

MATLAB仿真应用精品丛书

MATLAB R2016a

智能算法分析与实现30例

李晓东 编著

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

MATLAB R2016a

Get the MATLAB App

Get the MATLAB App



MATLAB 仿真应用精品丛书

MATLAB R2016a
智能算法分析与实现 30 例

李晓东 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2016a 为平台, 在讲解各种智能算法的过程中给出相应的实例。全书共分 30 章, 主要介绍了控制系统设计应用、神经网络设计应用、数字图像处理算法分析及应用、通信系统的实际应用和数字信号处理技术等内容。

本书可作为控制工程、通信工程、电子信息工程专业广大科研人员、学者、工程技术人员的参考书, 也可作为从事高等教育的教师、高等院校的在读理工科学生及相关领域的科研人员用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB R2016a 智能算法分析与实现 30 例/李晓东编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.1

(MATLAB 仿真应用精品丛书)

ISBN 978-7-121-33328-6

I. ①M… II. ①李… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 316438 号

策划编辑: 陈韦凯

责任编辑: 张 京

印 刷: 三河市良远印务有限公司

装 订: 三河市良远印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29.25 字数: 749 千字

版 次: 2018 年 1 月第 1 版

印 次: 2018 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 2 500 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: chenwk@phei.com.cn, (010) 88254441。

前 言

计算智能 (Computational Intelligence, CI) 是借助自然界 (生物界) 规律的启示, 根据其规律, 设计出求解问题的算法。物理学、化学、数学、生物学、心理学、生理学、神经科学和计算机科学等学科的现象与规律都可能成为计算智能算法的基础和思想来源。然而计算智能的这些不同研究领域各有其特点, 虽然它们具有模仿人类和其他生物智能的共同点, 但是在具体方法上存在一些不同点。例如, 人工神经网络模仿人脑的生理构造和信息处理过程, 模拟人类的智慧; 模糊逻辑 (模糊系统) 模仿人类语言和思维中的模糊性概念, 模拟人类的智慧; 进化计算模仿生物进化过程和群体智能过程, 模拟大自然的智慧。

目前, 计算智能算法在国内外得到广泛的关注, 已经成为人工智能及计算机科学的重要研究方向。计算智能还处于不断发展和完善的过程中, 目前还没有牢固的数学基础, 国内外众多研究者也在不断的探索中前进。计算智能技术在自身性能的提高和应用范围的拓展中不断完善。计算智能的研究、发展与应用, 无论是研究队伍的规模、发表的论文数量, 还是网上的信息资源, 发展速度都很快, 已经得到了国际学术界的广泛认可, 并且在优化计算、模式识别、图像处理、自动控制、经济管理、机械工程、电气工程、通信网络和生物医学等多个领域取得了成功的应用, 应用领域涉及国防、科技、经济、工业和农业等各个方面。

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一, 它以强大的科学计算与可视化功能及简单易用、开放式的可扩展环境, 成为许多科学领域计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具与首选平台。MATLAB 被广泛地应用, 被认为是能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具软件, 掌握了 MATLAB 就像掌握了开启这些专业领域大门的钥匙。

MATLAB 是一个高级矩阵阵列语言, 它包含控制语句、函数、数据结构、输入和输出、面向对象编程等特点。用户可以在命令窗口中将输入语句与执行命令同步, 也可以先编写好一个较大的复杂的应用程序 (M 文件) 后再一起运行。新版本的 MATLAB 语言基于最为流行的 C++ 语言, 因此语法特征与 C++ 语言极为相似, 而且更加简单, 更加符合科技人员的数学表达式书写格式, 更利于非计算机专业的科技人员使用。而且这种语言可移植性好、可拓展性极强, 这也是 MATLAB 能够深入到科学研究及工程计算各个领域的重要原因。

Simulink 是 MATLAB 的一个工具包, 其建模与一般程序建模相比更为直观, 操作也更为简单, 不必记忆各种参数、命令的用法, 用鼠标就能完成非常复杂的工作。Simulink 不但支持线性系统仿真, 还支持非线性系统仿真, 不但支持连续系统仿真, 还支持离散系统甚至混合系统仿真。

本书以 MATLAB R2016a 为平台, 主要介绍了控制系统算法、神经网络设计算法、数字图像处理算法分析及应用、通信系统算法应用和数字信号处理技术算法等内容。书中结合各种实际算法的实例, 详细介绍了借助 MATLAB 进行算法分析、设计的方法与过程。本书具有以下特点。

