AN1470

使用CLC和NCO实现曼彻斯特解码器

作者： *Jatinder Gharoo*
Brian Bailey
Microchip Technology Inc.

摘要

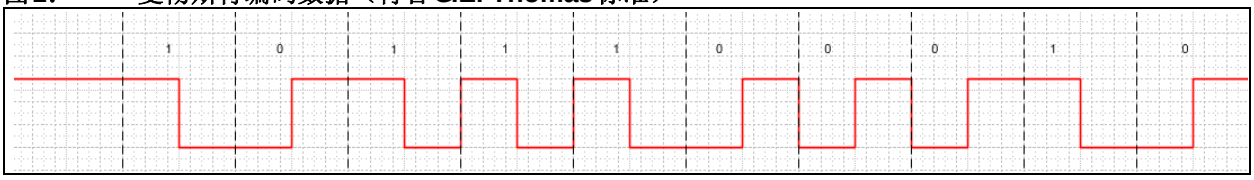
曼彻斯特解码器可基于Microchip广受赞誉的可配置逻辑单元（Configurable Logic Cell，CLC）模块和数控振荡器（Numerically Controlled Oscillator，NCO）构建，PIC16F150x 器件中提供了这两个模块。PIC16F150x 器件是Microchip新推出的采用低功耗XLP技术的增强型内核器件。解码器只需要很少的固件支持，因此在模块初始化之后，只需要非常少的 CPU 周期。数据和时钟可以直接送至内部 SPI 模块，从而实现速率最高为500 kbps的数据捕捉。

简介

曼彻斯特编码广泛用于各种电信和数据存储应用。由于其具有简单和同步的优势，因此应用于多种系统。可以确保每位至少转换一次，使接收器件恢复时钟和数据。其中不包含直流分量，这意味着可采用电感耦合或电容耦合。在典型应用中，通常需要使用曼彻斯特数据编码器来发送数据，在另一端使用接收器来解码数据。本文档旨在演示如何将PIC16F器件上的NCO和CLC外设用作曼彻斯特解码器。传统算法可能大量占用固件资源，只留下非常少量的CPU周期来处理其他应用需求。下述方法中所采用的模块独立于 CPU 时钟工作，并且CPU使用率为零，因此设计人员可以在处理应用的同时进行数据编码和解码。

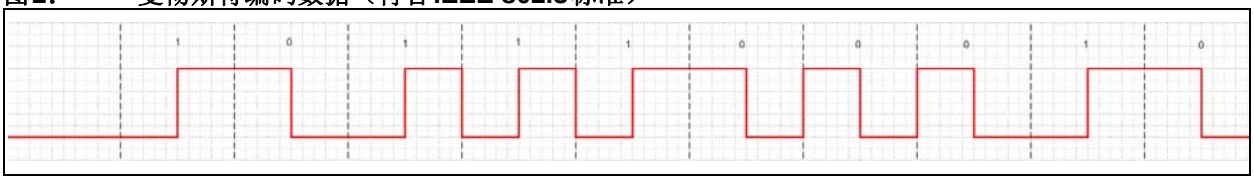
根据编码标准，数据在位时间的前半部分或后半部分可用。业内使用两种标准的曼彻斯特编码信号。在符合G.E. Thomas标准的曼彻斯特编码信号（图1）中，从低电平到高电平的转换表示0，从高电平到低电平的转换表示1：

图1：　曼彻斯特编码数据（符合G.E. Thomas标准）



符合IEEE 802.3标准的曼彻斯特编码信号（图2）与G.E. Thomas定义的编码规则相反，从高电平到低电平的转换表示0：

图2：　曼彻斯特编码数据（符合IEEE 802.3标准）



© 2013 Microchip Technology Inc.

可配置逻辑单元

本节介绍使用PIC16F150x单片机的CLC模块来实现曼彻斯特解码。可配置逻辑单元（CLC）提供的可编程逻辑在工作时不受CPU执行的限制。该逻辑单元允许复用其他外设、输入引脚或寄存器位的信号，这通过能驱动可选单输出逻辑功能的可配置门来实现。每个CLC模块的输出都可以在内部送至外设、其他CLC模块以及输出引脚。可以配置以下八种逻辑功能：

- 与-或
- 或-异或
- 与
- SR锁存器
- 带置位和复位功能的D型触发器
- 带复位功能的D型触发器
- 带复位功能的J-K触发器
- 带置位和复位功能的透明锁存器

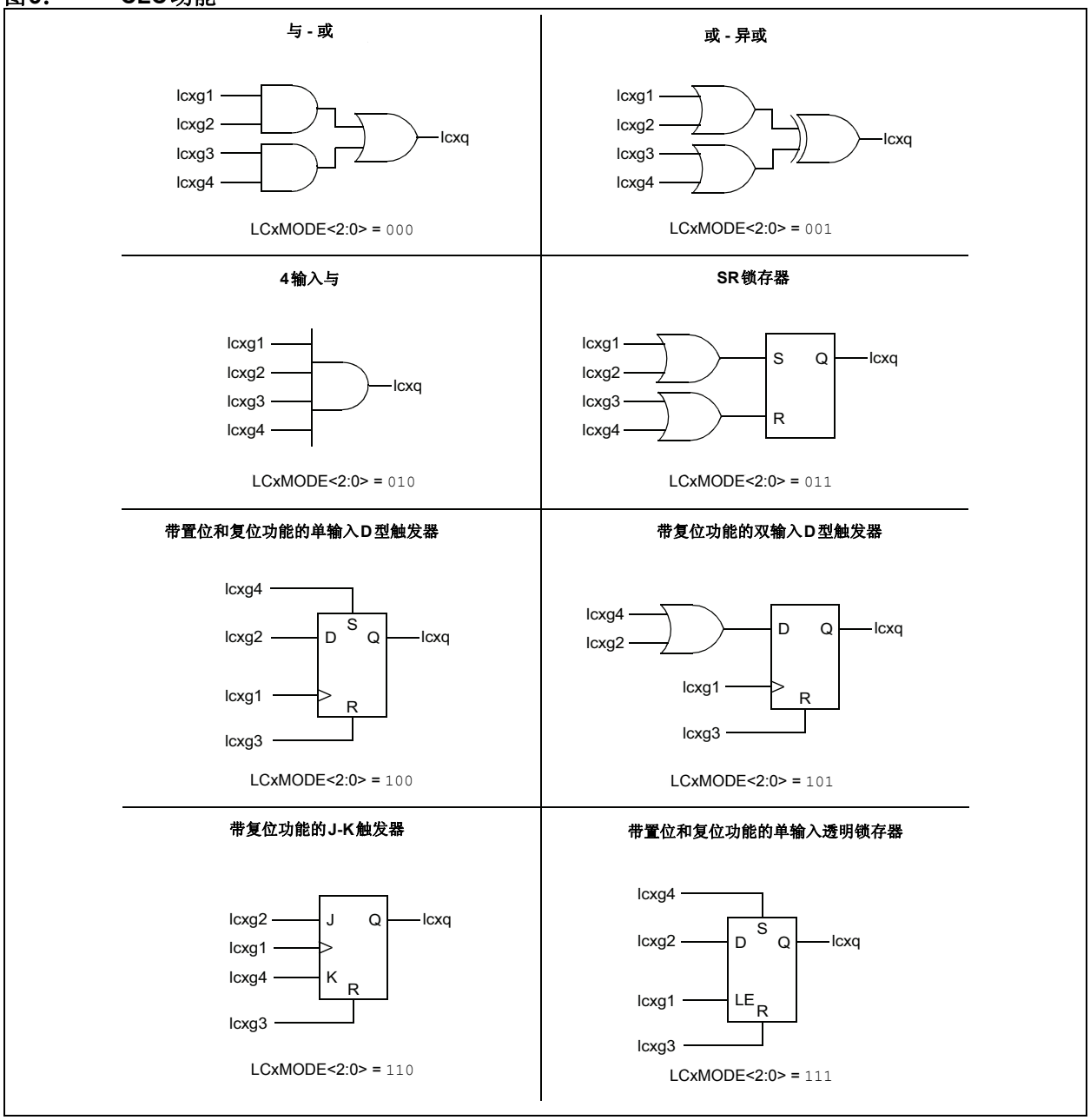
图3中给出了这些逻辑功能。每个逻辑功能有四个输入和一个输出。四个输入是上一级的四个数据门输出。

