

一种基于 LabVIEW 的 PID 控制器设计的方法

A method of design of PID controller based on LabVIEW

(成都中科院光电技术研究所) 金志强 包启亮

Jin,Zhiqiang Bao,Qiliang

摘要:利用 LabVIEW 虚拟仪器开发平台,设计了一个程序,可以对 3 阶以内的线性被控对象快速的确定 PID 控制器的各个参数,完成 PID 控制器的设计。同时,可以给出控制系统开环或者闭环的阶跃响应。

关键词:虚拟仪器;LabVIEW;PID 控制

中图分类号:TP375 **文献标识码:**A

文章编号:1008-0570(2005)06-0001-02

Abstract:A program is designed based on LabVIEW virtual instrument,which can easily get the parameters of the PID controller for linear plant no more than third-order, finish the design of PID controller. At the same time, a step response of open-loop or close-loop control system is given.

Keywords:virtual instrument;LabVIEW;PID control

1 引言

PID 控制调节原理简单,易于整定、使用方便,是历史最悠久、控制性能最强的基本调节方式,广泛应用于机电、冶金、机械、化工等各个工业生产部门。

LabVIEW 是实验室虚拟仪器集成环境(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)的简称,是美国 NI 公司推出的虚拟仪器开发平台软件,具有简洁图形化编程环境和强大的功能。它广泛应用于数据采集与控制、信号处理、数据显示、数据分析等领域。

2 PID 控制原理

PID 控制是从比例、积分和微分三个环节来实现对系统控制的。常规 PID 控制系统原理框图如图 1 所示,该系统由模拟 PID 控制器和被控对象组成。

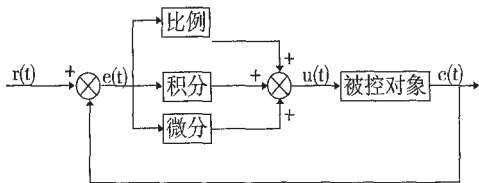


图 1 PID 控制原理图

PID 控制器是一种线性控制器,它根据给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $c(t)$ 构成控制偏差:

$$e(t) = r(t) - c(t) \quad (1)$$

对偏差进行比例(P)、积分(I)、微分(D)计算后通过线性组合构成控制量,作用于被控对象,其控制规律

为:

$$u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + \frac{T_d de(t)}{dt} \right) \quad (2)$$

表示为传递函数的形式为

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (3)$$

式中 k_p 、 T_i 、 T_d 分别为比例系数、积分时间常数、微分时间常数。

比例环节成比例的反映控制系统的偏差信号,一旦产生偏差,控制器就产生控制作用,来减少偏差。积分环节主要用于消除静态误差,提高系统的无差度。积分作用的强弱取决于时间常数 T_i , T_i 越小,积分作用越强。微分环节反映偏差信号的变化趋势,在系统中引入一个有效的提前修正信号,来加快系统的动作速度,缩短调节时间。

3 LabVIEW 及其 PID 工具包简介

LabVIEW 自 1986 年推出以来,经过十几年的时间,发展到以最新版本 LabVIEW7.1 为核心,包括控制与仿真、高级数字信号处理、模糊控制和 PID 控制等众多的附加软件包,可运行于 Windows、Linux、Sun 和 HP-UX 等多种平台。

LabVIEW 提供了一种全新的编程方法,即采用编译型图形化编程语言—G 语言(Graph Programming)。用户设计好程序的框架之后,只需把系统提供的各种图形化功能模块连接起来,即可得到所需的应用程序。LabVIEW 中的程序称为虚拟仪器(virtual instruments)程序,简称 VI。每个 VI 都由前面板、框图程序和图标/连接端口三部分组成。前面板就是图形化用户界面,用于设置输入数值和观察输出值;框图程序利用图形语言对定义在前面板上的控制量和指示量进行编程;图标/连接端口则可以把 VI 定义为一个子程序(subVI),使