(1) 内容翔实, 实用性强。书中每介绍一个案例都给出了详细说明, 使读者能快速掌握 MATLAB 在具体案例中的应用。

(2) 本书中大量的例题均选自国内高校广泛使用的经典教材与考研辅导用书, 极具典型性与参考价值, 还可供读者上机进行实践训练或实验使用。

(3) 本书力求文字叙述清楚, 概念阐述准确, 深入浅出, 通俗易懂, 方便自学。

本书取材先进实用, 讲解深入浅出, 各章均有大量用 MATLAB/Simulink 实现的仿真实例, 便于读者掌握和巩固所学知识。

通过本书的学习, 读者不仅可以全面掌握 MATLAB 编程和开发技术, 还可以提高快速分析和解决实际问题的能力, 从而能够在最短的时间内, 以最好的效率解决实际工作中遇到的问题, 提升工作效率。

本书主要由李晓东编著, 参加编写的还有赵书兰、刘志为、栾颖、王宇华、吴茂、方清城、邓奋发、何正风、丁伟雄、李娅、辛焕平、杨文茵、顾艳春和张德丰。

本书可作为控制工程、通信工程、电子信息工程专业广大科研人员、学者、工程技术人员的参考书, 也可作为从事高等教育的教师、高等院校的在读理工科学生及相关领域的科研人员用书。

由于时间仓促, 加之作者水平有限, 所以错误和疏漏之处在所难免。在此, 诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 扩频通信系统的算法分析与实现	1
1.1 扩频通信系统的仿真	1
1.2 伪随机码的产生	1
1.2.1 M 序列	2
1.2.2 伪随机数序列相关函数	3
1.2.3 Gold 序列	6
1.3 直接序列扩频系统	7
1.4 利用 MATLAB 仿真演示直扩信号抑制余弦干扰	8
1.5 跳频扩频系统	10
1.6 BFSK/FH 系统性能仿真	11
第 2 章 图像的复原算法分析与实现	15
2.1 图像复原概述	15
2.2 图像的噪声	16
2.3 图像复原方法	19
2.3.1 复原的模型	20
2.3.2 无约束复原法	20
2.3.3 有约束复原法	21
2.3.4 复原法的评估	21
2.4 MATLAB 图像的复原方法	21
2.4.1 滤波复原法	21
2.4.2 维纳滤波复原法	23
第 3 章 通信系统设计的 MATLAB 实现	26
3.1 设计通信系统的发射机	26
3.1.1 利用直接序列扩频技术设计发射机	26
3.1.2 利用 IS-95 前向链路技术设计发射机	27
3.1.3 利用 OFDM 技术设计发射机	30
3.2 设计通信系统的接收机	32
3.2.1 利用直接序列扩频技术设计接收机	32
3.2.2 利用 IS-95 前向链路技术设计接收机	33
3.2.3 利用 OFDM 技术设计接收机	33
3.3 通信系统的 MATLAB 实现	34
第 4 章 模拟滤波器算法分析与设计	43
4.1 模拟滤波器离散化分析	43
4.1.1 冲激响应不变法分析	43
4.1.2 双线性变换法分析	44
4.2 模拟滤波器的最小阶数选择	46



4.2.1	Butterworth 模拟滤波器阶数选择函数	46
4.2.2	Chebyshev I 型模拟滤波器阶数选择函数	47
4.2.3	Chebyshev II 型模拟滤波器阶数选择函数	47
4.3	模拟滤波器的性能测试	49
4.4	模拟滤波器的设计	52
4.4.1	模拟滤波器设计步骤	52
4.4.2	模拟滤波器设计函数	54
第 5 章	神经网络模糊控制设计与应用	62
5.1	神经网络模糊控制器的结构	62
5.2	神经网络的特征	63
5.3	神经网络模糊控制器的应用	65
5.3.1	控制器	66
5.3.2	控制器自校正	66
5.4	神经模糊控制应用于洗衣机中	67
5.4.1	洗衣机的模糊控制	68
5.4.2	洗衣机的神经网络模糊控制器的设计	69
第 6 章	故障信号检测分析与实现	73
6.1	故障信号检测的理论分析	73
6.2	实验结果与分析	75
6.2.1	利用小波分析检测传感器故障	75
6.2.2	小波类型的选择对检测突变信号的影响	78
6.3	小波类型选择	82
第 7 章	现代控制系统算法分析与实现	83
7.1	可控性分析	83
7.1.1	连续系统的完全可控性	83
7.1.2	离散系统的可控性	84
7.1.3	连续系统的状态完全可控标准形式	85
7.1.4	连续系统的输出可控性	87
7.2	可观测性分析	89
7.2.1	线性离散系统的完全可观测性	89
7.2.2	连续系统的完全可观测性	90
7.2.3	连续系统的完全可观测标准形	92
7.3	系统的极点配置	94
7.3.1	极点配置的 MATLAB 函数	94
7.3.2	极点配置示例分析	94
7.4	系统状态观测器设计	97
7.4.1	状态观测器的 MATLAB 函数	97
7.4.2	状态观测器设计示例	97



