

嵌入式芯片 DSP 在直流变频空调中的应用

汪辉

(上海日立电器有限公司 产品开发部)

摘要:本文介绍了数字信号处理器 TMS320F2402 的性能特点以及它们在直流变频空调控制器中的应用。并针对上海日立的直流变频压缩机给出了一个应用实例。

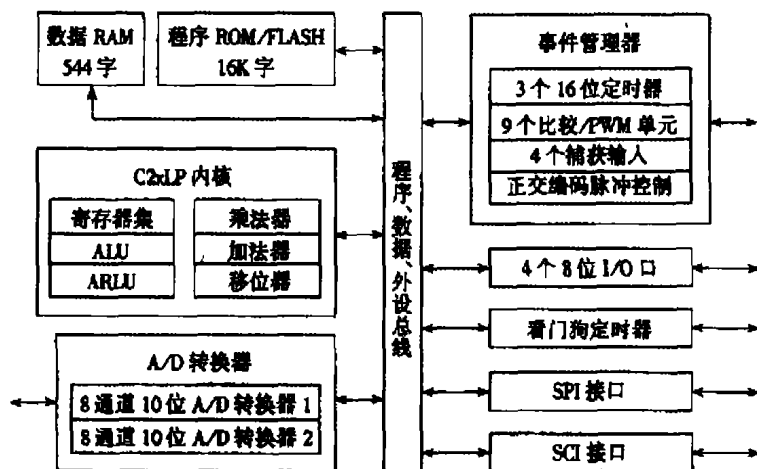
关键词:DSP(数字信号处理器) 直流变频 IPM(智能功率模块)

1 引言

随着人民生活水平的提高,空调器正走入千家万户,从国内外的空调发展来看正由定速向变频发展。日本的变频市场经过 90 年代的飞跃发展,在日本市场份额已经达到了 95% 以上。而变频空调中国市场的份额只有 10% 不到,其中直流变频空调更少。但最近我们国家能源紧缺,政府不断支持推行高效节能的产品,直流变频必然会得到大量应用。

采用直流变频技术的空调系统具有快速制冷/制热能力、舒适性、节能、无电流冲击启动等特点。变频调速控制系统中最关键的是变频压缩机的驱动,嵌入式控制芯片 DSP 对压缩机驱动性能具有很大的影响。高性能的 DSP 控制芯片能够提高空调的效率,减低振动噪音。DSP 必然会在变频空调中得到广泛应用。我们根据 TI 公司的 DSP (digital signal processor) TMS320F2402 芯片,设计了一个直流变频空调控制器。

2 TMS320F240x DSP 的性能、结构



TMS320F240x DSP 是专为电机控制而设计的一种 32 位信号处理器。在片内集成了 544 字节

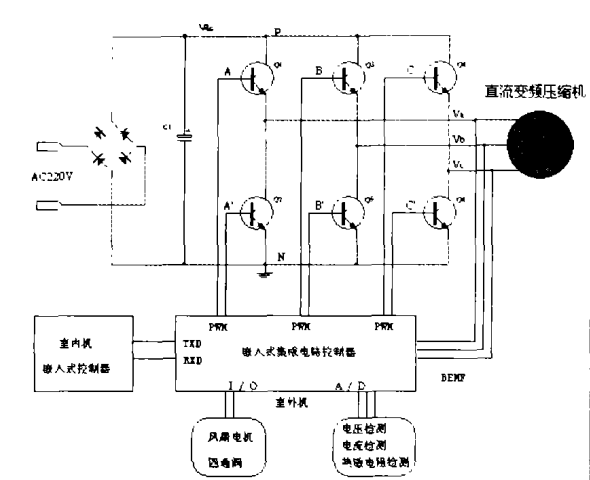
DARAM, 1/2/4/8/32K 字节 Flash/ROM, 可寻址 224K 的空间,能满足复杂的变频控制系统的程序容量。

同时它具有很强的数据运算能力。有一个 32 位的 CALU、32 位的累加器、 16×16 的乘法器、3 个移位器,它能在一个指令周期内完成 16×16 的乘法。它还有 8 个 16 位的辅助寄存器,加上它双总线结构(数据总线和地址总线分开),能同时对程序空间和数据空间进行操作,还有 TI DSP 特有的流水线(Four_level PIPELINE)结构,在每一指令周期内可进行四种操作:Fetch、Decode、Operand、Execute,使 TMS320F240x 的运算速度达到 30MIPS。

TMS320F240x 不但数据处理能力强大,它对外设的处理能力也很突出,它有一个 Event Manager,包含了 8 个 16 位的 PWM channels,产生对称或非对称的 PWM 波性,可编程的 PWM 死区时间控制,防止功率模块上下桥同时导通,能同时控制两个直流无刷电机,最适合与全直流变频空调系统的开发应用。2 个 16 位的时钟发生器,8 个 10 位 D/A 转换器,转换速度快达 850ns,能把外部的模拟信号快速准确的转换成数字信号,4 个 16 位的捕捉口,能快速的相应外部中断信号。有四路并行通讯口,二路串行通讯口,可方便地与外部的 DSP 或 MCU 进行联系。

