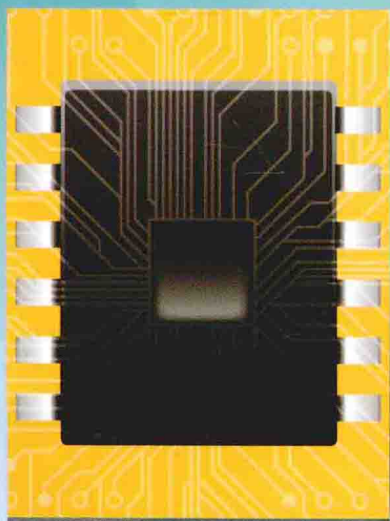


飞思卡尔MC9S12(X) 开发必修课

冯 冲 段晓敏 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

飞思卡尔 MC9S12(X) 开发必修课

冯 冲 段晓敏 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

针对目前介绍飞思卡尔 MC9S12(X)系列单片机的教材不多、初学者入门困难的现状,作者撰写了此书,旨在将初学者领入飞思卡尔的殿堂。本书在内容组织上循序渐进、从原理到实践、从简单到复杂,主要讲解了 MC9S12(X)系列单片机各模块的工作原理和寄存器定义,并通过实例讲解使读者掌握模块的使用方法,尤其针对“飞思卡尔杯”智能汽车竞赛进行了大量实例讲解。

本书的最大特点是理论与实践紧密结合,实用性强,为读者提供全部实例的测试代码。这些代码可以在飞翔科技系列开发板上进行调试。读者可以通过理论知识的学习和实例的调试,迅速入门飞思卡尔单片机。

本书可作为本科及研究生阶段的单片机教材,也适用于该系列单片机的自学者和开发人员。

图书在版编目(CIP)数据

飞思卡尔 MC9S12(X)开发必修课 / 冯冲, 段晓敏编著

. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2014.6

ISBN 978-7-5124-1432-7

I. ①飞… II. ①冯… ②段… III. ①单片微型计算机—系统设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 126457 号

版权所有,侵权必究。

飞思卡尔 MC9S12(X)开发必修课

冯 冲 段晓敏 编著

责任编辑 梅栾芳 黄正茂 栾卫霞

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:23.5 字数:501 千字

2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1432-7 定价:59.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

随着集成电路技术以及汽车电子技术的发展,飞思卡尔单片机在国内得到了广泛的应用,尤其是 MC9S12 和 MC9S12X(以下写为 MC9S12(X))这两个系列的单片机应用更为广泛。目前,飞思卡尔 MC9S12(X)系列单片机的教材不是很多,而且大多偏重理论的讲解。对于单片机开发工程师来说,这样的教材应当是比较好的;但对于一个初学者来说,这样的教材就显得比较难懂,难以入门。本书的写作初衷在于将一个初学者引入飞思卡尔单片机的殿堂,更偏重基本操作和基本理论的讲解。本书在内容组织上循序渐进、由浅入深;在知识介绍上,从原理到实践、由简单到复杂。

本书由 3 部分组成。第 1 章至第 3 章为第 1 部分,主要对飞思卡尔 MC9S12(X)系列单片机及其开发环境进行介绍。通过第 1 部分的介绍,使读者对飞思卡尔单片机有一个初步的认识,包括什么是单片机、飞思卡尔单片机有什么特点、飞思卡尔单片机的基本组成,以及与飞思卡尔单片机相关的电路设计。同时通过对开发环境的介绍,使读者了解飞思卡尔单片机需要使用什么工具来调试,开发环境和驱动程序如何安装,并掌握基本的程序下载和调试的方法。

第 4 章至第 18 章为本书的第 2 部分,这一部分对 MC9S12(X)系列单片机的绝大部分模块进行了详细的讲解。每个模块的讲解包括模块工作原理、主要寄存器介绍和基于该模块的应用实例。在实例讲解过程中,逐步将 C 语言的知识融入到各个实验当中。即使是 C 语言功底比较薄弱的读者,也可以快速入门飞思卡尔单片机。考虑到本书相当多的读者是参加飞思卡尔智能车大赛的本科生,所以实例讲解的大部分实验是针对飞思卡尔智能车大赛的。

