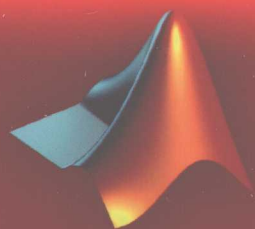


MATLAB工程应用系列丛书

樊京 刘叔军 编著
盖晓华 崔世林



MATLAB

控制系统应用与实例

- 控制系统硬件设计方法
- 控制理论概述
- SIMULINK及控制系统仿真
- 相平面分区控制理论基础
- 模糊相平面分区控制
- 神经网络相平面分区控制
- 控制系统应用实例



清华大学出版社

MATLAB 工程应用系列丛书

MATLAB 控制系统应用与实例

樊 京 刘叔军 编著
盖晓华 崔世林

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MATLAB 控制系统仿真和 MATLAB 环境下实时控制的实现,以及相平面分区控制的仿真、实时控制和系统分析。

本书不同于一般 MATLAB 教程的特点在于:本书以 MATLAB 在控制系统中的实际应用为背景,借助作者自行开发的信号采集硬件平台,从传统控制理论到现代控制理论,对控制方法、控制效果作了大量的对比研究,从而充分体现了 MATLAB 作为控制系统算法研究的方便之处及无可替代的地位。

本书可以作为高等院校控制专业的教材或参考书,也可作为广大科技工作人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 控制系统应用与实例 /樊京,刘叔军,盖晓华,崔世林 编著. —北京:清华大学出版社,2008.5
(MATLAB 工程应用系列丛书)

ISBN 978-7-302-17230-7

I.M… II.①樊…②刘…③盖…④崔… III.控制系统—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV.TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 037079 号

责任编辑:刘金喜 高晓晴

封面设计:久久度文化

版式设计:孔祥丰

责任校对:胡雁翎

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.25 字 数:445 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版 印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022438-01

前 言

MATLAB 是一个跨平台的科学计算环境。它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体。随着计算机技术的迅猛发展,控制系统已经被应用到了各个领域,MATLAB 在其发展过程中,一直将面向控制工程应用作为主要功能之一。

MATLAB 的“演算纸”式的程序计算语言,为控制系统分析与设计提供了一个良好的平台。另外,我们自行开发的基于 MATLAB 的串行数据采集开发板和 USB 数据采集板为利用 MATLAB 平台进行控制系统的实时分析提供了一个良好的开发环境。

本书以 MATLAB 环境下的实时系统分析与控制为主线,将 MATLAB 在控制系统中的应用通过大量的仿真实例体现出来,包括如下两大部分:

(1) MATLAB 在常规控制系统中的应用

本部分首先详细介绍了 MATLAB 数据采集的各种方法,侧重介绍了基于 MATLAB 的串行数据采集开发板和 USB 数据采集板的应用;详细介绍了控制系统的建立、分析和控制器的设计,包括控制工具箱中的实用系统分析工具 LTIVIEW 和系统设计工具 SISOTOOL 的应用,利用 MATLAB\SIMULINK 模块建立系统仿真模型和模型封装, MATLAB 的 S 函数编制以及 SIMULINK 下 S 函数的调用, SIMULINK 下控制系统分析,给出了常规控制系统的 MATLAB 仿真、实时控制和系统分析。

(2) MATLAB 在新控制方法研究中的应用

相平面分区控制是由张南纶教授研究现场操作人员根据经验与思维原则完成实时控制提出的一种新控制方法,它排除了建立繁杂数学模型的艰难过程。我们通过对这种新的逻辑控制方法的分析与研究,详细介绍了基于 USB 数据采集板的 MATLAB\SIMULINK 模块的构建,相平面分区控制的 SIMULINK 控制模块的构建,相平面分区控制的基本原理及其 MATLAB 实现,基于 MATLAB 的串行数据采集开发板的实时相平面分区控制系统分析,基于 MATLAB 的 USB 数据采集板的实时相平面分区控制系统分析。另外,介绍了将模糊逻辑、神经网络等智能算法与相平面分区控制相结合构成的模糊相平面分区控制与神经网络相平面分区控制等。在这一过程中,读者可以和我们一起来领略借助 MATLAB 环境寻求新控制方法的便利之处。

