

PAC[®]三相电机控制芯片及方案介绍

Yangyang Hu / Technical Sales Manager

PAC = Power Application Controller

Agenda

- **PAC**三相电机驱动芯片的特点
- **PAC**设计资料及生态介绍
- 最新**FOC**算法介绍
- **PAC**应用方案



We Are Qorvo®

实现全球互联的创新射频解决方案提供商

- 在制造能力、产品领先度、工程经验以及客户关系方面具有无可比拟的竞争优势
- 为全世界的领先客户提供丰富的新产品和技术路线图
- 全球拥有8,000名员工
- 上一财年营业收入31亿美元
- 纳斯达克代码：QRVO



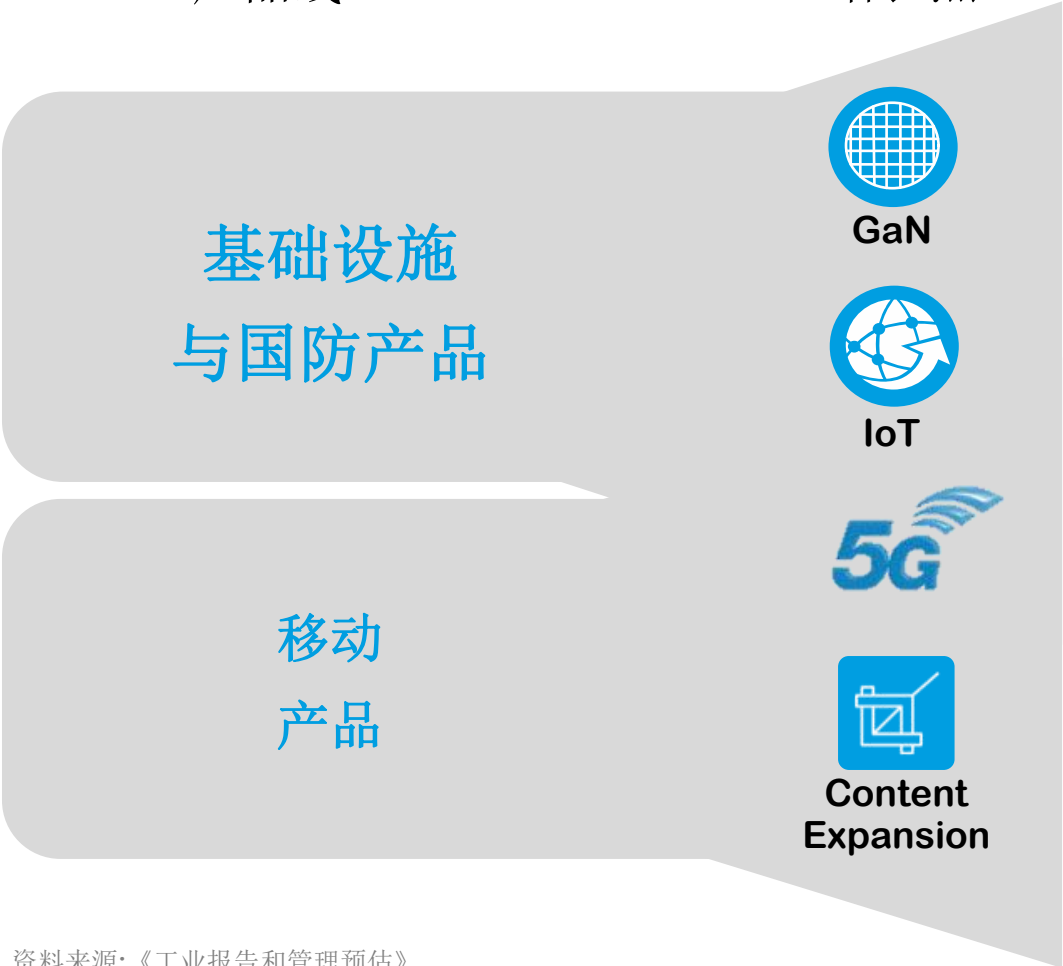
Qorvo长期发展方向

利用技术领先优势以优化产品组合

产品线

增长点

市场方向



Qorvo®

多元化发展
> 行业平均增长速率

快速的市场增长

资料来源:《工业报告和管理预估》

可编程电源管理产品分类



Intelligent Motor Control

- ❑ Off-line, DC and Battery Power
- ❑ Drones
- ❑ White Goods
- ❑ HVAC
- ❑ 12V/48V FANs
- ❑ Garden/Power Tools
- ❑ Hand/Hair Dryers



Modular Power PMUs

- ❑ Atmel, Freescale, Rockchip, SMI, Ambarella, HiSilicon, Marvell
- ❑ Solid State Drives
- ❑ Wearables, IOT
- ❑ Video
- ❑ Remote Processing
- ❑ With and without battery charger



Power Loss Protection

- ❑ NVDIMM
- ❑ Solid State Drives
- ❑ Industrial
- ❑ Metering
- ❑ Hot Plug Devices
- ❑ Super/Hybrid Caps



