

拥抱客户 助力新能源汽车革命

基于杰发AC78xx平台电机应用方案分享

OC

徐贤玉 电机应用高级工程师

NAVINFO
四维图新

autochips
杰发科技

关于我们

专注汽车电子芯片及相关系统的研发与设计

成立于2013年，现有员工400余人，研发人员占比90%。

四维图新全资子公司，负责四维图新汽车智能化“智云、智驾、智舱、智芯”业务布局中的“智芯”板块。

四大产品线（SoC/ MCU/ AMP/ TPMS）覆盖整车，出货量领先国产汽车芯片厂商。

核心团队在汽车电子芯片设计、核心算法研究、系统软硬件开发集成及市场运营等领域均拥有十余年成熟经验。

未来，公司将携手广大合作伙伴，打造国产汽车电子芯片领导品牌，实现“中国芯”更大突破。

企业愿景

成为中国领先世界知名的汽车电子芯片公司

企业使命

推动中国汽车工业的自主创新与发展

核心价值观

创新 担当 坦诚 严谨

杰发科技谱写并见证中国汽车“芯”的辉煌历程



四大产品线 (SoC/ MCU/ AMP/ TPMS) 通过车规认证

每条产品线至少完成两代以上量产迭代

智能座舱SoC

AC8015/ AC8025

车联网SoC

AC8257

车载信息娱乐系统SoC

AC8225/ AC8227L
AC8215/ AC8227/ AC8217
AC8315/ AC8317



车载音频功率放大器 AMP

AC7315/ AC7325

车规级微控制器 MCU

AC781x/
AC7801x/ AC7802x/ AC7803x
AC7840x/ AC7843x
AC7870x

胎压监测专用传感器芯片 TPMS

AC5111/ AC5121

NAVINFO
四维图新

autochips
杰发科技

MCU产品介绍



车规级微控制器 (MCU)

AC7870x

AC7843x

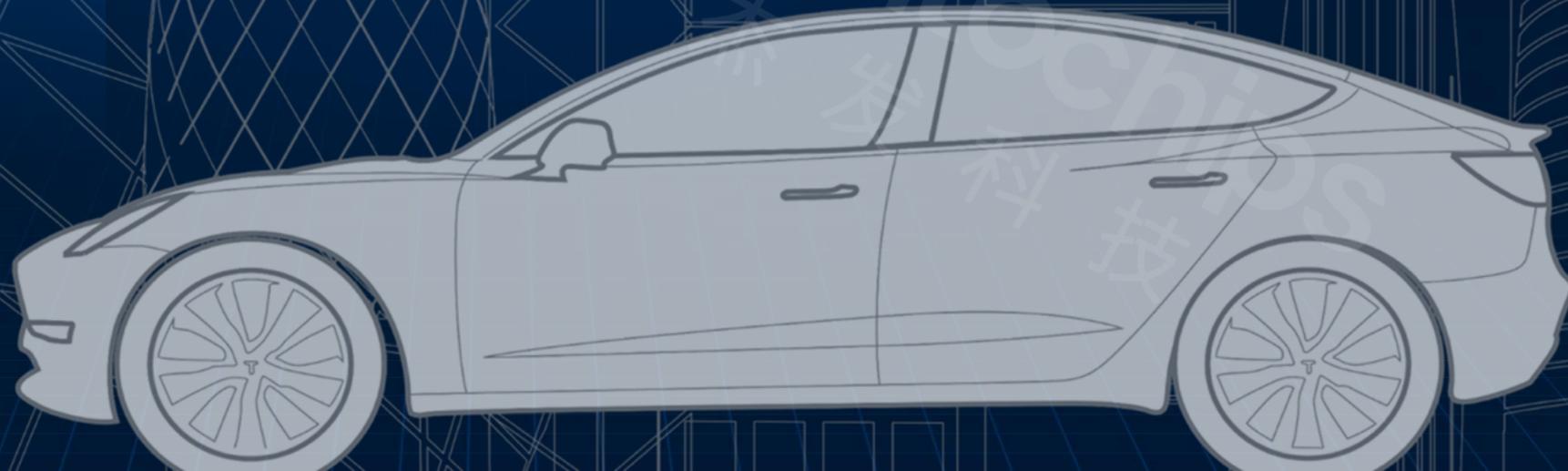
AC7840x

AC7803x

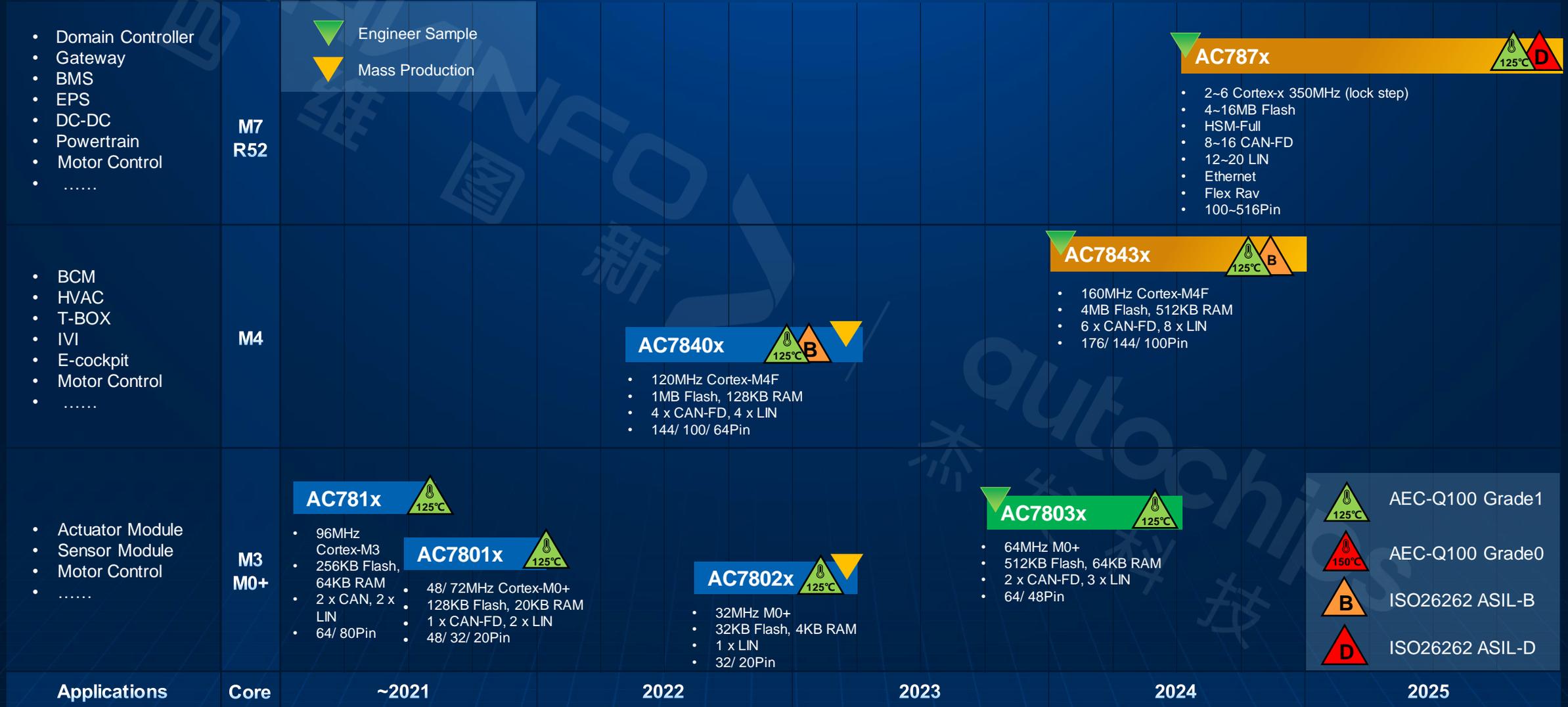
AC7802x

AC7801x

AC781x



■ 量产 ■ 新品 ■ 研发中





AC781x

AC781x 高可靠性车规级32位MCU

AC781x是基于ARM Cortex-M3内核的车规级MCU，拥有256KB Flash,64KB RAM,2路CAN，LQFP64和LQFP80两种封装。可靠性高，具备出色的EMC/ESD能力，主要应用于汽车电子和高可靠工业领域。



