

Application Note

CC112x-CC1190 Boost 软件示例



Thomas Almholt

摘要

基于收发器从头开始开发新系统时的一个常见问题是：如何单独测试系统的各个部分或将其作为整个系统的一部分来开展测试。

TI 提供了一种非常强大而全面的工具——SmartRF™ Studio 7，可用于测试我们所有器件；但在某些情况下，可能无法满足系统运行的硬件要求，或者使用 PC 可能不是执行测试的首选方法。

本应用报告中描述的软件为这些使用场景提供了一种简单的替代方案。该软件基于已为 MSP430 开发的基本驱动程序构建，可实现简单的基于 UART 的测试系统。

可从以下 URL 下载本文档所述的软件：<http://www.ti.com/lit/zip/swra493>。

内容

1 基于 UART 的测试套件的功能和优势.....	2
1.1 连续未调制 TX.....	2
1.2 连续调制 TX.....	2
1.3 静态 RX.....	3
1.4 TX 单通道 BER.....	3
1.5 RX 单通道 BER.....	3
1.6 TX 跳频 BER.....	4
1.7 RX 跳频 BER.....	4
1.8 RX 嗅探模式.....	4
1.9 SmartRF 选择器.....	5
1.10 无线电设置.....	5
1.11 自动模式.....	5
2 运行该软件的硬件要求.....	6
3 配置硬件选项.....	6
4 将测试软件移植到定制硬件.....	7
4.1 收发器的 SPI 配置.....	7
4.2 收发器的片选.....	7
4.3 收发器的复位引脚.....	7
4.4 收发器的中断配置.....	7
4.5 范围扩展器的可选控制引脚.....	8
4.6 用于创建按钮用户界面的可选引脚.....	8
4.7 可选 LED 引脚配置.....	8
5 参考资料.....	9
6 修订历史记录.....	9

商标

SmartRF™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 基于 UART 的测试套件的功能和优势

该软件基于已针对各类收发器和微控制器发布的一组标准驱动程序构建。新功能包括能够通过与简单终端程序的简单两线制通用异步接收器/发送器 (UART) 连接来运行测试套件。

最常见的 UART 速度是 115200 (8N1)，此设置用于所有项目，但涉及 MSP430G2 LaunchPad 的项目除外，它仅支持 9600 (8N1)。

```
Long Range Sub1Ghz demonstration
Select from items below:
*****
1) Continuous Unmodulated TX (line, chan) eg.(1 25)
2) Continuous Modulated TX (line, chan) eg.(2 25)
3) Static RX (RX leakage test) (line, chan) eg.(3 25)
4) TX Single Channel BER (line, chan, pkt) eg.(4 25 1000)
5) RX Single Channel BER (line, chan, pkt) eg.(5 25 1000)
6) TX freq. hopping BER (line, pkt) eg.(6 1000)
7) RX freq. hopping BER (line, pkt) eg.(7 1000)
8) RX sniff mode (line, chan, len) eg.(8 25 20) len=0 > variable
9) SmartRF Selector (line, 1=Low, 2=Med, 3=High) eg.(9 2)
10) Radio Setup (line, freq, chan spc) eg. (10 902 750 500)
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD >
```

将软件成功下载到所选的开发套件并建立正确配置的 UART 连接后，应出现上面所示的文本菜单系统。如果首次尝试时未出现该菜单系统，按下开发套件上的硬复位按钮将从头开始该过程，并且会出现 UART 菜单。

以下小节将对每个菜单项进行简要说明。

1.1 连续未调制 TX

此命令将启动一种专用测试模式，以指定频率产生未调制载波；选择从 0 开始编号的通道即可选择频率。选择编号值为 0 的通道会以当前配置的基准频率产生频率；当前配置可以更改。如需了解更多详情，请参阅节 1.10。

```
Continuous Unmodulated TX (line, chan), for example, (1 25)
```

要启用此命令，先输入 1，然后输入此测试所需的通道编号。有关基准频率和通道间隔配置的详细信息，参见节 1.10。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD >
1 25
Started unmodulated TX, Press RETURN key twice to stop
```

要退出测试模式，需连续发送两个“回车符”。该操作通过点击终端程序上的回车键两次来完成，会将芯片复位为空闲模式，为下一条命令做好准备。

1.2 连续调制 TX

此命令将启动第二种专用测试模式，以指定频率产生调制载波；选择从 0 开始编号的通道即可选择频率。选择编号值为 0 的通道则以当前在节 1.10 中配置的基准频率产生频率。