Battery Management

- ❑ Battery Charging
- ❑ Power Banks
- ❑ Bluetooth Speakers
- ❑ Portable Devices
- ❑ Battery Backup
- ❑ USB-PD Buck/Boost Charger

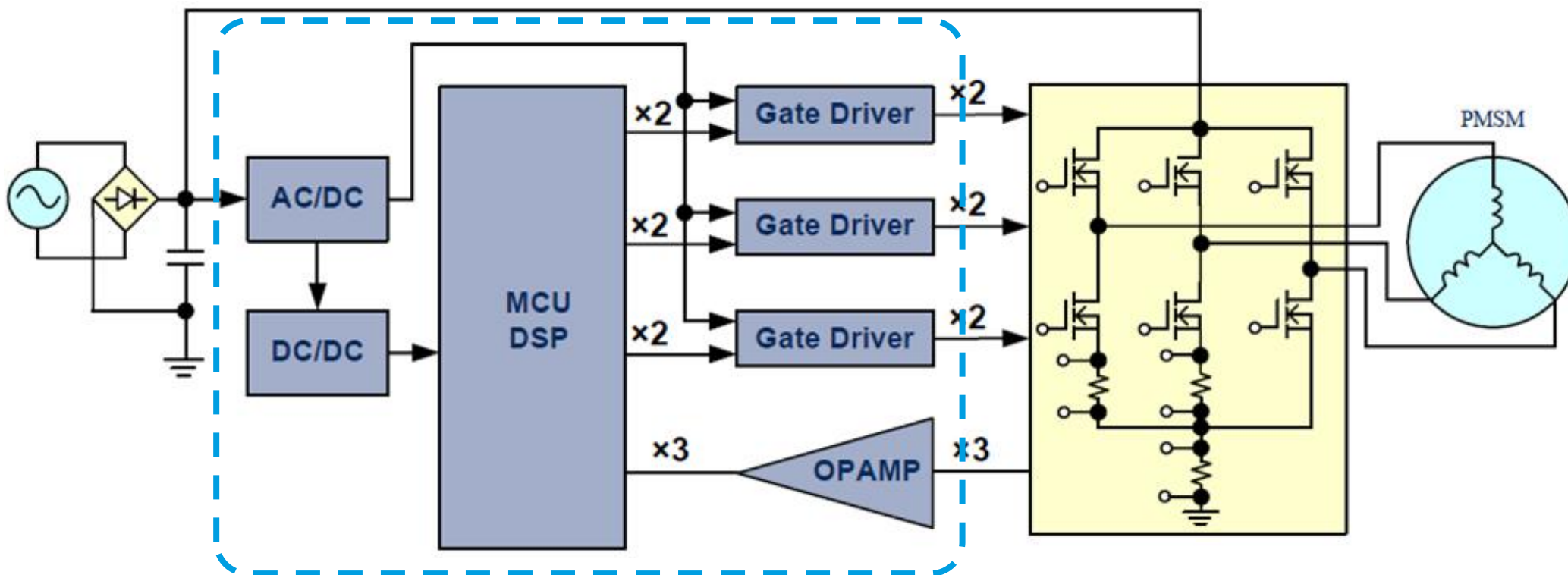


DC-DC Converter

- ❑ Car Charging
- ❑ Fast Charging
- ❑ Cigarette Lighter (CLA)
- ❑ Apple, BC1.2, QC2.0
- ❑ USB-C, USB-PD
- ❑ High Voltage Buck
- ❑ USB-PD Buck/Boost



基于PAC[®]芯片的电机控制框图



Solution	Description	IC number	Cost
分立方案	Extra DC/DC, LDO, MCU, Gate Driver x3, OpAmp	7	Medium
采用 IPM 的方案	Extra DC/DC, LDO, MCU, IPM, OpAmp	5	High
基于 PAC 的方案	One PAC device	1	Low

