

# 采用 **MSP430FR4xx** 的红外远程控制实现

Collins Cheng

MSP430

## 摘要

此应用报告深入探讨了多种最为常用的红外协议，并着重介绍了其采用德州仪器 (TI) MSP430FR4xx 低功耗微控制器的灵活实现。

MSP430FR4xx 微控制器主要针对配有红外调制功能和 LCD 显示屏的远程控制应用。红外调制组合逻辑搭配丰富的外设资源（例如，定时器、RTC、WDT 和 SPI）使用时，能够以最低软件开销和功耗生成用于发送红外信号的红外波形。

## 内容

1	简介 .....	1
2	红外远程控制调制和编码原理 .....	2
3	MSP430FR4xx 概述 .....	4
4	MSP430FR4xx 红外远程控制实现 .....	4
5	示例协议 .....	8
6	软件设计和开销比较 .....	13
7	结论 .....	14
8	参考文档 .....	14

## 1 简介

红外远程控制使用红外 (IR) 光传送信息。红外光由 IR 发光二极管 (LED) 在来自发送器的 MCU 的调制信号控制下发出。调制可以帮助接收器区分所需信号与所有其他红外噪声源。调制过程通过使用承载有效信息的包络信号调制载波信号（通常为更高频率的方波）来实现。

接收器通过光电二极管将 IR 光转换为电流。通常使用互阻抗放大器将电流转换为电压，并在经过增益放大器和滤波器的处理之后进行解调。解调过程中会将载波信号分离出去。已解调信号可直接连接到接收器的 MCU 进行解码（请参见图 1）。

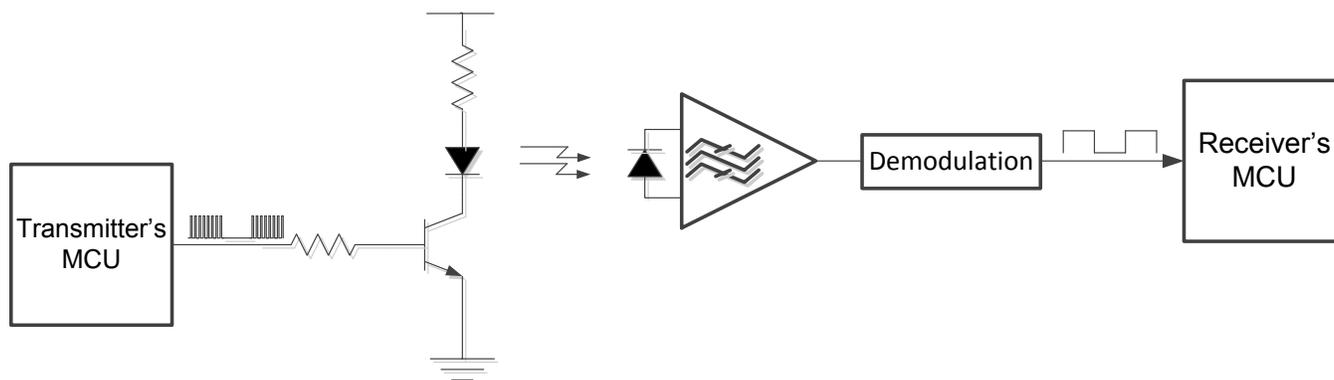


图 1. 红外调制和解调

MSP430 is a trademark of Texas Instruments.  
 All other trademarks are the property of their respective owners.

IR 无线通信易于设计、制造成本较低、且兼具高稳定性与高能效，因此在当今消费类产品中得到了广泛的应用。

## 2 红外远程控制调制和编码原理

所有现代红外远程控制设计均采用数字调制。两种基本的数字调制技术为振幅键控 (ASK) 和频移键控 (FSK)。ASK 通过更改载波幅值来表示逻辑 1 和 0，而 FSK 使用两种不同的载波频率来表示这两种逻辑电平。

### 2.1 ASK 调制

ASK 是最原始而又最为简单的技术之一，受到许多消费类电子产品公司的青睐。ASK 调制性能出色（稳定且功耗低）、设计简洁且成本低，因此已成为最常用的调制模式。

在发送器中，有效数据会被调制到频率处于 30kHz 至 60kHz 范围内的一组载波脉冲中。不发送信号时，插入一段空白部分。

接收器频率被调整为发送器的载波频率，以便接收器的带通滤波器能够阻隔所有其他噪声。许多产品都配有完全集成的接收器模块，用于将已解调信号与接收器的微控制器连接。典型的载波频率有 30、33、36、38、40 或 56kHz。

