

文章编号 1000-5013(2002) 04-0402-05

图形交互式控制系统设计工具 CTRLCAD 的开发

李 钟 慎

(华侨大学机电及自动化学院, 泉州 362011)

摘要 利用 MATLAB 语言的界面设计功能及其提供的控制系统工具箱, 开发了图形交互式控制系统设计工具 CTRLCAD. 它为经典控制系统提供一个界面友好的计算机辅助设计环境. 使用该工具不需要任何编程, 用户就可方便地完成经典控制系统的设计工作. 它使经典控制系统的设计变得更加简便、直观, 给经典控制系统的设计带来更高的效率和更好的质量.

关键词 图形用户界面, 经典控制系统, 计算机辅助设计, 工具软件

中图分类号 TP 311. 56 TP 13

文献标识码 A

控制系统 CAD 已成为自动控制研究和工程技术人员必不可少的手段. MATLAB 现已成为国际控制界应用最广泛的 CAD 软件之一^[1]. 然而, MATLAB 是一个命令行式的交互系统, 要使用它, 必须先熟悉 MATLAB 的命令和函数, 也需要使用者进行编程. 当今流行的图形用户界面(GUI)使用户不必牢记大量的命令, 而是通过窗口、菜单等选择计算机呈现给用户的所有可能操作, 达到所谓的“所见即所得”; GUI 风格将在相当长的时间内占据用户界面的主导地位^[2]. 因此, 本文利用 MATLAB 6.0 的界面设计功能及其提供的控制系统工具箱(Control System Toolbox), 开发了控制系统设计工具 CTRLCAD. 该工具采用图形用户界面, 给设计经典控制系统提供一个界面十分友好的计算机辅助环境.

1 CTRLCAD 的总体设计

开发 CTRLCAD 的目的, 旨在提供一个界面友好、功能完善的计算机辅助环境. 同时, 也为经典控制系统的设计提供一个菜单驱动、不需编程的简便工具.

1.1 技术目标

开发出的 CTRLCAD, 它应实现以下主要技术目标. (1) 使用本工具软件设计的经典控制系统, 除了模型的参数和系统设计要求需通过键盘输入以外, 其它的全部工作都只要用鼠标操作来完成, 完全不需要编程操作. (2) 支持经典控制系统的各种模型类型, 并实现模型之间的自动相互转换. (3) 对设计过程中绘图窗口中的图形(或曲线)可以进行详细的定量分析.

