嵌入式计算系统级建模与仿真

团队成员：

余亢爻 22009200753

方子康 22009200766

郑为22009290043

**目录**

[1. 实验设计原理 2](#_Toc167566487)

[1.1 线性常微分方程： 2](#_Toc167566488)

[1.2 状态控制： 2](#_Toc167566489)

[2. 实验目标 3](#_Toc167566490)

[3. 实验设计思路： 3](#_Toc167566491)

[4. 实验步骤 4](#_Toc167566492)

[4.1 Ptolemy仿真中各个器件的功能 4](#_Toc167566493)

[4.2 线性常微分方程模型的搭建 5](#_Toc167566494)

[4.3 微分方程方程 5](#_Toc167566495)

[4.4 步骤 6](#_Toc167566496)

[4.4.1 设置初始条件 6](#_Toc167566497)

[4.4.2 构建方程 6](#_Toc167566498)

[4.4.3 设置系数 6](#_Toc167566499)

[4.4.4 设计控制器 6](#_Toc167566500)

[4.4.5 设置仿真时间和仿真参数 6](#_Toc167566501)

[5. 实验结果 7](#_Toc167566502)

[6. Ptolemy系统代码与运行结果 8](#_Toc167566503)

[7. 小组成员与任务分工： 10](#_Toc167566504)

[8. 参考文献 11](#_Toc167566505)

[9. 实验收获 11](#_Toc167566506)

# 实验设计原理

## 线性常微分方程：

线性常微分方程是一种常微分方程，其中出现的未知函数和该函数各阶导数都是一次的，并且关于未知函数及其导数的项都是线性的，方程中不存在非零的常数项。在本实验中，我们的**目标方程表达式**为+ 0.2 + 0.4 = 0。

## 状态控制：

状态控制指的是通过调整控制输入，使系统状态达到预定目标的过程。在本实验中，我们的目标是**控制状态**在-1.0到1.0之间变动。

# 实验目标

在Ptolemy环境中，对嵌入式计算系统进行建模与仿真，控制状态在-1.0到1.0之间变动，状态的初始值由线性常微分方程给出，方程表达式为+ 0.2 + 0.4 = 0，且 (0) = 6, (0) = 0。

# 实验设计思路：

本次实验中所指的“状态值”，是前述线性常微分方程中未知函数x的取值；同时，要让状态在-1到1之间变动，可以换个角度思考，即当状态值超过1或-1时，使之进行相应的自减/自增调节以进入给定状态区间。仿真系统由以下几个部分构成：

* 1. **线性常微分方程：**通过积分（∫）、比例（Scale）等组件实现带系数与函数变量的组合和方程等式，向外输出自变函数的取值。
  2. **状态控制：**通过加入模态模型（Modal Model）组件并向其中配置相应的有限状态机，实现对不同输入（自变函数的值/状态值）的不同响应并反馈。
  3. **结果呈现**：使用绘图组件（Display）绘制输出（状态值）的变化过程。

其中，在**主系统**（外层）中，为了实现线性常微分方程的正常运作，选用连续事件模型CT Director控制；在**子系统**（模态模型）中，为了实现状态间的条件转换，选用有限状态机FSM Director控制。