以下章节将介绍 ASK 调制系统中的几种主要编码方法。

#### 2.1.1 脉冲位置编码

脉冲位置编码是基本的 ASK 调制。每个位宽度都是恒定的。载波调制脉冲代表逻辑 1，空白部分代表逻辑 0（请参见图 2）。

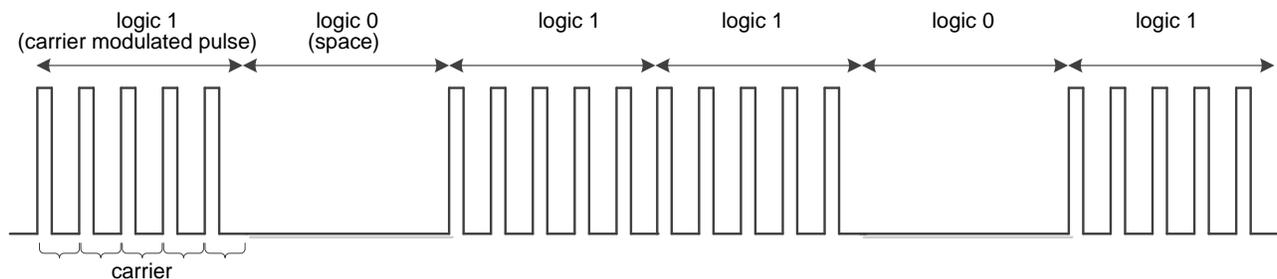


图 2. 脉冲位置编码

#### 2.1.2 脉冲距离编码

在脉冲距离编码中，每个位由载波调制脉冲和空白部分组成。通过不同的空白部分宽度来分别表示逻辑 1 和逻辑 0。载波调制脉冲的宽度是恒定的（请参见图 3）。

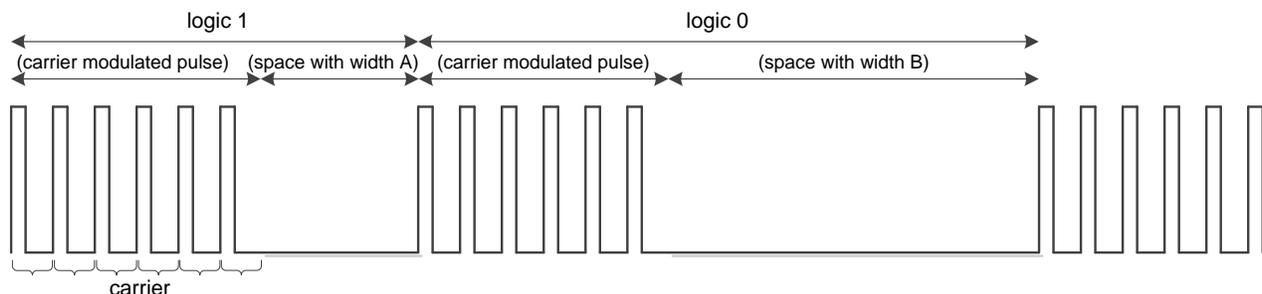


图 3. 脉冲距离编码

### 2.1.3 脉冲宽度编码

在脉冲宽度编码中，每个位由载波调制脉冲和空白部分组成。通过不同的载波调制脉冲宽度来分别表示逻辑 1 和逻辑 0，空白部分是恒定的（请参见图 4）。

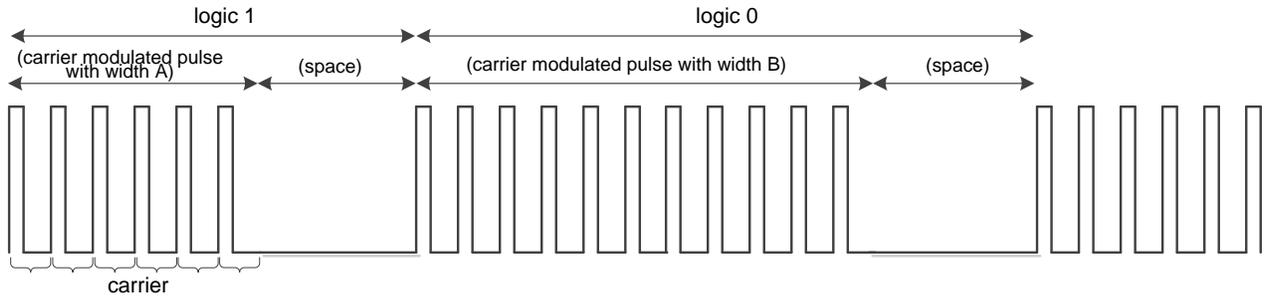


图 4. 脉冲宽度编码

### 2.1.4 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码也称作双相位编码。每个位由载波调制脉冲和空白部分组成。调制脉冲和空白部分之间的转换极性定义逻辑电平。例如，“从调制脉冲到空白部分”表示逻辑 1，而“从空白部分到调制脉冲”表示逻辑 0（请参见图 5）。

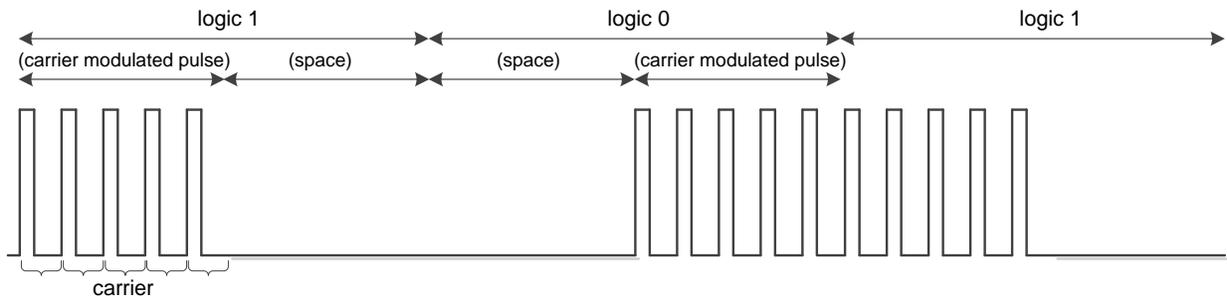


图 5. 曼彻斯特编码

## 2.2 FSK 调制

FSK 使用两种不同的载波频率来分别表示逻辑 1 和逻辑 0，而且各脉冲之间无空白部分（请参见图 6）。FSK 调制相对要逊色一些，因为其同时采用两种频率，这会增加解调复杂度和成本，因此未被广泛使用。

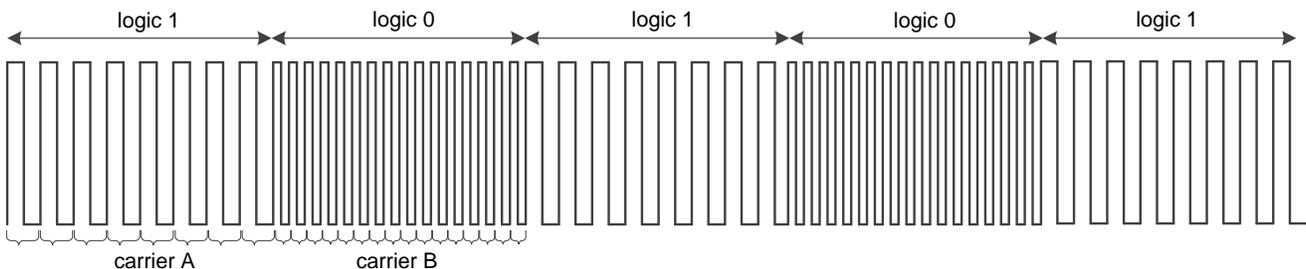


图 6. FSK 调制

### 3 MSP430FR4xx 概述

MSP430FR4xx 是 MSP430™ 系列 16 位超低功耗微控制器的成员。此微控制器具有优化的外设资源和 IR 调制逻辑，因此是远程控制应用的理想选择。其凭借着强大的 LCD 显示器功能和丰富的电容式触控 I/O 资源，可轻松扩展至血压计、水表和一次性密码 (OTP) 令牌等其他领域。要获得完整的说明，请参见《MSP430FR4xx 系列用户指南》(文献编号: [SLAU445](#)) 和《MSP430FR4133 数据表》(文献编号: [SLAS865](#))。

### 4 MSP430FR4xx 红外远程控制实现

传统上，红外调制主要由软件搭配有限的硬件资源（即，一个用于产生准确时隙的定时器）来实现。由于时隙较短，软件开销会较大。MSP430FR4xx 具有多种内部互连的硬件资源，例如定时器和 SPI，可以较低的软件开销实现 IR 调制。

