

小型微控制器与 高级微控制器 用户手册

田 勇 马建东 黄盛萍译

01001100100101001001101010010010



MOTOROLA

人民邮电出版社

ommunication
omputer
ontroller

410361

小型微控制器与高级微控制器用户手册

田 勇 马建东 黄盛萍 译

人民邮电出版社

本书由“小型微控制器入门”和“高级微控制器产品指南”两部分组成。上篇为“小型微控制器入门”，首先介绍了小型微控制器的内部工作和如何采用微控制器进行应用设计，最后重点介绍了摩托罗拉 M68HC05 系列小型微控制器，共 9 章。下篇为“高级微控制器产品指南”，共 8 章。其中第十、十二、十三、十四章分别具体介绍了 M68HC11、M68HC16、M6833x 和 MPC500 系列的 CPU 内核、各成员结构、特点、设计用途和应用等信息；第十一章介绍了与它们相关的模块系列的有关信息；第十五章介绍了开发工具；第十六章和第十七章分别介绍了应用实例和应用注释。

本手册内容丰富，通俗易懂，适合电子、通信领域的科研、开发、生产、维护人员参考。

Copyright 1997, Motorola, Inc.

人民邮电出版社在 Motorola 公司授权下出版

小型微控制器与高级微控制器用户手册

◆ 译 田 勇 马建东 黄盛萍

责任编辑 梁海滨

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：707×1092 1/16

印张：16.25

字数：398 千字

1998 年 4 月第 1 版

印数：1—2 500 册

1998 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-06661-2/TP·509

定价：25.00 元

目 录

上篇 小型微控制器入门

第一章 什么是微控制器	3
1.1 计算机系统综述	3
1.1.1 计算机系统的输入	4
1.1.2 计算机系统的输出	4
1.1.3 中央处理器(CPU)	4
1.1.4 时钟	5
1.1.5 计算机存储器	5
1.1.6 计算机程序	5
1.2 微控制器	5
1.3 第一章回顾	7
第二章 计算机的数和编码	8
2.1 二进制和十六进制数	8
2.2 ASCII 码	9
2.3 计算机操作码(Opcode)	11
2.4 指令助记符和汇编程序.....	11
2.5 八进制.....	11
2.6 二进制编码的十进制(BCD).....	12
2.7 第二章回顾.....	14
第三章 基本逻辑元件	15
3.1 逻辑电平.....	15
3.2 CMOS 晶体管	15
3.3 简单的门电路.....	16
3.3.1 “非”门.....	16
3.3.2 “与非”门.....	16
3.3.3 “或非”门.....	17
3.4 传输门、缓冲器和触发器	18
3.4.1 传输门.....	18
3.4.2 三态缓冲器.....	19
3.4.3 半触发器(HFF)	20
3.5 第三章回顾.....	20
第四章 计算机存储器和并行 I/O	21
4.1 文件架模拟.....	21

4.2	计算机如何访问存储器	21
4.3	千字节、兆字节和千兆字节	22
4.4	存储器类型	22
4.4.1	随机存取存储器(RAM)	22
4.4.2	只读存储器(ROM)	23
4.4.3	可编程只读存储器(PROM)	23
4.4.4	I/O 作为一种存储器类型	23
4.4.5	内部状态与控制寄存器	25
4.4.6	存储器映射	25
4.4.7	存储器外围电路	27
4.5	第四章回顾	27
第五章	计算机的结构	29
5.1	计算机结构	29
5.2	CPU 寄存器	30
5.3	定时器	31
5.4	CPU 程序概述	31
5.5	CPU 操作	34
5.5.1	CPU 指令操作详述	34
5.5.2	存储累加器(直接寻址方式)	34
5.5.3	写入累加器(立即寻址方式)	35
5.5.4	条件分支	35
5.5.5	子程序调用与返回	35
5.6	扮演计算机	37
5.7	复位	40
5.7.1	RESET 引脚	41
5.7.2	加电复位	41
5.7.3	低电压复位	41
5.7.4	看门狗定时器复位	41
5.7.5	非法地址复位	41
5.8	中断	41
5.8.1	外部中断	42
5.8.2	片内外围电路中断	42
5.8.3	软件中断(SWI)	42
5.8.4	中断等待时间	43
5.8.5	嵌套中断	44
5.9	第五章回顾	45
第六章	M68HC05 指令集	46
6.1	M68HC05 中央处理器(CPU)	46
6.1.1	算术逻辑单元(ALU)	46
6.1.2	CPU 控制	47

