

第 37 章 数模转换器 (DAC)

目录

本章包括下列主题：

37.1 简介	37-2
37.2 模块说明	37-2
37.3 控制寄存器	37-3
37.4 配置 10 位 DAC 模块	37-6
37.5 休眠和空闲模式期间的 DAC 工作	37-7
37.6 DAC 限制	37-7
37.7 寄存器映射	37-8
37.8 相关应用笔记	37-9
37.9 版本历史	37-10

37.1 简介

数模转换器（Digital-to-Analog Converter，DAC）模块是一个 10 位模拟梯形电阻网络，它将数字数据转换为模拟电压信号。

10 位高精度 DAC 模块具有以下主要特性：

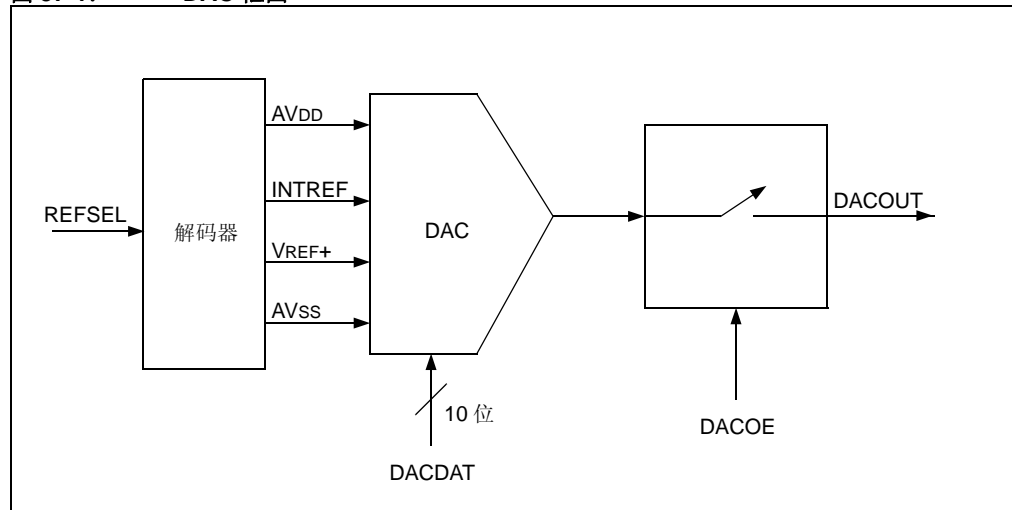
- 快速转换时间
- 最大采样速率
- 多个参考电压：
 - 内部参考电压源（AVDD）
 - 内部电压源（2.4V INTREF）
 - 外部参考电压源（VREF+）
- 单端输出

注： 欲知转换时间和采样速率的更多信息，请参见具体器件的数据手册。

37.2 模块说明

图 37-1 给出了 DAC 模块的原理框图。

图 37-1： DAC 框图



DAC 模块由数字控制逻辑模块和模拟模块组成，这两个模块共同实现 10 位数模转换器。该模块可生成位于 AVSS 至 AVDD 范围内的模拟电压信号。

37.3 控制寄存器

以下寄存器用于配置 10 位 DAC 模块：

- **DACCON：DAC 控制寄存器**
该寄存器用于配置 DAC 参考电压源和使能或禁止引脚上的 DAC 输出电压。通过将 DACEN 位置 1 来使能 DAC 模块。
- **DACDAT：DAC 数据寄存器**
该寄存器用于确定 DAC 输出电压值，该值通过以下公式得出：

公式 37-1: DAC 输出值 (V_{DAC})

$$V_{DAC} = AV_{SS} + \frac{DACDAT}{1024} \times REFSEL$$

注： REFSEL 位用于选择参考电压源。

寄存器 37-1: **DACCON: DAC 控制寄存器**

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0
DACEN	—	—	—	—	—	—	DACOE
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	REFSEL<1:0>	
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15	DACEN: DAC 使能位 1 = 使能 DAC 模块 0 = 禁止 DAC 模块
bit 14-9	未实现: 读为 0
bit 8	DACOE: DAC 输出缓冲区使能位 1 = DAC 模拟电压输出到 DACOUT 引脚 0 = DAC 模拟电压不连接到 DACOUT 引脚
bit 7-2	未实现: 读为 0
bit 1-0	REFSEL<1:0>: 参考电压源选择位 11 = 内部参考电压源 (AVDD) 为 DAC 提供参考电压 10 = 内部电压源 (2.4V INTREF) 为 DAC 提供参考电压 01 = 外部参考电压源 (VREF+) 为 DAC 提供参考电压 (最大 DAC 电压由外部参考电压源确定 ⁽¹⁾) 00 = 未选择参考电压

注 1: 外部参考电压源的范围为 AVSS 到 AVDD。

寄存器 37-2: **DACDAT: DAC 数据寄存器**

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	DACDAT<9:8>	
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
DACDAT<7:0>							
bit 7							bit 0

图注:
R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15-10 **保留:** 读为 0
bit 9-0 **DACDAT<9:0>:** 数据输入寄存器位
 1111111111 = 参考电压源 * (1023/1024) V

