

配备嵌入式STM32 MCU的高级BLDC控制器

数据手册- 生产数据



特性

- 工作电压范围为8V到45V
- 三相栅极驱动器
 - 600 mA灌/拉
 - 集成自举二极管
 - 防交叉传导
- 32位ARM® Cortex®-M0内核：
 - 时钟频率高达48 MHz
 - 4 K字节SRAM，带硬件奇偶校验
 - 32 KB Flash存储器，具有用于写/读保护的选项字节
- 3.3V直流/直流降压稳压器，具有过电流、短路和热保护功能
- 具有热保护功能的12 V LDO线性稳压器
- 16个通用I/O端口(GPIO)
- 5个通用定时器
- 12位ADC转换器（多达9个通道）
- I²C、USART和SPI接口
- 4个用于信号调节的轨到轨运放
- 可编程阈值的过电流保护比较器
- 3FG漏极开路输出，提供3个霍尔传感器输入的解码结果
- 低功耗待机模式

- 每个供电电源上都有UVLO保护：
 - V_M 、 V_{DD} 、 V_{REG} 和 V_{BOOTx}
- 通过SWD进行片上调试支持
- 扩展的温度范围：-40至+125 °C

应用

- 厨房机器人
- 便携式真空吸尘器
- 干手器和空气净化器
- 无人机和航空模型
- 电动工具
- 工业和教育机器人
- 家电和空调 风扇

目录

1	说明	4
2	框图	5
3	电气数据	7
	3.1 绝对最大额定值	7
	3.2 ESD保护	8
	3.3 建议工作条件	8
	3.4 热数据	8
4	电气特性	9
5	引脚说明	13
6	器件说明	19
	6.1 UVLO和热保护	19
	6.1.1 供电电压上的UVLO	20
	6.1.2 热保护	20
	6.2 直流/直流降压稳压器	20
	外部可选3.3 V供电电压	22
	6.3 线性稳压器	22
	6.4 待机模式	23
	6.5 栅极驱动器	24
	6.6 微控制器单元	25
	6.6.1 存储器和自举模式	25
	6.6.2 电源管理	26
	6.6.3 高速外部时钟源	27
	6.6.4 高级控制定时器 (TIM1)	28
	6.7 测试模式	28
	6.8 运放	29
	6.9 比较器	29
	6.10 3FG_PA7输出功能	31
	6.11 ESD保护策略	33

7	应用程序示例	34
8	封装信息	36
	8.1 VFQFPN48 7 x 7封装信息	37
9	订购信息	39
10	版本历史	39

1 说明

STSPIN32F0是提供集成解决方案的系统封装，适用于使用不同驱动模式驱动三相BLDC电机。

其嵌入了三半桥栅极驱动器，可以提供600mA电流（灌电流和拉电流），驱动MOSFET或IGBT。由于集成的互锁功能，同一半桥的高侧和低侧开关不能同时被驱动到高电平。

内部直流/直流降压转换器提供3.3 V电压，适合为MCU和外部元件供电。内部LDO线性稳压器为栅极驱动器提供供电电压。

集成的运放可用于模拟霍尔效应传感器和分流电阻信号的信号调节。

通过集成具有可编程阈值的比较器来执行过电流保护。

集成的MCU（具有扩展温度范围的STM32F031C6，后缀为7版本）可以执行磁场定向控制、6步无传感器和其他高级驱动算法，包括速度控制环。它具有写保护和读保护功能，可防止嵌入式Flash存储器不必要的写入和/或读取。

STSPIN32F0器件还具有过温保护和欠压锁定保护功能，可以进入待机模式，降低功耗。该器件提供16个能耐5 V电压的通用I/O端口(GPIO)、一个多达9个通道的12位模数转换器，在单次捕捉或扫描模式下执行转换、5个通用同步定时器并支持易于使用的调试串行接口(SWD)。

2 框图

图1. STSPIN32F0系统封装框图

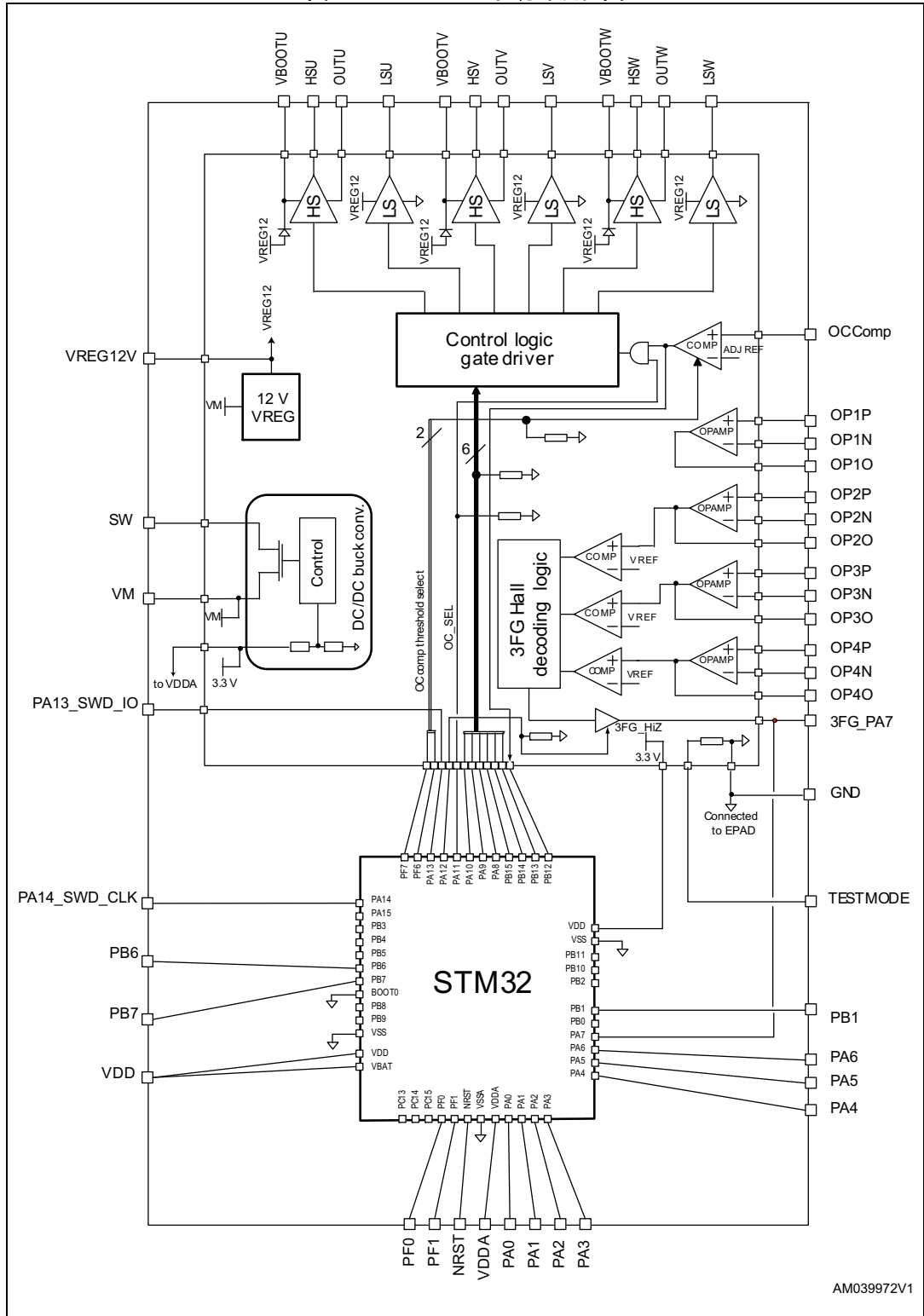
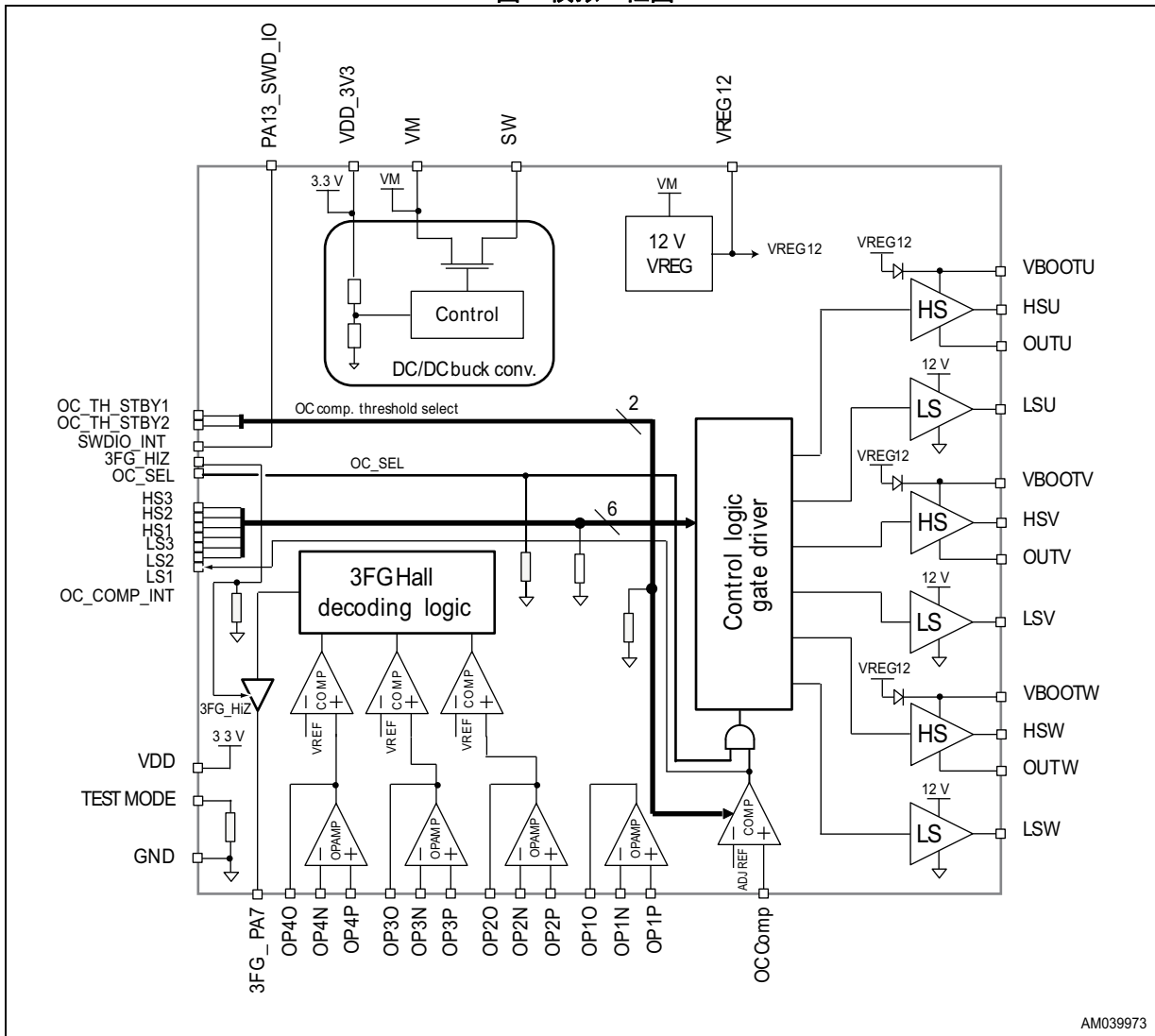


图2. 模拟IC框图



AM039973

3 电气数据

3.1 绝对最大额定值

如果加在器件上的载荷超过表 1 中列出的绝对最大额定值，则可能导致器件永久损坏。长期工作在最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