本书所有仿真程序均在 MATLAB 6.5 及以上环境通过测试。开发板资料和 MATLAB 程序请登录 www.dzmi.com 查阅。本书的实例源程序可通过 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 下载。

本书可以作为高等院校控制专业的教学参考书,也可以作为广大科技工作人员的参考用书。

本书第 1 章 1.1~1.4 节由黄大勇编写,1.5 节由樊京编写;第 2 章由李壮举编写;第 3 章由崔世林编写;第 4 章 4.1~4.3 节由刘叔军编写;第 4 章 4.4 节、第 5 章由盖晓华编写;第 6 章由田菲编写;第 7 章由殷华文编写;附录部分由樊京编写。全书由樊京、刘叔军审校。

由于我们的水平和时间所限,书中难免出现疏漏之处,恳请广大读者给予指正。

编 者

目 录

第 1 章 控制系统硬件设计方法	1
1.1 MATLAB 控制设计方法简介	1
1.2 MATLAB 数据存取工具箱简介	2
1.3 计算机并行接口在 MATLAB 中的使用	3
1.3.1 并口特性简介	3
1.3.2 并口应用函数及实例	6
1.4 计算机声卡在 MATLAB 中的使用	8
1.4.1 声卡的静态数据采集	9
1.4.2 声卡的动态数据采集	11
1.4.3 声卡的输出	20
1.5 基于 MATLAB 的数据采集卡设计方法	22
1.5.1 数据采集原理	23
1.5.2 基于 MATLAB 的串行数据采集开发板设计	28
1.5.3 与 MATLAB 连接的基于 USB 接口的数据采集开发板设计	37
1.5.4 高速数据采集方法简介	54
第 2 章 控制理论概述	57
2.1 自动控制的基本概念	57
2.2 自动控制系统的性能要求和数学模型	58
2.2.1 自动控制系统的性能要求	58
2.2.2 自动控制系统的数学模型	59
2.3 系统模型的转换	62
2.3.1 系统模型向传递函数形式的转换	62
2.3.2 系统模型向零极点形式的转换	63
2.3.3 系统模型向状态方程形式的转换	64
2.4 LTI 系统的传递函数实现	65
2.4.1 时域响应	65
2.4.2 根轨迹法	68
2.4.3 频率域法	70
2.5 LTI 系统的状态空间实现	75



2.5.1 系统实现	75
2.5.2 极点配置和状态观测器	78
2.6 LQ 和 LQG 最优控制	83
2.6.1 LQ 最优控制	83
2.6.2 LQG 最优控制	84
第 3 章 SIMULINK 及控制系统仿真	91
3.1 SIMULINK 简介	91
3.1.1 SIMULINK 简单模型的建立及模型特点	91
3.1.2 SIMULINK 模块的合成与封装	92
3.1.3 S-函数	95
3.1.4 SIMULINK 仿真实例分析	97
3.2 控制系统校正及实例分析	101
3.2.1 控制工具箱中的实用工具	101
3.2.2 控制系统校正	105
3.2.3 控制系统设计实例	111
3.3 控制系统实时仿真	115
3.3.1 基于单片机数据采集板(232 接口)的 MATLAB 实时仿真	115
3.3.2 基于 USB 数据采集板的 MATLAB 实时仿真及系统分析	123
第 4 章 相平面分区控制理论基础	127
4.1 相平面分区控制概述	127
4.2 相平面分区控制的基本形式	128
4.2.1 相平面分区控制器理论背景	128
4.2.2 相平面分区控制算法	129
4.3 相平面分区控制器 SIMULINK 仿真与分析	137
4.3.1 相平面分区控制器 SIMULINK 模块简介	137
4.3.2 相平面分区控制仿真分析	143
4.4 相平面分区控制器的实时仿真	168
4.4.1 基于单片机数据采集板(232 接口)的 MATLAB 实时仿真	168
4.4.2 相平面分区控制的 SIMULINK 实时仿真	177
第 5 章 模糊相平面分区控制	185
5.1 模糊控制概述	185
5.1.1 模糊逻辑的基本原理	185
5.1.2 模糊推理系统的建立	190
5.2 模糊控制的 SIMULINK 仿真	192
5.2.1 模糊推理系统的建立	193