(4) 实现各种控制器设计功能, 它包括串联校正、PID 控制器设计等。(5) 中文界面, 提供帮助功能。

1.2 功能模块

CTRLCAD 的功能划分为文件操作、模型输入与显示、系统分析、系统设计和帮助 5 个模块, 其总体结构, 如图 1 所示。

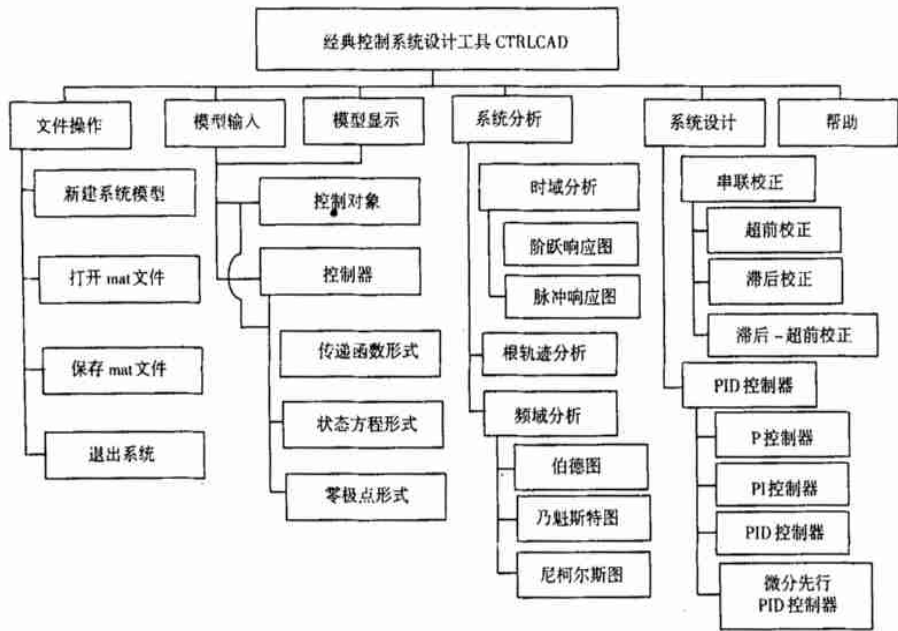


图 1 经典控制系统设计工具 CTRLCAD 的总体结构

1.2.1 文件操作模块 文件操作模块应实现 3 个功能。(1) 清除控制系统的所有已有参数以重新建系统模型和退出本软件环境。(2) 通过打开一个已有的. mat 文件, 调出控制系统中各环节的参数, 建立系统的模型。(3) 把当前系统各环节的参数以. mat 文件的形式保存。

1.2.2 模型输入与显示模块 模型输入与显示模块, 实现控制系统中各环节模型类型的选择、模型参数的输入、模型的自动转换和显示的功能。(1) 提供在传递函数、状态方程、零极点形式之间进行模型类型选择。当选择了模型类型后, 以相应的形式输入或修改模型参数。(2) 实现传递函数、状态方程、零极点形式之间的自动转换。(3) 当以某种模型类型输入模型参数后, 可以用上述 3 种模型类型中的任一种形式显示模型的参数。模型输入与显示的默认类型为传递函数。

1.2.3 系统分析模块 该模块以图形界面实现经典控制系统的时域、根轨迹、频域分析。绘制出校正前后闭环系统的阶跃响应图、脉冲响应图, 绘制出系统的根轨迹图。绘制出校正前后开环系统的伯德图、乃魁斯特图、尼柯尔斯图。对分析过程中得到的图形, 可以进行网格的设置。弹出右击菜单, 在曲线上标出和显示各项性能指标。还可以通过点击曲线上的某一点, 获得该点的详细数据。

1.2.4 系统设计模块 输入系统设计的要求, 该系统设计模块就可以实现用频率法设计串联校正器。它可以采用 Ziegler-Nichols 法、Cohen-Coon 法和精调的 Ziegler-Nichols 法设计 PID

控制器。

1.2.5 帮助模块 帮助模块除了在各个交互式图形用户界面上提供简要的帮助功能外,还给出了本工具的功能说明、操作指南等。

2 CTRLCAD 的实现

2.1 CTRLCAD 的界面设计

CTRLCAD 的界面是借助于 MATLAB 语言新增的界面设计功能实现的。MATLAB 语言的界面设计功能十分强大,而且编程很方便,它继承了面向对象编程的优点,可以设计出界面优美的程序。本工具在 MATLAB 6.0 环境下开发,图形用户界面有主界面、绘图窗口、对话框窗口和信息显示窗口。

2.1.1 主界面 CTRLCAD 的主界面上有一级菜单、按钮和单位负反馈系统的方框图,如图 2 所示。主界面的实现采用 MATLAB 的 `figure()` 函数建立窗口句柄,用 `uimenu()` 函数建立菜单,用 `uicontrol()` 函数创建按钮和控制系统的方框图。