```
Continuous Modulated TX (line, chan), for example, (2 25)
```

要启用此命令，先输入 2，然后输入此测试所需的通道编号。有关基准频率和通道间隔配置的详细信息，参见节 1.10。要退出测试模式，参见节 1.1。

1.3 静态 RX

此命令将启动第三种专用测试模式，强制器件以指定频率进入 RX 模式；选择从 0 开始编号的通道即可选择频率。选择编号值为 0 的通道则以当前在节 1.10 中配置的基准频率产生频率。

```
Static RX (RX leakage test) (line, chan), for example, (3 25)
```

要启用此命令，先输入 3，然后输入此测试所需的通道编号。有关基准频率和通道间隔配置的详细信息，参见节 1.10。要退出测试模式，参见节 1.1。

1.4 TX 单通道 BER

此命令根据节 1.10 中指定的配置，以特定频率启动误码率测试的发送端。

```
TX Single Channel BER (line, chan, pkt), for example, (4 25 1000)
```

要启用此命令，先输入 4，然后输入所需的通道编号以及测试中所需的数据包数量。该工具接受的最大数据包数量为 65535。

- 如果上电后的前 60 秒内没有按下任何按钮，则会自动进入 TX 单通道测试模式，这样无需计算机即可进行范围测试。

在测试期间，可在 UART 输出上找到数据链路的详细信息。这些详细信息包括数据包计数、测得的 RSSI 以及在每个单独数据包的接收传输过程中发现的字节错误。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 4 25 1000
Perform RF burst transmit function with fixed channel
PKT FW-RSSI/ERR RW-RSSI/ERR DELAY
0 -74 0 -76 0 -11109
1 -73 0 -76 0 -11109
2 -73 0 -76 0 -11109
3 -72 0 -76 0 -9522
4 -72 0 -76 0 -11109
```

1.5 RX 单通道 BER

此命令根据节 1.10 中指定的配置，以特定频率启动误码率测试的接收端。

```
RX Single Channel BER (line, chan, pkt), for example, (5 25 1000)
```

要启用此命令，先输入 5，然后输入所需的通道编号以及测试中所需的数据包数量。该工具接受的最大数据包数量为 65535。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
  Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 5 25 1000
Perform RF burst receive function with fixed channel
PKT FW-RSSI/ERR FREQ_ERR
0 -74 0 11109
1 -73 0 11109
2 -73 0 11109
```

也可以在上电后的前 60 秒内按下开发套件上的按钮（因硬件配置而异）以进入此模式，这样无需计算机即可进行范围测试。

1.6 TX 跳频 BER

此命令根据节 1.10 中指定的配置启动跳频误码率测试的发送端。

```
TX freq. hopping BER          (line, pkt), for example, (6 1000)
```

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
  Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 6 1000
Perform RF burst receive function with fixed channel
PKT FW-RSSI/ERR FREQ_ERR
0 -74 0 11109
1 -73 0 11109
2 -73 0 11109
```

要启用此命令，先输入 6，然后输入测试中所需的数据包数量。该工具接受的最大数据包数量为 65535。

1.7 RX 跳频 BER

此命令根据节 1.10 中指定的配置启动跳频误码率测试的接收端。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
  Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 7 1000
Perform RF burst receive function with fixed channel
PKT FW-RSSI/ERR FREQ_ERR
0 -74 0 11109
1 -73 0 11109
2 -73 0 11109
```

要启用此命令，先输入 7，然后输入测试中所需的数据包数量。该工具接受的最大数据包数量为 65535。

由于跳频操作，建立初始链路所需的时间会有所不同。这会导致发送器错过第一组数据包，但这也符合预期。

1.8 RX 嗅探模式

此命令用于启用特殊的显眼侦听模式或嗅探模式。接收器尝试解调指定通道上无线传输的所有数据包，并通过 UART 端口打印数据包的内容。节 1.10 中指定的配置将用于数据包嗅探。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
```

```
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 8
Perform RF burst receive function with fixed channel
PKT FW-RSSI/ERR FREQ_ERR
0 -74 0 11109
1 -73 0 11109
2 -73 0 11109
```