第 19 章是本书的第 3 部分,这一部分是针对飞思卡尔智能车大赛进行的补充实验,实验内容涉及飞思卡尔智能车大赛所有组别的实验。包括智能车的图像采集实验、障碍物探测实验、车身姿态测量实验、数据采集实验、控制算法实验等。

本书的最大特点是理论与实践紧密结合,实用性强。本书为读者提供全部实例的测试代码,而且本书提供的测试代码可以在飞翔科技开发板专卖店淘宝店铺销售的开发板上进行调试。读者不但可以进行理论知识的学习,而且可以自己动手来调试,通过理论知识和实验的结合,可以快速入门飞思卡尔单片机。



在此, 特别感谢冯沛文、高玉凤、段如意、李慧贤、冯珍、雷世东、段晓雄、程涛等人在本书写作过程中给予的大力支持。

本书由“飞翔科技开发板专卖店”(fxfreefly.taobao.com)的研发团队所写, 作者多年来从事单片机的应用和汽车电子控制系统的开发, 总结了多年的开发经验, 并参考了大量国内外的中英文文献, 编写出本书, 在此向这些文献的作者表示敬意。读者如果发现书中存在错误, 请批评指正, 作者将不胜感激!

冯 冲 段晓敏

2014 年 6 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 单片机简介	1
1.2 MC9S12(X)系列单片机简介	1
第 2 章 MC9S12(X)系列单片机的组成、原理及设计	3
2.1 MC9S12 系列单片机的组成及引脚定义	3
2.1.1 MC9S12 系列单片机的组成	3
2.1.2 MC9S12 系列单片机的引脚定义	5
2.2 MC9S12(X)系列单片机的组成及引脚定义	12
2.2.1 MC9S12(X)系列单片机的组成	12
2.2.2 MC9S12(X)系列单片机的引脚定义	15
2.3 MC9S12(X)系列单片机内核的工作原理	21
2.3.1 MC9S12 系列单片机的内核	22
2.3.2 MC9S12(X)系列单片机的内核	23
2.4 MC9S12(X)系列单片机的系统设计	23
2.4.1 电源电路	23
2.4.2 时钟电路	26
2.4.3 复位电路和 BDM 电路	27
2.4.4 印刷电路板设计	28
第 3 章 CodeWarrior 开发环境介绍	29
3.1 安装 CodeWarrior 软件	29
3.2 安装 BDM 驱动	36
3.3 创建新工程	40
3.4 调试工程	44
第 4 章 并行 I/O 接口	48
4.1 功能介绍	48
4.2 主要寄存器描述	49





4.3 实例讲解	55
4.3.1 应用电路介绍	55
4.3.2 流水灯实验	56
4.3.3 按键查询实验	61
第5章 复位和中断	64
5.1 功能介绍	64
5.2 主要寄存器描述	68
5.3 实例讲解	69
5.3.1 复位实验	69
5.3.2 看门狗实验	70
5.3.3 按键中断实验	70
第6章 时钟系统	74
6.1 功能介绍	74
6.1.1 MC9S12 和 MC9S12XD/B/A 系列单片机的时钟系统	74
6.1.2 MC9S12XE 和 MC9S12XS 系列单片机的时钟系统	75
6.2 主要寄存器描述	76
6.2.1 MC9S12 和 MC9S12XD/B/A 系列单片机时钟系统的寄存器	77
6.2.2 MC9S12XE/S 系列单片机时钟系统的寄存器	81
6.3 实例讲解	86
第7章 模数转换模块(ATD)	88
7.1 功能介绍	88
7.1.1 MC9S12 和 MC9S12XD/B/A 系列单片机的 ATD 模块	88
7.1.2 MC9S12XE 和 MC9S12XS 系列单片机的 ATD 模块	90
7.2 主要寄存器描述	91
7.2.1 MC9S12 和 MC9S12XD/B/A 系列单片机 ATD 模块的寄存器	92
7.2.2 MC9S12XE 和 MC9S12XS 系列单片机 ATD 模块的寄存器	101
7.3 实例讲解	107
7.3.1 应用电路介绍	107
7.3.2 8 位模数转换实验	107
7.3.3 12 位模数转换实验	111
第8章 脉冲宽度调制模块(PWM)	112
8.1 功能介绍	112