表1. 绝对最大额定值

符号	参数	测试条件	值	单位
V_M	电源供电电压	-	-0.3 至 48	V
V_{REG12}	线性稳压器输出和栅极驱动器供电电压	VREG12短接至 V_M	15	V
V_{OPP}	运放正输入电压	-	-0.2至 $V_{DD} + 0.2$	V
V_{OPN}	运放负输入电压	-	-0.2至 $V_{DD} + 0.2$	V
V_{CP}	比较器输入电压	-	-2 至 2	V
V_{3FG}	3FG输出电压	-	-0.3至 $V_{DD} + 0.3$	V
I_{3FG}	3FG输出灌电流	-	8	mA
V_{HS}	高侧栅极输出电压	-	$V_{OUT} - 0.3$ 至 $V_{BOOT} + 0.3$	V
V_{LS}	低侧栅极输出电压	-	-0.3至 $V_{REG12} + 0.3$	V
V_{BOOT}	限幅电压	-	最大值 ($V_{OUT} - 0.3$ 或 -0.3) 至 最小值 ($V_{OUT} + V_{REG12} + 0.3$ 或60)	V
V_{OUT}	输出电压 (OUTU、OUTV、OUTW)	-	-2至 $V_M + 2$	V
dV_{OUT}/dt	输出转换速率	-	± 10	V/ns
V_{IO}	MCU逻辑输入电压	(1)TTa类型	-0.3 至 4	V
	逻辑输入电压	(1) FT、FTf类型	-0.3至 $V_{DD} + 4$ (2)	V
I_{IO}	MCU I/O输出电流	(1)	-25 至 25	mA
S_{IO}	MCU I/O总输出电流	(1), (3)	-80 至 80	mA
V_{DD}	MCU数字供电电压	(1)	-0.3 至 4	V
V_{DDA}	MCU模拟供电电压	(1)	-0.3 至 4	V
T_{stg}	存储温度	-	-55 至 150	°C
T_j	工作结温范围	-	-40 至 150	°C

1. 若需更多信息，请参见表15 STM32F031C6数据手册中的电压特性（后缀为7版本）。
2. 只有禁用内部上拉/下拉电阻时才有效。如果启用了内部上拉或下拉电阻，最大限制为4 V。
3. 如果MCU供电电压由集成的直流/直流稳压器提供，则该应用电流消耗受限于 $I_{DDA,max}$ 值（请参见表 5）。

3.2 ESD保护

表2. ESD保护额定值

符号	参数	测试条件	分类	值	单位
HBM	人体模型	符合ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2014	H2	2	kV
CDM	充电设备模型	符合ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014	C2	750	V

3.3 建议工作条件

表3. 建议工作条件

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_M	电源供电电压	-	8 ⁽¹⁾	-	45	V
dV_M/dt	电源供电电压斜率	$V_M = 45\text{ V}$	-	-	0.75	V/ μs
V_{DDA}	直流/直流稳压器输出电压	-	-	3.3	-	V
L_{SW}	输出电感	-	-	22	-	μH
C_{DDA}	输出能力	-	47	-	-	μF
ESR_{DDA}	输出电容ESR	-	-	-	200	m Ω
V_{REG12}	线性稳压器输出和栅极驱动器供电电压	$13 < V_M < 45\text{ V}$	-	12	-	V
		短接至VM	8 ⁽¹⁾	-	15	
C_{REG}	负载电容	-	1	10	-	μF
ESR_{REG}	ESR负载电容	-	-	-	1.2	W
V_{BO}	浮动供电电压 ⁽²⁾	-	-	$V_{REG12} - 1$	15	V
V_{CP}	比较器输入电压	-	0	-	1	V
T_j	工作结温范围	模拟IC	-40	-	125	$^{\circ}\text{C}$
		MCU ⁽³⁾	-40	-	125	$^{\circ}\text{C}$

1. UVLO阈值 V_{Mon_max} 。
2. $V_{BO} = V_{BOOT} - V_{OUT}$ 。
3. 请参见STM32F031C6数据手册（后缀为7版本）。

3.4 热工数据

表4. 热工数据⁽¹⁾

符号	参数	值	单位
R_{th} (JA)	热阻（结到环境）	45.6	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

1. 通过仿真以下边界条件进行计算。2s2p板符合自然对流的std.JEDEC (JESD51-7)标准。板子尺寸：114.3 x 76.2 x 1.6 mm。环境温度：25 $^{\circ}\text{C}$

4 电气特性

除非另有说明，否则测试条件为： $V_M = 15\text{ V}$ ； $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 。

典型值在 $T_j = 25\text{ °C}$ 下进行测试，除非另有说明，否则在-40至125 °C的温度范围内通过热特性来保证最小值和最大值。

表5. 电气特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电源和待机模式						
I_M	V_M 电流消耗	$V_M=45\text{V}$ ； $V_{DD}=3.5\text{V}$ ，外部供电	-	2	2.6	mA
		待机PF7 = '0' PF6 = '0' $V_M=45\text{V}$ ； $V_{DD}=3.5\text{V}$ ，外部供电	-	880	1100	mA
V_{MOn}	V_{CCCL} UVLO导通阈值	V_M 从0 V开始升高	7.0	7.4	7.8	V
V_{MOff}	V_M UVLO关断阈值	V_M 从8 V开始下降	6.7	7.1	7.5	V
V_{MHys}	V_M UVLO阈值滞回电压	-	-	0.3	-	V
I_{DD}	V_{DD} 电流消耗	$V_{DD} = 3.5\text{ V}$ ，外部供电 ⁽¹⁾	-	2.5	5	mA
		待机PF7 = '0' PF6 = '0' $V_{DD} = 3.5\text{ V}$ ，外部供电 ⁽¹⁾	-	2.5	5	
I_{DDA}	V_{DDA} 电流消耗	$V_{DD} = 3.5\text{ V}$ ，外部供电 ⁽¹⁾	-	615	750	μA
		待机PF7 = '0' PF6 = '0' $V_{DD} = 3.5\text{ V}$ ，外部供电 ⁽¹⁾	-	80	125	
V_{DDOn}	V_{DD} UVLO导通阈值	V_{DD} 从0 V开始升高	2.5	2.65	2.8	V
V_{DDOff}	V_{DD} UVLO关断阈值	V_{DD} 从3.3 V开始下降	2.2	2.35	2.5	V
V_{DDHys}	V_{DD} UVLO阈值滞回电压	-	-	0.3	-	V
I_{REG12}	V_{REG} 电流消耗	$V_{REG}=13\text{V}$ ，外部供电， $V_M=45\text{ V}$ ；未换向	-	800	1200	μA
		待机PF7 = '0' PF6 = '0' $V_{REG} = 13\text{ V}$ ，外部供电	-	800	1200	
$V_{REG12On}$	V_{REG12} UVLO导通阈值	V_{REG12} 从0 V开始升高	6.7	7.1	7.5	V
$V_{REG12Off}$	V_{REG12} UVLO关断阈值	V_{REG12} 从8 V开始下降	6.4	6.8	7.2	V
$V_{REG12Hys}$	V_{REG12} UVLO阈值滞回电压	-	-	0.25	-	V
I_{BOOT}	V_{BO} 电流消耗	V_{BO} 上的HS = 13 V	-	200	290	μA
V_{BOOn}	V_{BO} UVLO导通阈值	V_{BO} 从0 V开始升高	5.7	6.1	6.5	V
V_{BOOff}	V_{BO} UVLO关断阈值	V_{BO} 从8 V开始下降	5.4	5.8	6.2	V
V_{BOHys}	V_{BO} UVLO阈值滞回电压	-	-	0.25	-	V
t_{sleep}	待机设定时间	-	-	-	1	μs

表5. 电气特性 (续)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
DC/DC开关调节器						
V_M	输入供电电压	-	8 ⁽²⁾	-	45	V
V_{PWR_OK}	供电电压正常	-	5.6	6	6.4	V
V_{DDA}	平均输出电压	⁽³⁾	3.09	3.3	3.5	V
I_{DDA}	输出电流	DC; 含MCU电流消耗	-	-	70	mA
f_{SW}	最大SW开关频率	开路, V_{DDA} 浮动 $I_{SW} = 100$ mA	-	200	330	kHz
$R_{SWDS(ON)}$	导通电阻	$I_{SW} = 200$ mA	-	1.4	-	Ω
h	效率	$V_M = 8$ V; $I_{DDA} = I_{DDA,max}$ ⁽³⁾	-	80	-	%
$I_{SW,peak}$	峰值电流阈值	-	-	320	-	mA
I_{OVC}	锁断的过电流阈值	-	-	1	-	A
t_{SS}	软启动时间	-	2.5	5	7.5	ms
线性稳压器						
V_{REG12}	线性稳压器输出和栅极驱动器供电电压	$V_M = 13 \div 45$ V $I_O = 10$ mA ⁽⁴⁾	11.4	12	12.6	V
$V_{REG12,drop}$	压降	$V_M = 8 \div 11$ V, $I_O = 10$ mA	-	200	400	mV
$I_{REG12,lim}$	线性稳压器电流限制	$V_M = 13$ V	20	-	40	mA
栅极驱动器						
I_{SI} I_{SO}	最大灌电流/拉电流能力	$T_J = 25$ °C 全温度范围	400 350	600 -	- -	mA mA
R_{PDin}	输入线下拉电阻	-	30	60	95	k Ω
t_{on} t_{off}	输入到输出传播时延 ⁽⁵⁾	-	10	20	40	ns
MT	延时匹配, HS和LS接通/关断 ⁽⁶⁾	-	-	10	20	ns
R_{DS_diode}	自举二极管导通电阻	-	-	120	240	Ω
运算放大器						
V_{OPio} V_{icm}	输入共模电压范围	-	-0.1	-	$V_{DD} + 0.1$	V
V_{OPio}	输入偏移电压	$V_{out} = 1.65$; $T_j = 25$ °C $V_{out} = 1.65$; 全温度范围	- -	1 -	6 7	mV mV
I_{OPio}	输入偏移电流	$V_{out} = 1.65$ ⁽⁷⁾	-	-	100	pA
I_{OPib}	输入偏置电流	⁽⁷⁾	-	-	100	pA
CMRR	共模抑制比	0至3.3 V; $V_{out} = 1.65$ V	70	90	-	dB
A_{OL}	开环增益	$R_L = 10$ k Ω ; $V_{out} = 1.65$	-	90	-	dB

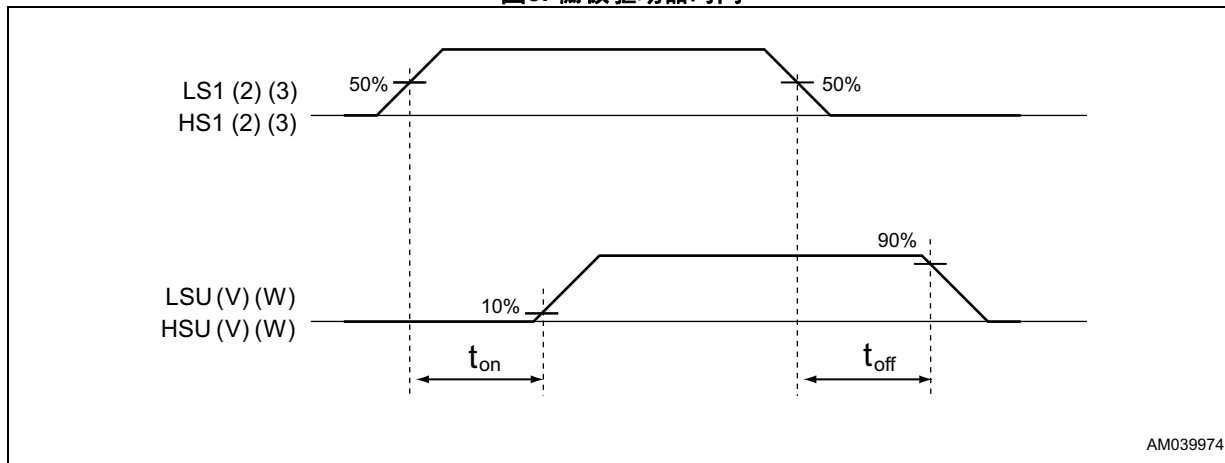
表5. 电气特性 (续)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{DD} - V_{OH}$	高电平输出电压	$R_L = 10\text{ k}\Omega^{(8)}$	-	15	40	mV
V_{OL}	低电平输出电压	$R_P = 4.7\text{ k}\Omega$	-	15	40	mV
I_{OUT}	输出灌电流	$V_{out} = 3.3\text{ V}; T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	18	-	-	mA
		$V_{out} = 3.3\text{ V};$ 全温度范围	16	-	-	
	输出拉电流	$V_{out} = 0\text{ V}; T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	18	-	-	mA
		$V_{out} = 0\text{ V};$ 全温度范围	16	-	-	
GBP	增益带宽产品	$R_L = 2\text{ k}\Omega; C_L = 100\text{ pF}$ $V_{out} = 1.65$	10	18	-	MHz
增益	稳定性的最小增益	相位裕度 = 45° $0.2\text{ V} < V_{out} < V_{DD} - 0.2$	-	4	-	V/V
SR	电压转换率	$R_L = 2\text{ k}\Omega; C_L = 100\text{ pF}$ V_{in} 1至2 V步进	-	10	-	V/ μs
OC比较器						
OC_{th}	过电流阈值	PF6 = '0' PF7 = '1'	90	-	120	mV
		PF6 = '1' PF7 = '0'	235	255	275	mV
		PF6 = '1' PF7 = '1'	465	505	545	mV
t_{CPD}	比较器传播时延	$OC_{th} = 0.5\text{ V};$ $OC_Comp:$ 电压从0步进至1 V	-	80	120	ns
$t_{OCdeglitch}$	比较器输入消隐滤波器时间	⁽⁹⁾	35	50	-	ns
$t_{OCrelease}$	最小过电流锁断释放脉冲宽度	⁽⁹⁾	-	-	20	ns
3FG电路						
V_{REF-}	3FG比较器参考电压	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	1.55	$V_{DD}/2$	1.75	V
t_{3FGD}	3FG比较器传播时延	PA12 = '1' ⁽¹⁰⁾	-	50	80	ns
V_{3FGL}	低电平3FG输出	$I_{sink} = 8\text{ mA}$	-	0.2	0.4	V
热保护						
T_{SD}	热关机温度	-	130	140	150	$^\circ\text{C}$
T_{hys}	热关机滞回电压	-	20	30	40	$^\circ\text{C}$