平台拓展性强

32位ARM CPU架构，良好的生态环境
丰富外设资源满足平台拓展

超高可靠性

车规品质，符合AEC-Q100 Grade 1
支持-40°C~125°C
15年设计寿命，15年以上供应链保证

品质服务

完整的生态配套
提供turnkey solution

CPU

ARM Cortex™-M3 100MHz CPU
支持32位单周期乘法器

存储器

高达 256 KB 嵌入式Flash
高达 64 KB SRAM

通信接口

2路CAN、6路UART
1路HW LIN, 1路UART LIN
2路SPI、2路I2C、68个GPIO

封装

LQFP 80 (10mmx10mm)
LQFP 64 (7mmx7mm)

模拟

1个12bit 精度ADC, 最多支持16通道
2个模拟比较器, 内置6bit 精度的DAC

车规标准

AEC-Q100 Grade 1
环境温度支持-40~125°C, Tj<150°C

功耗模式

Normal : 20mA(5V供电, 时钟使能)
Stop : 5uA(RAM数据保持)
Standby : 2uA(RTC可唤醒)

操作特性

电压范围 : 2.7~5.5V
HBM ESD 8KV(接触放电)

调试接口

联合测试工作组(JTAG)接口
串行调试(SWD)接口

Clock

支持4~30 MHz 外置晶振谐振器
支持内置8M RC, 误差全温<1.1%
支持内置32 KHz 低功耗RC

Timer

1组6通道互补PWM、3组双通道PWM
8个通用 Timer、实时时钟(RTC)
1个脉宽检测定时器(PWDT)



AC7801x

AC7801x 高性价比车规级32位MCU

AC7801x是基于ARM Cortex-M0+内核的车规级MCU，拥有128KB Flash，20KB RAM，1路CAN-FD，QFN32和LQFP48两种封装。集成除法均方根运算单元，适用于BLDC电机控制场景，已大量应用于汽车电子及电机控制等应用场景。



平台拓展性强

32位ARM CPU架构，良好的生态环境
CAN-FD升级需求

超高可靠性

车规品质，符合AEC-Q100 Grade 1、支持-40°C~125°C
15年设计寿命，15年以上供应链保证

高性价比

高性能、小封装、高性价比低功耗

品质服务

完整的生态配套、提供turnkey solution

CPU

ARM Cortex™-M0+ 48 MHz CPU
支持32位单周期乘法器
支持硬件协处理器(除法器/均方根)

存储器

支持128KB嵌入式Flash
支持20 KB SRAM，支持ECC

通信接口

1路 CAN-FD，兼容CAN 2.0B、3路
UART，支持UART LIN 复用、2路
SPI、2路I2C、2路UART LIN 42个
GPIO

封装

LQFP 48 (7mmx7mm)
QFN 32 (5mmx5mm)
TSSOP 20 (6.5mmx4.4mm)

模拟

1个12bit ADC，1MSPS，支持12通道
1个模拟比较器，内置6bit DAC

车规标准

AEC-Q100 Grade 1
环境温度支持-40~125°C，Tj<150°C

功耗模式

Normal：20mA(5V供电，时钟使能)
Stop：5uA(RAM数据保持)
Standby：2uA(RTC可唤醒)

操作特性

电压范围：2.7~5.5V
HBM ESD 4KV(接触放电)

调试接口

串行调试(SWD)接口

Clock

支持4~30 MHz 外置晶振谐振器
支持内置8M RC，误差全温<1.1%
支持内置32 KHz 低功耗RC

Timer

2个8通道互补脉宽调制(PWM)单元
1个4通道周期性中断定时器 (TIMER)
2个脉宽定时器 (PWDT) 1个实时时钟 (RTC)



AC7840x

AC7840x

符合功能安全ASIL-B支持AUTOSAR车规级MCU

AC7840x是基于ARM Cortex-M4F内核的车规级MCU，于2022年上市。产品符合AEC-Q100 Grade1，功能安全符合ISO 26262 ASIL-B，信息安全符合SHE标准，支持安全启动。软件生态支持AUTOSAR MCAL4.4，可提供MCAL及配置工具。产品拥有双Bank Flash用于存储程序，支持OTA。AC7840x可广泛应用于汽车车身、座舱、车灯、新能源以及电机控制等应用领域。



功能安全

符合ISO26262 ASIL-B
支持功能安全编译器

AUTOSAR

AUTOSAR 支持V4.4，提供MCAL及配置工具
适配国内外主流三方AUTOSAR方案

信息安全

支持SHE
支持通信加密及安全启动

高性能

Cortex-M4F内核，120MHz主频
1MB Code Flash，支持双Bank，支持OTA
最大128KB Data Flash

品质服务

单，双，三电机方案Turnkey Solution
多种渠道的技术支持

高可靠性

符合AEC-Q100 Grade1

CPU

ARM Cortex™-M4F 120 MHz
CPU
支持FPU
支持DSP指令

存储器

最大1MB Code Flash, dual bank, 支持ECC、最大128KB Data Flash, 支持ECC
支持128 KB SRAM, 支持ECC

通信接口

4路 CAN-FD, 兼容CAN 2.0B、4路UART, 支持UART LIN 复用、3路SPI、1路I2C、1路eIO, 可模拟多种通信协议、128个GPIO

封装

LQFP 144
LQFP 100
LQFP 64

模拟

2个12bit ADC, 1Msps, 共24+24通道
1个模拟比较器, 内置8bit DAC

车规标准

AEC-Q100 Grade 1
环境温度支持-40~125°C
ISO26262 ASIL-B

功耗模式

Normal : 22mA @25°C
VLPR : 3mA @25°C
Standby : 35 uA (RAM数据保持,可唤醒)

操作特性

电压范围 : 2.7~5.5V
HBM ESD 4KV(接触放电)

调试接口

SWD/ JTAG

Clock

支持4~30 MHz 外置晶振谐振器
支持内置8M RC, 误差全温<1.1%
支持内置48M RC, 误差全温<3%
支持内置128KHz 低功耗RC

Timer

6个8通道互补脉宽调制(PWM)单元
1个4通道周期性中断定时器(TIMER)
4个脉宽定时器 (PWDT)
1个实时时钟 (RTC)