CLC配置工具

CLC是含有多个组合电路和时序电路的复杂外设，这些电路既可以预先编程，也可以动态编程。这实现了灵活性，但也增加了配置和设置的复杂度。Microchip提供的CLC配置工具可以使CLC模块的设置过程更容易实现和理解。值得一提的是，任何含有未连接输入的门都将读为逻辑零。要输入逻辑1作为门控或锁存器的输入，可以对0取反。有关此工具的配置截屏，请参见 **“附录A”**。

© 2013 Microchip Technology Inc.

图3： CLC功能

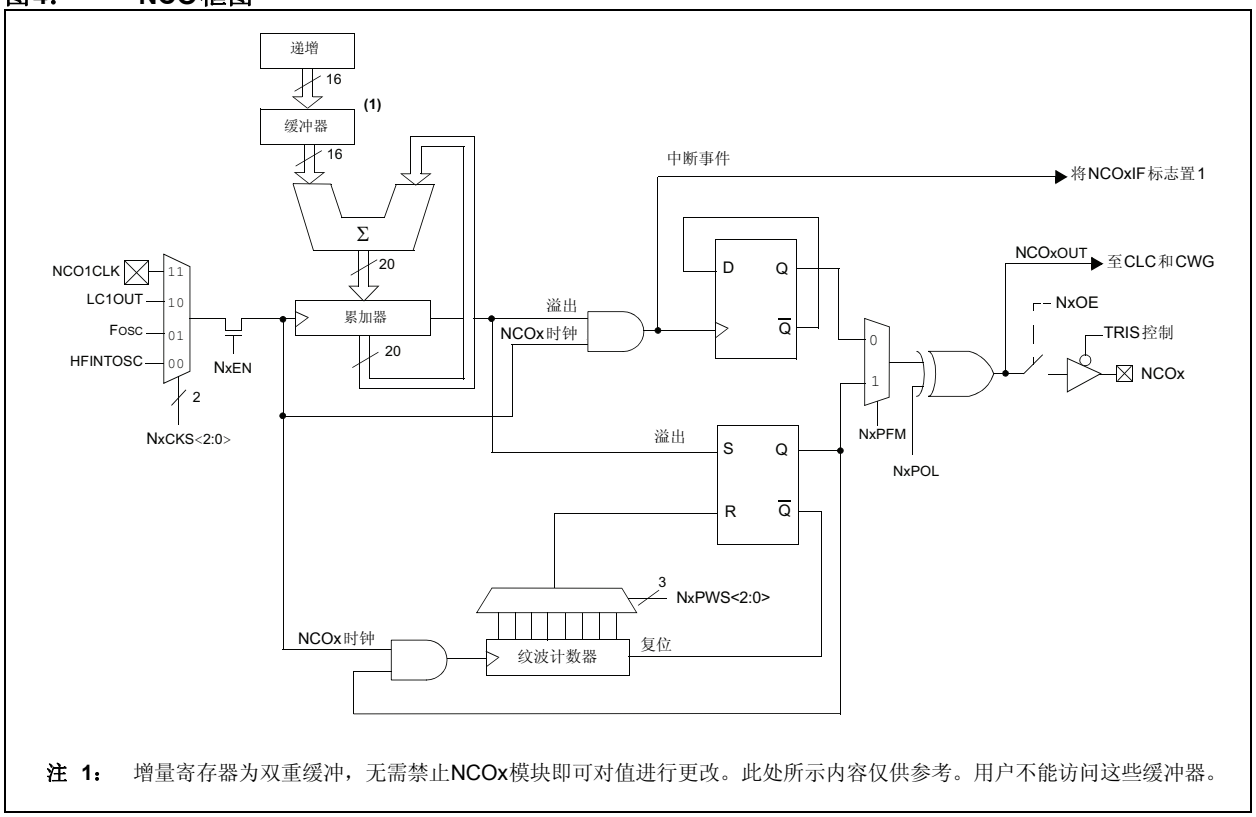

与 - 或
lcxg1
lcxg2
lcxg3
lcxg4
lcxq
LCxMODE<2:0> = 000
或 - 异或
lcxg1
lcxg2
lcxg3
lcxg4
lcxq
LCxMODE<2:0> = 001
4输入与
lcxg1
lcxg2
lcxg3
lcxg4
lcxq
LCxMODE<2:0> = 010
SR锁存器
lcxg1
lcxg2
lcxg3
lcxg4
S
Q
R
lcxq
LCxMODE<2:0> = 011
带置位和复位功能的单输入D型触发器
lcxg4
lcxg2
lcxg1
lcxg3
D
S
Q
R
lcxq
LCxMODE<2:0> = 100
带复位功能的双输入D型触发器
lcxg4
lcxg2
lcxg1
lcxg3
D
Q
R
lcxq
LCxMODE<2:0> = 101
带复位功能的J-K触发器
lcxg2
lcxg1
lcxg4
lcxg3
J
Q
K
R
lcxq
LCxMODE<2:0> = 110
带置位和复位功能的单输入透明锁存器
lcxg4
lcxg2
lcxg1
lcxg3
D
S
Q
LE
R
lcxq
LCxMODE<2:0> = 111

数控振荡器

图4所示的NCO模块是一个定时器，该定时器使用16位增量寄存器与20位累加器相加来对输入频率进行分频。对于在固定占空比下要求频率精度和精确分辨率的应用，NCO是非常有用的。NCO的特性包括：

- 16位递增功能
- 固定占空比（Fixed Duty Cycle，FDC）模式
- 脉冲频率（Pulse Frequency，PF）模式
- 输出脉冲宽度控制
- 多个时钟输入源
- 输出极性控制
- 中断功能

图4： NCO框图



注 1： 增量寄存器为双重缓冲，无需禁止NCOx模块即可对值进行更改。此处所示内容仅供参考。用户不能访问这些缓冲器。

NCO的一个主要特性是能够在每次累加器溢出时生成一个脉冲输出。输出将变为有效并持续指定的时钟周期。当该时钟周期结束时，输出恢复为无效状态。

© 2013 Microchip Technology Inc.

