

ST电机控制生态系统及应用方案

William ZHANG

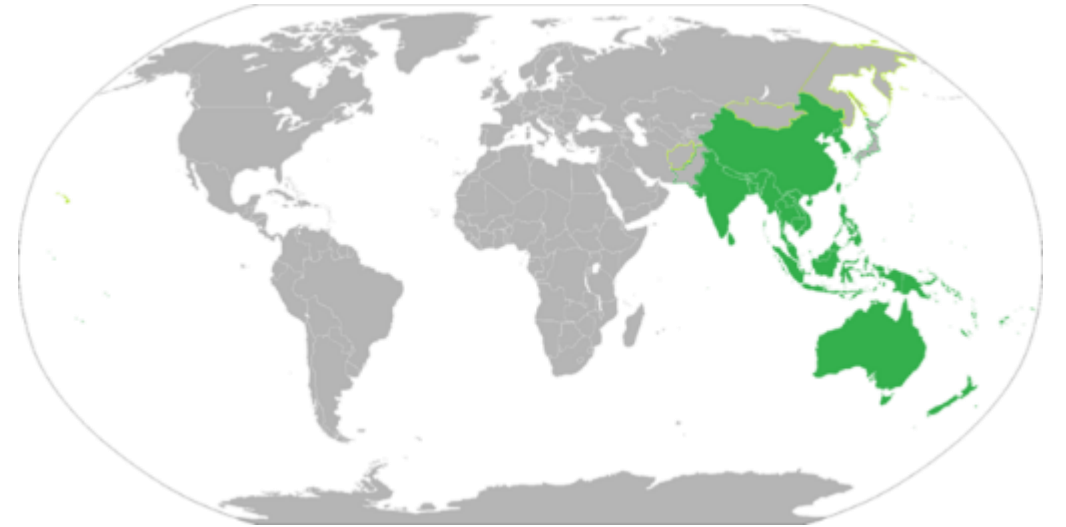
应用开发支持

亚太区 | Power Discretes 及 Analog Sub产品部



- GCSAK电机控制工程中心
- ST电机控制生态系统
 - Firmware-固件库
 - Motor profiler-电机分析器
 - Workbench-PC GUI工具
 - HW Eval-硬件系统评估板
- 应用方案
 - 空调
 - 冰箱
 - 洗衣机
 - 风扇, 吊扇, 泵, 空气净化器, 厨房油烟机, 炊具等
 - 工业、汽车

- 设计
 - HW参考设计, 应用板
 - 面向ST MC库的FW应用模块
- 支持
 - 利用ST工具进行评估 & 学习
 - ST套件产品选择 (配合TM)
 - 原理图
 - 布线检查
 - 调试 (配合FAE)
 - 性能提升
- 咨询
 - 整体电机控制系统专业技术
 - 合作关系 & 新型算法;
 - 用户IP可移植到ST平台



ST电机控制生态系统

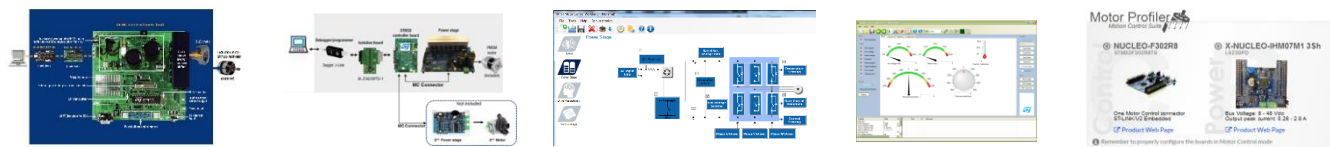
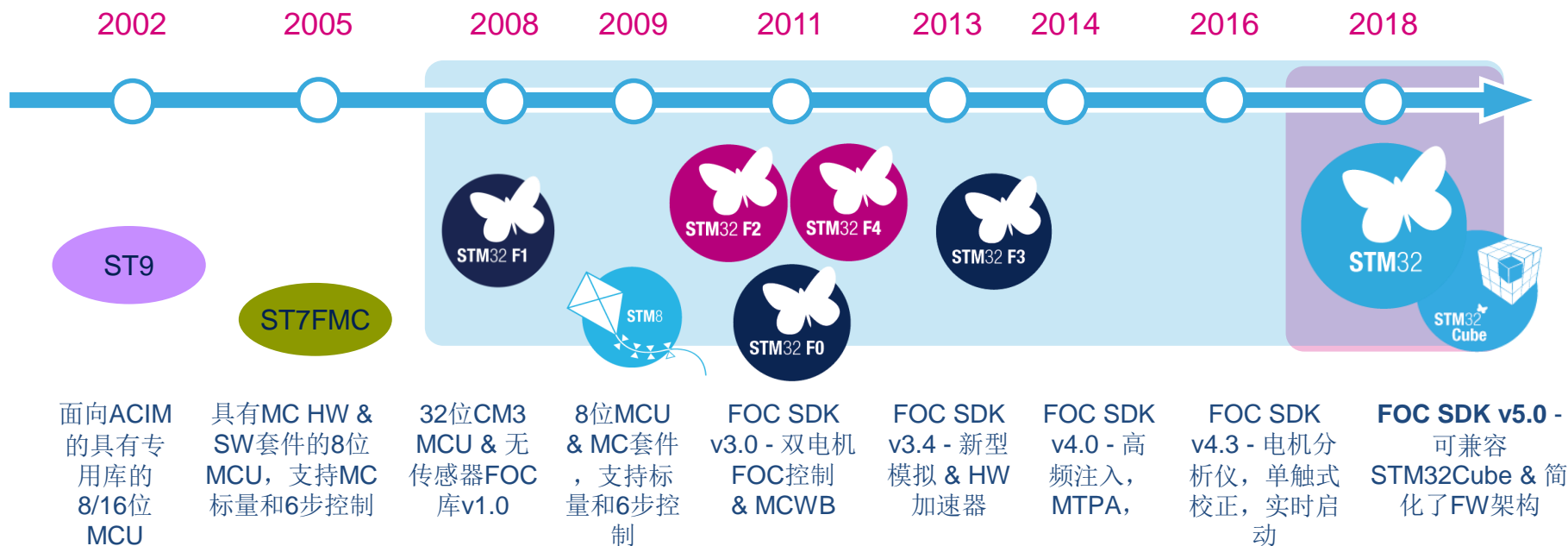
3相电机PMSM FOC SDK

技术支持(WW级)



拥有16年三相电机驱动器经验

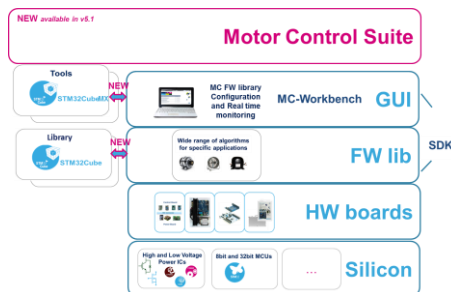
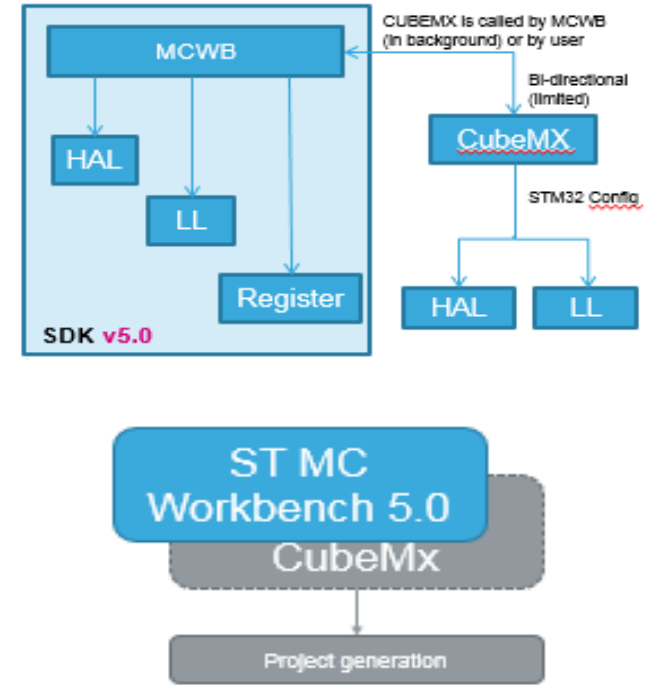
FW库：标量，FOC，双电机，数字PFC...



从V4.3到V5.x的主要改进



功能（相比于4.3的改进）	优点
<p>简化了FW架构（无面向对象代码）（FW）</p> <ul style="list-style-type: none"> 不再有面向对象代码 不再有数据隐藏 删除了虚拟功能 	<ul style="list-style-type: none"> 简化了用户和社区的开发和自定义 调试更加简单
<p>基于STM32Cube（FW）</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用HAL和LL代替SPL 	<ul style="list-style-type: none"> 与STM32 FW策略相一致 首先无缝支持STM32 F0、F3、F4系列，其次是F1、L4、H7.....
<p>桥接，位于MC_workbench和CubeMX之间（工具）</p> <ul style="list-style-type: none"> Cube MX => 使用Cube MX初始化主外设 	<ul style="list-style-type: none"> 与STM32工具策略相一致 使用Cube MX初始化主外设 简化用户流程
<p>电机控制套件*（工具）</p> <p>* 2018年下半年上市</p>	<p>完整STM32 MC材料的接入点</p> <ul style="list-style-type: none"> HW, FW, 工具, 说明文件, AN, 论坛..... 按电机类型选择解决方案



MCU	Nb Motor	Config	MCSDK4.3				MCSDK5.1.1				Compare 4.3 vs 5.1.1					
			CPU Workload (%)	Total Code size (Kb)	MCLib (Kb)	STD Lib (Kb)	CPU Workload (%)	Grand Total Code Size (+ HAL) (Kb)	Grand Total Code Size (+ LL) (Kb)	MCLib (Kb)	HAL (Kb)	LL (Kb)	CPU Workload (%)*	MCLib (%)	Grand Total Code Size (+ HAL) (Kb)*	Grand Total Code Size (+ LL) (%)*
F072RB	Single	1x Shunt	52.0	19.3	17.3	2.0	46.4	18.0	16.9	13.1	5.2	3.2	-10.6%	-24.1%	-6.9%	-12.6%
F072RB	Single	3x Shunt	49.0	19.6	17.7	2.0	42.6	17.1	16.3	12.5	4.6	3.2	-13.0%	-29.2%	-12.8%	-17.0%
F303RE	Single	1x Shunt	20.0	21.2	18.2	3.0	20.4	22.4	19.9	14.9	8.1	4.4	2.2%	-18.0%	5.6%	-6.2%
F303RE	Single	3x Shunt	18.5	23.0	20.6	2.4	17.8	23.4	19.3	16.1	7.7	2.6	-3.5%	-21.9%	1.9%	-16.1%
F446RE	Single	1x Shunt	10.5	20.1	17.7	2.4	10.2	20.1	19.0	14.7	5.5	3.3	-3.1%	-17.0%	-0.3%	-5.8%
F446RE	Single	3x Shunt	8.9	17.8	15.8	2.0	8.2	18.2	15.7	13.2	4.8	2.0	-8.1%	-16.4%	2.3%	-12.1%
F303VE	DUAL	3x Shunt	38.9	25.2	17.4	2.4	38.2	25.5	21.8	18.6	7.9	2.6	-1.8%	6.9%	1.0%	-13.5%
F415ZG	DUAL	3x Shunt	23.1	19.9	17.9	2.0	18.3	19.6	17.7	15.2	4.8	2.0	-20.8%	-14.9%	-1.2%	-11.1%