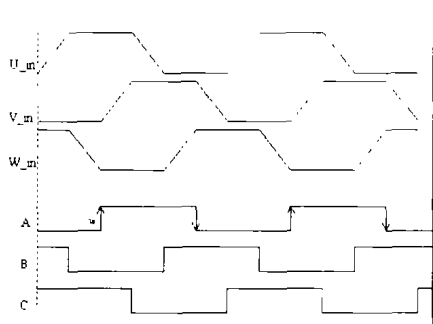
3 TMS320F2402 在直流变频空调系统中的应用

针对 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F2402,我们设计开发了直流变频空调的室外机电控系统。压缩机采用上海日立的直流变频压缩机,再加上系统所需的各外围器件:风机、四通阀、热敏电阻采用电路、电流电压采用电路、室内、外的通讯电路等,组成了一种适合工薪阶层、性价比较高的直流变频空调系统。下图为采用 DSP 控制芯片的直流变频空调室外控制器的功能图。



3.1 DSP 对直流变频压缩机的应用

在这个方案中输入电压为交流电 220V, 经过整流滤波得到 300V 的直流电压, 它提供了压缩机的工作电源。上海日立的压缩机采用无刷直流电机, 所以我们采用无位置传感技术 (BLDC) 的控制方法。直接从压缩机的线圈端口检测感应电压, 经过位置检测电路对感应电压信号进行处理, 得到压缩机的换相的位置信号 (见下图)。



U_{in} 、 V_{in} 、 W_{in} 是压缩机无刷电机的感应反电势, U 、 V 、 W 三路反电势信号是相位差为 120 度的梯形波。DSP 根据反电势过零点的方法, 计算得到压缩机转子的三相位置信号, 能够很方便地进行相位转换, 使直流变频压缩机正常运转。通过嵌入式芯片的计算、处理, 调整位置信号换相点的延迟时间, 控制功率模块的驱动信号, 使切换时冲击电流尽量减少。

由于 DSP 有很强的运算能力, 可以很快得到压缩机的当前的转速值, 采取合适的控制方法。在此选用 PI (Proportion_Integral) 调节器, 比例系数 (Proportion) 能提高系统快速适应负载的能力, 积分系数 (Integral) 能提高系统的稳态性能, 因此比例和积分系数相配合, 可以较好地控制系统的动态、稳态特性。在不同的工况下, 压缩机的转速可稳定在设定值, 减少振动噪音。

3.2 DSP 芯片对空调保护的处理

DSP 控制单元通过 10 位的 D/A 转换器对各种模拟信号进行检测, 由于 DSP 的 D/A 转换速度很快, 只有 850ns, 比一般的 MCU D/A 转换快了一个数量级, 所以 DSP 能很快得到外部的各种模拟信号量的状态, 如: 总线电压值、总线电流值、压缩机的温度值等。DSP 通过对总线电压进行测量, 进行电压补偿, 使压缩机能在电压 160V~250V 的范围内正常启动运行, 能动态跟踪电网电压的波动, 进行电压补偿, 自动调节压缩机的驱动信号, 维持压缩机工作在最佳的工作点。能在每个载波周期对总线电流测量, 得到压缩机的动态电流, 然后进行相应的控制, 如电流保护、过负载控制等, 使压缩机运行稳定可靠。

3.3 DSP 芯片对空调系统模糊算法的应用

针对制冷系统具有滞后大、非线性的特点, 存在很多不确定的外界因数, 难以建立准确的数学模型, 采用 PID 控制算法时参数整定比较麻烦。采用模糊逻辑 PID 控制技术可以模仿人的思维方法, 运用不确定不精确的模糊信息来决策实现系统控制。压缩机转速的控制采用 Fuzzy-PID 复合控制, 即模糊 PID 控制, 当误差较大时采用模糊控制, 而误差较小时采用 PID 控制, 从而既保证动态响应效果, 又能改善稳态控制精度, 使模糊控制器和 PID 调节器共同合成控制作用。DSP 强大的数字计算能力, 能够快速实时地完成模糊运算, 得到压缩机驱动转速。能够实时根据系统工况, 调节压缩机能力的输出, 降低功率损耗, 提高系统效率, 减少空调的温度波动。

4 小结

TMS320F2402 DSP 这一类嵌入式控制芯片是半导体技术高速发展的产物。DSP 芯片具有强大的数字计算能力和丰富的外设处理接口, 它们在变频空调控制系统中的应用, 提高了空调的效率, 增加了舒适性。为节约能源, 提高人民生活水平作出了贡献。

参考文献

1、TMS320C24x DSP Controllers CPU System and Instruction Set"

Copyright TI Incorporated Literature Number: SPRU160B 1997。

2、《PWM 变频调速技术》陈国呈 机械工业出版社 1998