曼彻斯特解码器

本节和下文所介绍的方法均基于图1所示的符合G.E.Thomas标准的曼彻斯特编码。该方法很灵活，可轻松移植到IEEE 802.3。根据模块的空闲状态、单片机引脚的上电配置以及接收的第一个位，首次电平转换会存在一些差异并需要考虑某些事项（转换基于编码方法）。启动和空闲状态将在本文档的“同步”一节中讨论。

CLC模块非常灵活，通过对各个模块的输入或输出极性进行取反即可轻松应用到各种场合。还可以在软件中控制NCO模块的空闲状态。下文讨论的方法假定数据在每个位时间的前半部分可用。

下面是一个符合G.E. Thomas编码标准的编码位流示例（图5）。

此信号将被解码成时钟线和数据线，如图6所示。

图5： 编码位流

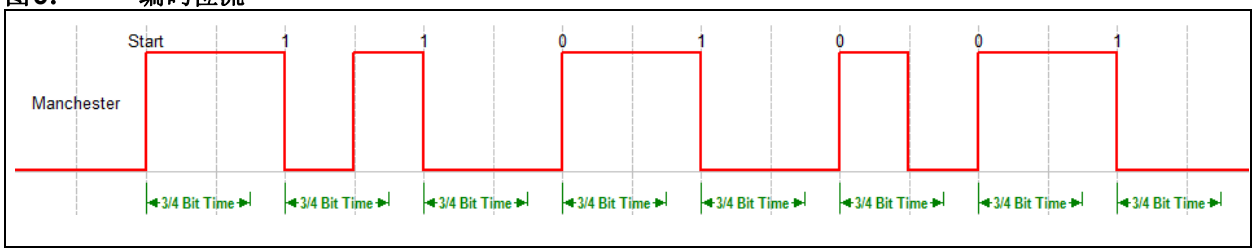
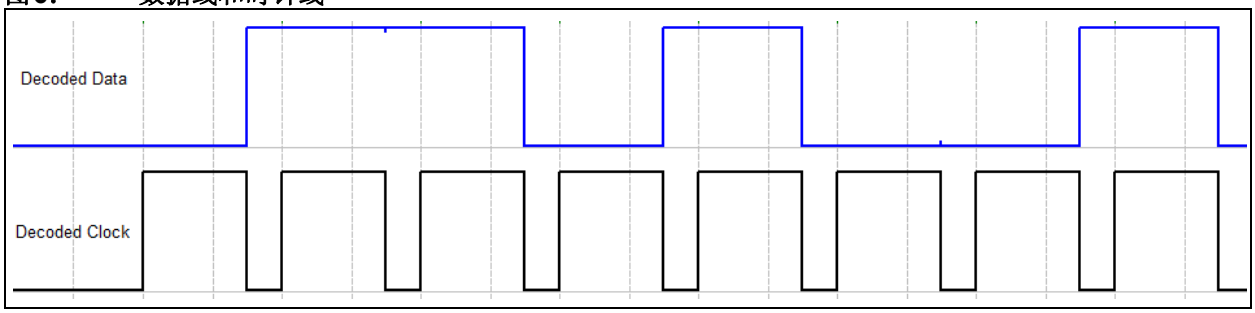
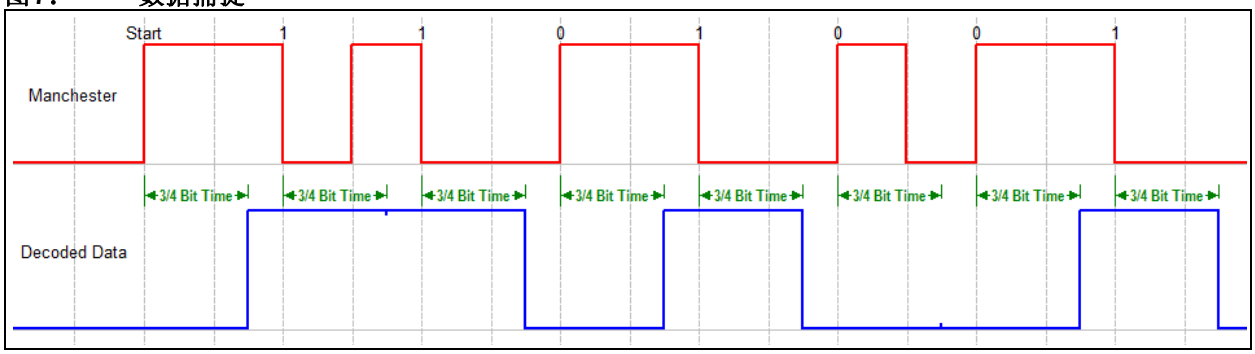


图6： 数据线和时钟线



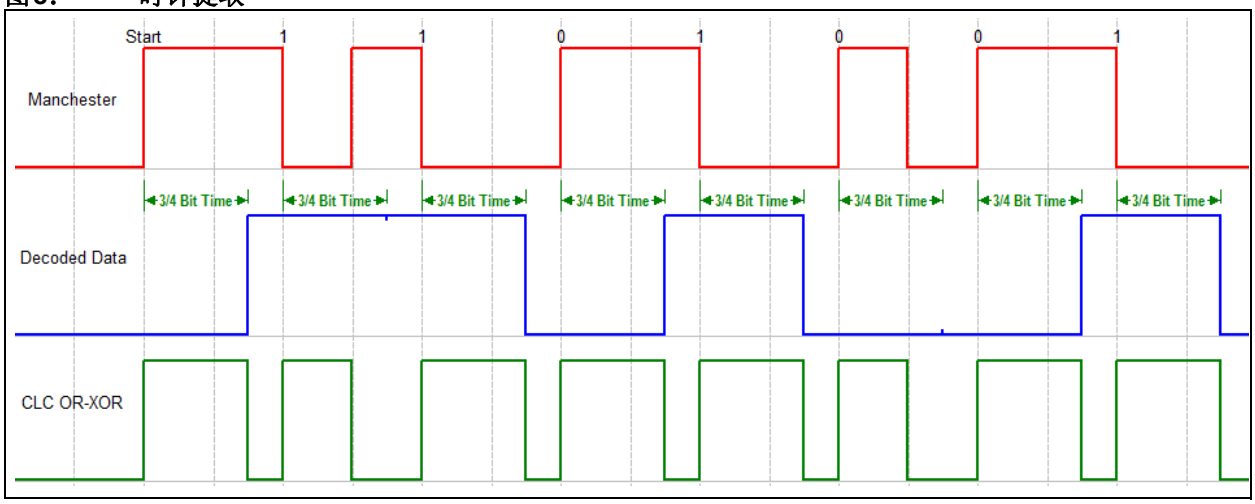
对于该位流，需要注意两个关键点，即，位值存在于每个位时间的前半部分，位中转换之前。每个位周期的中间位置都会发生转换。这样，我们可以使用位中转换作为NCO的触发信号，并使用¾位时间来溢出和捕捉下一个位值（图7）。该¾位时间最多允许+/- ¼位时间的误差。