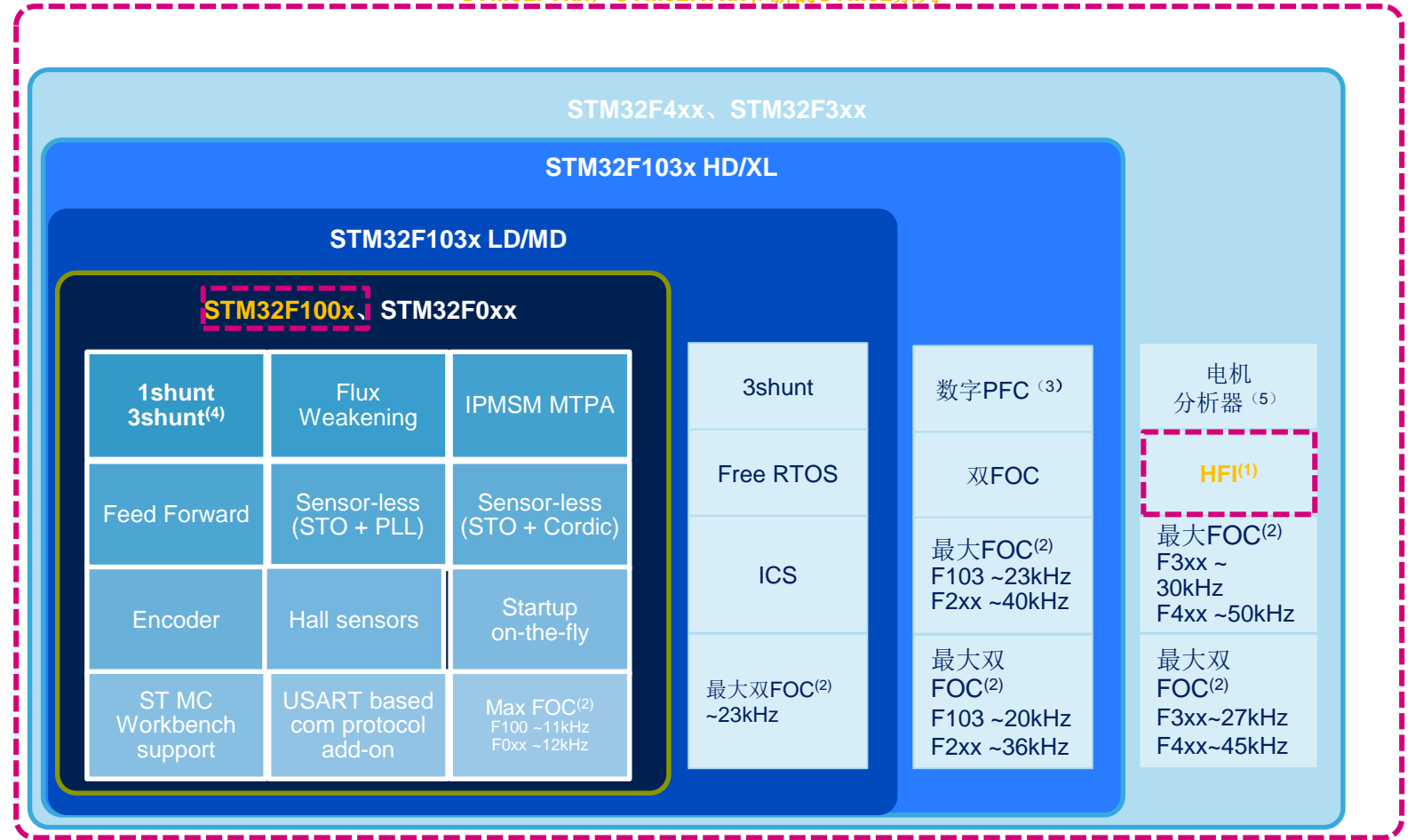


MC FW库功能在V5.x中设置

STM32F7xx, STM32H7xx和新的STM32系列

FOC的优势

- **最佳的能量效率**
即使在瞬态工作期间，由于优化的电流角度
- **响应式速度控制**
加载变化，由于电磁转矩和磁通的直接和解耦控制
- **精确的位置控制**
由于电磁转矩和磁通的直接和解耦控制；
- **噪声降低**
由于正弦波 / 优化的控制



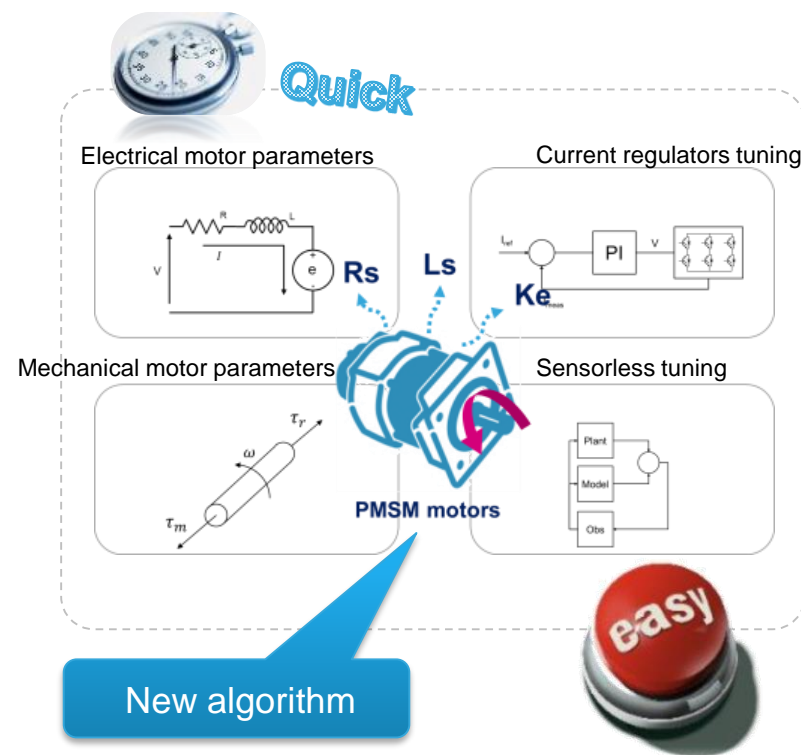
将在下一个MC SDK版本中添加的功能和STM32系列

- (1) 高频注入
- (2) 无传感器模式中的最大FOC估计值
- (3) STM32F103xC/D/E/F/G和STM32F303xB/C
- (4) 不支持STM32F100
- (5) 支持STM32F30x

Motor Profiler (电机分析器)

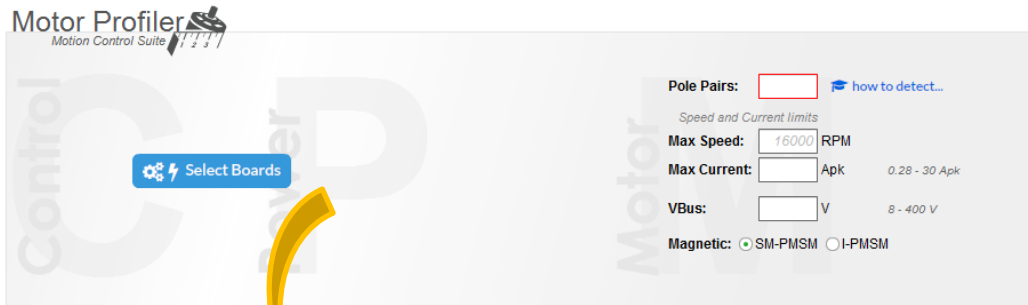
自动测量永磁同步电机的机电参数的新算法

- 测量永磁同步电机的电子参数: R_s , L_s , K_e
- 测量永磁同步电机的机械参数: J , F
- 转动中配置电流、速度调节参数和Sensorless 算法参数
- 数秒内运行任意电机
- 不需要增加额外的硬件和设备



