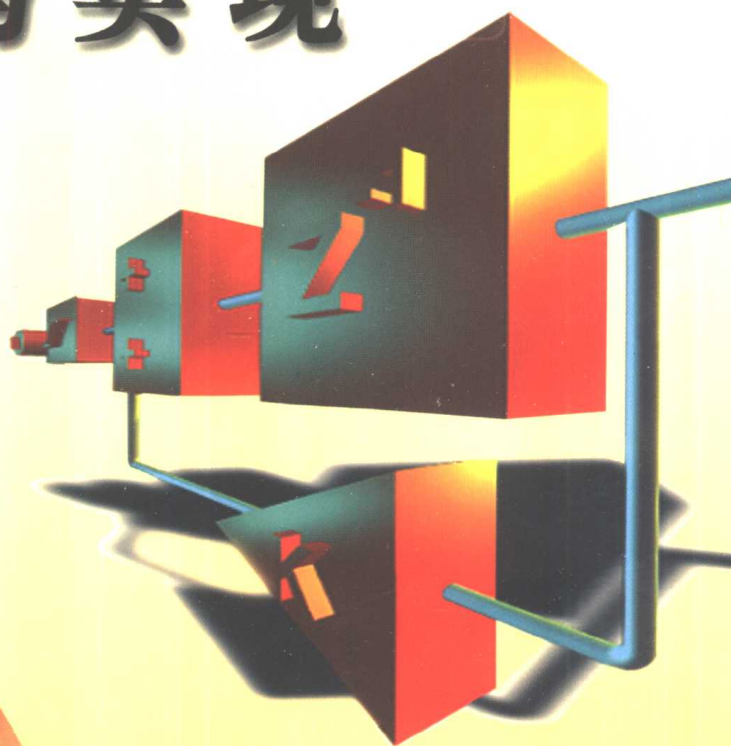


从 Matlab/Simulink 模型 到代码实现

MATLAB[®]



■ 陈永春 编著



- 从 m 语言转成独立应用和 C/C++ 代码
- 从 VC++ 调用 m 函数
- 从 VC++ 调用 MATLAB C Math Library
- 从 VB 调用 MATLAB 科学计算和可视化功能
- 从 Simulink 模型生成面向 TI DSPs/Xilinx FPGA/WindRiver VxWorks 的代码



清华大学出版社

从 Matlab/Simulink 模型 到代码实现

陈永春 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是一本易学易用、编排科学、理论与实际密切结合的 MATLAB 学习用书,它可以使读者全面了解 MATLAB 技术,并帮助解决应用中的难题。

本书分为 9 个章节。先是介绍了 MATLAB 产品的体系结构、产品开发的流程及 MATLAB 的算法开发功能,然后阐述了如何利用 MATLAB Compiler 把 m 程序转成独立的应用以及系统级的设计工具 Simulink,紧接着介绍了从 Simulink 模型生成面向目标代码的工具 Real-Time Workshop 以及面向 DSP 和通信行业应用的一些模块的基本特征。本书附光盘一张,以方便读者学习 MATLAB 的大量实例、程序代码及图形。

本书特别适用于那些以 MATLAB 作为开发/仿真/实现工具的科技人员以及广大 MATLAB 爱好者。本书文字简洁,附有大量直观图形,能有效地节省读者的时间。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名:从 Matlab/Simulink 模型到代码实现

作 者:陈永春 编著

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:肖 丽

印 刷 者:北京通州大中印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:479 千字

版 次:2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-900643-63-X

印 数:0001~5000

定 价:34.00 元(附光盘)

前 言

2001年,我曾在MATLAB中国代理公司北京九州恒润科技有限公司做MATLAB在DSP和通信领域的技术支持工作。现在,我在一家著名的电子通信公司从事4G关键技术研究,经常要用MATLAB编写仿真程序或者建模,将m语言程序转成C/C++代码,经常要考虑如何从C/C++语言中调用MATLAB的科学计算功能函数(即MATLAB C/C++ Math Library),如何从VB调用MATLAB科学计算和可视化功能的问题。本书就是为了告诉读者如何解决这些问题,并且向读者阐述了如何从Simulink模型生成面向TI DSPs/Xilinx FPGA/WindRiver VxWorks的代码,这对于负责硬件实现的开发人员来说,的确是一个福音。