AC7870x

AC7870x

符合功能安全ASIL-D多核高主频车规级MCU

AC7870x是杰发科技首款基于Cortex-R52内核的多核高算力功能安全MCU，支持锁步核，功能安全等级可支持到ASIL-D。内置HSM模块，可满足国内、国际高等级信息安全需求标准。软件生态部分，可适配主流AUTOSAR，并提供符合功能安全的MCAL。同时AC7870x也拥有大尺寸Flash存储和丰富的外设接口资源，适用于功能安全高等级及新电子电气架构下的域控、区域控制等应用场景。



内核

多核Arm Cortex R52内核，主频高达350MHz
可支持Hypervisor

功能安全

符合ISO 26262 ASIL-D等级

信息安全

内置HSM，符合Eviata Ful
支持国密SM2/3/4，可提供信息安全固件

AUTOSAR

可适配主流生态合作伙伴，提供符合ASIL-D
等级的MCAL及配套配置工具

丰富资源

内置10MB以上Flash存储，支持无感静默升级
引脚数高达320，外设资源丰富

应用场景

动力底盘/新能源三电、域控制器
区域控制器等

AC781x通用开发板



支持JTAG/SWD调试接口
支持ATC-LINK,U-LINK, J-LINK
支持CAN/LIN/UART/I2C/SPI/GPI等外设调试

AC7801x通用开发板



支持SWD调试接口
支持ATC-LINK,U-LINK, J-LINK
支持CAN/LIN/UART/I2C/SPI/GPIO等外设调试

AC7840x通用开发板



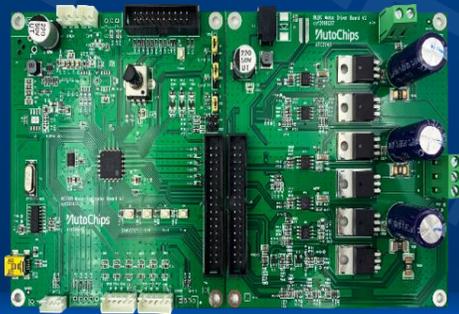
4路CAN，兼容CAN2.0B规范，支持CAN FD；4路UART，支持UART LIN复用；3路SPI、1路I2C、1路eIO，eIO可模拟多路SPI、UART、I2C、PWM等接口，最高支持128个GPIO。还配备了Type-c的UART打印接口、JTAG/SWD仿真口、2个电位器以及RGB LED等。



AC78xx BCM开发板

支持BCM常用的控制功能、外部灯光系统、内部灯光系统、中控锁功能、RKE功能、雨刮控制、报警功能、跛行模式、UDS诊断、休眠唤醒

AC7801x/AC781x系列 电机控制低压开发板



- 由MCU控制板和功率驱动板组成
- 功率：小于1000W
- 电压：7V-60V
- 控制算法：六步方波/FOC弦波
- 有传感器：支持Hall、正交编码器、Hall+正交编码器
- 无传感器：支持无传感方波/无传感FOC弦波控制
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

AC7840x 电机控制开发板



- 由MCU小板和底板拼叠组成，支持AC7801x等小板直接替换
- 功率：小于1000W
- 电压：7V-60V
- 控制算法：六步方波/FOC弦波
- 有传感器：支持Hall、正交编码器、Hall+正交编码器
- 无传感器：支持无传感方波/无传感FOC弦波控制
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

AC7801x 电机控制应用类控制板



- Autochips 无刷电机应用类控制板：水泵/油泵，风机
- 功率：小于700W
- 电压：7V-28V
- 控制算法：六步方波/FOC弦波
- 有传感器：支持Hall
- 无传感器：支持无传感FOC弦波控制
- 尺寸：直径60mm
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

AC7801x/AC781x 电机控制高压开发板



- 由MCU控制板和功率驱动板组成
- 功率：小于3000W
- 电压：220VAC
- 控制算法：六步方波/FOC弦波/VF控制
- 有传感器：支持Hall、正交编码器、Hall+正交编码器
- 无传感器：支持无传感方波/无传感FOC弦波控制
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

AC7840x 双电机控制开发板



- Autochips 无刷双电机应用类控制板，支持独立启停，调速控制。
- 功率：小于1000W
- 电压：7V-60V
- 控制算法：六步方波/FOC弦波
- 六步方波控制：支持无传感方波和Hall方波组合双电机控制方案、
- FOC弦波控制：支持无传感FOC，正交编码器FOC和Hall FOC任意组合双电机FOC控制方案
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

AC7840x 三电机控制开发板



- Autochips 无刷双电机应用类控制板，支持独立启停，调速控制。
- 功率：小于1000W
- 电压：7V-60V
- 控制算法：六步方波/FOC弦波
- 六步方波控制：支持无传感方波和Hall方波组合三电机控制方案、
- FOC弦波控制：支持无传感FOC，正交编码器FOC和Hall FOC任意组合三电机FOC控制方案
- 温度：-40-125度，AECQ100 Grade1

车身ECU



- BCM/DCM
- 氛围灯
- 电动升窗
- 车载无线充
- 电动尾门
- 电子换挡器
- 汽车大灯
- 一键启动
- 尾灯
- 仪表/车机
- 座椅通风加热
- 方向盘按键
- 座椅腰托
- 组合开关等
- 雨量传感器

