

# 具有通道特征评估与校正功能的双通道矢量信号收发器

——HTR2050N306

用户手册

成都市安谱力电子科技有限公司

## 目录

1	概述	3
2	设备启动	3
2.1	设备外观	3
2.2	设备启动	3
2.2.1	使用准备	3
2.2.2	设置网络	4
3	功能界面	4
3.1	界面介绍	4
3.2	基础设置	5
3.2.1	设置发射频率	6
3.2.2	设置发射功率	6
3.2.3	设置发射开关	6
3.2.4	设置接收频率	7
3.2.5	设置接收衰减	7
3.2.6	接收功率显示	7
3.3	通道设置	7
3.3.1	设置发射模式	8
3.3.2	基带产生	8
3.3.3	频谱监测	9
3.3.4	接收基带	11
3.3.5	射频输出设置	11
3.3.6	射频接收设置	12
3.3.7	预失真器/谐波抑制器	13
3.4	回环测试	13
3.5	状态监测	13
3.5.1	温度监测	14
3.5.2	传输进度	14
3.5.3	网络监控	14
3.5.4	IF 余量	14
4	用户函数	17
4.1	MATLAB 函数	17
4.1.1	发射开关设置	17

4.1.2	发射频率设置 .....	17
4.1.3	发射功率设置 .....	18
4.1.4	发射相位设置 .....	18
4.1.5	发射偏置设置 .....	18
4.1.6	发射模式设置 .....	19
4.1.7	发射信号加载 .....	19
4.1.8	接收频率设置 .....	19
4.1.9	接收衰减设置 .....	20
4.1.10	接收偏置设置 .....	20
4.1.11	接收功率读取 .....	20
4.1.12	接收信号采样 .....	21
4.1.13	接收平均采样 .....	21
4.1.14	可线性化程度评估算法 .....	22
4.1.15	采样率调整 .....	22
4.1.16	发送信号格式转换 .....	23
4.1.17	接收信号格式转换 .....	23
4.1.18	网络连接设置 .....	23

## 1 概述

用户手册主要介绍 HTR2050N306 各个功能的详细使用说明，关于设备的指标介绍与应用场景详见文档《双通道矢量信号收发器 HTR2050N306 产品手册》。

## 2 设备启动

### 2.1 设备外观

HTR2050N306 设备外观如图 1 所示，采用 4U 工控机箱，搭载 9 寸液晶触摸屏。



图 1 设备外观

### 2.2 设备启动

#### 2.2.1 使用准备

使用国标 220V 线连接机箱背后的电源接口，按下开关按钮，等待设备自启动完毕。设备可支持使用背后 VGA 视频接口连接拓展的显示屏。USB 接口可连接鼠标、键盘、无线网卡等外设。网口可连接到电脑上。


## 2.2.2 设置网络

HTR2050N306 设备支持更改外部控制 API 网络 IP。

打开网络连接—API 网络—右键属性—Internet 协议版本 4（TCP/IPv4）—使用下面的 IP 地址。可以设置任意 IP 地址。



图 2 网络连接 IP 设置图

点击确定之后，需要重启设备或点击桌面图标重启软件即更改完毕，设置完后状态监测栏显示当前 IP 地址，即表示更改成功：。

更改 MATLAB API 函数的 IP 地址：打开函数 `apn306_connect()`，修改为上面设置的 IP 地址

```

3  function t_client = apn306_connect(PORT)
4  %AP_CONNECT函数，用于与AP矢量收发设备建立链接
5  if nargin < 1
6  PORT = 5555;
7  end
8  %%%%%%%%%%设置传输参数
9  IP='192.168.1.88';
10 PORT=5555;

```

图 3 MATLAB API 函数 IP 地址

## 3 功能界面

### 3.1 界面介绍

HTR2050N306 设备搭载 9 寸液晶触摸电容屏，也可以通过 VGA 视频接口连接外部扩展显示屏进行显示。图 3 展示了运行在触摸屏上的设备界面。

- 框图 1 为界面切换设置；
- 框图 2 为帮助文档；
- 框图 3 为基础设置；
- 框图 4 为通道选择和模式设置；
- 框图 5 为基带功能；
- 框图 6 为状态检测；
- 框图 7 为通道设置。



图 4 设备界面

### 3.2 基础设置

点击左边菜单栏—基础设置—进入界面



图 5 基础设置界面

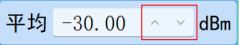
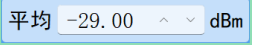
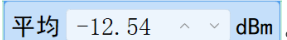
### 3.2.1 设置发射频率

