

# 英飞凌空调风机及压缩机变频方案介绍

英飞凌工业及多元化中国市场部

2011.3



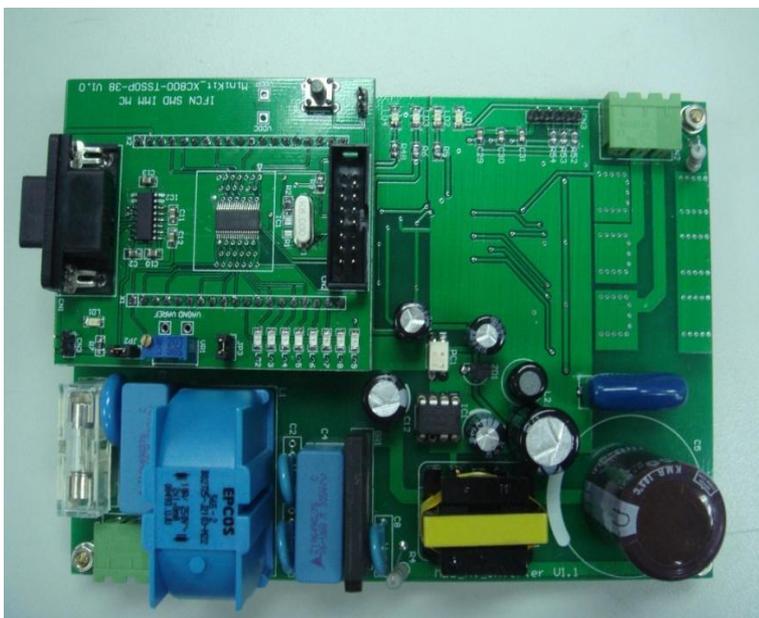
# 主要内容

- 基于正旋波hall 直流无刷电机风机 参考设计介绍
- 基于磁场定向控制无hall直流无刷电机风机参考设计介绍
- 基于 XC878 空调压缩机参考设计介绍
- 其它信息

# 主要内容

- 基于正旋波hall 直流无刷电机风机 参考设计介绍
- 基于磁场定向控制无hall直流无刷电机风机参考设计介绍
- 基于 XC878 空调压缩机参考设计介绍
- 其它信息

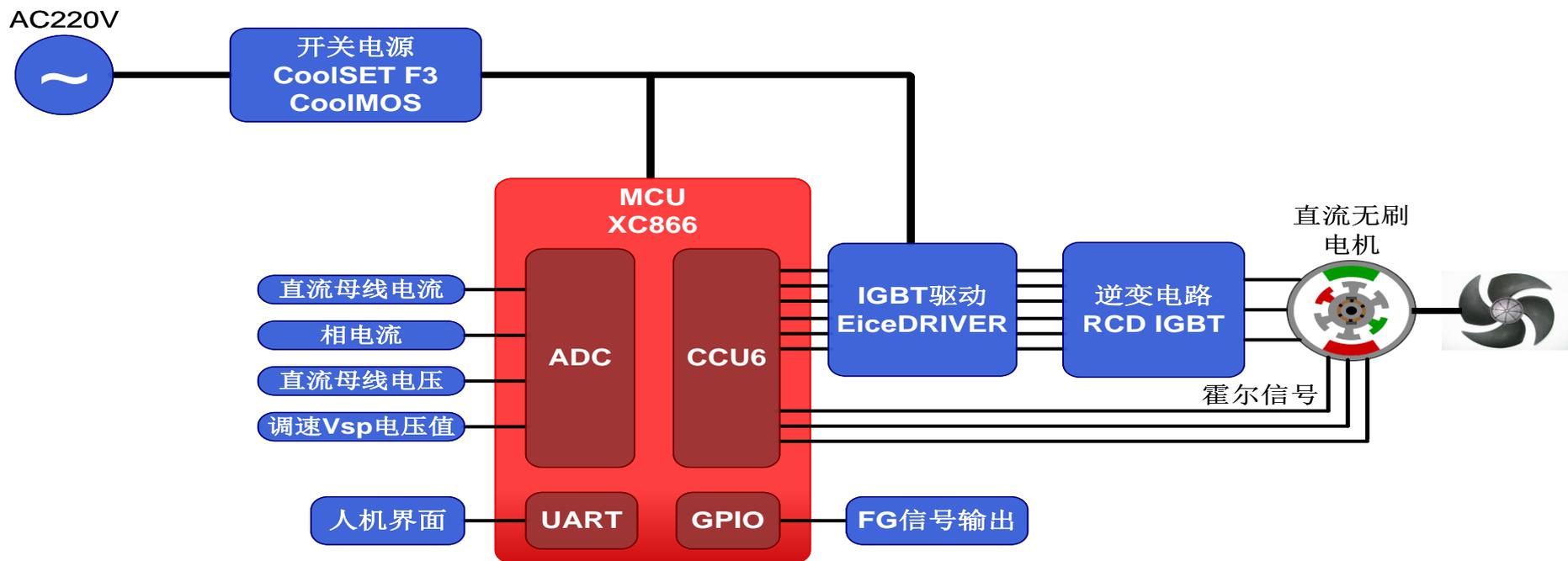
# 基于XC866 带HALL传感器的 BLDC 风机驱动方案



评估样机

- 主要特性
  - 3个霍尔信号输入，平均速度法估算转子位置
  - 速度PI调解器
  - 自动超前角校正
  - PWM控制方式：两相、三相正弦波控制
  - 转速范围：300-1200RPM(4对极)
  - 紧急中断输入引脚CTRAP，过流、过压保护
  - 防反转启动
- 主要应用
  - 家用空调风机
  - 中央空调风机
  - 家用及工业风机
  - 风扇
- INFINEON 主要器件
  - MCU: XC866
  - IGBT: IKD04N60R
  - IGBT Driver: 6ED003L06-F
  - SMPS: ICE3B0565J

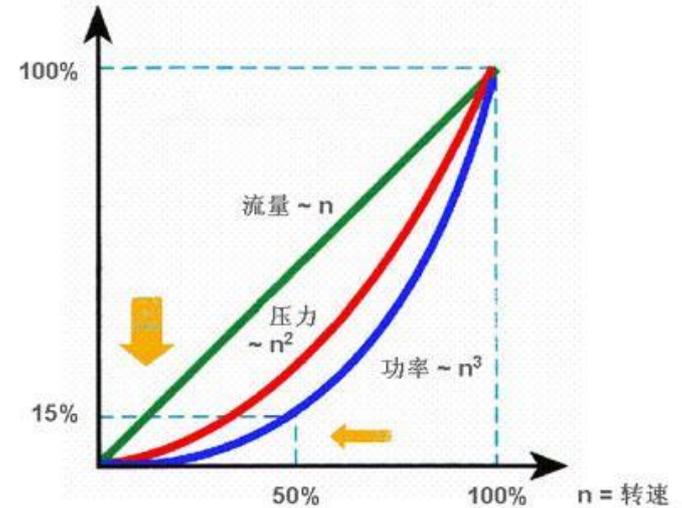
# 基于XC866的直流无刷风机控制方案控制框图



- 3个霍尔信号输入提供转子位置信息（精度：60度）
- 每个PWM周期中断中进行转子位置估计。
  - 位置估计基于霍尔传感器提供的绝对位置信息以及转速信息
- A/D转换外部模拟信号输入VR，以调节正弦控制
- 紧急中断输入引脚CTRAP：过流、过压保护

# 直流风机控制的特点及要求

- 负载 转矩 与转速的平方成正比
- 转速控制
- 启动要求
  - 通常启动转矩要求小
  - 某些应用，需要大启动转矩：空调外机风扇
- 噪声
- 效率



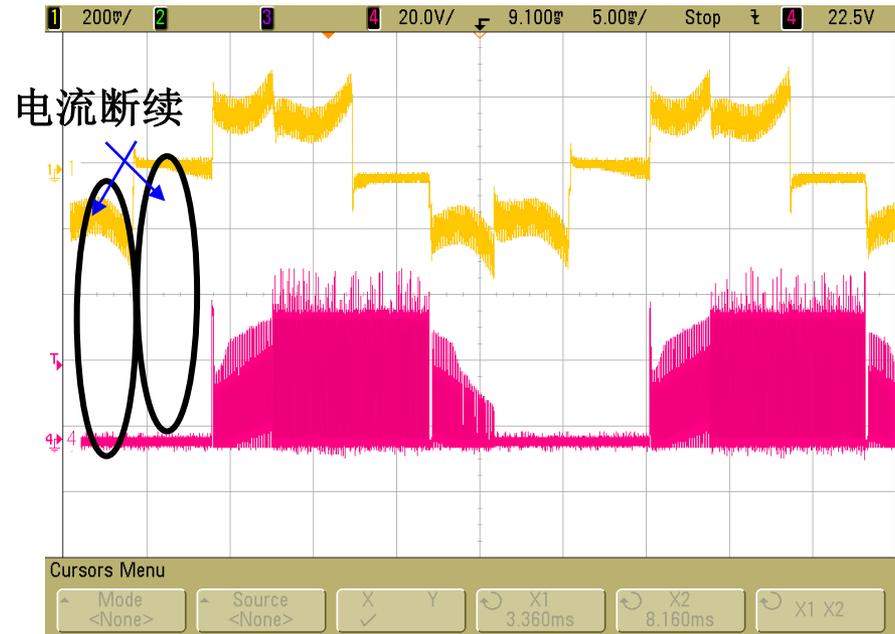
# 直流无刷电机控制方法

## ■ 梯形波控制存在问题

- 控制方法简单
- 换向转矩脉动
- 换相噪声

## ■ 正弦波控制的特点

- 电磁转矩恒定
  - ✓ 无转矩脉动
  - ✓ 噪声低
- 电机控制效率高
- 控制要求高



# 正旋波控制的不同方式

- 电压型控制

- 三相正弦PWM控制

- 两相正弦PWM控制

- 电流型控制

- 矢量控制（FOC）

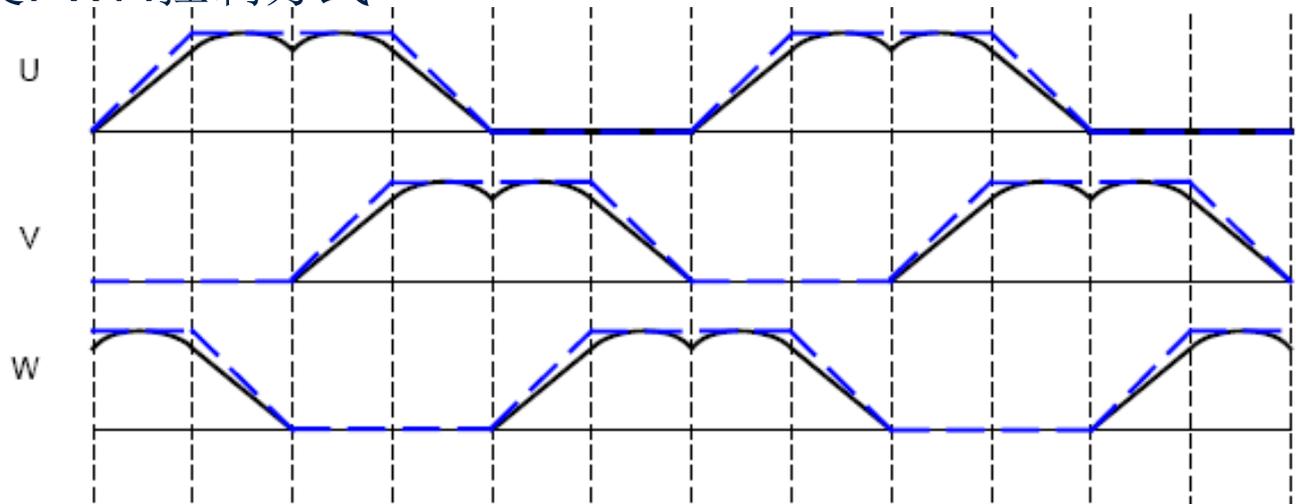
- 本方案采用两相正旋PWM控制方式

- 控制目的

- 线电压：正弦

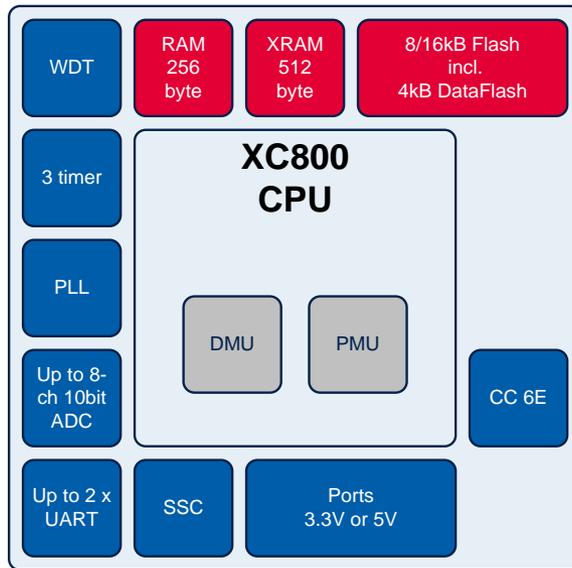
- 相电流：正弦

- 开关损耗降低



梯形波 Vs 两相正旋波

# XC866-1/2/4FR 主要特性



## Key Benefits

- **High performance XC800 Core**
  - compatible to standard 8051 Core
  - two clocks per machine cycle architecture
- 8/16 kByte Flash Memory for Program and Data
- On-chip debug support level 1
- Industrial peripheral set

