

## 基于运动控制芯片 AFD-X05 的开放式五轴五联动数控系统的应用

**关键字：**

AFD-X05 FPGA SOC 五轴五联动 G 代码 运动控制器

**摘要：**

运动控制芯片 AFD-X05 是基 FPGA 实现的芯片，能够完成高速高精度的数控加工。其运动控制的稳定性和可靠性要比 DSP 系统或基于 DSP 技术的运动控制芯片如 MCX314 等要高一个等级。五轴五联动运动控制器支持大部分的 G 代码、M 代码和宏指令，也具有可组配、模块化和开放式等特点。特别是它支持五轴直线插补，可以用计算机编写大型的五轴联动复杂软件，通过五轴五联动运动控制器控制数控机床完成加工，促进国产中高档数控系统软件水平的提高。本文介绍用它来快速开发一套五轴铣床数控系统。

### 一、引言

当前，各种运动控制卡的二次开发的比较复杂。目前国内比较多的工程师都熟悉数控系统的 G 代码，在 ARM 32 位单片机和国产运动控制芯片 AFD-X05 的基础上，研制成的可执行 G 代码的五轴联动运动控制器，使得二次开发变简单了。应用这种支持五轴直线插补的高速高精度的运动控制器，再开发各种专用的数控系统，工程师们只需将精力放在大型的复杂的软件开发上面，完全不需要去了解硬件。

### 二、G 代码五轴联动运动控制器的硬件系统

#### 2.1 AFDX05 运动控制芯片

云山数控研发的 AFDX05 运动控制芯片，支持任意 2~5 轴直线插补，任意 2 轴圆弧插补，多达 6 级的运动指令缓冲区，特别适合高速多线段或圆弧连续插补的运动控制，另外，还有反向间隙补偿，速度控制，加减速控制，位置控制，通用输入输出，8/16 位数据总线，中断发生，硬件限位，软件限位，紧急停止，暂停，编码器信号输入等功能，驱动脉冲频率高达 8MPPS、插补精度  $\pm 5\text{LSB}$ 。用于控制以脉冲序列方式输入的伺服电机、步进电机。

“中国芯” AFDX05，更加符合中国人的使用习惯。可以控制最多 5 轴的点位运动、连续轨迹运动、同步运动等应用。

#### 2.2 ARM 32 位单片机

CPU 为 S3C44BOX。32M Flash。脉冲方向差动输出驱动。60 路光耦隔离输入 42 路集电极开路光耦隔离输出 或 36 路光耦隔离输入 20 路集电极开路光耦隔离输出。5 路步进/伺服电机脉冲光耦隔离输出，最高频率 4MHz。32 位逻辑位置 and 实际位置计数器。RS232 通讯。硬件部分已模块化，无需任何硬件知识即可开发。

### 三、G 代码五轴联动运动控制器的软件系统

#### 3.1 支持的 G 代码

G 代码	分组	功能
*G00	1	定位（快速移动）
*G01	1	直线插补（进给速度）

G02	1	顺时针圆弧插补
G03	1	逆时针圆弧插补
G04	0	暂停，精确停止
*G17	2	选择 X 平面
G18	2	选择 Z 平面
G19	2	选择 Y 平面
G27	0	返回并检查参考点
G28	0	返回参考点
G29	0	从参考点返回
G30	0	返回第二参考点
*G40	7	取消刀具半径补偿
G41	7	左侧刀具半径补偿
G42	7	右侧刀具半径补偿
G43	8	刀具长度补偿 +
G44	8	刀具长度补偿 -
*G49	8	取消刀具长度补偿
G52	0	设置局部坐标系
G53	0	选择机床坐标系
*G54	14	选用 1 号工件坐标系
G55	14	选用 2 号工件坐标系
G56	14	选用 3 号工件坐标系
G57	14	选用 4 号工件坐标系
G58	14	选用 5 号工件坐标系
G59	14	选用 6 号工件坐标系
G60	0	单一方向定位
*G64	15	切削方式
G65	0	宏程序调用
G66	12	模态宏程序调用
*G67	12	模态宏程序调用取消
*G90	3	绝对值指令方式
*G91	3	增量值指令方式
G92	0	工件零点设定
*G98	10	固定循环返回初始点
G99	10	固定循环返回 R 点

### 3.2 支持的 M 代码

M 代码	功能	
M00	程序停止	
M01	条件程序停止	
M02	程序结束	
M03	主轴正转	
M04	主轴反转	
M05	主轴停止	

M06	刀具交换	
M08	冷却开	
M09	冷却关	
M18	主轴定向解除	
M19	主轴定向	
M30	程序结束并返回程序头	
M50	备用输出 1 开	
M51	备用输出 1 关	
M52	备用输出 2 开	
M53	备用输出 2 关	
M54	备用输出 3 开	
M55	备用输出 3 关	
M56	备用输出 4 开	
M57	备用输出 4 关	
...	...	
M98	调用子程序	
M99	子程序结束返回 / 重复执行	

### 3.2 宏指令编程

变量号	变量类型	功能
#0	“空”	这个变量总是空的,不能赋值。
#1~#33	地方变量	地方变量只能在宏中使用,以保持操作的结果,关闭电源时,地方变量被初始化成“空”。宏调用时,自变量分配给地方变量。
#100~#149 #500~#531	公共变量	公共变量可在不同的宏程序间共享。关闭电源时变量#100~#149被初始化成“空”,而变量#500~#531保持数据。公共变量#150~#199和#532~#999可以选用,但是当这些变量被使用时,纸带长度减少了8.5米。
#1000~	系统变量	系统变量用于读写各种NC数据项,如当前位置、刀具补偿值
#2000~#2059	I/O 输入	60路光耦隔离输入信号

## 四、三轴铣床数控系统开发实例

### 4.1 参数初始化。

以下参数,五个轴,每个轴的都有。

参数名称	参数设置	参数单位
脉冲当量	P01=XXX.XXXXXX	毫米
G00 指令速度	P02=XXXX	毫米/分钟
G01 指令速度	P03=XXXX	毫米/分钟
G02 指令速度	P04=XXXX	毫米/分钟
G03 指令速度	P05=XXXX	毫米/分钟
起始速度	P06=XXXX	毫米/分钟

加速时间	P07=XXXX	毫秒
正向软限位	P08=XXXX	毫米
负向软限位	P09=XXXX	毫米
反向间隙补偿	P10=XXXX	毫米
回零速度	P11=XXXX	毫米/分钟
手动速度	P12=XXXX	毫米/分钟
最大进给速度	P13=XXXX	毫米/分钟
系统总刀数	P14=XX	
M 代码等待时间	P15=XXXX	毫秒
回参考点坐标	P16=XXX.XXXXXX	毫米
主轴编码器线数	P17=XXXX	(/R)
归零方向	P18=X	
换刀基准位	P19=XXX.XXXXXX	毫米
换刀安全高度	P20=XXX.XXXXXX	毫米
换刀间隔	P21=XXX.XXXXXX	毫米
换刀速度	P22=XXX.XXXXXX	毫米/分钟
最大行程	P23=XXX.XXXXXX	毫米
设置工件坐标系	P25=XXX.XXXXXX	毫米

#### 4.2 发送 G 代码，控制机床工作。如：

```
G54
M03 X8
G0 G90 G17
G28
G00X-2.046Y59.111Z10.000
Z4.000
G01Z-1.000F300
G17
G02X1.245Y54.864I -54.422J-45.566K0.000F800
X2.203Y53.318I -15.407J-10.613K0.000
G00Z10.000
G91 G28 M09
```

### 五、小结。

基于该开放式五轴五联动数控系统平台做开发，只需要将 G 代码传送到这个平台，可以快速开发出一套基于国际标准 G 代码加工的专用数控系统。应用开发工程师在完全不需要了解硬件的情况下，集中精力做好特定的行业专用数控系统。降低数控系统的开发成本，促进数控机床的普及应用。