

电子指南针设计中的实时计算

谢如花

(兰州交通大学电子与信息工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 电子指南针设计中会遇到反三角函数的计算问题, 由于很多的微处理器不能直接计算, 所以必须要考虑其他的处理方法。鉴于查表方法的各种局限性, 本文提出一种实时计算方法, 即数值逼近的方法来计算反三角函数。此方法在保证一定的计算复杂度的前提下, 能够获得较小的误差, 达到指南针设计的精度要求。

关键词: 电子指南针; 微处理器; 反三角函数; 多项式逼近

中图分类号: P227.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-1131(2013)01-0017-02

Real-time computation in designing electronic compass

Xie Ruhua

(School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: One will always encounter with anti-trigonometric functions when design electronic compass. However, some micro-processors can't deal with them directly, so it is necessary to consider other kind of methods. In view of the various limitation of the look-up method, a real-time calculation method is presented in this paper, which can guarantee both lower computational complexity and smaller error.

Key words: e-compass; microprocessor; anti-trigonometric function; polynomial approximation

0 引言

电子指南针的设计, 一般先是用磁力传感器测出水平方向的地磁场强度分量, 记为 X 、 Y 轴磁场强度, 然后需要求出磁力计 X 轴与磁北方向的夹角(航向角), 即需要计算反正切值; 在利用加速度计对指南针进行倾斜校正的时候, 需要计算反正弦值和余弦值。由于功能和成本的限制, 有些微处理器(单片机及其微小系统)并不能对这些函数进行直接计算, 所以要实现上述功能, 需要考虑其他的处理方法^[1]。

一般处理采用计算机查表的方法, 对于采用微处理器设计的嵌入式产品, 由于系统小, 内存有限, 此种方法并不实用: 查表法的运行速度相对较慢且需要占用较多的存储资源, 这会限制微处理器系统功能的发挥。

所以本文提出使用一种实时计算方法, 此方法计算精度比较高, 即采用多项式逼近反三角函数, 来进行近似计算, 可以兼顾较低的计算复杂度和较小的误差。

1 电子指南针的设计

本文使用 ST 公司的 LSM303dlhc 三轴磁力数字传感器

测量地磁场大小, 然后进行电子指南针的设计。地球的磁场像一个条形磁体一样由磁南极指向磁北极, 以北半球为例, 地磁场方向倾斜指向地面, 并具有一个平行于地球表面的分量, 此分量始终指向磁北。指南针中的航向角就是当前方向与磁北方向的夹角。把指南针保持水平, 利用磁力计的水平两轴(通常为 X 轴和 Y 轴)输出数据就可以利用式(1)计算出航向角。

$$\text{Angle} = \arctan \frac{My}{Mx} \quad (1)$$

设 $P(w)$ 为近似函数,

$$f(w) = \arctan(w), \text{ 其中 } w = My/Mx, (0 < w < 1) \quad (2)$$

通过对几种逼近方法进行比较, 本文选用最小二乘法进行曲线拟合。取一次式, 得拟合曲线为:

$$p_1(w) = 0.0425 + 0.7916 * w, 0 < w < 1, \text{ error}_1 < 0.0487 \quad (3)$$

取二次式, 得拟合曲线为:

$$p_2(w) = -0.005 + 1.0797 * w - 0.288 * w^2, 0 < w < 1, \text{ error}_2 < 0.005 \quad (4)$$

为方便计算指南针角度, 转化为角度量, 则(3)、(4)式的

老管道的管道封堵技术, 即纺织管道的管堵还可以利用原管道的封堵方式。在铺设施工中塞入管道中, 将纺织子管反卷塞入管孔, 利用塑料薄膜保证子管不与封堵化学制剂相接触, 铺设完成之后, 利用老管道封堵方式进行重新封堵。

3.2 纺织子管内铺设电缆或光缆

在纺织子管中敷设光缆或者电缆时最好运用人工进行敷设, 在第一条光缆敷设中, 应尽量保持光缆处于紧直状态, 因为如果第一条光缆铺设过于松弛会加大后续铺设工作的难度。另外在进行敷设时, 一般先从子管的中间孔进行敷设, 其次才到侧孔, 如果在铺设时管道内有多条纺织子管, 在敷设光缆时应当最先考虑最底层的子管敷设。若施工中需要将光缆抽出纺织子管, 应当在抽出同时补放一条拉带, 方便日后的光缆敷

设, 所有施工中进行敷设光缆的纺织子管, 都应向资源中心进行编号数据上报, 因为系统的数据管理可以为日后管道铺设提供便利。

参考文献:

- [1] 祁贵林. 通信设计在通信工程建设中的应用[J]. 科技视界, 2012(13)
- [2] 周斌王, 鹏杨韬. 纺织子管应用模式的应用研究[J]. 邮电设计技术, 2012(1)

作者简介: 蒋大鹏(1983-), 男, 湖北武汉人, 工程师, 长期从事有线接入网和传输线路设计工作。

最大误差分别为 $error_1 < 2.79^\circ$, $error_2 < 0.29^\circ$ 。

从上可以看出,二次式逼近函数的最大误差不超过 1 度,在一般的测量中,这个精度即可满足要求,在保证精度和计算复杂度均衡的情况下,可以选用 (4) 式来进行计算。

上面只是针对 w 在 $(0,1)$ 内的讨论,当 $w > 1$ 时,则取

$$p'(w) = p^*(w) = 90^\circ - p(1/w) \quad (5)$$

其他的情况可类似完成。下面用图形来表示逼近多项式与原式的接近程度:

{ 空心圆圈——式(2)
 { 方块符——式(3)
 { 叉字符——式(4)

