 MOSFET 最大导通时间；

ΔV_{BS} ： C_{BS} 允许的放电电压（电压纹波）；

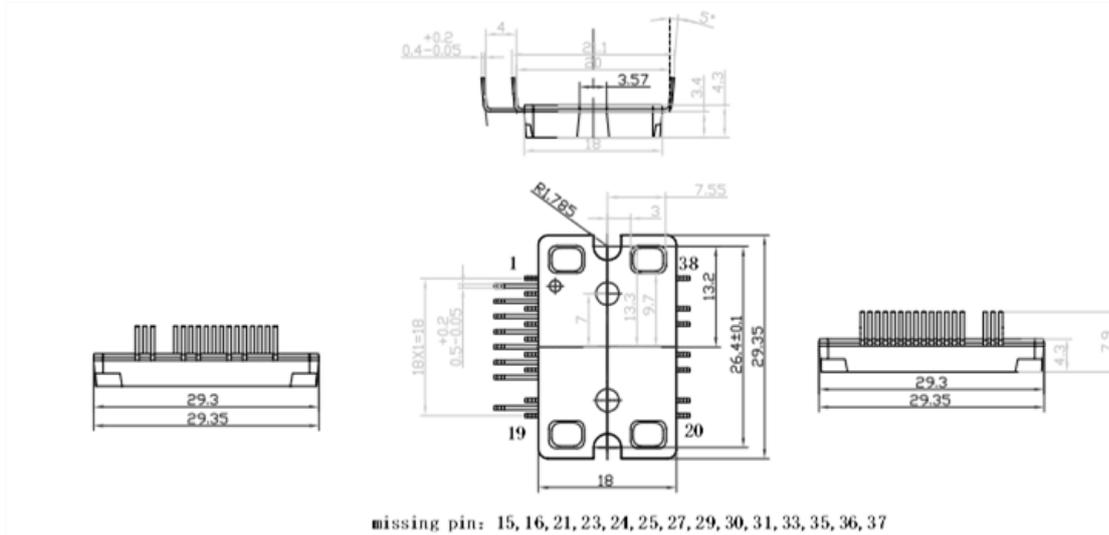
I_{LEAK} ： C_{BS} 最大放电电流，包括：

- HVIC 高侧电路静态电流
- 高侧 MOSFET 导通栅极电荷
- HVIC 电平移位电路所需电荷
- 自举二极管漏电流
- 自举二极管反向恢复电流

实际使用中，电容值通常选为计算值的 2 倍，以保证可靠性。

电容配置上也可以采用小的高频电容和较大的低 ESR 电解电容并联的方式，衰减高低频纹波。

5、封装尺寸与外形图（单位：mm）



产品中有毒有害物质或元素的名称及含量

部件名称	有毒有害物质或元素					
	铅 (Pb)	汞 (Hg)	镉 (Cd)	六价铬 (Cr ⁺⁶)	多溴联苯 (PBB)	多溴联苯醚 (PBDE)
引线框	○	○	○	○	○	○
塑封树脂	○	○	○	○	○	○
芯片	○	○	○	○	○	○
内引线	○	○	○	○	○	○
装片胶	×	○	○	○	○	○
说明	○：表示该有毒有害物质的含量在 GBT26572-2011 标准的限量要求以下。×：表示该有毒有害物质的含量超出 GBT26572-2011 标准的限量要求。					

华润微集成电路（无锡）有限公司

CRM ICBG (wuxi) Co., Ltd.

地址：中国江苏省无锡市菱湖大道 180-6

邮编：214135

电话：0510-85810118

传真：（销售传真）0510-85874503

公司主要销售联络点：

市场营销部：江苏省无锡市菱湖大道 180-6

邮编：214135 电话：0510-81805506/81805507 传真：0510-85874503

深圳分公司：深圳市宝安区西乡街道兴业路老兵衡芳工业城西座 5 楼 5006 室

邮编：518000 电话：0755-83547225/83572766 传真：0755-83547381/83547451

应用技术服务：

应用部：江苏省无锡市菱湖大道 180-6

邮编：214135 电话：0510-81805245

注意：

建议您在使用华润微产品之前仔细阅读本资料。

希望您经常和华润微有关部门进行联系，索取最新资料，因为华润微产品在不断更新和提高。

本资料中的信息如有变化，恕不另行通知。

本资料仅供参考，华润微不承担任何由此而引起的损失。

华润微不承担任何在使用过程中引起的侵犯第三方专利或其它权利的责任。