新能源ECU



- BMS
- OBC
- 电池包热失效传感器
- 低速报警器
- 交流充电枪等

汽车热管理ECU



- 空调控制器
- 空调控制面板
- 方向盘加热
- 座椅通风加热等

智驾ECU



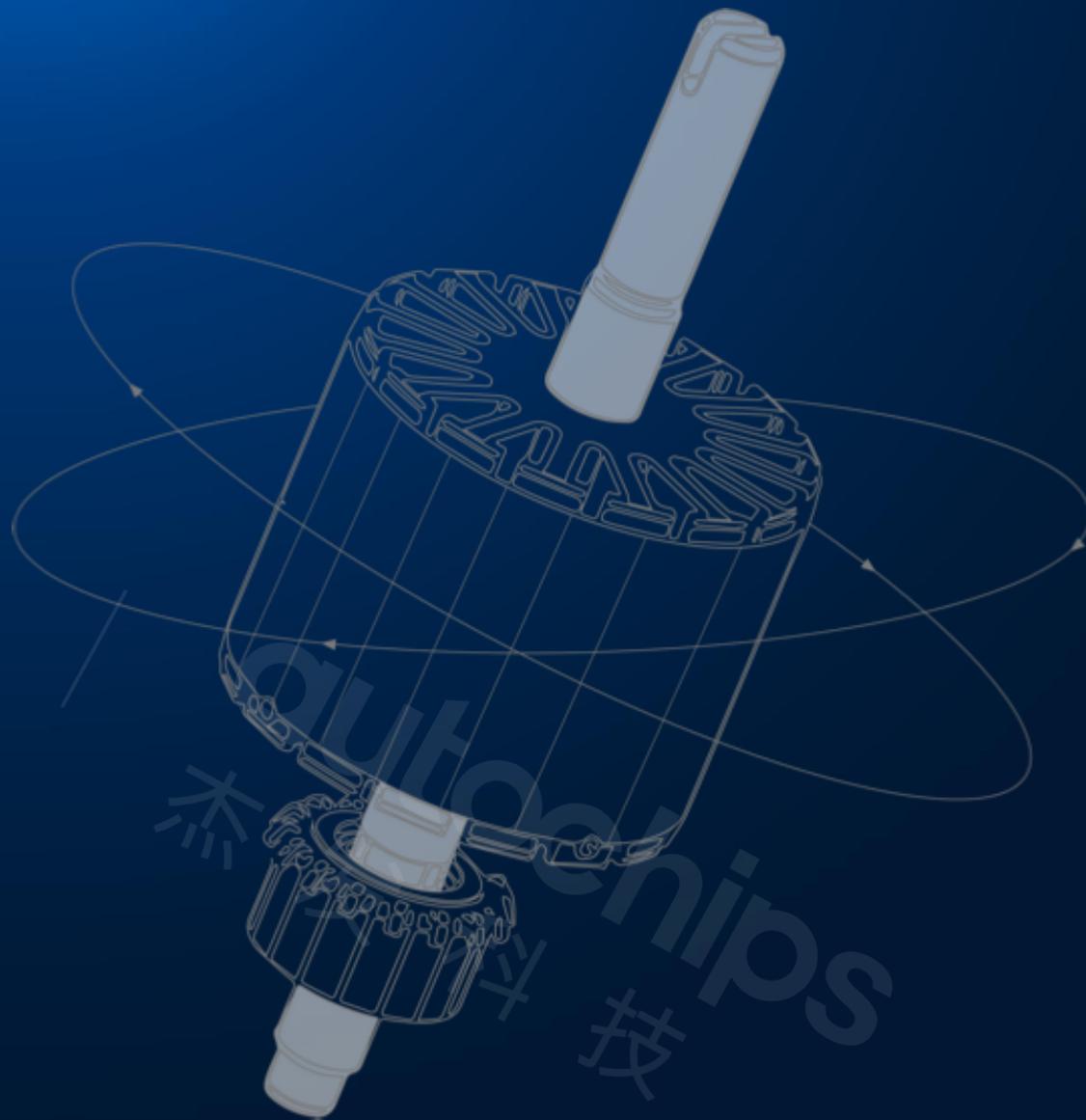
- 盲区预警系统
- 手机控车
- 360全景
- 防盗器
- 车载DVR
- T-BOX
- ETC
- PEPS钥匙等

动力底盘ECU



- 制动防抱死控制器
- 冷却风扇控制器
- 电子手刹控制器
- 尿素泵
- 农用发动机控制器
- 摩托车电喷等
- 低速电动车控制器
- 冷却水泵控制器

电机控制方案介绍





支持的电机位置传感器类型

- 霍尔传感器
- 正交增量编码器
- 霍尔+正交增量编码器
- 无位置传感器

支持的电流采样方式

- 单电阻 (AC781x不支持)
- 双电阻
- 三电阻
- 电流传感器

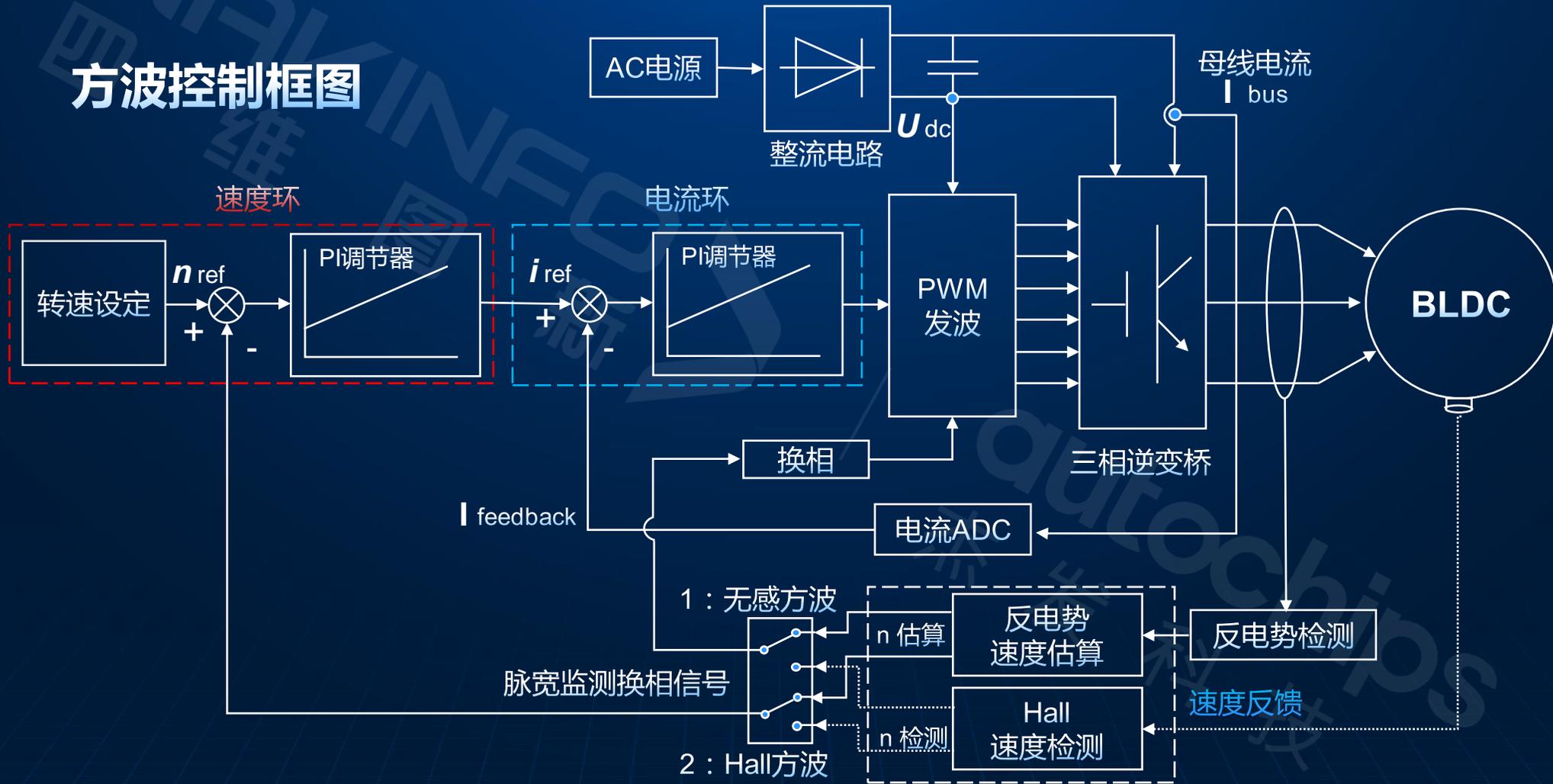
支持的电机个数

- AC780x/AC781x支持单电机
- AC7840x可支持三电机

支持的电机控制核心算法

- 有/无霍尔六步方波控制
- 有无传感器FOC控制
- VF控制
- 霍尔传感器自学习
- 脉冲注入算法 (识别转子初始位置)
- 高频注入算法 (静止/低速下无传感控制)
- 滑模观测器
- 磁链观测器
- 模型参考自适应观测器
- 电流前馈控制
- PID调节器
- 五/七段式SVPWM
- 母线电流及功率估测
- 负载估算及转矩补偿
- MTPA控制
- 弱磁控制
- 死区补偿
- 过调制算法
- 电磁刹车/制动
- 电机参数识别