USB 解决方案

- 1)USB 总线转 CAN 总线模块
 - 已有 300 多个现场使用案例。
 - 光电隔离,支持 CAN2.0A 与 CAN2.0B。
- 2)USB 数据采集系统
 - 采用自带 CAN 控制器的单片机
 - 光隔 16 路 16 位 A/D,光隔 4 路 T89C51CC01。
 - 速率:50K-1M 任选。
 - 12 位 D/A。
 - 30 路光隔开入,18 路光隔开出。
 - 具有 watchdog 与总线错误自动恢复
- 3)EZ-USB 开发套件功能。

西安澳新科技有限公司

地址:西安高新区科技路 48 号创业广场 B1003 邮编:710075
电话:029-87999598/87999596 传真:029-87999596-815
网址: <http://www.ausinfo.com>

金志强:硕士研究生

电话:010-62132436,62192616(T/F)

中国自控网: <http://www.autocontrol.cn>

其能被别的 VI 调用。

LabVIEW 的 PID 控制模块包含 PID 和模糊逻辑控制以及其它先进控制函数。利用 NI 的基于 LabVIEW 的 PID 工具包 (PID Toolkit), 不但可以在 LabVIEW 环境下通过友好的人机交互界面直观方便地进行控制器的设计, 还能充分利用 LabVIEW 的各种强大功能, 特别是同数据采集板卡等硬件的良好结合, 迅速地搭建所需的自动控制系统, 进行仿真及实际应用。

4 PID 控制器设计 LabVIEW 实现方法

PID 控制器设计的主要任务是对于给定的被控对象, 快速的确定比例系数 K_p 、积分系数 K_i 和微分系数 K_d , 使系统满足相应的指标。

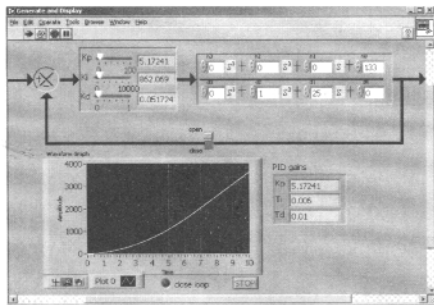


图 2 开环控制及波形

4.1 LabVIEW 程序设计

① 前面板设计

前面板程序用来提供用户与程序的接口, 产生一个友好的图形界面, 用于显示仿真波形输出。此外, 用户还可以通过前面板上的控件设置被控对象的传递函数, 以及开环和闭环控制的选择。实现 PID 控制器设计的 VI 前面板程序如图 1 所示, 可以几乎同步得到仿真波形。

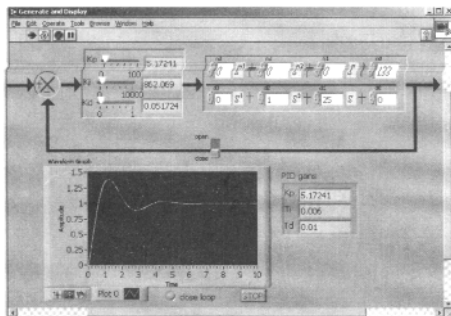


图 3 闭环控制及波形

② 框图程序设计

框图程序是虚拟仪器的图形化源代码, 与前面板相对应, 连线表示信号的方向。它是利用图形语言对前面板上的控制量和显示量进行控制, 使程序完成设定的功能。图 3 和图 4 为本文的源程序。框图程序 1 对前面板输入的数据进行预处理, 作为框图程序 2 中各子 VI 的参数。