MSP430FR4xx 的 IR 调制逻辑由两个级联定时器和附加组合逻辑组成（请参见图 7）。

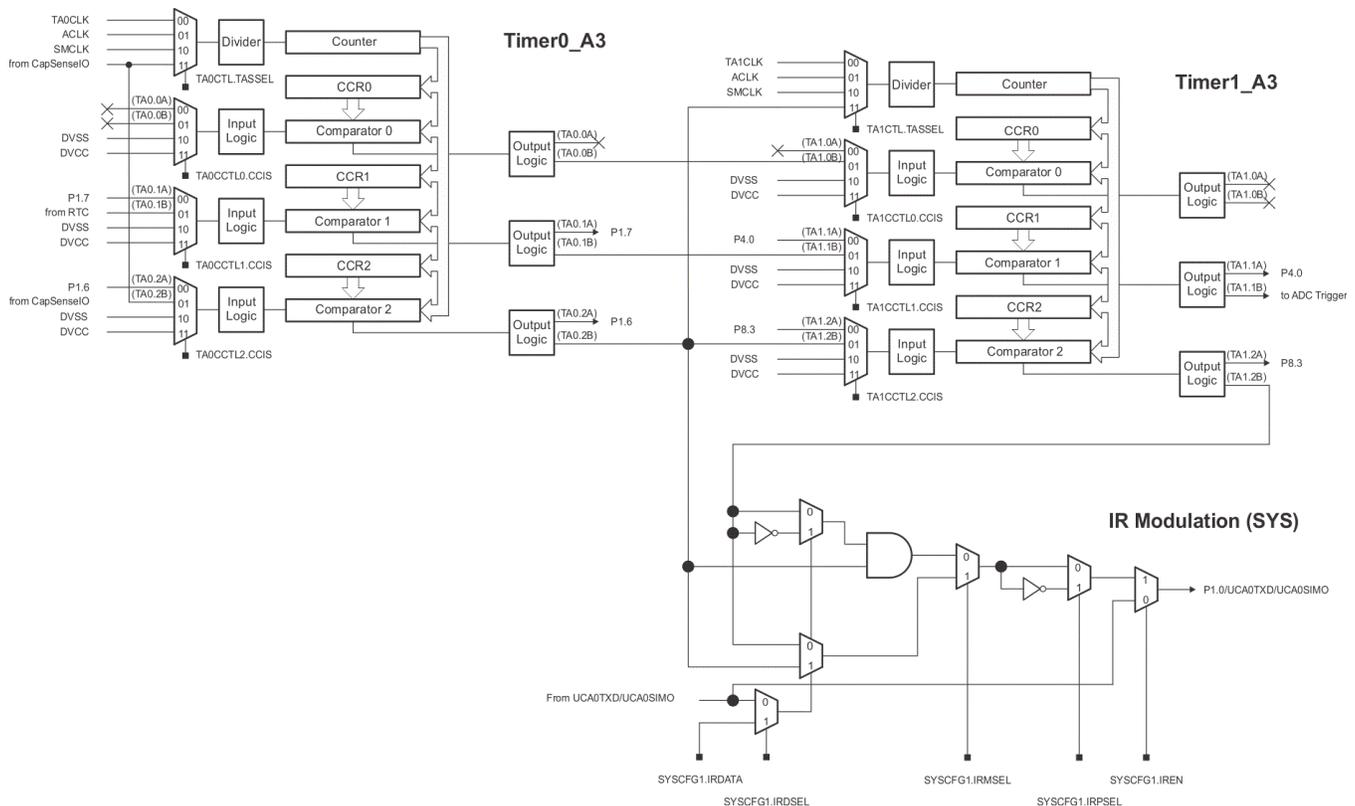


图 7. IR 调制逻辑

可通过将 SYSCFG1 寄存器中的 IREN 位置 1 来使能 IR 调制逻辑。该逻辑具有两个不同的 PWM 输入信号（分别来自 TA0 和 TA1），用于支持 ASK 或 FSK 调制。在 ASK 调制中，来自 TA0 的第一个 PWM 用于生成载波，而来自 TA1 或者 eUSCI\_A 输出的第二个 PWM 可用于生成包络。在 FSK 调制中，两个 PWM 信号分别代表两种不同的载波频率。SYSCFG1 寄存器中的 IRMSEL 位指定调制模式。将调制信号输出到外部引脚之前，可通过将 SYSCFG1 寄存器中的 IRPSEL 位置 1 以取反调制信号的极性，从而适应不同的外部驱动电路。

可通过硬件或软件两种模式来生成包络波形。在硬件模式下，包络信号来自于 TA1（仅适用于 ASK）或 eUSCI\_A。当来自于后者时，将工作在 SPI 模式下，并会自动串行发送 8 位数据。在软件模式下，SYSCFG1 寄存器的 IRDATA 位控制发送逻辑 0 还是逻辑 1。SYSCFG1 寄存器的 IRDSEL 位选择使用硬件模式还是软件模式。

## 4.1 调制方案

### 4.1.1 ASK 调制

IRMSEL 位默认选择 ASK 调制。其数据流如图 8 所示。与门的两个输入经过调制后驱动外部 LED：一个是来自 TA0 的载波，另一个是来自 TA1、eUSCI\_A 或 IRDATA 位的包络时序。当包络时序来自 IRDATA 位时，需要通过另一个独立计数器（TA1、RTC 或 WDT）来定期更新此位。

