

基于 MSP430 单片机的罗兰 C 坐标变换模块设计

胡东亮¹ 胡修林¹ 吴苗²

(1 华中科技大学 武汉 430074; 2 海军工程大学 武汉 430033)

摘要 本文介绍了利用 MSP430 单片机实现罗兰 C 接收机坐标变换模块的设计方法。计算机模拟试验结果表明设计的坐标变换模块精度高、速度快。

关键词 MSP430 单片机 罗兰 C 坐标变换

1 引言

罗兰 C 系统利用时差坐标系统,即用两条或两条以上时差位置线相交来确定一个目标相对位置点;而用户实现导航定位时,最方便的是利用地理经、纬度坐标系统。罗兰 C 坐标变换就是指利用数学模型,由罗兰 C 接收机的微处理器把其获得的时差坐标变换成地理经纬度坐标。将时差数据直接转换成地理坐标,可以提高定位精度,实时更新导航数据,也是实现导航自动化所必须的,因而坐标变换是现代接收机功能不可缺少的部分。我们设计的低信噪比罗兰 C 接收机采用 MSP430 系列 Flash 型单片机作为系统的微处理器,坐标变换器是接收机的核心单元之一。

2 MSP430 系列单片机特点及 C 语言开发

德州仪器公司的 MSP430 系列 Flash 型单片机是一种超低功耗微处理器。该微处理器通过 16 位 RISC 系统、16 位 CPU 集成寄存器和常量发生器来获得最高的代码效率;灵活的时钟源可以使器件达到最低的功率消耗;数字控制的振荡器(DCO)可使器件从低功耗模式迅速唤醒。MSP430 系列 FLASH 型单片机的性能特点主要有:(1)低电压、超低功耗;(2)强大的 CPU 内核;(3)多种时钟模块;(4)丰富的片上外围模块;(5)强大的处理能力;(6)方便高效的开发方式;(7)保密功能;(8)高性价比;(9)工业级的产品。

MSP430 系列单片机问世不久,就有多家公司为它实现了 C 程序设计语言的编译器和调试工具。其中, IAR 公司提供的 C 语言集成调试环境和 C 语言调试器的应用较为广泛。MSP430 的 C 语言(以下简称为 C430)编译器具有 C 语言的标准特性,同时还加上了许多为了适应 MSP430 系列单片机的特定硬件特性而设计的扩展功能。采

用 C 语言作为程序设计工具,可以大大提高软件开发的工作效率;提高所设计的程序代码的可靠性、可读性和可移植性;可以让设计者的注意力更多地集中在充分发挥 MSP430 的功能上。

3 罗兰 C 坐标变换器的设计

3.1 坐标变换方法及其数学模型

坐标变换有多种数学模型,设计中采用球面近似方法。在罗兰 C 自动坐标变换器的软件设计中,变换方法是一个重要部分,在设计坐标变换的计算机算法时,既要考虑到满足一定的精度要求,还要考虑到单片机实现的可能性。本设计的坐标变换法采用了现在最普遍的、较为精确的预测迭代法。它利用测量时差与地理经、纬度-对应原理,由测量时差先求出一个概位,然后求解该概位点的预测时差,根据测量时差与预测时差间的差值,解算出观测点地理坐标与概位地理坐标的差值,以后者修正概位,就可以得到更近似的值,经过多次迭代计算,最终获得预期精度的变换结果。设计中采用的预测迭代法数学模型。

(1) 地球模型:采用的是北京 54 坐标系。

(2) 大地距离公式:

若地球表面上两点的地理经、纬度分别为:

$(\varphi_1, \lambda_1), (\varphi_2, \lambda_2)$ 则有:

$$S = a \cdot \sigma + \delta S \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} u_i = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi_i \quad (2)$$

$$\omega_i = \lambda_i \quad (3)$$

$$\cos \sigma = \sin u_1 \sin u_2 + \cos u_1 \cos u_2 \cos(\omega_2 - \omega_1) \quad (4)$$

$$\delta S = p(\sin u_1 + \sin u_2)^2 - q(\sin u_1 - \sin u_2)^2 \quad (5)$$

$$p = \frac{a}{8}(1 - \sqrt{1 - e^2}) \cdot (\sin \sigma_i - \sigma_i) / \cos^2 \frac{1}{2} \sigma_i \quad (6)$$

$$q = \frac{a}{8}(1 - \sqrt{1 - e^2}) \cdot (\sin \sigma_i + \sigma_i) / \sin^2 \frac{1}{2} \sigma_i \quad (7)$$