方波控制框图

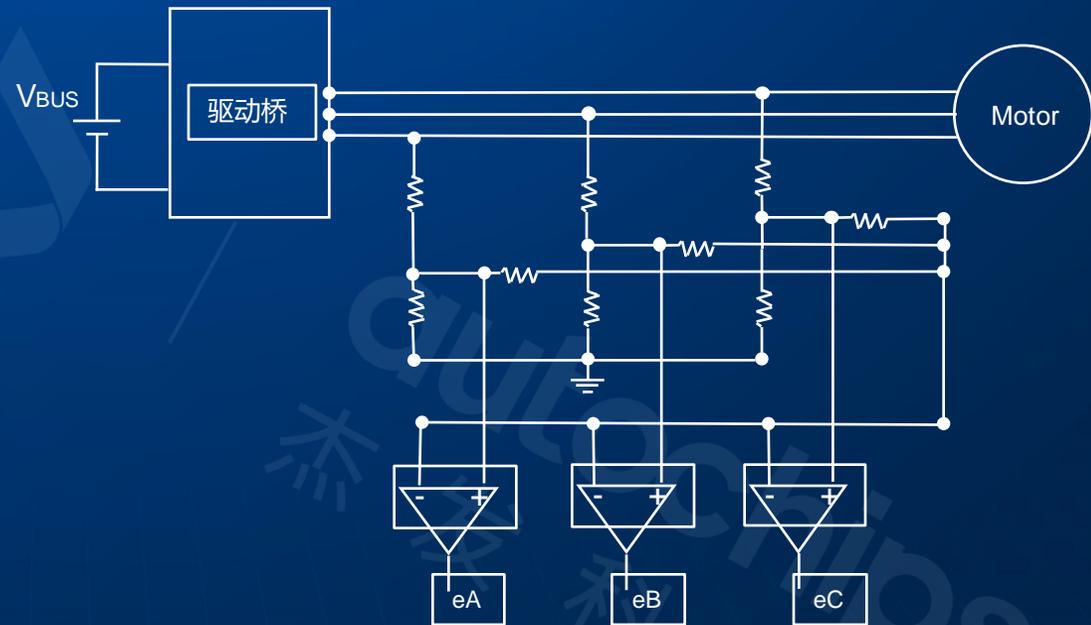


有感方波控制：PWDT

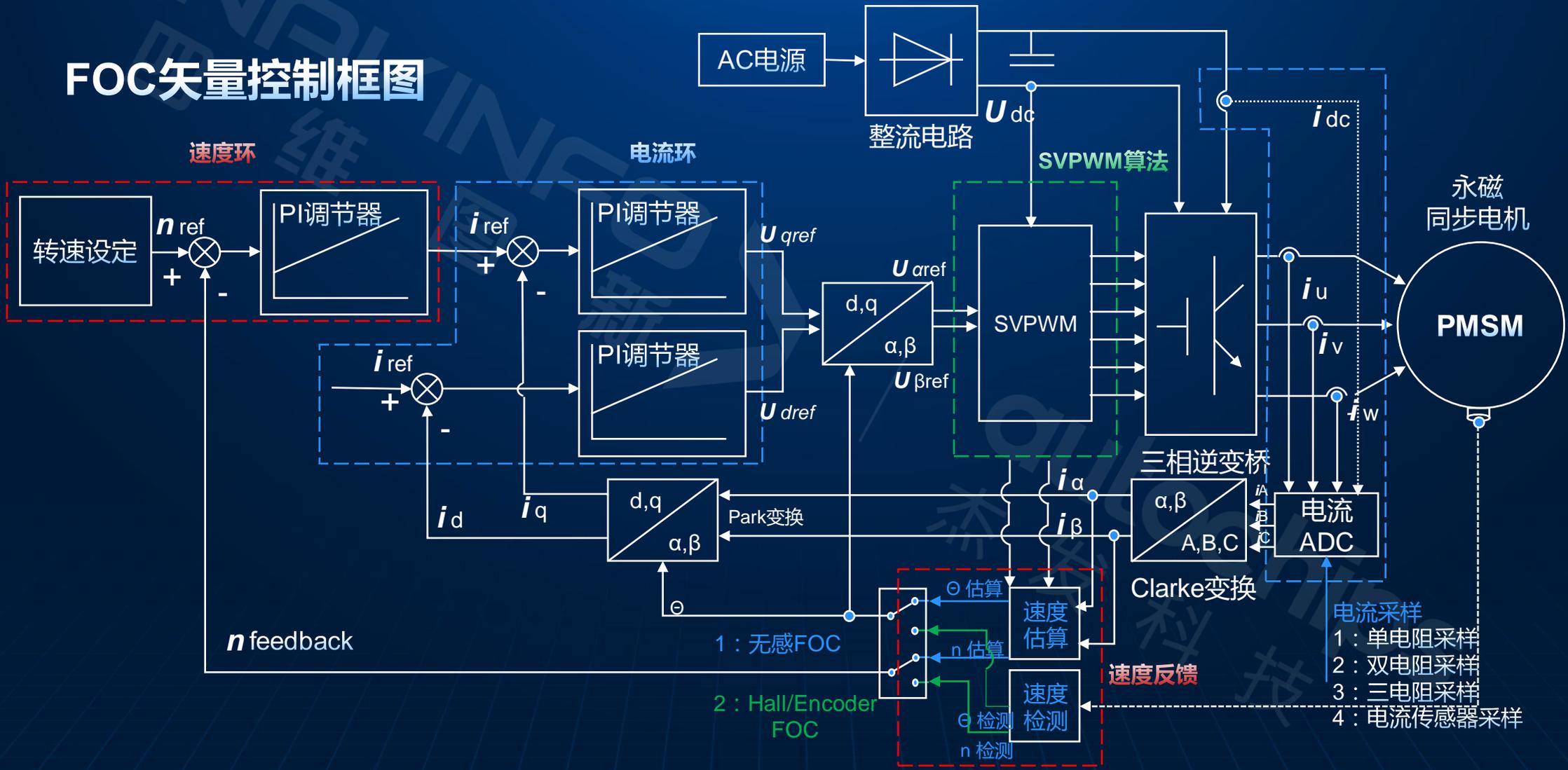
- 每个HALL扇区边沿触发中断
- 寄存器可直接读出扇区，无需额外逻辑处理
- 捕获霍尔信号高，低电平脉宽，直接倍频更新转速