5.2.2	模糊相平面五态控制系统的仿真分析	197
5.2.3	模糊相平面控制系统抗干扰性能的分析	201
5.2.4	模糊相平面控制系统的实时仿真	202
第 6 章	神经网络相平面分区控制	205
6.1	神经网络的模型与非线性系统控制	205
6.1.1	神经网络的模型	205
6.1.2	非线性系统的神经网络控制	211
6.2	BP 网络直接逆控制器设计	216
6.3	CMAC 网络及其在控制中的应用	225
6.3.1	基于信度指派的 CMAC 网络的学习方式	226
6.3.2	CMAC 网络前馈控制器	226
6.3.3	基于 CMAC 网络的控制系统举例	227
6.4	CMAC 网络相平面控制器设计	230
第 7 章	MATLAB 在先进控制中的应用	245
7.1	系统辨识应用实例	245
7.1.1	系统辨识基本原理	245
7.1.2	线性动态系统的描述方法和估计问题	245
7.1.3	系统辨识应用实例	250
7.2	模型预测控制应用	256
7.2.1	预测控制的基本原理及控制器组成	257
7.2.2	模型预测应用实例	261
7.3	鲁棒控制应用	272
7.3.1	鲁棒控制概述	272
7.3.2	LMI 系统介绍	274
7.3.3	鲁棒控制器设计实例	276
附录 1	MATLAB 接口的 USB 数据采集板使用说明	285
附录 2	MexDll 使用指南	293
附录 3	AVR+USB 数据采集卡 VB 例程使用说明	295
参考文献		299



第1章

控制系统硬件设计方法

1.1 MATLAB 控制设计方法简介

子曰：“工欲善其事，必先利其器”。

在计算机技术日新月异的今天，计算机已越来越密切地同人们的日常工作和生活联系在一起。而在工程计算领域中，计算机技术的应用正逐步将科技人员从繁重的计算工作中解放出来。

为了满足用户对工程数学计算的需求，一些软件公司相继推出了一批数学类科技应用软件，如 MATLAB、Xmath、Mathematica、Maple 等。其中，Mathworks 公司推出的 MATLAB 以其强大的功能和易用性受到越来越多的科技工作者的欢迎，因而 MATLAB 被称为“科学便笺式”的工程计算语言。

MATLAB 由主程序和功能各异的工具箱组成，其基本数据结构是矩阵。正如 MATLAB 的名字“矩阵实验室”。MATLAB 起初主要是用来对矩阵进行操作的，但是经过不断的发展，MATLAB 的工具箱逐渐涵盖了自动控制、信号处理等科学技术的各个方面，成为人们进行各领域计算的得力助手。

大家知道，对控制系统进行仿真与计算机辅助设计的工作可以分为四个阶段的有机结合，即系统建模、分析、设计及在线仿真与完善的过程。首先需要给系统建立起数学模型，然后根据数学模型进行仿真分析。在系统分析时如果发现与实际系统不符，则可能是系统的数学模型有问题，需要重新建立模型后再进行分析。建立起准确的数学模型，并分析了系统的性质后，就可以根据要求给系统设计控制器，设计后可以对系统在控制器作用下的性质进行分析，如果不理想则应重新设计控制器，然后返回分析过程，直至获得满意的控制结果。但是，很多情况下，现场情况是很复杂的，单纯的软件仿真往往不能反映真实的情况，这时就需要通过在线仿真，或称为系统原形的方法，现场修改设计。

在控制系统的设计与应用中,工程技术人员而言,主要的困难有两个:一是算法设计,这个困难已经因 MATLAB 的广泛应用而得到部分解决;二是算法与实际系统的联合调节,做控制的人对于电子设计一般不太熟悉,虽然 MATLAB 提供了一些著名厂商的接口卡,可以直接在 SIMULINK 环境下使用,但是价格昂贵,缺乏技术细节。本章以笔者设计的采集卡为例,详细介绍数据采集系统硬件的设计细节。同时,也详细介绍 MATLAB 本身提供的数据采集工具箱。这样,便于读者从应用到核心都可以有所了解,并对此问题进行深入理解。