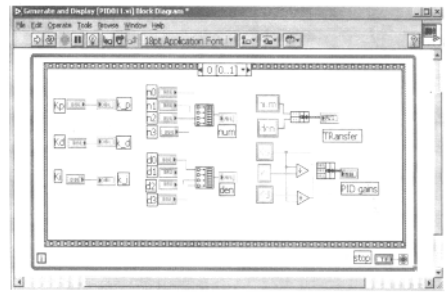


图 4 框图程序 1

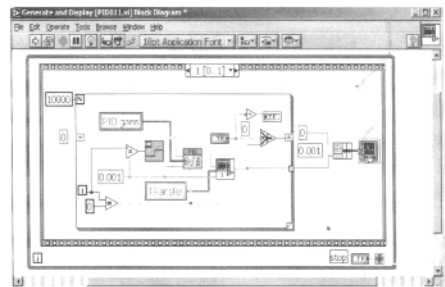


图 5 框图程序 2

4.2 控制器设计

完成程序设计后, 只需在前面板上设置被控对象的传递函数, 然后运行程序, 用鼠标拖动参数 K_p 、 K_i 、 K_d 的滑动按钮调整它们的大小, 使得输出的阶跃响应达到预期的效果。还可以通过开关选择对开环系统或者闭环系统进行仿真。本文对传递函数为

$$G(s) = \frac{133}{s^2 + 25s} \quad (4)$$

的被控对象进行仿真, 得到开环和闭环阶跃响应分别如图 3 和图 4 所示。数 K_p 、 K_i 、 K_d 的值分别为 5.17、0.006、0.01。

对不同的被控对象只需改变其传递函数, 重复上面步骤即可获得 PID 参数, 完成 PID 控制器的设计。

5 结束语

在 LabVIEW 软件条件下, 利用 PID 工具包, 可以方便地进行 PID 控制器的设计, 为 PID 控制在实际系统中的应用提供参考。通过前面板的图形交互界面本程序对 3 阶以内具有线性递函数的被控对象有着很好的通用性。此外, 还可以利用 PID 工具包, 设计其它基于 PID 算法的 LabVIEW 程序, 设为子 VI, 便于在设计中调用。

参考文献

[1] 杨乐平, 李海涛等. LabVIEW 程序设计与应用. 北京: 电子工业出版社, 2001.7

[2] NI Corporation. PID Control Toolset User Manual. 2003.11.

作者简介: 金志强 (1980—), 男, 汉族, 浙江缙云人, 中科院光电技术研究所 2002 级硕士研究生, 专业为检测技术与自动化装置, 研究方向为嵌入式控制。Email: j-z-q@163.net. (见第 71 页)

3.3 程序中相关函数说明

(1)WD_Register_Card():初始化 PCI9820 的硬件及软件状态,并返回注册板卡号,此函数必须在所有其它 WD_DASK 库函数调用前进行调用。由于 WD_DASK 支持 PnP(Plug and Play),其基地址及中断都由系统 BIOS 直接配置。WD_Release_Card():系统最多能同时注册 32 个板卡,此函数通知 WD_DASK 库此注册卡现在不用可以释放,以便为新注册卡预留资源,在程序结尾需调用此函数释放所有注册板卡。

(2)WD_AI_CH_Config():配置指定板卡的特定模拟通道的输入范围,默认配置为 AD_B_5_V,若使用默认设置,可不用此函数。若调用此函数可直接设置特定模拟通道的输入范围,可选范围为 AD_B_1_V 和 AD_B_5_V。WD_AI_Config():告知 WD_DASK 库所用板卡的时钟源、转换源和采样模式。调用函数 WD_Register_Card()后,板卡被默认配置如下:时钟源:WD_IntTimeBase;AD 转换源:WD_AI_ADCONVSRG_TimePacer;AD 采样模式:禁用 AD“乒乓”模式;AD 循环存储:启用 AD 循环存储;自动复位缓冲:启用自动复位缓冲功能。若不想用默认设置,可调用此函数进行直接配置。

(3)WD_AI_Trig_Config():告知 WD_DASK 库所用板卡触发源、触发模式和触发特性。调用 WD_Register_Card()后,板卡被默认配置如下:后触发(WD_AI_TRGMOD_POST);软件触发(WD_AI_TRGSRC_SOFT);下降沿触发(WD_AI_TrgNegative)。若不想用默认设置,可调用此函数进行直接配置。