6.1.3 CPU 寄存器	47
6.2 寻址方式	50
6.2.1 立即寻址方式	50
6.2.2 固有寻址方式	51
6.2.3 扩展寻址方式	52
6.2.4 直接寻址方式	53
6.2.5 变址寻址方式	54
6.2.6 相对寻址方式	57
6.2.7 位测试和分支指令	58
6.3 指令分类	58
6.4 指令集概要	61
6.5 第六章回顾	68
第七章 程序设计	70
7.1 编写一个简单的程序	70
7.1.1 流程图	70
7.1.2 助记符源代码	70
7.1.3 软件延时程序	72
7.1.4 汇编程序清单	73
7.1.5 目标代码文件	76
7.2 汇编程序命令	77
7.2.1 起点(ORG)	77
7.2.2 等值(EQU)	77
7.2.3 建立常数字节(FCB)	78
7.2.4 建立双字节(FDB)	78
7.2.5 预定存储器字节(RMB)	78
7.2.6 设定缺省情况下,数字为十进制	79
7.3 指令集的灵活应用	79
7.4 应用开发	80
7.5 第七章回顾	81
第八章 定速循环	82
8.1 系统等值	82
8.1.1 MC68HC705K1 的寄存器等值	82
8.1.2 应用系统等值	83
8.2 向量设置	83
8.2.1 复位向量	83
8.2.2 未用中断	84
8.3 RAM 变量	85
8.4 定速循环	85
8.4.1 循环触发器	85
8.4.2 循环系统时钟	86

8.4.3 您的程序	86
8.4.4 时间问题	87
8.4.5 堆栈问题	87
8.5 一个预备的应用框架	87
8.6 第八章回顾	94
第九章 片内外围电路系统	95
9.1 外围电路的类型	95
9.1.1 定时器	95
9.1.2 串行端口	96
9.1.3 模/数转换器	96
9.1.4 数/模转换器	96
9.1.5 电可擦写可编程只读存储器(EEPROM)	96
9.2 外围电路的控制	97
9.3 MC68HC705K1 定时器	97
9.3.1 一个定时器应用实例	98
9.3.2 使用 PWM 软件	104
9.4 一个电机控制实例	106
9.4.1 原理	106
9.4.2 电机控制电路	107
9.4.3 电机控制软件	109
9.5 第九章回顾	116
附录 A——M68HC05 指令集详解	117
附录 B——参考表	149
词汇表	155

下篇 高级微控制器产品指南

第十章 M68HC11 系列	165
10.1 HC11CPU 内核	165
10.2 M68HC11A 系列	167
10.3 M68HC11C 系列	169
10.4 M68HC(7)11D 系列	171
10.5 M68HC11ED 系列	173
10.6 M68HC(7/8)11E 系列	174
10.7 M68HC11F 系列	177
10.8 M68HC(7)11G 系列	178
10.9 M68HC(7)11K 系列	180
10.10 M68HC(7)11KA 系列	182
10.11 M68HC(7)11L 系列	184
10.12 M68HC(7)11M 系列	186

10.13	M68HC(7)11P 系列	187
10.14	M68HC(7)11PA 系列	189
10.15	M68HC(7)11PH 系列	190
第十一章	模块系列	192
11.1	模块间总线(IMB)	192
11.2	模数转换器(ADC)	193
11.3	可配置的定时器模块(CTM)	194
11.4	通用定时器(GPT)	195
11.5	多通道通信接口(MCCI)	196
11.6	队列式模数转换器(QADC)	197
11.7	队列式串行模块(QSM)	198
11.8	单片集成模块(SCIM)	199
11.9	系统集成模块(SIM)	199
11.10	定时处理器单元(TPU)	201
第十二章	M68HC16 系列	203
12.1	CPU16 内核	203
12.2	MC68HC16S2	205
12.3	MC68HC16V1	206
12.4	MC68HC(9)16Y1	207
12.5	MC68HC16Z1	210
12.6	MC68HC16Z2	211
第十三章	M6833x 系列	214
13.1	CPU32 内核	214
13.2	MC68331	216
13.3	MC68332A/G	217
13.4	MC68F333	219
13.5	MC68334	221
13.6	MC68336A/G	223
第十四章	MPC500 系列	226
第十五章	开发工具	229
15.1	M68HC11 系列	229
15.2	HC11 设备编程	235
15.3	M68HC16 系列	237
15.4	M6833x 系列	239
15.5	软件开发工具	242
第十六章	应用实例	243
16.1	例 1. 防抱死制动系统(ABS)	243
16.2	例 2. 发动机控制	244
16.3	例 3. 可移动的设备	245
16.4	例 4. 模拟蜂窝电话	246