- 如果电机参数未知（或者测量它们的仪表缺失），则可以使用具有ST硬件支持的新型电机分析器特性。

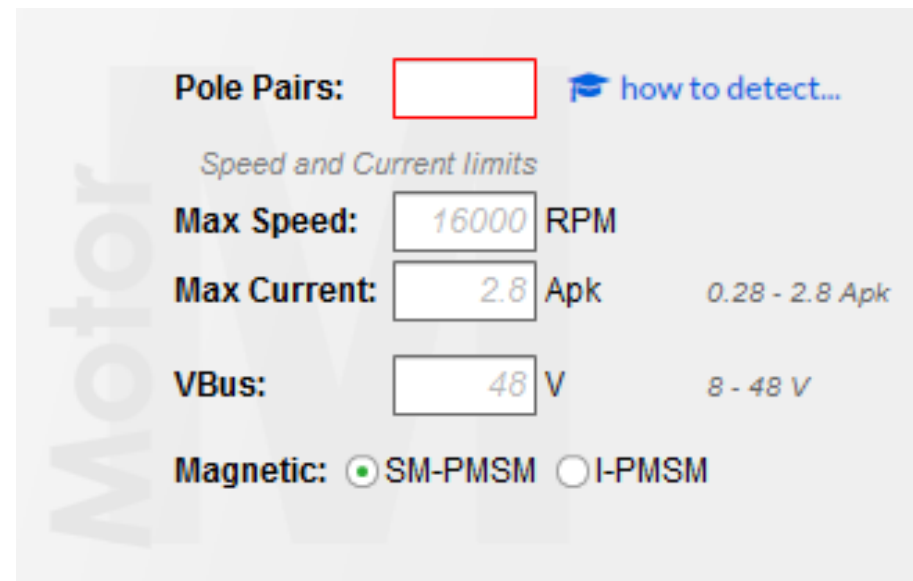
1. 打开电机分析



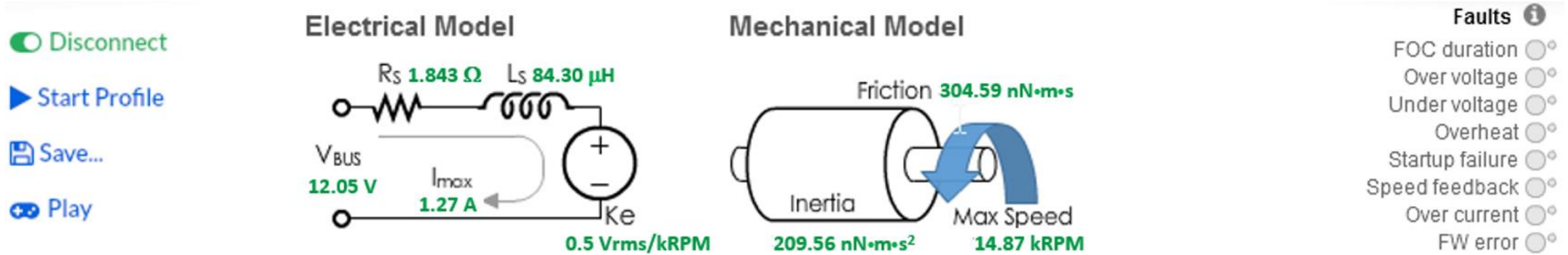
2. 选择合适的支持的板



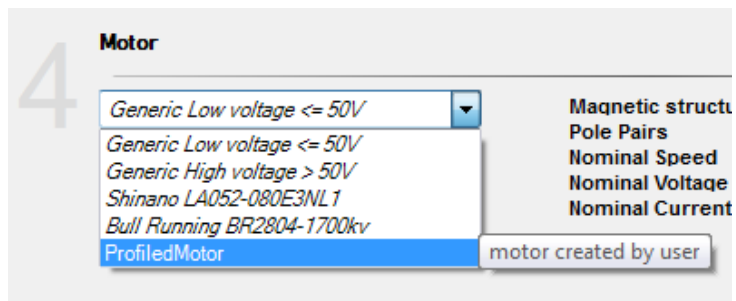
3. 设置电机分析器



- 在过程最后，测量的参数会显示在专用窗口中。

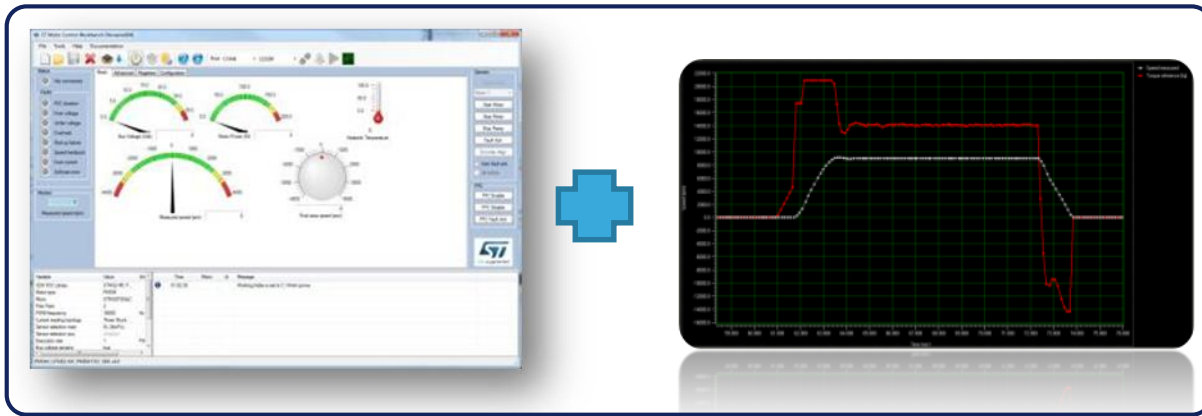


- 可以将其导入到工作台项目，保存供将来使用。

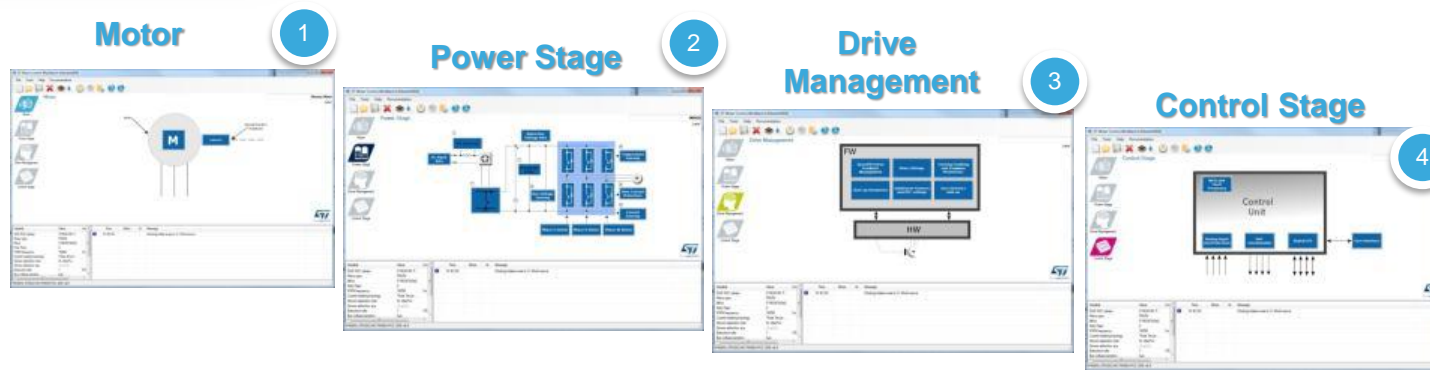


ST MC Workbench

PC GUI for MC FW v4.3



- 使用workbench 和硬件建立实时通讯，向电机发送启动、停止及改变速度等命令。
- 通过高级调试功能进行排错或调试电机控制变量（如PI参数）。
- 绘出重要电机控制变量（虚拟示波器）像目标转速或测量到的实际转速。



4步完成配置电机库参数



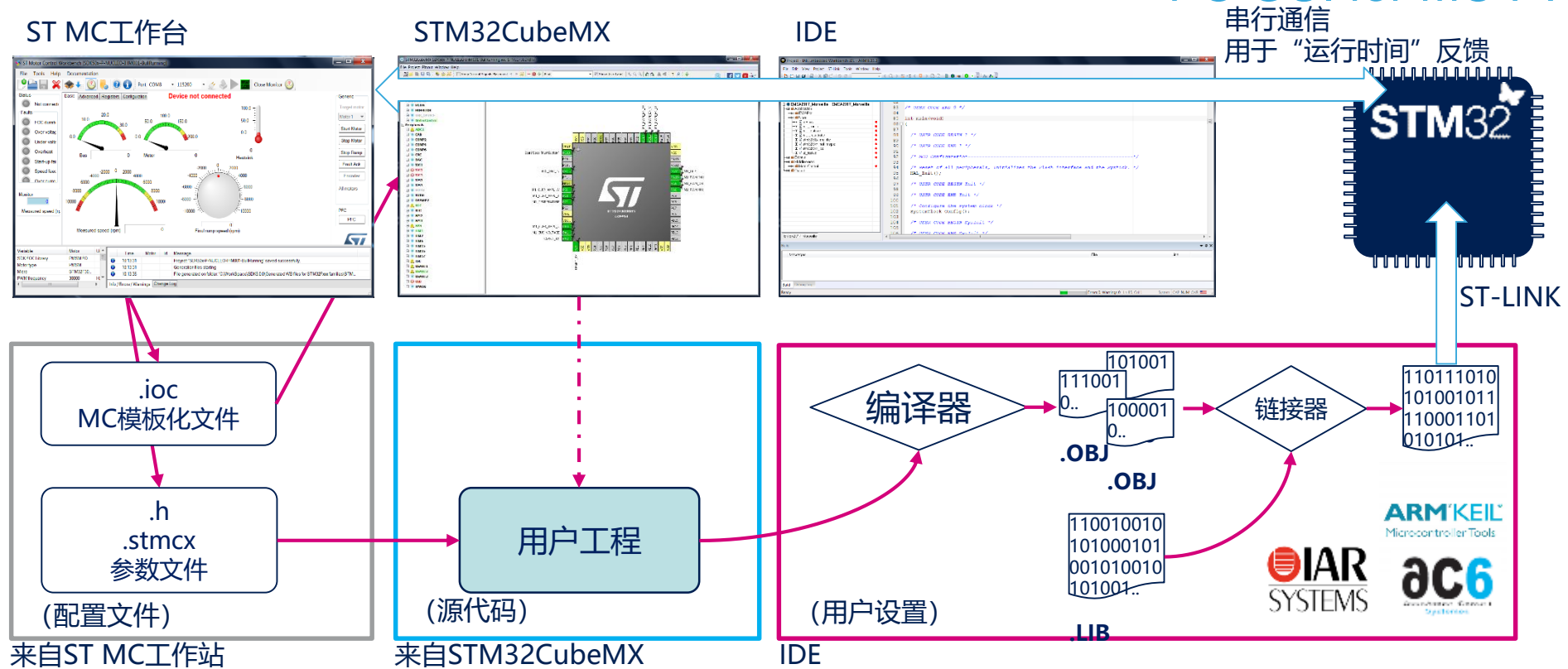
产生头文件、编译、下载

运行电机



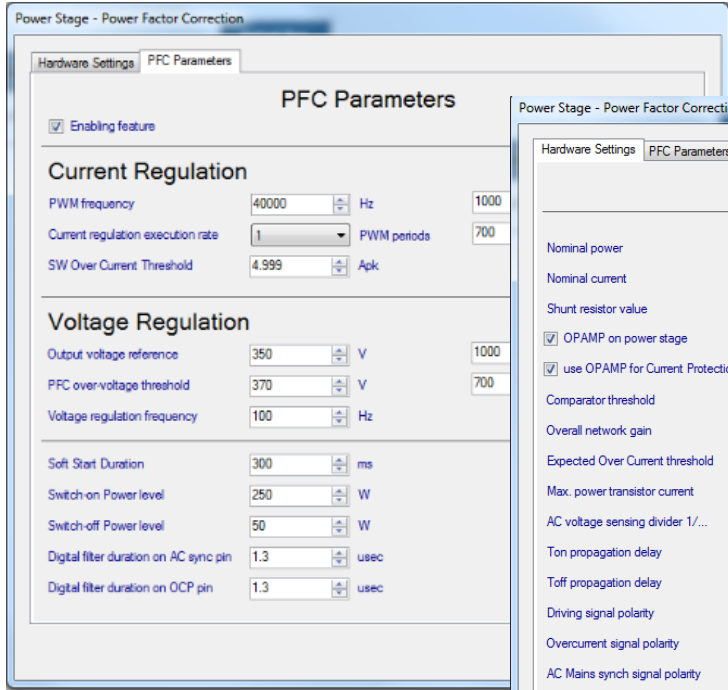
ST MC Workbench

PC GUI for MC FW v5.x

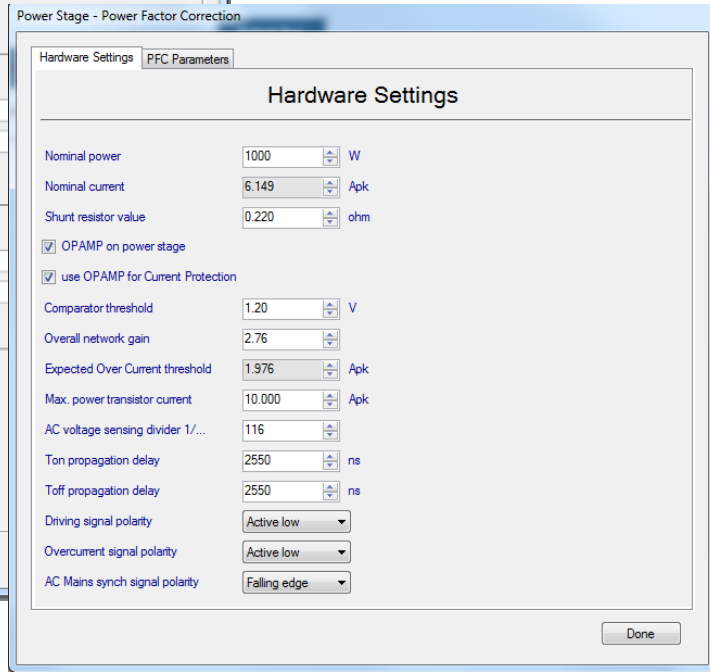


- 设置您的工程 (使用的IDE, HW和FW)
- 生成面向MC固件的配置 (.h) 文件以及MC模板化 (.ioc) 文件
- 使用ST MC工作站的监视器功能与固件建立实时通信
- 启动电机, 设置速度并获取反馈
- 使用ST-LINK将可执行程序闪存到微控制器中
- 使用您最喜欢的IDE (IAR、Keil或AC6) 开发您的工程
- 编译和链接您的工程
- 使用提供的MC模板化 (.ioc) 文件打开STM32CubeMX

1.PFC设置



2.HW设置



3.实时监控

可以使用WB监控器特性动态修改PFC变量。

0x4D	PFC Status		0
0x4E	PFC Flags		0
0x4F	PFC DC bus reference	Volt	0
0x50	PFC DC bus measured	Volt	0
0x51	AC Mains frequency	Hz	0
0x52	AC Mains voltage 0-to-pk	Volt	0
0x53	PFC Current loop Kp		0
0x54	PFC Current loop Ki		0
0x55	PFC Current loop Kd		0
0x56	PFC Voltage loop Kp		0
0x57	PFC Voltage loop Ki		0
0x58	PFC Voltage loop Kd		0
0x59	PFC startup duration	ms	0
0x5A	PFC abilitation status		0

4.