1. 电流消耗取决于微控制器中加载的固件。
2. UVLO阈值 V_{Mon_max} 。
3. 使用47 mF电容(APXG250ARA470MF61G)、22 mH电感(MLF1608C220KTA00)和二极管1N4448TR。
4. 使用 $11 < V_M < 13\text{ V}$ 时, 线性输出电压可以为VREG12或“VM-VREG12, 下降”, 这取决于线性稳压器是否已接通或关断。
5. [图 3](#)。
6. $MT = \text{最大值} \cdot (|t_{on}(LVG) - t_{off}(LVG)|, |t_{on}(HVG) - t_{off}(HVG)|, |t_{off}(LVG) - t_{on}(HVG)|, |t_{off}(HVG) - t_{on}(LVG)|)$ 。
7. 设计保证。
8. I_{OUT} 测试保证。

- 9. 请参见图 16第 31页。
- 10. 3FG电路启用。参数在有源漏极开路边沿（下降沿）上测量。

图3. 栅极驱动器时间



5 引脚说明

图4. STSPIN32F0 SiP引脚连接 (顶视图)

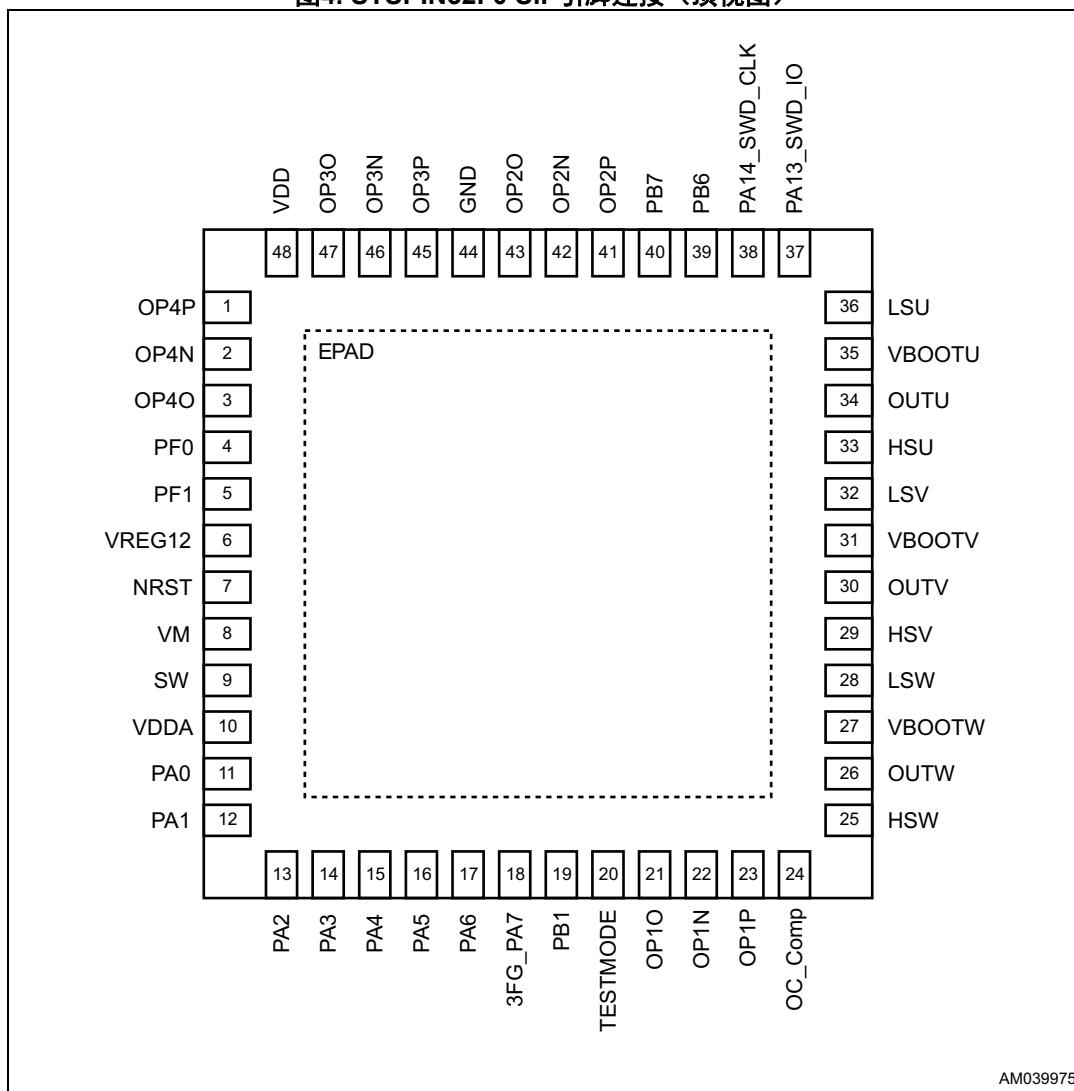


表6. STSPIN32F0 SiP引脚说明 (1)

不允许。	名称	类型	功能
1	OP4P	模拟输入	运放4非反相输入
2	OP4N	模拟输入	运放4反相输入
3	OP4O	模拟输出	运放4输出
4	PF0	数字输入	MCU PF0
5	PF1	数字输入	MCU PF1
6	VREG12	电源	12 V线性稳压器输出

表6. STSPIN32F0 SiP引脚说明 (续) (1)

不允许。	名称	类型	功能
7	NRST	数字输入	MCU复位引脚
8	VM	电源	电源供电电压 (总线电压)
9	SW	模拟输出	3.3 V直流/直流降压稳压器开关节点
10	VDDA	电源	MCU模拟电源供电电压
11	PA0	模拟输入	MCU PA0
12	PA1	模拟输入	MCU PA1
13	PA2	模拟输入	MCU PA2
14	PA3	模拟输入	MCU PA3
15	PA4	模拟输入	MCU PA4
16	PA5	模拟输入	MCU PA5
17	PA6	数字输入	MCU PA6
18	3FG_PA7	数字I/O	3FG漏极开路输出或MCU PA7
19	PB1	模拟输入	MCU PB1
20	TESTMODE	数字输入	测试模式输入
21	OP1O	模拟输出	运放1输出
22	OP1N	模拟输入	运放1反相输入
23	OP1P	模拟输入	运放1非反相输入
24	OC_Comp	模拟输入	过电流比较器输入
25	HSW	模拟输出	W相高侧驱动器输出
26	OUTW	电源	W相高侧 (浮动) 通用电压
27	VBOOTW	电源	W相自举供电电压
28	LSW	模拟输出	W相低侧驱动器输出
29	HSV	模拟输出	V相高侧驱动器输出
30	OUTV	电源	V相高侧 (浮动) 通用电压
31	VBOOTV	电源	V相自举供电电压
32	LSV	模拟输出	V相低侧驱动器输出
33	HSU	模拟输出	U相高侧驱动器输出
34	OUTU	电源	U相高侧 (浮动) 通用电压
35	VBOOTU	电源	U相自举供电电压
36	LSU	模拟输出	U相低侧驱动器输出
37	PA13_SWD_IO	数字I/O	MCU PA13/SWDIO (通过模拟IC进行系统调试数据)
38	PA14_SWD_CLK	数字I/O	MCU PA14/SWDCLK (系统调试时钟)
39	PB6	数字I/O	MCU PB6
40	PB7	数字输入	MCU PB7

表6. STSPIN32F0 SiP引脚说明 (续) (1)

不允许。	名称	类型	功能
41	OP2P	模拟输入	运放2非反相输入
42	OP2N	模拟输入	运放2反相输入
43	OP2O	模拟输出	运放2输出
44	GND	电源	接地
45	OP3P	模拟输入	运放3非反相输入
46	OP3N	模拟输入	运放3反相输入
47	OP3O	模拟输出	运放3输出
48	VDD	电源	MCU数字电源
	EPAD	电源	内部接地

1. 请参考表 7中的MCU引脚函数。

表7. STSPIN32F0 MCU焊盘映射

MCU焊盘	类型	模拟IC焊盘	可选和附加功能
PF0	I/O - FT	-	OSC_IN
PF1	I/O - FT	-	OSC_OUT
NRST	I/O - RST	-	器件复位输入/内部复位输出 (低电平有效)
VDDA	S	VDD_3V3	模拟电源供电电压
PA0	I/O - TTa	-	TIM2_CH1_ETR, USART1_CTS ADC_IN0, RTC_TAMP2, WKUP1
PA1	I/O - TTa	-	TIM2_CH2, EVENTOUT, USART1_RTS ADC_IN1
PA2	I/O - TTa	-	TIM2_CH3, USART1_TX ADC_IN2
PA3	I/O - TTa	-	TIM2_CH4, USART1_RX ADC_IN3
PA4	I/O - TTa	-	SPI1_NSS, I2S1_WS, TIM14_CH1, USART1_CK ADC_IN4
PA5	I/O - TTa	-	SPI1_SCK, I2S1_CK, TIM2_CH1_ETR ADC_IN5
PA6	I/O - TTa	-	SPI1_MISO, I2S1_MCK, TIM3_CH1, TIM1_BKIN, TIM16_CH1, EVENTOUT ADC_IN6
PB1	I/O - TTa	-	TIM3_CH4, TIM14_CH1, TIM1_CH3N ADC_IN9

表7. STSPIN32F0 MCU焊盘映射 (续)

MCU焊盘	类型	模拟IC焊盘	可选和附加功能
PA7	I/O - TTa	3FGOUT	SPI1_MOSI, I2S1_SD, TIM3_CH2, TIM14_CH1, TIM1_CH1N, TIM17_CH1, EVENTOUT ADC_IN7
PB12	I/O - FT	OC_COMP_INT	TIM1_BKIN ⁽¹⁾
PB13	I/O - FT	LS1	TIM1_CH1N ⁽¹⁾
PB14	I/O - FT	LS2	TIM1_CH2N ⁽¹⁾
PB15	I/O - FT	LS3	TIM1_CH3N ⁽¹⁾
PA8	I/O - FT	HS1	TIM1_CH1 ⁽¹⁾
PA9	I/O - FTf	HS2	TIM1_CH2 ⁽¹⁾
PA10	I/O - FTf	HS3	TIM1_CH3
PA11	I/O - FT	OC_SEL	推挽输出 ⁽¹⁾
PA12	I/O - FT	3FG_HIZ	推挽输出 ⁽¹⁾
PA13_SWD_IO	I/O - FT	SWDIO_INT	IR_OUT, SWDIO
PF6	I/O - FTf	OC_TH_STBY2	推挽输出 ⁽¹⁾
PF7	I/O - FTf	OC_TH_STBY1	推挽输出 ⁽¹⁾
PA14_SWD_CLK	I/O - FT	-	USART1_TX, SWCLK
PB6	I/O - FTf	-	I2C1_SCL, USART1_TX, TIM16_CH1N
PB7	I/O - FTf	-	I2C1_SDA, USART1_RX, TIM17_CH1N
VBAT, VDD	S	VDD	备份和数字电源
VSS, VSSA	S	-	接地
BOOT0	I	-	加载程序存储器选择 (内部接地)
PC13, PC14, PC15, PB0, PB2, PB10, PB11, PA15, PB3, PB4, PB5, PB8, PB9	-	-	未连接