16.5 例 5. 数字蜂窝电话	246
16.6 例 6. 数字无绳电话 DECT	247
16.7 例 7. 寻呼机	247
第十七章 应用注释	248

上 篇

小型微控制器入门

第一章 什么是微控制器

本章将作为详细探讨小型微控制器内部工作情况的基础。微控制器是最基本的一种计算机,尽管它要比个人计算机和大型机要小得多,但都具有相同的基本单元。简单地说,计算机就是根据目前的输入和程序指令产生特定的输出。

微控制器与大多数计算机一样,只是一种通用指令的执行设备。真正能使计算机系统发挥作用的是程序员提供的指令程序。程序指示计算机按照程序设计人员的要求执行许多简单的动作以完成任务。

1.1 计算机系统综述

计算机系统的框图如图 1.1 所示。只需简单地改变输入、输出设备的类型,可以分别表示个人计算机、大型计算机或一个简单的微控制器单元。图中所示的输入/输出设备恰好是微控制器计算机系统的典型输入/输出设备。

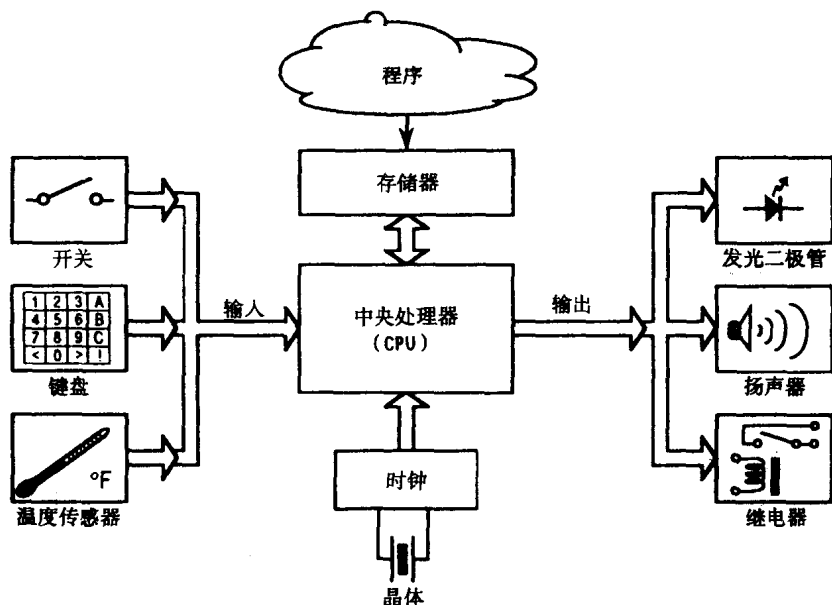


图 1.1 计算机系统的构成

1.1.1 计算机系统的输入

输入设备将外界的信息输入到计算机系统中。在个人计算机中,普遍采用的输入设备是打字机式的键盘;大型计算机则采用键盘和穿孔卡阅读器作为输入设备。微控制器计算机系统一般采用非常简单的输入设备,如分离的开关和小键盘。但在许多基于微控制器的系统中,您也会看到一些非常新颖的输入设备,如在汽车中对排气进行抽样测量的微控制器的输入设备——氧传感器。

大多数的微控制器只能处理输入的与主逻辑电源具有相同电平的数字信号。 $0V$ 地电平被称为 V_{ss} ;正电源(V_{dd})一般为 $5V$ (直流)。 $0V$ 左右的电平表示一个“逻辑 0”信号,约等于正电源电压的电平表示一个“逻辑 1”信号。