8.2 主要寄存器描述	114
8.3 实例讲解	120
8.3.1 应用电路介绍	120
8.3.2 左对齐 PWM 实验	123
8.3.3 中央对齐 PWM 实验	123
8.3.4 蜂鸣器播放音乐实验	124
8.3.5 直流电机实验	124
8.3.6 舵机实验	125
第 9 章 增强型捕捉定时器模块(ECT)	126
9.1 功能介绍	126
9.1.1 输入捕捉(IC)	127
9.1.2 输出比较(OC)	127
9.1.3 脉冲累加(PAI)	128
9.1.4 模数递减计数器(MDC)	129
9.2 主要寄存器描述	130
9.3 实例讲解	142
9.3.1 ECT 输出比较实验	142
9.3.2 ECT 输入捕捉实验	144
9.3.3 ECT 脉冲累加实验	144
9.3.4 ECT 模数递减实验	145
第 10 章 周期中断定时器模块(PIT)	147
10.1 功能介绍	147
10.2 主要寄存器描述	150
10.3 实例讲解	155
10.3.1 应用电路介绍	155
10.3.2 数码管扫描实验	156
10.3.3 数字秒表实验	157
第 11 章 IIC 模块(IIC)	159
11.1 功能介绍	159
11.2 主要寄存器描述	162
11.3 实例讲解	167
11.3.1 应用电路介绍	167
11.3.2 IIC 通信实验	168



11.3.3 模拟 IIC 通信实验	170
第 12 章 串行通信接口(SCI)	171
12.1 功能介绍	171
12.2 主要寄存器描述	174
12.3 实例讲解	181
12.3.1 应用电路介绍	181
12.3.2 串口通信实验	184
12.3.3 12864 液晶实验	188
12.3.4 RS485 总线实验	198
12.3.5 LIN 总线实验	199
第 13 章 串行设备接口(SPI)	205
13.1 功能介绍	205
13.1.1 SPI 的结构组成	205
13.1.2 SPI 引脚	207
13.1.3 SPI 的双向模式(MOMI 或 SISO)	208
13.1.4 SPI 数据与位时钟的各种时序关系	209
13.1.5 SPI 的工作过程	210
13.2 主要寄存器描述	211
13.3 实例讲解	215
13.3.1 应用电路介绍	215
13.3.2 SPI 通信实验	217
13.3.3 模拟 SPI 通信实验	218
第 14 章 MSCAN 模块(MSCAN)	219
14.1 功能介绍	219
14.1.1 CAN 的基础知识	219
14.1.2 MC9S12(X)的 MSCAN 模块	220
14.2 主要寄存器描述	237
14.3 实例讲解	258
14.3.1 应用电路介绍	258
14.3.2 CAN 总线实验	259
14.3.3 SAE-J1939 协议实验	264

第 15 章 电压调节器模块(VREG)	266
15.1 功能介绍	266
15.1.1 MC9S12 系列单片机的 VREG	266
15.1.2 MC9S12XD/B/A 系列单片机的 VREG	267
15.1.3 MC9S12XE/S 系列单片机的 VREG	268
15.2 主要寄存器描述	270
第 16 章 FLASH 存储器	275
16.1 功能介绍	275
16.2 主要寄存器描述	280
16.3 实例讲解	290
第 17 章 EEPROM 存储器	295
17.1 功能介绍	295
17.2 主要寄存器描述	297
17.3 实例讲解	301
第 18 章 协处理器(XGATE)	304
18.1 协处理器的寻址空间	305
18.1.1 I/O 寄存器空间	307
18.1.2 FLASH 空间	307
18.1.3 RAM 空间	307
18.2 协处理器 CPU 的内核结构	308
18.3 复位和中断	310
18.4 主要寄存器描述	311
18.5 实例讲解	316
第 19 章 飞思卡尔智能车实验	325
19.1 OLED 液晶实验	325
19.1.1 实验原理	325
19.1.2 实例讲解	326
19.2 TF 卡实验	328
19.2.1 实验原理	328
19.2.2 实例讲解	329
19.3 遥控模块实验	331