## Key Features

- **4/8/16 kByte Flash (incl. 4 kByte data flash)**
- On-chip ROM with Bootloader & Flash routines
- 256 Byte RAM, 512 Byte XRAM
- On-chip debugging interface (JTAG)
- Three 16-bit timer/counters (T0/T1/T2)
- **CAPCOM 6E for multifunctional motor control**
- **8 channel 10-bit A/D converter**
- Brown out detection
- UART (full duplex)
- Synchronous Serial Channel (SPI comp.)
- On-chip OSC and PLL for clock generation
- Power saving modes
- General-purpose I/O Port
- **Package: P-TSSOP-38 (green)**
- Temperature ranges:
  - -40° C to +85° C
  - -40° C to +125° C
- **3.3V or 5V (core supply over internal VR)**

# 英飞凌的优势

## 特点

增强的8051兼容内核  
26.7MHz/2 cycle

电机控制专用单元CCU6E

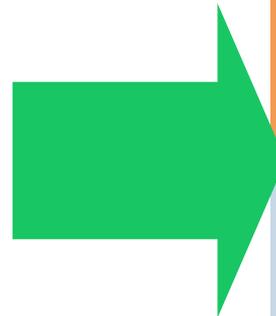
- 6路PWM
- 灵活的死区控制和上下管互补输出
- CTRAP硬件紧急中断

强大的ADC

- 快速ADC(<2us)
- 4个转换结果寄存器
- 灵活的优先级处理
- 可由外部事件触发

汽车级的设计

Data Flash  
(模拟EEPROM)



## 好处

快速方便开发

- 直接生成电机驱动信号
- 无需外部硬件即可实现同步整流
- 硬件保护

精确的电流采样和保护  
快速反电势检测  
高速电机应用

稳定, 耐高温, 产品的不良率  
要低很多

可以实现IAP

# Infineon MCU

## XC800 家族产品



|      |              |                |              |              |                             |                             |                |                             |                             |
|------|--------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 64kB |              |                |              |              |                             |                             |                |                             | XC878<br>Vector<br>Computer |
| 52kB |              |                |              |              |                             |                             |                |                             | XC878<br>Vector<br>Computer |
| 32kB |              |                |              |              |                             |                             |                | XC886<br>Vector<br>Computer | XC888<br>Vector<br>Computer |
| 24kB |              |                |              |              |                             |                             |                | XC886<br>Vector<br>Computer | XC888<br>Vector<br>Computer |
| 16kB |              |                |              |              |                             |                             | XC866<br>27MHz |                             |                             |
| 8kB  |              |                |              |              | XC835<br>Vector<br>Computer | XC836<br>Vector<br>Computer | XC866<br>27MHz |                             |                             |
| 4kB  | XC822<br>MDU | XC864<br>27MHz | XC824<br>MDU | XC821<br>MDU |                             | XC836<br>Vector<br>Computer | XC866<br>27MHz |                             |                             |
| 2kB  | XC822<br>MDU |                |              |              |                             |                             |                |                             |                             |
|      | TSSOP16      | TSSOP20        | DSO20        | SSOP24       | DSO24                       | TSSOP28                     | TSSOP38        | QFP48                       | QFP64                       |

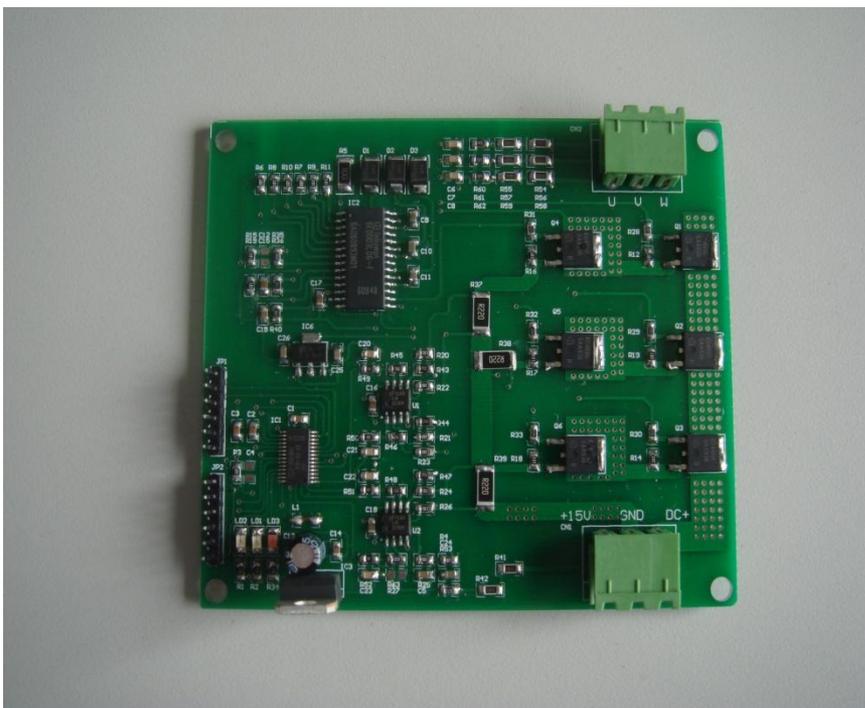
# Hall Sensor BLDC 风机主推产品

|             |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
|-------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| <b>64kB</b> |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
| <b>52kB</b> |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
| <b>32kB</b> |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
| <b>24kB</b> |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
| <b>16kB</b> |                      |                |                      |               |              |                |                |              |              |
| <b>8kB</b>  |                      |                |                      |               |              | <b>XC836</b>   |                |              |              |
| <b>4kB</b>  | <b>XC822<br/>MDU</b> |                | <b>XC824<br/>MDU</b> |               |              | <b>XC836</b>   |                |              |              |
| <b>2kB</b>  | <b>XC822<br/>MDU</b> |                |                      |               |              |                |                |              |              |
|             | <b>TSSOP16</b>       | <b>TSSOP20</b> | <b>DSO20</b>         | <b>SSOP24</b> | <b>DSO24</b> | <b>TSSOP28</b> | <b>TSSOP38</b> | <b>QFP48</b> | <b>QFP64</b> |

# 主要内容

- 基于正旋波hall 直流无刷电机风机 参考设计介绍
- 基于磁场定向控制无hall直流无刷电机风机参考设计介绍
- 基于 XC878 空调压缩机参考设计介绍
- 其它信息

# 基于XC836M sensorless FOC 风机 功能简介

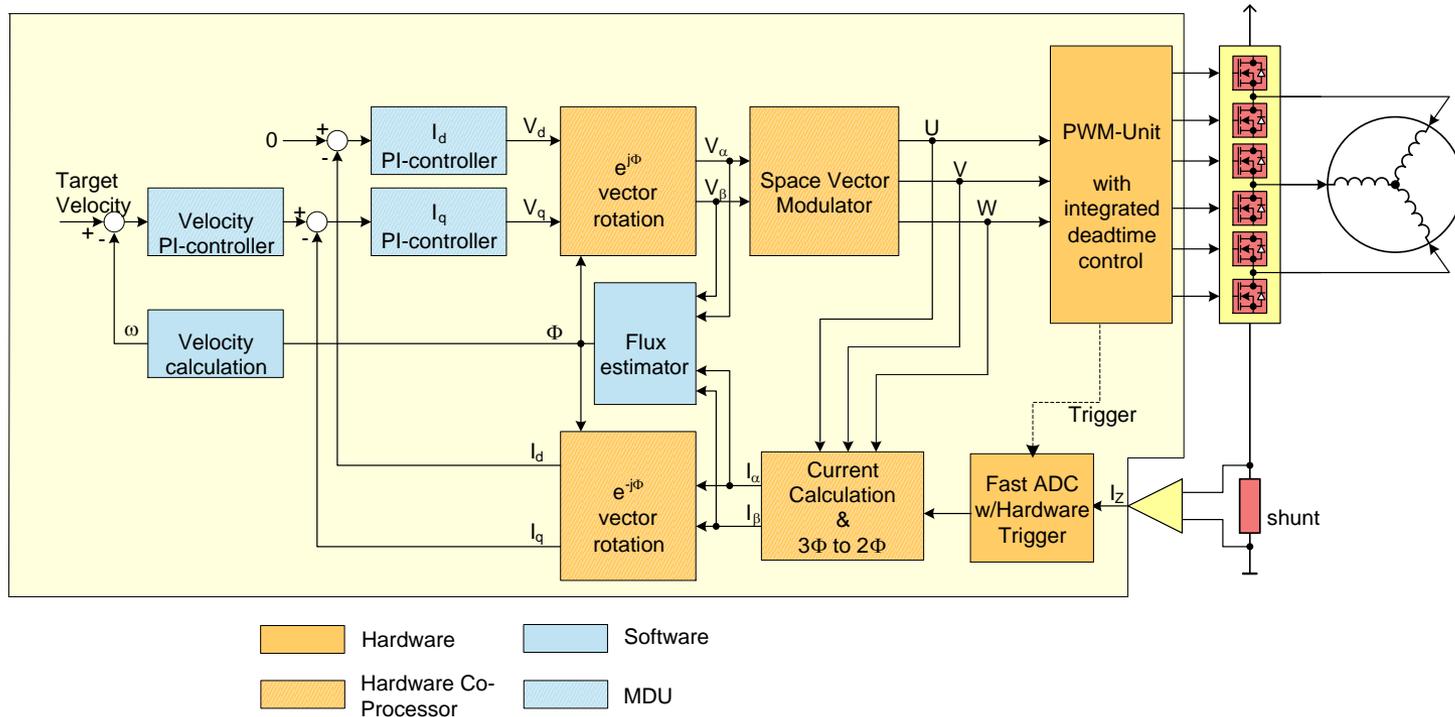


测试样机

- 主要特性
  - 无位置传感器 FOC
  - 空间矢量脉宽调制 (SVPWM)
  - 双直流母线电阻取样
  - 转速范围: 300-1200RPM(4对极)
  - 正常启动、反转启动、正转启动
  - 过流、过压、欠压、堵转、失步、断线检测
- 主要应用
  - 家用空调室内风机
  - 中央空调室内风机
  - 风扇
- Infineon 主要器件
  - MCU:XC836M
  - IGBT: IKD04N60R
  - IGBT Driver:6ED003L06\_F