无感方波控制：比较器

- 芯片内部集成比较器，无需外部器件，节省成本和空间
- 多个通道，可轮询比较直接输出模拟霍尔扇区
- 支持迟滞和数字滤波，避免在某个电压点结果波动



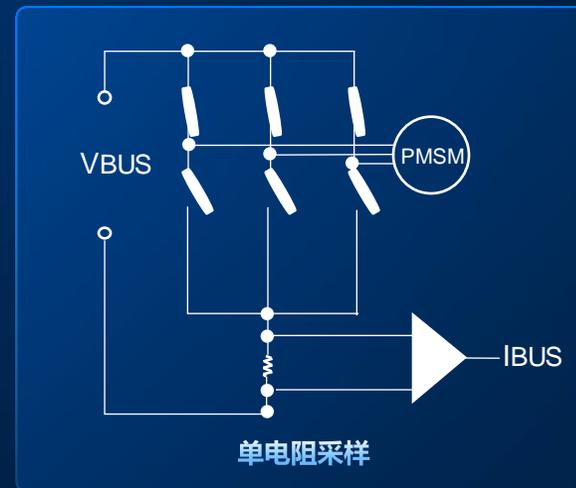
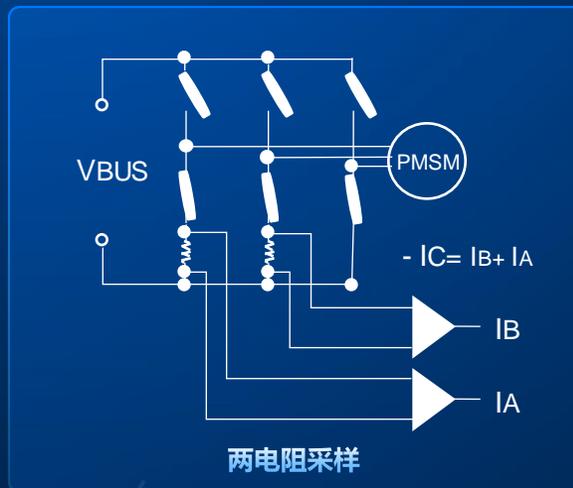
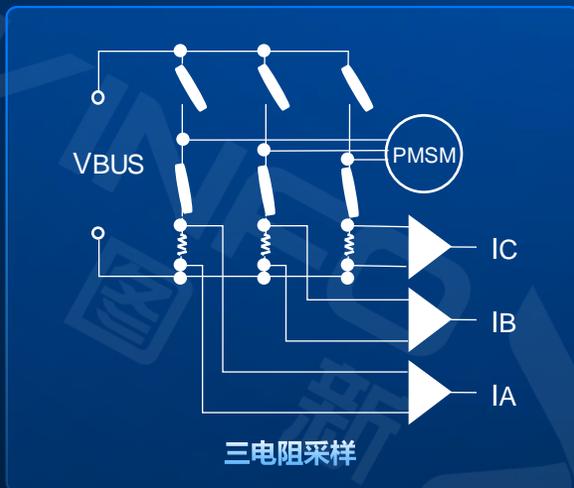
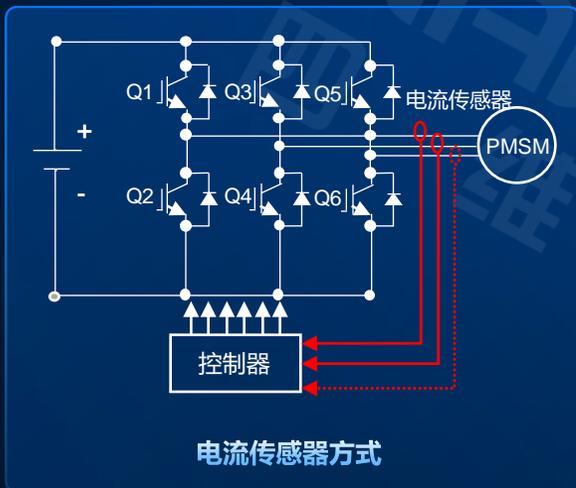
FOC矢量控制框图



协处理器		
	除法	均方根
公式原型	$(x \ll z) / y$	$\sqrt{x^2 + y^2}$
特性	支持 有符号 / 无符号 (32 bits) 除法 (或求余)	支持32 bits 有符号开方根
硬件计算耗时	1.88us(主频48M)	1.29us(主频48M)
软件计算耗时	4.7us(主频48M)	> 19us(主频48M)

协处理器：

除法和均方根采用硬件协处理器相比软件计算耗时均减小，提高除法和均方根运算速度，减少FOC中断执行时间，降低中断负载率。



性能和成本 从高到低

电流传感器

- 在相线上串联霍尔电流传感器
- 实际效果与器件线性误差有关，成本较高

三电阻采样

- 在三个桥臂的下桥串联采样电阻，再经过运放进行放大
- 需要在固定时刻采样的值才有效

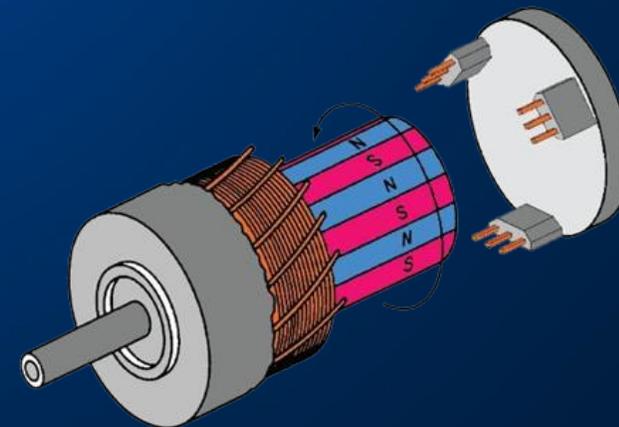
双电阻采样

- 只采集两个相线的电流，缺省的一相由计算得出

单电阻采样

- 只在母线上采集电流
- 需要分时采样，不同时刻的电流代表不同相的电流
- 成本最低

霍尔自学习功能



背景

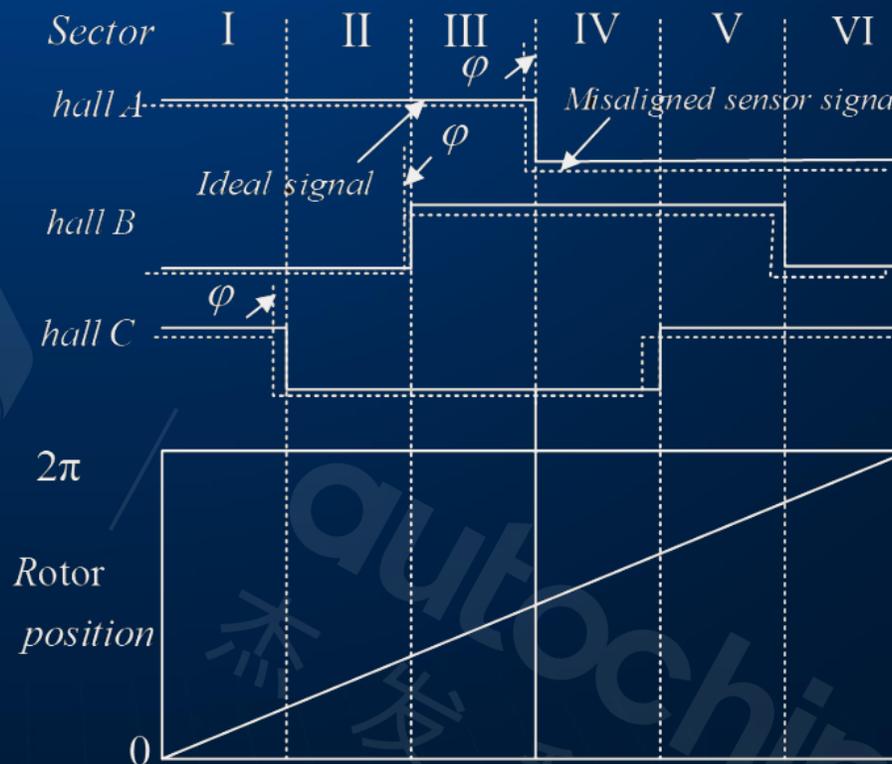
- 信号定义未知
- 霍尔安装偏差：绝对，相对偏差

作用

- 学习确定接线的霍尔线序
- 学习霍尔安装电角度整体偏差
- 学习霍尔安转扇区相对偏差

工作原理

- 通过对电机施加不同方向的力矩，并读取霍尔扇区信息，最终输出霍尔安装相序及安装偏差角度。



霍尔传感器角度估算基本原理：三个霍尔传感器按照间隔60度或120度方式安装，可在一个电周期内提供六个转子位置信号。在六个霍尔扇区之间，通过所估算得到的运行频率进行积分得到电机转子位置信息。

