

三角函数的 SCAD Suite 实现方法^①

林 枫

(中国商用飞机有限责任公司 上海飞机设计研究院, 上海 200235)

摘 要: 利用 SCAD Suite 实现三角函数的泰勒级数展开法, 进行了建模、仿真、比较。对于嵌入式编程, 很多时候由于系统的限制, 需重新实现三角函数而不是使用编译器自带的三角函数。实现三角函数, 多数会应用迭代算法, 而对于手工编程下的迭代等算法, 编程人员都比较熟悉, 但是对于使用模型方式来实现循环、迭代还是一种比较新的技术, 多数软件开发人员并不熟悉, 通过本文可以了解这一技术, 并解决建模方式下实现三角函数及反三角函数等类似较复杂算法的难点。

关键词: 三角函数; SCAD Suite; 泰勒级数; 迭代; 模型

Implementation of Trigonometric Function by SCAD Suite

LIN Feng

(Avionic Systems Department SADRI, Shanghai 200235, China)

Abstract: In this paper, implementing trigonometric function with Taylor by SCAD Suite. Simultaneously, finishing modling, simulation, and comparing. For the arithmetic of iteration, programmer is familiar with the means of manual-coding, but it is a new technology for modling. By this paper, researching this technology in a practical project and giving a conclusion.

Key words: trigonometric function; SCAD Suite; Taylor; iteration; model

在我们平常的软件开发中, 使用的三角函数和反三角函数一般是编译器自带的实现方法, 我们并不关心三角函数或反三角函数的具体实现方法。

但是, 在某些领域中, 我们或者关心计算速度, 如嵌入式开发中由于资源有限, 更关心计算方法的速度, 而某些领域中, 我们可能更关心精度, 如航空系统的仿真模型在实现高精度的仿真计算时。正因为以上原因, 有时我们需要自己开发更符合我们要求的三角函数及反三角函数算法。

常用三角函数的各种近似计算方法: 迭代法(包括二分法、牛顿迭代法等)、级数法、查表法以及CORDIC 算法。

每种算法都有各自的优势和劣势, 用户需要在精度、计算速度、存储空间之间做出权衡选择。

一般来说级数法可以达到很高的精度, 但是需要

较长的计算时间和一定的存储空间。

查表法, 可能会需要较大的存储空间和一定的计算时间。

SCAD Suite 是一种新兴的软件开发工具, 主要使用在高安全性领域的软件开发中, 如航空航天、轨道交通等。在 SCAD Suite 这个开发工具中, 集成了建模、仿真、生成代码、覆盖率分析、需求追踪等多种功能, 在本文中, 使用 SCAD Suite 的建模及仿真的功能, 实现三角函数和反三角函数。

使用 SCAD Suite 建模时, 对于级数法与手工编写代码的方法有较大的区别, 而且级数法的计算精度更高, 所以这里研究了 SCAD Suite 通过泰勒级数法实现三角函数、反三角函数, 并加以仿真、比较。

在本文的模型中, 实现了 $\sin$ 、 $\cos$ 、 $\tan$ 、 asin 、 acos 、 atan , 共 6 个函数, 由于要用到开方, 因此也实现了

^① 收稿时间:2011-07-06;收到修改稿时间:2011-08-01

sqrt 函数。

1 SCADE Suite软件开发环境

SCADE Suite 是一种新兴的软件开发工具, 主要使用在高安全性领域的软件开发中, 如航空航天、轨道交通等。

在 SCADE Suite 这个开发工具中, 集成了建模、仿真、生成代码、覆盖率分析、需求追踪等多种功能, 在高安全性领域应用已越来越广泛, 在建模方式上与 Simulink 类似, 而在自动生成代码方面则更具有安全性、无歧义性、易认证性等特点, 工具本身自带的仿真功能对于嵌入式开发人员来说也更容易在开发初期及时测试自己开发的模型。

本文假设读者对 SCADE Suite 有一定了解, 对 SCADE Suite 的开发环境不做详细阐述。

2 泰勒级数展开法

利用级数法在计算机中求三角函数的值与迭代法类似的是都需要做好以下三个方面的工作:

(1) 确定迭代变量。在可以用迭代算法解决的问题中, 至少存在一个直接或间接地不断由旧值递推出新值的变量, 这个变量就是迭代变量。对于级数法来说就是不断地增加新的一级的计算后求出新的和值。