本章结合作者的实际设计经验,详细介绍 MATLAB 环境下的硬件使用,并设计出价格便宜的 AD、DA、IO 接口卡,采用 USB 接口,能够满足大部分仿真和试验的要求。值得说明的是,本采集卡已经在河南南阳理工学院自动控制实验室投入使用,可以在 MATLAB 和 SIMULINK 环境下进行所有自动控制课程实验,非常适合本科生的毕业设计,并且也适合广大工程技术人员做在线调试时使用。

本章重点介绍如下内容:

- 数据存取工具箱的整体介绍;
- MATLAB 数据存取工具箱中计算机并口的使用;
- 在数据存取工具箱中利用声卡进行数据采集;
- 基于 MATLAB 的串行数据采集开发板设计;
- 基于 MATLAB 的 USB 接口数据采集卡设计。

1.2 MATLAB 数据存取工具箱简介

MATLAB 数据采集工具箱是一组 M-File 函数集和 MEX-File 等动态链接库所组成的,专门用于数据采集方面的一组函数库。它提供了以下主要功能:

- 以相同的指令操作模拟输入(AI)和输出(AO),数字输出、输入(DIO)和同步模拟输出输入转换各式功能,不会因不同硬件而产生不同的指令;
- 一个实时数据采集环境,被测量的数据不需经由转换可直接进入 MATLAB 进行分析;
- 支持一些大的数据采集卡的厂商,如 National Instruments 等;
- 支持计算机内部的声卡、串口和并口;
- 支持事件驱动(Event-driven)的数据采集。

经过不断的发展,MATLAB 现已自成体系。它的数据采集工具箱包括 M-File 用户程序,数据采集引擎(Data Acquisition Engine)和硬件驱动程序接口(Hardware Driver Adaptors)三个模块。如图 1-1 所示,这些模块允许使用者在 MATLAB 内和其他使用者的数据采集硬件之间交换数据。

读者要特别注意理解队列的作用。为了增加采集速度, MATLAB 在应用环境到采集卡之间建立了一个数据采集引擎,核心问题就是队列。这个问题会在以后的小节中说明。

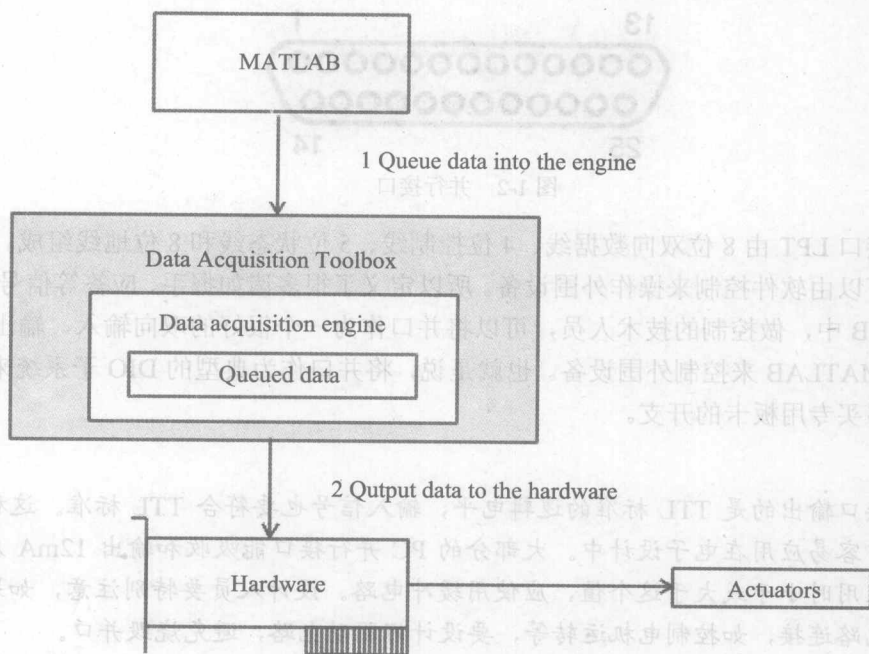


图 1-1 MATLAB 工具箱的软件模块

1.3 计算机并行接口在 MATLAB 中的使用

并行接口，简称并口，也就是 LPT 接口，是采用并行通信协议的扩展接口。MATLAB 数据存取工具箱提供了对并口的操作。这样，使用者可以很方便地使用并口进行数字信号的读写。它的输入、输出电平为 0~5V TTL。并口的数据传输率比串口快 8 倍，标准并口的数据传输率为 1Mbps，一般用来连接打印机、扫描仪等。也有些电子爱好者使用并口设计出虚拟逻辑分析仪。