图7： 数据捕捉



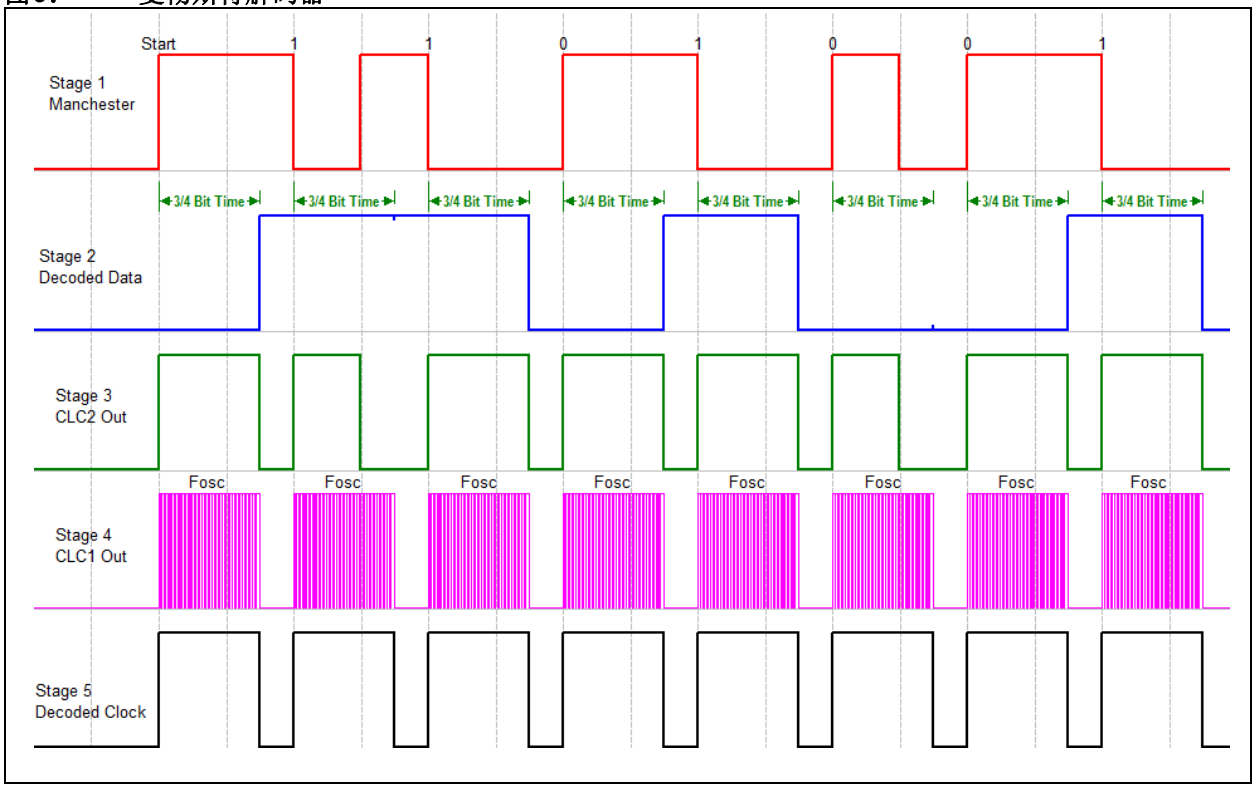
或-异或配置中的CLC模块用于从此配置中提取时钟（图8）。

图8：　时钟提取



这本质上就是曼彻斯特解码器，其中CLC OR-XOR为时钟，*D*为数据。如果使用时钟信号的上升沿捕捉*D*的数据，会注意到除第一个位以外的每个位都被解码。该问题有多种解决方法，这将在“同步”一节中讨论。

图9：　曼彻斯特解码器

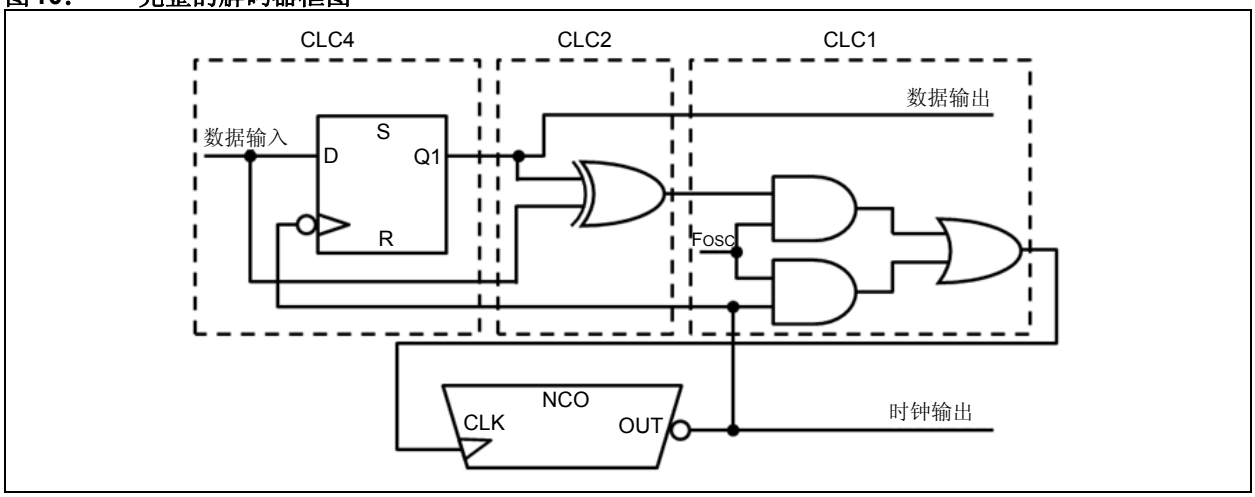


上述时序图（图9）解码成以下框图（图10）。该框图分为五个级：

- 第1级——传入的曼彻斯特信号
- 第2级——在触发NCO时捕捉输入数据的D型触发器
- 第3级——为NCO提供起始时间的异或门
- 第4级——为NCO提供时钟的与-或门，还用于确保时钟持续完整的¾位时间
- 第5级——用于生成¾位时间的NCO，在上一个位的位中转换时启动。

© 2013 Microchip Technology Inc.