我相信许多以MATLAB作为算法开发、系统仿真和实现工具的科研人员,都会深切关注上述问题。本书的目的一是为了向读者介绍MATLAB各个模块在产品开发流程中的作用,让读者对整个MATLAB产品的体系结构有一个全面的认识;二是要解决在使用MATLAB的过程中碰到的上述难题。本书不仅适用于以MATLAB作为开发、仿真、实现工具的科研人员,而且适用于广大的MATLAB爱好者和正在使用或者将要使用MATLAB的在校学生。本书力图让读者站在MATLAB之上看MATLAB,而并非局限于MATLAB工具箱内部。本书的内容如下:

- 第1章全面论述MATLAB产品的体系结构及使用MATLAB工具进行产品开发的流程。
- 第2章介绍MATLAB的算法开发功能,告诉读者编写m程序的高级用法,例如如何调用C/Fortran程序,如何建立自己的函数库,如何编写变参数的m函数等。
- 第3章告诉读者如何利用MATLAB Compiler把m程序转成独立的应用,如何从VC++中调用m函数,如何从VC++/VB中调用MATLAB科学计算及可视化功能等。
- 第4章介绍MATLAB系统级设计工具Simulink,让大家明白Simulink的仿真机理和一些重要概念,同时告诉读者如何使用Simulink模块封装自己的C算法和m语言算法,如何定制自己的模块库。
- 第5章介绍从Simulink模型生成面向目标代码的工具Real-Time Workshop,告诉读者Real-Time Workshop支持的目标代码和代码的自动生成过程。
- 第6章全面介绍面向TI DSP的自动代码生成工具Development Kit for TI DSP,告诉读者如何从Matlab实时或者非实时地访问TI DSP,如何从Simulink模型生成面向TI DSP的Code Composer Studio工程文件。
- 第7章介绍面向Xilinx FPGA的自动代码生成过程,告诉读者如何从Simulink模型生成面向Xilinx FPGA的VHDL代码。

- 第 8 章介绍面向 WindRiver VxWorks 的自动代码生成过程，告诉读者如何从 Simulink 模型生成面向 VxWorks/Tornado 的代码。
- 第 9 章简单介绍了 MATLAB 产品中面向 DSP 和通信行业应用的一些模块的基本特征。

本书中有一些需要特殊说明的地方：

- 本书中 `>>command_name/command_name(arg1,...,argN)` 表示在 MATLAB 命令窗口输入命令 `command_name` 或者 `command_name(arg1,...,argN)`，其中 `command_name` 可以是一个脚本 `m` 文件名或者函数名，`>>` 为默认的 MATLAB 命令提示符。
- 本书中大写的 MATLAB 表示 MATLAB 整个产品，有时也指 MATLAB 基本模块，即 MATLAB Toolbox；Matlab 指由 MATLAB 产品中的 MATLAB 基本模块和一些工具箱模块（例如，Image Processing Toolbox）及工具模块（例如 MATLAB Compiler）组成的 `m` 语言开发环境。MATLAB Toolbox 是所有 MATLAB 产品的基础，它只提供 `m` 语言开发的基本环境，不包括各种工具箱函数。
- 本书中 `%MATLABROOT%` 指 MATLAB 安装目录。
- 本书中某些命令的输出结果篇幅较长，为了说明问题，书中原样给出。如果不关心命令的输出，读者可以跳过这些内容。

本书的出版首先要感谢我的导师北京航空航天大学电子工程系的万国龙教授对我的帮助和教诲；感谢北京九州恒润科技有限公司的总经理吉英存博士在工作中给我的教益和启发；感谢所有帮助支持过我的同事、朋友以及清华大学出版社的编辑们！

最后还要对我的父亲母亲致以深深谢意！

如果本书的出版，能给使用 MATLAB 的读者带来一些帮助和启发，我将深感荣幸！欢迎读者朋友通过 E-mail yongchunchen@hotmail.com 和我交流 MATLAB 使用经验或者讨论相关问题。读者也可登录北京九州恒润科技有限公司的网址 <http://www.hirain.com> 或者 MathWorks 公司的网址 <http://www.mathworks.com> 查询有关 MATLAB 的最新信息。有关 MATLAB 的购买事宜，请与北京九州恒润科技有限公司联系。