PAC[®] 目标应用



Ceiling/Floor Fans



Range Hood



Hand Dryer



Hair Dryer



Server/Telecom Fan



Vacuum and Robots



Garden tool



Drones/RC Vehicles



e-Bike/e-Scooter/e-Skateboard



Power Tools



Automotive



Water and Medical Pumps



Motor with
integrated control



Cloth Washer



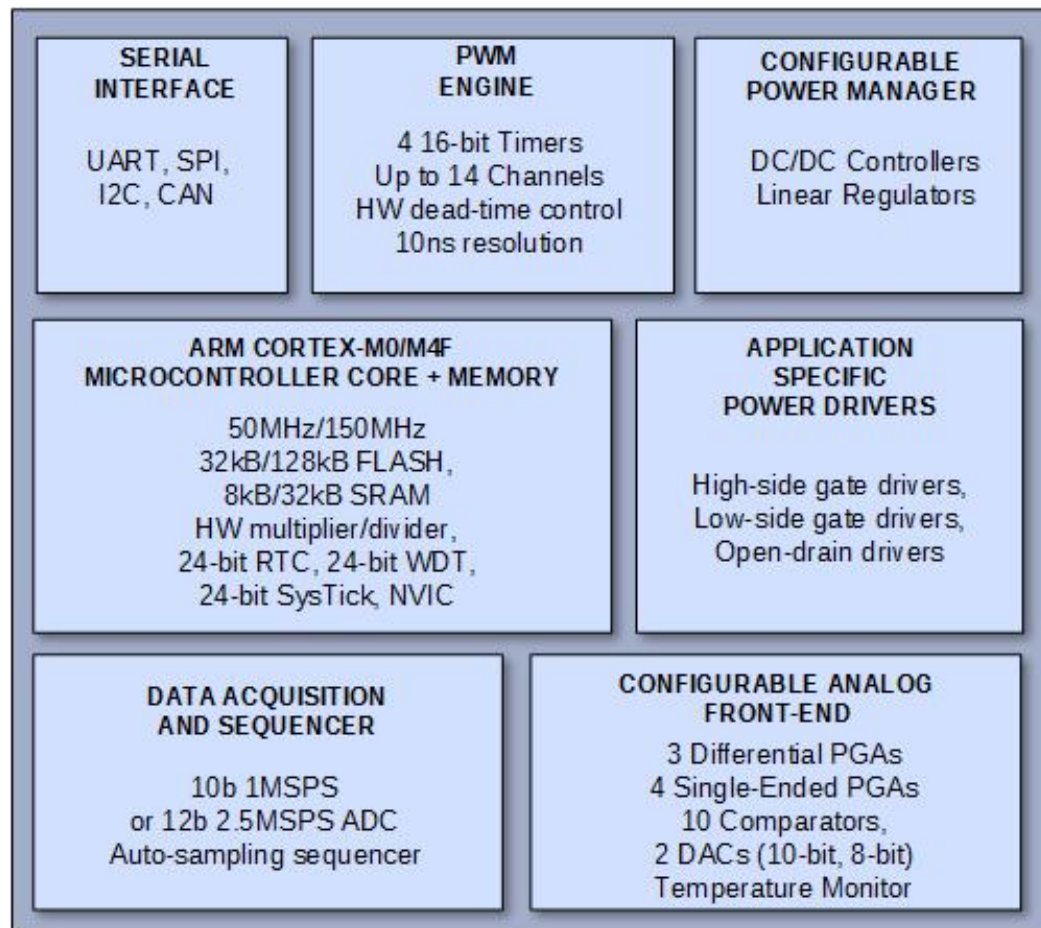
Refrigerator
& compressor sub-sys



Air conditioners

PAC[®]架构及差异化的特点

基于Cortex-M平台以及复杂的电源/模拟外设



● 高性能“all-in-one”的电源管理器

- 集成支持高达**600V**的开关电源控制器，可以配置为**Flyback**、高压**Buck**或**SEPIC**拓扑，集成多路线性稳压器用于芯片内部供电；
- **12uA**的超低待机功耗；
- 灵活多级别的电源和温度监控。