当然,在现实情况中常常是“模拟”信号以及其它电压电平信号。就需要一些输入设备把信号电压从某一电平转换成微控制器所需要的 V_{dd} 和 V_{ss} 电平;另一些输入设备把模拟信号转换成计算机能够识别和处理的数字信号(二进制值 0,1)。一些微控制器甚至在同一块的集成电路上装有这种模数转换电路。

为了把现实世界中的信号转换成微控制器能够识别和处理的逻辑电平信号,可以使用转换器,例如温度转换器、压力传感器和光探测器等。采用这些转换器,几乎所有的物理特征都可以作为计算机系统的输入信号。

1.1.2 计算机系统的输出

输出设备用来把信息或动作从计算机系统传输给外部。在个人计算机系统中,最通用的输出设备是 CRT 显示器。微控制器系统的输出设备一般比较简单,如分离的指示灯或音响信号装置。

转换电路(有时装在同一块集成电路中构成微处理器)将数字信号转换成模拟电压电平信号。如果需要,可用其它电路将 V_{dd} 和 V_{ss} 电平信号转换其它电压的电平信号。

微控制器中的“控制器”的名称来源于这些小型计算机系统通常是用来控制某些事物,而个人计算机通常是用来处理信息的。在个人计算机中,输出的大部分是信息(这些信息显示在荧光屏上或打印在纸上)。微控制器的输出大部分是数字逻辑电平信号,以驱动发光二极管以及继电器、马达等电气设备。

1.1.3 中央处理器(CPU)

中央处理器是计算机系统的核心,其任务是忠实地执行程序员提供的指令程序。计算机程序指示中央处理器从输入端读取信息,读写工作存储器,并将信息送到输出端。有些指令涉及一些简单的判断,从而决定让程序继续执行或跳转到新的地方。我们将在以后章节中进一步研究具体的微控制器所能提供的指令集。

在大型机和个人计算机中,程序都是分级的,级别最低的是内部程序,它控制着计算机的最基本的操作。其它还包括用户程序,当需要使用时,才装载进计算机系统的存储器。这种结构非常复杂,不便以此为例向初学者说明计算机是如何工作的。

在微控制器中,当用于某种特殊控制应用时,通常只使用一个程序。M68HC05 CPU 只能识别大约 60 组不同的指令,但这些指令对于所有的计算机系统的指令集来说,都很具有代表性。这种计算机系统是学习计算机基本操作的最好的模型,因为当 CPU 在执行程序时,我们

可以了解每个细微步骤所产生的结果和变化。

1.1.4 时钟

几乎所有的计算机都是用一个小型的时钟振荡器来触发 CPU,使其按顺序一步一步的执行。在“计算机的结构”一章里,我们将会了解到微控制器的非常简单的指令还可以被划分成一系列更基本的步骤。计算机操作的每一个细小步骤都要占用一个 CPU 时钟周期。

1.1.5 计算机存储器

在计算机系统中,有许多种计算机存储器以用于不同的目的。在微控制器系统中的存储器类型主要有:只读存储器(ROM)和随机读写存储器(RAM)。ROM 主要用于存储程序和固定的数据,即使在微控制器断电的情况下也能保持不变。RAM 用于操作过程中的中间计算结果和数据的临时存储。一些微控制器还有其它类型的存储器,如可擦可编程只读存储器(EPROM)和电可擦可编程只读存储器(EEPROM)。在下面的章节中,我们将进一步了解这些存储器。

计算机存储器的最小单元是“bit(比特)”,可存储一个“0”或“1”。这些比特每 8 个为一组,8bit 就构成了一个字节(byte)。较大型的计算机以 16bit 或 32bit 为一组,每组称为 1 个字(word)。不同的计算机字的位数可能不同,但每个字节都是 8bit。

由于个人计算机工作需要使用很大的程序和大量的数据,因此它们使用了特殊形式的存储器,称为“大容量存储”设备。软盘、硬盘、光盘就是这类存储设备。个人计算机中通常配有几百万字节的 RAM 存储器,但对于个人计算机所使用的大型程序和大量数据来说仍然远远不够。因此大多数的个人计算机都配有几十兆甚至上百兆字节容量的硬盘。光盘非常类似于用于录制流行音乐的光碟,它是具有 600 兆字节存储容量的只读存储器。小型微控制器系统一般具有 1000~64000 字节的存储容量。