MATLAB 提供了非常方便的操作并口的指令。控制系统的设计者主要是利用并口的输入、输出电平来控制外部信号。本节首先介绍并口的硬件定义，然后对 MATLAB 中并口的操作方法进行讲解，最后通过设计两个基本的实验使读者实际应用并口。

1.3.1 并口特性简介

并行接口使用的是 25 针 D 形接头，如图 1-2 所示。所谓“并行”，是指 8 位数据同时通过并行线进行传输，这样数据传输速度大大提高，但它的线路长度受到限制，因为长度增加，干扰就会增加，容易出错。

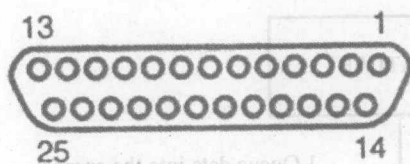


图 1-2 并行接口

并行接口 LPT 由 8 位双向数据线、4 位控制线、5 位状态线和 8 位地线组成。通常情况下并口可以由软件控制来操作外围设备。所以定义了很多诸如握手、应答等信号。但是，在 MATLAB 中，做控制的技术人员，可以将并口作为一个很好的双向输入、输出设备，从而利用 MATLAB 来控制外围设备。也就是说，将并口作为典型的 DIO 子系统来用，可以节省很多买专用板卡的开支。

注意：

并行接口输出的是 TTL 标准的逻辑电平，输入信号也要符合 TTL 标准。这种特性可以使接口容易应用在电子设计中。大部分的 PC 并行接口能吸收和输出 12mA 左右的电流，如应用时小于或大于这个值，应使用缓冲电路。设计人员要特别注意，如果要和外部控制电路连接，如控制电机运转等，要设计好驱动电路，避免烧毁并口。

并口的各个管脚定义见表 1-1 所示。

表 1-1 并口的各个管脚定义

针 脚	I/O	信 号	寄 存 器
1	输入/输出	nStrobe 选通	控制
2	双向	Data0 数据位 7	数据
3	双向	Data0 数据位 6	数据
4	双向	Data0 数据位 5	数据
5	双向	Data0 数据位 4	数据
6	双向	Data0 数据位 3	数据
7	双向	Data0 数据位 2	数据
8	双向	Data0 数据位 1	数据
9	双向	Data0 数据位 0	数据
10	输入	nAck 确认	状态
11	输入	Busy 忙	状态
12	输入	Pager-Out	状态
13	输入	Select 选择	状态
14	输入/输出	nAuto-Linefeed	控制
15	输入	nError/nFault	状态
16	输入/输出	nInitialize 初始化	控制
17	输入/输出	nSelect-Printer	控制
18-25	地线	Ground 信号地	

由于并口的设计原本是用于像打印机一类的设备，所以很多信号在控制中不一定有用。因此，最常用的是 2~9 这 8 位双向 IO 口，其中，9 是最高位。MATLAB 将这些信号分为 3 大类：2~9 为第一类，用于传输数据，定义 PortID 为 0。10~13 和 15 为第二类，用于表示状态，定义 PortID 为 1。1、14、16 和 17 为第三类，用于控制，定义 PortID 为 2。为了便于记忆，MATLAB 依照这种分类对端口的 ID 作了重新定义。可以使用 MATLAB 提供的 daqhwininfo 函数查看详细信息。

【例 1-1】显示已安装的输入/输出设备信息。

```
>>out = daqhwininfo; %这是 MATLAB 提供的函数
>>out.InstalledAdaptors
```

则显示：

```
>>ans =
    'parallel'
    'winsound'
```

说明：

笔者的计算机上 MATLAB 可以识别的设备只有并口和声卡。NI 的卡 MATLAB 也可以识别，只是价格太高了！

【例 1-2】使用 daqhwininfo 查看并口特性。

```
>>out = daqhwininfo('parallel') %显示并口的信息。
```

则显示：

```
AdaptorDllName: 'D:\MATLAB7\toolbox\daq\daq\private\mwparallel.dll'
AdaptorDllVersion: '2.5 (R14)'
AdaptorName: 'parallel'
BoardNames: {'PC Parallel Port Hardware'}
InstalledBoardIds: {'LPT1'}
ObjectConstructorName: {'" " 'digitalio('parallel','LPT1')'}
```