● 马达控制专用的栅极预驱动器

- 集成高至**2.5A**驱动能力的高低侧栅极驱动器，可以灵活配置的传输延迟和故障检测。

● 专有的可配置模拟前端

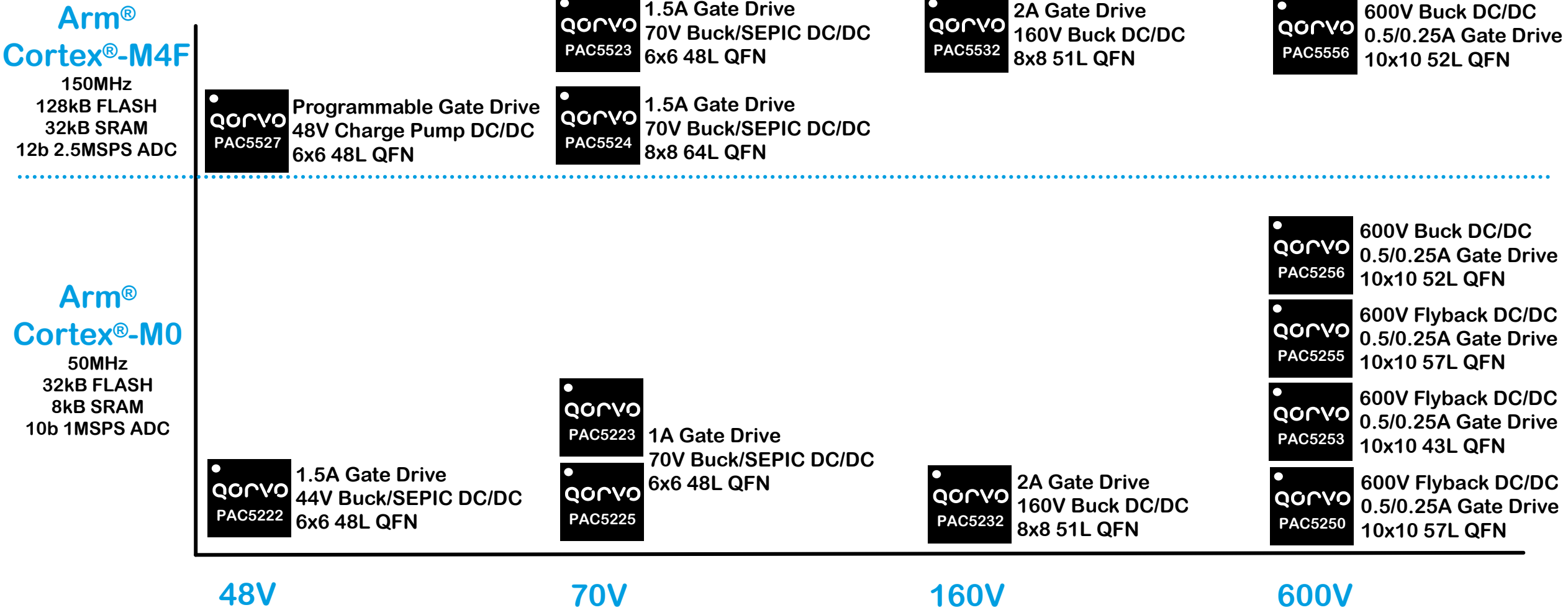
- 集成高性能的**3路差分PGA**和**4路单端PGA**用于电压电流采样。
- 用于**Sensorless BLDC**过零点检测的专用相位比较器，简化外部电路和算法设计。
- 多达**10个**保护比较器，可实现窗口电流检测和保护，同时与**PWM**预驱动器联动，如有过流故障可迅速切断输出。
- 部分产品支持**cycle-by-cycle**的电流限制，可以实现限流或功率限制等功能。

● 高集成度可满足驱动器小尺寸、低成本以及高性能的要求

- 集成马达控制所需外围分立器件，比如，**DCDC**、运放、**IGBT/MOSFET**预驱动器、最大限度的减少外部器件个数以优化**BOM**成本。

PAC® 产品系列

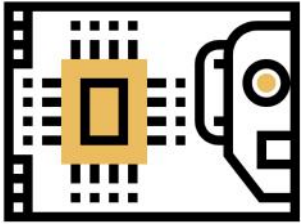
支持高达600V母线的单芯片电机控制SoC



PAC[®]设计资源



MCU SDK



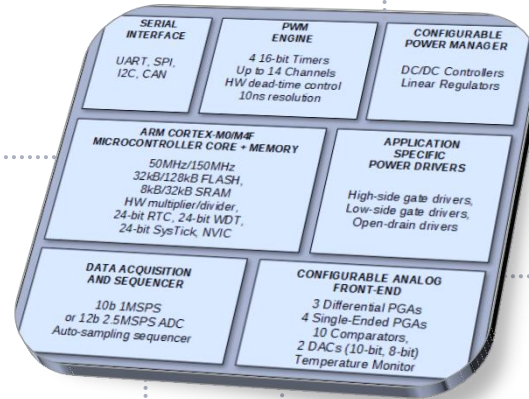
硬件资料

- Motor Control EVK
- Application Expertise Design



马达控制算法

- Sensored/Sensorless BLDC
- Sensored/Sensorless FOC
- PC GUI for Debugging

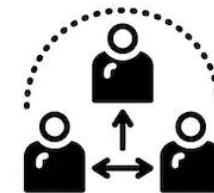


- ARM CMSIS Library
- Peripheral Firmware Example Projects
- ActiveSafe IEC60730 Class B Safety Libraries
- ActiveFlash Field Update Bootloader



IDE/Programmer

- IAR/Keil/Coocox/Eclipse
- Jlink/Co-link



第三方支持

- Gang Programmer
- Advanced Algorithm and Support
- Turnkey Solution



无感FOC固件

Features

- Windows GUI for Configuration and Control
- IDE Support:
 - IAR EWARM
 - Keil uVision 5.X
 - Eclipse (open source)
- Easy Board Configuration
- Change between all supported Active-Semi EVKs through simple compile switches
- Full FOC Control Algorithm
- High-speed, High-accuracy Sensorless Speed and Position Estimator (SMO/LBG)
- Up to 30kHz Control Frequency
- Stall Detection
- Start-in-Motion (SIM)
- Initial Position Detection (IPD)
- Open Phase Detection
- Field Weakening
- Debug and Safety Features
- FLASH CRC code integrity checking
- Miscellaneous Features:
 - ADC offset calibration, motor re-start, reverse during operation
- GUI Save default parameters
- Models for parameter generation to ease integration with system controller using UART