# 实验步骤

## Ptolemy仿真中各个器件的功能

1. **AddSubtract**

**功能：**进行加减运算。在这个模型中，AddSubtract块用于组合不同信号，以构造微分方程中的项。具体来说，它将加权的状态变量和它们的导数相加，形成微分方程的右边部分。

**设置：**配置为一个加法器和减法器，分别接受积分器和比例放大器的输入。

**2. Integrator/Integrator2**

**功能：**进行积分运算。Integrator块用于计算输入信号的积分，在这个模型中用于Integrator表示状态变量𝑥,Integrator2表示状态变量。

**设置：**初始条件为模型的初始状态。

**3. Scale**

**功能：**对信号进行比例缩放。在这个模型中，Scale块用于表示微分方程中的系数。

**设置：**一个Scale块设置为0.2，表示微分方程中的系数；另一个Scale块设置为0.4，表示微分方程中x的系数。

**4. ModalModel**

**功能：**用于实现系统的状态控制。在这个模型中，ModalModel块用于控制和调整系统的状态，使其在预定范围内波动。

**5. TimedPlotter**

**功能：**用于绘制和显示仿真结果。TimedPlotter块用于实时显示仿真结果。

**6. Continuous Director**

**功能：**指定仿真的执行方式。在这个模型中，Continuous Director用于控制仿真的时

间步长和精度，确保仿真过程的连续性和准确性。

**设置：**

设置为ExplicitRK23Solver如下：

图表, 折线图

描述已自动生成

图表, 折线图, 直方图

描述已自动生成设置为ExplicitRK45Solver如下：

## 线性常微分方程模型的搭建

在搭建线性常微分方程模型时，根据方程设置各个器件的参数，并设置初始条件：

## 微分方程方程

+ 0.2 + 0.4 = 0 初始条件： (0) = 6, (0) = 0

## 步骤

### 设置初始条件

* Integrator：初始状态 (0) = 6
* Integrator2：初始导数状态 (0) = 0

### 构建方程

* AddSubtract块接受来自两个比例缩放块（Scale和Scale2）和Integrator块的输入信号，将它们组合成微分方程。
* Integrator2块接收AddSubtract块的输出信号，表示 。
* Integrator块接收Integrator2块的输出信号，表示 。

### 设置系数

* Scale块的系数设置为0.2，对进行缩放。
* Scale2块的系数设置为0.4，对进行缩放。

### 设计控制器

* 在ModalModel块中设计控制器，通过调整控制输入，使得状态在-1.0到1.0之间变动。可以通过设置控制器参数实现所需的控制效果。

### 设置仿真时间和仿真参数

- 在Continuous Director块中设置仿真时间和仿真步长。

- 启动仿真，并通过TimedPlotter块观察仿真结果。

通过以上步骤，可以搭建一个完整的线性常微分方程模型，并通过Ptolemy仿真进行状态控制和结果观察。

# 实验结果

在Ptolemy环境中进行仿真后，我们成功实现了对状态的控制，使其在-1.0到1.0之间变 动。状态变化曲线如下图所示：

图表

描述已自动生成

图表

描述已自动生成从曲线图中可以看出，状态的变化满足了实验的目标要求。

# Ptolemy系统代码与运行结果

以下是本次实验在Ptolemy环境中搭建的代码

图示, 示意图

描述已自动生成总体框架:

ModalModel:

图示

描述已自动生成

状态inx调整:图示

描述已自动生成

状态dex调整：

图示

描述已自动生成

# 小组成员与任务分工：

方子康：Ptolemy模型搭建及关键组件构造

郑为：模型的设计、优化与完善，最终调试

余亢爻：搜集资料，撰写实验报告

小组内大家不仅认真严谨地完成了自己的主要任务，而且相互合作。在实际完成实验的过程中，从设计到建模再到仿真，有时候仿真结果不理想，大家一起排查错漏，集思广益提出对策优化模型，体现了团结一致的小组合作精神。

# 参考文献

1.基于Ptolemy 的嵌入式计算系统级建模与仿真

2.信息物理融合系统（CPS）设计、建模与仿真 基于Ptolemy II平台

# 实验收获

通过本次实验，我们深刻认识到线性常微分方程在嵌入式计算系统建模与仿真中起到的重要作用。

初次使用Ptolemy，由于不熟悉操作，我们感到很棘手，熟悉相关器件和操作就花费了很大功夫。于是，我们查阅了介绍Ptolemy II仿真软件的应用和操作的相关资料。通过实际操作Ptolemy环境，我们掌握了一定的系统建模与仿真技能，并学会了如何设计控制器实现状态控制。

本实验的结果表明，我们成功实现了实验目标。这次实验，不仅锻炼了我们利用Ptolemy对嵌入式计算系统建模与仿真的实际操作能力，也提高了我们对控制理论的理解以及将理论运用于实际设计的水平。

在设计的过程中，我们真切地意识到Ptolemy II是一个非常强大的专业仿真软件，熟悉这个软件之后，对它又有了更多的认识，也对CPS的实际应用有更深入了解。

同时，在实验过程中，我们小组成员之间积极合作、分工明确，让整个实验过程得以顺利进行。当然，在实验中也遇到不少的问题及困难，为了锻炼我们独立解决问题的能力，我们基本上是通过我们小组之间讨论分析，查阅各种资料来解决问题的，没有向老师寻求帮助。

总的来说，本次实验强化了我们对于模型的抽象构建、状态转换和控制方面的理解。而且，我们也收获了很多实际操作经验、故障处理经验以及提升了同样重要的团队协作能力。