19.3.1 实验原理.....	331
19.3.2 实例讲解.....	332
19.4 车速采集实验.....	332
19.4.1 实验原理.....	332
19.4.2 实例讲解.....	333
19.5 电磁传感器实验.....	334
19.5.1 实验原理.....	334
19.5.2 实例讲解.....	337
19.6 线性 CCD 实验	337
19.6.1 实验原理.....	338
19.6.2 实例讲解.....	338
19.7 OV7620 摄像头实验	339
19.7.1 实验原理.....	339
19.7.2 实例讲解.....	340
19.8 直立传感器模块实验.....	341
19.8.1 实验原理.....	341
19.8.2 实例讲解.....	343
19.9 超声波模块实验.....	344
19.9.1 实验原理.....	344
19.9.2 实例讲解.....	344
附 录 图片翻译.....	346
后 记.....	365
参考文献.....	366

第 1 章

绪 论

1.1 单片机简介

单片机是一种集成电路芯片,是微型计算机的一个分支,采用超大规模集成电路技术将计算机的 CPU、存储器、输入输出设备集成在一块芯片上。通常用 MCU(Microcontroller Unit)来表示单片机。从 1971 年 Intel 首次宣布其 4 位微处理器 4004 至今,单片机已有 40 多年的历史,随着单片机位数由 8 位、16 位直至 32 位的发展,单片机的功能、特性、速度和存储器容量等也在飞速发展。

目前常用的 8 位、16 位和 32 位单片机都相当普遍,8 位机寻址空间有限,运算速度低,32 位机具有较高的处理速度,16 位机正好介于二者之间;8 位机价格低,32 位机价格高,16 位机介于二者之间。单片机的位数越低,稳定性和可靠性就越高,所以形成了 8 位、16 位和 32 位单片机并存的局面。

单片机著名的供应商主要有 Freescale(飞思卡尔)、ST、Philips、Infineon、Atmel、NEC 和 TI 等,其中 Freescale 是从原 Motorola 公司的半导体部门分离出来的,它的最大特色是汽车电子的应用,飞思卡尔单片机在汽车电子市场占据了半壁江山。目前国内也有一些企业开始生产单片机。单片机的应用几乎是无所不在的,随时随地都可以发现单片机的应用实例。随着技术的发展,单片机的功能越来越强大。

1.2 MC9S12(X)系列单片机简介

Gartner Dataquest 公布的 2004 年全球半导体应用市场份额数据显示,飞思卡尔公司凭借 32 位 PowerPC 和 ColdFire 处理器系列的强劲增长,以 28.2% 的市场份额荣登市场第一的宝座。

飞思卡尔单片机产品的技术最早起源于 1974 年的 8 位处理器 MC6800 和后来的 MC6801,其使用 HCMOS 工艺,功耗高。世界上最早出现的 CMOS 单片机是 MC146805,后来出现了高速 CMOS 工艺的 MC68HC05 单片机,产量曾突破 20 亿片,是历史上产量最高的单片机。

MC9S12(X)系列单片机是飞思卡尔 16 位单片机中比较常用的单片机。



MC9S12(X)系列单片机的运算速度比 HC12 系列单片机更高,典型的 HC12 单片机的总线频率为 8 MHz,而典型的 MC9S12 系列单片机的总线频率为 25 MHz,MC9S12(X)系列单片机的总线频率更高。飞翔科技开发板专卖店开发的 MC9S12(X)系列单片机的开发板的大部分代码将单片机的主频设置为 32 MHz,经验证明可以非常稳定地运行,实际上 MC9S12(X)系列单片机的主频还可以设置得更高。