(2) 建立迭代关系式。所谓迭代关系式, 指如何从变量的前一个值推出其下一个值的公式 (或关系)。迭代关系式的建立是解决迭代问题的关键, 通常可以使用递推或倒推的方法来完成。

(3) 对迭代过程进行控制。在什么时候结束迭代过程? 这是编写迭代程序必须考虑的问题。不能让迭代过程无休止地重复执行下去。迭代过程的控制通常可分为两种情况: 一种是所需的迭代次数是个确定的值, 可以计算出来; 另一种是所需的迭代次数无法确定。对于前一种情况, 可以构建一个固定次数的循环来实现对迭代过程的控制; 对于后一种情况, 需要进一步分析出用来结束迭代过程的条件。

SCADE 6.0 提供了一系列的基于数组运算的迭代运算符, 如 MAP, FOLD, MAPi, FOLDi 等等, 对于每个操作符的具体功能不再一一描述, 本文采用 FOLDwi 在 SCADE 中来实现泰勒级数。

建模之初, 需确定三个方面的内容:

(1) 确定迭代变量

整个公式的“和”是迭代变量;

(2) 建立迭代关系

第 N 级时的“和” = 第 (N-1) 级时的“和” + 第 N 级的“级值”;

(3) 控制迭代过程

第 N 级的“级值” > “精度”, 则迭代; 否则, 停止;

图 1 是整个工程的节点 (函数) 结构图。

其中, 包 TrigonTrigon 中是 6 个三角函数、反三角函数节点; 包 BasicNode 中是最低一级被调用的节点, 及 FOLDWI 作用之前的节点;

Compare_Acos 等节点是将 SCADE 建立的三角函数模型与 VC 的三角函数放在一起, 在同样输入下, 比较输出结果。

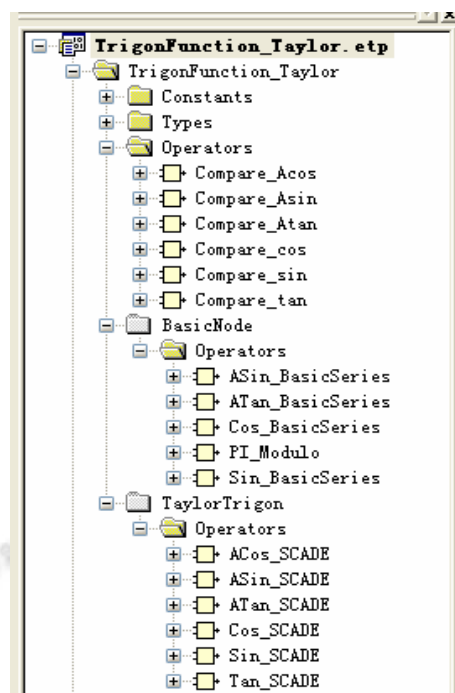


图 1 SCADE Suite 工程节点结构图

2.1 以正弦函数 (Sin_SCADE) 为例

正弦函数的 SCADE Suite 模型结构见图 2:

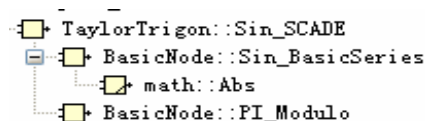


图 2 正弦函数的工程节点结构图

Sin_SCADE 节点是真正的 sin 函数节点;

Sin_BasicSeries 是迭代体节点;

Abs 是库函数, 计算绝对值;

PI_Modulo 是对输入进行 $[-\pi, \pi]$ 的归一化;

2.1.1 Sin_BasicSeries 节点

图 3 显示的是 Sin_BasicSeries 节点的输入与输出。

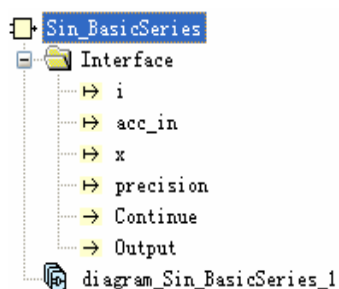


图 3 Sin_BasicSeries 节点输入与输出、

输入 i:

int 型, 代表当前是第几次迭代, 从 0 开始, SCADE 每次迭代后自动给此值加 1, 所以用户不用再去每次给它加 1。此值类似 C 语言中 for 循环的 i。

acc_in:

与 Output 代表同一个量, 只是它指 Output 上一次的值, 由 SCADE 在每次迭代时自动赋值。由此即有了自动迭代的基础。它的初始值由用户根据算法进行设置。

在本节点中 acc_in 与 Output 的类型是结构体, 包含两个成员 Out_Sum 和 Out_SingleSeries, 都是浮点型, 分别表示泰勒级数的和的输出和泰勒级数的每级的计算结果, 简称级值。

之所以把它设置成结构体是因为: (注意: 本文件中“和”与“级值”的差别)

(1) 泰勒级数的和是必须的输出之一;

(2) 而泰勒级数的每一级的级值也须输出用于下次计算:

因为每一级的级值实际上是和它的上一级有关系的, 以 sin 函数为例, 它的后一级比前一级差了个倍数: $-1 * x * x / ((2n+1)(2n))$;

由此, 每个循环中在计算本级的级值时, 就可用上一级的级值的结果来计算, 由此简化了计算。所以在这个函数中, 计算到第 n 次迭代时:

第 n 次时泰勒级数的“和”=第 (n-1) 次时的“和”+ 第 (n-1) 的“级值” $* -1 * x * x / ((2n+1)(2n))$;

所以设计成结构体, 用来保存“和”与“级值”, 由此简化了模型。

> x, real 型, 是 sin 函数的输入值。

> precision, real 型, 是指迭代的精度。

> Continue, bool 型, 是表示迭代继续下去的条件, 当不满足这个条件时, 迭代停止。

此节点模型见图 4:

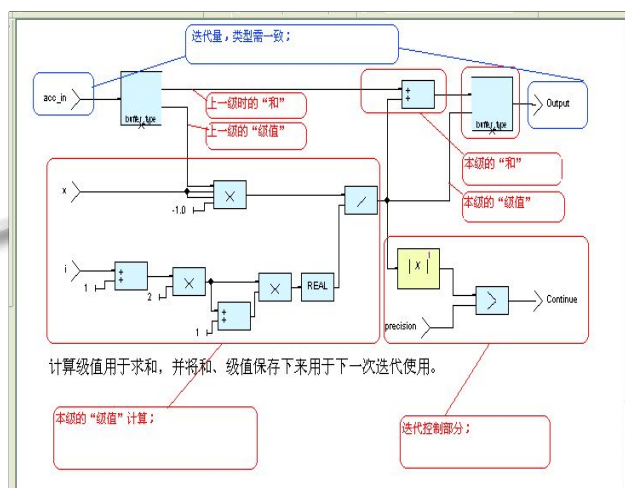


图 4 Sin_BasicSeries 节点模型

为了在这个节点上应用 FOLDWI 时 SCADE 能自动识别接口的含义, 在定义时需注意接口的次序:

第一个输入 (i), 被 SCADE 认为是索引, 第二个输入 (acc_in) 被认为是与输出对应的迭代值。

第一个输出 (Continue) 被认为是继续迭代的条件。

2.1.2 Sin_SCAD 节点

Sin_SCAD 节点的模型见图 5 所示。

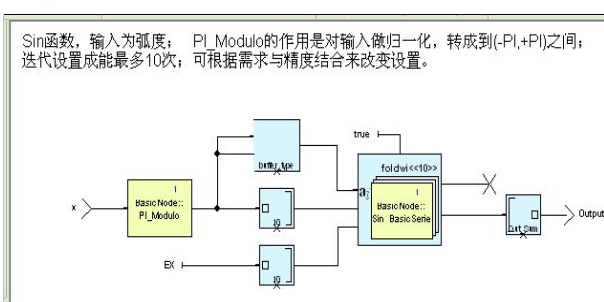


图 5 Sin_SCAD 节点模型

注意 Sin_BasicSeries 在叠加了 FOLDWI 操作后输入由 4 个自动变成了 3 个, 这是因为 BasicSeries 的第一个输入 (i) 在节点外不需要对它操作, 操作由

SCADE 自动完成, 所以自动隐去了。

第二个输入(现在从外部看起来是第一个输入)的赋值根据算法来决定, 在本算法中, $\sin$ 函数的泰勒级数第 0 级值为 x , 所以这里也设置成了 x ; BasicSeries 的计算也是在 x 的基础上, 从第一级开始累加, 这样做是为了避免除 0 的麻烦。