1. 模拟IC仅支持这些GPIO配置。不同的配置可能会导致器件故障。可以使用没有上拉或下拉的GPIO输入配置。

注: SiP中每个未使用的GPIO都应在软件启动后配置为OUTPUT模式低电平。

表8. STSPIN32F0模拟IC焊盘说明

引脚排列名称	焊盘名称	类型	功能
PA13_SWD_IO	SYS_SWDIO	数字I/O	系统调试数据（通过模拟IC连接至输出）
VDDA	VDD_3V3	电源	3.3 V直流/直流降压稳压器电压输出
VM	VM	电源	电源供电电压（总线电压）
SW	SW	模拟输出	3.3 V直流/直流降压稳压器开关节点
VREG12	VREG12	电源	12 V线性稳压器输出
VBOOTU	VBOOTU	电源	U相自举供电电压
HSU	HSU	模拟输出	U相高侧驱动器输出
OUTU	OUTU	电源	U相高侧（浮动）通用电压
LSU	LSU	模拟输出	U相低侧驱动器输出
VBOOTV	VBOOTV	电源	V相自举供电电压
HSV	HSV	模拟输出	V相高侧驱动器输出
OUTV	OUTV	电源	V相高侧（浮动）通用电压
LSV	LSV	模拟输出	V相低侧驱动器输出
VBOOTW	VBOOTW	电源	W相自举供电电压
HSW	HSW	模拟输出	W相高侧驱动器输出
OUTW	OUTW	电源	W相高侧（浮动）通用电压
LSW	LSW	模拟输出	W相低侧驱动器输出
OC_Comp	OC_COMP	模拟输入	过电流比较器输入
OP1P	OP1P	模拟输出	运放1输出
OP1N	OP1N	模拟输入	运放1反相输入
OP1O	OP1O	模拟输入	运放1非反相输入
OP2P	OP2P	模拟输出	运放2输出
OP2N	OP2N	模拟输入	运放2反相输入
OP2O	OP2O	模拟输入	运放2非反相输入
OP3P	OP3P	模拟输出	运放3输出
OP3N	OP3N	模拟输入	运放3反相输入
OP3O	OP3O	模拟输入	运放3非反相输入
OP4P	OP4P	模拟输出	运放4输出
OP4N	OP4N	模拟输入	运放4反相输入
OP4O	OP4O	模拟输入	运放4非反相输入
3FG_PA7	3FGOUT	数字输出	3FG输出（漏极开路）
GND	GND	电源	接地
TESTMODE	TESTMODE	数字输入	测试模式输入
-	VDD	电源	MCU数字电源
-	OC_COMP_INT	数字输出	OC比较器输出

表8. STSPIN32F0模拟IC焊盘说明 (续)

引脚排列名称	焊盘名称	类型	功能
-	HS1	数字输入	高侧输入驱动器U
-	HS2	数字输入	高侧输入驱动器V
-	HS3	数字输入	高侧输入驱动器W
-	LS1	数字输入	低侧输入驱动器U
-	LS2	数字输入	低侧输入驱动器V
-	LS3	数字输入	低侧输入驱动器W
-	OC_SEL	数字输入	OC保护选择
-	3FG_HIZ	数字输入	3FG输出使能
-	SWD_IO_INT	数字输入	系统调试数据 (通过模拟IC连接至输出)
-	OC_TH_STBY1	数字输入	过电流阈值选择和待机输入1
-	OC_TH_STBY2	数字输入	过电流阈值选择和待机输入2

6 器件说明

STSPIN32F0是提供集成解决方案的系统封装，适用于使用霍尔效应传感器驱动三相BLDC电机。该器件将使用BCD8s (0.18 μm)技术进行开发。

6.1 UVLO和热保护

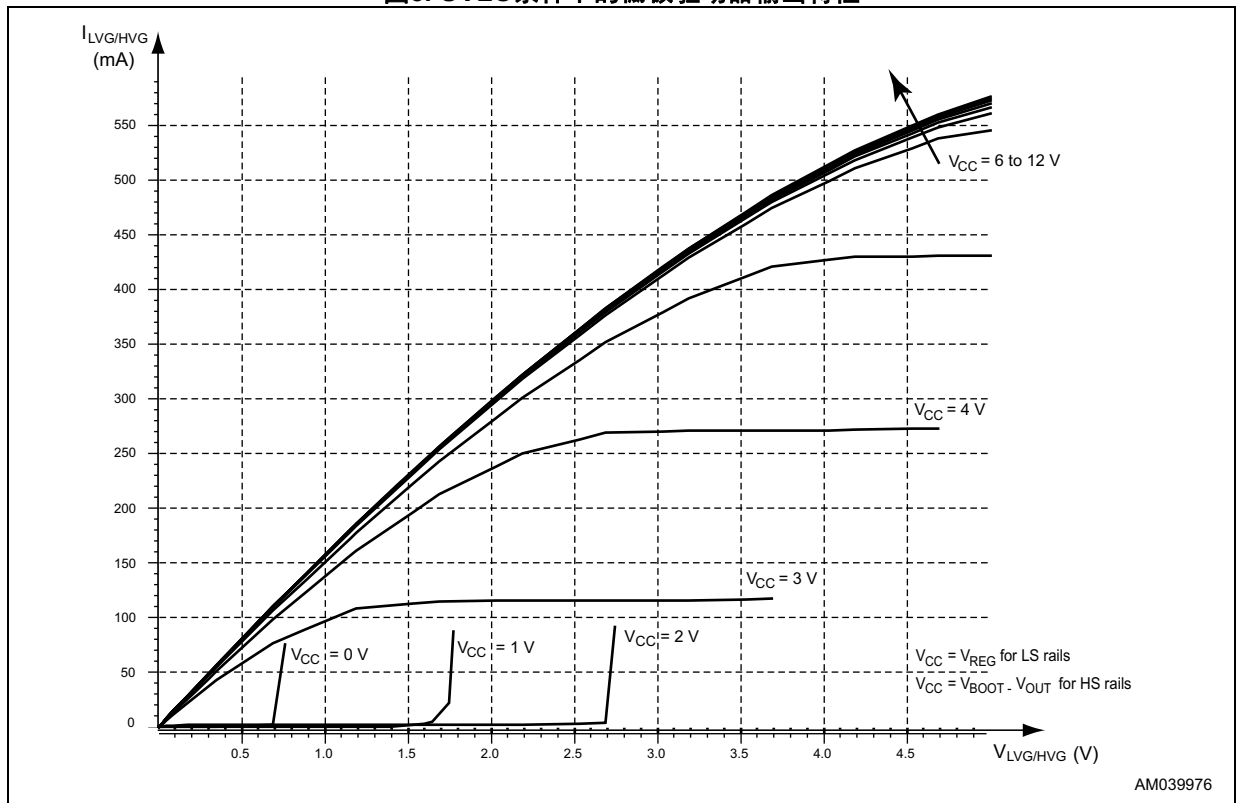
表 9总结了UVLO和OT保护管理。

表9. UVLO和OT保护管理

块	V _M UVLO	V _{DD} UVLO	V _{REG12} UVLO	V _{BOOT} UVLO	线性稳压器 OT	直流/直流稳压器 OT
直流/直流稳压器	-	-	-	-	-	OFF
线性稳压器	OFF	OFF	-	-	OFF	-
运放和OC COMP	OFF	OFF	-	-	-	-
HSU、HSV、HSW输出	低	低	低 ⁽¹⁾	低 ^{(1), (2)}	-	-
LSU、LSV、LSW输出	低	低	低 ⁽¹⁾	-	-	-

1. 栅极驱动器的N通道接通所有可用供电电压，参考图 5。
2. 只检测到UVLO条件下的高侧栅极驱动器（例如，VBOOTU上的UVLO导致HSU关断）。

图5. UVLO条件下的栅极驱动器输出特性



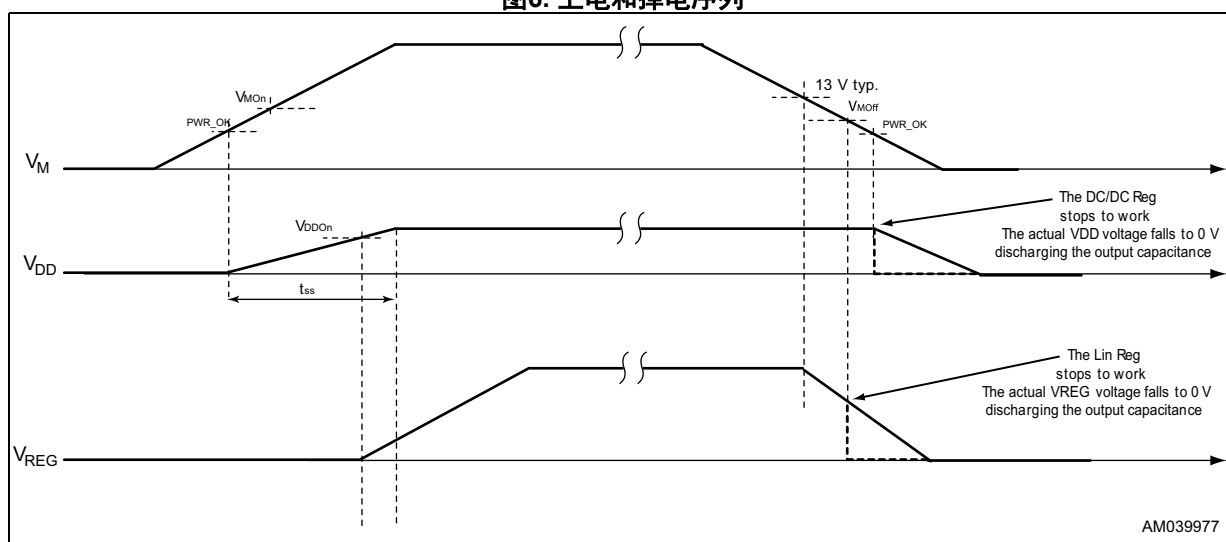
6.1.1 供电电压上的UVLO

STSPIN32F0器件可在所有电源上提供UVLO保护。

电源供电电压低于关断阈值电压时，器件进入欠压状态，并在电机供电电压超过接通阈值电压时终止。

表 9显示了UVLO保护管理：在UVLO事件之后，哪些模块被关闭。

图6. 上电和掉电序列



6.1.2 热保护

该器件嵌入了过温关断保护。热传感器放置在直流/直流和线性稳压器模块旁。

OT保护触发时，相应的模块被关断，只有当温度低于“ $T_{SD} - T_{hys}$ ”温度（自动重启）时，热关断状态才会终止。

表 9显示了热保护管理：在过温事件之后，哪些模块被关闭。

6.2 直流/直流降压稳压器

内部直流/直流降压转换器提供3.3 V供电电压，适合为MCU和其他外部元件（如霍尔效应传感器）供电。

稳压器在非连续电流模式(DCM)下工作。

实现了具有固定启动时间的软启动功能，从而最小化启动时的浪涌电流，请参考图 8。

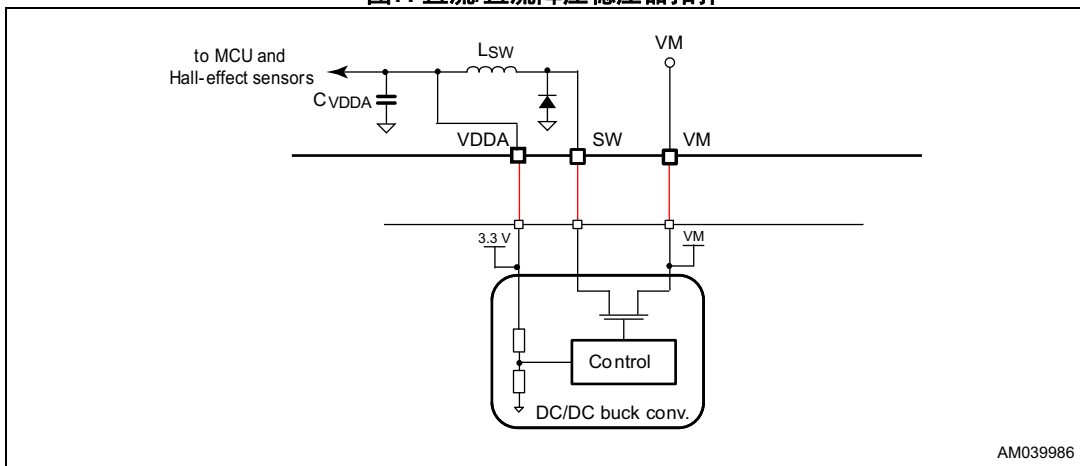
提供了过电流和短路保护。

如果在SW引脚上发生故障，并达到 $I_{OV C}$ 阈值，则稳压器被锁断。要重启直流/直流稳压器，器件供电电压(V_M)必须循环掉电和上电。

如果稳压器输出（VDDA引脚）发生故障，并且电压低于UVLO阈值(V_{DDOff})，则稳压器会使用新的软启动序列重启，直到OC状态被消除。在这种情况下，线圈中的电流受 $I_{SW,peak}$ 限制。