图10： 完整的解码器框图



PIC16F1509实现

为此实现选择的器件为PIC16F1509。该器件具有四个可实现组合逻辑的CLC模块，以及一个可生成特定位时间的NCO。以下部分将介绍如何使用该器件上的可用资源实现这些模块。

第1级——D型触发器（CLC4）

此级在时钟信号的下降沿锁存曼彻斯特数据。输出为将馈入单片机的恢复数据。数据在时钟下降沿进行采样，并且可在时钟上升沿稳定读取，因为数据线在时钟上升沿不会发生变化。

第2级——异或门（CLC2）

由于曼彻斯特编码可确保在每个位的中间位置发生转换，因此可使用异或门来确保每个位中转换都会为第3级提供一个上升沿。这意味着在每个位的中间位置同步解码器。

第3级——NCO + 与-或（CLC1）

PIC16F1509的NCO模块用于生成¾位时间以捕捉数据值。在低电平有效脉冲频率模式下，在¾位时间结束时使用NCO输出一个脉冲。可以使用特殊功能寄存器控制脉冲宽度。该模块还需要一个时钟源，便于以指定的时钟速率将一个固定值重复添加到累加器，该时钟将由CLC1提供。

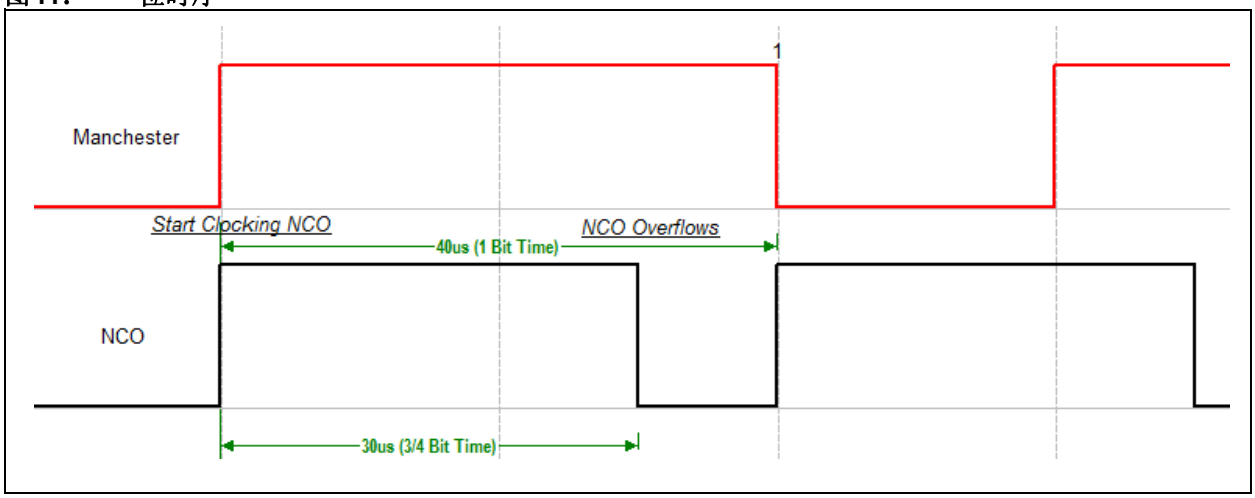
这两个模块共同构成了解码器中最重要的部分。它们在来自第2级的每个上升沿产生一个固定长度的脉冲。NCO的输出将反馈给与-或门，这样当第2级的输出变为零时，NCO将继续提供时钟，直到溢出为止。

首次配置该部分时，它将输出一个¾位长度的脉冲。将NCO置于低电平有效状态需要此脉冲。当NCO有效时，NCO会等待NCOCLK寄存器中配置的输出脉冲宽度时钟。*一旦提供时钟源，NCO便完成其有效脉冲并重新开始计数。

** 设计技巧：通过移除NCO的时钟源并将NCO保持在有效状态，这实质上已创建一种控制NCO占空比的方法。*

图 11 以 25 kHz 曼彻斯特数据输入为例。25 kHz 对应 40 µs的位时间，这意味着需要生成时间为30 µs的¾位时间，才能捕捉数据并将NCO时钟与所提取时钟的上升沿同步。

图11：　位时序



要配置NCO，请参见Microchip网站上提供的PIC16F1509数据手册中的公式25-1：

公式1：

$$F_{overflow} = \frac{NCO时钟频率 * 递增值}{2^n} = \frac{16\ MHz(内部时钟\ F_{osc}) * 递增值}{2^{20}}$$

n = *累加器宽度（位）*

$$30\ us脉冲 = 33.33\ kHz = \frac{16\ MHz * 递增值}{2^{20}} \Rightarrow 递增值 = 2184 = 0x0888$$

我们在脉冲频率模式下使用 NCO，每次累加器溢出时，NCO 输出便有效，并持续预定义的时钟周期。请牢记，将这些时钟从NCO移除，以使NCO保持在有效（低电平）状态。这些时钟随后将添加到下一个脉冲。

© 2013 Microchip Technology Inc.