设备初始发射频率为 2000 MHz；频率设置范围 30 MHz 至 6000 MHz，间隔 10 KHz，可采用以下几种方法进行设置：

- 使用触屏点击上下按键调整发射频率：，间隔为 10 MHz；点击向上按钮时增加频率：；
- 使用鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整发射频率，间隔为 10 MHz；
- 使用键盘设置发射频率，在频率框里输入数字来进行设置，间隔为 10 KHz；比如设置频率 1563.25 MHz：；
- 使用 MATLAB API 函数设置发射频率，完成网络连接后，运行**发射频率设置**函数，间隔为 10 KHz；比如设置通道 1 频率 2453.36 MHz，`apn306_tx_freqset(1, 2453.36)`，此时频率设置成功：。



### 3.2.2 设置发射功率

设备初始发射功率为-30 dBm；功率设置范围-100 dBm 至 10 dBm，间隔 0.01 dB，可采用以下几种方法进行设置：

- 使用触屏点击上下按键调整发射功率：，间隔为 1 dB；点击向上按钮时增加功率：；
- 使用鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整发射功率，间隔为 1 dB；
- 使用键盘设置发射功率，在功率框里输入数字来进行设置，间隔为 0.01 dB；比如设置功率-28.53 dBm：；
- 使用 MATLAB API 函数设置发射功率，完成网络连接后，运行**发射功率设置**函数，间隔为 0.01 dB；比如设置通道 1 功率-12.54 dBm，`apn306_tx_powerset(1, -12.54)`，此时功率设置成功：。

### 3.2.3 设置发射开关

设备初始发射开关为关闭；可采用以下几种方式进行设置：

- 使用触屏或者鼠标左键点击开关按键： 为关闭状态， 为开启状态；
- 使用 MATLAB API 函数设置发射开关，运行**发射开关设置**函数；比如设置发射开关：`apn306_tx_switch(1, 1)`。

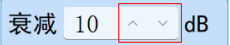
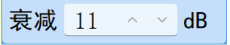
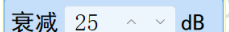
### 3.2.4 设置接收频率

设备初始接收频率为 2000 MHz；频率设置范围 30 MHz 至 6000 MHz，间隔 10 KHz，可采用以下几种方法进行设置：

- 使用触屏点击上下按键调整接收频率：，间隔为 10 MHz；点击向上按钮时增加频率：；
- 使用鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整接收频率，间隔为 10 MHz；
- 使用键盘设置接收频率，在频率框里输入数字来进行设置，间隔为 10 KHz；比如设置频率 1563.25 MHz：；
- 使用 MATLAB API 函数设置接收频率，运行接收频率设置函数，间隔为 10 KHz；比如设置通道 1 频率 2453.36 MHz，`apn306_rx_freqset(1, 2453.36)`，此时频率设置成功：。

### 3.2.5 设置接收衰减

设备初始接收衰减为 10 dB；衰减设置范围 0 至 30 dB，间隔 1 dB，可采用以下几种方法进行设置：

- 使用触屏点击上下按键调整接收衰减：，间隔为 1 dB；点击向上按钮时增加衰减：；
- 使用鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整接收衰减，间隔为 1 dB；
- 使用键盘设置接收衰减，在频率框里输入数字来进行设置，间隔为 1 dB；
- 使用 MATLAB API 函数设置接收衰减，运行接收衰减设置函数，间隔为 1 dB；比如设置通道 1 衰减 25 dB，`apn306_rx_attset(1, 25)`，此时衰减设置成功：。

### 3.2.6 接收功率显示

设备两个接收通道均在实时接收信号并计算其功率进行显示，包含平均功率和峰值功率，如图 6 所示。

R1	频率 2000.0000 MHz	峰值 -54.5 dBm	平均 -66.1 dBm
R2	频率 2000.0000 MHz	峰值 -60.5 dBm	平均 -71.8 dBm

图 6 接收功率显示

## 3.3 通道设置

点击左边菜单栏—通道设置—进入界面



图 7 通道设置界面

### 3.3.1 设置发射模式

设备发射具有两种模式，分为低噪声模式和低杂散模式，如图 8 所示。低噪声模式推荐在宽带信号下使用，320 MHz 信号动态为 50 dBc 左右；低杂散模式推荐在单音、多音信号下使用，杂散抑制大于 65 dBc。