陈永春

2002 年 7 月 30 日

目 录

第 1 章	MATLAB 产品的体系结构	1
1.1	科研及设计人员的最爱	1
1.2	MATLAB 产品的体系结构	5
1.3	使用 MATLAB 工具进行产品开发的流程	28
1.4	MATLAB 的安装	29
1.5	MATLAB 的工作环境	37
第 2 章	算法开发	47
2.1	数学方式的程序开发	47
2.2	脚本 m 文件	49
2.3	函数 m 文件	50
2.4	Toolboxes	57
2.5	调用 C/Fortran 程序	61
2.6	建立自己的函数库	83
2.7	算法开发示例	84
第 3 章	将 m 程序转换成独立的应用	93
3.1	选择 C/C++ compiler	94
3.2	从 m 程序自动生成独立的应用和 C/C++源代码	97
3.3	不是所有的 m 程序都能转换成 C/C++代码	111
3.4	从 VC++中调用 m 函数	118
3.5	从 VC++中调用 MATLAB C Math Library	122
3.6	从 VB 中调用 MATLAB 功能	138
第 4 章	系统级设计工具 Simulink	143
4.1	图形化建模	143
4.2	基本模块库	144
4.3	Blocksets	149
4.4	Simulink 仿真机理	150
4.5	重要概念	152
4.6	封装自己的 C 算法和 m 语言算法	158

4.7	定制自己的 Blockset	165
4.8	系统级设计和仿真	172
第 5 章	Real-Time Workshop	180
5.1	减轻程序员负担	180
5.2	自动代码生成过程	181
5.3	RTW 支持的目标	182
5.4	RTW 的价值	192
第 6 章	面向 TI DSP 的自动代码生成	193
6.1	Developer's Kit for TI DSP 概述	193
6.2	三种接口	193
6.3	Developer's Kit for TI DSP 的安装	195
6.4	从 Matlab 访问 TI DSP	196
6.5	从 Simulink 模型生成面向 C6701 EVM 的工程文件	225
第 7 章	面向 Xilinx FPGA 的自动代码生成	242
7.1	对传统 FPGA 设计方式的挑战	242
7.2	Xilinx Blockset	243
7.3	VHDL 代码生成	247
7.4	浮点仿真与定点仿真	256
7.5	未来之路	256
第 8 章	面向 VxWorks 的代码生成	258
8.1	VxWorks/Tornado	258
8.2	Simulink VxWorks 支持库	258
8.3	Tornado (VxWorks) Real-Time Target 运行结构	260
8.4	Tornado (VxWorks) Real-Time Target 的实现过程	263
第 9 章	面向 DSP 和通信行业的应用	281
9.1	MATLAB R12.1 vs MATLAB 6.1	281
9.2	MATLAB R12.1 中适用于 DSP 和通信行业的模块	283
9.3	MATLAB 基本模块	284
9.4	Communications Toolbox	293
9.5	Filter Design Toolbox	298
9.6	Image Processing Toolbox	298
9.7	Matlab C/C++ Math/Graphics Library	299
9.8	Signal Processing Toolbox	299
9.9	Wavelet Toolbox	302

9.10	Simulink 概述.....	302
9.11	Stateflow.....	303
9.12	CDMA Reference Blockset	304
9.13	Communications Blockset	306
9.14	DSP Blockset.....	307
9.15	Motorola DSP Developer's Kit.....	308
9.16	Xilinx Blockset.....	311
9.17	Real-Time Workshop.....	311
9.18	Developer's Kit for TI DSP	312
9.19	Real-Time Windows Target.....	313
9.20	RTW Embedded Coder.....	313
9.21	Stateflow Coder	313
9.22	Tornado (VxWorks) Real-Time Target	320
9.23	Xilinx's System Generator for Simulink.....	320
9.24	xPC Target.....	320
附录	带命令行参数的独立应用程序	322

第 1 章 MATLAB 产品的体系结构

1.1 科研及设计人员的最爱

MATLAB 是美国 MathWorks 公司开发的用于教育、工程与科学计算的软件产品。MATLAB 产品家族向用户提供从概念设计、算法开发、建模仿真到实时实现的理想集成环境。无论是进行科学研究和产品开发，还是从事教育事业，MATLAB 产品都是必不可少的工具。MATLAB 产品可用来进行：

- 数据分析和可视化
- 数值和符号计算
- 控制系统设计
- 数字信号处理
- 图像处理
- 财务工程
- 系统建模与仿真
- 图形用户界面设计
- 原型与应用开发

MATLAB 产品广泛地应用于信号与图像处理、控制系统设计、通信系统仿真等诸多领域。MATLAB 开放的体系结构使得 MATLAB 产品很容易针对特定的需求进行扩充。到目前为止，有许多的厂商基于 MATLAB 产品做第三方开发，他们提供的产品是对 MATLAB 产品功能的扩充。在网址 <http://www.mathworks.com/partners> 上，用户可以查询到基于 MATLAB 产品的所有第三方开发厂商的相关信息。