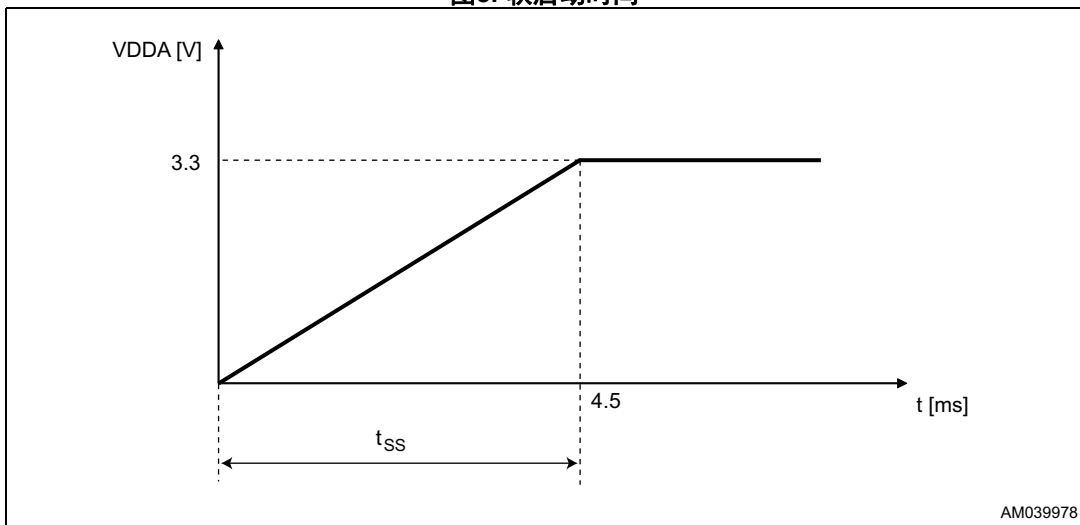
如第 6.1.2 节所述，直流/直流稳压器嵌入了热保护。

图7. 直流/直流降压稳压器拓扑



AM039986

图8. 软启动时间



AM039978

外部可选3.3 V供电电压

可以直接在VDDA引脚上向外部提供3.3 V供电电压。在这种情况下，可以有两种配置：

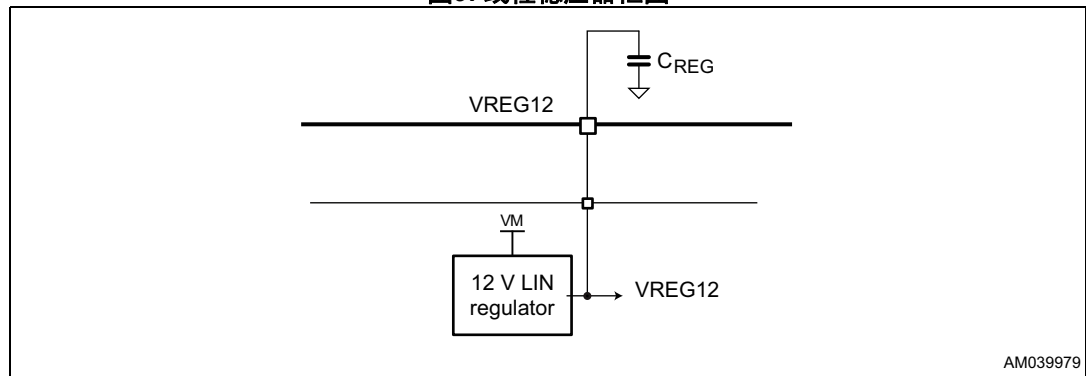
1. SW引脚悬空或短接至VM：在这种情况下，直流/直流转换器的内部电源开关根据内部时钟继续打开/关闭
2. SW引脚短接至GND：在这种情况下，内部电源开关检测到短路并被锁断。

注： 如果 $VM < VDD$ ，不可以在外部应用VDD电压。

6.3 线性稳压器

内部12 V线性稳压器是为栅极驱动器部分提供供电电压的LDO稳压器。外部电容需要连接到VREG12引脚。

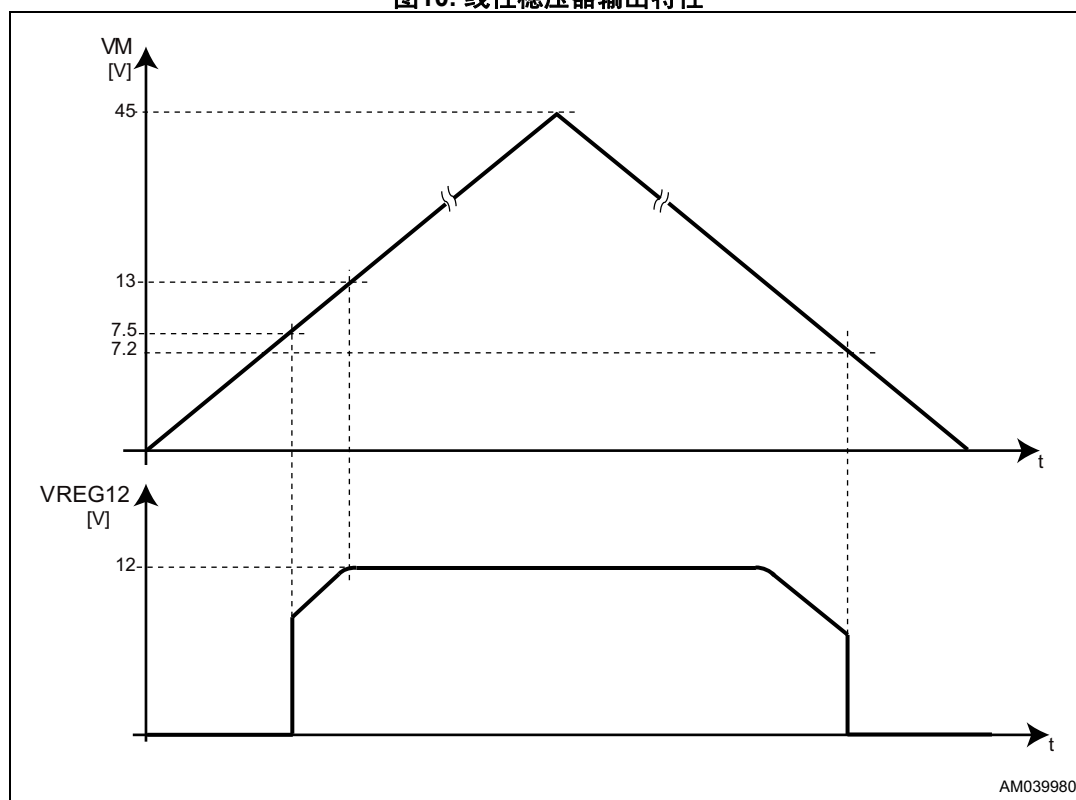
图9. 线性稳压器框图



当VM电压低于12 V时，VM引脚和线性稳压器输出可以一起短接，从外部向栅极驱动器供电。

如第 6.1.2 节所述，线性稳压器嵌入了热保护。

图10. 线性稳压器输出特性



注：线性稳压器仅用于为内部电路供电，不得用于外部元件。

6.4 待机模式

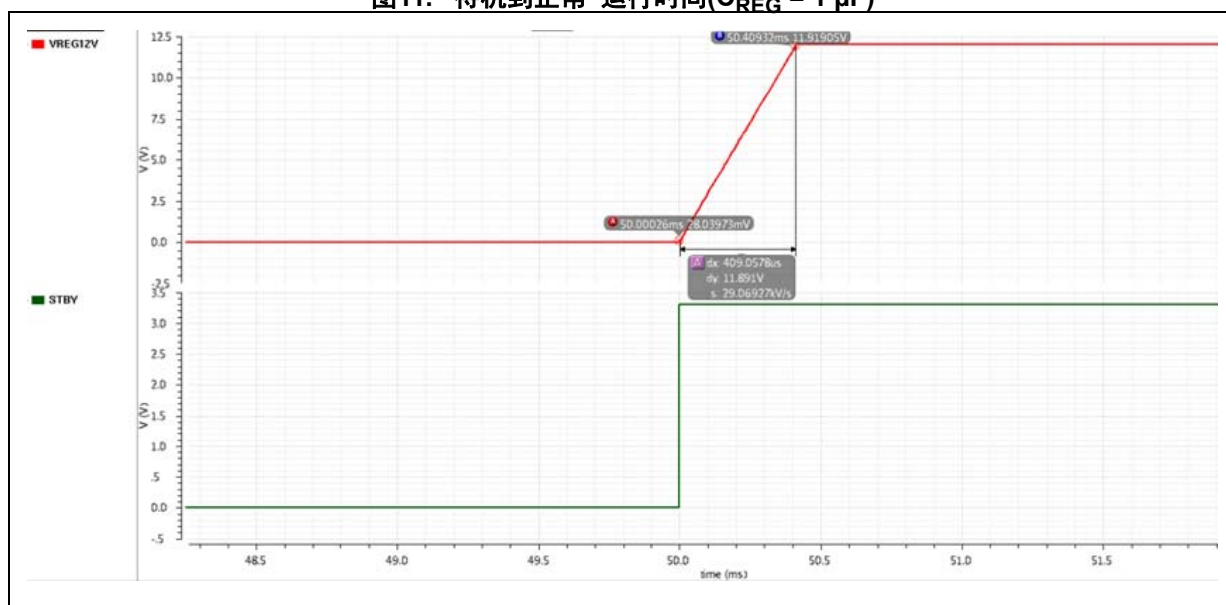
器件会被强制进入待机模式，将OC_TH_STBY1和OC_TH_STBY2模拟IC输入处于低电平，从而降低功耗（请参见表 12）。

设置待机模式时，模拟IC在tsleep时间后进入低功耗模式，并且：

- 线性稳压器关闭
- 所有输出驱动器强制处于低水平（外部电源开关关断）
- 运放和比较器禁用
- 直流/直流稳压器仍工作。

器件退出待机模式时，需要设定时间才能恢复12 V内部稳压器的正确值。该设定时间严格取决于连接在VREG12引脚上的电容，可以用公式1计算。

图11. “待机到正常”运行时间(C_{REG} = 1 μF)



公式1

$$t_{REG} = \frac{C_{REG} \times V_{REG12}}{I_{REG12, lim}}$$

6.5 栅极驱动器

STSPIN32F0器件集成了三相半桥栅极驱动器，可以驱动N通道功率MOSFET或IGBT。高侧部分由集成式自举二极管的自举电压技术供电。

所有输入线（参考图 2：模拟IC框图第 6页）都连接到下拉电阻（60 kW典型值），以保证器件启动期间的低逻辑电平。

由于集成的互锁功能，同一半桥的高侧和低侧输出不能同时被驱动到高侧。

注：模拟IC的所有输入线都具有内部下拉功能，以保证器件启动期间和MCU线不存在时的低逻辑电平。

6.6 微控制器单元

集成的MCU是STM32F031C6，它具有以下特点：

- 内核：ARM® 32位Cortex™-M0 CPU，频率高达48 MHz
- 存储器：4kB SRAM，32 kB Flash存储器
- CRC计算单元
- 多达 16 个快速 I/O
- 专用于PWM生成的高级控制定时器
- 多达5个通用定时器
- 12位ADC（多达9个通道）
- 通信接口：I²C、USART、SPI
- 串行调试线 (SWD)
- 扩展的温度范围：-40至125 °C