【例 1-3】建立并显示并口对象的详细信息。

```
>>parport = digitalio('parallel','LPT1'); %使用 digitalio 函数建立一个 DIO 对象
>>out = daqhwininfo(parport); %显示此对象的详细信息
```

则显示：


```
out =
```

```
AdaptorName: 'parallel'
```

```
DeviceName: 'PC Parallel Port Hardware'
```

```
ID: 'LPT1'
```

```
Port: [1x3 struct]
```

```
SubsystemType: 'DigitalIO'
```

```
TotalLines: 17
```

```
VendorDriverDescription: 'Win I/O'
```

```
VendorDriverVersion: '1.3'
```

```
>> out.Port(1) %显示第一类信号的详细信息
```

则显示: ans =

```
ID: 0
```

```
LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7]
```

```
Direction: 'in/out'
```

```
Config: 'port'
```

注意:

此处 ID 为零代表第一类实际管脚为 2~9 的双向 IO 口。MATLAB 起名为 LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7], 大概是为了便于记忆。以此类推, 如果输入 out.Port(2), 则输出的是 5 个并口状态 IO 口的信息。

1.3.2 并口应用函数及实例

上一节已经对并口的特性有了一个基本了解, 这一节我们首先介绍 MATLAB 如何利用并口输入、输出数据, 然后做两个实例。

MATLAB 对 DIO 子系统的读写分为三步:

- (1) 建立数字 IO 对象;
- (2) 添加将要使用的 IO 对象;
- (3) 读写这些 IO 管脚信号。

分别对应四个函数:

1. digitalio 函数

函数功能: 创建数字 IO 对象

函数用法: DIO = digitalio('adaptor',ID)

其中, adaptor 是硬件适配器的名称, MATLAB 支持像研华、NI 等公司的板卡以及计算机自带的声卡和并口等。ID 是设备标识号。DIO 是数字 IO 设备对象。在本节的应用中, 可写为: >>DIO = digitalio('parallel','LPT1')。

2. addline 函数

函数语法: `lines = addline(obj,hwline,'direction')`

`lines = addline(obj,hwline,port,'direction')`

函数功能: 添加将要使用的 IO 口, 即要用到的信号线

其中, `obj` 是数字 IO 对象名称, `hwline` 是硬件设备 ID 号。Direction 是设定信号的方向

3. putvalue 函数

函数功能: 写端口

函数语法: `putvalue(obj,data)`

`putvalue(obj.Line(index),data)`

其中, `obj` 是数字 IO 对象名称, `data` 是要写入的数据。可以使用二进制写为 `putvalue(dio,[0 0 1 1])`, 或十进制写为 `putvalue(dio,3)`。这里的 line 是在 `addline` 函数中产生的, 代表具体管脚的名称。

4. getvalue 函数

函数功能: 读端口

函数语法: `out = getvalue(obj)`

`out = getvalue(obj.Line(index))`

其中, `obj` 是数字 IO 对象名称, `out` 为读出的数据。

下面列举两个例子来介绍如何使用并口。在应用之前, 首先要搞清楚硬件结构。如前所述, 外部引脚 3 被 MATLAB 分为第一类 lines, lineID 号为 1。为了读出并口的第三脚数据, 要搞清楚实际引脚位置, 并做一个并口连接线。常见的并口接头有两种, 如图 1-3 所示。其中第二种可以直接压排线, 比较方便。做实验的时候要特别注意引线号不能搞错了。