MATLAB 产品家族的一大特征是具有众多的面向特定应用领域的工具箱和模块库。它不仅提供了完整的函数集用来对数字信号处理、图像处理、控制系统设计、神经网络、通信系统仿真等特殊应用进行分析和设计，还提供了用于诸如数据采集、报告生成和从 MATLAB 语言程序产生独立 C/C++ 代码等方面的工具模块。在 MATLAB 的命令窗口输入命令 `ver`，可显示用户所安装的 MATLAB 产品模块的版本信息：

```
>> ver
```

```
-----  
MATLAB Version 6.1.0.450 (R12.1) on PCWIN  
MATLAB License Number: DEMO  
-----
```

MATLAB Toolbox	Version 6.1 (R12.1)	18-May-2001
Simulink	Version 4.1 (R12.1)	06-Apr-2001
Stateflow	Version 4.1 (R12.1)	21-May-2001
Stateflow Coder	Version 4.1 (R12.1)	21-May-2001
Real-Time Windows Target	Version 2.1 (R12.1)	02-Feb-2001
Real-Time Workshop	Version 4.1 (R12.1)	18-May-2001
CDMA Reference Blockset	Version 1.1 (R12.1)	18-May-2001
Communications Blockset	Version 2.0.1 (R12.1)	18-May-2001
Communications Toolbox	Version 2.0.1 (R12.1)	18-May-2001
Control System Toolbox	Version 5.1 (R12.1)	18-May-2001
DSP Blockset	Version 4.1 (R12.1)	18-May-2001
Data Acquisition Toolbox	Version 2.1 (R12.1)	06-Apr-2001
Database Toolbox	Version 2.2 (R12.1)	04-Jan-2001
Datafeed Toolbox	Version 1.3 (R12.1)	03-Jan-2001
Developer's Kit for TI(tm) DSP	Version 1.1 (R12.1)	08-Jun-2001
Dials & Gauges Blockset	Version 1.1.1 (R12.1)	02-Feb-2001
Symbolic Math Toolbox	Version 2.1.2 (R12.1)	11-Sep-2000
Filter Design Toolbox	Version 2.1 (R12.1)	01-Feb-2001
Financial Derivatives Toolbox	Version 1.0 (R12.1)	14-Aug-2000
Financial Time Series Toolbox	Version 1.1 (R12.1)	01-Dec-2000
Financial Toolbox	Version 2.1.3 (R12.1)	12-Mar-2001
Fixed-Point Blockset	Version 3.1 (R12.1)	18-May-2001
Fuzzy Logic Toolbox	Version 2.1.1 (R12.1)	18-May-2001
GARCH Toolbox	Version 1.0 (R12.1)	01-Jun-1999
Image Processing Toolbox	Version 3.1 (R12.1)	18-May-2001
Instrument Control Toolbox	Version 1.1 (R12.1)	18-May-2001
LMI Control Toolbox	Version 1.0.7 (R12.1)	18-May-2001
MATLAB Compiler	Version 2.2 (R12.1)	30-Mar-2001
MATLAB Report Generator	Version 1.2 (R12.1)	01-Apr-2001
MATLAB Web Server	Version 1.2.1 (R12.1)	23-Apr-2001
Mapping Toolbox	Version 1.2 (R12.1)	22-May-2000
Model Predictive Control Toolbox	Version 1.0.6 (R12.1)	18-May-2001
Motorola DSP Developer's Kit	Version 1.1 (R12.1)	01-Sep-2000
Mu-Analysis and Synthesis Toolbox	Version 3.0.6 (R12.1)	18-May-2001
Neural Network Toolbox	Version 4.0.1 (R12.1)	02-Feb-2001
Nonlinear Control Design Blockset	Version 1.1.5 (R12.1)	18-May-2001
Optimization Toolbox	Version 2.1.1 (R12.1)	18-May-2001
Partial Differential Equation Toolbox	Version 1.0.4 (R12.1)	06-Apr-2001
Power System Blockset	Version 2.2 (R12.1)	06-Apr-2001
Real-Time Workshop Ada Coder	Version 4.1 (R12.1)	18-May-2001
Real-Time Workshop Embedded Coder	Version 2.0 (R12.1)	01-Mar-2001
Requirements Management Interface	Version 1.0.2 (R12.1)	30-Nov-2000