式中 a 是地球椭球体长半轴; b 为地球椭球体短半轴; σ 是在半径为 a 的近似球面上的大圆距离; δS 是距离修正量; e 为地球偏心率; u_i 为归化纬度; λ_i 是归化经度。

利用上述一组对应关系及修正量, 就可以将椭球面上的导航定位问题转换到球面上来, 用球面三角公式求得精确解, 再返回到椭球面上去, 最终获得地理坐标系中的解答。

(3) 罗兰 C 系统的位置线方程和位置线性误差方程的数学模型。

在文献[3]中对双曲线导航系统坐标变换进行了深入的分析。本设计采用的计算方法利用了其分析结果。有关罗兰 C 系统的位置线方程和位置线性误差方程的数学模型参见该文献。

3.2 坐标变换器的程序设计

程序开发软件采用 IAR 公司的集成开发环境-IAR 嵌入式工作台以及 C-SPY 调试器。IAR 系统嵌入式工作台是一种用于开发应用各种不同的目标处理器的灵活的集成环境, 它提供一个方便的窗口界面用于迅速的开发和调试。

当采用 C430 来设计程序时, 在获得以较少的工作量完成设计的优点同时, 如何避免因为使用了高级语言设计程序而降低了代码效率, 是嵌入式系统设计者十分关注的一个问题。要避免设计出低效率的程序代码, 就需要理解 MSP430 系列单片机在结构上的限制。只要采用适当的数据结构和程序结构, 用 C430 同样可以编出代码效率很高的程序来。坐标变换程序采用模块化设计, 整个模块又是接收机系统软件的一个模块。

为了避免过多调用浮点函数, 提高运算速度, 使程序结构简化, 所有常量参数及台址参数用实型常量数组 `const float chain_parameter[]` 存放, 且台址地理坐标的归化坐标、正弦和余弦函数值也预先计算好存放在数组中。图 1 是变换程序的计算机流程图。

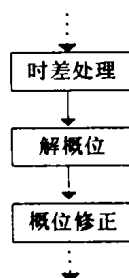


图 1 坐标变换程序的计算流程

时差处理函数 `TDProcess()`: 前端输入测量时差速率大于坐标变换速率, 因此可对时差预先作平滑处理以消除其中的噪声, 然后将处理结果转化为距离差, 距离差作为函数的返回值。

初始概位计算函数 `ProbalalePos()`: 自动化接收机开机工作后, 可以直接输出地理坐标, 因此需要由测量时差自动获取初始概位坐标。此函数的输入是距离差, 采用球面双曲转换方法, 解算概位在球面上的坐标, 概位坐标作为函数的返回值。

概位修正函数 `PosModify()`: 输入概位坐标, 概位坐标可以由概位计算函数给定, 也可以手动输入。利用预测迭代法在椭球体上直接对位置进行修正, 当概位坐标的修正量满足误差要求后, 返回观测点的地理坐标。函数中设置有不收敛标志 `Error`, 因为在一些特殊的地区, 如基线延长线附近, 迭代过程可能不收敛, 修正量不能满足误差要求, 在程序中设置了迭代次数的上限值。在连续导航时, 函数的返回值作为下一次迭代解算的初始值。

4 坐标变换模块的性能

坐标变换模块的性能主要从变换速度和变换精度两个方面考虑。

4.1 变换速度

启动 C-SPY 调试器环境, 选择 Simulation 模式, 用调试主机的软件来模拟 MSP430 系统的运行, 仿真得到程序运行周期, 再乘以每个周期占用的时间, 得到变换一次的时间小于 7s 左右, 如果是连续导航定位, 则减去解概位的时间, 得到变换一次的时间为 5s 左右。

4.2 变换精度

利用我国南海台链的数据, 对其工作区中的一些已知观测点进行模拟运算, 结果表明, 在正常工作区时, 初始概位误差在经、纬度方向上不大于 $3'$, 解算的实际位置误差不大于 $0.3'$ 。

5 结束语

坐标变换模块的设计基于 MSP430 系列的硬件结构特点, 利用高级语言编程, 并采取了适当的数据结构和程序结构, 计算机模拟结果表明该模块具有变换精度高、变换速度快的特点, 能较好地满足系统工作的要求。

参考文献

- [1] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003
- [2] 迈迪. 长河二号工程-远程无线电导航系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 1993
- [3] 杨致友. 双曲线导航计算方法[J]. 导航, 1985, 7(3)