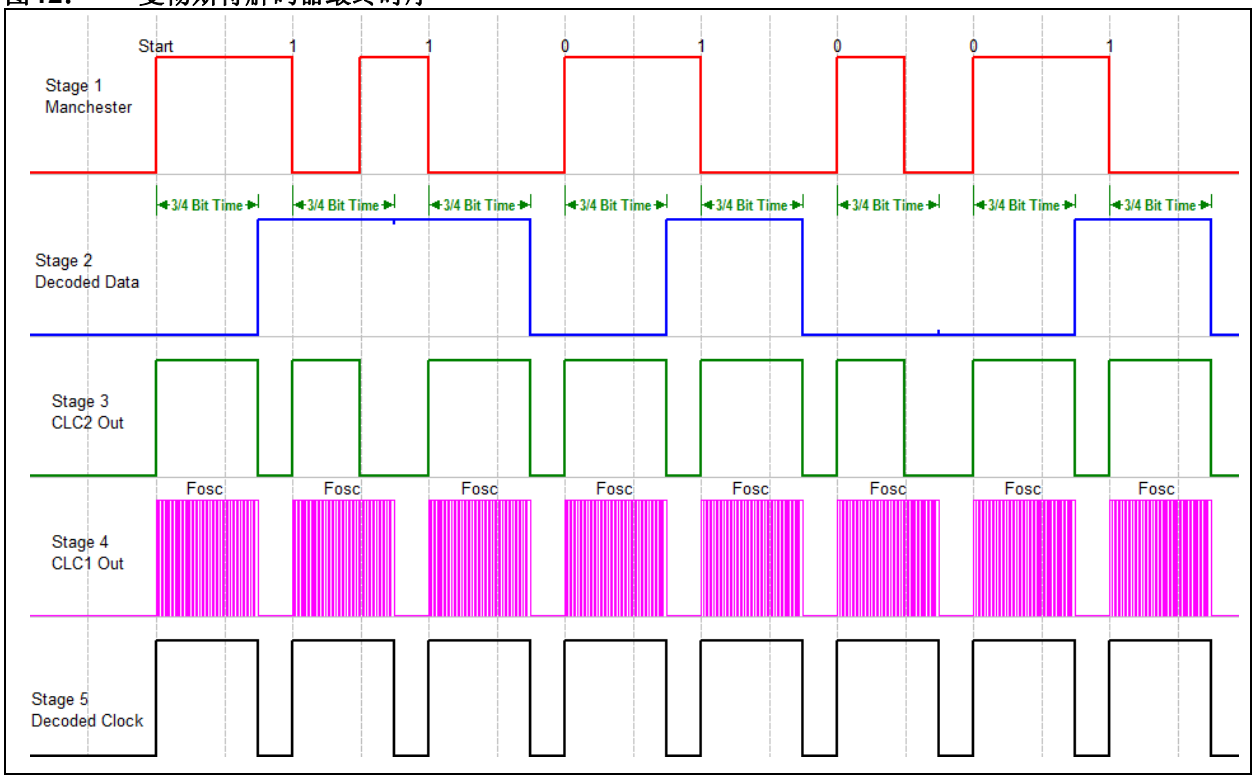
同步

上面的分析假定第一个边沿在位中转换中产生。问题在于第一次位中转换后有一个¾位长度；您已错过第一位的数据。有几种方法可解决此问题。

一种最简单的方法是，接收第一位已知的数据。这样便可在读取数据之后立即将其屏蔽。

另一种方法是首先发送起始位。发送第一位之前需要有一个½位长度，这样其余数据将与位中转换同步。可能需要一个停止位使编码数据线恢复默认状态。图12给出了解码器中不同模块的波形时序。由于存在起始位和停止位，第一个时钟和最后一个时钟都不包含数据，必须通过软件过滤。这可以通过电平变化中断功能完成（在起始位触发），随后馈入SPI或UART。或者，也可以轻松进行位拆裂。

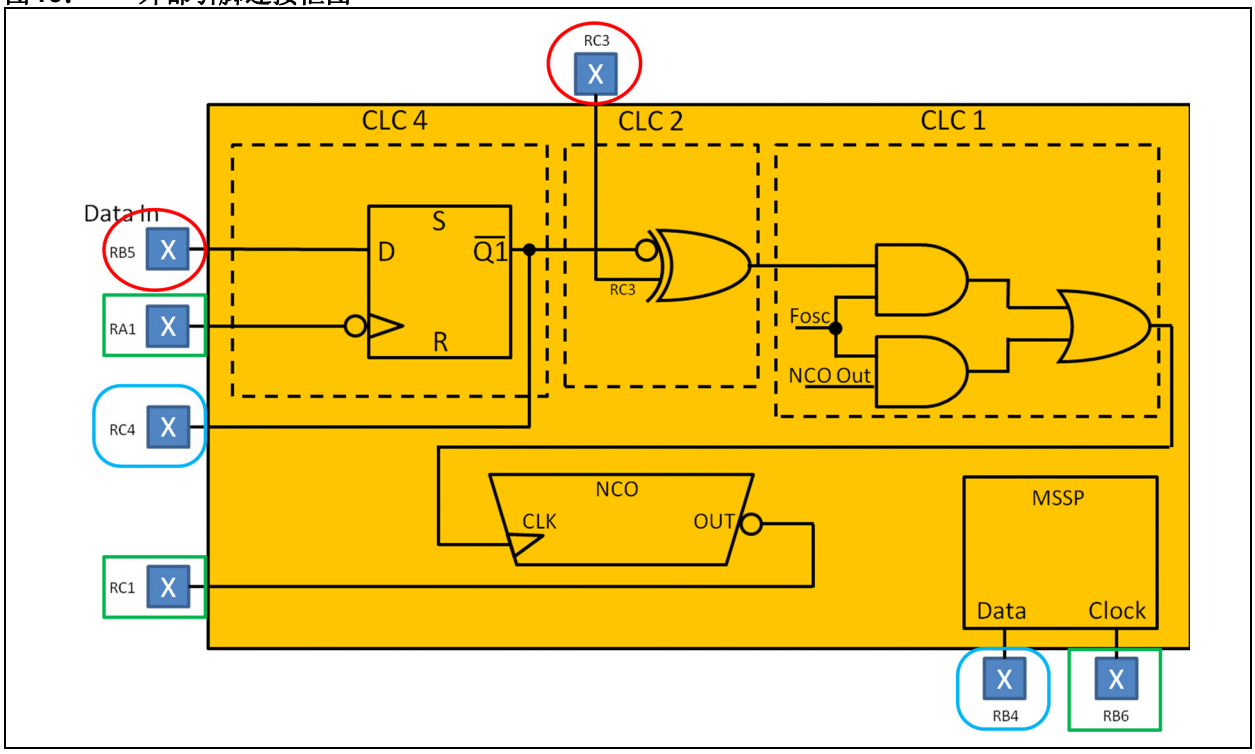
图12：　曼彻斯特解码器最终时序



硬件应用

CLC模块有各种输入和输出。图13显示了三个模块在外部如何相互连接来使解码器正常工作。

图13：　外部引脚连接框图



结论

曼彻斯特解码器通过Microchip广受赞誉的CLC模块实现。在所选实现中，使用了NCO和三个CLC模块。串行数据和时钟可馈入SPI模块和UART，或根据需要进行位拆裂以恢复数据。对于曼彻斯特解码，所选实现使用非常少的CPU周期，从而使其处理其他应用任务。该部分可在字节之间保持休眠模式以实现节能。

CLC模块还可以高效地用于其他各种应用。曼彻斯特编码和解码只是其中一种应用。PIC16F1509 的全新增强型中档8位内核采用了Microchip的超低功耗XLP技术，适用于各种应用。

© 2013 Microchip Technology Inc.