Robust Control Toolbox	Version 2.0.8 (R12.1)	18-May-2001
SB2SL (converts SystemBuild to Simu...	Version 2.2 (R12.1)	10-Apr-2001
Signal Processing Toolbox	Version 5.1 (R12.1)	06-Apr-2001
Simulink Performance Tools	Version 1.1 (R12.1)	18-May-2001
Simulink Report Generator	Version 1.2 (R12.1)	01-Apr-2001
Spline Toolbox	Version 3.0 (R12.1)	13-Mar-2000
Statistics Toolbox	Version 3.0 (R12.1)	01-Sep-2000
System Identification Toolbox	Version 5.0.1 (R12.1)	18-May-2001
Wavelet Toolbox	Version 2.1 (R12.1)	06-Apr-2001
xPC Target	Version 1.2 (R12.1)	09-Apr-2001
xPC Target Embedded Option	Version 1.2 (R12.1)	09-Apr-2001

如果想单独查询某个模块的版本信息, 例如 MATLAB Toolbox 或者 Simulink, 可按如下方式进行:

```
>> ver matlab
MATLAB Version 6.1.0.450 (R12.1) on PCWIN
MATLAB License Number: DEMO
MATLAB Toolbox          Version 6.1 (R12.1)  18-May-2001
>> ver Simulink
Simulink                 Version 4.1 (R12.1)  06-Apr-2001
```

如果想知道所执行的 ver 命令位于何处, 可以输入:

```
>> which ver
D:\MATLAB6p1\toolbox\matlab\general\ver.m
```

如果想查看或者编辑 ver 源文件, 可以输入:

```
>> edit ver
```

ver 源文件会显示在 MATLAB 编辑窗口中, 默认情况下如图 1.1 所示。

如果想查看有关 ver 的帮助, 可按如下方式进行:

```
>> help ver
```

VER MATLAB, Simulink, and toolbox version information.

VER displays the current MATLAB and toolbox version numbers.

VER(TOOLBOX_DIR) displays the current version information for the toolbox specified by the string TOOLBOX_DIR.

For example,

```
ver control
```

returns the version info for the Control System Toolbox.

For tips on how to get VER to display version information about your toolbox, type at the MATLAB prompt

```
more on
```

```
type ver.m
```

and then type 'more off' when the display of ver.m has finished.