1.9 SmartRF 选择器

此命令用于在三种默认设置之间进行选择：低、中和高数据速率。这些设置取自 SmartRF Studio 版本 7.0 (2.1.0)。对同步字进行了简单修改，以实现 CC112x 和 CC110x 系列器件之间的互操作性。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 9 0
```

选择低数据速率和中数据速率时，可在两代器件之间进行互操作。但是，CC112x 不支持高于 200kbps 的数据速率，因此高速模式在不同器件系列之间不兼容。

1.10 无线电设置

唯一可从 UART 接口系统更改的设置是基准频率，步长为 1kHz。这便于用户更改测试的基准频率，并允许用户微调两块在窄带运行但使用标准 XTAL 的电路板之间可能存在的任何频率误差。

```
*****
Current configuration: (Device = CC1101)
Current configuration:
Config: 9 Low data rate => 1200bps, 4kHz dev, 25kHz RX BW
Freq : 10 902 750 500
*****
CMD > 10 903 000 501
```

用于解码命令的解释器非常简单，无法解释完整的 9 位频率值。因此，用户必须按上面所示的三组 3 位数字来写入所需的频率。

1.11 自动模式

每个开发套件都能够以自主模式运行。为了实现“最少可用硬件”这一用例，选择了在 60 秒延迟后让软件自动以 TX 模式启动；但是，如果在前 60 秒内按下了某个按钮，电路板会立即进入 RX 模式。在此模式下，无法在运行时更改无线电的配置；最低数据速率选项将自动选择。

使用 LED 来了解有关数据链路质量的反馈（绿色 LED 表示总体良好，红色 LED 表示检测到数据包丢失或传输失败）。

2 运行该软件的硬件要求

该软件的编写旨在使其易于移植且保持小体积。在 MSP430 上编译时，所需的闪存大小小于 16KB，且所需的 RAM 小于 512 字节。这使得该软件能够在最低容量的 MSP430 超值系列 LaunchPad (即 MSP430G2553) 上运行。已针对 MSP430F5529 LaunchPad 和基于 MSP430F5438A 的开发套件 (称为 “TRXEB”) 提供了移植版本。

3 配置硬件选项

各种开发套件的主配置文件命名为 *hal_spi_rf_xxx.c*。在此版本中，生成了三个此类板级支持包文件：

- hal_spi_rf_exp5529.h
- hal_spi_rf_exp430g2.h
- hal_spi_rf_trxeb

以上每一个文件都包括三条语句，用于定义硬件上使用的特定器件。这里选择的是 CC1101 或 CC112x 系列收发器，然后 (可选) 搭配使用与每个收发器对应的范围扩展器。

```
#define USE_CC1101  
#define USE_CC112X  
#define ENABLE_RANGE_EXTENDER
```

下一条语句定义了硬件上使用的晶体频率。对于每个器件，都有一系列适用的晶体频率可供选择 (此条语句用于针对所选的特定值配置软件)。

```
#define RF_XTAL 26000
```

4 将测试软件移植到定制硬件

本节介绍了如何将代码移植到客户特定的不同硬件或当前不受支持的 TI 开发套件。

4.1 收发器的 SPI 配置

MSP430 上的串行外设接口 (SPI) 端口应配置为一个 3 引脚器件，其中片选引脚由手动控制。详细的引脚配置可参阅 *hal_spi_rf_xx.h*，其中 *xx* 表示正在编译的特定硬件。

```
/* Transceiver SPI signal */
#define RF_PORT_SEL      P3SEL
#define RF_PORT_OUT      P3OUT
#define RF_PORT_DIR      P3DIR
#define RF_PORT_IN       P3IN
#define RF_MOSI_PIN      BIT0
#define RF_MISO_PIN      BIT1
#define RF_SCLK_PIN      BIT2
```

4.2 收发器的片选

下一组定义有助于配置用于与收发器通信的片选引脚的位置。

```
#define RF_CS_N_PORT_SEL P2SEL
#define RF_CS_N_PORT_DIR P2DIR
#define RF_CS_N_PORT_OUT P2OUT
#define RF_CS_N_PIN      BIT2
```

4.3 收发器的复位引脚

对于 CC112x 系列器件，有一个可以选择使用的复位引脚。所有 TI 开发套件上都使用了复位引脚，因此需要正确配置该引脚。