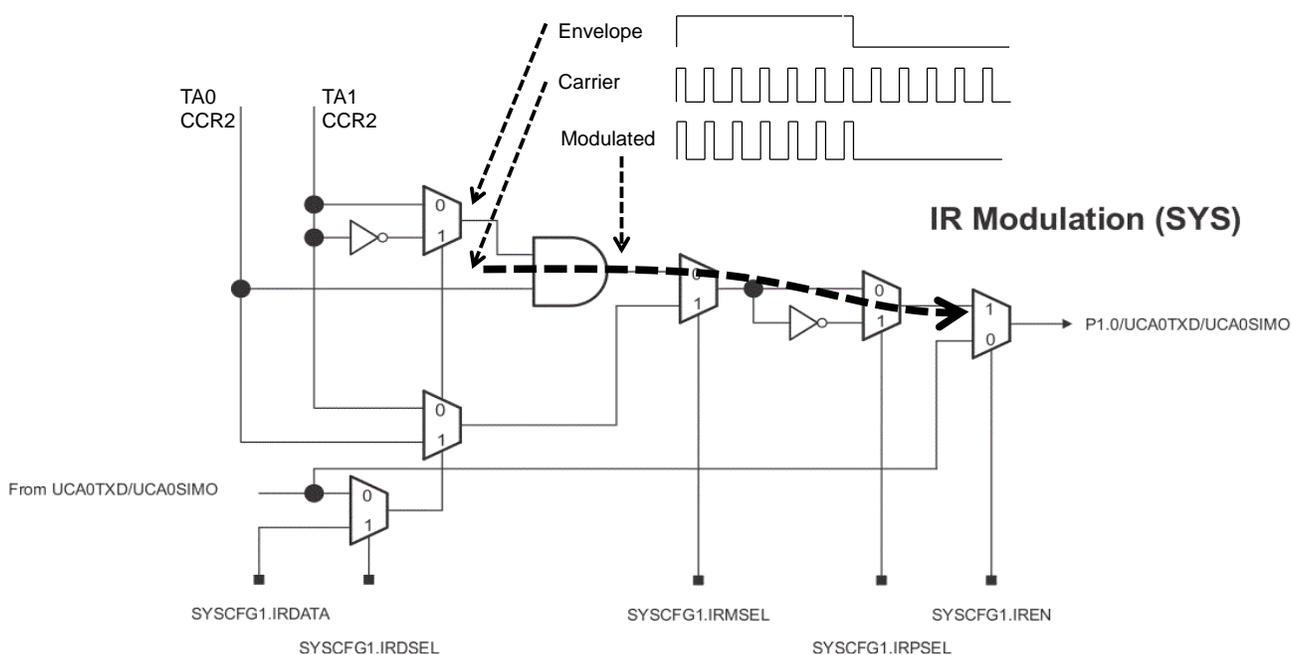


图 8. ASK 调制的数据流

### 4.1.2 FSK 调制

IRMSEL 位置 1 时，将启用 FSK 模式。其数据流如图 9 所示。TA0 和 TA1 分别用于生成两个独立的载波频率。包络波形可由 eUSCI\_A 或 IRDATA 位生成；当来自 IRDATA 位时，需要通过另一个独立计数器（RTC 或 WDT）来定期更新此位。

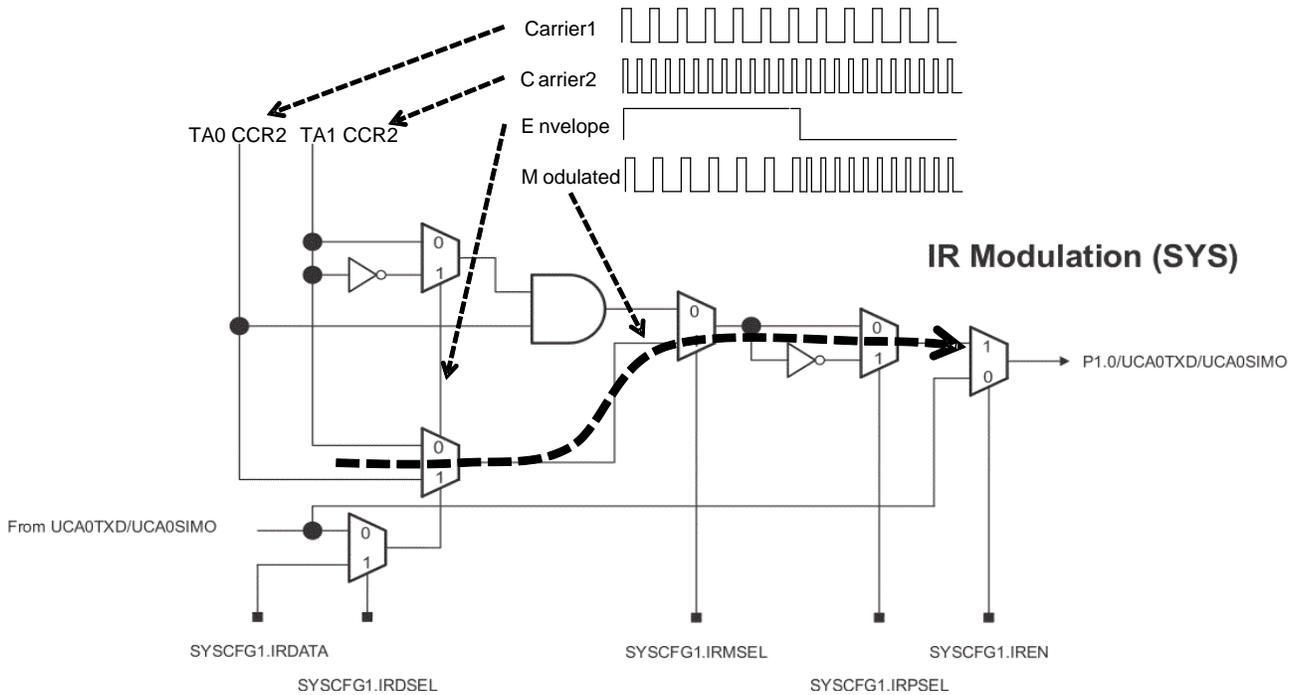


图 9. FSK 调制的数据流

## 4.2 生成载波

使用定时器来生成载波。可以通过高频 SMCLK 获取 TA0 和 TA1，以便实现更高的分辨率和更宽的频率范围。定时器的计数器可在递增模式或递增/递减模式下工作。计数器的 CCR0 控制载波周期，CCR2 决定载波占空比。从系统的角度来说，占空比越小，功耗就越低。占空比典型值大约在 3/16 到 4/16 之间。输出模式多达 7 种，可灵活地生成载波（请参见图 10）。开始生成载波之后，直到帧完成发送，用户才需要更新其配置。