其它的输入都需要设置成数组, 且数组大小须与迭代次数保持一致。

用户在使用时可以根据需求来决定迭代次数的设置和精度的设置。其它的用户不需要修改。

2.2 Cos_SCADE 等

其它几个三角函数、反三角函数的 SCADE Suite 实现方法与正弦函数类似, 由于篇幅的原因, 本文不再一一介绍。

3 测试

为了与编译器中自带的三角函数进行比较, 专门在 SCADE Suite 中建立用于测试的节点, 并利用 SCADE Suite 的仿真工具完成测试:

如, Compare_sin 节点是用于测试 $\sin$ 函数, 并与 VC 库中的 $\sin$ 函数结果对比。

测试结果与 Vc 库函数结果相对比后, 显示:

(1) 对于 $\sin$ 、 $\cos$ 、 $\tan$:

使用泰勒级数法(迭代设置成最多 10 次的情况下)可保证精度, 在输入为 $(-2\pi, 2\pi)$ 时, 精度高处可达 E-17, 精度低处也达到了 E-9。

(2) 对于 $\arcsin$ 、 $\arccos$:

使用泰勒级数法, 在输入值比较小时精度高; 在输入值大时, 如在区间 $[0.95, 1]$ 时, 精度低, 在区间 $[E-7, E-1]$ 。

(3) 对于 $\arctan$, 泰勒级数法很难收敛, 几乎不好用。

4 结语

这里仅介绍了使用 SCADE Suite 实现三角函数、反三角函数的泰勒级数展开法, 其它方法并不需要在 SCADE Suite 环境下详细介绍。

每种算法都有各自的优势和劣势, 用户需要根据需求和自己的情况决定使用何种算法, 及怎么使用算法。本文尚有须完善之处, 敬请提出宝贵意见。

参考文献

- 1 马士超, 王贞松. 基于 DSP 的三角函数快速计算. 计算机工程, 2005, 31(22): 12-14.
- 2 史万明, 吴裕树, 刘玉树. 反正切函数的快速计算方法. 北京理工大学学报, 1995, 15(15): 6-9.
- 3 吴成富, 王睿, 陈怀民, 等. 基于 SCADE 实现的三余度飞控计算机系统任务同步. 航空计算技术, 2009, 39(1): 107-110.
- 4 张杰, 宋志刚. 基于模型的软件开发技术在型号软件研制中的应用. 科学技术与工程, 2008, 8(15): 4152-4157.
- 5 张合军, 陈欣. 基于 SCADE 的无人机自主导航飞行软件设计. 计算机测量与控制, 2007, 15(10): 1400-1402.
- 4 吴波, 李建, 伍东. 数据元标准化在石油数据中的研究与实现. 山西电子技术, 2006, 5: 86-89.
- 5 章成志. 一种基于语义体系的同义词识别研究. 淮阴工学院学报, 2004, 13(1): 59-62, 67.
- 6 赵作鹏, 尹志民, 王潜平, 许新征, 江海峰. 一种改进的编辑距离算法及其在数据处理中的应用. 计算机应用, 2009, 29(2): 424-426.
- 7 Lu Y, Hou HQ. Automatic recognition and mining of Chinese synonyms for information retrieval. Information Studies: Theory & Application, 2006, 29(4): 472-475.
- 8 朱毅华, 侯汉清, 沙印亭. 计算机识别汉语同义词的两种算法比较和测评. 中国图书馆学报, 2002, 4: 82-85.

(上接第 243 页)

人为操作产生的误差, 免去建立同义词库的需要, 在节省时间与人的同时, 提高数据集成过程的效率与正确性。

参考文献

- 1 鱼滨, 郑娅峰. 基于本体的异构数据集成方法及其实现. 计算机应用与软件, 2007, 24(9): 30-32, 65.
- 2 熊曾刚, 张学敏, 陈建新. 基于 XML 的信息系统集成的研究. 情报杂志, 2005, 6: 25-27.
- 3 刘庆河, 郝文宁, 韩宪勇, 陈兴建, 吴可嘉. 基于数据元的数据交换规范研究. 电脑知识与技术, 2010, 6(10): 2309-2310.