参考资料

维基百科：http://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_code

器件数据手册：http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en553474

附录A

图14： CLC 1（与-或）

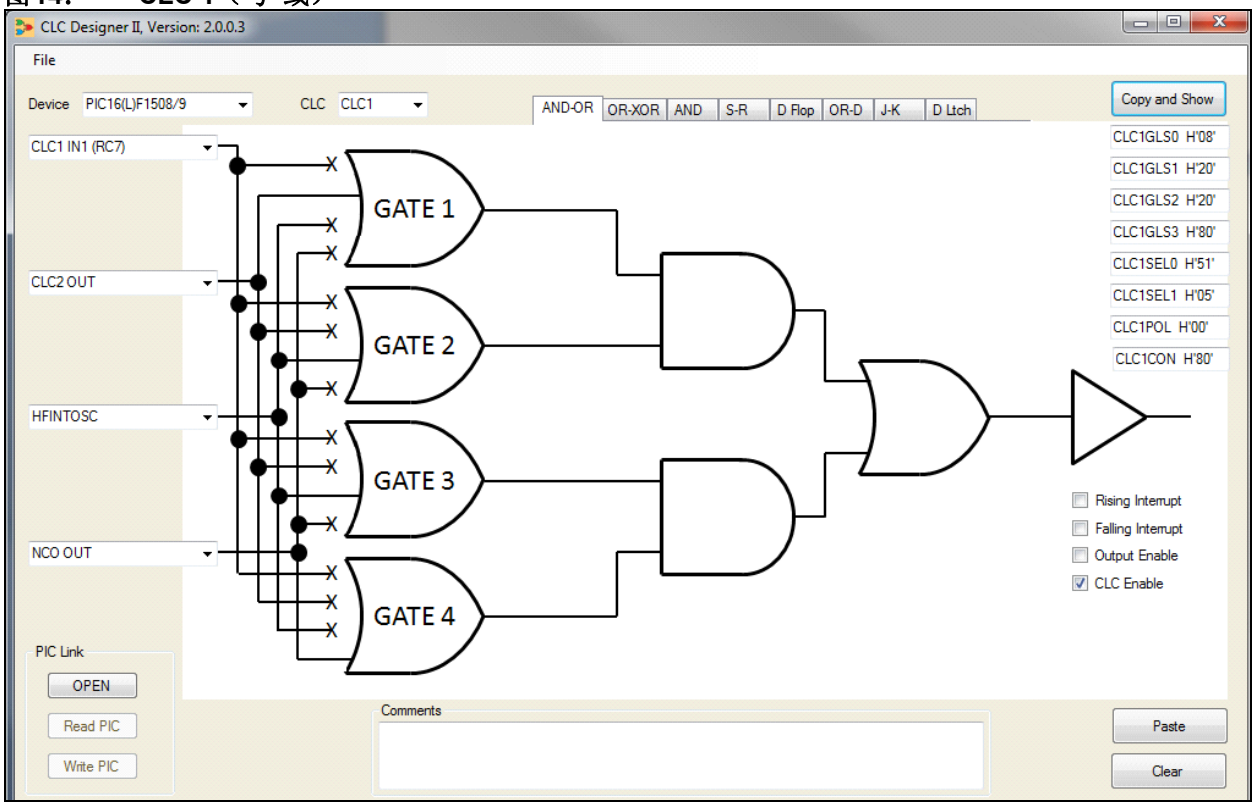
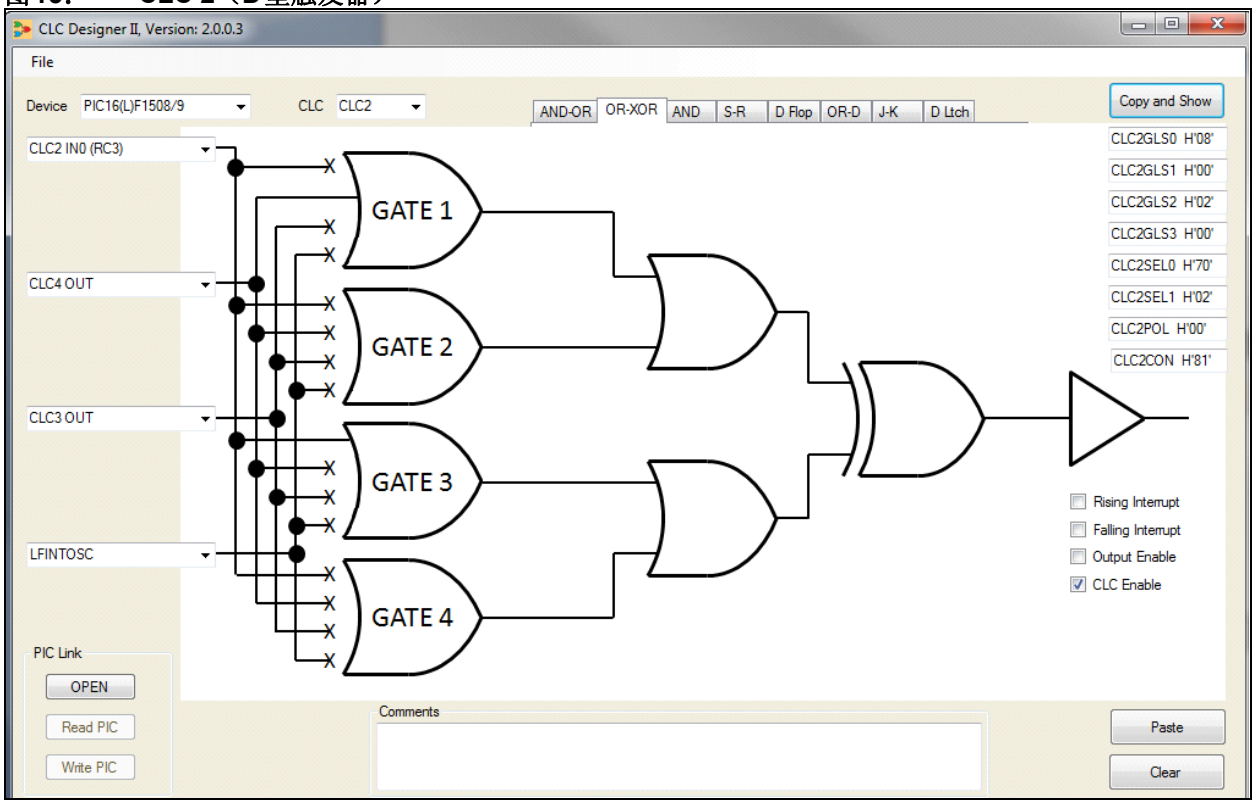


图15： CLC 2（D型触发器）



© 2013 Microchip Technology Inc.