 1111111110 = 参考电压源 * (1022/1024) V
 •
 •
 •

 0000000001 = 参考电压源 * (1/1024) V
 0000000000 = 0.0 V

37.4 配置 10 位 DAC 模块

使用以下步骤设置 DAC 模块：

1. 通过写 DAC 控制寄存器中的参考电压源选择 REFSEL<2:0> 位（DACCON<1:0>）选择 DAC 模块的参考电压源。
2. 使用参考值装载 DACDAT 寄存器。
3. 如有必要，将 DACOE（DACCON<8>）位置 1 来使能 DACOUT 引脚上的模拟电压。
4. 将 DACEN（DACCON<15>）位置 1 来使能 DAC 模块。

如果 REFSEL<1:0> = 00，将不选择电压源，且 DAC 输出由 AVss 驱动，从而降低电流消耗。DAC 输出的模拟电压在 AVss 到 AVDD 范围内。DAC 模块还支持内部电压源（2.4V INTREF）。用户应用程序可使用外部参考电压源来满足特定应用的需求。

例 37-1 给出了选择内部参考电压源（AVDD）作为 DAC 参考源的代码序列。

例 37-1: 选择内部参考电压源（AVDD）

```
/* Select the internal reference voltage source (AVDD) as the DAC reference source*/  
  
DACCONbits.REFSEL = 3; // Select the AVDD as the DAC reference source  
DACDAT = 0x03FF;      // Select the reference voltage source  
DACCONbits.DACOE = 1; // Enable the DAC output on the DACOUT pin  
DACCONbits.DACEN = 1; // Enable the DAC module
```

例 37-2 给出了选择内部电压源（2.4V INTREF）作为 DAC 参考源的代码序列。

例 37-2: 选择内部电压源（2.4V INTREF）

```
/* Select the internal voltage source (INTREF of 2.4V) as the DAC reference source */  
  
DACCONbits.REFSEL = 2; // Select the internal reference voltage source (INTREF of 2.4V) as  
                        // the DAC reference source  
DACDAT = 0x03FF;      // Select the reference voltage source  
DACCONbits.DACOE = 1; // Enable the DAC output on the DACOUT pin  
DACCONbits.DACEN = 1; // Enable the DAC module
```

例 37-3 给出了选择外部参考电压源（VREF+）作为 DAC 参考源的代码序列。

例 37-3: 选择外部参考电压源（VREF+）

```
/* Select an external reference voltage source as the DAC reference source*/  
  
DACCONbits.REFSEL = 1; // Select an external reference voltage source as the DAC reference  
                        // source  
DACDAT = 0x03FF;      // Select the reference voltage source  
DACCONbits.DACOE = 1; // Enable the DAC output on the DACOUT pin  
DACCONbits.DACEN = 1; // Enable the DAC module
```

注： DACOUT 引脚上的 DAC 输出可通过 DAC 控制寄存器中的 DAC 输出缓冲区使能 DACOE（DACCON<8>）位来使能。

37.5 休眠和空闲模式期间的 DAC 工作

在休眠和空闲模式下，DAC 模块的状态由 DACCON 寄存器中的 DACEN 和 DACOE 位确定。如果器件处于休眠或空闲模式时使能了该模块，DACOUT 引脚将继续驱动表示最近一次写入 DACDAT 寄存器的值的直流电压。有效模拟电路的用途在于在休眠或空闲模式期间将模拟输出电压维持在已知状态。

37.5.1 打盹模式

打盹模式不影响 DAC 模块的工作。

37.6 DAC 限制

37.6.1 外部参考电压范围

如果选择外部参考电压源作为 DAC 参考源，则 VREF+ 引脚上的电压应在 AVSS 到 AVDD 的范围内。如果超出此范围，DAC 输出将不确定。

37.6.2 DAC 输出负载限制

DAC 输出信号是高阻抗信号，不得连接到低阻抗负载。DAC 输出阻抗为 3 k Ω 。

37.7 寄存器映射

表 37-1 中给出了与 PIC24F 系列数模转换器（DAC）模块相关的寄存器汇总。

表 37-1: DAC 寄存器映射

寄存器名称	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	所有复位时的状态
DACCON	DACEN	—	—	—	—	—	—	DACOE	—	—	—	—	—	—	REFSEL<1:0>		0000
DACDAT	—	—	—	—	—	—	DACDAT<9:0>										0000

图注: x = 复位时值未知, — = 未实现, 读为 0。复位值以十六进制显示。

37.8 相关应用笔记

本节列出了与手册本章内容相关的应用笔记。这些应用笔记可能并不是专为 PIC24F 系列器件而编写的，但其概念是相通的，通过适当修改即可使用，但在使用中可能会受到一定限制。当前与数模转换器 (DAC) 模块相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
目前没有相关的应用笔记。	

注：如需获取更多 PIC24F 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com)。

37.9 版本历史

版本 A（2008 年 12 月）

这是本文档的初始版本。

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICTail、REAL ICE、rLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2011, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-61341-334-0

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 杭州
Tel: 86-571-2819-3180
Fax: 86-571-2819-3189

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Druenen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820