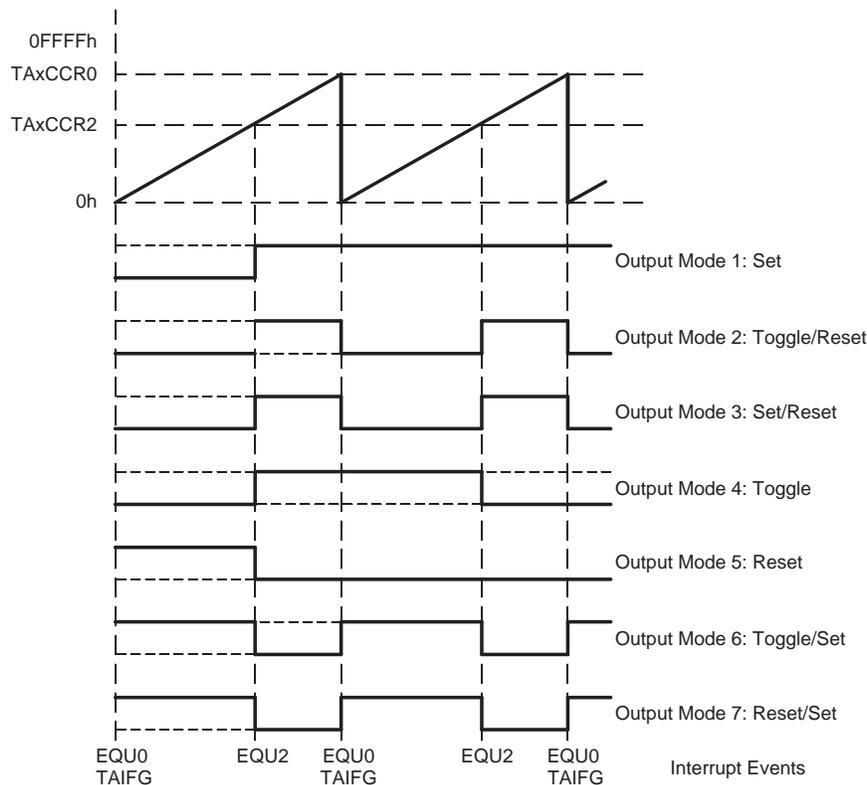


图 10. 输出示例 - 定时器处于递增模式

### 4.3 生成包络波形

包络波形取决于发送的数据以及使用的编码模式。用户可根据所选的调制模式，使用 TA1、eUSCI\_A 或 IRDATA 来生成包络波形。

在 ASK 调制下使用 TA1 时，CCR0 设置包络的周期，CCR2 设置占空比。因此，应根据编码模式的不同将 CCR0 配置为每个位宽的一到两倍；发送下一位之前需更新 CCR2。待发送的位数决定发送过程中必须中断的次数，因此会直接增加软件开销以及电流消耗。

在 SPI 模式下使用 eUSCI\_A 时（请参见图 11），应该将其波特率配置为有效数据波特率的一到两倍。例如，使用脉冲位置编码时需配置为有效数据的波特率，而使用曼彻斯特编码时需配置为有效数据波特率的二倍。采用 SPI 可大幅减少中断次数，从而降低软件开销。

使用 IRDATA 时，需要通过另一个计数器（通常为 RTC）来更新 IRDATA 位。

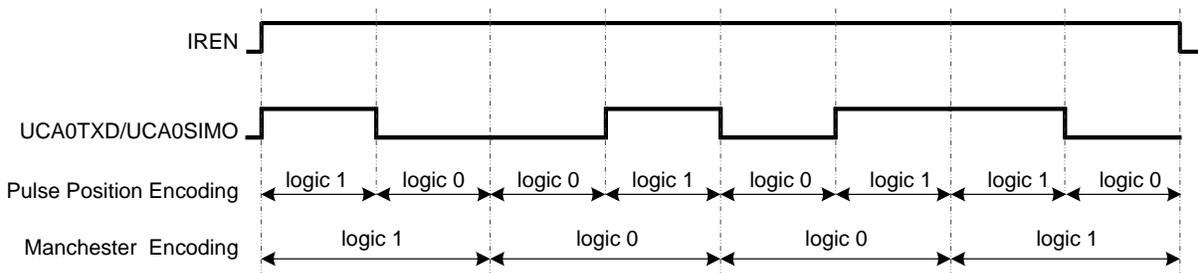


图 11. 通过 SPI 生成的包络示例

#### 4.4 硬件和软件开销注意事项

MSP430 系列专门针对超低功耗应用而设计，旨在延长电池寿命。降低功耗的最高原则是，尽可能延长在低功耗模式（例如 LPM0/LPM3）下的工作时间。强烈建议使用低功耗集成外设模块来代替由软件驱动的功能。由于高频 SMCLK 对于生成载波至关重要，因此建议在 IR 数据发送期间尽可能延长 LPM0 模式下的调制和编码时间。从这个角度来讲，优先选择 eUSCI\_A，因为其可获得的时隙最长（4 或 8 位）。但在某些应用中，需要使用 eUSCI\_A 来完成其他任务，此时可使用 TA1 和 RTC 等其他硬件资源代替它。

### 5 示例协议

目前业内有多种红外协议，但大部分都是由基本协议演变而来，只是频率或格式发生了变化。以下章节将介绍两种最常用的协议，脉冲距离协议和曼彻斯特协议 (RC5)。有关如何设计一套完整远程控制系统的详细信息，请参见《BOOST-IR 用户指南》（文献编号：[SLAU598](#)）。

#### 5.1 脉冲距离协议

脉冲距离协议被许多家用电器公司广泛使用。其采用 ASK 调制和脉冲距离编码，载波频率为 38kHz。

##### 5.1.1 帧格式

协议中有两种帧：数据帧和重复帧。

数据帧由帧头和帧数据组成。帧头是 9ms 的突发脉冲，后跟 4.5ms 的空白部分。帧数据由用于标识器件的 8 位地址和用于控制字的 8 位命令组成。为确保帧数据的可靠性，地址和命令均发送两次。第二次发送的地址和命令是反码，因此数据帧的总时长是不变的 (67.5ms)。帧数据末尾是 560μs 的载波调制尾脉冲，用于填补最后一位数据间隙。

逻辑 1 定义为 560μs 的载波调制周期后跟 1690μs 的空白周期。逻辑 0 定义为 560μs 的载波调制周期后跟 560μs 的空白周期（请参见图 12）。

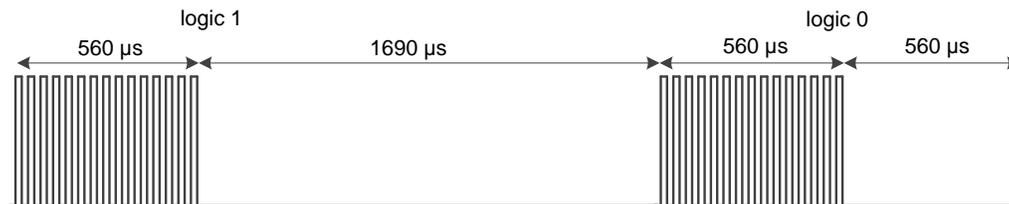


图 12. 脉冲距离协议，位编码

图 13 显示了完整的数据帧格式。



图 13. 脉冲距离协议，数据帧格式

重复帧用于处理自动重复功能，其本身不承载任何地址或命令信息。重复帧由序列脉冲及后跟的尾脉冲组成（其格式如图 14 所示）。按住同一个键时，重复帧每 110ms 就会重复一次。