可以使用“寄存器”标签中的直接访问，查看和/或修改PFC状态和寄存器

提供多种系统搭配组合

控制 + 电源

Eval/Nucleo + 功率/扩展

控制级



MC Connector



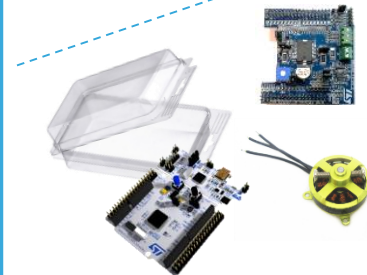
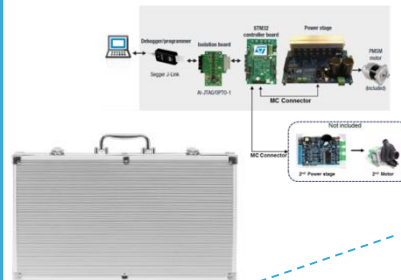
功率级



逆变器
(整套驱动器)



MC套件



STM32 Nucleo扩展板 (X-NUCLEO)

27种开发板且在不断增长.....两种类型 (处理和安安全)



涵盖所有STM32微控制器系列和不同的开发需求

49种扩展板且在不断增多.....覆盖所有关键功能

11 传感

运动与环境传感器

距离传感器
麦克风

14 连接

BLE

Wi-Fi

次GHz

NFC

3 电源
驱动器

电源管理
LED升压

16 精确
移动

电机驱动
执行器

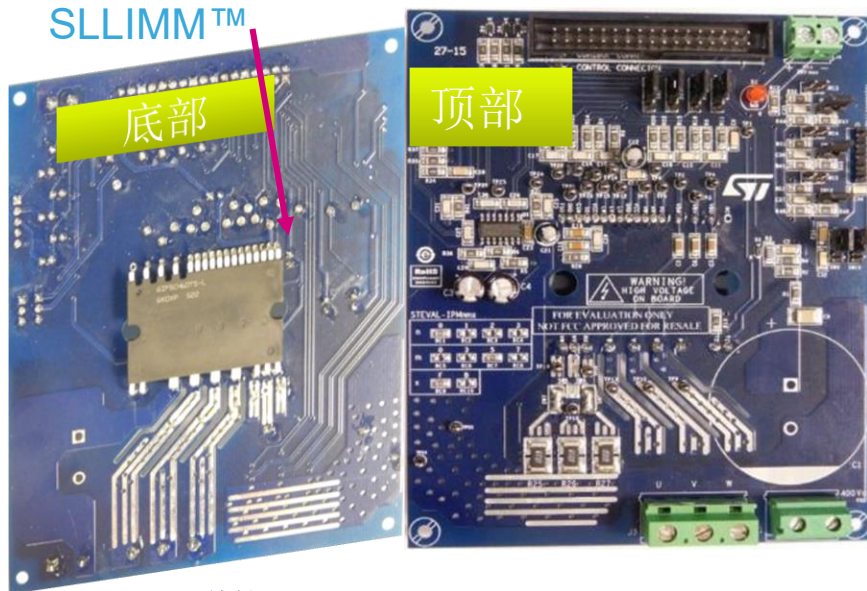
5 翻译

音频放大器
OpAmp



STEVAL-IPMyy - SLLIMM™“卡”

STEVAL-IPMnx评估板系列是通用、经过全方位测试的流行产品，包括基于SLLIMM™第2系列智能功率模块的三相逆变器桥。

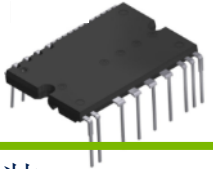


根据SLLIMM™产品可提供以下板：

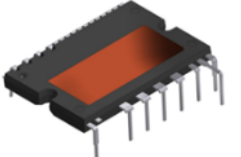
- STEVAL-IPM05F □ STGIF5CH60TS-L
- STEVAL-IPM07F □ STGIF7CH60TS-L
- STEVAL-IPM10F □ STGIF10CH60TS-L
- STEVAL-IPM10B □ STGIB10CH60TS-L
- STEVAL-IPM15B □ STGIB15CH60TS-L
- STEVAL-IPM08B □ STGIB8CH60TS-L
- **STEVAL-IPM20B □ STGIB20M60TS-L**
- **STEVAL-IPM30B □ STGIB30M60TS-L**

特性

- 输入总线电压：最高400 V_{DC}
- 标称功率：700 W至3 kW
- 最大电流能力：8A至35 A（标称）
- 使用SLLIMM智能关断技术的硬件过流保护
- 电机电流感应：单/三分流电阻配置
- 两个电流传感选件：外部专用运放或通过MCU
- IPM温度监控（NTC和VTSO）
- 兼容ST的MC连接器
- 霍尔传感器(3.3/5V)/编码器输入(3.3/5V)到MCU



F = SDIP2x-26L全成型封装
B = SDIP2x-26L DBC封装



参考 / 捆绑	电压	功率 / 电流	电机类型/控制类型*	ST部件	应用焦点
X-NUCLEO-IHM07M1	最高48Vdc	最大2.5A	PMSM/BLDC FOC/6步 单/3分流电阻	<ul style="list-style-type: none"> 1x L6230 1x BAT30KFILM 1xTSV994IPT 	电动工具、泵、无人机、
X-NUCLEO-IHM08M1	10 – 48Vdc	最大15A	PMSM/BLDC FOC/6步 单/3分流电阻	<ul style="list-style-type: none"> 6xSTL220N6F7 3xL6398 1xTSV994IPT 	无人机、电动自行车、电动工具、泵，等等。
X-NUCLEO-IHM09M1	-	-	电机控制连接适配器	<ul style="list-style-type: none"> 非硅器件 	可令STM32 NUCLEO板连至任何ST电机控制板
X-NUCLEO-IHM11M1	1.8 – 10Vdc	最高1.3Arms	PMSM/BLDC FOC/6步 单分流电阻	<ul style="list-style-type: none"> 1xSTSPIN230 1xTSV991ILT 	热打印机、机器人、玩具

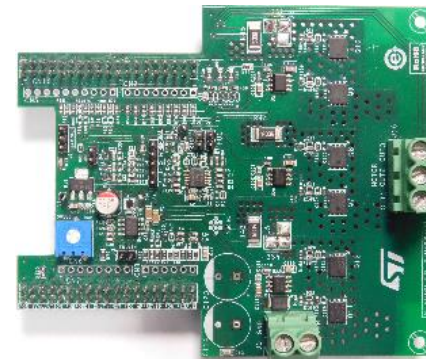
NUCLEO-IHM11M1



NUCLEO-IHM07M1



NUCLEO-IHM08M1

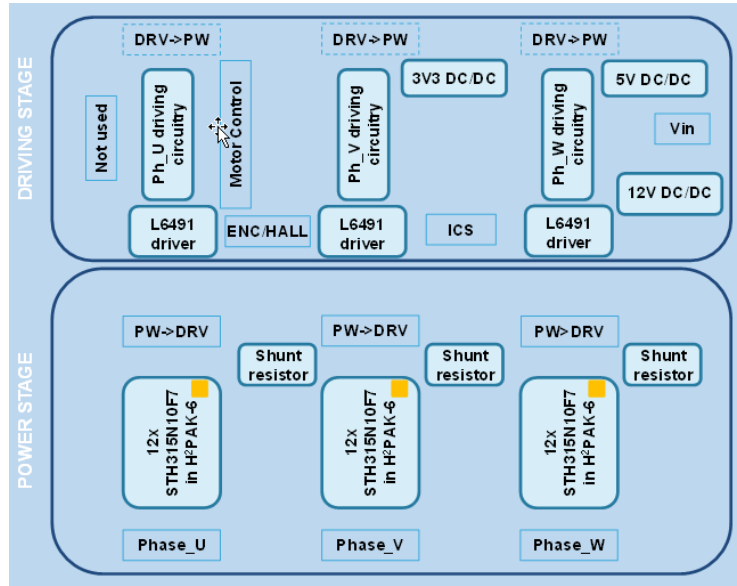


5kW低压供电板 用于三相电机



5kW低压大电流逆变器，适用于工业电机控制应用

订购代码：STEVAL-CTM009V1



主要特性

- 工作电压从48V_{DC}
- 最大输出电流：120 A_{RMS}
- 最高5kW
- 基于ICS的电流传感。
- 用于热保护的3个NTC
- 3分流电阻接地后可用于电流传感（可选）
- 过流，过温及过压保护
- 尺寸：50 x 50 mm

主要产品

- 36x STH310N10F7-6
- 3x L6491DTR
- A7986ATR
- TSZ121IYL
- 4xSTTH102AY
- 7xSTPS5L60SY
- 6xSM15T12CAY





STSPIN32F0/A 评估工具

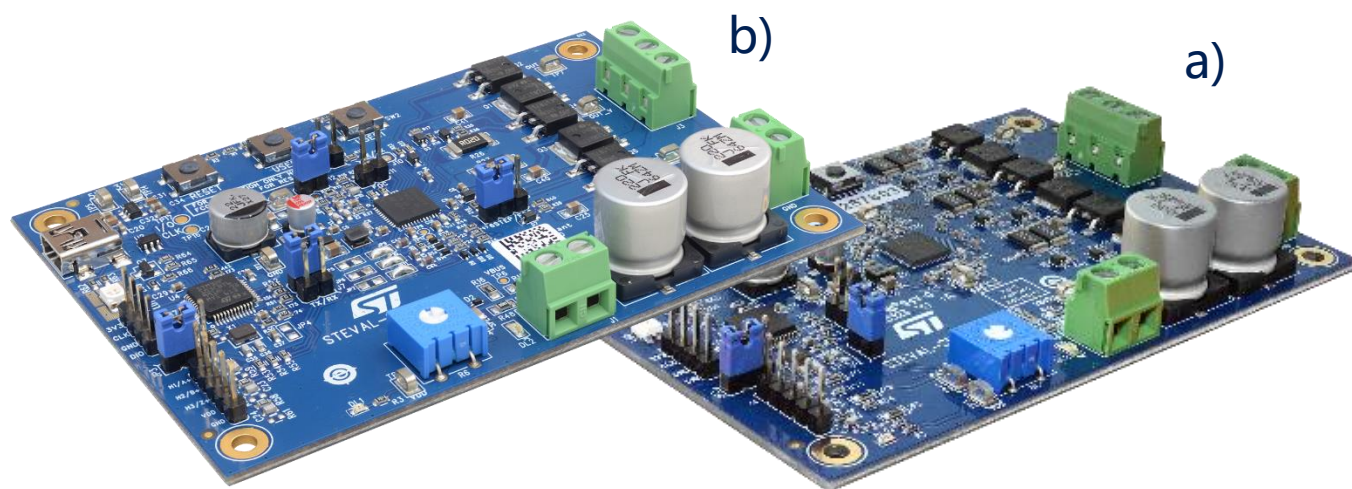
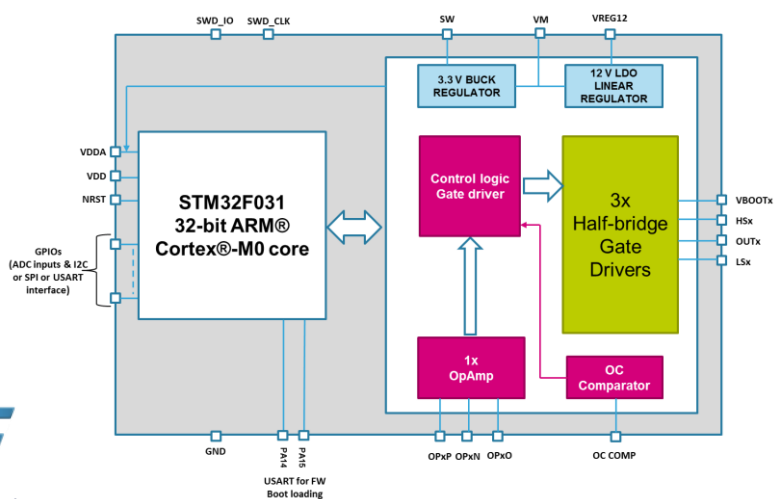
19

