

# 无线模块射频性能测试

## 1. 摘要

在模块 1.7 版本以后的固件增加了无线模块射频性能测试相关的 AT 指令，用户仅需要通过模块的 UART 接口发送 AT 命令，就可以实现模块无线发射功率、频偏、接收灵敏度、调制信号频谱、发射电流、接收电流、休眠电流的测试。本文主要描述了无线模块射频性能测试的相关 AT 指令以及并利用其对无线模块进行射频参数测试。

## 2. AT 指令格式

在正常工作模式下，不管用户怎样配置其应用层数据帧解析结构和 UART 接口的波特率，AT 指令的格式是固定的：

**"AT" 前缀 + ASCII 命令 + 空格 (可选) + 参数 (可选, 十六进制 ASCII 字符) + 回车符<CR>**

AT 指令通常为 4 个 ASCII 字符，如“ATCI”、“ATCC”；参数为 ASCII 字符表示的十六进制数，数字字符为‘0’~‘9’、‘A’~‘F’以及‘a’~‘f’；AT 指令的长度受到模块输入数据缓冲区大小 256 字节的限制，因此最大的 AT 指令总长度为 253 字节。

对于仅有 1 个参数的 AT 指令来说，参数可以添加十六进制数前缀“0x”，也可以省略该前缀，如“ATCS 0x2<CR>”；“ATCS 0x02<CR>”；“ATCS02<CR>”；“ATCS 2<CR>”。

对于多个参数的 AT 指令来说，必须省略参数前的十六进制数前缀“0x”，如：“ATCC A B2 C3<CR>”；“ATCC 0A B2 C3<CR>”。为了使指令变得更加紧凑，可以省略参数之间的空格，这种格式的每个字节的参数必须由 2 个字节的 ASCII 表示，也就是说值为 0x2 和 0xA 的参数，必须在之前补 0 使其变成 2 个字节 02，0A：“ATCC02<CR>”，“ATCC0AB2C3<CR>”。由于受到缓冲区 256 字节大小限制，模块能接收的 AT 指令长度最长为 253 字节，按照这种紧凑的命令格式最多能携带的参数个数为 124 字节（每 2 字节 ASCII 字符表示 1 个字节参数）。因此，在正常工作模式下利用 AT 指令一次性能最多能修改 124 个字节的控制块的内容。

其中，<CR>是回车符，对应的字符十进制值为 13，十六进制的值为 0xD。

## 3. 不同波特率的调试方式

基于 CC1110 芯片的 WaveMesh 系列无线模块在没有特殊说明情况下可以支持 12 种无线速率：500kbps, 250kbps, 175kbps, 100kbps, 76.8kbps, 38.4kbps, 19.2kbps, 9.6kbps, 7.2kbps, 4.8kbps, 2.4kbps, 1.2kbps。不同速率的调制方式、频偏以及索引编号如下表所示：

无线波特率 (kbps)	索引号	频偏 (kHz)	调制方式
1.2	0	5.2	GFSK
2.4	1	5.2	GFSK
4.8	2	25.4	GFSK

7.2	3	19	GFSK
9.6	4	19	GFSK
19.2	5	20	GFSK
38.4	6	20	GFSK
76.8	7	32	GFSK
100	8	47	GFSK
175	9	95	GFSK
250	10	127	GFSK
500	11	N/A	MSK

## 4. 发射功率测试

### ATTT+ASCII 波特率索引号+<CR>

该命令会强制使无线模块射频发送没有任何调制的单频点信号，用来测试无线模块的发射功率。无线发射频点为主信道所在的频点，具体请参见模块的控制块的设置及模块的手册；无线发射功率为当前模块所配置的“RF 输出功率”，可以是但不一定是模块发射功率的最大值。该命令的参数为波特率的索引号，见上表所示，12 种波特率对应 ASCII 参数的范围是 0~B。由于无线射频发射并非调制波形，不同波特率下的输出信号应该是完全一致的。通过该命令，可以测试模块不同频点的发射功率、频偏和发射电流的性能指标。