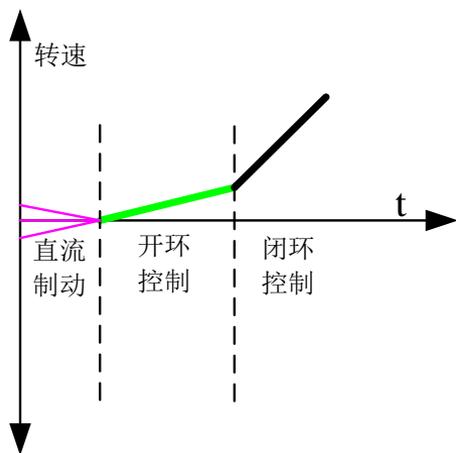
# 基于XC836M系列单片机实现FOC控制



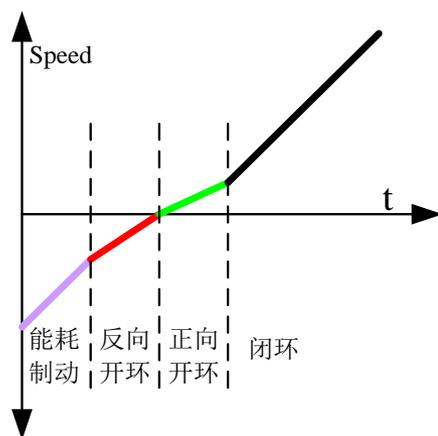
- XC836M内嵌矢量计算机单元
  - 并行与CPU，减少计算负荷
- 芯片采用8051核
  - 系统成本低
  - 容易使用，升级