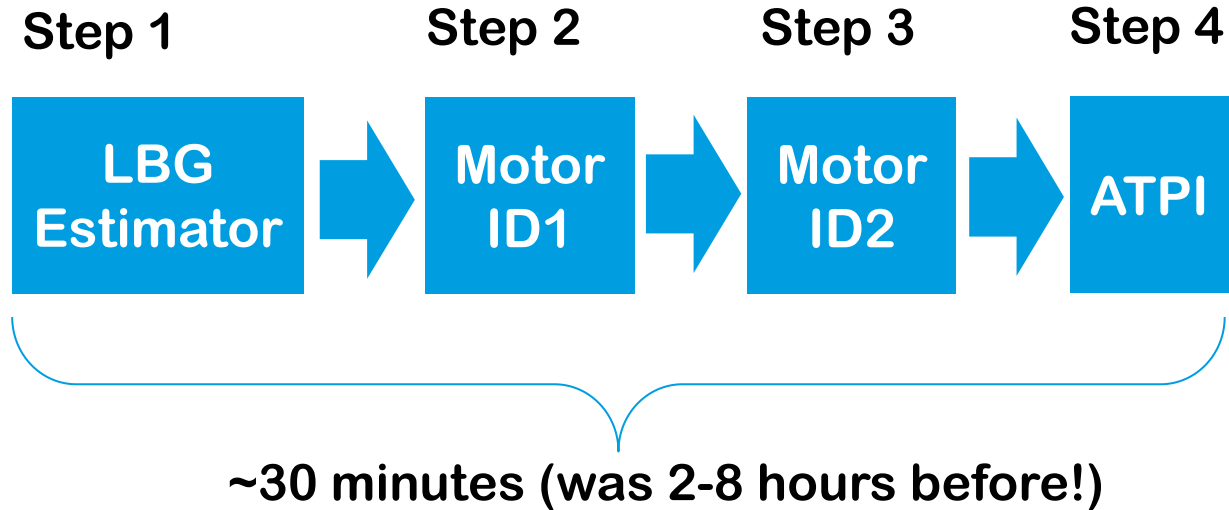
Qorvo FOC Auto-Tuning算法

电机参数识别与控制环路参数自整定

- 在**PAC FOC**固件版本 **FOC-4.2**以后增加**Auto-tuning**功能，可以实现更加简化的电机控制参数调试，以加速项目开发进程。

- Auto-Tuning**组成部分：

- 根据频率带宽(**bandwidth frequency**)和阻尼因数(**damping factor**)得到**LBG**观测器的参数**Kpe & Kpi**;
- MID1** - Motor ID (**Rs, Ld, Lq**)
- MID2** - Motor ID (**Kv, J**)
- ATPI** – Auto-Tuning PI Controller (**Id, Iq, Speed**)



PAC应用案例

变频压缩机驱动

- 家用冰箱压缩机、车载冰箱压缩机、**5G**基站空调压缩机、驻车空调压缩机等。
- 推荐型号：**PAC5250/PAC5255/PAC5223/PAC5232A**
- **PAC**方案：
 - 实现基于**Senorless FOC**的变频控制
 - 最低的系统待机功耗以满足越来越严苛的能效标准
 - 高度集成化的方案，优化**BOM**成本
 - 系统控制性能优异
 - 物料数量减少，具有更高的可靠性
 - 提供**IEC60730 class B**软件包用于认证

VDE



EN 60335-1
DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2012-10
DIN EN 60335-1 Ber.1 (VDE 0700-1 Ber.1):2014-04

Anhang R

EN 60730-1
DIN EN 60730-1 (VDE 0631-1):2012-10
Anhang H

IEC 60335-1
IEC 60335-1(ed.5);am1
Anhang R

IEC 60730-1
IEC 60730-1(ed.5)
Anhang H

EN 60335-1:2012
EN 60335-1:2012/AC:2014
EN 60335-1:2012/A11:2014
Annex R

EN 60730-1:2011
Annex H

Annex R

Annex H



基于PAC的变频压缩机驱动方案

方案对比

	Existing Solution A	Existing Solution B	Existing Solution C	PAC Solution
Controller Boards (Relative Sizes to Scale)				
Board Size	135cm ²	121.5cm ²	108cm ²	67.5cm ²
Board Size Reduction	--	10%	20%	~50%
PCBA Cost Reduction	--	7%	11%	~40%
Standby Power	0.45W	0.70W	0.65W	0.10W (Via Total Hibernate Mode™)
Control Technology	Field-oriented Control (FOC)	Field-oriented Control (FOC)	Back Electromotive Force (BEMF)	Field-oriented Control (FOC)

PAC应用案例

电动工具/园林工具

- 手持工具、锯类、割草机、除雪机等
- **PAC**方案：
 - 丰富的产品系列用于支持不同的电压等级及应用
 - 专门针对工具类应用设计的外设IP
 - 统一的**MCU**架构和外设，便于平台化的代码管理
 - 高度集成化的方案，优化**BOM**成本
 - 物料数量减少，具有更高的可靠性和更低的失效率
 - 提供**IEC60730 class B**软件包用于产品安全认证



VDE



EN 60335-1
DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2012-10
DIN EN 60335-1 Ber.1 (VDE 0700-1 Ber.1):2014-04