图16： CLC 4（D型触发器）

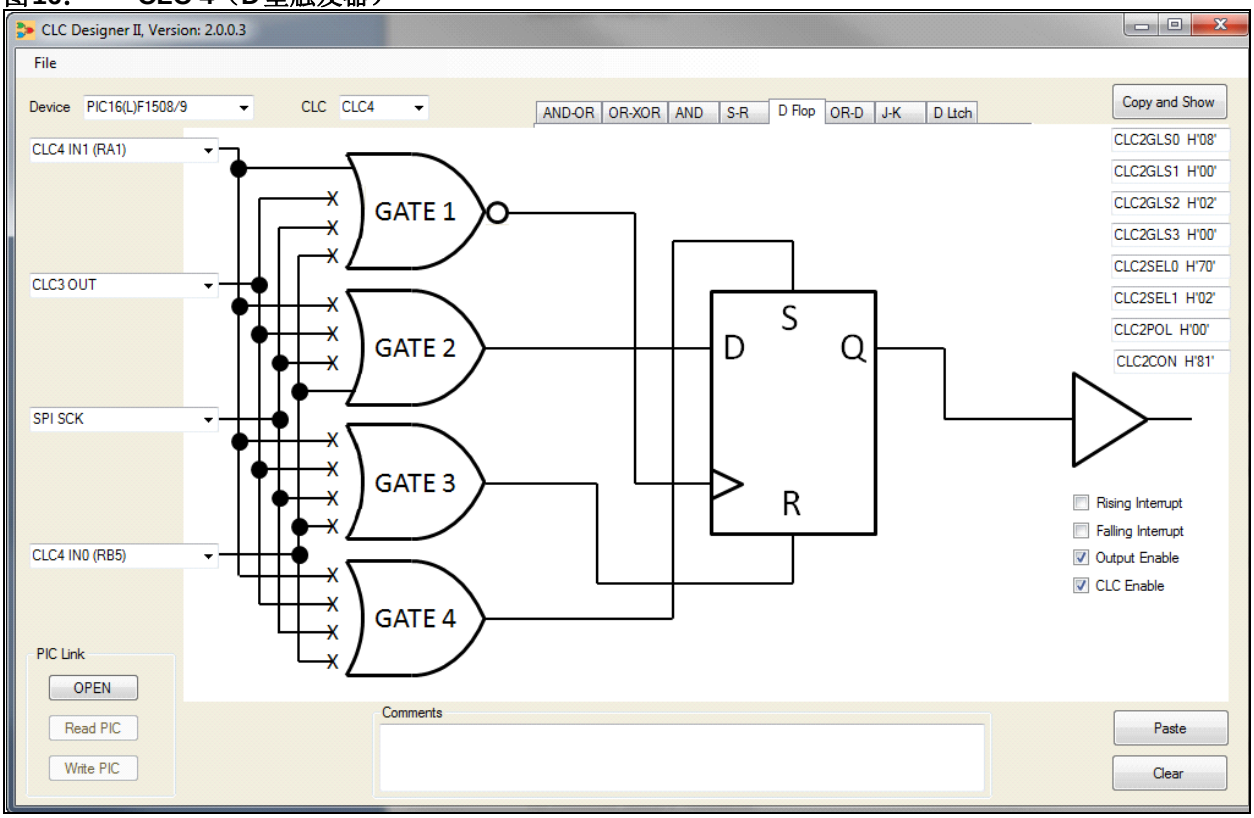
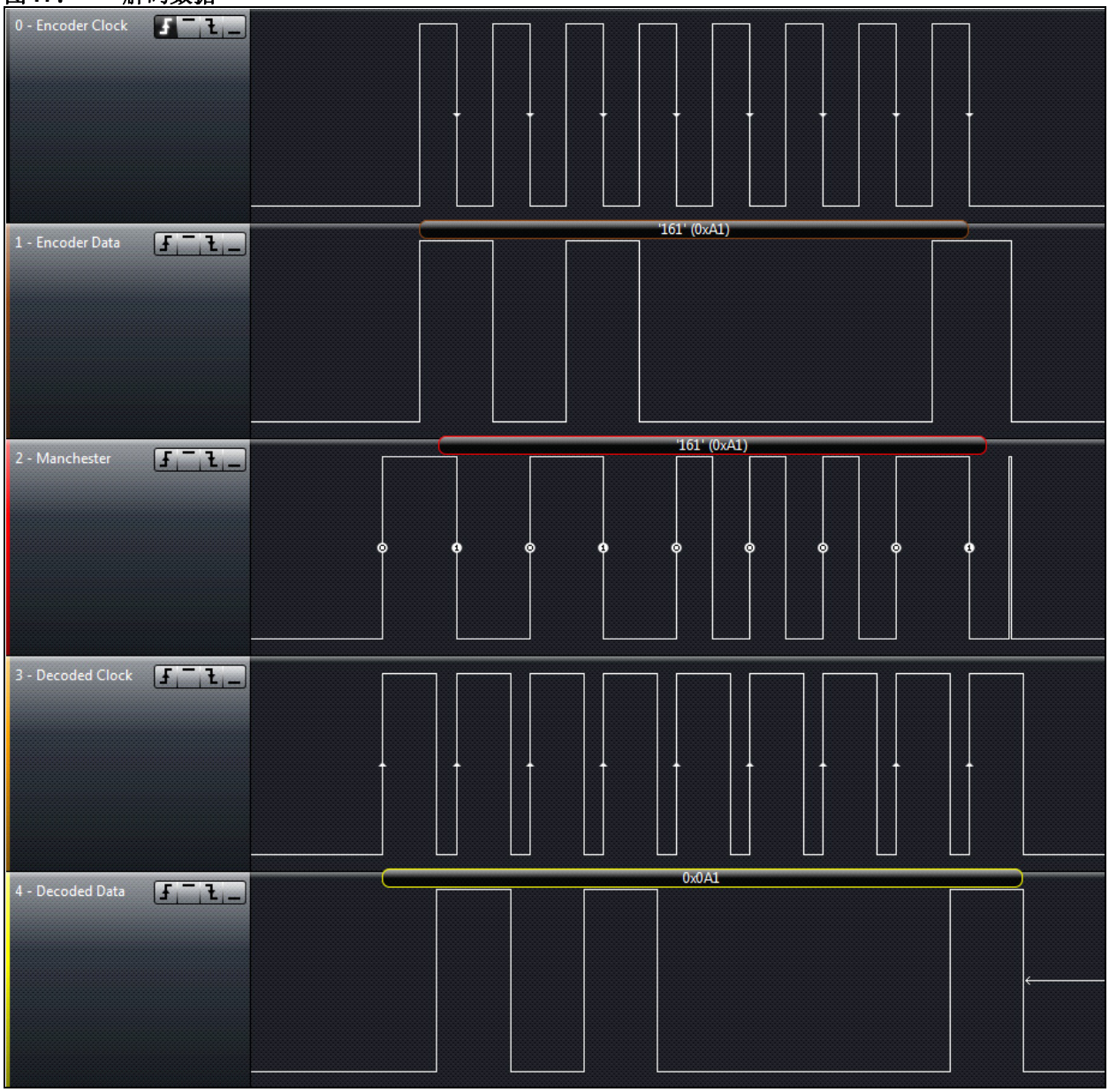


图 17： 解码数据



© 2013 Microchip Technology Inc.

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，不得暗中或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、 FlashFlex、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 MPLAB、 PIC、 PICmicro、 PICSTART、 PIC^{32} 徽标、 rfPIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 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、 MTP、 SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、 Application Maestro、 BodyCom、 chipKIT、 chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 dsPICworks、 dsSPEAK、 ECAN、 ECONOMONITOR、 FanSense、 HI-TIDE、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Mindi、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 mTouch、 Omniscient Code Generation、 PICC、 PICC-18、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 REAL ICE、 rfLAB、 Select Mode、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 UniWinDriver、 WiperLock、 ZENA 和 Z-Scale 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。

GestIC 和 ULPP 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2013, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-62077-372-7

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV

ISO/TS 16949

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-16949:2009 认证。 Microchip 的 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严格遵守公司的质量体系流程。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。

全球销售及服务网点

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: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

中国 – 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
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: 86-755-8864-2200
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: 886-7-213-7828
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 – 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 – 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

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 - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

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 - Drunen
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

11/29/12

© 2013 Microchip Technology Inc.