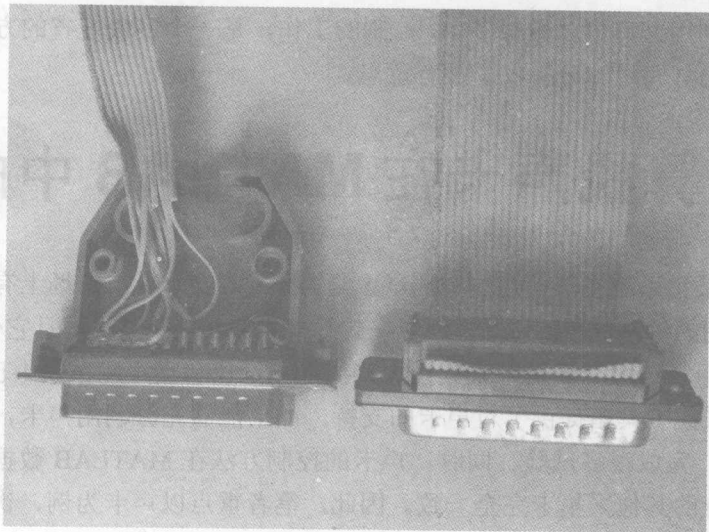


图 1-3 并口接头

好在接头引脚处会标明，字迹很小，仔细辨认即可。值得注意的是，18~25 的 8 根线都是地线，需要连接在一起，这是基于抗干扰的考虑。这 8 根地线恰好将 8 位信号线间隔排列。由于做控制的技术人员多数是利用并口作 IO 口，所以并口的 2~9 管脚比较方便，既可以单独控制输入/输出，也可以一起使用，作 8 位的数据传输。

【例 1-4】写[0 1 0 1 0 1 0 1]到并口 2~9 管脚。

MATLAB 指令如下：

```
>> dio = digitalio('parallel','LPT1');%创建并口对象
>> addline(dio,0:7,'out');%设定 0~7 八位输出管脚
>> putvalue(dio,1);%发送十进制数据 1 到输出
```

使用万用表测量，就会发现，并口管脚 2 的电平为 5V，其他 3~9 管脚为 0V。也可以使用二进制发送同样的数据：

```
>> putvalue(dio,[1 0 0 0 0 0 0 0]);%发送二进制数据 1 到输出
>> delete(dio);%删除对象
```

注意：

在这里，前面的数为低位。

【例 1-5】读出并口外部引脚 3 的电平。

这个例子是对 1 位数据进行操作。

```
>> dio = digitalio('parallel','LPT1');%创建并口对象
>> addline(dio,1,'in');%设定 lineID=1 即第三管脚为输出管脚
>> out=getvalue(dio);%接收外界数据
```

由于只有一位数据，其结果要么为 0，要么为 1，取决于外部电平。

总之，充分利用并口可以做很多 IO 控制的工作，是一个多快好省的方法。网上有网友使用并口做跑马灯和逻辑分析仪，很有意思。

1.4 计算机声卡在 MATLAB 中的使用

计算机数据采集系统在工业控制和测试上是必不可少的。目前市场上有不少计算机数据采集卡，但它们的价格高昂。另一方面现在的计算机都配有声卡，而且它们的价格低廉，质量却不差。利用声卡对交流信号采集在一些振动测试仪和噪声测试仪中已经可以见到。MATLAB 数据采集工具箱提供了对声卡的支持，如果能够充分利用声卡，将能在不花任何代价的情况下，完成很多试验。同时，声卡的控制方法在 MATLAB 数据采集工具箱中和 MATLAB 支持的其他采集卡完全一致。因此，笔者重点以声卡为例，讲解数据采集工具箱的应用。



当然,声卡在数据采集时也有致命的缺点。那就是不能输入、输出直流信号,限制了这种方法在某些领域的应用。

MATLAB 提供了较强的声卡采集能力,按照采集方法,用途的不同,笔者将其分为静态采集、动态采集以及利用 Simulink 三类。

1.4.1 声卡的静态数据采集

如果在数据采集过程中,测控技术人员仅仅是为了读取数据、观察波形和分析频谱,则不需要实时运算并在线控制,可以使用 MATLAB 提供的音频操作函数,其中最重要的有 4 个。下面将详细介绍。

1. wavrecord 函数

函数功能:将声卡采集的数据录入 MATLAB

函数语法: `y = wavrecord(n,Fs)`

`y = wavrecord(...,ch)`

`y = wavrecord(...,'dtype')`

参数描述: `n` 为要抽样的点数, `ch` 为通道数,因为声卡有两个通道,所以 `ch` 可以为 1 或 2,分别代表左右声道。`Fs` 为采样频率,在 PC 中,典型的声卡采样频率为 8000、11 025、22 500 和 44 100 点/秒。采样后的数据 `y` 都以矩阵的形式存放在 MATLAB 的 workspace 中。数据类型可以为 double(默认值), single, int16 或 uint8。