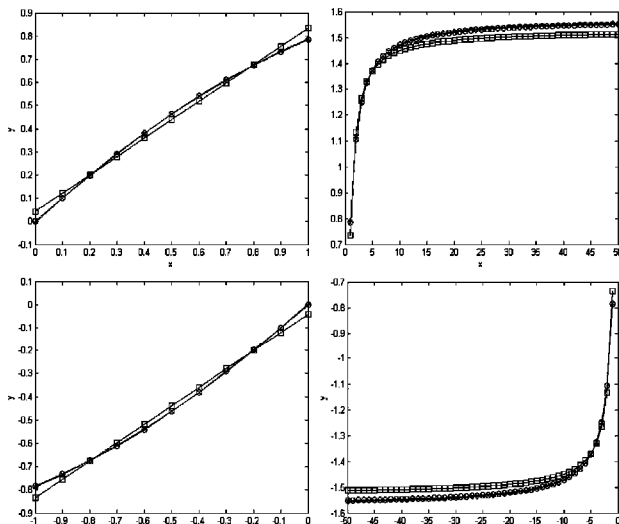


图 1 w 所有取值时逼近多项式与原式的接近程度

以上四幅图包含了 w 的所有取值情况,从图形也可看出,二次式 (4) 能够很好的逼近反正切函数,可以利用此式在 MCU 上进行近似计算。

以上是考虑 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的情况,其他 $90^\circ \sim 360^\circ$ 的情况下可以根据反正切函数的符号规则来进行计算。

$$Angle = \begin{cases} \arctan\left(\frac{My}{Mx}\right), & \text{for } Mx > 0 \text{ and } My \geq 0 \\ 180^\circ + \arctan\left(\frac{My}{Mx}\right), & \text{for } Mx < 0 \\ 360^\circ + \arctan\left(\frac{My}{Mx}\right), & \text{for } Mx > 0 \text{ and } My < 0 \\ 90^\circ, & \text{for } Mx = 0 \text{ and } My < 0 \\ 270^\circ, & \text{for } Mx = 0 \text{ and } My > 0 \end{cases} \quad (6)$$

综上所述我们已经对反正切函数进行了近似实时计算,进行电子指南针的设计时,根据磁力传感器测出的地磁场数据,利用式 (1) 进行计算,即可实时计算出航向角,完成指南针的设计。

2 倾斜校正

电子指南针的使用,一般要求使用者观看时水平放置,但是如若发生倾斜,会对输出结果产生很大影响。本文选用 LSM303dlhc 芯片中内置的加速度传感器做倾斜校正。

在静止的时候,加速度传感器测出的只有重力加速度,此时可根据三轴测出的重力加速度的分量值,来计算传感器相对于水平面的倾斜角度,从而进行指南针的倾斜校正。人观

看指南针的时候一般是处于静止的情况,满足加速度传感器的应用条件,可以进行校正。校正方法如下:

设 $pitch$ 是传感器相对于 X 轴的倾斜角, $roll$ 是相对于 Y 轴的翻滚角。此处根据静止时加速度轴上的重力加速度分量可计算出倾斜角度如下:

$$\begin{cases} \sin pitch = -\frac{Ax}{g}, \\ \sin roll = \frac{Ay}{g} \cos pitch \end{cases} \quad (7)$$

据此,可求的倾斜校正后的磁场强度为^[3]:

$$\begin{cases} Hx = Mx \cos pitch + Mz \sin pitch, \\ Hy = Mx \sin pitch \sin roll + My \cos roll - \\ Mz \cos pitch \sin roll \end{cases} \quad (8)$$

然后即可求出经过倾斜校正后的航向角度:

$$Angle = \arctan \frac{Hy}{Hx} \quad (9)$$

求解过程需要计算反正弦、正弦和余弦值,此处为了保证较低的计算复杂度,并不求出倾斜角和翻滚角,而是利用函数 $f(x) = \sqrt{1-x^2}$,由正弦值求出余弦值,这样不仅可以保持精度,还能避免三角函数运算。由于部分微处理器不能做开根号的运算,此处用多项式 $p(x)$ 来逼近函数 $f(x)$ 。

如果对 $[-1,1]$ 内的所有取值进行近似计算,需要使用高阶函数,或者分段函数,这两种方法在微处理器中都是不实用的。考虑到人们的使用习惯,为保证指南针的准确度,一般要求水平放置观看,所以做 30° 内的倾斜校正,保证倾斜 $-30^\circ \sim 30^\circ$ 的精度完全可以满足要求,下面用最小二乘法进行逼近,得逼近多项式如下:

$$p(x) = 1.0008 - 0.5301 * x^2, error < 0.0022 \quad (10)$$

然后可利用此式计算出余弦值,然后代入 (8)、(9) 式,即可设计出倾斜校正后的指南针,通过对指南针测试发现,指向误差在允许的范围,且倾斜校正的效果很好。

	校正前	校正后
倾斜 10 度误差	15°	1°
倾斜 20 度误差	25°	2°

3 结语

本文对电子指南针设计中单片机难以处理的函数,进行了实时的近似计算,从文中的数据和图形均可得出此近似方法能够很好地逼近原函数,既降低了计算复杂度,又能很好地完成电子指南针的设计与校正,达到了预期的效果。

参考文献:

- [1] 文晓阳.在智能仪表中实现的实时计算[J].仪器仪表与分析监测,1989(4): 41-42
- [2] LSM303DLHC Datasheet. STMicroelectronics. <http://www.st.com>. April 2011
- [3] LSM303DLH Application note. STMicroelectronics. <http://www.st.com>. August 2010

作者简介 谢如花(1986-),女,河南濮阳人,硕士,主要研究方向为信息安全和传感器技术。