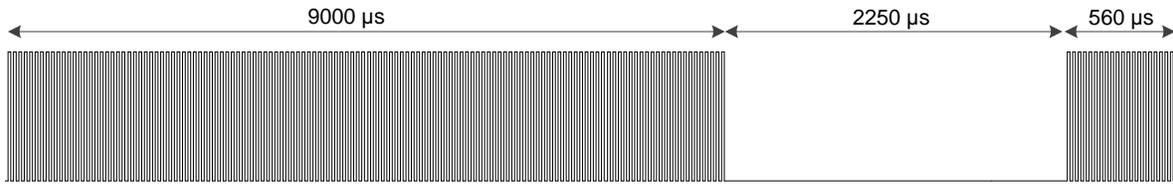


图 14. 脉冲距离协议，重复帧格式

脉冲距离协议的完整序列格式如图 15 所示。

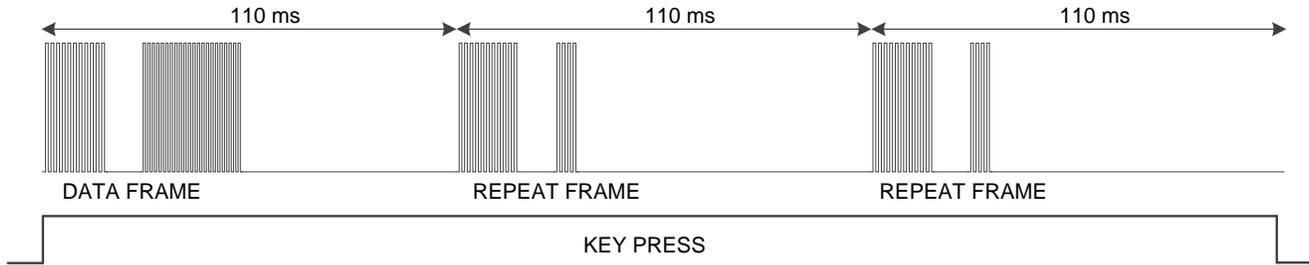


图 15. 脉冲距离协议，完整序列格式

包络波形取决于帧格式。可以使用 0.56ms 最短时隙轻松量化所有上述各项（请参见表 1）。

表 1. 脉冲距离协议，数据编码量化

项目	帧头		逻辑 1		逻辑 0		尾码	
	载波调制脉冲	空白	载波调制脉冲	空白	载波调制脉冲	空白	载波调制脉冲	空白
长度	9ms	4.5ms	0.56ms	1.69ms	0.56ms	0.56ms	0.56ms	0ms
量化	16	8	1	3	1	1	1	0

### 5.1.2 生成包络

如果使用 TA1 来生成包络波形，则每一对载波调制脉冲和空白部分都需要更新一次 CCR0 和 CCR2。CCR0 取决于载波调制脉冲周期和空白周期，CCR2 取决于载波调制脉冲周期。例如，如果 TA1 源自 4MHz 的 SMCLK 且使用默认的分频器配置，则将 CCR0 和 CCR2 分别配置为 54000 和 36000 来生成帧头（9ms 的载波调制脉冲搭配 4.5ms 的空白），并将 CCR0 和 CCR1 分别更新为 9000 和 2240 来表示逻辑 1（请参见图 16）。要发送一个完整的数据帧，需要将 CCR0 和 CCR2 更新 34 (1 + 8 × 2 + 8 × 2 + 1) 次（在 TA1 中断程序中实现）。

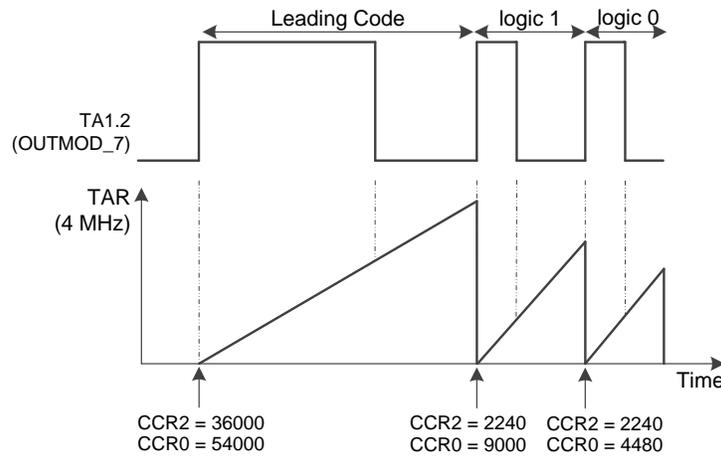


图 16. 脉冲距离协议，使用 TA1 生成包络

如果使用 SPI 来生成包络波形，则应将其波特率设置为最短时隙 0.56ms。因此，TXBUF 应以 3 字节数据 (0xFF、0xFF、0x00) 的形式发送帧头，而发送的其他字节取决于帧数据。详情如图 17 所示。每个数据帧中共有 16 个 1 和 16 个 0。使用 SPI 时，TXBUF 需更新 15 (121 / 8) 次（在 SPI 中断服务程序中实现）。其软件开销是使用 TA1 时的一半。

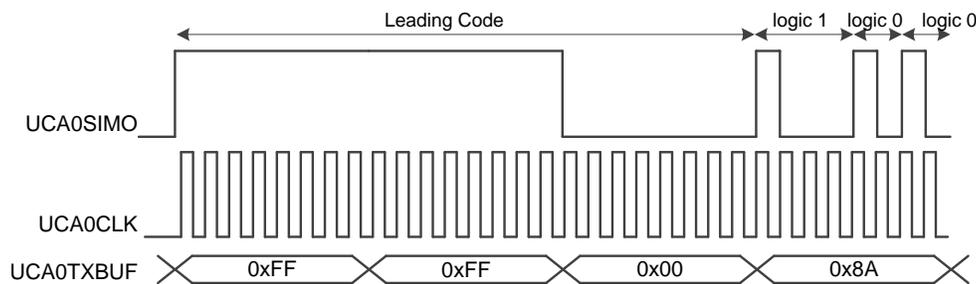


图 17. 脉冲距离协议，使用 SPI 生成包络

### 5.1.3 生成载波

如要生成占空比为 1/4 的 38kHz 载波，则可以根据 SMCLK 来配置 TA0 的 CCR0 和 CCR2。例如，当 SMCLK 为 4MHz 时，CCR0 和 CCR2 分别配置为 105 (4000 / 38) 和 26 (4000 / 38 / 4)。图 18 显示了占空比设置的作用。