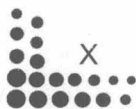
第 8 章 数字图像的运算分析与实现	100
8.1 图像的点运算	100
8.1.1 线性点运算	100
8.1.2 分段线性点运算	102
8.1.3 非线性变换	103
8.1.4 直方图修正	104
8.2 图像的代数运算	108
8.2.1 图像加法运算	108
8.2.2 图像减法运算	111
8.2.3 图像乘法运算	113
8.2.4 图像除法运算	114
第 9 章 离散时间信号算法分析与实现	116
9.1 离散时间信号在 MATLAB 中的运算	116
9.1.1 离散时间信号的基本运算	116
9.1.2 离散时间系统的响应	117
9.1.3 离散时间系统的单位取样响应	118
9.1.4 离散时间信号的卷积和运算	121
9.2 信号抽样及抽样定理	123
9.2.1 信号抽样分析	123
9.2.2 抽样定理分析	125
9.2.3 信号重建分析	126
第 10 章 自组织神经网络的函数实现	130
10.1 创建函数	130
10.2 学习函数	133
10.3 竞争传递函数	138
10.4 初始化函数	139
10.5 距离函数	139
10.6 训练竞争层函数	142
10.7 绘图函数	142
10.8 结构函数	143
第 11 章 通信系统滤波器设计与实现	145
11.1 模拟滤波器 MATLAB 函数	145
11.1.1 设计模拟滤波器	145
11.1.2 切比雪夫 II 型滤波器	147
11.1.3 椭圆滤波器	149
11.1.4 Bessel 滤波器	150
11.1.5 求模拟滤波器的最小阶	151
11.1.6 滤波器的传递函数	154
11.2 数字滤波器 MATLAB 函数	159



11.2.1	窗函数	160
11.2.2	数字滤波器频率响应函数	162
11.3	特殊滤波器 MATLAB 函数	169
11.3.1	rcosfir 函数	170
11.3.2	rcosir 函数	170
第 12 章	控制系统根轨迹校正分析与实现	172
12.1	控制系统性能指标	172
12.1.1	性能指标的分类	172
12.1.2	二阶系统频域指标与时域指标的关系	172
12.2	校正基本概念	173
12.2.1	校正的概念	173
12.2.2	校正的方式	173
12.3	根轨迹校正法	175
12.3.1	根轨迹校正法串联超前校正	175
12.3.2	根轨迹的串联滞后校正	178
12.3.3	根轨迹的串联超前滞后校正	182
第 13 章	图像的几何运算分析与实现	186
13.1	齐次坐标	186
13.2	灰度插值	187
13.2.1	最近邻插值	187
13.2.2	双线性插值	188
13.2.3	双三次插值	189
13.2.4	MATLAB 实现	189
13.3	图像平移	190
13.4	图像旋转	193
13.5	图像比例缩放	195
第 14 章	IIR 滤波器设计与实现	200
14.1	从模拟滤波器设计 IIR 滤波器	200
14.1.1	冲激响应不变法	200
14.1.2	双线性变换法	203
14.2	IIR 滤波器的设计方法	206
14.2.1	经典设计法	206
14.2.2	直接设计法	209
14.3	高通滤波器的设计	212
14.3.1	模拟低通-数字高通变换	212
14.3.2	数字低通-数字高通变换	214
第 15 章	自组织特征映射网络算法分析与应用	215
15.1	自组织特征映射网络模型	215
15.2	自组织特征映射网络结构	217