更多详细内容，请参考www.st.com上的STM32F031C6数据手册

6.6.1 存储器和启动模式

该器件具有以下特性：

- 4 K字节的嵌入式SRAM能以CPU时钟速度0等待状态访问（读/写），具有检测异常产生的嵌入式奇偶校验，可用于对程序失效要求要求严格的应用。
- 非易失性存储器分为两个阵列：
 - 32 K字节的嵌入式Flash存储器，用于程序和数据
 - 选项字节

选项字节结合以下选项可对存储器写保护（以4K为单元）和/或对整个存储器读保护，选项如下：

- 级别 0：不可读取保护
- 级别1：除了调试模式被连接或选择了RAM的boot模式，Flash存储器不允许其它方式读取或写入
- 级别2：芯片读保护，并且禁用调试模式（Cortex-M0串行、线）和RAM的boot模式。

在启动时，由于Boot0脚MCU内部连接到地，启动时，boot模式从主flash存储器启动（请参见表 7第 15页）。主flash存储器可映射到boot存储器（0x00000000），但也可从它原来的存储器空间(0x08000000)访问。换句话说，Flash存储器内容可从地址0x00000000或0x08000000开始访问。

嵌入式boot引导程序在系统存储器中，由ST在生产阶段编程。

6.6.2 电源管理

VDD引脚是I/O和内部稳压器的电源。

VDDA引脚是ADC、复位模块、RC和PLL的电源。V_{DDA}电压可以通过内部直流/直流降压转换器产生，否则，也可以直接用外部电压给到VDDA。

注： *VDDA电平必须一直大于等于VDD电平，且必须首先提供。*

本MCU内部集成有上电复位(POR)/掉电复位(PDR)电路。这些电路始终处于活动状态，可确保在高于2 V阈值时正常工作。当监控的供电电压低于规定阈值时，器件保持复位模式。

- POR仅监测V_{DD} 供电电压。在启动阶段，V_{DDA}必须先到达，且大于等于V_{DD}。
- PDR监控V_{DD}和V_{DDA}供电电压，但是，如果应用设计可确保V_{DDA}大于等于V_{DD}，则可禁用V_{DDA}供电监控（方法是编程一个专用选项位），以降低功耗。

该器件还有一个嵌入式可编程电压检测器(PVD)，用于监视V_{DD}电源并将其与V_{PVD}阈值进行比较。当V_{DD}低于V_{PVD}阈值和/或V_{DD}高于V_{PVD}阈值时，将产生中断。随后，中断服务程序会生成一条警告消息并且/或者使MCU进入安全状态。PVD由软件使能。

MCU支持三种低功耗模式，可在低功耗、短启动时间和可用唤醒源之间取得最佳平衡：

- **睡眠模式**
在睡眠模式下，只有CPU停止工作。所有外设继续运行并可在发生中断/事件时唤醒CPU。
- **停止模式**
停止模式下可以实现极低功耗，同时保持SRAM和寄存器的内容。此时，1.8 V域中的所有时钟都会停止，PLL、HSIRC和HSE晶振也被禁止。还可以将稳压器置于正常模式或低功耗模式。
该器件可由任何EXTI线（16根外部线之一、PVD输出、RTC、I²C1或USART1）从停机模式唤醒。
- **待机模式**
待机模式下可达到最低功耗。此时，内部稳压器关闭，因此整个1.8 V域将断电。PLL、HSIRC和HSE晶振也会关闭。进入待机模式后，除RTC域和待机电路中的寄存器外，SRAM和寄存器的内容都将消失。
发生外部复位（NRST引脚）、IWDG复位、WKUP引脚上出现上升沿或者触发RTC事件时，器件退出待机模式。

6.6.3 高速外部时钟源

高速外部(HSE)时钟可以使用外部时钟信号或4到32 MHz的晶振/陶瓷谐振振荡器产生 (参见图 13)。

外部时钟信号必须考虑I/O特性并遵循建议的时钟输入波形 (参考图 12)。

图12. HSE时钟源时序图

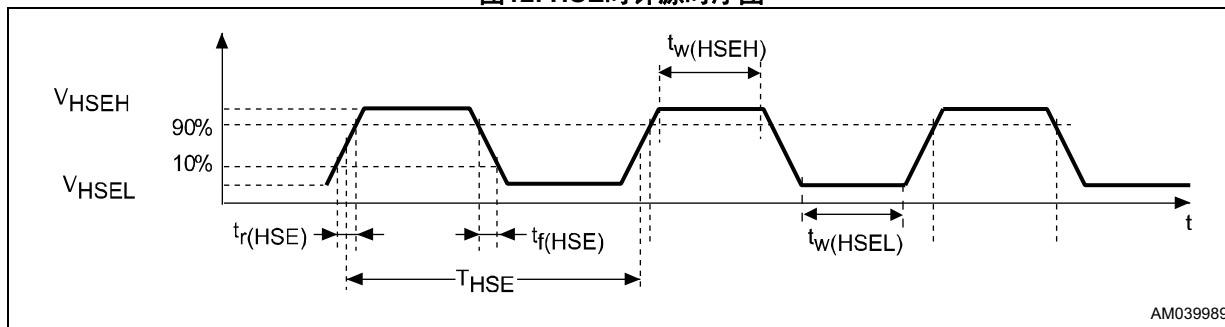
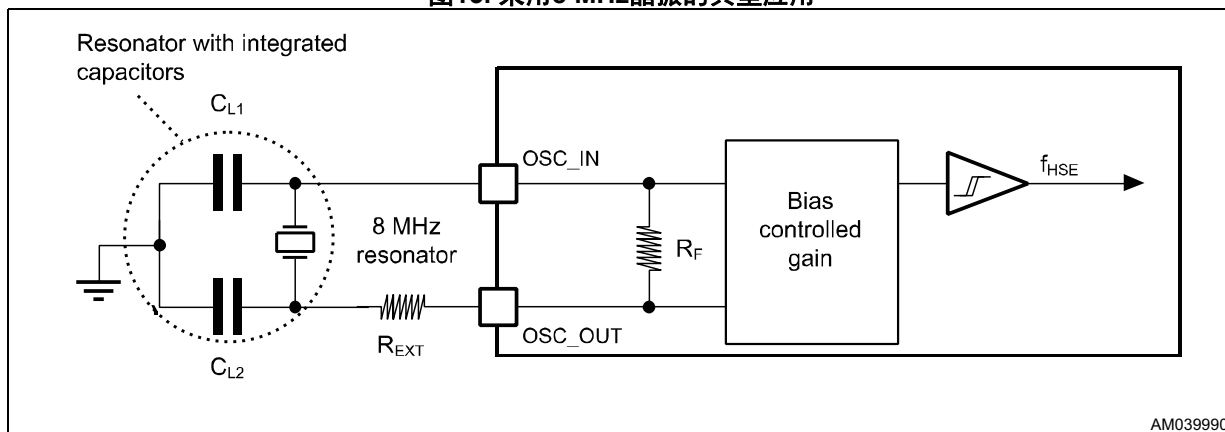


图13. 采用8 MHz晶振的典型应用



在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以尽量减小输出失真和起振稳定时间。 R_{EXT} 的值取决于晶振特性。(更多详细内容，请咨询晶振谐振器制造商)。

6.6.4 高级控制定时器（TIM1）

高级控制定时器（TIM1）用于6通道三相PWM控制。具有可插入死区时间的互补PWM输出。如表 10所示，该定时器用于产生三个半桥栅极驱动器的PWM信号。

表10. TIM1通道配置

MCU I/O	模拟IC输入	TIM1通道
PB13	LS1	TIM1_CH1N
PB14	LS2	TIM1_CH2N
PB15	LS3	TIM1_CH3N
PA8	HS1	TIM1_CH1
PA9	HS2	TIM1_CH2
PA10	HS3	TIM1_CH3