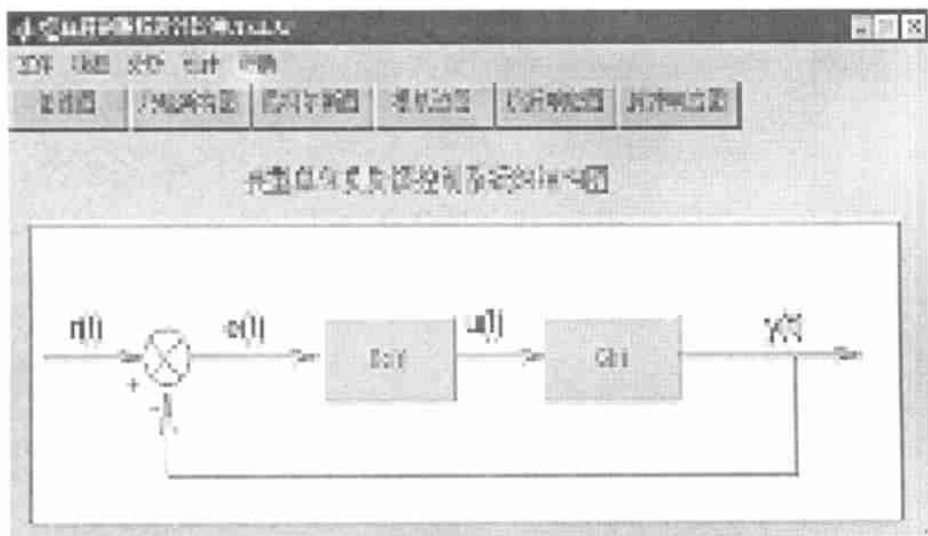


图 2 图形交互式经典控制系统设计工具 CTRLCAD 的主界面

2.1.2 绘图窗口 绘图窗口是使用最多的窗口。窗口内容由进行分析和设计时的图形及对图形进行进一步分析的菜单组成。右击绘图窗口,弹出右击菜单,可对图形添加/删除网格、标出和显示各项性能指标、对图形进行放大和还原等等。绘图窗口用 MATLAB 的 `figure()` 函数和 `uicontrol()` 函数实现。

2.1.3 对话框窗口 对话框窗口用于输入系统模型的参数值、系统设计的要求等。对话框用 MATLAB 的 `figure()` 函数和 `uicontrol()` 函数实现。

2.1.4 信息显示窗口 信息显示窗口主要用于给出结果及不正确操作时的提示信息等。信息显示窗口用 MATLAB 的 `figure()` 函数和 `uicontrol()` 函数实现。

2.2 CTRLCAD 的算法实现

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

CTRLCAD 涉及的系统分析、设计、仿真的算法,绝大多数是借助 MATLAB 中的控制系

统工具箱提供的命令来实现的。控制系统工具箱是 MATLAB 中的一个重要的领域型工具箱, 主要用于线性定常系统的分析、设计与仿真。它实际是一个算法集合, 使用关于复数矩阵的函数来提供控制工程的专用函数, 其中大部分是 M 文件, 都可以直接调用。更为重要的一点, 用户可以通过编制 M 文件来任意地添加工具箱中原来没有的函数。在本工具中调用我们自编的函数 $\text{bodelead}^{[6]}$, $\text{bodelag}^{[6]}$ 来设计超前、滞后校正器, 调用 $\text{stepchar}^{[6]}$ 来求取控制系统的时域性能指标。

3 使用示例

图 2, 3, 4 分别表示图形交互式经典控制系统设计工具 CTRLCAD 的主界面、伯德图窗口和阶跃响应窗口。

CTRLCAD 软件提供了一系列 M 文件, 无需安装, 用户可以将全部内容复制到一个指定的用户目录下, 用 MATLAB 提供的路径设置程序将所安装的用户目录包含在路径设置文件 pathdef.m 中。正确设置了路径之后, 首先需要进入 MATLAB 环境, 在提示符下键入 ctrlcad , 这时就会出现一个如图 2 所示的主界面。下面通过一个例子, 展示图形交互式的效果, 说明 CTRLCAD 的使用方法。

有一单位负反馈系统的被控对象传递函数为

$$G(s) = \frac{25}{s(s+25)} \quad (1)$$

试设计一控制器, 使系统满足以下条件: (1) 单位斜坡输入的稳态误差不大于 1%; (2) 相位裕度不低于 45° ; (3) 穿越频率不小于 $20 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

单击主界面菜单栏上的“模型”下拉菜单上的“对象修改”项, 或单击主界面上的 $G(s)$ 按钮。当出现对象模型参数输入对话框后, 选中模型的类型为“传递函数”, 分别输入 $G(s)$ 的分子、分母多项式系数。