高级三相BLDC驱动器 + STM32 – 从2个Li-Po电池到48V

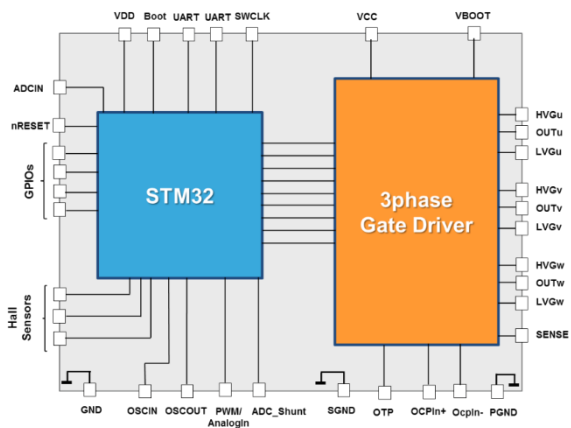
a) STEVAL-SPIN3201 (支持3个电阻采样FOC算法、传感器/无传感器 FWs; 基于STSPIN32F0)

b) STEVAL-SPIN3202 (支持1个电阻采样FOC算法、6步传感器/无传感器 FWs ; 基于 STSPIN32F0A)

- STM32 Cortex M0 + 3相栅极驱动器
- 可完全兼容STM32生态系统
- 12V LDO & 3.3V DC-DC稳压器集成
- 6步& FOC 无传感器 / 传感器算法



配备嵌入式STM32 MCU的高级600V三相BLDC驱动器



- **STM32 Cortex M0 + 三相驱动器**
- **可完全兼容STM32生态系统**
- **6步 & FOC 无传感器 / 传感器算法**
- **出色的接地稳健性**

- VS = 600 V, I = 350mA/1A驱动能力
- 48 MHz, 32k Flash & 4k SRAM
- 12位ADC
- I2C / UART / SPI; 20个GPIO
- 支持FW boot loader 功能
- 集成自举二极管
- 完全保护 (UVLO, 短路, OCP)
- 宽温度范围: -40至125°C
- 带引线的TQFP 10x10 mm封装

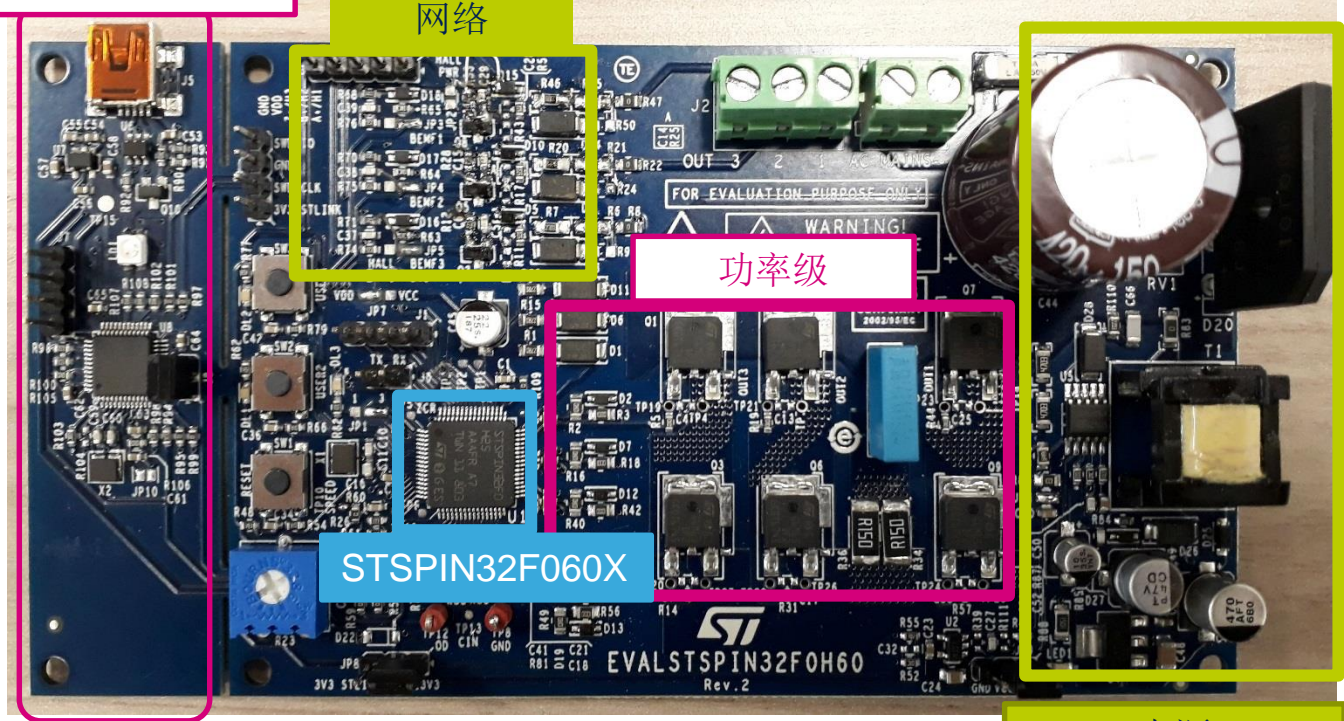
STLINK-debugger
可拆卸

反馈
网络

功率级

STSPIN32F060X

电源



步进器和DC有刷电机的工具

21



低电压有刷直流电机驱动器 基于STM32 Nucleo的STSPIN250



订购代码：
X-NUCLEO-IHM13A1

主要特性

- 从1.8 V到10 V的低电压范围
- 电流最高2.6 A r.m.s.
- 通过可调节关断时间实现电流控制
- 全面的过电流和短路保护
- 热关断
- 与STM32 Nucleo板兼容 (NUCLEO-F401RE; NUCLEO-F334R8; NUCLEO-F030R8; NUCLEO-L053R8)
- STM32Cube **X-CUBE-SPN13**的扩展软件。

低压步进器电机驱动器 基于STM32 Nucleo的STSPIN240



订购代码：
X-NUCLEO-IHM06A1

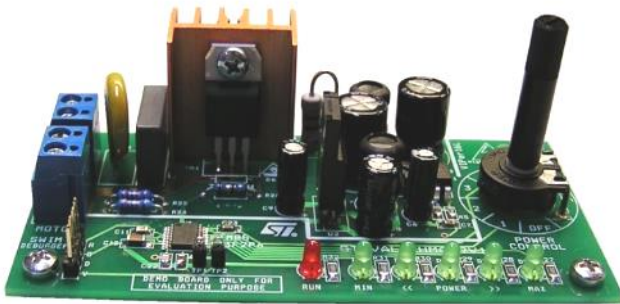
主要特性

- 供电电压：1.8V – 10V
- 2 A最大输出电流
- 高达1/256微步
- 超低待机功耗 (~150nA)
- 通过可编程关断时间实现PWM电流控制
- 步进时钟 / 方向输入
- 全保护双全桥
- 超紧凑QFN封装

示例

Nucleo +
XNucleo

基于高Tj TRIAC的真空吸尘器控制



订购代码:
STEVAL-IHM029V2

主要产品

- T1235T-8T
- VIPer16L

主要特性

- 输入电压范围宽(90VAC-250VAC 50/60Hz)
- 1W SMPS基于**VIPer16L** (负供电)
- 直接驱动TRIAC (**T1235T-8T**)
- 软启动和平滑功率变化功能
- 待机总功耗<300mW @ 250VAC
- 坚固设计
- **IEC-61000-4-4, 震荡达8kV**
- **IEC-61000-4-5, 2kV浪涌**

AC/DC转换器, 用于家电浪涌电流限制器, 基于AC开关



订购代码:
STEVAL-IHT008V1

主要产品

- T1635T-8FP
- ACST210-8FP
- ACS108-8SN
- Z0109MUF
- viper26LD
- STM8S103K3T3C

主要特性

- 浪涌电流限制器ICL, 兼容IEC61000-3-3
- 4个绝缘AC开关驱动器, 也用于AC负载管理
- 与功率因数校正PFC功能一起工作
- 符合IEC61000 EMC要求
 - 谐波, RFI, EFT震荡, 脉冲
- 谐波, RFI, EFT震荡, 脉冲
- 去掉了两个笨重的继电器和一个NTC (或PTC)电阻
- 低待机功耗 < 0.3 W
- 无需额外PSU为ICL三端双向可控硅整流管和交流开关供电

P-NUCLEO-IHM001 或 2

- 低成本MC套件
 - 可以评估BLDC电机控制应用（高达36V，1.4 A）的STM32
- 内容：
 - NUCLEO-F302R8
 - 基于STM32F302的微控制器板
 - X-NUCLEO-IHM07M1
 - 基于L6230的驱动器板
 - BLDC电机



ST电机控制应用方案

所有应用 – 所有电机



电机类型

三相电机

步进电机

DC有刷电机

通用电机和AC负载

涵盖的应用



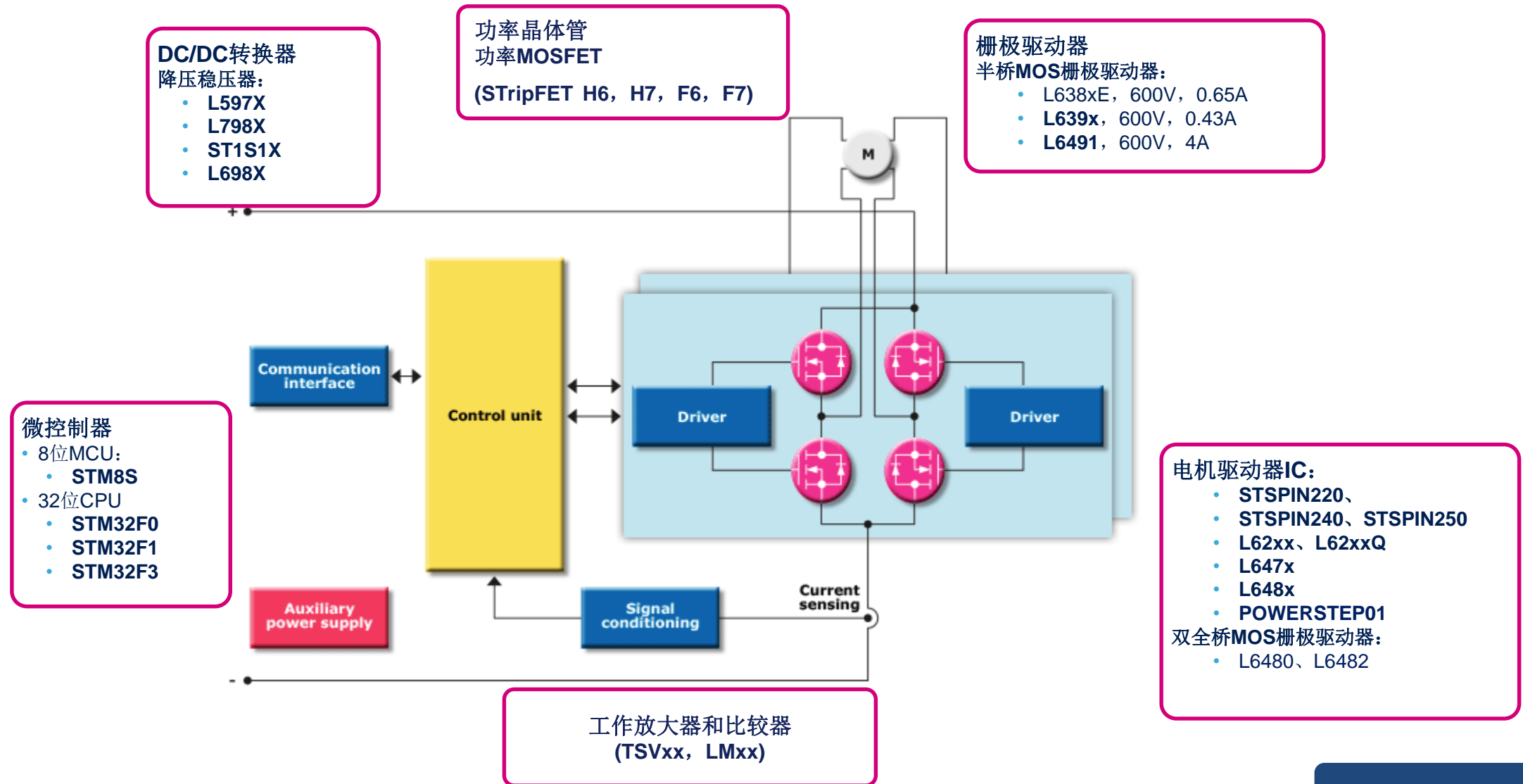
- 家用电器，洗衣机，空调，冰箱，吸尘器，洗碗机，厨房机器人，厨房油烟机，米饭/面包炊具.....
- 泵，风扇，空气净化器，吊扇.....
- 服务驱动器，机器人，电动自行车，EV配件.....
- 无人机ESC，万向节，监控摄像头.....
电动工具，园林工具.....