6.7 测试模式

可用专用的引脚TESTMODE进入测试模式。

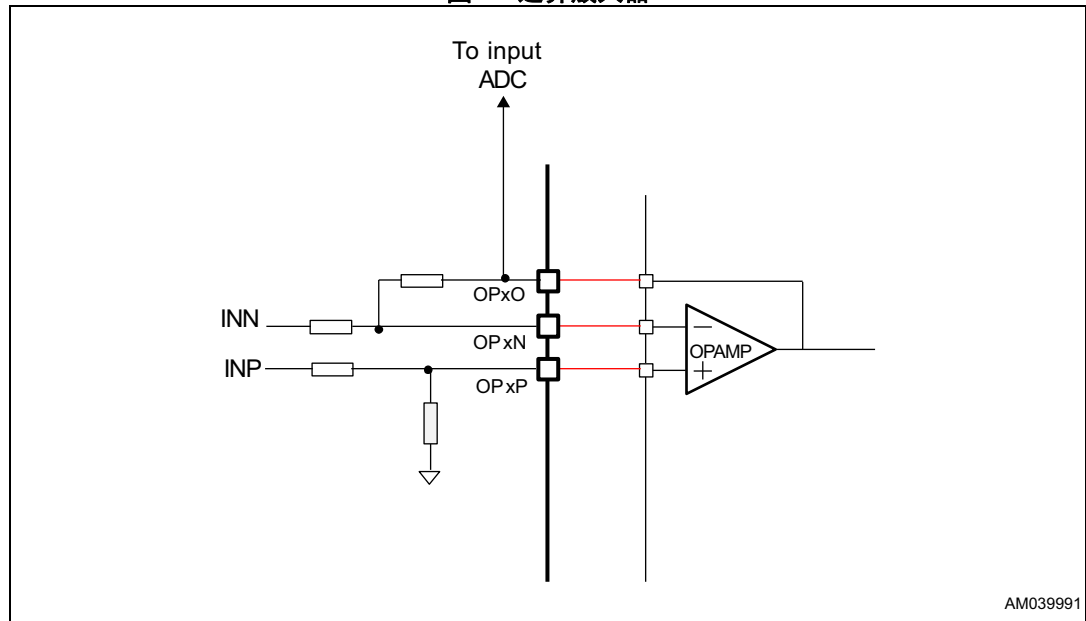
注： 在应用中，TESTMODE引脚应短接至GND，以免意外进入测试模式。

6.8 运算放大器

该器件集成了四个轨到轨运放，适用于信号调节，尤其是用于模拟霍尔效应传感器解码和电流感应。

运放提供轨到轨输出级，可以在饱和状态下快速恢复。在线性应用中，产生高振幅输入信号时，会出现输出级饱和，并使运放的输出超出其实际能力。

图14. 运算放大器



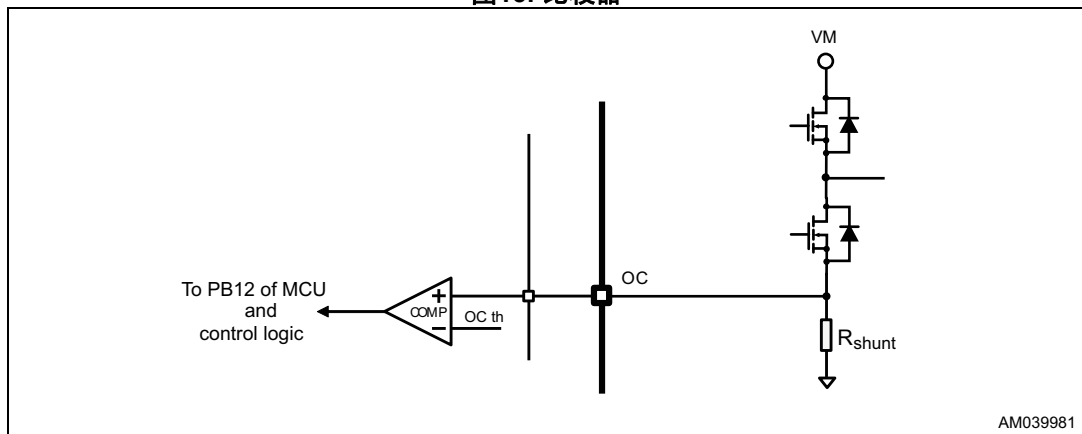
6.9 比较器

比较器可用于实现过电流保护。OCComp引脚可以连接到分流电阻以监测负载电流，内部OC阈值可以通过MCU进行设置（PF6和PF7端口，请参见表12）。

触发OC事件时，OC比较器输出将OC事件信号发送到MCU (BKIN)的PB12输入。

根据OC_SEL信号的状态，（参见表11），OC事件直接作用于栅极驱动器的控制逻辑，通过关闭所有高侧栅极输出，从而关闭外部高侧Mosfet。

图15. 比较器



AM039981

表11. OC保护选择

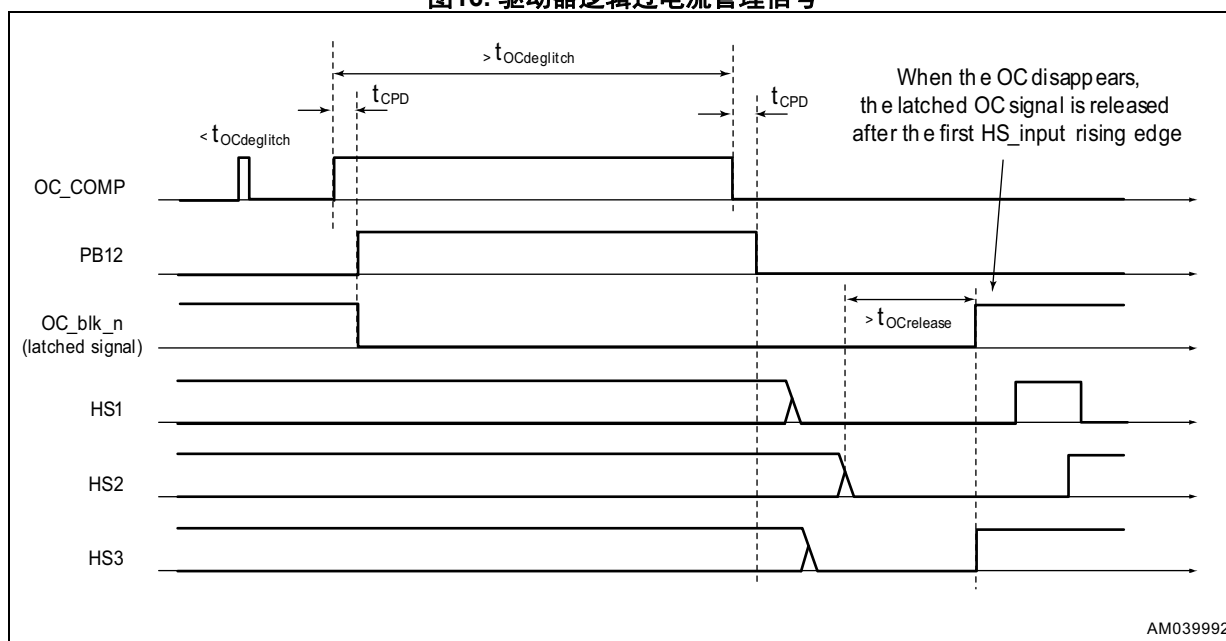
OC_SEL (PA11)	功能
0	OC比较器输出信号只对MCU可见（默认）
1	OC比较器输出信号对MCU可见，并且还作用于栅极驱动器控制逻辑

表12. OC阈值

OC_TH_STBY2 (PF6)	OC_TH_STBY1 (PF7)	OC阈值[mV]	注释
0	0	N.A.	待机模式 (参见第 6.4节第23页)
0	1	100	-
1	0	250	-
1	1	500	-

过电流状态消失时，只有所有高侧输出都至少在 $t_{OCrelease}$ 时间保持低电平之后，锁断的过电流信号才会被释放。（参考图 16）。

图16. 驱动器逻辑过电流管理信号



AM039992

6.10 3FG_PA7输出功能

根据表 13, 3FG_PA7引脚含有不同的功能。

表13. 3FG_PA7引脚函数

3FG高Z (PA12)	3FG_PA7	注释
0	PA7	默认
1	3FG	MCU引脚必须配置为上拉

选择3FG功能时, 3FG_PA7引脚用作漏极开路输出 (参见图 17)。3FG信号由给到运放输入的霍尔传感器信号合成。

运放的模拟输出通过内部比较器($V_{ref} = VDD/2$)转换为逻辑信号, 并提供出霍尔解码逻辑。

3FG产生的输出信号是三个霍尔传感器的异或功能 (参见表 14)。

图17. 3FG电路

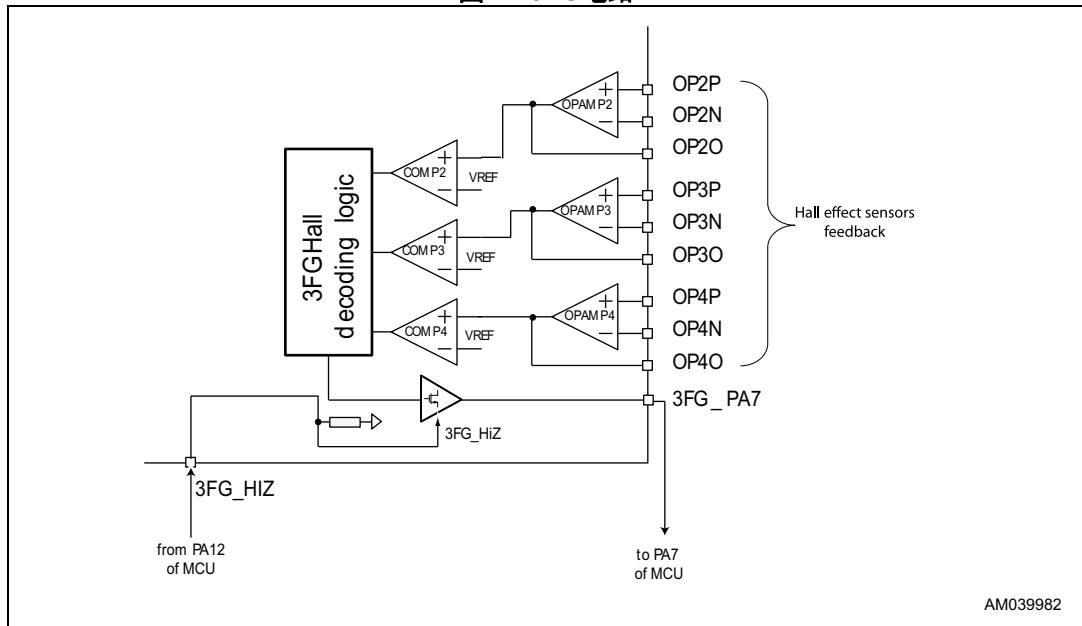
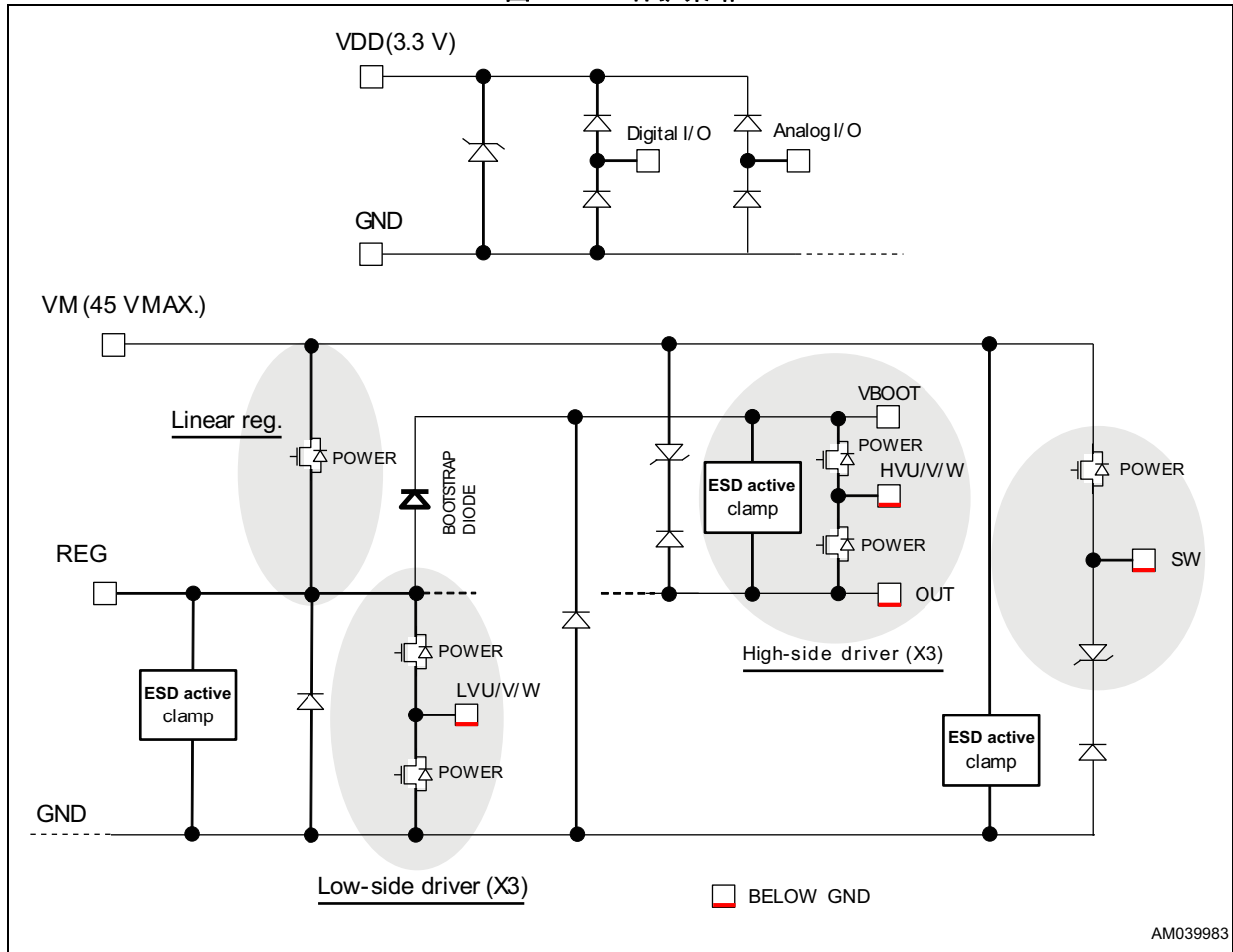


表14. 3FG输出真值表 (参考图 17)

COMP4输出	COMP3输出	COMP2 输出	3FG引脚(PA7)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