15.3	自组织特征映射网络设计	217
15.3.1	SOFM 的构建	217
15.3.2	SOFM 的训练	218
15.4	自组织特征映射网络应用	220
15.4.1	自组织特征映射网络在识别分类中的应用	220
15.4.2	SOFM 在人口分类中的应用	222
第 16 章	模型预测控制设计与实现	226
16.1	系统辨识	226
16.2	广义预测控制	227
16.2.1	j 步最优预测	227
16.2.2	$C(z^{-1})=1$ 时的广义预测控制	228
16.3	MATLAB 实现	228
16.3.1	对象参数已知时 (GPC 算法)	228
16.3.2	对象参数未知时 (GPC 自适应算法)	231
16.3.3	$C(z^{-1})\neq 1$ 时的广义预测控制	234
第 17 章	通信系统模拟线性调制算法分析与实现	241
17.1	双边带调幅与解调	241
17.1.1	双边带调幅	241
17.1.2	双边带解调	244
17.2	常规双边带调幅	246
17.3	抑制载波双边带调幅	247
17.4	单边带调幅与解调	250
17.4.1	希尔伯特变换	250
17.4.2	单边带调幅	251
17.4.3	单边带解调	253
第 18 章	控制系统频域校正分析与实现	257
18.1	频域响应校正法	257
18.2	频域法的串联超前校正	257
18.2.1	相位超前校正装置	257
18.2.2	超前校正设计方法	258
18.3	频域法的串联滞后校正	261
18.3.1	相位滞后校正装置	261
18.3.2	Bode 图滞后校正设计方法	261
18.4	频域串联滞后超前校正	265
18.4.1	滞后超前校正装置	265
18.4.2	Bode 图滞后超前校正设计方法	266
18.5	反馈校正	270
第 19 章	图像的编码算法分析与实现	276
19.1	图像压缩编码基础	276

19.1.1	图像压缩编码的必要性	276
19.1.2	图像压缩编码的可能性	276
19.1.3	图像压缩编码的性能指标	277
19.1.4	保真度准则的评价	279
19.1.5	压缩编码的分类	280
19.2	熵编码	281
19.2.1	哈夫曼编码	281
19.2.2	香农编码	288
19.2.3	算术编码	290
第 20 章	信号变换算法分析与实现	294
20.1	快速傅里叶变换	294
20.1.1	快速傅里叶变换的性质	294
20.1.2	快速傅里叶变换及其应用	303
20.1.3	运用快速傅里叶变换进行简单滤波	307
20.2	离散余弦变换	309
20.3	Chirp Z 变换	311
20.4	离散希尔伯特变换	313
第 21 章	神经网络的最小方差自校正控制	316
21.1	神经网络控制结构	316
21.1.1	神经网络监督控制	316
21.1.2	神经网络预测控制	317
21.1.3	神经网络自适应评判控制	318
21.2	最小方差自校正控制	319
21.2.1	最小方差控制	319
21.2.2	最小方差间接自校正控制	323
21.2.3	最小方差直接自校正控制	326
第 22 章	BAM 与 BSB 网络算法分析与实现	330
22.1	双向联想记忆神经网络	330
22.1.1	BAM 网络结构与原理	330
22.1.2	能量函数与稳定性分析	331
22.1.3	BAM 网络的权值设计	332
22.1.4	BAM 网络的应用	332
22.2	盒中脑模型网络	334
22.2.1	盒中脑模型的描述	334
22.2.2	盒中脑模型的实现	335
第 23 章	滤波器设计原理和实现方法	338
23.1	自适应滤波器	338
23.1.1	自适应滤波器设计原理	338
23.1.2	自适应滤波器在 MATLAB 中的应用	339