# 基于FOC的永磁同步风机驱动方案

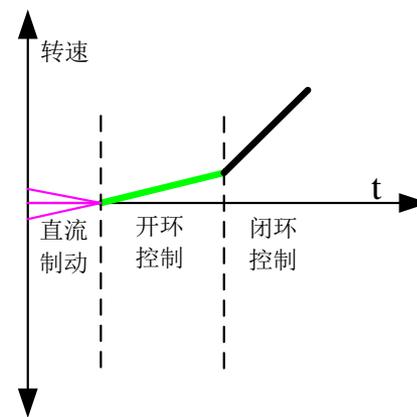
## ■ 启动方式



静止启动



反向启动

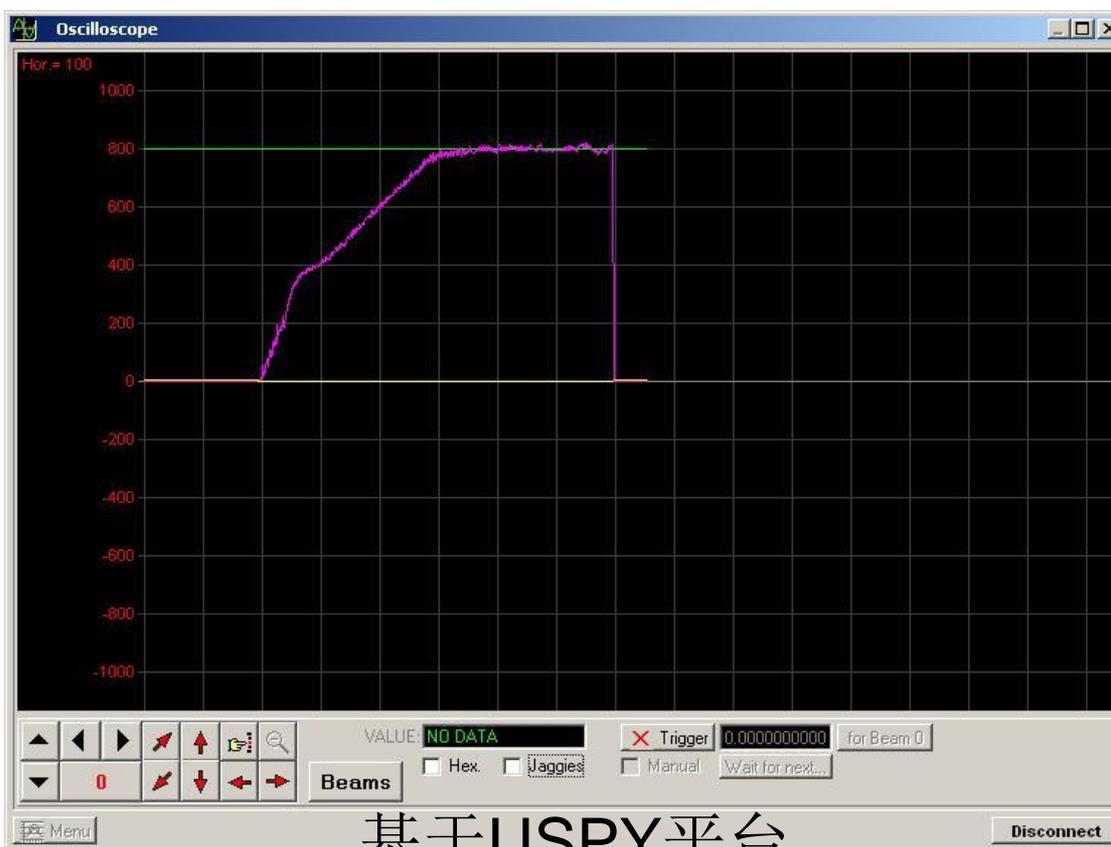


正向启动

# 基于FOC的永磁同步风机驱动方案

## ■ 试验波形:

□ 启动-〉 转速平稳

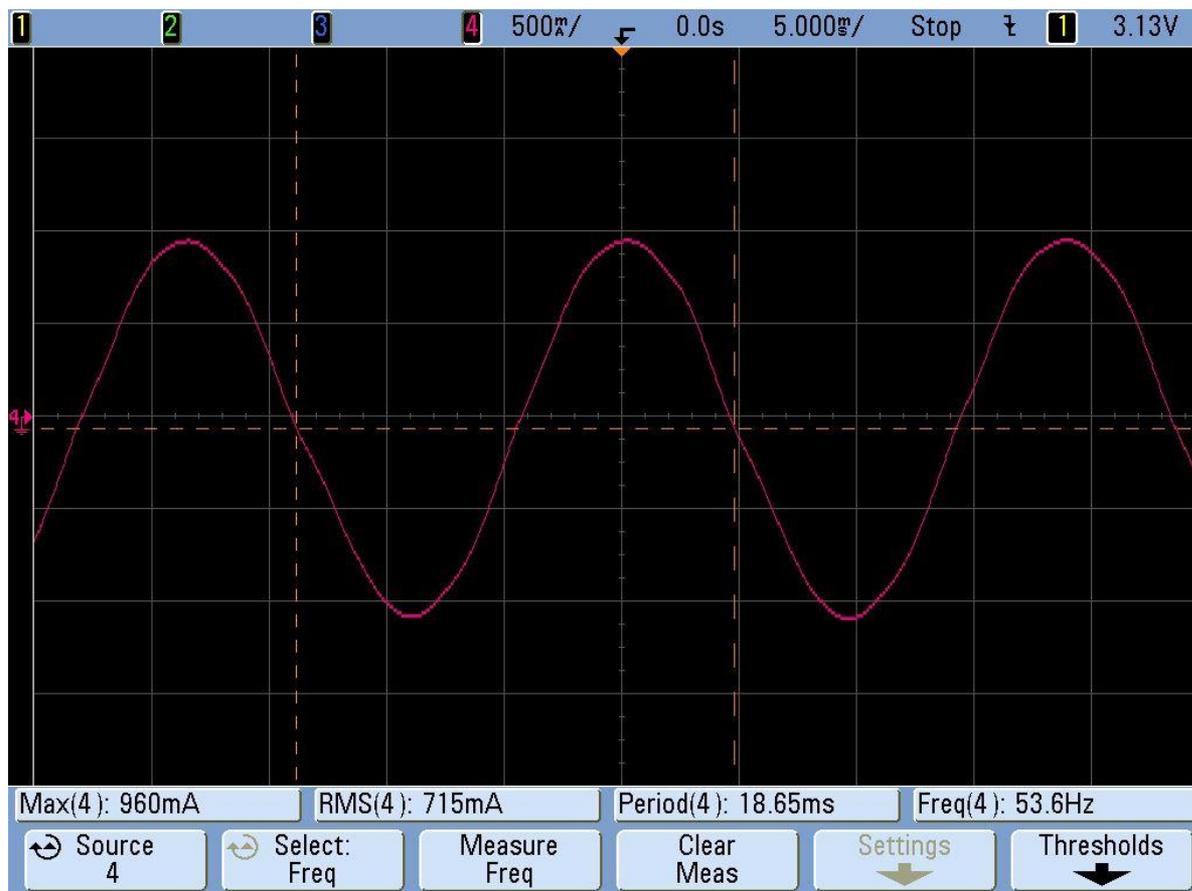


基于USPY平台

# 基于FOC的永磁同步风机驱动方案

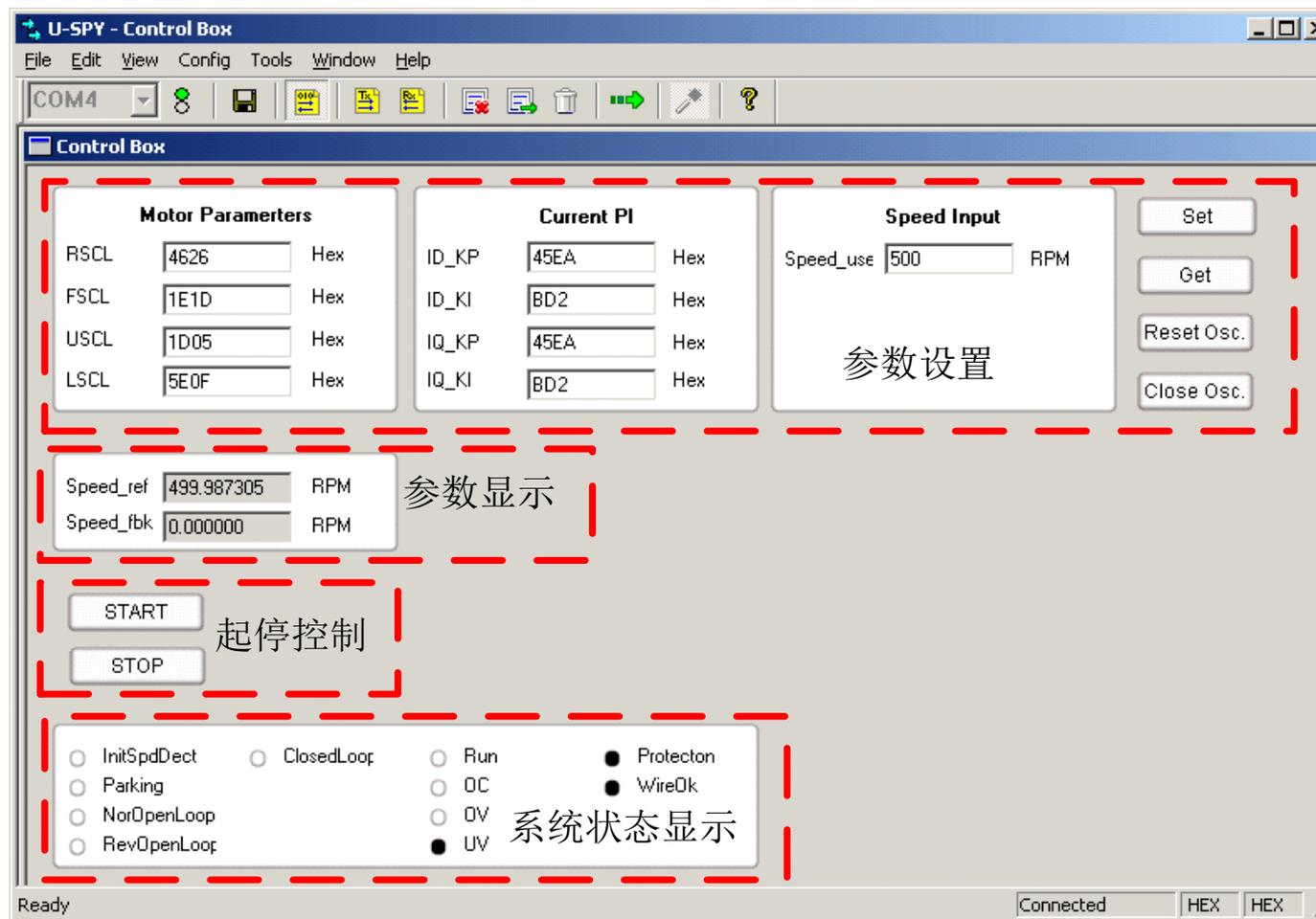
## ■ 试验波形

□ 相电流：800RPM



# 基于FOC的永磁同步风机驱动方案

## ■ GUI 界面 - USPY



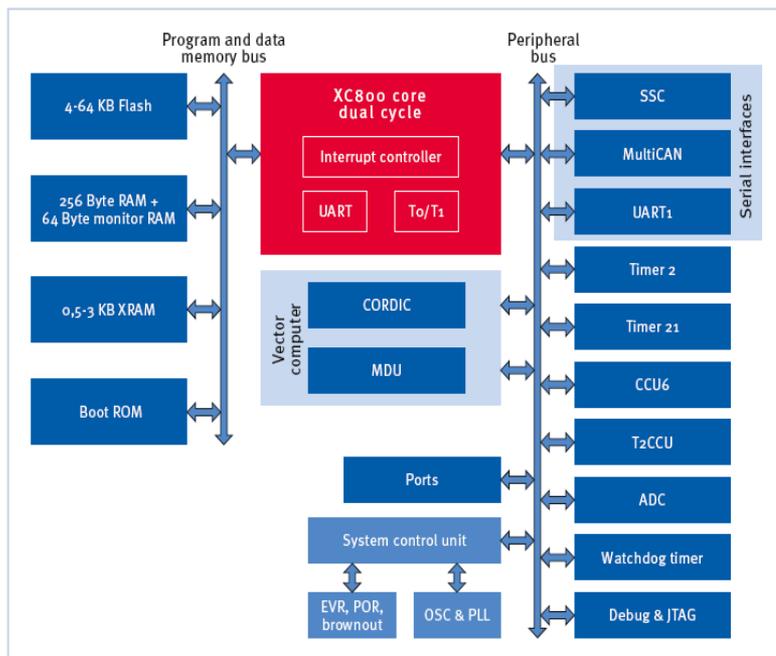
# 基于FOC的永磁同步风机驱动方案

## ■ GUI 界面 - 自定义GUI(XC836 方案)



# XC836M 主要特性

## ■ 系统结构图



- 双时钟周期 8051 内核
- 内存:
  - 内建ECC 机制的8 k flash 存储器
  - 128字节的数据存储器
  - 256 字节 XRAM/256 字节 RAM
- 1 x UART (with LIN support)
- 高速兼容 SPI 的同步串行口 (SSC)
- I2C
- 高性能电机优化的比较/捕捉单元 (CCU6E)
- 8通道10-bit ADC (1  $\mu$ s 转换时间), 内部提供 1,2V 参考电压
- 大电流I/O管脚
- 25 个通用I/O(28Pins)
- 省电模式
  - 省电模式下 (RTC运行) (< 5uA)
- 具有独立时钟源的16位可编程看门狗定时器
- LED/TS 模块
  - 支持56个LED驱动和7个触控按键
- 溢出比较器
- 单一宽供电范围: 2.9V-5.5V
- 温度范围:
  - SAF (-40° C to 85° C)
  - SAK (-40° C to 125° C)

# XC800 实现磁场定向控制的重要特性

- 高性能16位矢量计算机（CORDIC + MDU）
  - 可编程的协处理器
  - 重要功能：
    - CORDIC、MDU和CPU计算之间可以互相嵌入运行
    - 支持矢量旋转和各种变换（如：Park变换）
    - 归一化和比例调整
  
- 专用电机控制单元（CapCom6E）
  - 产生高精度空间矢量PWM
  - 死区时间自动插入
  - CTRAP提供各种硬件保护

# XC800 实现磁场定向控制的重要特性

- 快速 10位 A/D 转换器
  - 转换时间小于 1.5  $\mu\text{s}$
  - 采样时间小于 200ns
  - 可进行单直流母线电阻采样
  - 减少转矩脉动
  - 支持与PWM单元硬件同步
  - 四个相互独立的结果寄存器，提高采样性能

# XC836M 新特性

## ■ CORDIC/MDU 性能提升

### □ Input Clock

→ 54MHz Max (XC878)

→ 48MHz Max (XC836)

### □ Further support to Q15 calculation (XC836 Only)

Table 12-1 MDU Operation Characteristics

| Operation                                     | Result | Reminder | No. of Clock Cycles Used for Calculation |
|---|--------|----------|--|
| Signed 32-bit/16-bit                          | 32-bit | 16-bit   | 33                                       |
| Signed 32-bit/16-bit with Single Right Shift  | 32-bit | 16-bit   | 33                                       |
| Signed 16-bit/16bit                           | 16-bit | 16-bit   | 17                                       |
| Signed 16-bit x 16-bit                        | 32-bit | -        | 16                                       |
| Signed 16-bit x 16-bit with Single Left Shift | 32-bit | -        | 16                                       |
| Unsigned 32-bit/16-bit                        | 32-bit | 16-bit   | 32                                       |
| Unsigned 16-bit/16-bit                        | 16-bit | 16-bit   | 16                                       |
| Unsigned 16-bit x 16-bit                      | 32-bit | -        | 16                                       |
| 32-bit normalize                              | -      | -        | No. of shifts + 1 (Max. 32)              |
| 32-bit shift L/R                              | -      | -        | No. of shifts + 1 (Max. 32)              |

Multiply and shift

# XC878/836 新特点

- ROMLIB support
  - XC836 only, 8KB Flash limit
  - PI controller, Low pass filter, Vector rotation, etc
  - Save user code size

Table 24-1 XC83x ROM Library function and its Address

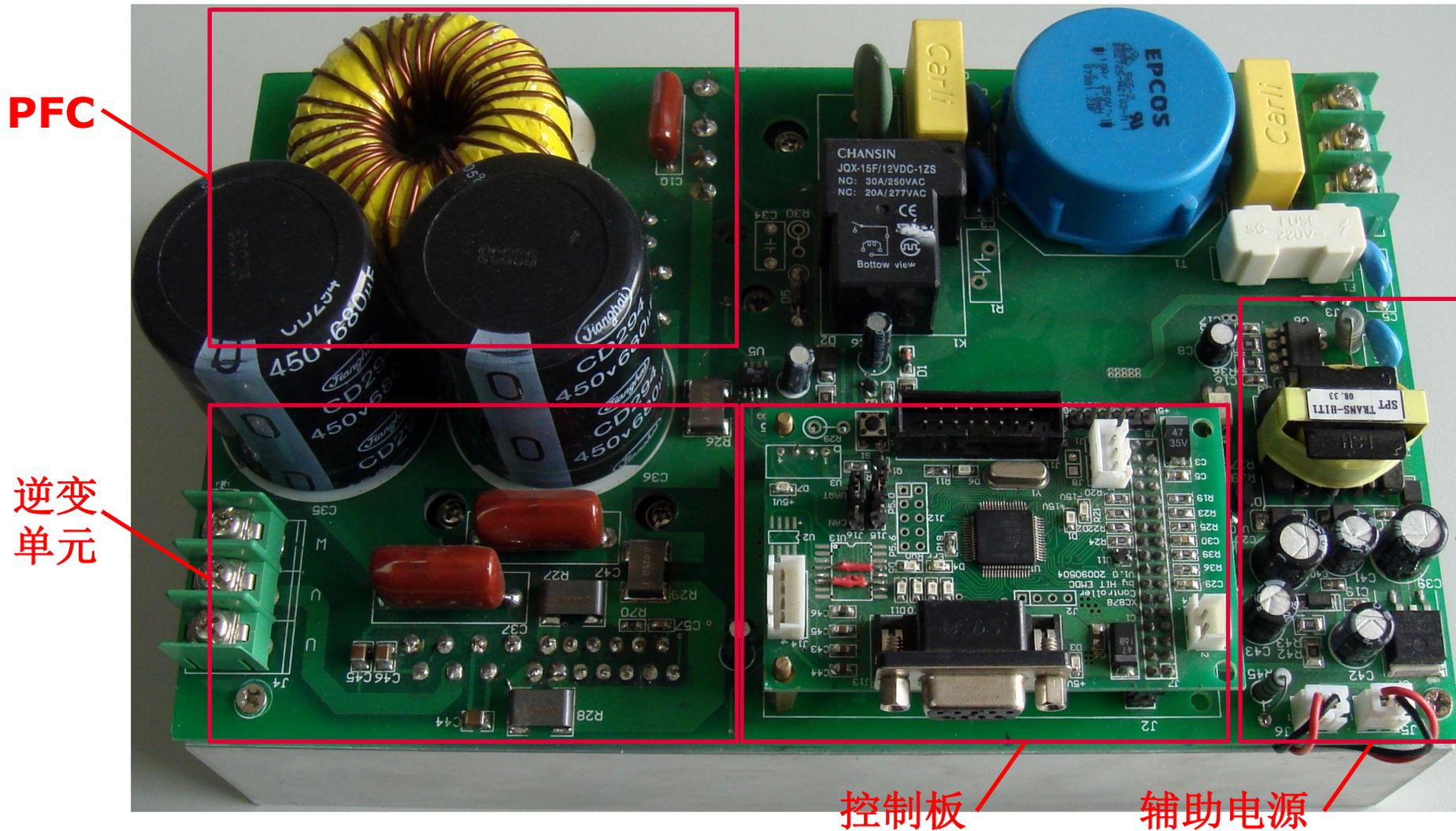
| Addr   | Name                  | Description            |
|--------|-----------------------|------------------------|
| 0xD649 | _PI_CONTROLLER_G16    | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD64F | _PI_CONTROLLER_G256   | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD655 | _P_CONTROLLER_G16     | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD65B | _PI_CONTROLLER_G256   | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD75B | _PT1_24               | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD78A | _PT1_32               | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD7CE | _CLARKE               | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD802 | _CARTESIAN_POLAR_POLL | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD805 | _CARTESIAN_POLAR_RET  | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD81E | _VECTOR_ROTATION      | FIXEDPOINT ROM Library |
| 0xD821 | _INV_VECTOR_ROTATION  | FIXEDPOINT ROM Library |

# 主要内容

- 基于正旋波hall 直流无刷电机风机 参考设计介绍
- 基于磁场定向控制无hall直流无刷电机风机参考设计介绍
- 基于 XC878 空调压缩机参考设计介绍
- 其它信息