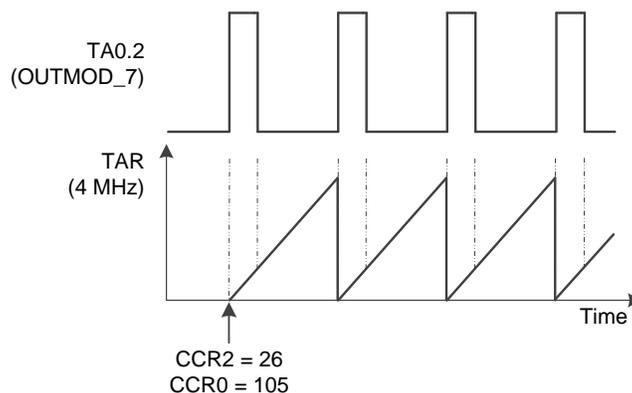


图 18. 脉冲距离协议，使用 TA0 生成载波

## 5.2 曼彻斯特协议 (RC5)

RC5 协议由 Philips 公司推出。其采用 ASK 调制和曼彻斯特编码，载波频率固定为 36kHz。

### 5.2.1 帧格式

RC5 数据帧以 2 个开始逻辑 1 位 (S1 和 S2) 开头，后跟 1 个切换位 (T) 以及由 5 位地址和 6 位命令组成的帧数据。每次按下一个新键，切换位都会更改其值。5 个地址位标识要控制的器件，6 个命令位包含待发送的信息。

逻辑 1 定义为 889μs 的空白周期后跟 889μs 的载波调制脉冲周期。逻辑 0 定义为 889μs 的载波调制脉冲周期后跟 889μs 的空白周期 (请参见图 19)。

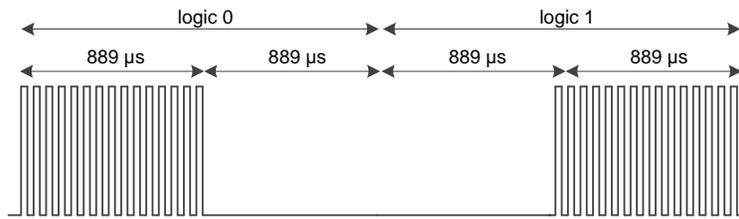


图 19. RC5 协议，位编码

完整数据帧长度固定为 24.9ms，其格式如图 20 所示。

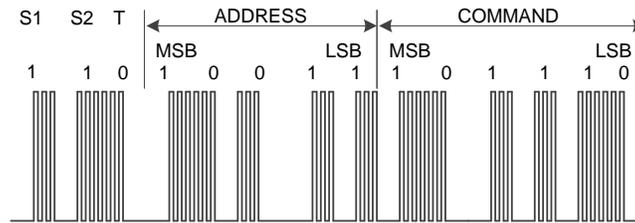


图 20. RC5 协议，数据帧格式

自动重复功能由具有相同切换位的重复数据帧处理。在扩展版本的 RC5 中，S2 开始位被视为取反的第 6 位地址而非固定的逻辑 1。完整的序列如图 21 所示。

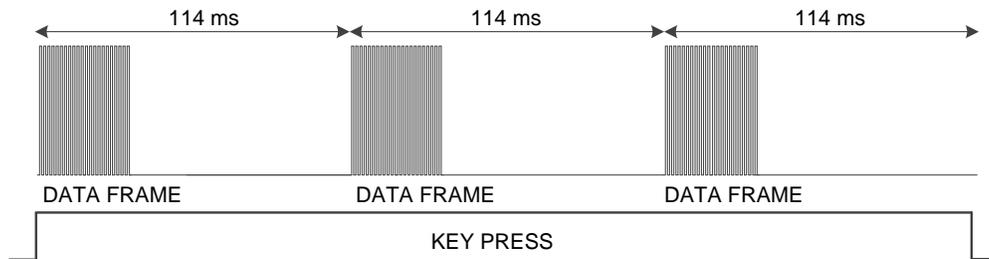


图 21. RC5 协议，完整序列格式

### 5.2.2 生成包络

最短时隙为 889μs。需要通过更新 TA1 的输出模式来生成包络波形。例如，当 TA1 源自 4MHz 的 SMCLK 时，将 CCR0 和 CCR2 分别固定配置为 7112 (2 × 889 / 0.25) 和 3556 (889 / 0.25)。详情如图 22 所示。对于每个数据帧，TA1 输出模式最多需要更新 14 (3 + 5 + 6) 次 (在 TA1 中断服务程序中进行处理)。

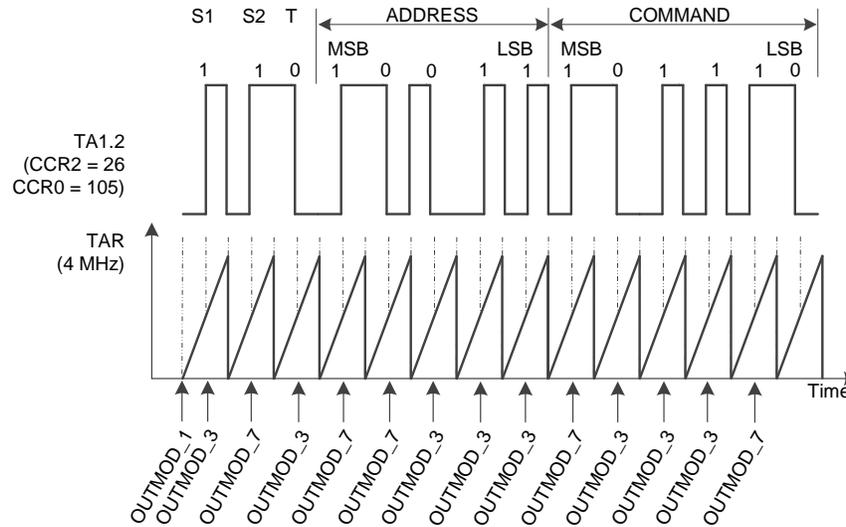


图 22. RC5 协议，使用 TA1 生成包络

如果使用 SPI，则将波特率周期设置为 889 $\mu$ s。如要发送一个数据帧，则需要对 TXBUF 执行大约 4 (2  $\times$  14 / 8) 次写操作（可在 SPI 中断服务程序中进行处理）。其操作过程如图 23 所示。