Anhang R

EN 60730-1
DIN EN 60730-1 (VDE 0631-1):2012-10
Anhang H

IEC 60335-1
IEC 60335-1(ed.5);am1
Anhang R

IEC 60730-1
IEC 60730-1(ed.5)
Anhang H

EN 60335-1:2012
EN 60335-1:2012/AC:2014
EN 60335-1:2012/A11:2014
Annex R

EN 60730-1:2011
Annex H

Annex R

Annex H

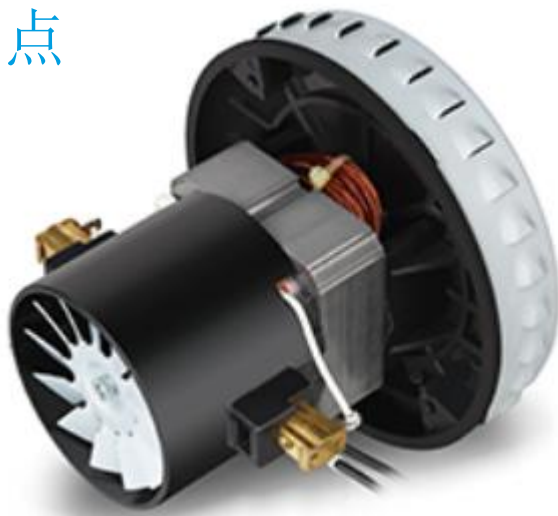


PAC应用案例

吸尘器/高速吹风筒的控制技术点

超高转速要求

- MCU运算能力、ADC、PWM都有要求;
- 优化FOC算法, 减少运算时间;

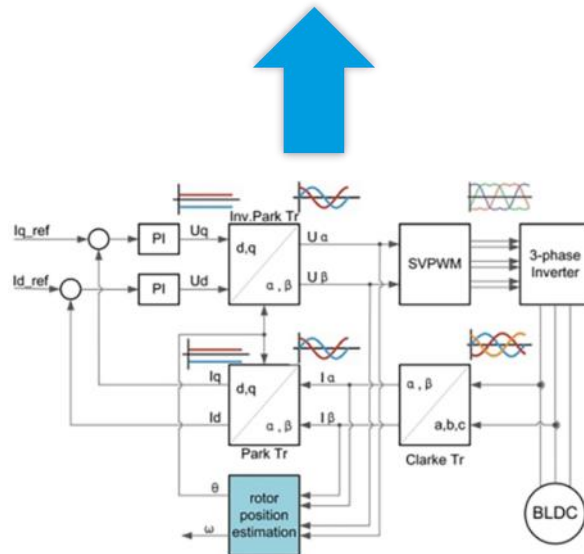


恒功率控制及保护

- 准确的功率计算和控制方法;
- 完善的保护措施;
- 对电源和温度进行监控和故障保护;

快速启动

- 优化电机启动算法, 采用新的启动方式, 比如高频注入等;



低成本

- 尽量小的PCB面积, 器件BOM成本低;
- 低的生产失效率和返修率;
- 采用单电阻做Sensorless FOC控制。

PAC成功案例

吸尘器/高速吹风管

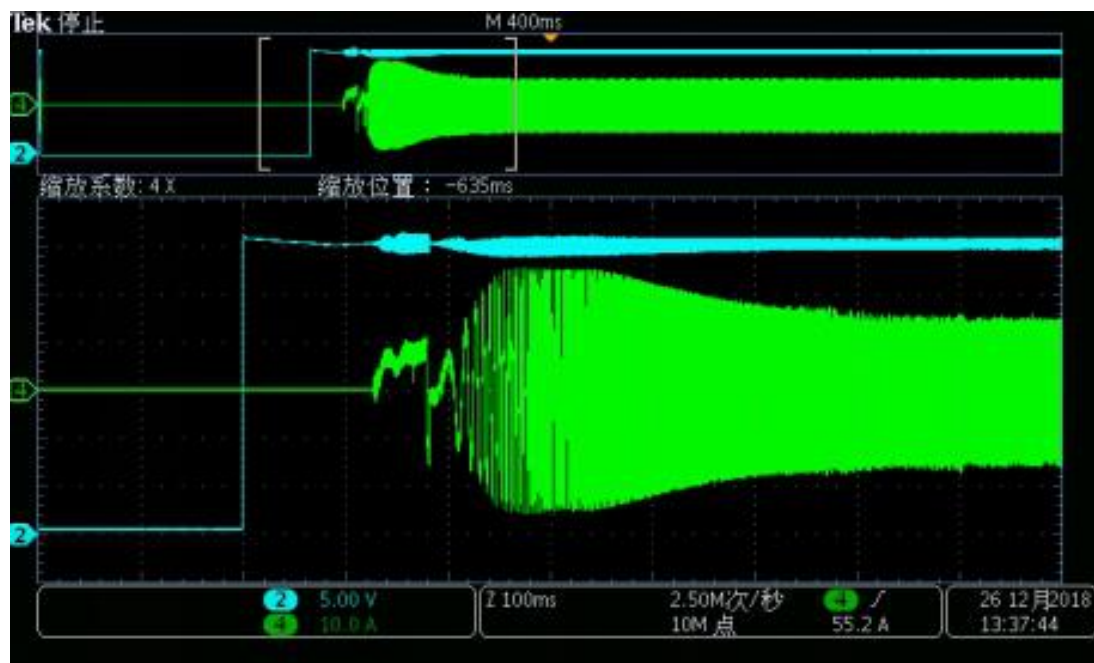
- 推荐型号：**PAC5223/PAC5222/PAC5250**
- **PAC**方案优势：
 - **Qorvo**可提供全套完整可量产吸尘器解决方案；
 - 高系统集成度，更少物料数量和更小**PCB**面积；
 - **PAC**休眠模式下功耗为**12uA**，实现系统更低的待机功耗；
 - 完善的系统监控和保护；
 - 单电阻电流重构方式实现更优化的**BOM**成本和稳定的恒功率控制；
 - 风机类负载专用的观测器算法，实现更高转速和快速启动