# 英飞凌空调方案的总体介绍

## 电路实物图



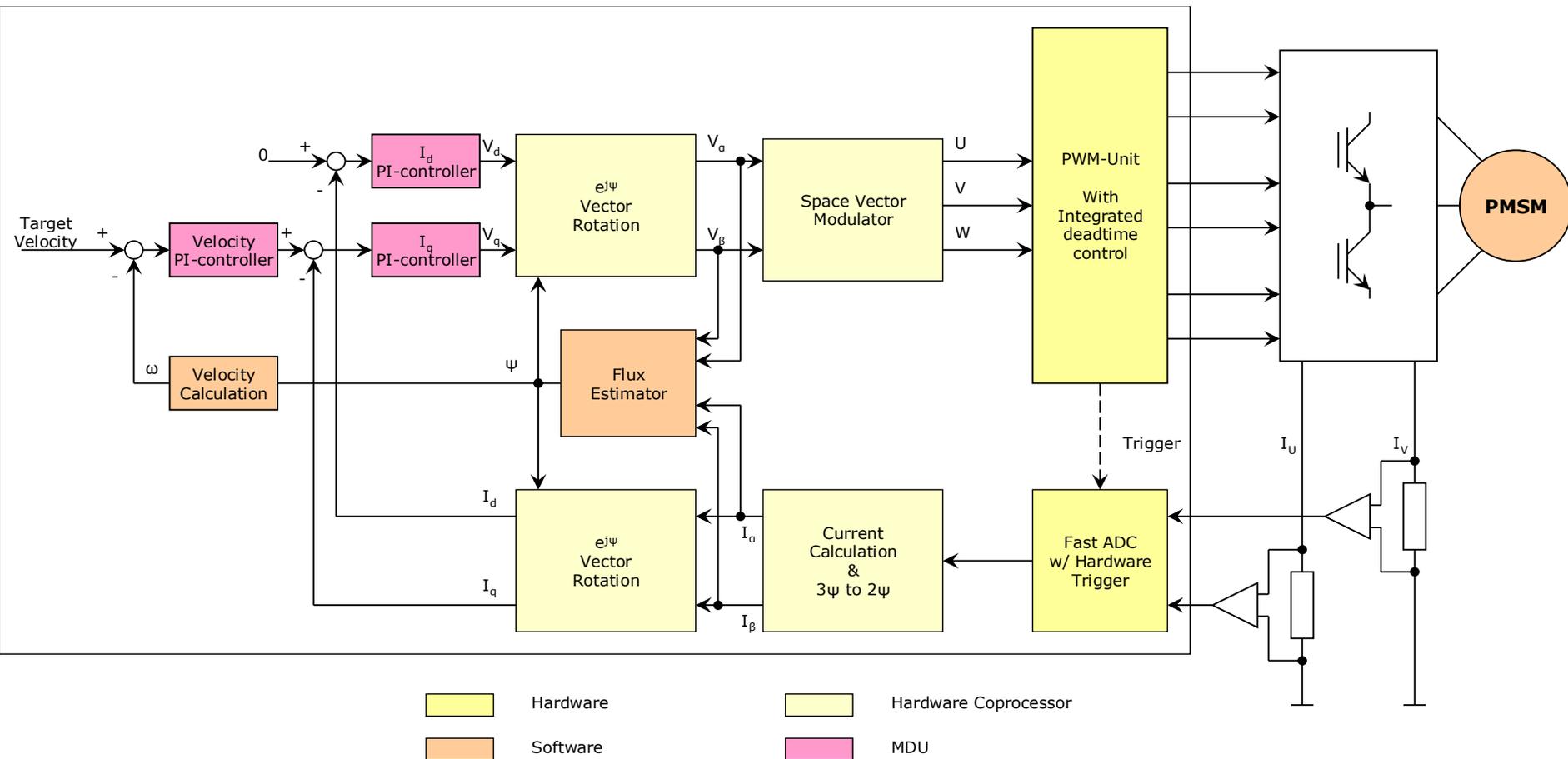
# 方案总览

|           |   |
|-----------|---|
| 控制方式      | 无传感器磁场定向控制 (Sensorless FOC)   |
| 调制方式      | 空间矢量脉宽调制 (SVPWM)  |
| 电流采样方式    | 双电阻桥臂取样   |
| 启动方式      | 电流闭环  |
| 调制频率      | 5KHz  |
| 电频率       | 15~200Hz  |
| 变频器输出频率精度 | 高速 ( $\geq 90\text{Hz}$ ) : $\pm 0.5\text{Hz}$<br>低速 ( $< 90\text{Hz}$ ) : $\pm 1\text{Hz}$<br>低速 ( $< 30\text{Hz}$ ) : $> \pm 1\text{Hz}$ (需加力矩补偿) |
| 变频器最大输出功率 | 1500W   |
| 变频器功率因素   | $> 99\%$ (使用硬件PFC)  |
| 保护措施      | 过流保护、过载保护、过热保护  |

# 主要元器件一览

|        |                      |  |
|--------|----------------------|--|
| 单片机    | SAF-XC878CM-16FFI 5V | 高性能双核处理器，52K-64K片上FLASH，增强型矢量计算功能，电机控制专用单元，快速A/D，专用PWM控制单元 |
| SMPS   | ICB3A0565            | 5V/15V 开关电源控制芯片  |
| IPM模块  | IKCS17F60F2C         | IPM模块，600V/17A   |
| PFC控制器 | ICE2PCS02            | 宽输入电压，输入关断保护   |
| IGBT   | IGW30N60T            | 快速IGBT单管，600V/30A，   |

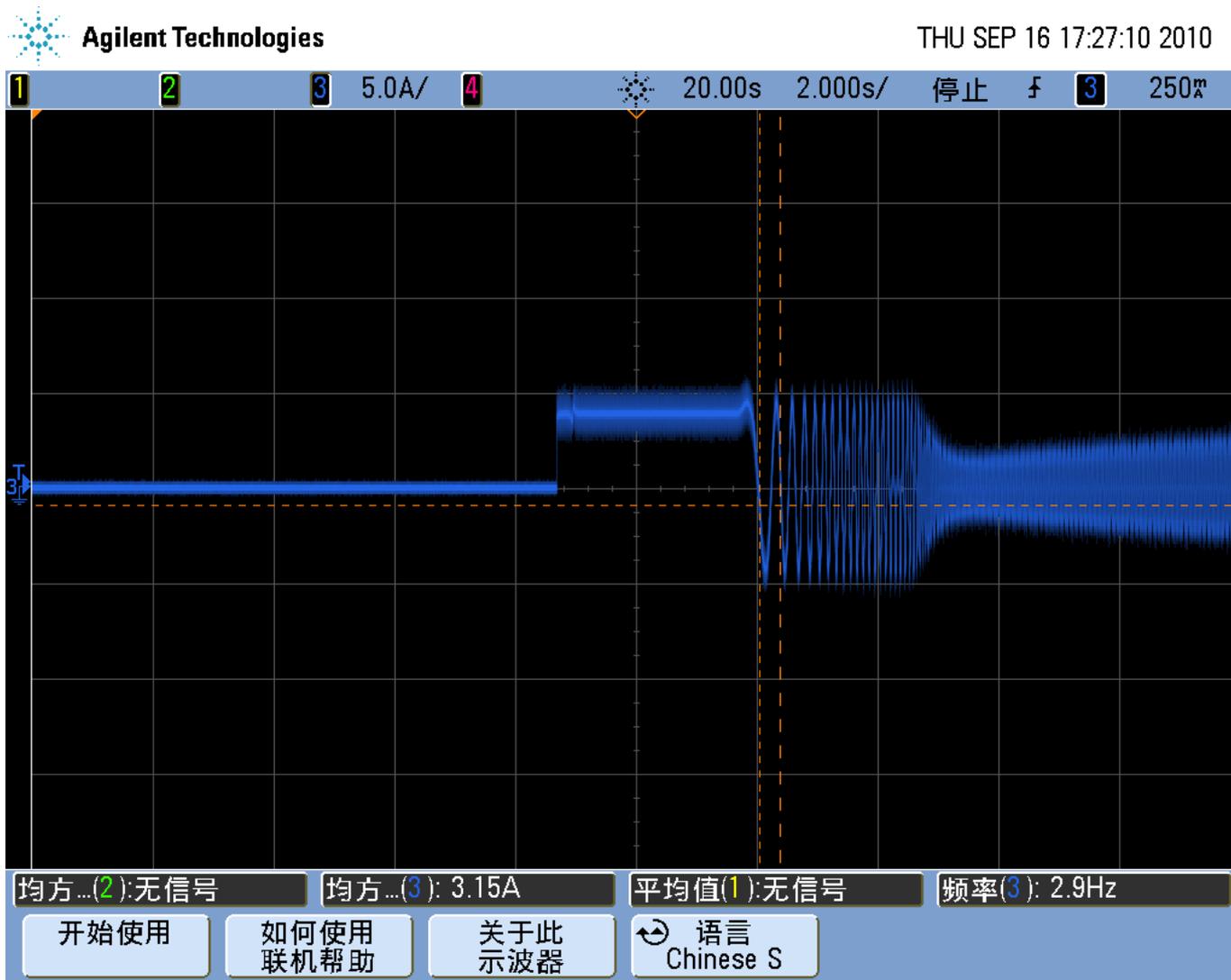
# 使用双取样电阻方案 系统框图



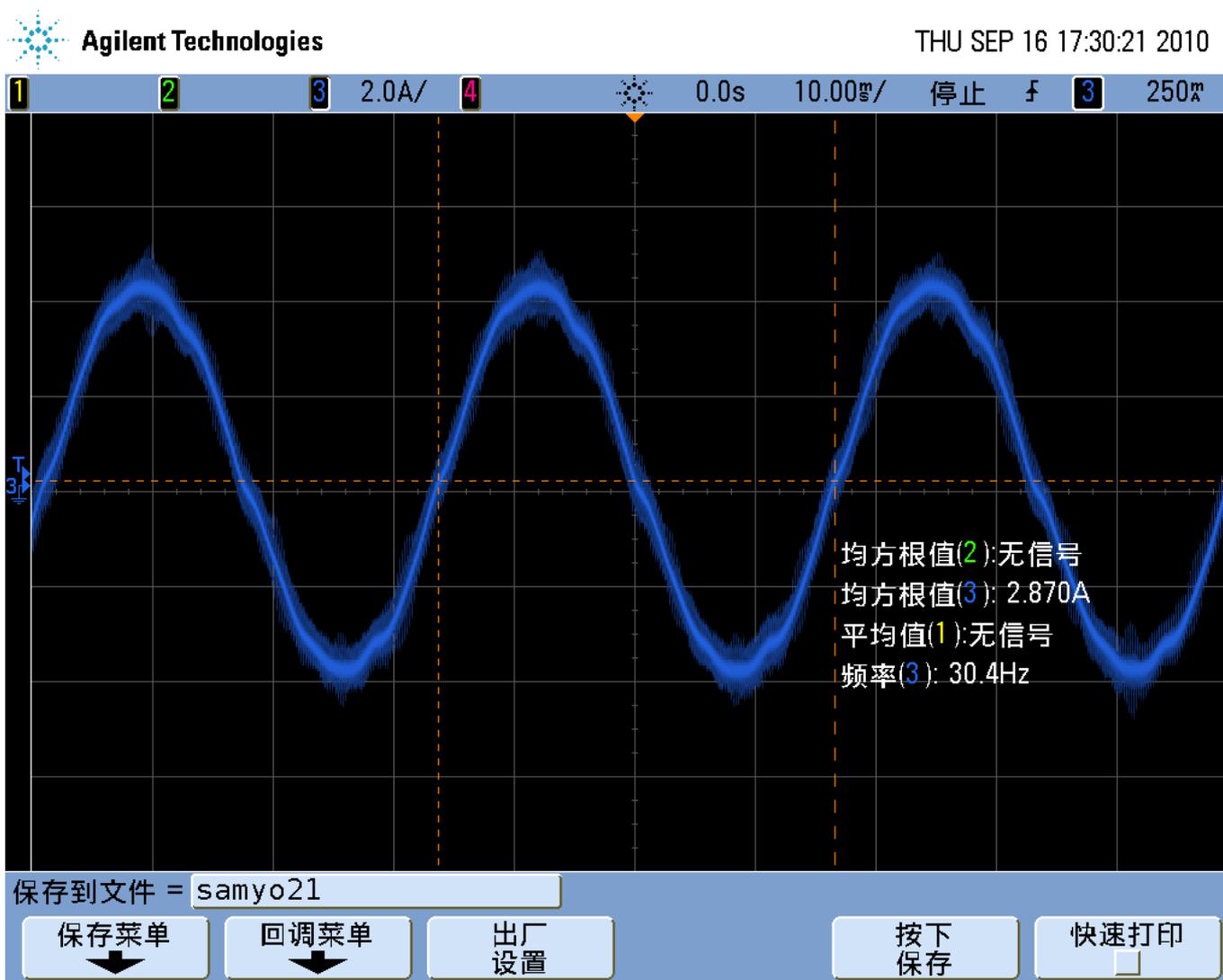
- 与单取样电阻相比，本方案优化了：
  - 对大功率负载的驱动
  - 降低了对制板等与EMC相关的要求



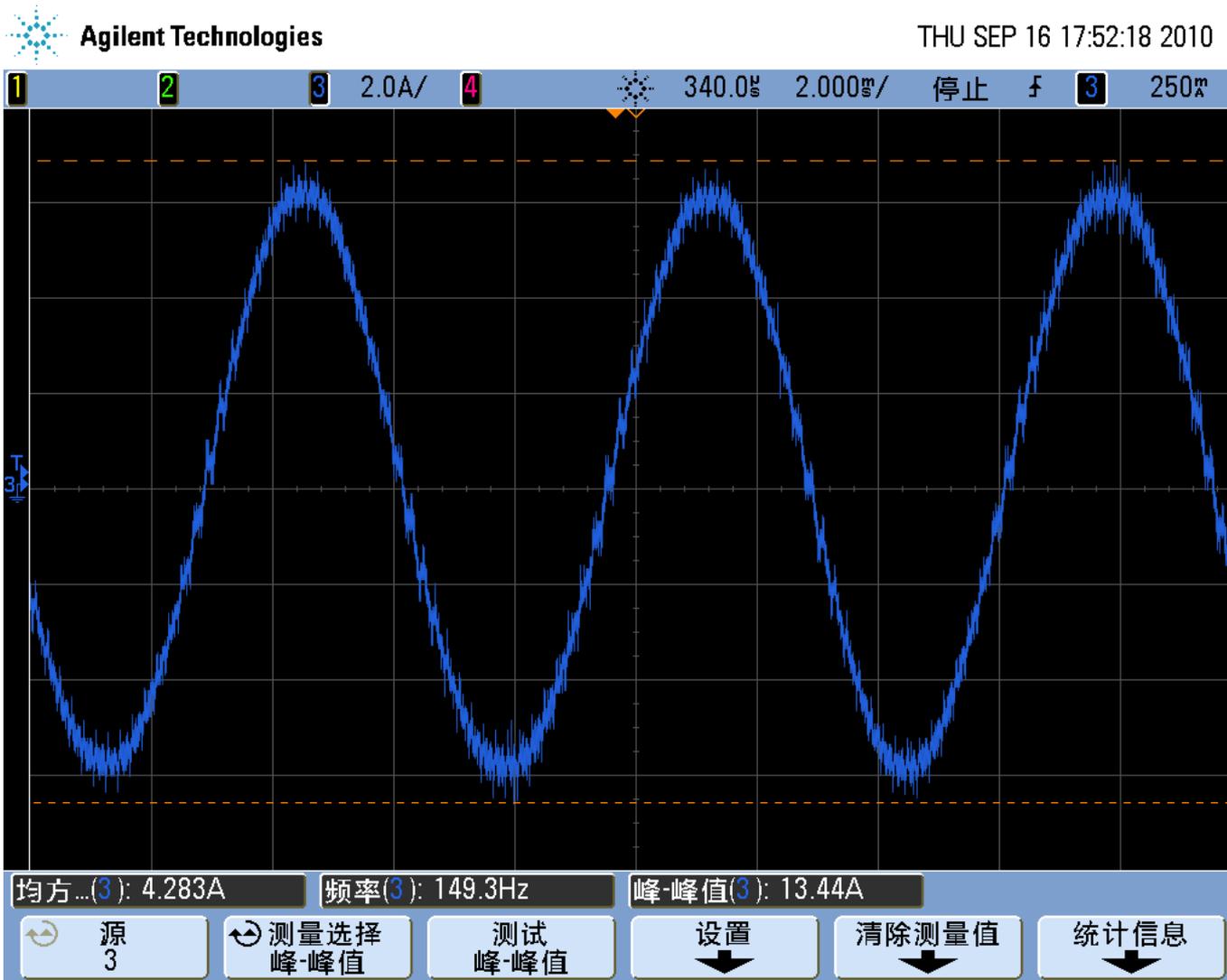
# 启动波形 (DA130S1C-20FZ) 双转子 压缩机



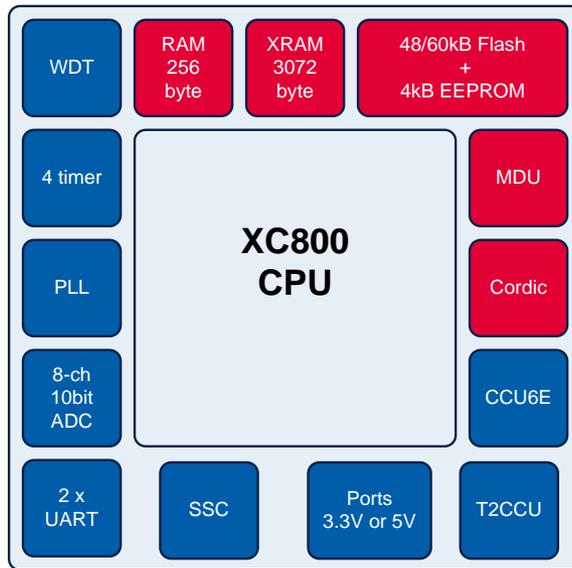
# 900rpm 波形 ( DA130S1C-20FZ )



# 4500rpm波形 ( DA130S1C-20FZ )



# XC878CM-13/16FF: Target Features and Benefits



## Key Benefits

- High performance
  - Zero wait state flash
  - 16-bit Vector computer operating at 2x CPU clock
- 64 kByte Flash Memory for Program and Data
- CCU6 + T2CCU PWM timers
  - Capable of running multiple motors
  - 1 Motor + PFC

## Key Features

- 48/64 kByte Flash (incl. 4 kByte data flash)
- XC800 core @ 27.7MHz at 0 wait state
- 3 KB RAM
- 2 x UART (full duplex feature)
- On-chip OSC and PLL for clock generation
- Synchronous Serial Channel (SPI comp.)
- 16-bit Vector Computer
  - Multiplication/Division Unit (MDU)
  - CORDIC (High speed computation of trigonometric and hyperbolic functions)
- 8 channel 10-bit A/D converter
- Four 16-bit General purpose timers
- CAPCOM for multifunctional motor control
- T2CCU: PWM timer
- Brown out detection
- Watchdog Timer with programmable window
- On-chip debugging interface (JTAG)
- Power saving modes
- General-purpose I/O Port (46 GPIO)
- Package: PG-LQFP-64
- Temperature ranges:
  - -40° C to +85/105° C
- Voltage range from 3.0 to 5.5V

# 英飞凌XC878双核系列微控制器

- 增强型8051内核
  - 26.67MHz工作主频，双机器周期
- 高性能的16位矢量计算机(48MHz clock)
  - =完全可编程的协处理器(CORDIC)+16位乘/除单元
  - 可以实现各种三角运算、矢量旋转和各种变换
  - 提供各种硬件定点、浮点运算库
  - 对CPU的依赖度大为降低
- 面向电机控制应用专用控制单元(48MHz Clock)
  - 专用的电机控制单元 (CAPCOM6E)
    - 16位精度，用于高精度SVPWM的产生
    - 死区时间自动插入，可直接控制MOSFET/IGBT
    - CTRAP可提供硬件保护功能
  - 10位快速模数转换器 (转换时间小于1.5 $\mu$ s)
    - 实现单次电流测量
    - 最大限度地减少盲角以降低转矩脉动
    - 与PWM单元实现硬件同步以降低CPU负荷
    - 四个结果寄存器，最大限度地提高采样性能

# 使用XC800实现FOC参考设计方案对系统的要求

## ■ 优化的FOC控制算法

### □ 程序存储器需求:

- ~500字节的常量Flash
- ~4700字节的程序Flash

### □ 数据存储器需求:

- ~200字节的IRAM
- ~600字节的XRAM (用于存储电流采样值, 可由串口发送到上位机)

# 方案中的资源分配一览

## ■ CCU6

- 产生电机驱动所需要的6路PWM并实现电路硬件（CTRAP）保护功能

## ■ ADC

- 采样电流取样信号和控制器硬件保护所需的物理量

## ■ CORDIC

- 空间矢量脉宽调制信号（SVPWM）的产生、矢量变换、电流估算

## ■ MDU

- PI参数调节

## ■ UART

- 与上位机通信以获取所要控制的参数

# 英飞凌空调方案的总体介绍

## 上位机控制软件界面



# 英飞凌方案的软件系统介绍

## 上位机控制界面——参数配置

The screenshot displays the '无位置传感器电机控制系统' (Sensorless Motor Control System) software interface. The main window is titled '参数设置' (Parameter Configuration) and is divided into several sections:

- 在线参数给定 (Online Parameter Setting):** Shows '给定转速范围: 500rpm ~ 7200rpm' and '给定转速: 2000 rpm'. A '确定' (Confirm) button is present.
- 系统控制 (System Control):** Includes buttons for '连接' (Connect), '断开' (Disconnect), '串口设置' (Serial Port Settings), and '参数设置' (Parameter Settings, highlighted with a red box).
- 电机控制 (Motor Control):** Includes '启动' (Start) and '停止' (Stop) buttons.
- 运行状态 (Running Status):** Radio buttons for '运行' (Running) and '停止' (Stop).
- 转速检测 (Speed Detection):** A vertical scale from 0 to 6000 rpm.
- 电流波形 (Current Waveform):** A vertical scale from -10.0 to 10.0 A.
- 参数设置 (Parameter Configuration) - Detailed View:**
  - α轴电流环 (α-axis current loop):** Kp (0 Hex), Ki (0 Hex), 饱和值 (0 Hex).
  - β轴电流环 (β-axis current loop):** Kp (0 Hex), Ki (0 Hex), 饱和值 (0 Hex).
  - 速度环 (Speed loop):** Kp (0 Hex), Ki (0 Hex), 饱和值 (0 Hex).
  - 无位置算法 (Sensorless Algorithm):** (Highlighted with a red box)
    - RSCL (0 Hex), LSCL (0 Hex)
    - FSCL (0 Hex), 起动时间 (0 Hex)
    - USCL (0 Hex), 起动电流 (0 A)
  - 保护值设定 (Protection Value Setting):**
    - 过流 (0 A)
    - 过压 (0 V)
    - 欠压 (0 V)
    - 过热 (0 °C)
- Bottom Panel:** '上传' (Upload, highlighted with a red box), '下载' (Download, highlighted with a red box), and '退出' (Exit) buttons.

## 英飞凌其他可应用于空调的产品

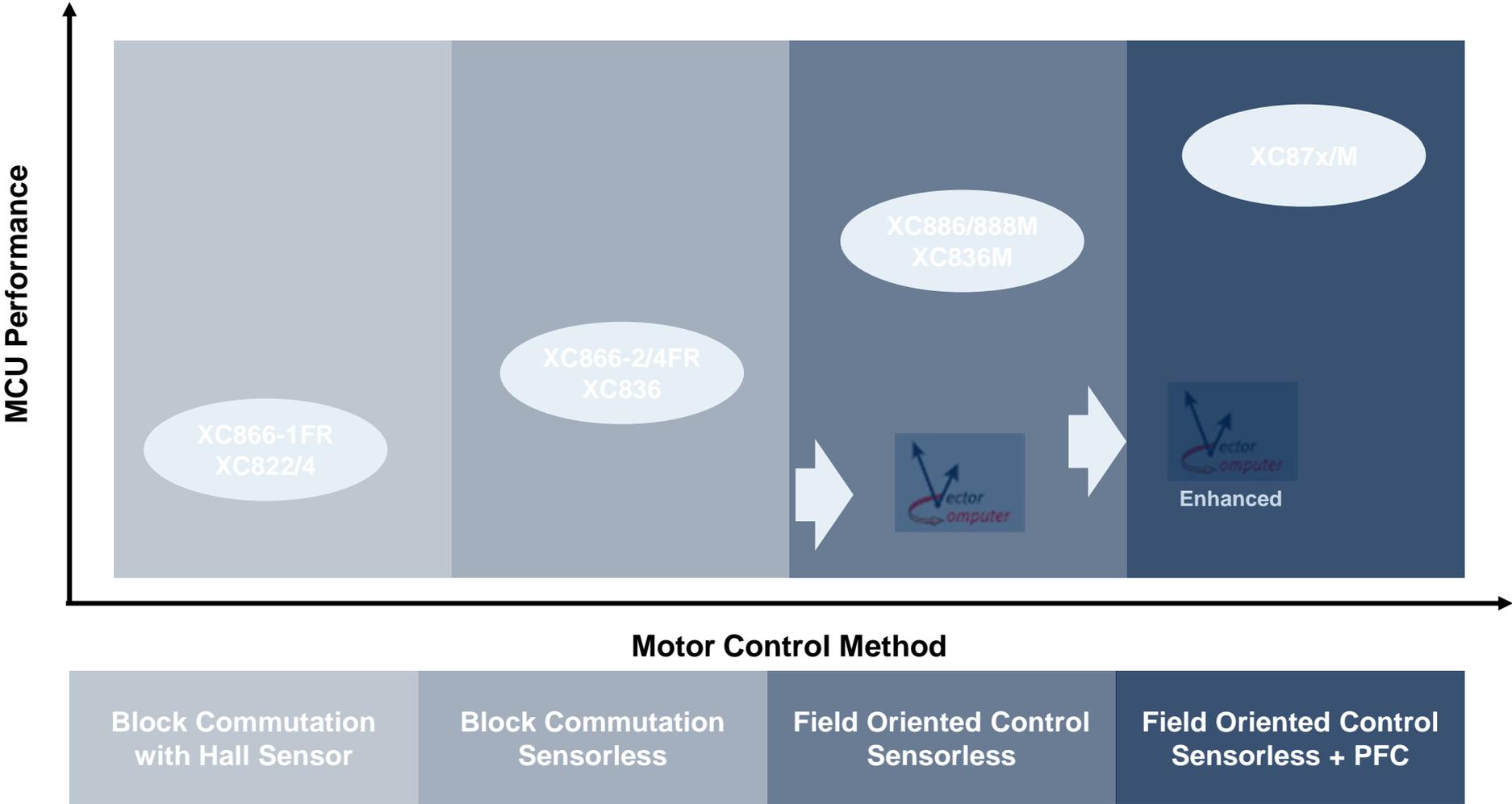
|          |                    |  |
|----------|--------------------|--|
| 单片机      | SAF-XE162HN-16F80L | 高性能16位实时信号控制器，80MHz with MAC, 128K片上FLASH，2个电机控制专用单元，快速双A/D，专用PWM控制单元，适合一体机。 |
| 分离IGBT驱动 | 6ED003L06-F        | 6路PWM驱动器   |
| IGBT单管*  | IKA15N60T          | 单管IGBT，600V/15A(用于功率驱动)  |
| IGBT单管   | IGW30N60T          | 单管IGBT，600V/30A(用于PFC)   |
| Diode    | IDP30E60           | 快速二级管，用于整流   |
| PFC IC   | ICE2PCS01          | 宽输入电压，输入关断保护   |
| Coolset  | ICB3B0365J         | 开关电源控制芯片（5V/15V 输出）  |

\* 英飞凌可提供不同功率等级的IGBT单管

# 主要内容

- 基于正旋波hall 直流无刷电机风机 参考设计介绍
- 基于磁场定向控制无hall直流无刷电机风机参考设计介绍
- 基于 XC878 空调压缩机参考设计介绍
- 其它信息

# Infineon's XC800 8-bit Family Offers the Scalability Required for a Wide Range of Motor Control Applications

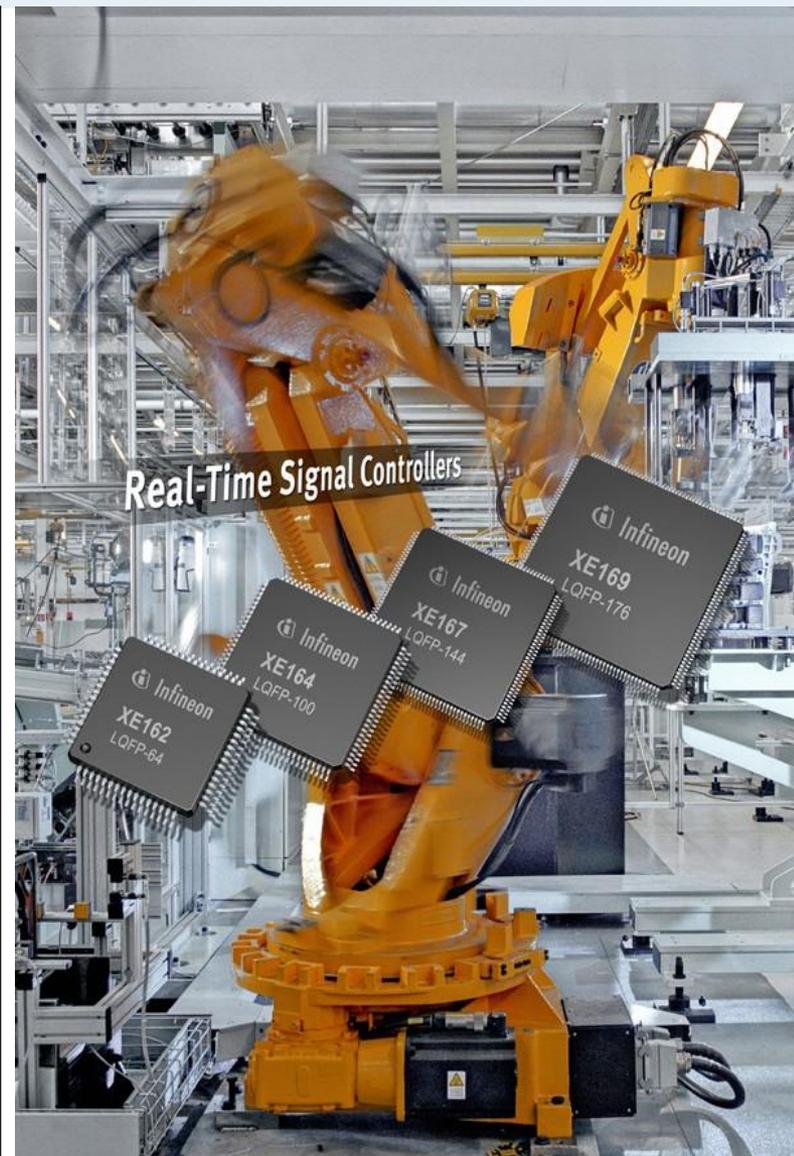


# XE166 实时信号控制器

## 主要特性

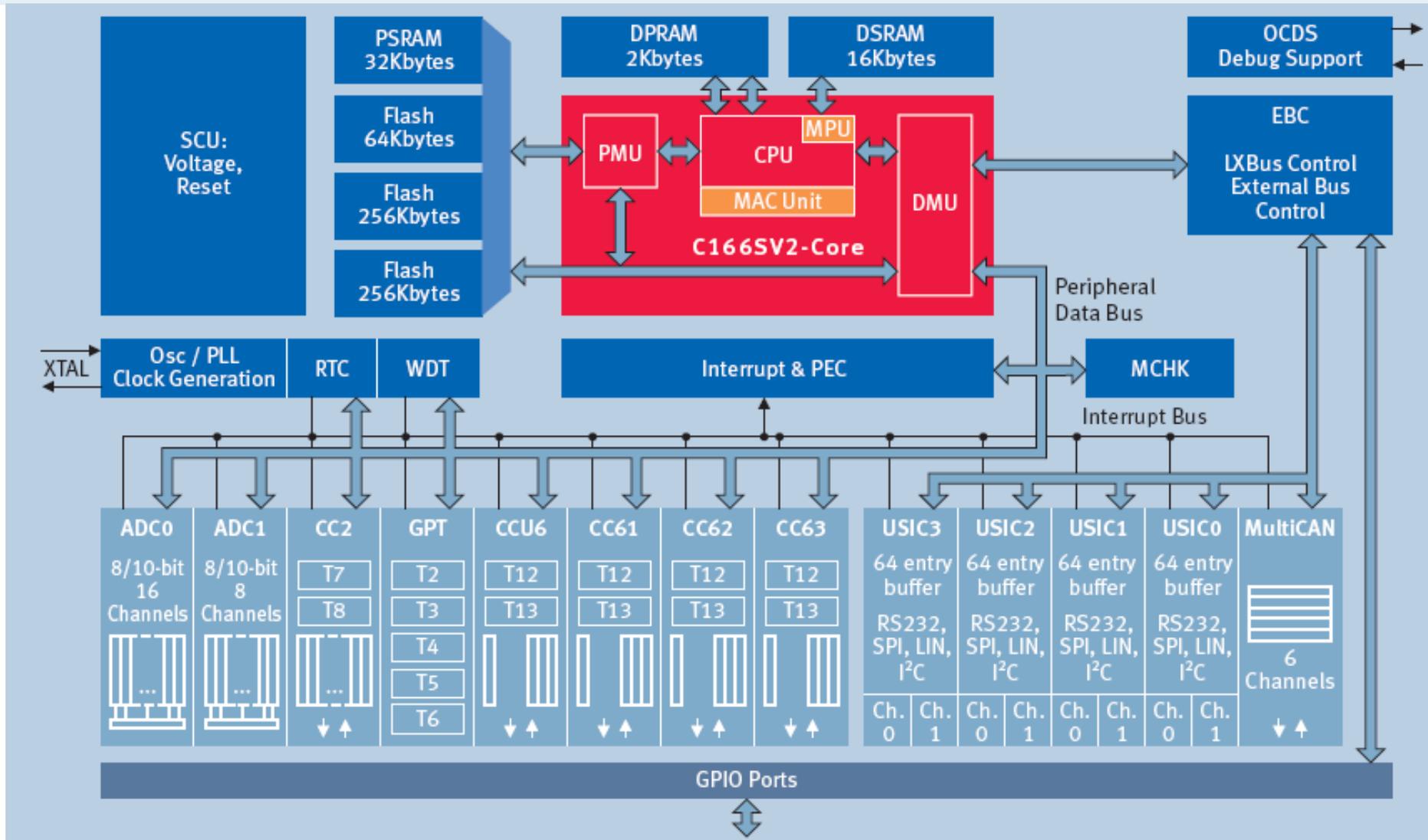


- 高达**80 MIPS**
- 中断延迟小于**100 ns**
- 高存储容量
  - 高达 **1600 KB Flash**
  - 高达 **138 KB RAM**
- 双**ADC**模块
  - **10位**转换精度( $\pm 2\text{LSB}$ )
  - 多达**24**路通道
  - 最小**675ns**转换时间
- 多达**4**个专用**CCU6**模块
- 灵活的通用串行接口单元(**USIC**), 可支持**ASC**、**SSC**、**I<sup>2</sup>C**、**LIN**、**I<sup>2</sup>S**
- 多达**6**个**CAN**节点
- 灵活的**IO**电压**3.3~5 V**
- **4**种不同的封装类型
  - **QFP64**、**QFP100**、**QFP144**、**QFP176**
  - **TSSOP38**、**VQFN48**、**TQFP64** available in Jun



■ 2014年10月 产品生命周期长, 可保证持续稳定的 产品供应

# XE166 架构 (以XE167FM系列为例)



# XE166内核主要特点

## C166SV2内核

### MCU

- 主频高达100MHz
- 单指令执行周期
- 2级指令预取流水线，5级执行流水线
- 高性能的分支、调用和循环处理
- 分支检测和预测指令 (JMPA, CALLA..)
- 零周期跳转
- 快速上下文切换（单周期）
- 灵活的中断系统
- **PEC单元实现类DMA数据传送**

### DSP

- 高达100MIPS
- 单周期16位 x 16 位乘法
- 15个时钟周期32位x32位乘法
- DSP 指令集 (CoXXX 指令)
- 2KB DPRAM可以并行处理读写操作，进而提高DSP处理速度
- 支持KEIL和TASKING编译器的丰富DSP库函数

# 1. 集成度最高 – 节约成本

## ■ 单电源供电（嵌入式电压调节器）

- 用于产生内核电压
- 由电源验证电路来监控电压
- 欠压检测

## ■ 片内振荡器

- 可选择通过片内振荡器或XTAL产生时钟
- 片外晶振一旦出现问题（如果外部晶振失效），紧急启用片内振荡器

## ■ 数据Flash（可模拟EEPROM）

- 节省片外EEPROM

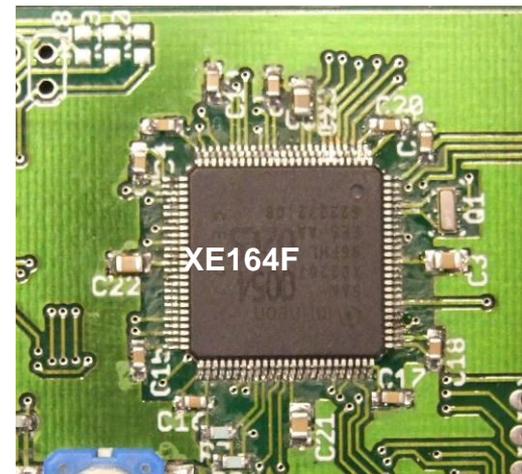
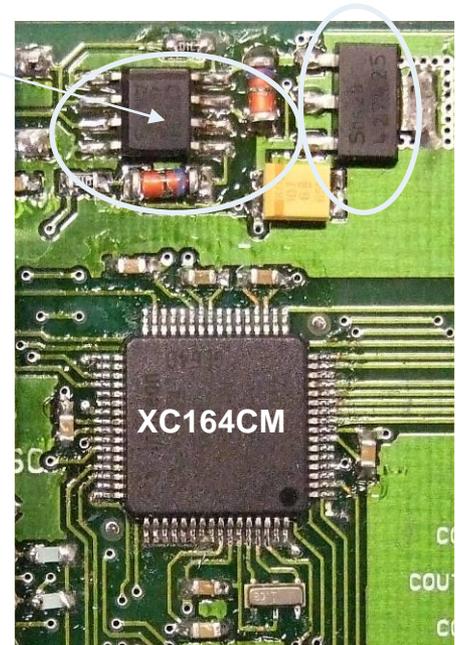
## ■ 灵活产生复位信号

- 多种可触发冷、热复位的片外和片内复位请求源

## ■ IO口的可配置性能够有效降低EMC和减少片外元件

2.5 V电压调节器

电源看门狗

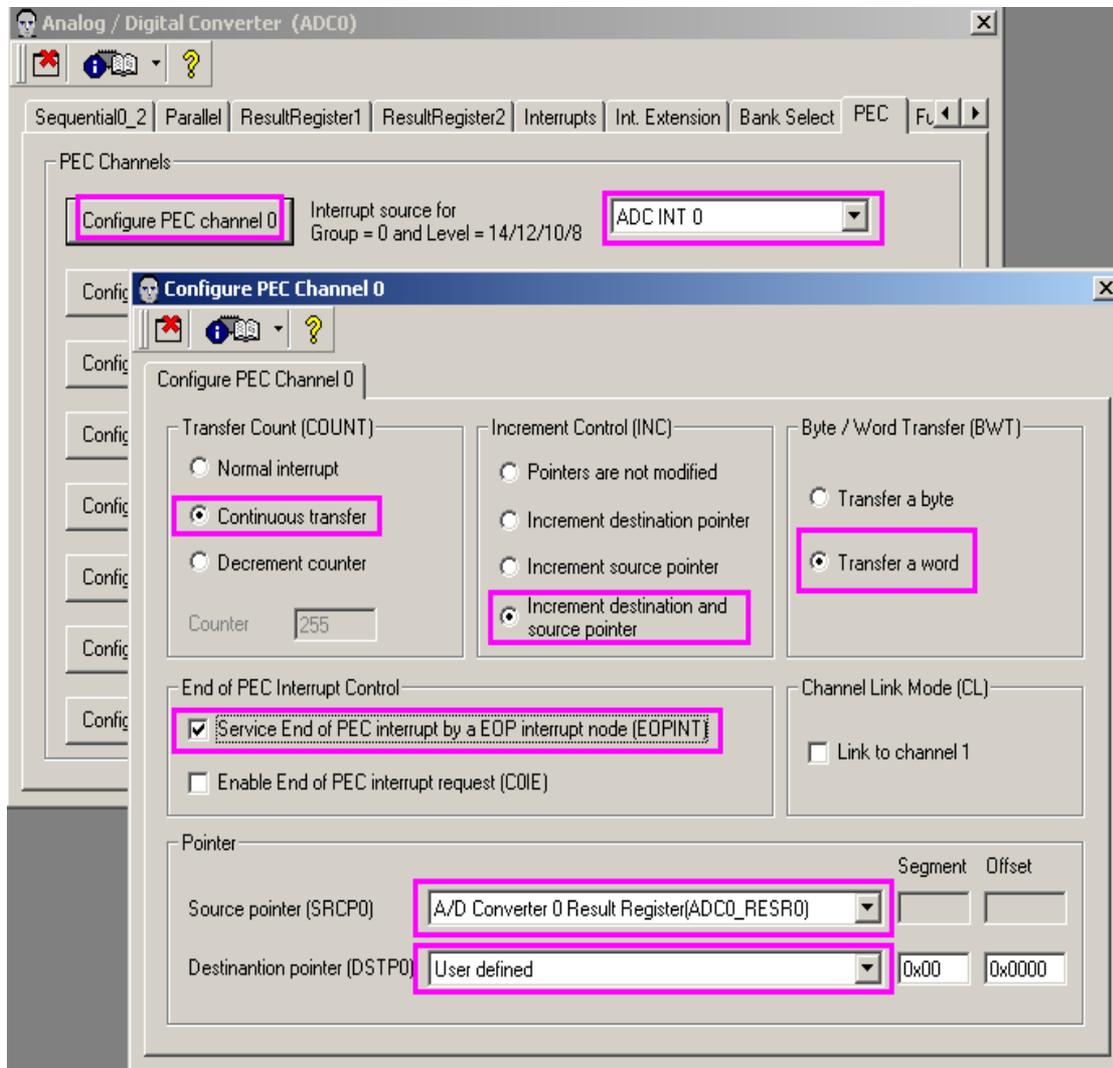


## 2. 类DMA快速数据传送（外围事件控制器PEC）



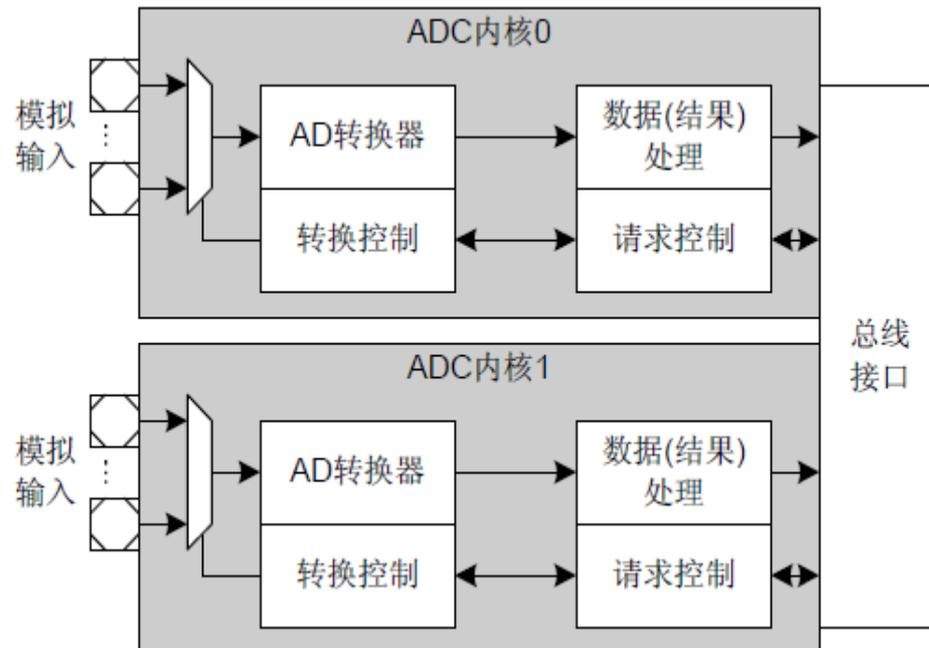
### 外围事件控制器 (PEC) 实现单周期数据传送

- 8路PEC通道
- PEC中断请求级别可编程设置(级别15~8)
- PEC结束中断的独立中断级别可选
- 源指针和目的指针全24位寻址
- 可由两个PEC通道构成一对进行数据传送（如0-1, 2-3, 3-4, 5-6, 6-7）



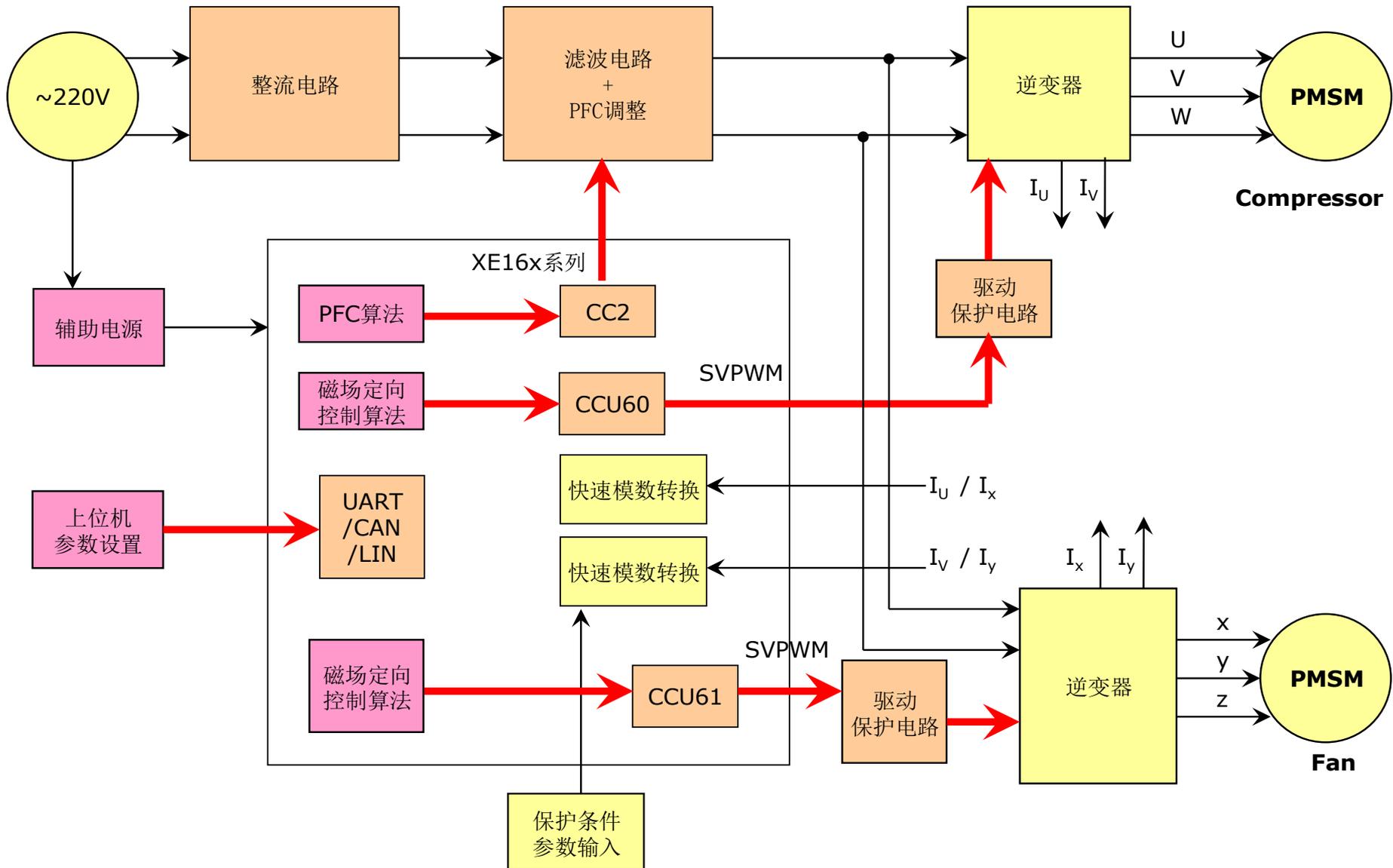
## 7. 高性能双ADC模块

- 2个独立的、具有同步转换功能的ADC模块，总共最多30路通道
- 5V/3.3V电源电压
- 10位转换精度  $\pm 2\text{LSB}$ ，80MHz下转换时间最小675ns
- 通道0的假名特性（Alias Mode）
- 可选择数据预处理（数据压缩滤波、极限范围检查）
- 具备结果FIFO功能
- 可由来自CCU6和定时器单元的事件
- 可触发CCU6



# 使用XE16x 系列单片机

## 可实现压缩机+风机+软件PFC多合一空调解决方案





# ENERGY EFFICIENCY MOBILITY SECURITY

Innovative semiconductor solutions for energy efficiency, mobility and security.