(4)WD_AI_AsyncDblBufferMode():启用/禁用双缓冲数据获取模式。WD_AI_ContBufferSetup():此函数为连续模拟输入设定缓存,为了设定所有的缓存(最多 2 个),需要反复调用此函数。WD_AI_AsyncDblBufferHalfReady():在异步双缓冲模拟输入操作中,检查循环缓冲器的下半个数据缓冲是否准备好传输。WD_AI_AsyncDblBufferToFile():调用此函数把循环缓冲器中的数据写入硬盘文件。WD_AI_AsyncClear():停止异步模拟输入操作。

(5)WD_AI_ContScanChannelsToFile():用用户设定的采样速度对指定模拟输入通道进行连续 A/D 转换,并把获得的数据保存到硬盘文件中。数据以二进制形式写入硬盘文件,并且先写低字节,此函数利用硬件同步及自动扫描功能完成多通道模拟输入。只有后触发及延时触发支持连续 A/D 转换的双缓冲模式。

4 结论

ADLINK 公司的两通道 130MS/s、高分辨率数据采集卡 PCI-9820 配合带通滤波器(Band-pass Filter)及下变频技术(Down Conversion),利用它的 14-bit 的 AD 分辨率与 30 MHz 的频宽,可用作雷达接收机参考信道及目标回波信道的雷达回波信号实时采集。模拟实

验中,板卡号、通道号、输入范围及采样率自己设定,采用内部时钟及下降沿触发的后触发模式,自定义双缓冲容量。结果表明:基于 DAQPCI9820 双缓冲模式的此雷达回波信号实时采集系统主要受计算机硬件环境及连接数据线的影 响,具有较高的正确采样率。对雷达回波信号的正确实时采集也是后期进行时差分析及多谱勒频移计算的前提与基础,其研究对雷达目标识别与雷达成像具有重要意义。

参考文献:

[1]NuDAQ PCI-9820 2-CH,130MS/s,14-Bit,Simultaneous-Sampling Digitizer User's Guide

[2]肖秋.高速数据采集卡在雷达信号采集和分析中的应用.火控雷达技术,2001 年第 3 期

[3]张长隆等. PCI 总线接口技术及其在雷达数据采集通道中的应用.微处理机,2000 年第 1 期。

作者简介:李富强,男,1982-,汉族,郑州大学电气工程学院,硕士研究生,研究方向:数字信号处理,Email:zzulfqiang@126.com;万红,女,1964-,汉族,郑州大学电气工程学院,博士生,副教授。研究方向:数字信号处理;曾庆山,男,1963-,汉族,郑州大学电气工程学院,博士,副教授。研究方向:智能控制系统;卢宜,男,1951-,汉族,郑州大学电气工程学院,高级实验师。研究方向:电力电子。

Author brief introduction:Li, Fuqiang: male, 1982-, Han, master. Major: Digital Signal Processing. Wan, Hong: female, 1964-, Han, doctor, associate professor. Major: Digital Signal Processing. Zeng, Qingshan: male, 1963-, Han, doctor, associate professor. Major: Intelligent Control System. Lu, Yi: male, 1951-, Han, Senior Experimentalist. Major: Power Electronics

(450002 郑州大学电气工程学院) 李富强 万红 曾庆山 卢宜

通信地址:

(450002 河南省郑州市文化路 97 号郑州大学北区电气工程学院)李富强

(投稿日期:2004.11.25) (修稿日期:2004.12.25)

(接第 2 页)

Author: Jin Zhiqiang (1980—), Male, Han, now is postgraduate of The institute of optics and electronics, Chinese Academy of Sciences. Research orientation is embedded control. Email: j-z-q@163.net

(610209 四川成都双流 350 信箱一室 中科院光电技术研究所)金志强 包启亮

(610209 Office 1, PostBox 350, Shuangliu, Chengdu, Sichuan, China) Jin, Zhiqiang Bao, Qiliang

(投稿日期:2004.11.25) (修稿日期:2004.12.25)