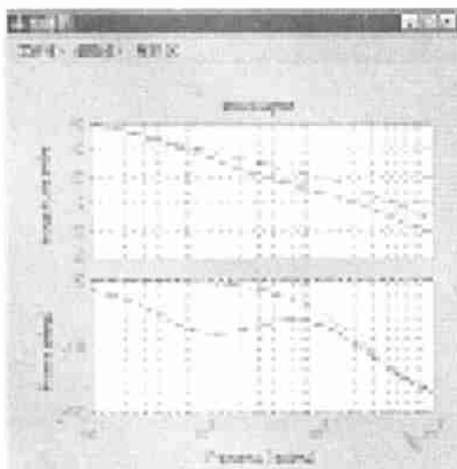


图 3 伯德图窗口

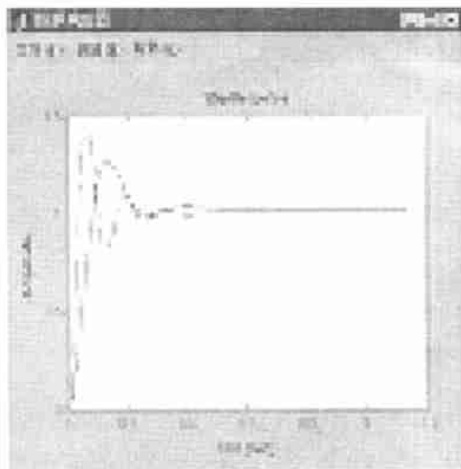


图 4 阶跃响应图窗口

单击主界面菜单栏上的“设计”下拉菜单中的“串联校正”项。当出现系统设计要求对话框

后,分别输入相位裕度、穿越频率、误差系数要求,选中控制器类型为“滞后”,单击“设计”按钮,立即在信息显示窗口给出控制器的传递函数为

$$G_c(s) = \frac{46.34s + 100}{1.63s + 1} \quad (2)$$

为了校验设计是否正确,单击主界面上的“伯德图”按钮.当出现图3所示的绘图窗口时,可得到校正前、后开环系统的伯德图,并且用线型来区分,虚线表示校正前,实线表示校正后.从图3可以清楚地看出,校正后系统的相位裕度略大于 45° ;穿越频率为 $20 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$,均满足系统设计要求.当然,也可以右击绘图窗口空白处,弹出菜单,对系统进行定量分析.若再单击“阶跃响应图”按钮,则弹出校正前、后闭环系统的阶跃响应曲线,如图4所示.

4 结束语

从上述使用示例可以看出,CTRLCAD为经典控制系统提供了一个界面友好的计算机辅助设计环境.用户不必记忆MATLAB的命令和函数,不需要进行任何编程,也不需要具有实现控制系统的算法基础知识,利用CTRLCAD,输入对象的模型参数和系统设计要求就可以设计出控制器,十分方便、直观.同时,它大大提高了设计的效率和质量.该工具必将在科研和工程上获得广泛的应用.

参 考 文 献

- 1 薛定宇.反馈控制系统设计与分析——MATLAB语言应用[M].北京:清华大学出版社,2000.1~391
- 2 张新明,沈兰荪.用可视化编程工具实现科学仪器的用户界面[J].现代科学仪器,1998,(4):33~35
- 3 李钟慎,王永初.基于MATLAB的超前校正器的计算机辅助设计[J].计算技术与自动化,2001,20(2):71~74
- 4 李钟慎,王永初.基于MATLAB的滞后校正器的计算机辅助设计[J].计算机应用,2001,21(6):27~28
- 5 李钟慎,王永初.用MATLAB求取线性系统的时域性能指标[J].自动化与仪器仪表,2001,(6):17~19

Development of CTRLCAD as a Graphical Interactive Tool for Designing Control System

Li Zhongshen

(College of Electromech. Eng. & Auto., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract By applying interface designing function of MATLAB language and control system toolbox offered by it, the author develops CTRLCAD as graphical interactive tool of control system design, which provides a CAD environment with friendly interface for the classical control system. With this tool, the user will complete conveniently the design of classical control system and not any programming is necessary. The tool makes the design of classical control system even more handy and directly perceived. It brings a higher efficiency and a better quality to the design of classical control system.

Keywords graphical user interface, classical control system, computer-aided design, tool software