1.1.6 计算机程序

在图 1.1 中把程序部分画得像一团云,这是因为它是源于计算机程序员和工程师的想象力。这类似于电气工程师设计一种新的电路以及机械工程师构造出一种新的部件。程序主要是由 CPU 指令集中的指令构成。如同电路设计人员可以用简单的“与”、“或”和“非”元件设计出一个加法电路一样,程序员也可以用简单的指令写出一个加法程序。

程序存储在计算机系统的存储器中,CPU 可以依次执行这些程序。在程序设计的那一章里,我们将了解到怎样编写程序和装载进计算机的存储器中。

1.2 微控制器

至此,我们已经讨论了计算机系统的各个部分,下面我们将谈谈什么是微控制器。图 1.2 的上半部分所示的是一个一般的计算机系统,其中用虚线框住的部分就是一台微控制器。图 1.2 的下半部分更具体地表示了微控制器的内部结构。微控制器里不包括晶体,但晶体是振荡器电路必需的部分。在某些情况下,可以用较便宜的陶瓷谐振器或 RC 电路代替晶体。

一个微控制器可以被看作是一个完整的计算机系统,它包括一个 CPU、存储器、一个时钟

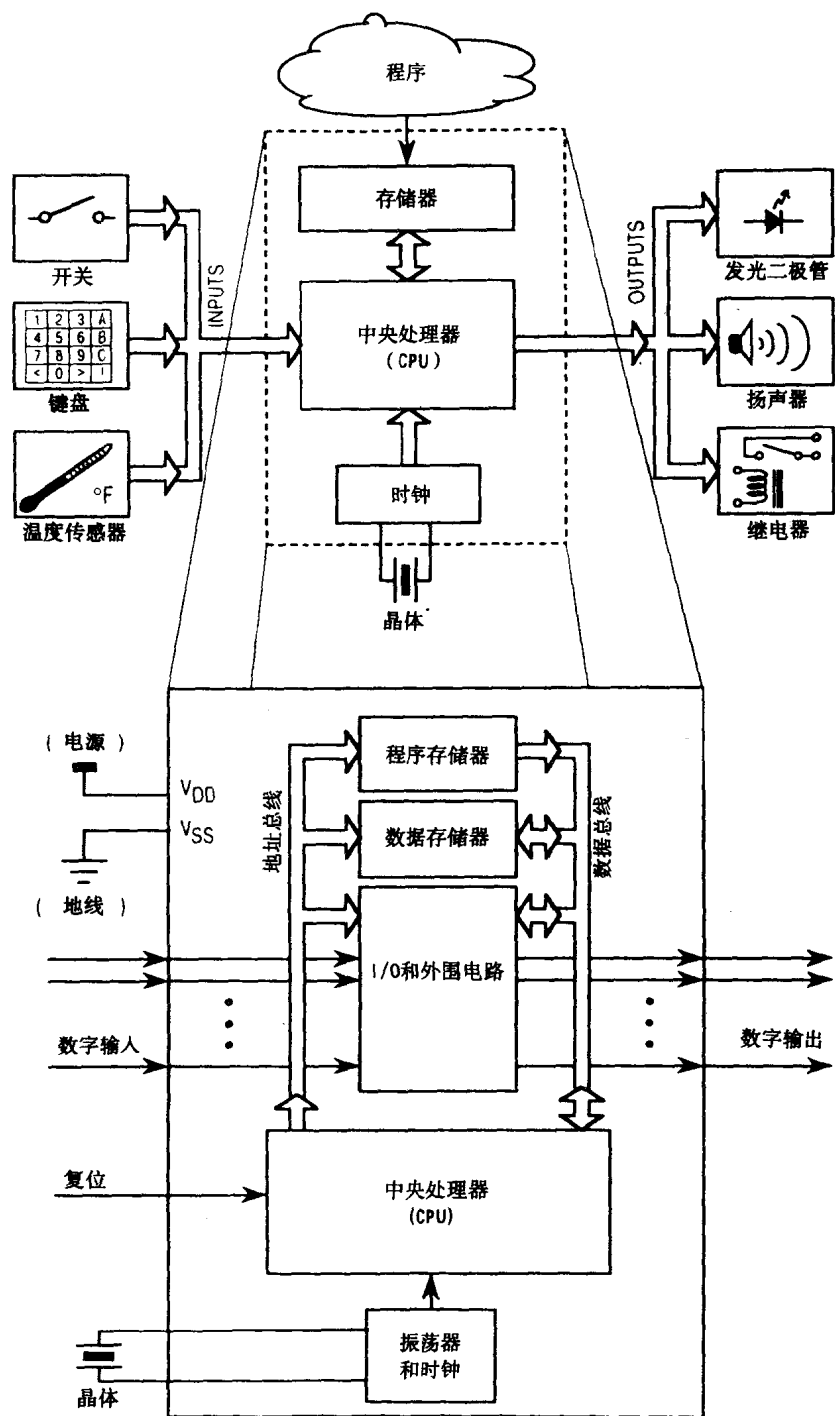


图 1.2 微控制器的放大图

振荡器、输入/输出，所有这些都集成在一块芯片上。当其中的某些元件(如输入/输出或存储器)被省去时，这个集成电路就被称为“微处理器”。个人计算机中的 CPU 就是一个微处理器，大型机中的 CPU 由许多集成电路构成。

1.3 第一章回顾

一个微控制器就是一个完整的计算机系统,它包括 CPU、存储器、时钟振荡器、输入/输出设备。所有这些都集成在一个芯片上。

计算机的构成:

- 一个中央处理器(CPU)
- 一个控制 CPU 时序的时钟
- 用于存储指令和数据的存储器
- 计算机系统获取信息的输入设备
- 计算机系统输出信息的输出设备
- 使计算机完成许多有用工作的程序

计算机的种类:

所有的计算机都使用相同的基本元件,并且设计原理也相似。但由于用途不同,因此计算机的种类也有所不同。大型机用于需要处理大量信息的工作,如用于检查某个地区的纳税人的纳税情况。个人计算机是大型机的小型化,用于处理较小的任务,如文字处理和工程绘图。微控制器是超小型的单片计算机,用于控制小型设备。最小型的微控制器则是将个人计算机的鼠标的移动转换成串行数据。许多产品中都装有微控制器,而用户并不知道里面有一个计算机。