- 工业
- 安全系统
- 建筑自动化
- 医疗器械

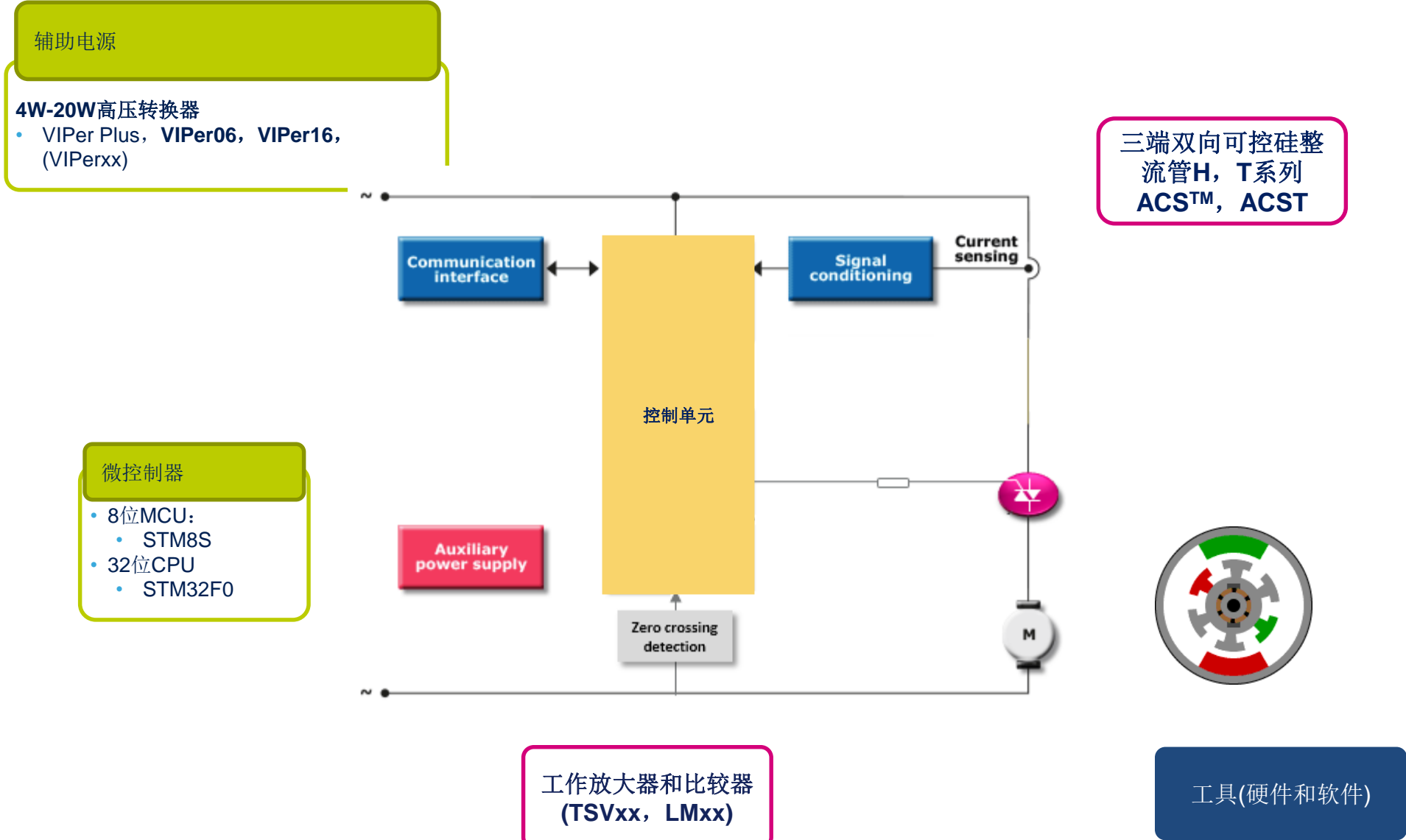
• 电池供电的应用，例如电动工具和其它。

• 洗衣机、真空吸尘器、电动工具等





通用和单相AC感应电机

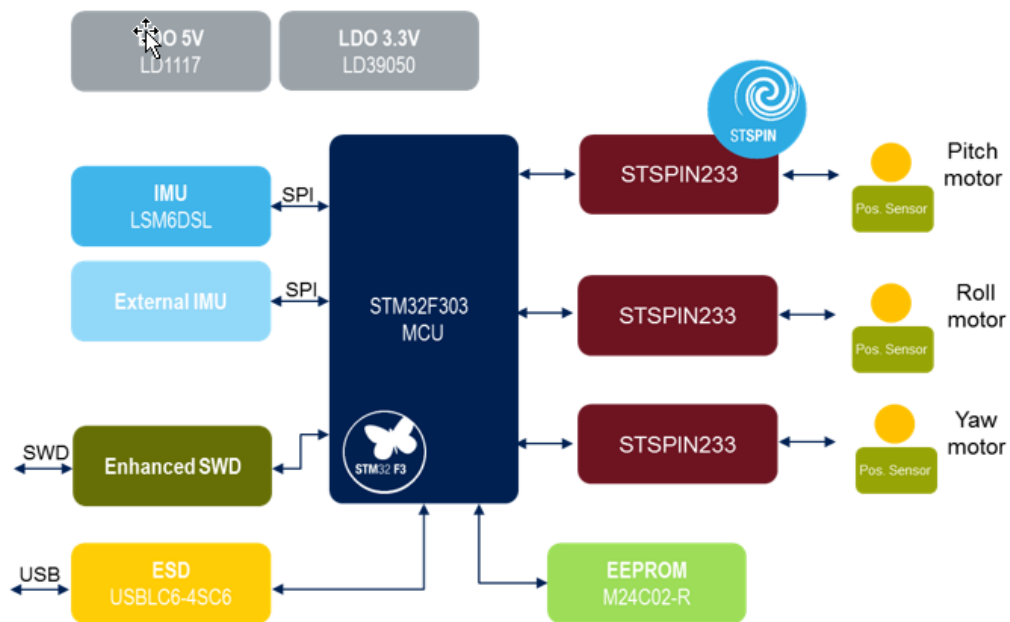




GIMBAL参考设计

面向便携式 & 无人机云台控制的紧凑型设计

订购代码: STEVAL-GMBL02V1

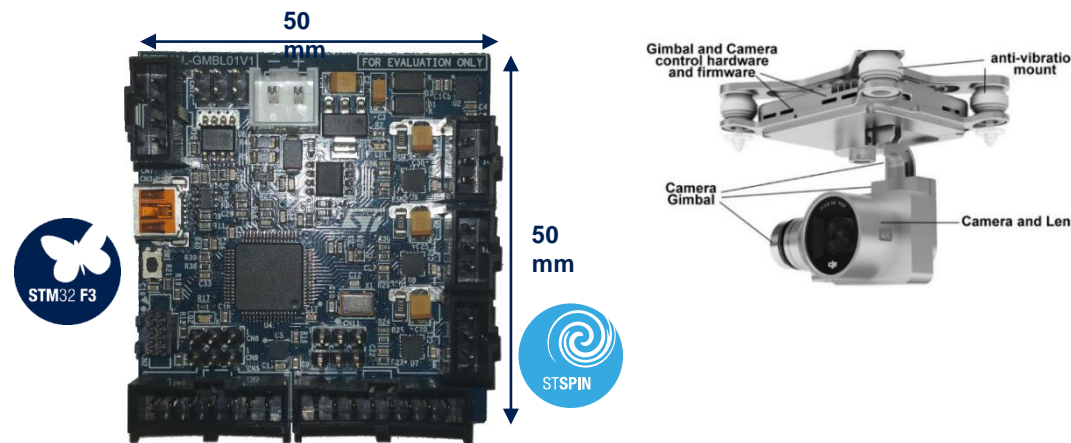


主要特性

- 最多三轴的万向节控制器;
- 三路FOC同时驱动3个BLDC电机
- 工作电压从6.0 V至8.4 V (2个LiPo电池)。
- 最大输出电流: $1.3 A_{RMS}$ 。
- 板载惯性测量单元LSM6DSL (帧IMU)
- 兼容外部SPI/I2C惯性测量单元 (摄像机IMU)
- 尺寸: 50 x 50 mm