See also VERSION, HOSTID, LICENSE, INFO, WHATSNEW.

```
>> helpwin ver
```

运行结果如图 1.2 所示。

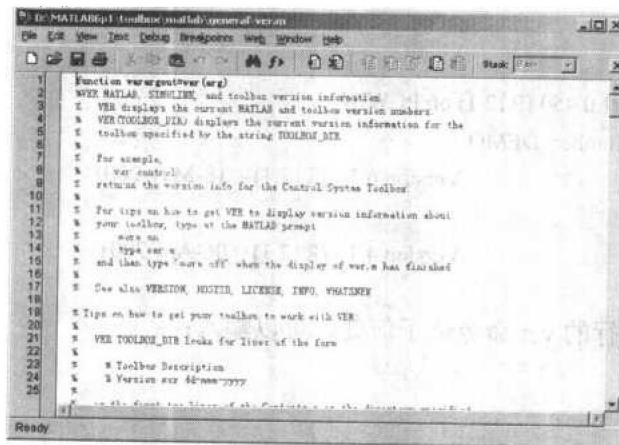


图 1.1 ver 源文件

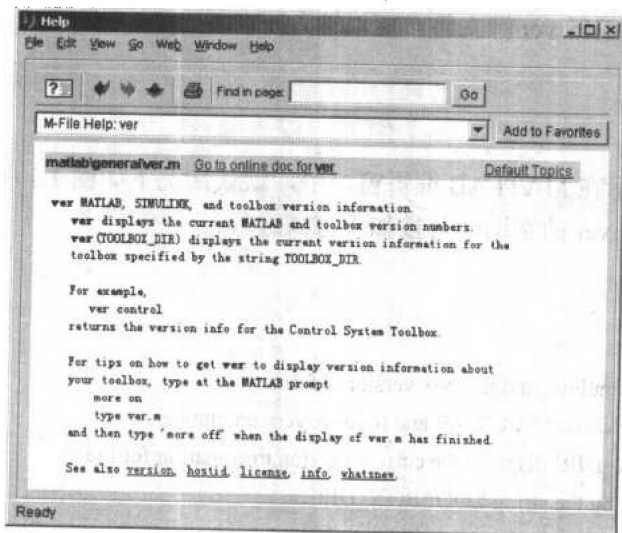


图 1.2 输入 helpwin ver 运行结果

```
>> doc ver
```

运行结果如图 1.3 所示。

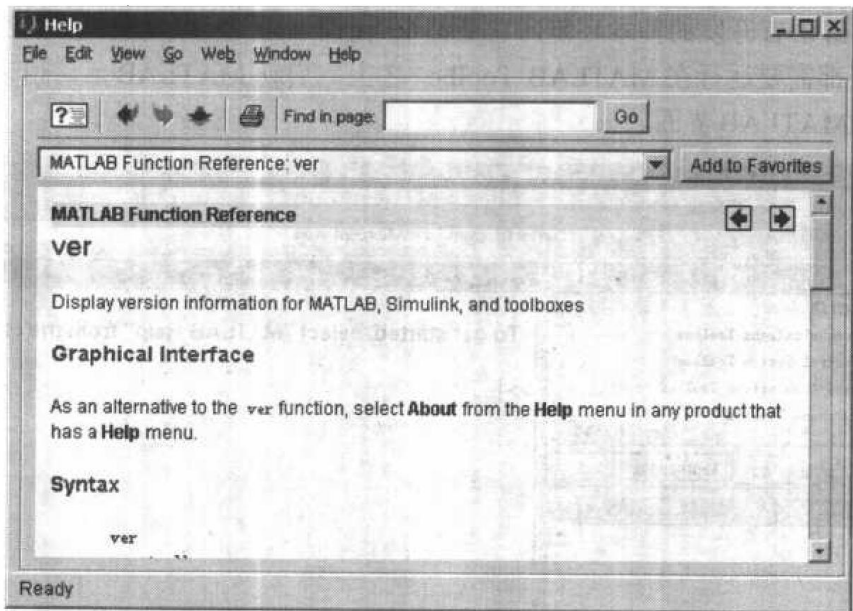


图 1.3 输入 doc ver 运行结果

对任何一个 MATLAB 命令的解析都可以按上述方式进行。

1.2 MATLAB 产品的体系结构

MATLAB 产品是由多个模块组成的一个家族体系，它的整体结构如图 1.4 所示。

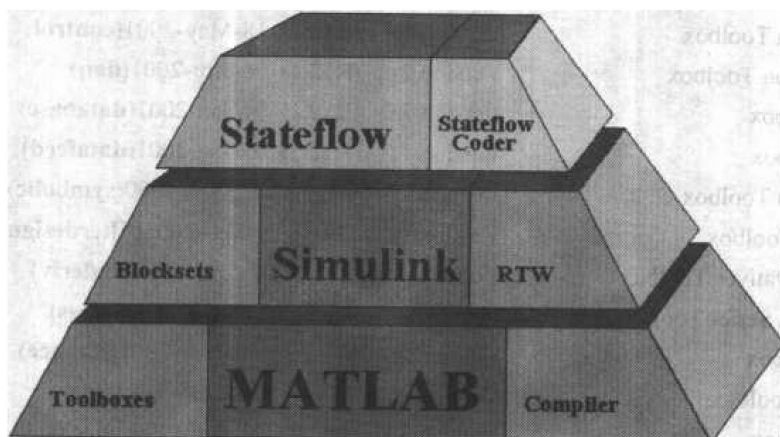


图 1.4 MATLAB 产品的体系结构

MATLAB Toolbox

图 1.4 中的 MATLAB 是指 MATLAB 基本模块, 即 MATLAB Toolbox。MATLAB Toolbox 提供 m 语言开发的基本环境, 它是整个 MATLAB 产品家族的基础。MATLAB 产品的其他模块都需要运行在 MATLAB Toolbox 之上。启动 MATLAB 后, 可以看到类似于图 1.5 所示的 MATLAB 界面。