越来越多的 MC9S12(X)系列单片机被推出,MC9S12 系列单片机主要有 A、B、C、D、E、G、H 等系列,MC9S12(X)系列单片机主要有 XA、XB、XD、XE、XF、XS 等系列。每个系列又有很多型号,例如,MC9S12XE 系列单片机就包括 MC9S12XEG128、MC9S12XEP100、MC9S12XEP768、MC9S12XEQ384 等具体型号。

单片机的型号不同,片内资源和性能也不同。MC9S12A 系列单片机片内有 2 个 SCI、1~3 个 SPI、8 路或 16 路 10 位 ATD、8 路或 16 路定时器和 PWM, RAM 为 1~14 KB、FLASH 为 32~512 KB。MC9S12A 系列单片机的最高推荐总线频率为 25 MHz,MC9S12A512 的总线频率可达 32 MHz。MC9S12B 系列单片机和 MC9S12C 系列单片机都在 MC9S12A 系列单片机的基础上增加了 CAN 总线模块。MC9S12D 系列单片机功能更加强大,适用于汽车电子,有 80 引脚和 112 引脚两种封装,CAN 模块最多的 MC9S12DP512 片内有 5 个 CAN 模块,所有封装相同的 MC9S12D 系列单片机的引脚是兼容的。有关其他系列单片机的介绍,读者可以参考相应的数据手册,这里不再赘述。

MC9S12(X)系列单片机功能更加强大,是 MC9S12 系列单片机的升级产品。MC9S12(X)系列单片机是带协处理器 XGate 的双核单片机系列,主 CPU 采用 S12X CPU。需要指出的是,MC9S12XS128 单片机是一款比较特别的单片机,它虽然是 MC9S12(X)系列的单片机,但它是没有协处理器的。原因在于它是飞思卡尔公司推出的一款低价位的单片机,是在 MC9S12XE 内核的基础上,去掉了协处理器而形成的 MC9S12XS 内核。目前 MC9S12XS128 单片机是飞思卡尔智能车大赛指定使用的单片机之一,应用比较广泛。

第 2 章

MC9S12(X)系列单片机的组成、原理及设计

本章主要讲解 MC9S12(X) 系列单片机的组成结构、工作原理以及单片机系统的设计。这一章的讨论, MC9S12 系列单片机主要以 MC9S12DP512 单片机为例, MC9S12(X) 系列单片机主要以 MC9S12XEP100 单片机为例进行讲解, 同系列的其他单片机的工作原理基本与这两款单片机相同, 如果有不同之处书中将作一定补充。

2.1 MC9S12 系列单片机的组成及引脚定义

2.1.1 MC9S12 系列单片机的组成

MC9S12 系列单片机的引脚相互兼容, 图 2.1 为 MC9S12DP512 单片机的组成框图, MC9S12 系列的其他单片机与 MC9S12DP512 单片机的组成大部分是相同的, 只是某些模块的数量有差别。比如: MC9S12DP512 单片机有 5 个 CAN 模块, 分别为 CAN0~CAN4; 而 MC9S12DG128 单片机有两个 CAN 模块, 只有 CAN0 和 CAN4。有关上述类似的差别请参考相应单片机的数据手册。

图 2.1 中的框图可以分为左、右两个部分, 左侧为核心部分, 右侧为外设部分。核心部分包括:

① 存储器: MC9S12 系列单片机有三类存储器, FLASH 存储器(用于存储程序代码)、RAM 存储器(用于存储变量)和 EEPROM 存储器(用于存储数据);

② 电压转换器: 电压转换器的作用是将单片机外部输入的 VDDR($5 \pm 5\%$)V 电压转换为 ($2.5 \pm 10\%$)V 的电压并给内核、锁相环和系统时钟供电;

③ 单线背景调试模块(BDM): BDM 是用于单片机调试的一个单线模块, 调试的通信过程通过 BKGD 引脚进行;