第二章 计算机的数和编码

计算机在处理许多信息方面要比人强。人类一般采用十进制方式进行计数,这也许是因为我们有 10 个手指的缘故。而数字二进制计算机一般以二进制方式进行计数,从而可以把所有的信息都用一系列的“0”或“1”表示。“0”和“1”可以用一根信号线上有无逻辑电平或一个简单开关的“开”和“关”的状态来表示。本章将讨论二进制、十六进制、八进制和二一十进制数,这些都是计算机常用的。

计算机还采用特殊的编码来表示字母信息和计算机指令。理解这些编码将有助您了解为什么计算机能用“1”和“0”完成那么多的任务。

2.1 二进制和十六进制数

在十进制数中,每个数字位的“权”是最靠近它的右边的数字位“权”的 10 倍。一个十进制整数的最右边的数字位就是个位,它的左边的数就是十位数,依次类推。在二进制整数中,每个数字位的“权”是最靠近它的右边的数字位“权”的 2 倍。二进制数的最右边的数字位就是 1 位,紧接在它左边的是 2 位,再往左边的是 4 位,然后是 8 位,依次类推。

尽管计算机使用 8 位、16 位、32 位的二进制数进行工作非常容易,但人们发现同时使用那么多的位数进行工作十分不便。十六进制数系统提供了一种行之有效的折中方法。一位十六进制数可以准确地表示四位二进制数,8 位的二进制数可以用两位十六进制数字表示。

一位十六进制数与它所代表的 4 位二进制数之间的对应关系非常简单,计算机操作人员很容易掌握它们之间的换算方法。在十六进制数中,每个数的权是它右边那个数的权的 16 倍。一个十六进制整数的最右边的数是 1 位数,1 位数左边的数是 16 位数,依次类推。

十进制、二进制、十六进制数之间的关系如表 2.1 所示,它们是表示同一数值的不同方法。十六进制中的字母 A~F 是用来表示 10~15。这是因为每位十六进制数要能表示 16 个不同的量,我们常用的数只有 10 个符号(0~9),因此必须采用其它一些单个的符号来表示十六进制值中的 10~15。

表 2.1 十进制、二进制、十六进制值之间的对应

十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3