无传感FOC观测器

- 滑模观测器SMO：鲁棒性强
- 磁链观测器Flux observer：算法调节参数少
- 自适应观测器MRAS：低速性能好，受电机参数影响较大

角度估计方法

- 反正切atan计算：查表法 / atan函数计算得到角度，响应快速，对噪声敏感
- 锁相环PLL：使用PI控制器输出速度与角度，对噪声不敏感，系统响应速度减慢

无感启动方式	预定位法	脉冲注入法	高频注入法
适用的电机	内嵌式永磁同步电机 表贴式永磁同步电机	内嵌式永磁同步电机 表贴式永磁同步电机	内嵌式永磁同步电机
启动时电机状态	静止	静止	静止或低速
启动现象	可能有轻微逆转	平稳启动	平稳启动
启动噪音	无噪音	短暂电流噪音	连续电流噪音

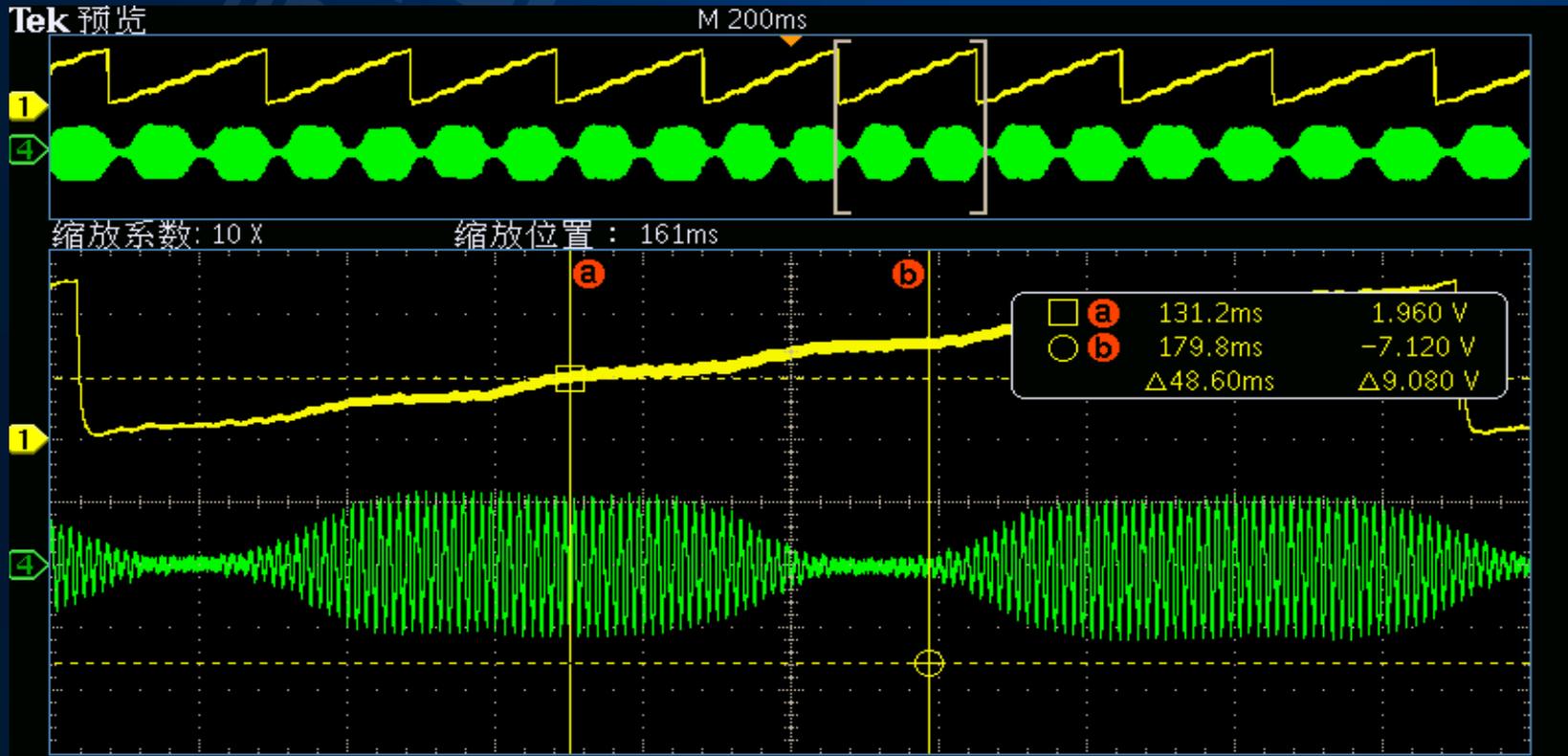


- 相电流 (绿色)
- 开环电角度 (蓝色)
- 估测电角度 (黄色)

无传感控制过程:

- ①**初始位置识别**: 脉冲注入辨识, 无抖动启动。
- ②**开环运行**: IF或VF开环加速过程。
- ③**开环闭环切换**: 切入观测器估算角度。
- ④**转速闭环**: 进行速度闭环控制。

根据定子铁芯非线性饱和效应的特征, 当向定子绕组施加一系列等宽的短时检测电压矢量, 可通过母线响应电流的大小来辨别转子初始位置区间。



- 相电流 (绿色)
- 估测电角度 (黄色)

注入频率和注入电压:

- HFI频率: 一般在100~1KHZ范围内, 默认为800HZ;
- HFI电压: 一般设定为电机额定电流的10%

通过向定子线圈注入特定的电压载波信号, 藉由电机d-q轴电感的差异特性, 进而产生与转子角度误差相关的电流信号, 再根据此电流信号进行估测角度的修正以达到无感启动之目的。