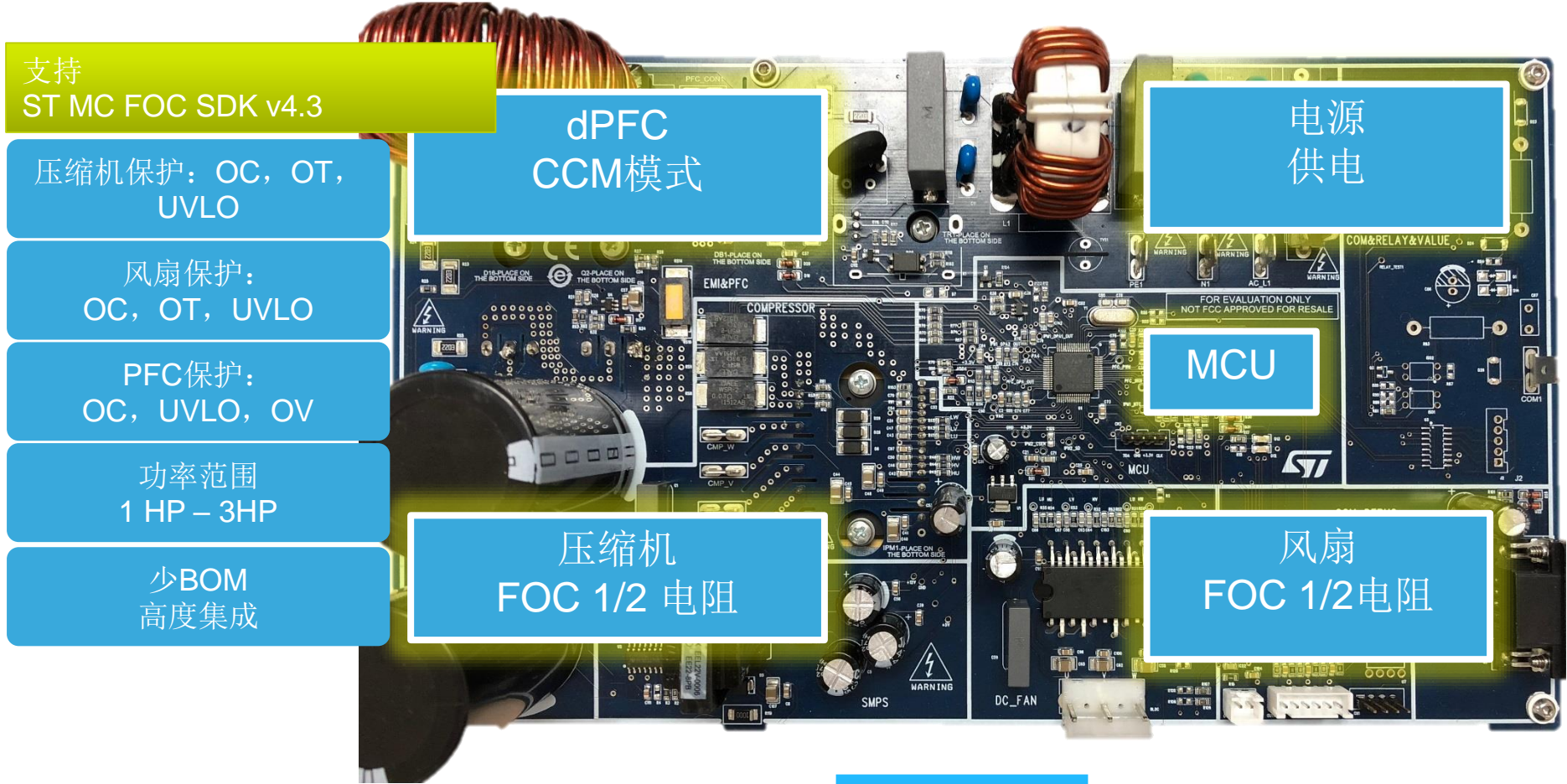
主要产品

- 1x STSPIN233;
- 1x STM32F303RE
- 1x LSM6DSLTR
- 1x LD1117; LD 39050
- 1x M24C02-RMN6TP
- 1x USBLC6-4SC6



ST空调室外机Gen2

架构：双电机 FOC + DPFC



支持
ST MC FOC SDK v4.3

压缩机保护：OC, OT,
UVLO

风扇保护：
OC, OT, UVLO

PFC保护：
OC, UVLO, OV

功率范围
1 HP – 3HP

少BOM
高度集成

dPFC
CCM模式

电源
供电

MCU

压缩机
FOC 1/2 电阻

风扇
FOC 1/2电阻

可提供

ST空调室外机Gen2

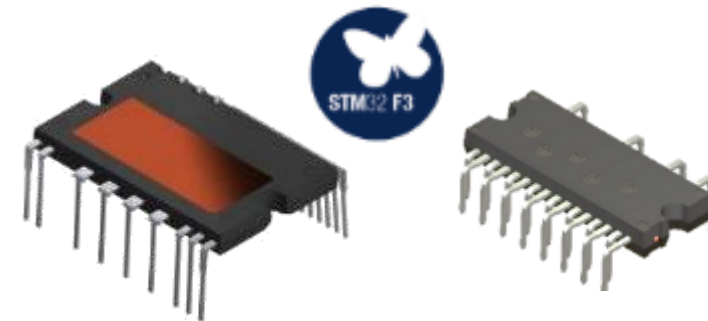
64引脚的MCU + 2个IPM的内部功能

功能	数字I/O	模拟I/O	总计
压缩机	6	9	15
风扇	7	1	8
PFC & ICL	4	6	10
串口通讯	2		2
SWD调试	2		2
I2C EEPROM	2		2
步进阀	4		4
其它模拟部分		6	6
其它数字部分	4		4
MCU功能			11
总计			64

MCU的OCP & 温度检测

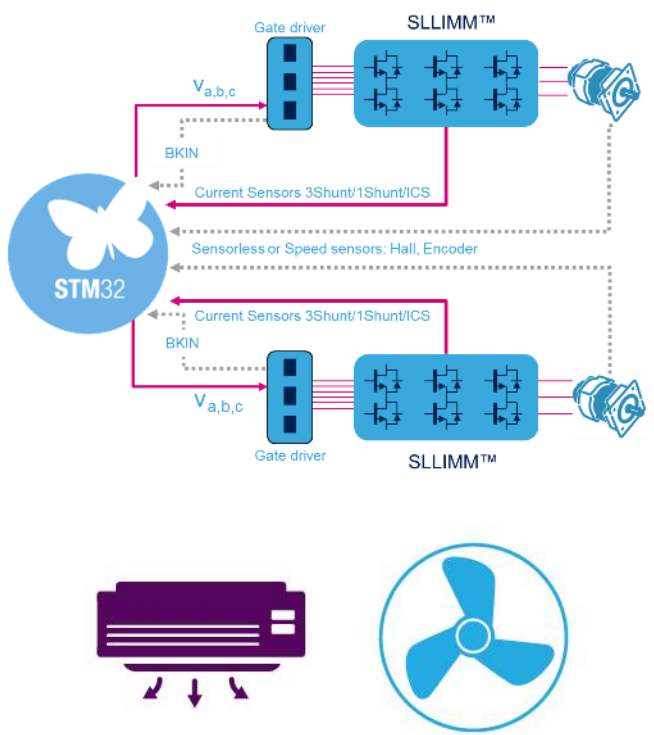
IPM的OCP & OTP

MCU的OCP & OVP



Vdd, Vss, Boot, Vdda, Vssa,
NRST

STM32F4xx, STM32F3xx					Motor Profiler HFI ⁽¹⁾ Max FOC ⁽¹⁾ F3xx ~ 30kHz F4xx ~ 50kHz Max Dual FOC ⁽¹⁾ F3xx ~ 27kHz F4xx ~ 45kHz
STM32F103x HD/XL, STM32F2xx					
STM32F103x LD/MD					
STM32F100x, STM32F0xx					Dual FOC Max FOC ⁽¹⁾ F103 ~ 23kHz F2xx ~ 40kHz Max Dual FOC ⁽¹⁾ F103 ~ 20kHz F2xx ~ 38kHz
1shunt	Flux Weakening	IPMSM MTPA	3shunt	FreeRTOS F103, F2xx	
Feed Forward	Sensor-less (STO + PLL)	Sensor-less (STO + Cordic)	FreeRTOS	ICS ⁽¹⁾	
Encoder	Hall sensors	Startup on-the-fly	ICS ⁽¹⁾	Max FOC ⁽¹⁾ ~23kHz	
ST MC Workbench support	USART based com protocol acc-on	Max FOC F100 ~ 11kHz F0xx ~ 12kHz			



双驱动

高频注入 (HFI)
可靠、有效的开始、低速工作

弱磁
扩展PMSM的速度极限
→达到压缩机的最大功率能力

每安培最大扭矩 (MTPA)
为每个负载优化转矩
→能效

顺风逆风启动 (OTF)
当室外风扇由于风移动时，有平滑驱动插入。

降低声学噪音 (ST专利)
转矩脉冲补偿

单相数字PFC

ST冰箱解决方案

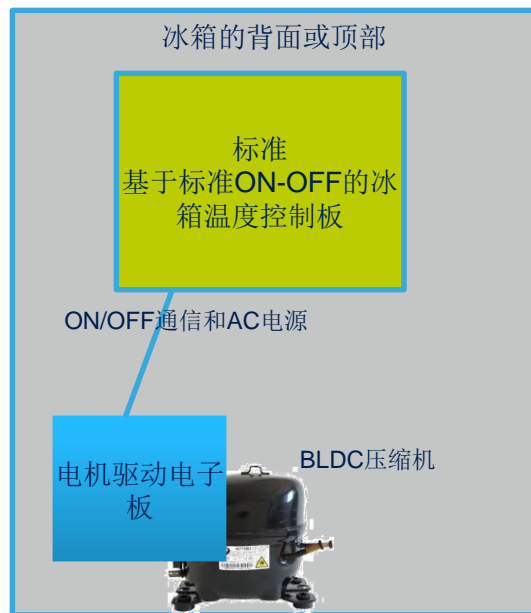
250W / 300W (650L)