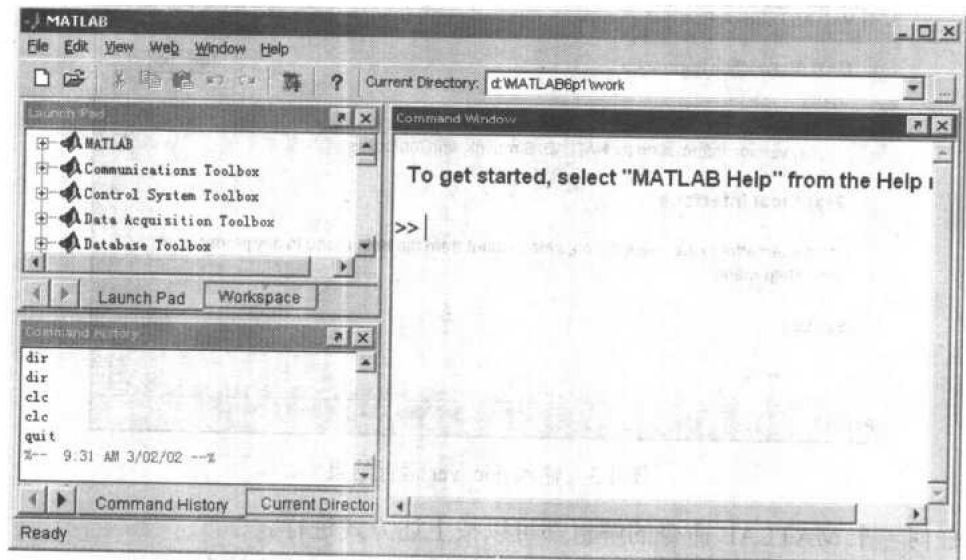


图 1.5 MATLAB 界面

Toolboxes

Toolboxes 的意思是工具箱, 用 `ver` 命令可以看到 MATLAB 产品主要包含如下所列的工具箱:

Communications Toolbox	Version 2.0.1 (R12.1) 18-May-2001(comm)
Control System Toolbox	Version 5.1 (R12.1) 18-May-2001(control)
Data Acquisition Toolbox	Version 2.1 (R12.1) 06-Apr-2001(daq)
Database Toolbox	Version 2.2 (R12.1) 04-Jan-2001(database)
Datafeed Toolbox	Version 1.3 (R12.1) 03-Jan-2001(datafeed)
Symbolic Math Toolbox	Version 2.1.2 (R12.1) 11-Sep-2000(symbolic)
Filter Design Toolbox	Version 2.1 (R12.1) 01-Feb-2001(filterdesign)
Financial Derivatives Toolbox	Version 1.0 (R12.1) 14-Aug-2000(finderiv)
Financial Time Series Toolbox	Version 1.1 (R12.1) 01-Dec-2000(ftseries)
Financial Toolbox	Version 2.1.3 (R12.1) 12-Mar-2001(finance)
Fuzzy Logic Toolbox	Version 2.1.1 (R12.1) 18-May-2001(fuzzy)
GARCH Toolbox	Version 1.0 (R12.1) 01-Jun-1999(garch)
Image Processing Toolbox	Version 3.1 (R12.1) 18-May-2001(images)
Instrument Control Toolbox	Version 1.1 (R12.1) 18-May-2001(instrument)

LMI Control Toolbox	Version 1.0.7 (R12.1)	18-May-2001(lmi)
Mapping Toolbox	Version 1.2 (R12.1)	22-May-2000(map)
Model Predictive Control Toolbox	Version 1.0.6 (R12.1)	18-May-2001(mpc)
Mu-Analysis and Synthesis Toolbox	Version 3.0.6 (R12.1)	18-May-2001(mutools)
Neural Network Toolbox	Version 4.0.1 (R12.1)	02-Feb-2001(nnet)
Optimization Toolbox	Version 2.1.1 (R12.1)	18-May-2001(opt)
Partial Differential Equation Toolbox	Version 1.0.4 (R12.1)	06-Apr-2001(pde)
Robust Control Toolbox	Version 2.0.8 (R12.1)	18-May-2001(robust)
Signal Processing Toolbox	Version 5.1 (R12.1)	06-Apr-2001(signal)
Spline Toolbox	Version 3.0 (R12.1)	13-Mar-2000(splines)
Statistics Toolbox	Version 3.0 (R12.1)	01-Sep-2000(stats)
System Identification Toolbox	Version 5.0.1 (R12.1)	18-May-2001(ident)
Wavelet Toolbox	Version 2.1 (R12.1)	06-Apr-2001(wavelet)

工具箱是面向特定应用领域的函数的集合，例如 Signal Processing Toolbox 封装的就是用于模拟/数字信号处理方面的函数，Image Processing Toolbox 封装的是用于数字图像处理的函数。使用 `help/what` 命令（以上述所列工具箱中的粗体文字作参数）可以查看各工具箱中函数的分类情况。

```
>> help signal
```

Signal Processing Toolbox.