23.2	格型滤波器	342
23.2.1	全零点格型滤波器	342
23.2.2	全极点格型滤波器	345
23.2.3	零极点的 Lattice 结构	345
23.3	线性预测滤波器	346
23.3.1	线性预测滤波器模型	346
23.3.2	线性预测滤波器设计	349
第 24 章	基于形态学的图像处理技术	354
24.1	数学形态学概述	354
24.2	数学形态学的基本概念	355
24.3	数学形态学的分类	355
24.3.1	二值形态学	355
24.3.2	灰度数学形态学	356
24.3.3	模糊数学形态学	356
24.4	形态学的基本运算	357
24.4.1	边界像素	358
24.4.2	结构元素	358
24.4.3	膨胀与腐蚀	362
24.4.4	开运算与闭运算	366
24.4.5	形态学重构	368
第 25 章	Elman 网络算法分析与实现	370
25.1	Elman 网络结构	370
25.2	修正网络权值的学习算法	371
25.3	稳定性推导	373
25.4	对角递归网络稳定时学习速率的确定	374
25.5	Elman 神经网络与训练	375
25.6	Elman 神经网络的应用	377
第 26 章	自动控制实际系统的分析设计	386
26.1	传递函数模型分析	386
26.2	传递函数模型的 MATLAB 实现	387
26.3	状态空间模型分析	390
26.4	状态空间模型的 MATLAB 实现	390
26.5	零极点增益模型分析	392
26.6	零极点增益模型的 MATLAB 实现	393
第 27 章	图像编码算法的 MATLAB 实现	396
27.1	变换编码	396
27.2	行程编程	398
27.2.1	基本原理	398
27.2.2	自身特点	399

27.2.3	算法局限性	399
27.3	预测编码	401
27.3.1	DPCM 编码	402
27.3.2	最佳线性预测编码法	406
27.3.3	增量调制编码	410
第 28 章	信号的小波分析与处理	411
28.1	信号分析	411
28.1.1	分离信号的不同成分	411
28.1.2	识别某一频率上的信号	414
28.1.3	识别信号的发展趋势	416
28.2	信号去噪	417
28.2.1	信号阈值去噪	417
28.2.2	信号阈值去噪应用	421
28.3	提升小波变换用于信号处理	423
28.3.1	提升小波变换概述	423
28.3.2	提升小波	423
28.3.3	提升小波在信号处理中的应用	429
第 29 章	LVQ 神经网络算法分析与应用	432
29.1	学习向量量化的网络结构	432
29.2	学习向量量化的网络学习	432
29.2.1	学习向量量化的学习规则	432
29.2.2	学习向量量化的网络训练	434
29.3	学习向量量化的学习算法的改进	436
29.4	学习向量量化的网络应用	436
第 30 章	离散控制系统的算法分析与实现	440
30.1	离散控制系统的基本概念	440
30.1.1	离散控制系统的基本组成	440
30.1.2	数字控制系统的工作过程	441
30.1.3	离散控制系统的特点	441
30.2	离散信号的数字描述	442
30.2.1	采样过程及采样定理	442
30.2.2	保持器的数学描述	444
30.3	Z 变换	446
30.3.1	离散信号的 Z 变换	446
30.3.2	Z 变换及其逆变换	447
参考文献	453

第 1 章 扩频通信系统的算法分析与实现

1.1 扩频通信系统的仿真

数字扩频通信技术具有抗干扰能力强、信号发送功率低及多个用户可在同一信道内传输信号等优点，已广泛地应用在移动通信和室内无线通信等各种商用应用系统中。图 1-1 所示为一个数字扩频通信系统基本方框图。其中信道编码器、信道解码器、调制器和解调器是传统数字通信系统的基本构成单元。在扩频通信系统中除了这些单元外，还应用了两个相同的伪随机序列发生器，分别作用在发送端的调制器与接收端的解调器上。这两个序列发生器产生伪随机噪声（PN）二值序列，在调制端对传送信号在频域进行扩展，在解调端解扩该扩频发送信号。

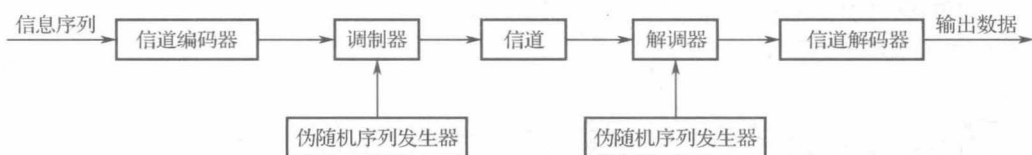


图 1-1 数字扩频通信系统基本方框图

为了正确地进行信号的扩频解扩处理，必须使接收机的本地 PN 序列与接收信号中所包含的 PN 序列建立时间同步。扩频通信系统按其工作方式不同可分为下列几种：直接序列扩频系统、跳频扩频系统、跳时扩频系统、混合式系统。