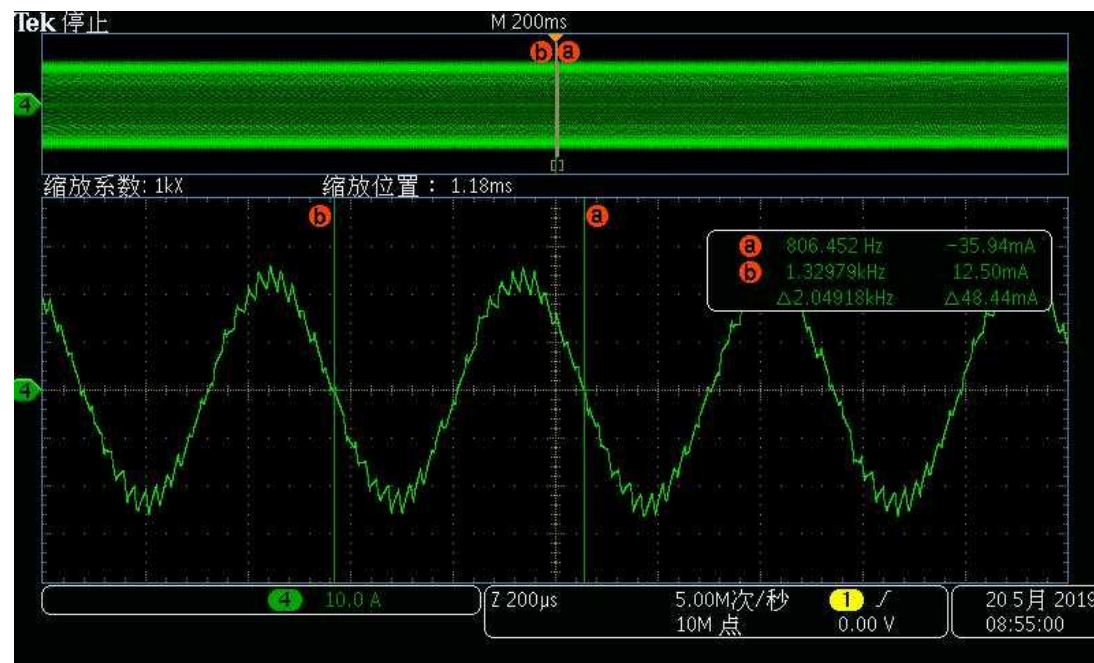
Parameter	Specifications
输入电压	16V – 40V
输入功率	90W – 400W
机械转速范围	50kRPM – 120kRPM
驱动方式	Sensorless BLDC/Sensoless FOC
电流采样	三电阻采样/单电阻采样
启动	三段式/高频注入
控制方式	转矩控制/转速控制/恒功率控制 自动弱磁
保护措施:	过压、欠压、过流、堵转、 开路保护、内部电源监控及保护、 Cycle-By-Cycle 限流、过温
散热	自然散热
PCB尺寸	49x49 mm, 双面板



方案测试波形

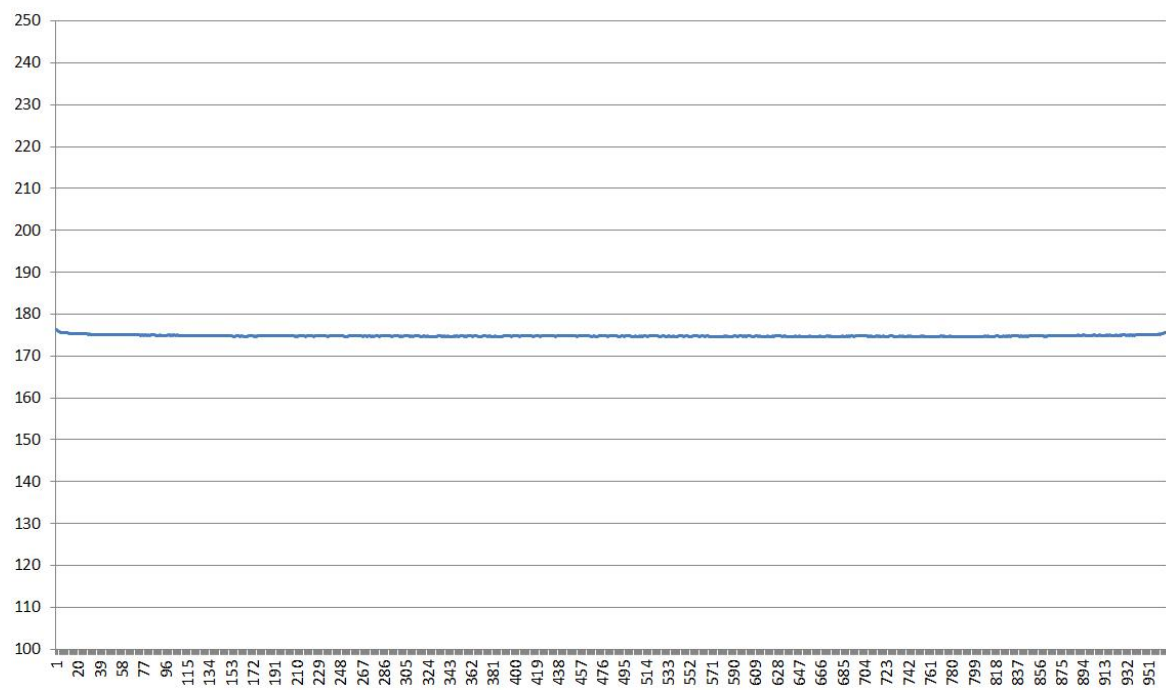


启动时间短，500ms实现从PAC上电到全功率运行。

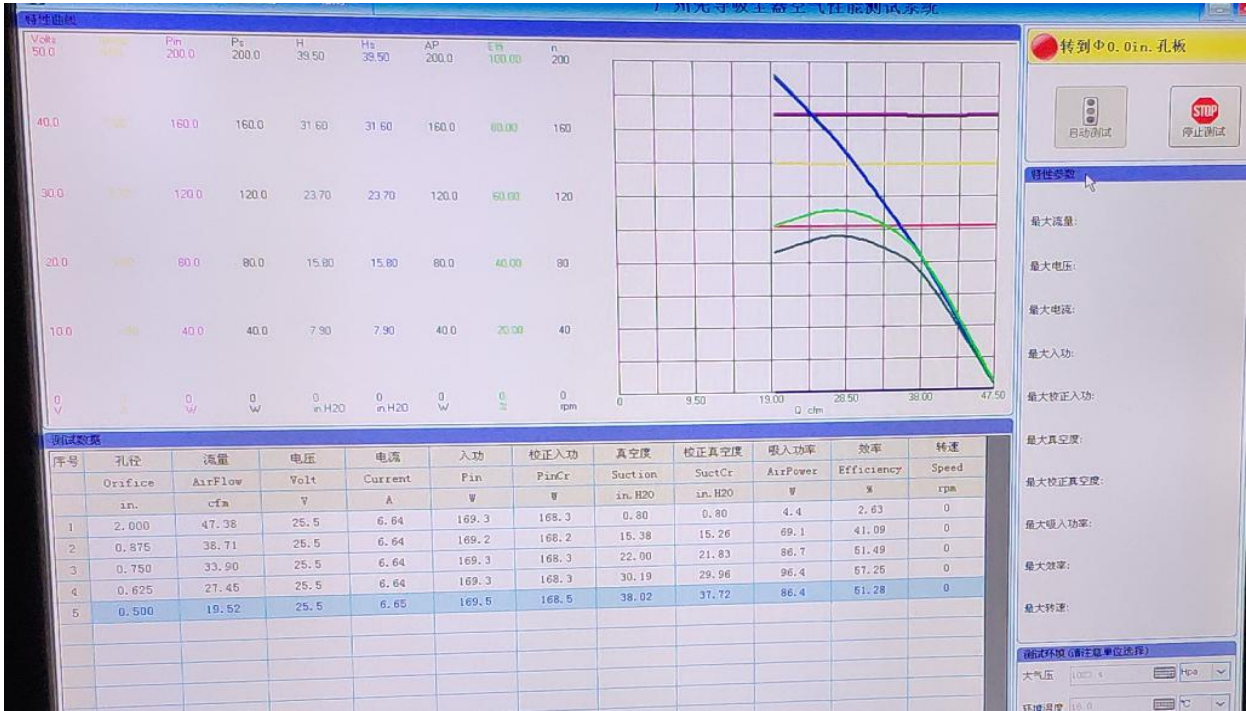


最高转速12万RPM

方案测试数据



在电池放电周期内（母线电压变化），驱动器功率恒定，波动在1W以内。



在不同口径下（负载变化），驱动器功率控制稳定。



Thank You