④ 时钟和复位模块: 这个模块用于产生系统时钟和相应一系列复位中断;

⑤ 单片机的 CPU;

⑥ 系统集成模块: 这个模块主要在系统扩展时使用;

⑦ 分时复用的地址和数据总线: A 口和 B 口。

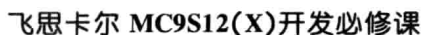


图 2.1(图中英文翻译见附录,其余图表相同)中的右侧为外设部分,主要包括如下几个功能模块:

① 模数转换模块(ATD):MC9S12DP512 单片机包含有 16 路 ATD 输入通道,ATD 模块主要用来采集电压值,由于单片机不能直接处理模拟信号,所以要将电压量转换为数字量之后,才能用单片机来处理,ATD 模块的功能就是将电压模拟量转化为数字量;

② 增强型捕捉定时器模块(ECT):该模块的主要作用是捕捉脉冲信号,准确计时等;

③ 串行通信接口(SCI):SCI 模块用来实现单片机与外围设备和其他 CPU 的异步串行通信,是一个全双工的接口,接口由一个接收线 RxD 和一个发送线 TxD 组成;

④ 串行设备接口(SPI):SPI 接口是一个全双工的同步通信接口,用于单片机与外围设备的通信,SPI 接口由 4 根线组成:片选线 $\overline{SS}$ 、时钟线 SCK、主入从出线 MISO、主出从入线 MOSI;

⑤ BDLC 串行通信接口:BDLC 模块是单片机内嵌的一个 J1850 总线接口模块,该模块允许用户进行基于 SAE J1850 协议的数据发送和接收;

⑥ IIC 总线:IIC 总线是一个双线、双向的串行总线,IIC 总线提供了一个与外围器件通信的简单有效的方式;

⑦ CAN 总线:CAN 总线是在汽车上应用比较广泛的总线,MC9S12DP512 单片机有丰富的 CAN 总线资源,共有 5 个 CAN 模块;

⑧ 脉宽调制模块(PWM):MC9S12DP512 单片机有 8 个可以独立操作的 8 位 PWM 通道,并可以将相邻的两个通道级联,从而形成 4 个可以独立控制的 16 位 PWM 通道,该模块主要用来产生任意频率和占空比的脉冲信号;

⑨ 通用 I/O 接口:MC9S12DP512 单片机的 I/O 用来读取或者输出数字量,MC9S12DP512 单片机的通用 I/O 口资源丰富,有 A 口、B 口、E 口、H 口、K 口、T 口、P 口、S 口、M 口和 J 口这几组接口。

2.1.2 MC9S12 系列单片机的引脚定义

图 2.2 为 MC9S12D 系列单片机的引脚布置图,MC9S12 系列的其他单片机的引脚布置与图 2.2 中的布置基本相同,读者如需了解其他单片机的引脚布置,请参考相应单片机的数据手册。

MC9S12DP512 单片机有两种封装,分别是 80 引脚和 112 引脚的封装,图 2.2 为 112 引脚的封装,本书也主要针对 112 引脚的单片机进行讨论。80 引脚的单片机与 112 引脚的单片机的原理是一样的,只是缺少了部分引脚。

MC9S12DP512 单片机有 8 组电源引脚,分别满足不同模块的供电需求和设置,这些引脚分别为:

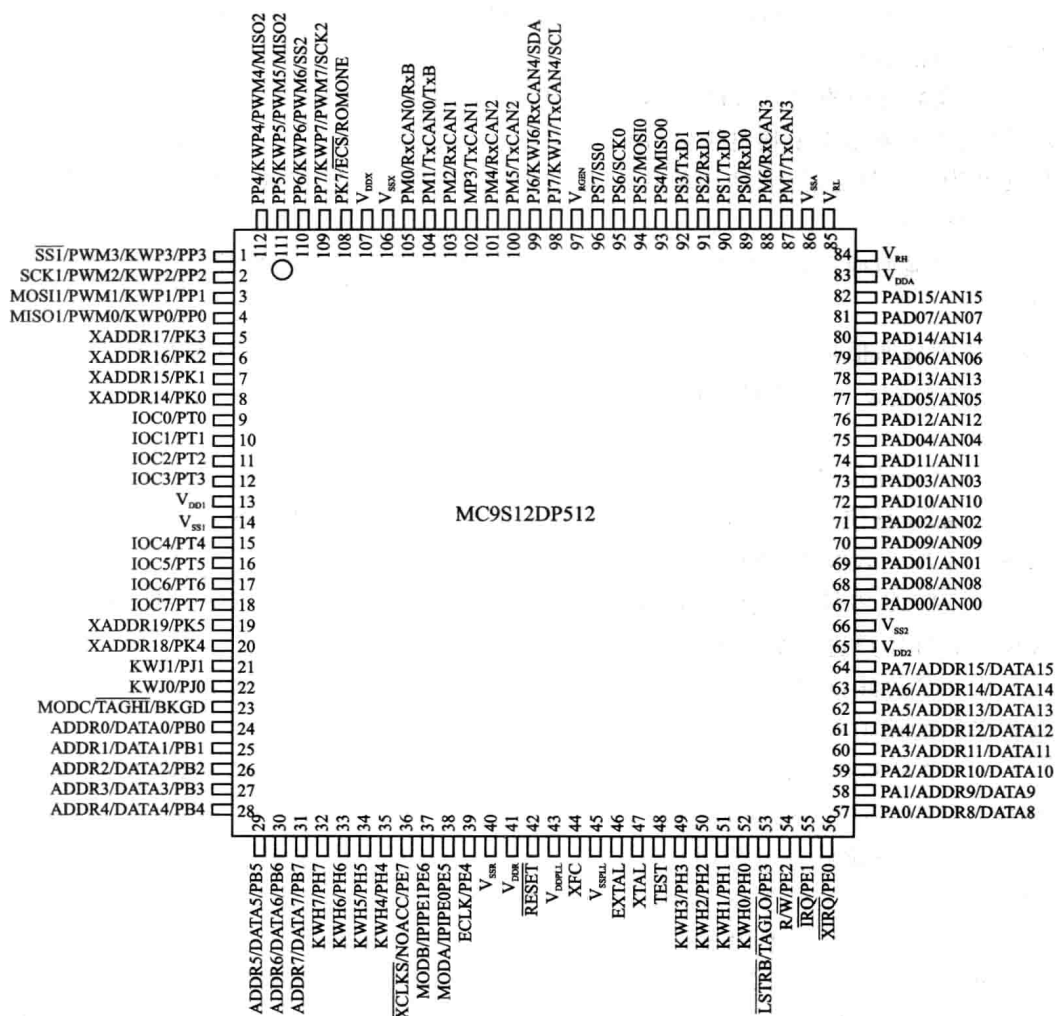


图 2.2 MC9S12D 系列单片机的引脚布置图

① V_{DDX} 和 V_{SSX} : 外部电源和地, 给部分 I/O 供电, 为了满足信号的快速上升要求, 一般要求电源能提供瞬时大电流, 因此应使用高频旁路电容, 并尽可能靠近单片机, 旁路电容的大小取决于单片机引脚的负载;

② V_{DDR} 和 V_{SSR} : 外部电源和地, 给部分 I/O 和电压调节器供电, 同样这两个引脚也要连接高频旁路电容;

③ $V_{DD1\sim2}$ 和 $V_{SS1\sim2}$: 内部电源和地, 由单片机内部的电压调节器来供电, 标准电压为 2.5 V 和 0 V, 同样, 这里也需要使用旁路电容, 这些引脚不能带载荷, 如果引脚 V_{REGEN} 接地, 内部的电压调节器将被关闭;

④ V_{DDA} 和 V_{SSA} : 为模数转换模块提供工作电压, 并为内部电压调节器提供参考电压, 这两个引脚使模数转换模块可以单独供电;