1.2 伪随机码的产生

在扩频系统中，信号频谱的扩展是通过扩频码实现的。扩频系统的性能与扩频码的性能有很大关系。对扩频码通常提出下列要求：

- 易于产生；
- 具有随机性；
- 扩频码应该具有尽可能长的周期，使干扰者难以从扩频码的一小段中重建整个码序列；
- 扩频码应该具有双键自相关函数和良好的互相关特性，以利于接收时的捕获和跟踪，以及多用户检测。

扩频码中应用最广的是 M 序列，又称最大长度序列，其他还有 Gold 序列、L 序列和霍尔序列等。

1.2.1 M 序列

一个 r 级二进制移位寄存器最多可以取 2^r 个不同的状态。对于线性反馈（模二加运算），其中全零状态将导致反馈始终为零，成为一个全零状态列循环。若剩余的 $2^r - 1$ 个状态构成一个循环，即该循环以 $N = 2^r - 1$ 为周期，则称该循环输出序列为最大周期线性移位寄存器序列（简称 M 序列）。

不是任意的特征多项式对应的反馈连线都能够生成 M 序列。能够产生 M 序列的充要条件是其特征多项式必须为本原多项式，即 r 次特征多项式 $F(x)$ 同时满足 3 个条件：

- $F(x)$ 是不可约的，即不能再进行因式分解；
- $F(x)$ 可整除 $1 + x^N$ ，其中 $N = 2^r - 1$ ；
- $F(x)$ 除不尽 $1 + x^q$ ，其中 $q < N$ 。

寻找本原多项式的计算较复杂，在 MATLAB 通信工具箱中提供了计算和判别本原多项式的函数，可计算的多项式次数 r 在 2~16 范围内。

primpoly 函数用于根据次数为 r 的多项式求取原多项式。其调用格式如下。

pr = primpoly(r): 得出所有 r 次本原多项式。

pr = primpoly(r,'min'): 得出反馈抽头数量少（多项式非零系数最少）的 r 次本原多项式。

pr = primpoly(r···,'max'): 得出反馈抽头数量最大的 r 次本原多项式。

pr = primpoly(r···,'all'): 得出反馈所有抽头的 r 次本原多项式。

例如：

```
pr2 = primpoly(5,'min')           %得出 5 阶 4 次本原多项式
Primitive polynomial(s) =
D^5+D^2+1
pr2 =
    37
>> pr2 = primpoly(5,'max')       %得出 5 阶 4 次本原多项式
Primitive polynomial(s) =
D^5+D^4+D^3+D^2+1
pr2 =
    61
>> pr2 = primpoly(5,'all')       %得出 5 阶 4 次本原多项式
Primitive polynomial(s) =
D^5+D^2+1
D^5+D^3+1
D^5+D^3+D^2+D^1+1
D^5+D^4+D^2+D^1+1
D^5+D^4+D^3+D^1+1
D^5+D^4+D^3+D^2+1
pr2 =
    37
```



```
41
47
55
59
61
```

以上得出的多项式结果 pr2 的值都是用十进制表示的。如果需要用八进制或二进制表示，可用函数 dec2base 实现。其调用格式如下。

str = dec2base(d, base): base 参数为指定进制数，d 为指定的参数。

例如：

```
>> str = dec2base(20,2)
str = %20 的二进制形式
10100
>> str = dec2base(20,8) %20 的八进制形式
str =
24
```

如果给定多项式整数表示，可通过 isprimitive 函数判别对应的是否为本原多项式。其调用格式如下。

isprimitive(a): a 为指定的多项式十进制系数表示，如果返回 1，则表明判断的多项式 a 为本原多项式；如果返回 0，则表明判断的多项式 a 为非本原多项式。

例如：

```
>> a = primpoly(3,'all'); %本原多项式
Primitive polynomial(s) =
D^3+D^1+1
D^3+D^2+1
>> isp1 = isprimitive(a) %判断
isp1 = %返回结果
1
1
>> isp1 = isprimitive(12) %12 为数值
isp1 = %返回结果
0
```

1.2.2 伪随机数序列相关函数

周期 N ，取值 $\{\pm 1\}$ 的两电平序列 $\{a | a_1, a_2, \dots, a_N, a_{N+1}, \dots\}$ 和 $\{b | b_1, b_2, \dots, b_N, b_{N+1}, \dots\}$ 的互相关函数定义为：

$$R_{ab}(j) = \sum_{i=1}^N a_i b_{i+j}$$

以序列周期进行归一化后得到的互相关函数定义为：