```
/* Transceiver optional reset signal */
#define RF_RESET_N_PORT_SEL P2SEL
#define RF_RESET_N_PORT_DIR P2DIR
#define RF_RESET_N_PORT_OUT P2OUT
#define RF_RESET_N_PIN      BIT6
```

4.4 收发器的中断配置

以下几组定义配置了启用中断的信号在收发器和 MCU 之间的位置。

```
/* Transceiver interrupt configuration */
#define RF_PORT_VECTOR      PORT2_VECTOR
#define RF_GDO_OUT          P2OUT
#define RF_GDO_DIR          P2DIR
#define RF_GDO_IN           P2IN
#define RF_GDO_SEL          P2SEL
#define RF_GDO_PXIES        P2IES
#define RF_GDO_PXIFG        P2IFG
#define RF_GDO_PXIE         P2IE
#define RF_GDO_PIN          BIT0
/* Transceiver interrupt configuration */
#define RF_PORT_VECTOR      PORT2_VECTOR
#define RF_GDO_OUT          P2OUT
#define RF_GDO_DIR          P2DIR
#define RF_GDO_IN           P2IN
#define RF_GDO_SEL          P2SEL
#define RF_GDO_PXIES        P2IES
#define RF_GDO_PXIFG        P2IFG
#define RF_GDO_PXIE         P2IE
#define RF_GDO_PIN          BIT0
```

4.5 范围扩展器的可选控制引脚

为了支持使用可选的前端模块（特别是 CC1190），具体引脚配置如下：

```
/* CC1190 Control signals */
#define RF_LNA_EN_PXOUT      P1OUT
#define RF_LNA_EN_PXDIR      P1DIR
#define RF_LNA_EN_PIN        BIT6
#define RF_PA_EN_PXOUT      P2OUT
#define RF_PA_EN_PXDIR      P2DIR
#define RF_PA_EN_PIN         BIT7
```

4.6 用于创建按钮用户界面的可选引脚

为了支持使用可选的按钮用户界面，具体引脚配置如下：

```
/* Optional button interrupt configuration */
#define BUTTON_VECTOR        PORT1_VECTOR
#define BUTTON_OUT           P1OUT
#define BUTTON_DIR           P1DIR
#define BUTTON_IN            P1IN
#define BUTTON_SEL           P1SEL
#define BUTTON_PXIES         P1IES
#define BUTTON_PXIFG         P1IFG
#define BUTTON_PXIE          P1IE
#define BUTTON_PIN           BIT1
#define BUTTON_REN           P1REN
```

4.7 可选 LED 引脚配置

强烈建议使用按如下所示进行配置的 LED 指示灯：

```
/* Macro to enable LEDs */
#define LED1_PXOUT           P1OUT
#define LED1_PXDIR           P1DIR
#define LED1_PIN             BIT0
#define LED2_PXOUT           P4OUT
#define LED2_PXDIR           P4DIR
#define LED2_PIN             BIT7
#define LED3_PXOUT           P1OUT
#define LED3_PXDIR           P1DIR
#define LED3_PIN             BIT0
#define LED4_PXOUT           P4OUT
#define LED4_PXDIR           P4DIR
#define LED4_PIN             BIT7
```

许多硬件配置只有两个物理 LED。对于这些情况，如上例所示仅重复使用这两个 LED，即可提供可接受的体验。

5 参考资料

1. CC1120-CC1190 *BoosterPack* ([SWRA492](#))
2. CC112X/CC1175 低功耗高性能 Sub-1GHz 射频收发器/发送器 ([SWRU295](#))
3. CC120X 低功耗高性能 Sub-1GHz 射频收发器用户指南 ([SWRU346](#))
4. CC1120 用于窄带系统的高性能射频收发器数据表 ([SWRS112](#))
5. CC1121 高性能低功耗射频收发器数据表 ([SWRS111](#))
6. CC1125 超高性能射频窄带收发器数据表 ([SWRS120](#))
7. CC1200 低功耗高性能射频收发器数据表 ([SWRS123](#))
8. CC112x、CC1175 器件勘误表 ([SWRZ039](#))
9. *SmartRF Studio 7* ([SWRC176](#))

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (October 2015) to Revision A (October 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月