注意：该命令会强制持续发送射频信号，除非无线模块收到别的命令否则不会自动结束射频信号的发送。

该命令的返回值为：

ATOK<CR> - 成功

ATER<CR> - 失败

举例：

1. 测试波特率为 500kbps 下的发射功率：

ATTTB<CR>

ATTT0xb<CR>

ATTT 0x0B<CR>

2. 测试波特率为 1.2kbps 下的发射功率：

ATTT<CR>

ATTT0<CR>

ATTT 0x0<CR>

ATTT0x00<CR>

## 5. 调制波形测试

### ATTM+ASCII 波特率索引号+<CR>

该命令会强制使无线模块射频发送带有调制信息的射频信号，调制的信号为比特 1 和比特 0 相交替的序列 010101...。无线发射频点为主信道所在的频点，具体请参见模块的控制块的设置及模块的手册；无线发射功率为当前模块所配置的“RF 输出功率”，可以是但不一定是模块发射功率的最大值。该命令的参数为波特率的索引号，见上表所示，12 种波特率对应 ASCII 参数的范围是 0~B。通过该命令，可以测试模块不同频点、不同调制速率下射频信号的频率、带宽和发射功率。

注意：该命令会强制持续发送射频信号，除非无线模块收到别的命令否则不会自动结束射频信号的发送。

该命令的返回值为：

ATOK<CR> - 成功

ATER<CR> - 失败

举例：

1. 测试波特率为 500kbps 下的调制波形：

ATTMB<CR>

ATTM0xb<CR>

ATTM 0x0B<CR>

2. 测试波特率为 1.2kbps 下的调制波形：

ATTM<CR>

ATTM0<CR>

ATTM 0x0<CR>

ATTM0x00<CR>

## 6. 接收解调测试

### ATTR+ASCII 波特率索引号+<CR>

该命令会强制使无线模块进入连续的接收解调射频信号，将解调出的比特流由 ACT 引脚按照高低电平的方式进行输出。无线接收频点为主信道所在的频点，具体请参见模块的控制块的设置及模块的手册。该命令的参数为波特率的索引号，见上表所示，12 种波特率对应 ASCII 参数的范围是 0~B。通过该命令可以测试模块在不同频点、不同调制速率下接收信号的灵敏度和接收电流。

注意：该命令会强制持续接收射频信号，除非无线模块收到别的命令否则不会自动结束射频信号的接收。另外，ACT 引脚的输出由软件进行控制，在 RF 波特率比较高的时候该引脚的输出波形会有轻微抖动。

该命令的返回值为：

ATOK<CR> - 成功

ATER<CR> - 失败

举例：

1. 测试波特率为 500kbps 下的接收灵敏度：

ATTRB<CR>

ATTR0xb<CR>  
ATTR 0x0B<CR>

2. 测试波特率为 1.2kbps 下的接收灵敏度:

ATTR<CR>  
ATTR0<CR>  
ATTR 0x0<CR>  
ATTR0x00<CR>

## 7. 休眠电流测试

### ATTS+ASCII 休眠时间(S)+<CR>

该命令会强制使无线模块立即进入休眠,并且由参数指定休眠的时间单位为秒。在休眠时间结束后,无线模块会自动恢复到正常工作模式。在模块休眠后,模块仍然会监听 UART 接口 IO 引脚,如果有 UART 口引脚有电平变化则会唤醒模块,因此在测试休眠电流时要保持 UART 口静默。通过该命令,可以测试模块的休眠电流。

该命令的返回值为:

ATOK<CR> - 成功  
ATER<CR> - 失败

注意,该命令会立即强制模块进入休眠,该命令的返回值可能不会发送成功。

举例:

1. 休眠 11 秒:

ATTSB<CR>  
ATTS0xb<CR>  
ATTS 0x0B<CR>

## 8. 退出测试命令

### ATTQ<CR>

该命令会强制使无线模块退出之前的测试命令,并强制无线模块立即自动重启,进入正常工作模式,所有参数恢复至模块控制块中参预置参数。该命令也可以作为模块的重启命令,没有任何参数。

该命令的返回值为:

ATOK<CR> - 成功  
ATER<CR> - 失败