Version 5.1 (R12.1) 06-Apr-2001

Filter analysis.

```
abs          - Magnitude.
angle        - Phase angle.
filternorm   - Compute the 2-norm or inf-norm of a digital filter.
freqs        - Laplace transform frequency response.
freqspace    - Frequency spacing for frequency response.
freqz        - Z-transform frequency response.
freqzplot    - Plot frequency response data.
fvtool       - Filter Visualization Tool (FVTool).
grpdelay     - Group delay.
impz         - Discrete impulse response.
unwrap       - Unwrap phase.
zplane       - Discrete pole-zero plot.
```

Filter implementation.

```
conv         - Convolution.
conv2        - 2-D convolution.
```

deconv	- Deconvolution.
fftfilt	- Overlap-add filter implementation.
filter	- Filter implementation.
filter2	- Two-dimensional digital filtering.
filtfilt	- Zero-phase version of filter.
filtic	- Determine filter initial conditions.
latcfilt	- Lattice filter implementation.
medfilt1	- 1-Dimensional median filtering.
sgolayfilt	- Savitzky-Golay filter implementation.
sosfilt	- Second-order sections (biquad) filter implementation.
upfirdn	- Up sample, FIR filter, down sample.

FIR filter design.

convmtx	- Convolution matrix.
cremez	- Complex and nonlinear phase equiripple FIR filter design.
fir1	- Window based FIR filter design - low, high, band, stop, multi.
fir2	- FIR arbitrary shape filter design using the frequency sampling method.
fircls	- Constrained Least Squares filter design - arbitrary response.
fircls1	- Constrained Least Squares FIR filter design - low and highpass.
firls	- Optimal least-squares FIR filter design.
firrcos	- Raised cosine FIR filter design.
intfilt	- Interpolation FIR filter design.
kaiserord	- Kaiser window design based filter order estimation.
remez	- Optimal Chebyshev-norm FIR filter design.
remezord	- Remez design based filter order estimation.
sgolay	- Savitzky-Golay FIR smoothing filter design.

IIR digital filter design.

butter	- Butterworth filter design.
cheby1	- Chebyshev Type I filter design (passband ripple).
cheby2	- Chebyshev Type II filter design (stopband ripple).
ellip	- Elliptic filter design.
maxflat	- Generalized Butterworth lowpass filter design.
yulewalk	- Yule-Walker filter design.

IIR filter order estimation.

buttord	- Butterworth filter order estimation.
cheb1ord	- Chebyshev Type I filter order estimation.
cheb2ord	- Chebyshev Type II filter order estimation.
ellipord	- Elliptic filter order estimation.

Analog lowpass filter prototypes.

- besselap - Bessel filter prototype.
- buttap - Butterworth filter prototype.
- cheb1ap - Chebyshev Type I filter prototype (passband ripple).
- cheb2ap - Chebyshev Type II filter prototype (stopband ripple).
- ellipap - Elliptic filter prototype.

Analog filter design.

- besself - Bessel analog filter design.
- butter - Butterworth filter design.
- cheby1 - Chebyshev Type I filter design.
- cheby2 - Chebyshev Type II filter design.
- ellip - Elliptic filter design.

Analog filter transformation.

- lp2bp - Lowpass to bandpass analog filter transformation.
- lp2bs - Lowpass to bandstop analog filter transformation.
- lp2hp - Lowpass to highpass analog filter transformation.
- lp2lp - Lowpass to lowpass analog filter transformation.

Filter discretization.

- bilinear - Bilinear transformation with optional prewarping.
- impinvar - Impulse invariance analog to digital conversion.

Linear system transformations.

- latc2tf - Lattice or lattice ladder to transfer function conversion.
- polystab - Polynomial stabilization.
- polyscale - Scale roots of polynomial.
- residuez - Z-transform partial fraction expansion.
- sos2ss - Second-order sections to state-space conversion.
- sos2tf - Second-order sections to transfer function conversion.
- sos2zp - Second-order sections to zero-pole conversion.
- ss2sos - State-space to second-order sections conversion.
- ss2tf - State-space to transfer function conversion.
- ss2zp - State-space to zero-pole conversion.
- tf2latc - Transfer function to lattice or lattice ladder conversion.
- tf2sos - Transfer Function to second-order sections conversion.
- tf2ss - Transfer function to state-space conversion.
- tf2zp - Transfer function to zero-pole conversion.
- zp2sos - Zero-pole to second-order sections conversion.
- zp2ss - Zero-pole to state-space conversion.
- zp2tf - Zero-pole to transfer function conversion.