与传统单相感应电机相比，具有逆变器解决方案的三相BLDC电机压缩机已成为新的市场趋势。

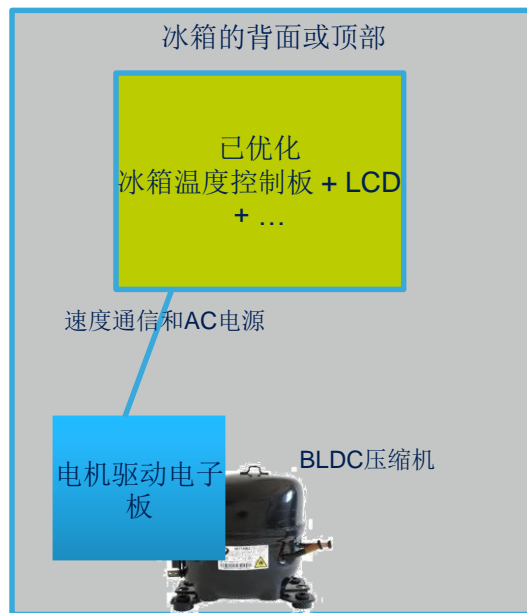
得益于高性能和高价值的产品，**ST**解决方案脱颖而出

电机驱动电子部分可以与板子分开或合并使用。
对于不同的**MC**部分没有区别，**ST**解决方案都能正常工作

解决方案1：替代



解决方案2：替代，
冰箱温度优化

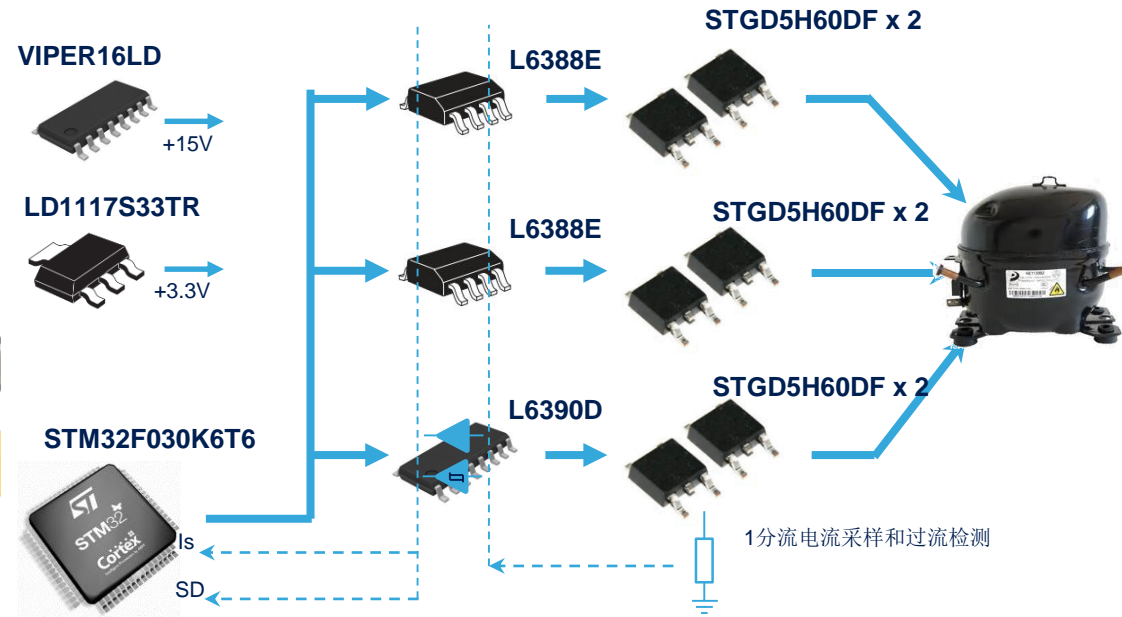


解决方案3：一体化



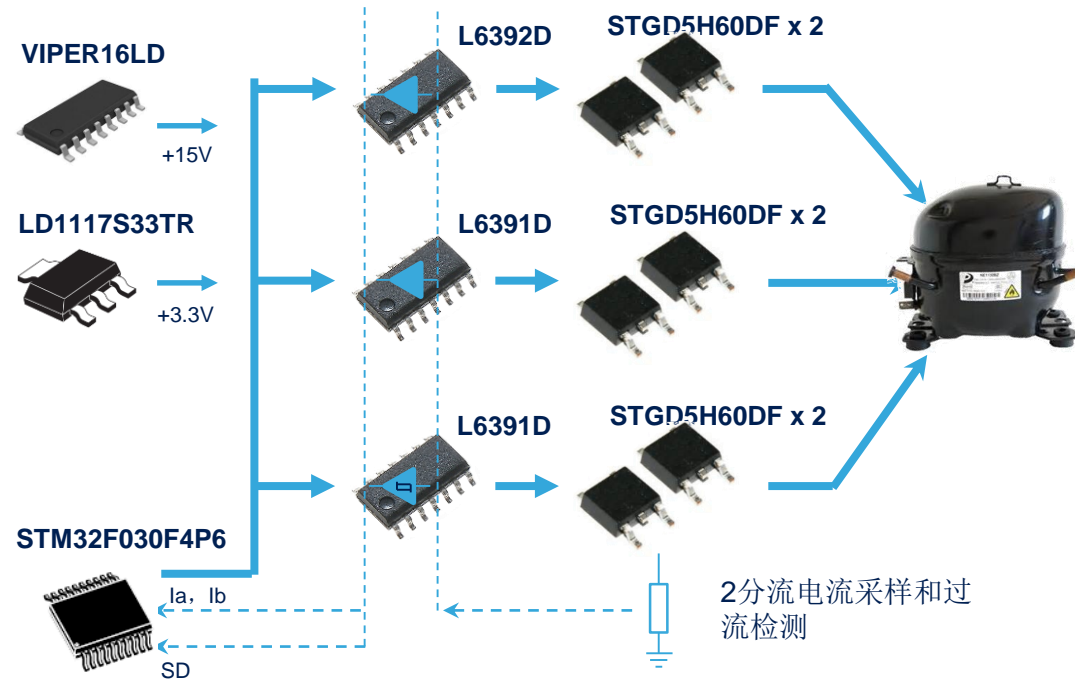
ST冰箱解决方案V1

成熟DWIN, MP高级领跑者
@ TIER1客户!



v1功能	
STM32 MC FOC FW	极好的压缩机驱动， 从启动满载到4500RPM
IGBT沟槽栅FS	在187V, 43C的最恶劣的客户实验室工作条件下也符合要求
VIPER16LD	鲁棒性, 高能效 0.4W待机功耗

ST新型冰箱解决方案V2



v2的优势

2分流电流采样	电机控制性能更好
一系列L639x驱动器	智能关断 过流保护, 总体最大330ns
	完全嵌入式模拟拓扑
更小的STM32F0	20个引脚, 16k闪存

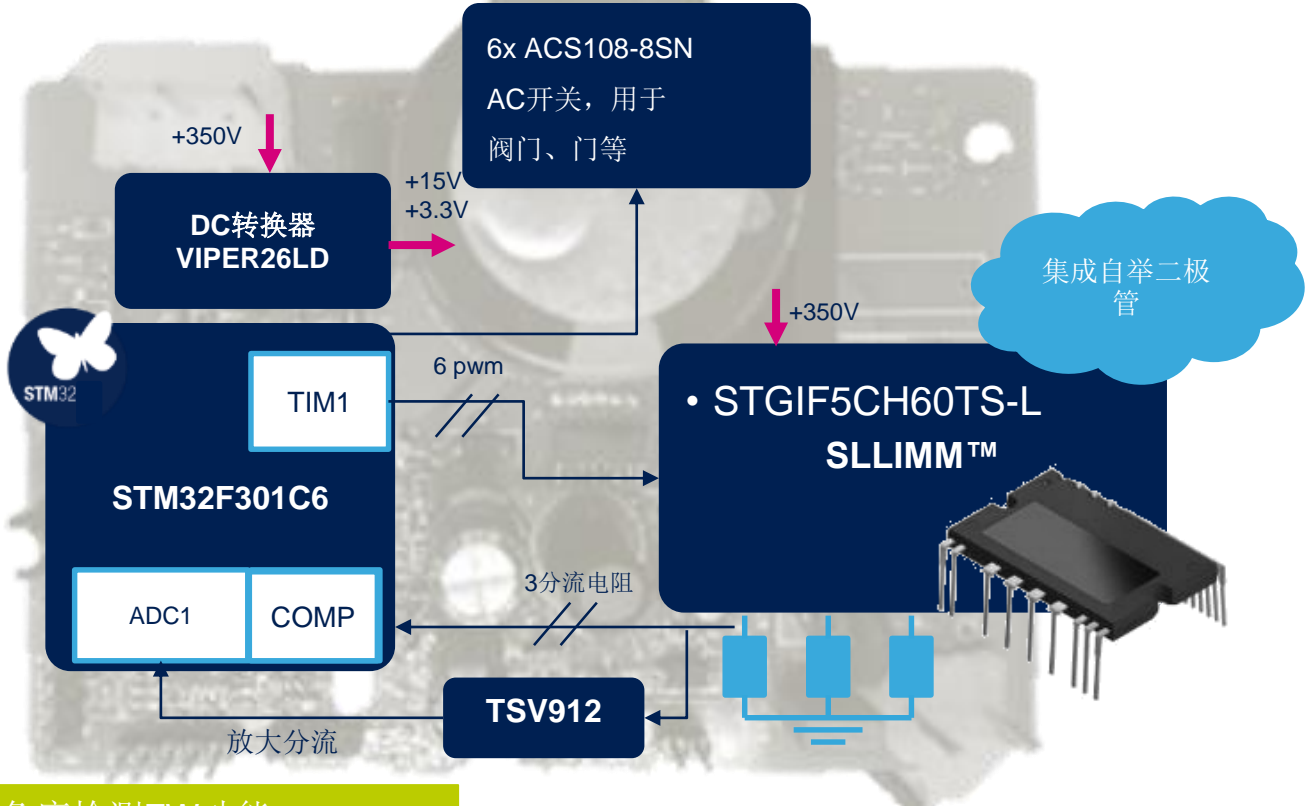
ST洗衣机设计

适用于冰箱 - 搅拌机

500W IPM - ST的IGBT Trench Gate技术 – STM32F3

- 保护: OC, UVLO
- 极大地减小了尺寸
- 开发时间短
- 高性能

- ST产品:**
- STM32F301C6K6
 - STGIF5CH60TS-L
 - TSV912
 - VIPER26LD
 - ACS108-8SN



初始化角度检测FW功能
HFI无传感器模式

ST洗衣机设计 - HFI

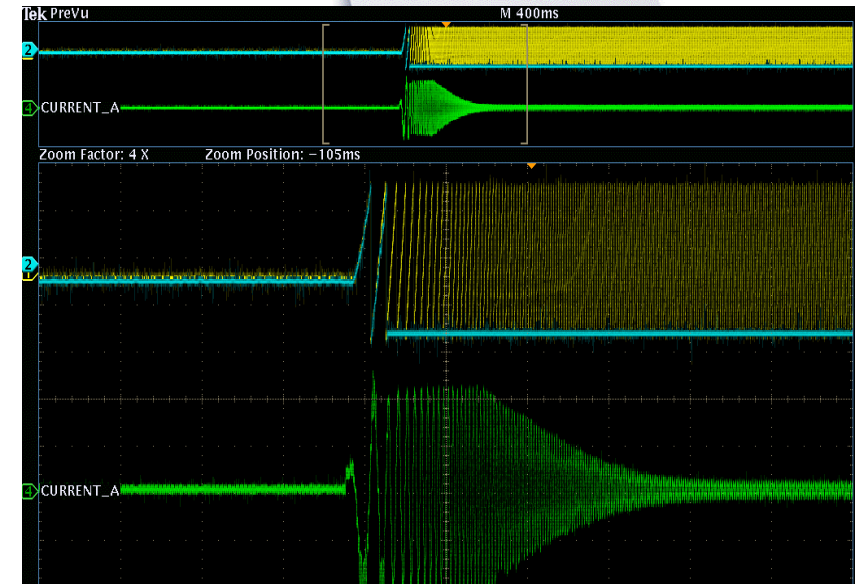
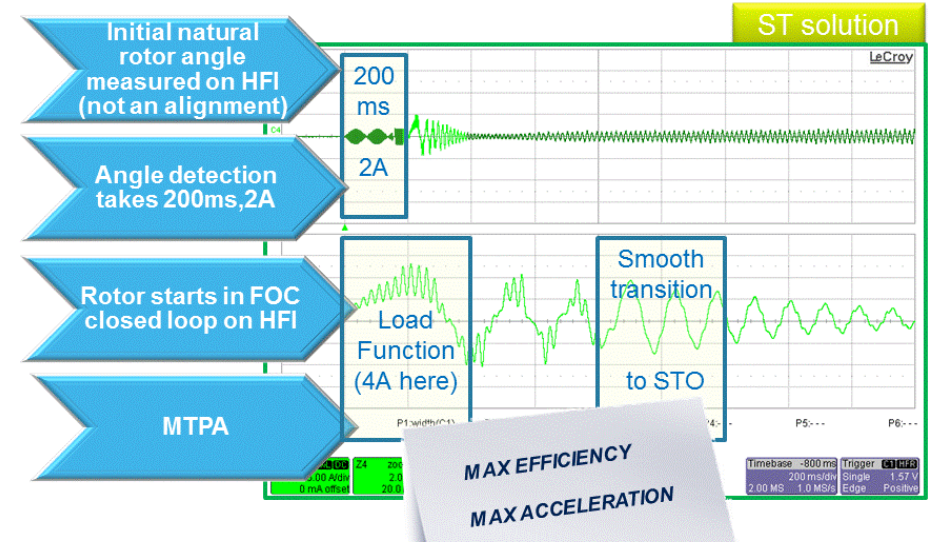
适用于冰箱 - 搅拌机

典型的无传感器FOC方法:





- 需要长时间启动
- 电流更高

新型高频注入零速无传感器

- 启动更快
- 需要较低的启动电流>>可以选择较小的功率器件
- 零速控制



ST 解决方案，用于200 ~ 400W 泵、风扇、洗碗机、炊具、吸油烟机等

	1	2	3	4	5	
卖点	IPM, 高度集成	分立, 高度集成	分立	分立, 高度集成, 全保护, 更高性能 (2分流版本)	分立, 高度集成, 全保护, 更高性能 (2分流版本), 代码量小	SIP, 高度集成
BOM IDEA	STM32F030K6T6 STGIPQ5C60T-HL VIPER16LD LD1117S33TR 1分流	STM32F030K6T6 L6390D L6388E x 2 STGD5H60DF x 6 VIPER16LD LD1117S33TR 1 分流	STM32F030K6T6 L6388E x 3 TSV912ID STGD5H60DF x 6 VIPER16LD LD1117S33TR 1分流	STM32F030K6T6 L6392D x 2 L6391D STGD5H60DF x 6 VIPER16LD LD1117S33TR 1 分流 (或2+1分流)	STM32F030F4P6 L6392D x 2 L6391D STGD5H60DF x 6 VIPER16LD LD1117S33TR 1分流 (或2+1分流)	STSPIN32F0H STGD5H60DF x 6 VIPER16LD LD1117S33TR TSV912ID
REF DES BOARD 可从 SZ MC团队获得						

Motion
control



谢谢！