6.11 ESD保护策略

图18. ESD保护策略

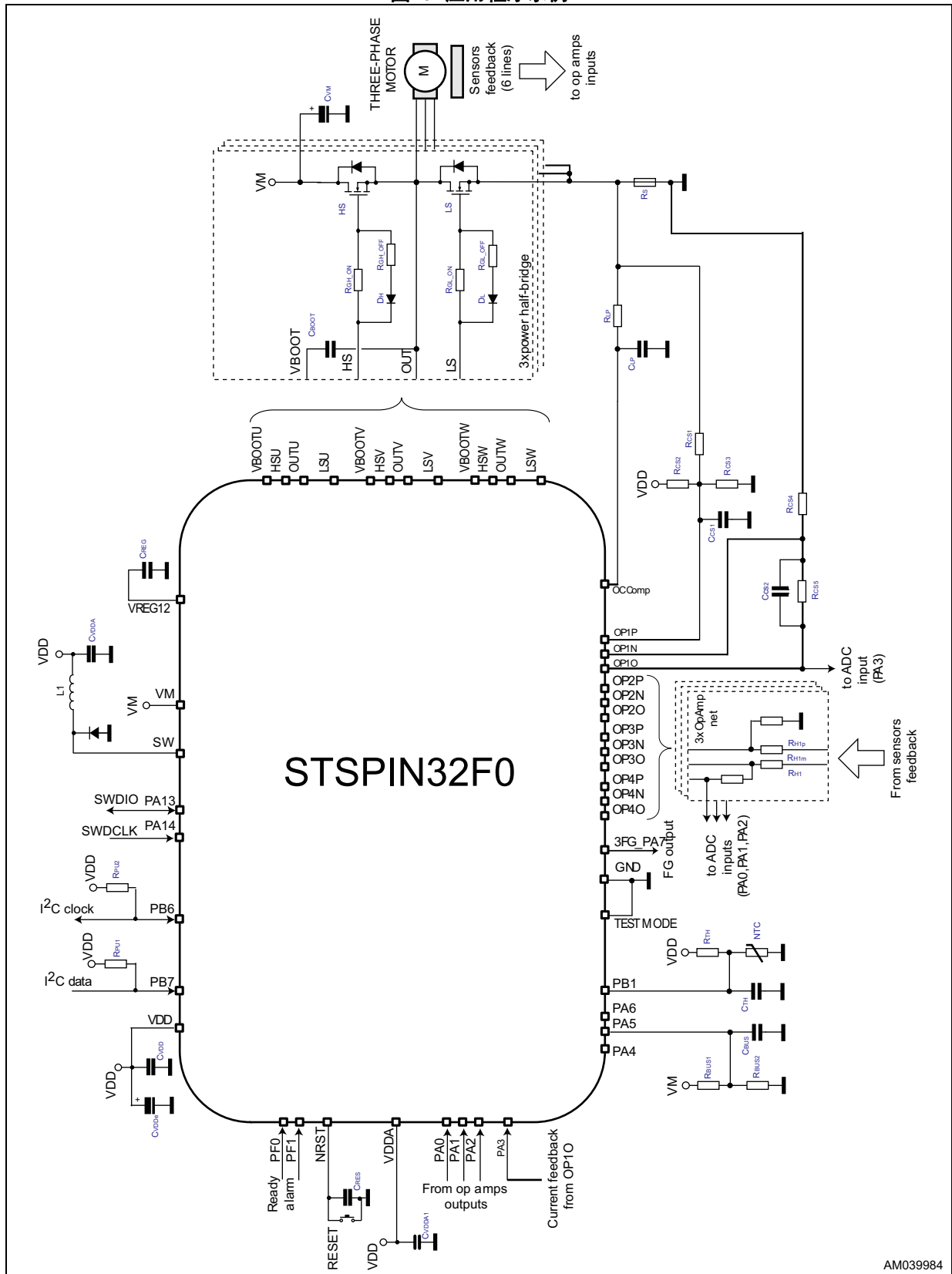


7 应用程序示例

图 19显示了使用STSPIN32F0器件驱动具有单分流电阻和模拟霍尔效应传感器反馈的三相电机应用示例。实现的其他功能为：

- 通过直流/直流稳压器在内部产生VDD (3.3 V)电源
- 通过LDO线性稳压器在内部产生VREG12 (12 V)电源
- I²C串行接口 (PB6和PB7)
- 串行调试线端口 (PA13_SWD_IO、PA14_SWD_CLK)
- 准备就绪和报警线 (PF0、PF1)
- 复位专用引脚
- 使用内部比较器进行过电流保护
- 使用内部运放 (运放1) 和ADC (PA3)进行电流检测
- 使用内部运放、比较器和霍尔解码逻辑电路 (运放2、3、4及相对应的比较器) 产生3FG
- 使用内部运放和ADC (运放2、3、4及PA0、PA1、PA2) 进行霍尔效应传感器反馈管理
- 使用内部ADC (PA4)进行总线电压补偿
- 使用内部ADC (PB1)进行温度监测

图19. 应用程序示例



AM039984

8 封装信息

为满足环境要求，意法半导体为这些器件提供了不同等级的ECOPACK[®]封装，具体取决于它们的环保合规等级。ECOPACK[®]的规格、等级定义和产品状态可在www.st.com上查询。ECOPACK[®]是意法半导体的商标。

建议定制VFQFPN48 7 x 7封装。内部连接到接地引脚的较小EPAD需要穿过封装底部的孔。铅镀层是镍/钯/金(Ni/Pd/Au)。

8.1 VFQFPN48 7 x 7封装信息

图20. VFQFPN48 7 x 7 x 1.0 - 48L, 0.5 mm脚间距, 封装图

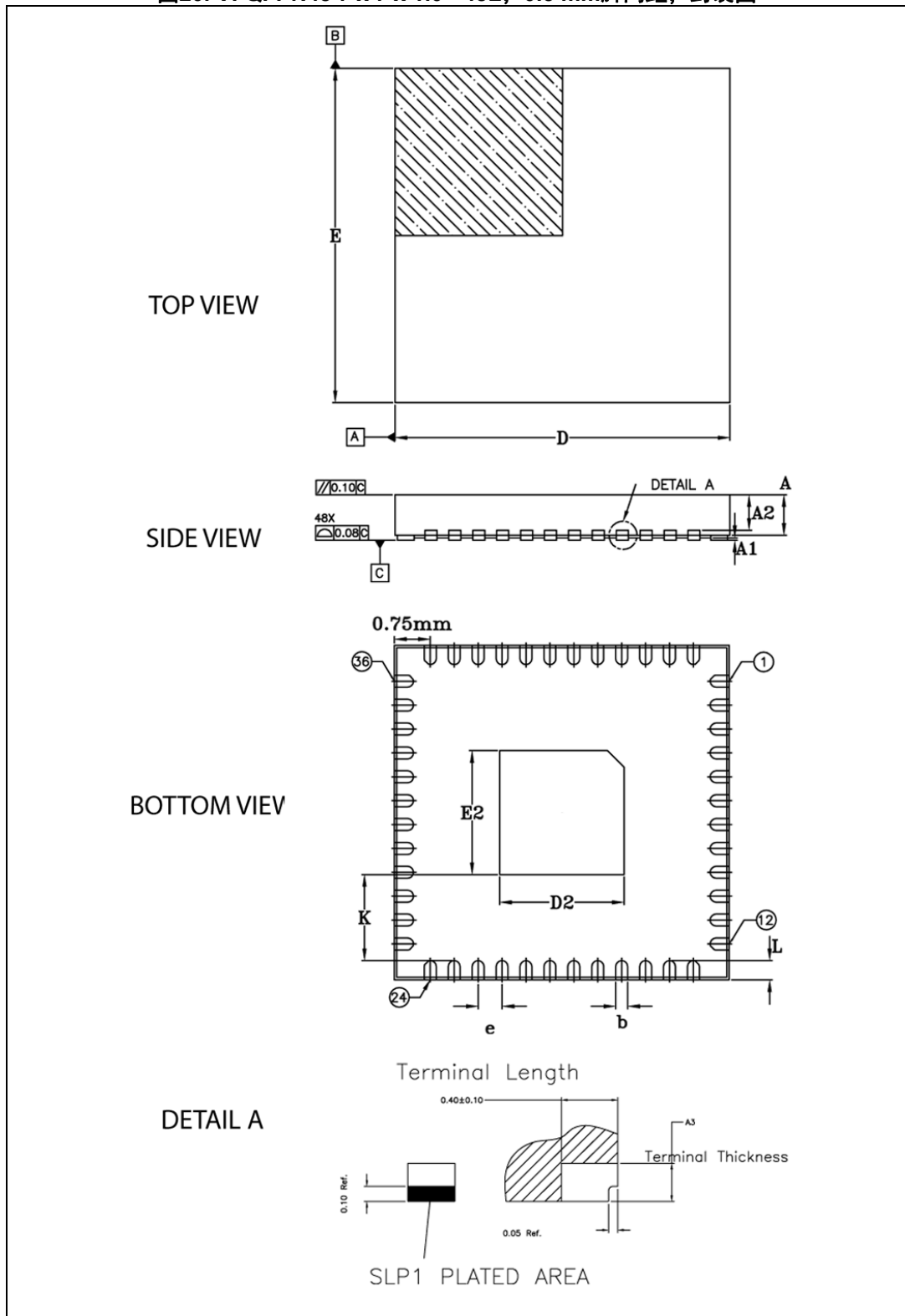
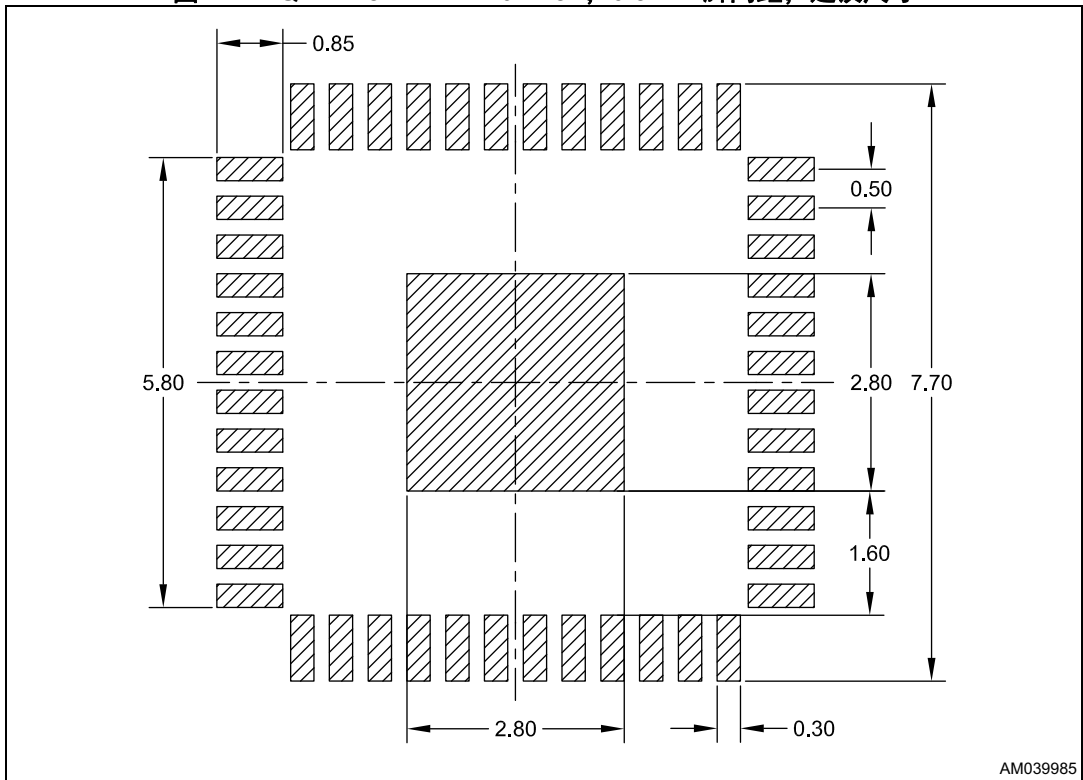


表15. VFQFPN48 7 x 7 x 1.0 - 48L, 0.5 mm脚间距, 封装机械数据⁽¹⁾

符号	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.90	0.95	1.00
A1	0.0	-	0.05
A2	0.75		
A3		0.203	
b	0.20	0.25	0.30
D	6.90	7.00	7.10
E	6.90	7.00	7.10
e	0.50		
D2	2.50	2.60	2.70
E2	2.50	2.60	2.70
K	1.80		
L	0.30	0.40	0.50

1. PIN44与DAP融合。

图21. VFQFPN48 7 x 7 x 1.0 - 48L, 0.5 mm脚间距, 建议尺寸



AM039985

9 订购信息

表16. 订购码

订购代码	封装	封装
STSPIN32F0	VFQFPN 7 x 7 x 1.0 - 48L	Tray
STSPIN32F0TR	VFQFPN 7 x 7 x 1.0 - 48L	卷带和盘装

10 版本历史

表17. 文档版本历史

日期	版本	变更
2016年9月30日	1	初始版本。
2017年3月30日	2	在整个文档中用STM32F031C6（具有扩展温度范围，后缀为7版本）替换了STM32F031x6x7。 更新了图 1第 5页（换成新图）。 整篇文档的少量改动。

表18. 中文文档版本历史

日期	版本	变更
2017年10月25日	1	中文初始版本。

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司 (“ST”) 保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。本文档的中文版本为英文版本的翻译件，仅供参考之用；若中文版本与英文版本有任何冲突或不一致，则以英文版本为准。

© 2017 STMicroelectronics - 保留所有权利