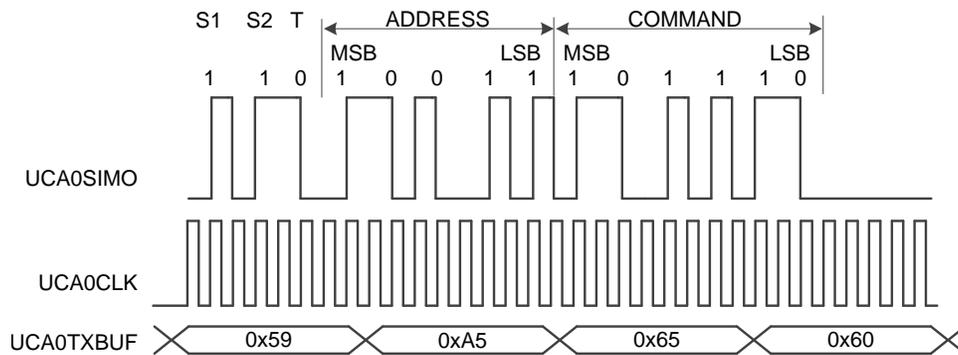


图 23. RC5 协议，使用 SPI 生成包络

### 5.2.3 生成载波

如要生成占空比为 1/3 的 36kHz 载波，则可以根据 SMCLK 的频率来配置 TA0 的 CCR0 和 CCR2。例如，当 SMCLK 为 4MHz 时，CCR0 和 CCR2 分别配置为 111 (4000 / 36) 和 37 (4000 / 36 / 3)。如果 SMCLK 为 8MHz，则应将上述两个值加倍。其工作过程如图 24 所示。

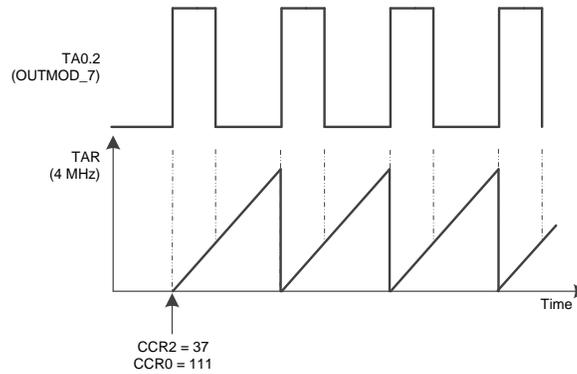


图 24. RC5 协议，使用 TA0 生成载波

## 6 软件设计和开销比较

如果没有 IR 调制逻辑，则通常使用定时器通过控制 PWM 输出来完成红外发送过程。其计数器周期和通道占空比与载波周期和占空比一致。基于此，软件根据定时器的溢出次数更新其 PWM 输出。例如，在生成脉冲距离协议的帧头时，软件会在计数到 342 (9ms / (1 / 38kHz)) 次溢出时输出 9ms 的载波脉冲，并在计数到 171 (4.5ms / (1 / 38kHz)) 次溢出时输出 4.5ms 的空白部分。在溢出间隔期间，器件会保持在 LPM0 模式下以节约电能。帧长度决定唤醒次数。

如果有 IR 调制逻辑，则生成包络时需唤醒器件的次数非常有限，同时无需任何干预即可自动生成载波。图 25 给出了使用不同实现方法来发送单个帧时的软件流程。

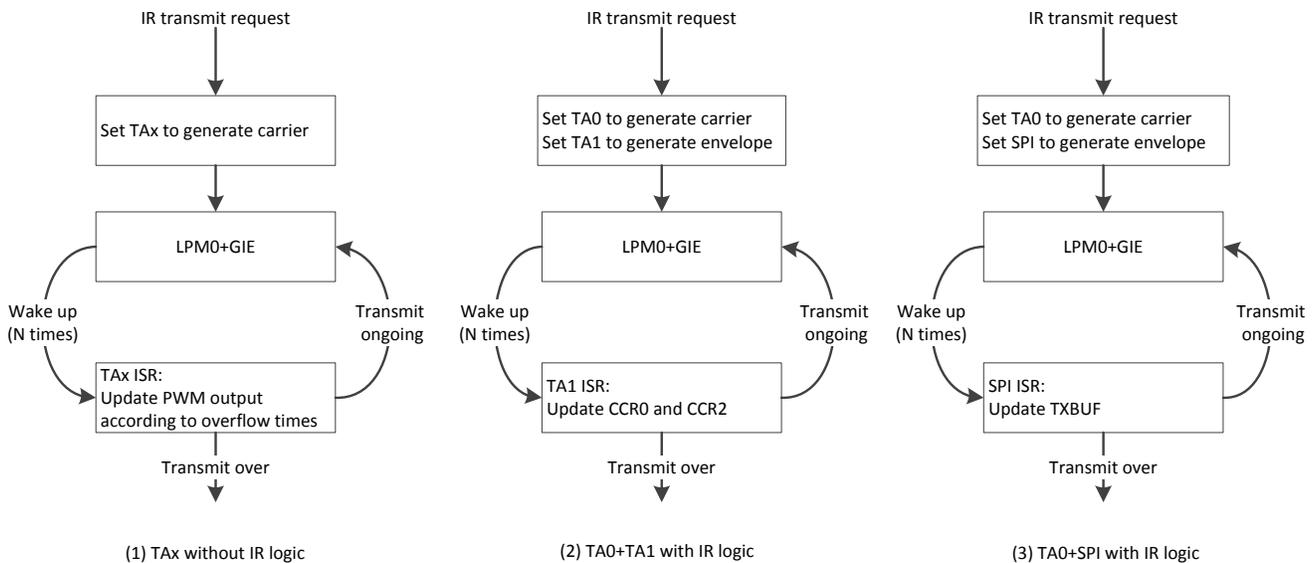


图 25. 使用不同方法来发送单个数据帧时的软件流程

为了更好地了解发送单个完整帧时 IR 逻辑在软件开销方面的优势，我们对在脉冲距离协议和曼彻斯特协议下使用不同方法时的中断次数进行了比较。详情如表 2 所示。

表 2. 发送单个数据帧时的软件开销比较

协议	脉冲距离			曼彻斯特 (RC5)		
	TAx, 无 IR 逻辑	TA0+TA1, 有 IR 逻辑	TA0+SPI, 有 IR 逻辑	TAx, 无 IR 逻辑	TA0+TA1, 有 IR 逻辑	TA0+SPI, 有 IR 逻辑
实现方法						

**表 2. 发送单个数据帧时的软件开销比较 (continued)**

协议	脉冲距离			曼彻斯特 (RC5)		
中断次数	2583	34	15	896	14	4

## 7 结论

MSP430FR4xx 器件具有丰富的外设以及特定的 IR 调制逻辑，可协助您开发采用 ASK 或 FSK 调制的红外远程控制实现。其可在软件干预需求非常低的情况下通过 TA0 和 TA1 轻松生成载波。可以选择多种方法来生成包络：TA1、硬件模式下的 eUSCI\_A 或者软件模式下的 IRDATA 位。两个典型示例表明，使用 eUSCI\_A 生成包络时的软件开销最低。

## 8 参考文档

- 《MSP430FR4xx 系列用户指南》（文献编号：[SLAU445](#)）
- 《MSP430FR413x 混合信号微控制器》（文献编号：[SLAS865](#)）

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接侵权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独立负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独立负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122  
Copyright © 2015, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独立负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独立负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated