

文章编号: 1672 - 058X(2009)05 - 0472 - 05

一种用旋转电子编码器检测绝对角度位置的方法与实现

贺 玲 玲

(重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院, 重庆 400067)

摘 要: DS - 25 旋转电子编码器能够很好地与机械电子应用相匹配, 实现对绝对角度位置的检测。但其复杂的查表过程降低了软件灵活性, 并增加表格存储空间进而增加硬件成本; 通过对 DS - 25 的两种工作模式分析提出算法改进方案, 方案利用粗略模式下得到的角度值推算精确模式下的信号周期序号, 并结合精确模式下测量到的角度值计算编码器对应的绝对角度位置, 能节约近 2 KB 的存储空间; 另外, DS - 25 输出的 2 路模拟信号在前级放大处理时, 因器件的离散性, 必然造成 2 路信号之间存在偏差, 通过软件调整 2 路信号之间的比例系数来补平信号差异, 提升程序的适应能力; 实验证明: 算法的改进能节约电子表格的存储空间, 角度位置误差控制在 3% 以内。

关键词: 旋转电子编码器; 粗略模式; 精细模式; 信号周期; 角度

中图分类号: TP212

文献标志码: A

编码器是把角位移或直线位移转换成电信号的一种装置^[1], 按照工作原理编码器可分为增量式和绝对式两类。增量式编码器是将位移转换成周期性的电信号, 再把这个电信号转变成计数脉冲, 用脉冲的个数表示位移的大小。绝对式编码器的每一个位置对应一个确定的数字码, 因此它的示值只与测量的起始和终止位置有关, 而与测量的中间过程无关^[2]。

绝对式编码器由机械位置决定的每个位置的唯一性, 它无需记忆, 无需找参考点, 而且不用一直计数, 什么时候需要知道位置, 什么时候就去读取它的位置。这样, 编码器的抗干扰特性、数据的可靠性大大提高。由于绝对式编码器在定位方面明显地优于增量式编码器, 已经越来越多地应用于机械与电子相结合的领域中, 如机器人、陀螺仪、工业控制等。

DS-25^[3]是以色列的内策尔精密运动传感器有限公司生产的高精密、高性能的绝对角度值型旋转电子编码器, 用户通过采集编码器输出的正弦和余弦曲线数据来确定所对应的绝对角度值。该编码器多用于军事领域, 因价格昂贵、市面上很难买到而使得其使用方面的介绍资料极少, 再加上语言和地域上的差异, 用户能够得到的技术支持也极为有限。

1 硬件接口电路设计

DS - 25 旋转电子编码器提供 sine 和 cosine 两路输出信号, 该信号为标准的正弦和余弦曲线, 而非脉冲波形, 一对 sine 和 cosine 的采集数据能够定位 0 ~ 360 范围的一个具体角度。编码器共有两种工作模式: 粗略模式和精细模式。在粗略模式下, 编码器中心轴旋转 360° 刚好对应 sine 和 cosine 的 1 个信号周期 (具体

收稿日期: 2009 - 06 - 15; 修回日期: 2009 - 09 - 13。

作者简介: 贺玲玲 (1975 -), 女, 重庆市人, 讲师, 硕士, 从事计算机软件研究。

信号周期数可在采购 DS-25 编码器时选择);精细模式下,编码器中心轴旋转 360°刚好对应 sine 和 cosine 的 8 个信号周期(同样,具体信号周期数可在采购 DS-25 编码器时选择)。工作模式的选择通过编码器的 C/F 引脚进行控制,当 C/F=0 时,DS-25 工作在粗略模式,当 C/F=1 时,DS-25 工作在精细模式。V_r为编码器输出的基于 sine 和 cosine 曲线信号的内部参考电平。具体接口电路如图 1 所示。DS-25 的工作模式选择由 CPU 的 I/O 端口控制,sine 和 cosine 信号经前级处理后,由 CPU 来采集并进行数据分析。

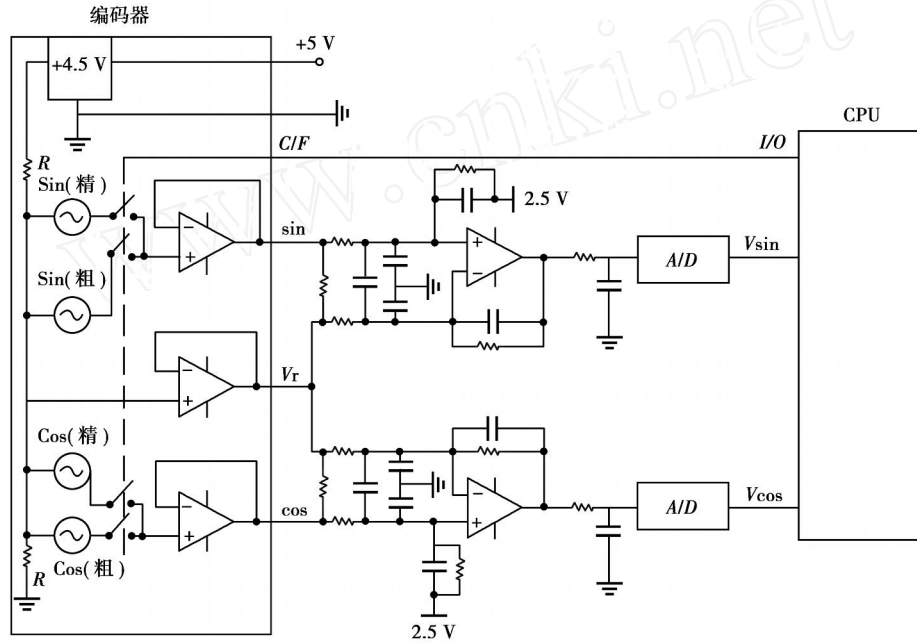


图 1 硬件接口电路图

2 绝对角度解算方法

对于绝对角度值型编码器,必须在任何时刻都知道编码器当前所对应的角度值。在实际使用时,往往因为测量精度要求而采用精细模式,在该模式下,编码器中心轴旋转 360°对应 sine 和 cosine 的 8 个信号周期,不能通过分析识别 sine 和 cosine 的值来确定具体的绝对角度值,必须先确定当前处于哪一个信号周期,如图 2(a)所示,图中的粗斜线代表粗略模式下的信号周期,细斜线代表精细模式下的信号周期。假设编码器所对应的真实绝对角度是 X,粗略模式下的测试角度是 Y_粗,对应图 2 中的 B 点,精细模式下的测试角度是 Y_精,对应图 2 中的 A 点。忽略精细模式下的误差,绝对角度 X 可以由式 (1) 得到。

$$X = N \times 45^\circ + Y_{精} / 8 \tag{1}$$

N——精确模式下的信号周期序号,最低序号为 0,最高序号为 7。

理论上,粗略模式下测试到的角度值与真实的绝对角度值 X 非常接近,满足式 (2)。

$$N \times 45^\circ + Y_{精} / 8 \approx Y_{粗} \tag{2}$$

因为 N 是整数,能够找到合适的 N 值使得式 (2) 两边的值最接近,再利用式 (1) 即可计算出真实的绝对角度值 X。

实际测量时,DS-25 先工作于粗略模式,测试出 Y_粗 以便求 N 值,再工作于精细模式下测试出 Y_精,但不能直接使用式 (1) 和式 (2) 来计算真实角度 X,因为粗略模式的固有误差和粗略模式与精细模式之间的切换时间延迟,使得精细模式和粗略模式的坐标原点存在偏差,如图 2(b) 所示,CAA 代表理想的粗略模式与实际的粗略模式信号周期偏差,而且该偏差值还不可估量。为此,编码器厂商提供了多个复杂的电子表格,通过查表的方式可确定测试角度,进而确定编码器所对应的绝对角度值。

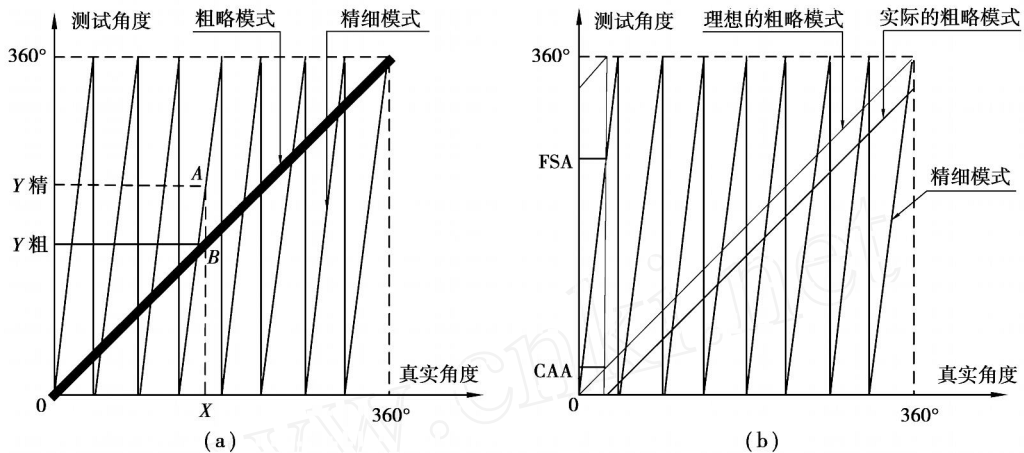


图 2 DS-25 不同工作模式下旋转一周的信号周期

由图 2(b)可见,可以用公式(3)对编码器粗略模式的测试值进行校正。

$$Y = (Y_{粗} + CAA) \bmod 360^\circ \tag{3}$$

Y ——理想的粗略模式下的角度值; CAA ——实际的粗略模式与理想的粗略模式的角度补偿值,通过公式(4)能够计算得到。

$$CAA = FSN/8 \tag{4}$$

FSN ——粗略模式下 0 角度所对应的精细模式起始角度,该数据是可以通过实验测试得到。

经过补偿后,使用公式(3)计算出理想的粗略模式下的角度值 Y ,再使用 Y 代替公式(2)中的 $Y_{粗}$ 计算出精细模式的信号周期序号 N 值,最后,使用公式(1)即可计算出真实的绝对角度值 X 。

3 软件设计

3.1 正、余弦曲线修正

由图 1 可见,编码器输出的 sine 和 cosine 信号经过放大和电平偏移处理后再送 AD 采样。因器件的离散性^[4],放大处理必然带来误差,造成正弦和余弦信号的峰峰值不一致;电平偏移处理使得 sine 和 cosine 的中心电平偏离 0 电平,需要用软件对采集数据进行修正,软件流程如图 3 所示。

无论编码器工作于粗略模式还是精细模式,CPU 测试到的正弦极值和余弦极值都指的是经过 A/D 转换后的输出值,经反复采样,该数据一定能够可靠地得到。根据正弦和余弦的极值大小,很容易分别计算出正弦和余弦曲线的中心电平值,也能计算出正弦和余弦之间的比例关系。

3.2 获得粗略模式和精细模式角度值

获取粗略模式角度值的软件流程如图 4(a)所示,用流程图 3 得到的修正参数计算出修正后的正弦和余弦值,再利用反正切函数计算出测试角度。因为反正切函数 atan() 返回的是弧度值^[5],转换成角度时使用了系数“ $180.0/\pi$ ”,其中的 π 是圆周率。为了避免



图 3 正、余弦修正流程

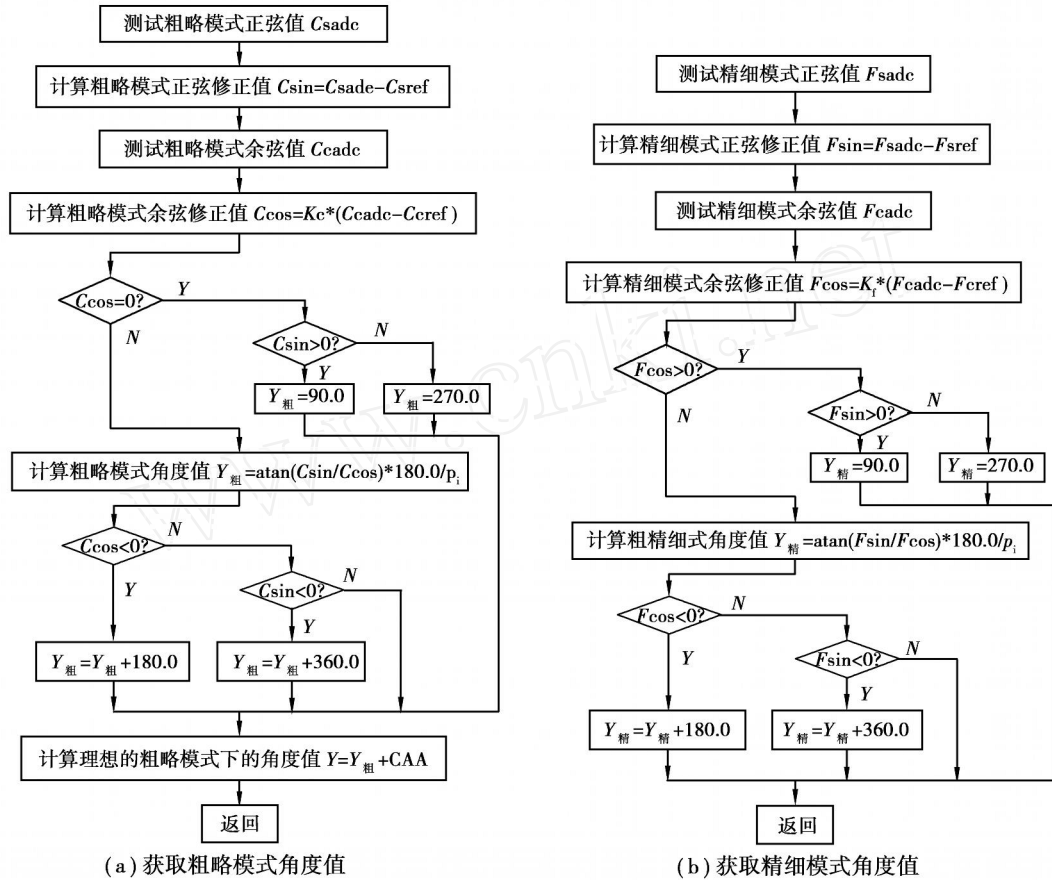


图 4 获取测试角度

反正切函数的参数为无穷大,先把余弦值为零的情况做特殊处理,当余弦值等于零时,根据正弦值可确定测试角度等于 90 或 270°;另外,反正切的取值范围是 (-90°;90°),需要根据正弦和余弦的数据把计算出来的角度值调整到 [0°;360°] 范围内。最后,利用公式 (4) 的补偿值 CAA 计算出理想的粗略模式下的测试角度。

获取精细模式角度值的方法与粗略模式的方法一致,如图 4(b)所示。

3.3 获得真实角度值

真实角度值 X 按照公式 (1) 进行计算,软件流程如图 5 所示。当计算出的真实角度值 X 与理想的粗略模式角度值 Y 的偏差小于 dif 时,就认为 X 是获得的真实绝对角度值。 dif 为粗略模式的误差与精细模式的误差之和^[6],该数据能够从购买的编码器参数中获得,实际软件中,选择 dif 为一个比较小的数据即可。

如果在 [0, 360] 范围内找不到与理想的粗略模式角度值 Y 的偏差小于 dif 的 X ,则可能是其他环节出现差错,必须放弃本次计算,给 X 赋值 365°(超过 360 范围)以表明计算出的 X 是一个无效数据。

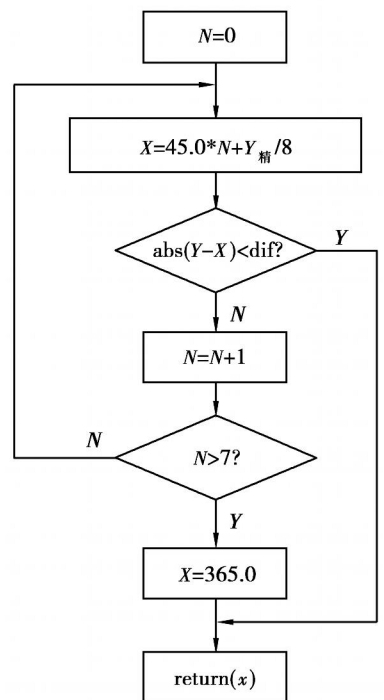


图 5 获取真实角度流程

4 实验结果

4.1 应用简介

利用一种典型的微控制器 Adu845 做本设计的 CPU,尽管该 CPU 片内集成有高精度的 AD 转换模块,但不能实现对多路同时采样,选择 14 位数据宽度的 AD7865-2 来实现 AD 功能,并制作成编码器数据采集模

块,此模块集成到重庆生普石油设备制造有限公司开发的第二代陀螺测斜仪上运行,工作性能良好,能够稳定的进行方位检测。

4.2 实验记录

把 DS-25 编码器固定到烟台环球机床附件集团有限公司生产的可倾回转工作台的中心轴上,水平旋转中心转轴,用计算机接收编码器数据采集模块测试到的位置角度,测试结果只保留小数点后 2 位。实验表明,角度误差不超过 3%,表 1 为随机抽取的一组测试数据。

表 1 测试记录

序号	机械角度 (°)	实测角度值 (°)
1	55	54.97
2	100	100.02
3	186	185.98
4	243	242.99
5	320	319.97

5 结 语

基于改进算法测试 DS-25 旋转编码器的绝对位置角度能摒弃复杂的查表过程,大量节约存储空间,增强程序的灵活性。另外,通过软件调整正弦和余弦信号之间的比例系数和中心电平来补平信号差异,可消除因器件离散性而带来的测量误差。该方法已应用到重庆生普石油设备制造有限公司所研制的第二代陀螺测斜仪上,并且试验成功,取得了满意的效果。

参考文献:

- [1] 王裕琛. 译码器 编码器 数字选择器 电子开关 电源分册 [M]. 北京:科学技术文献出版社, 2006
- [2] 张洪润. 传感器技术大全 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007
- [3] NETZER P. DS-25. pdf[EB/OL]. <http://www.netzeprecision.com>, 2006 - 07 - 18
- [4] 王淑红. 测控电路与器件 [M]. 北京:清华大学出版社, 2006
- [5] 张曜,郭立山,吴天. C函数使用手册 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2003
- [6] 钱政,王中宇. 测试误差分析与数据处理 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008

Design and implementation of calculating absolute rotation angle through rotary electronic encoder

HE Ling-ling

(School of Computer Science and Information Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: DS-25 rotary, absolute, electric encoder is ideally suited to mechatronics applications. It is used to achieve the perspective of absolute position detection. But the complex process of looking-up table resulted in reducing the software flexibility to increase storage space and thus increase the cost of hardware. Through analysis of the two working model of DS-25 proposed algorithm to improve the program, the program uses coarse model angle to calculate predicted signal cycle serial number of fine model, combining with fine model angle to calculate absolute angle. In addition, DS-25 output 2-channel analog signal amplification level in the former treatment due to the discreteness of the device will certainly create deviations between 2-channel. The software adjust the ratio between the signal factors to eliminate the differences between signals. This approach reduces costs to enhance the adaptability of the procedures and implementation efficiency. Experiment results show that the method can save storage space of E-Forms and will make an error control in less than 3 %.

Key words: rotary electric encoder; coarse model; fine model; signal cycle; angle

责任编辑:田 静