2. wavplay 函数

函数功能:播放 MATLAB 的 workspace 中的声音矩阵。

函数语法: `wavplay(y,Fs)`

`wavplay(...,'mode')`

参数描述: `y` 为声音数据, `Fs` 为播放时的采样频率,此值应该和录音时的采样频率一致,这样播放的声音才不失真。Mode 参数有两种: `async` 和 `sync`,其中 `async` 为默认模式,此参数控制 MATLAB 的命令行在声音开始后立刻有效。如果采用 `sync`,则 MATLAB 的命令行在播放完声音后才有效。

3. wavwrite 函数

函数功能:将声卡采集的数据存盘

函数语法: `wavwrite(y,'filename')`

`wavwrite(y,Fs,'filename')`

函数说明:第一种语法是将声音矩阵的数据直接存入文件名为 `filename` 的硬盘文件中。第二种除了纪录声音数据外,还要纪录采样频率的信息。

4. wavread 函数

函数功能：读取硬盘上的声音文件。(wav)

函数语法： $y = \text{wavread}(\text{'filename'})$

$[y, Fs, bits] = \text{wavread}(\text{'filename'})$

$[...] = \text{wavread}(\text{'filename'}, N)$

$[...] = \text{wavread}(\text{'filename'}, [N1\ N2])$

$[...] = \text{wavread}(\text{'filename'}, \text{'size'})$

函数说明： wavread 支持多通道数据采集，并且支持读取直到 32 bits/抽样点或 24 bits/抽样点的.wav 文件。 $y = \text{wavread}(\text{'filename'})$ 读取指定硬盘文件，返回音频数据 y 。 y 的幅度范围应该在 $[-1, +1]$ 。这是由硬件决定的。因为在设计声卡时，规定声卡录音的峰值为 1V。所以超出这个范围的数据是无效的。 $[y, Fs, bits] = \text{wavread}(\text{'filename'})$ 返回抽样频率 Fs ，每个通道的 bit 数和音频数据 y 。其他详细用法读者可以参照 MATLAB 的帮助。

【例 1-6】请使用 MATLAB 采集一段声音数据并进行 FFT 分析。

$\gg Fs = 8000; \% \text{设定采样频率}$

$\gg n = Fs * 1; \% \text{设定采样长度为 1s}$

$\gg y = \text{wavrecord}(n, Fs, 1); \% \text{正在采集左声道数据}$

$\gg \text{wavplay}(y, Fs); \% \text{播放刚才采集的数据}$

$\gg yfft = \text{abs}(\text{fft}(y, 512)); \% \text{进行 512 点的 fft 变换}$

$\gg f = Fs * (0:256)/512; \% \text{计算对应的真实频率}$

$\gg \text{plot}(f, yfft(1:257)); \% \text{画出频谱图}$

$\gg \text{xlabel}(\text{'frequency (Hz)'});$

测试此程序如下。打开 MATLAB 的 data acquisition toolbox，执行 function gernerater 程序。这个程序是 MATLAB 提供的一个虚拟信号发生器，可以将声卡作为一个模拟输出设备，输出设定的信号。我们利用声卡产生一个 1000Hz 的正弦波信号。设置方法如图 1-4 所示。

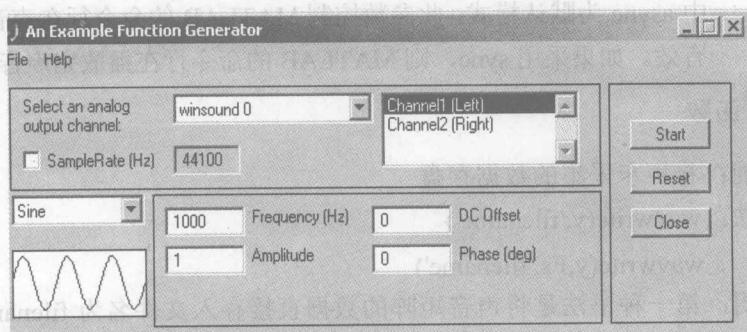


图 1-4 MATLAB 自带的虚拟声卡信号发生器