汽车应用

- 汽车冷却风扇
- 汽车水泵
- 汽车空调压缩机
- 汽车EPS
- 汽车车窗、尾门
- 电动座椅
- 汽车主驱

消费应用

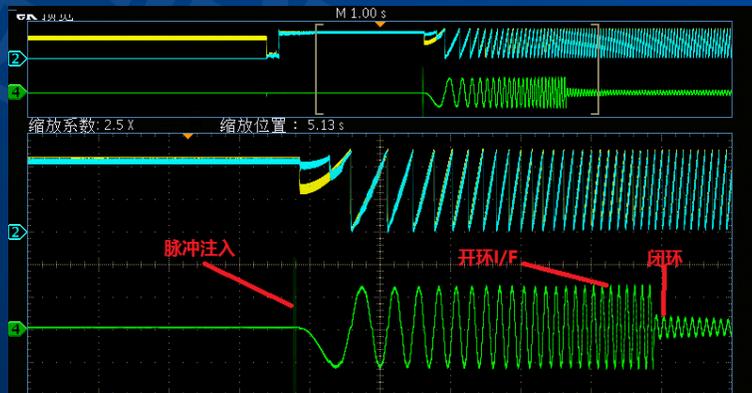
- 电动自行车
- 家用空调
- 洗衣机
- 跑步机
- 家用风扇

工业应用

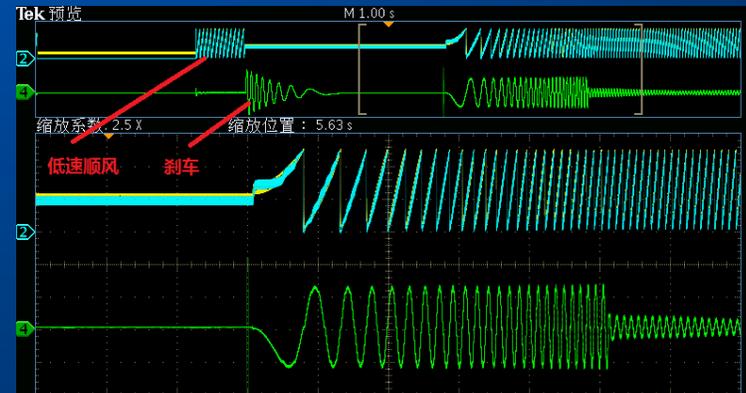
- 工业机械臂
- 电动工具
- 割草机



指标	参数
应用场景	车载散热风扇
硬件拓扑	MCU+预驱+MOS
电压	8-16V
功率(Max)	360W (12V 30A)
最大转速	3000rpm
电机类型	PMSM
控制算法	FOC(双电阻采样)
传感器类型	无传感
开关频率	16kHz
启动方式	脉冲注入法



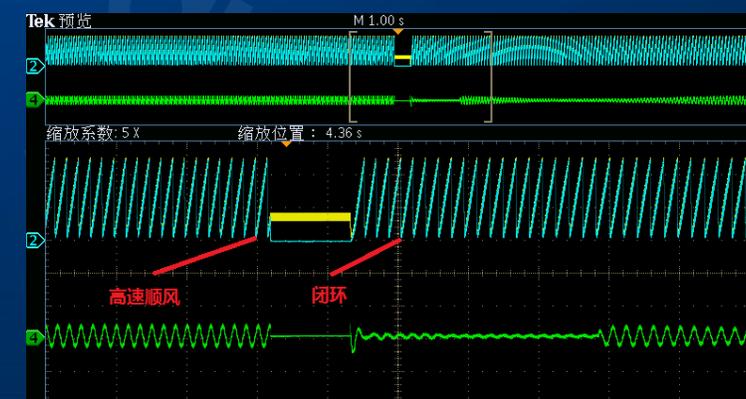
静止启动



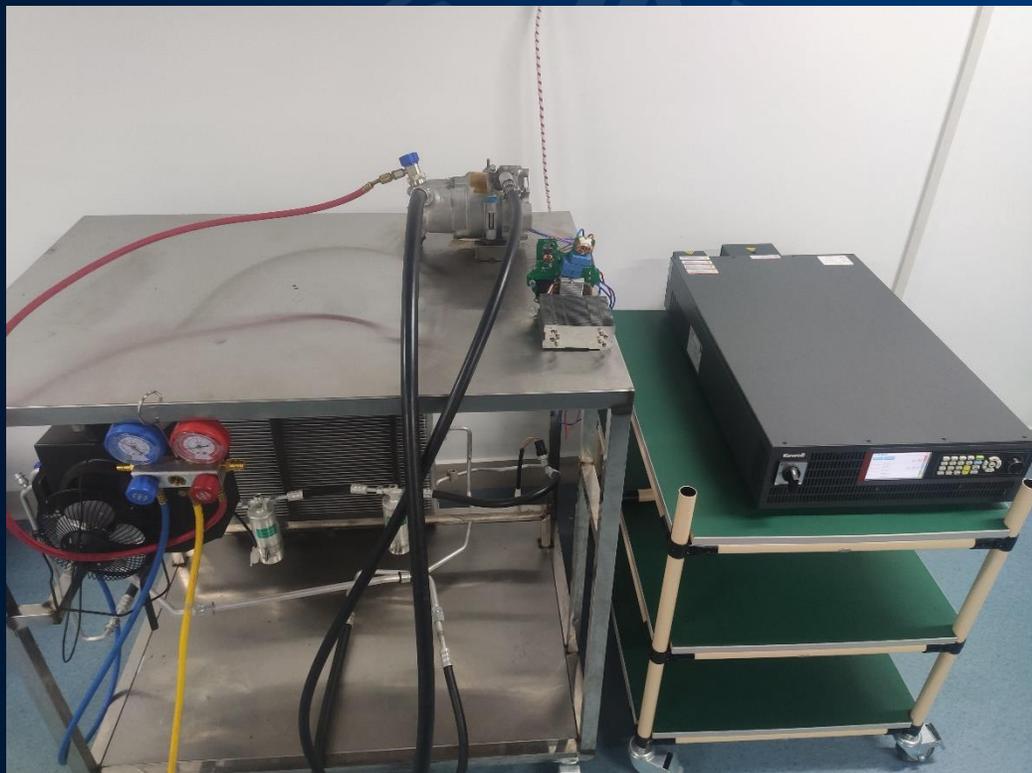
低速顺风启动



低速逆风启动



高速顺风启动



指标	参数
应用场景	车载空调压缩机
硬件拓扑	MCU+光耦+IGBT
电压	DC 200-490V
功率(Max)	8750W (350V 25A)
转速	600-10000rpm
电机类型	PMSM
启动	平衡压1.8Mpa启动 0.5Mpa/2.5Mpa压差启动 带液启动
最大负载	3Mpa稳定运行
停机方式	减速停机
保护策略	过压、欠压、失速、过载、过流、 缺相、堵转保护等

电机应用诊断保护

电流中点偏置保护	过流保护	过欠压保护	堵转保护
失速保护	缺相保护	限功率运行	限母线电流运行

应用文档

产品简介、参考手册
数据手册、应用说明

解决方案

电机驱动
乘用车BCM

评估板

通用开发套件
BCM开发套件
电机开发套件

函数库及例程

驱动接口函数库、应用例程
算法、MCAL

烧录工具

君达、周立功、西尔特、力捷丰、
Pemicro、昂科、安富莱

仿真工具

ATC-LINK, U-LINK
J-LINK

集成开发环境

KEIL, IAR
GreenHills , GNU编译器,
AutoGen , MotorStudio

技术支持

211C论坛、官方网站
电话支持、现场支持

如何获取AutoChips电机开发套件？



官方电机开发套件资料可通过AutoChips官网获取。

原厂电机开发板可通过官网进行样片申请，填写相关信息后，商务端会安排进行对接。

电机方案软硬件、文档资料



扫码下载

电机方案软硬件、文档资料

方案演示



扫码观看
汽车冷却风扇演示



扫码观看
座椅通风演示



扫码观看
AC78xx无传感电机应用方案简介

THANK YOU



官方网址：

<http://www.autochips.com>

技术论坛：

<https://bbs.21ic.com/iclist-864-1.html>

合肥杰发科技 | 深圳（分公司）| 上海途擎（子公司）| 武汉杰开（子公司）| 北京（分公司）