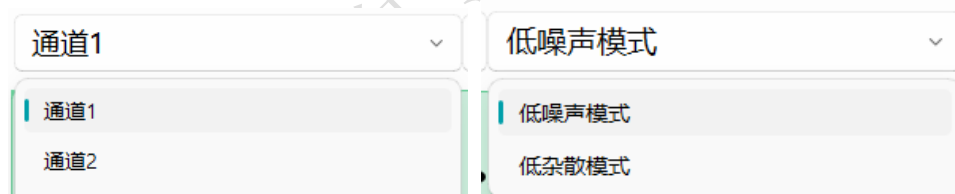


图 8 发射模式界面

- 使用触屏或者鼠标左键点击可更换模式；
- 使用 MATLAB API 函数设置发射模式，运行**发射模式设置**函数；比如设置为低杂散模式，`apn306_tx_modeset(1)`，此时模式设置成功：

### 3.3.2 基带产生

设备内置单音、跳频、不同带宽的宽带信号，也可以通过 MATLAB API 函数将 mat 格式的数据转为控制程序可识别的 txt 文件。

- 数据转换函数为 `apn306_tx_sigconvert(x,filename)`，如果希望控制软件可以识别信号调制方式，在文件命名时需按照 `xxxx_Sx_Rx_Fx.txt` 的格式，其中 S 后写

过采样倍数，R 后写成形滤波器系数，F 后写成形滤波阶数。信号调制信息用于回环测试时绘制星座图和计算 EVM，调制信息的缺失不会影响其他功能。

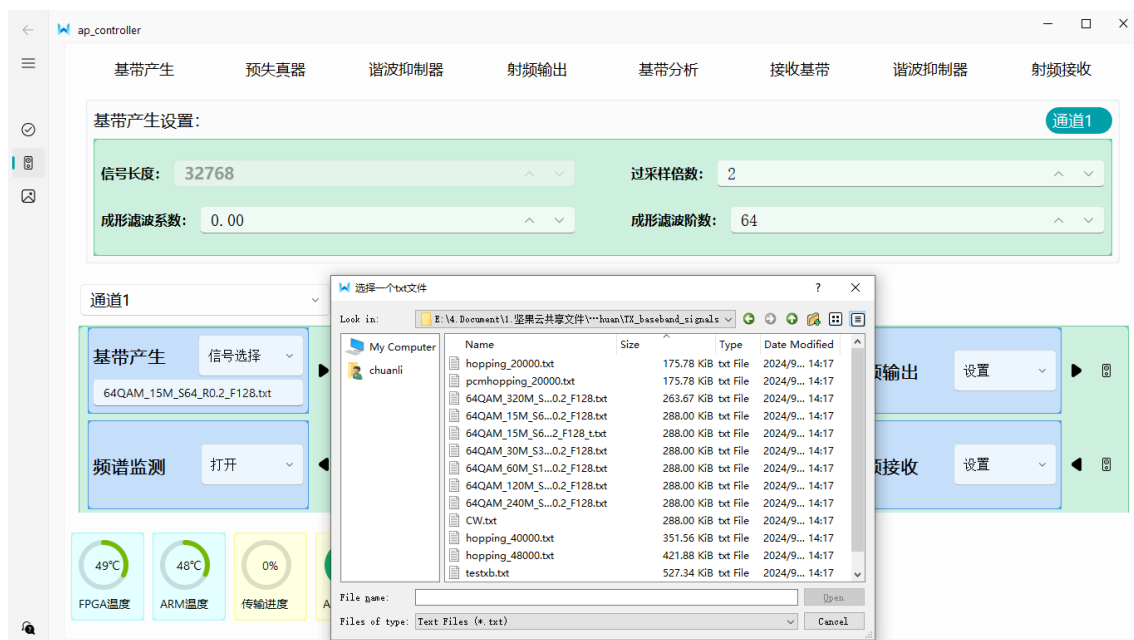


图 9 内置信号窗口

- 点击基带产生-信号选择，选择信号文件，包括单音信号（CW），跳频信号（hopping），宽带信号（\_xxxM\_）。下载信号后，可在顶部可以看到基带产生设置信息，包含信号长度、过采样倍数、成形滤波系数、成形滤波阶数。
- 使用 MATLAB API 函数运行发射信号加载函数，这时基带产生状态栏显示 `API defined`。比如设置通道 1，频率 2400 MHz，下载一个 320 MHz 1024-QAM 宽带信号，参考代码如下：

```
load('1024QAM_FS0.8G_BW320M_S3_I128_R0.25.mat');
apn306_tx_signaldownload(1,2400,x);
```

### 3.3.3 频谱监测

设备接收具有实时频谱监测功能，点击频谱监测—打开，打开实时绘图可进行实时频谱分析。

将收发回环，基带下载内置 120 MHz 64-QAM 信号，可以观测信号：

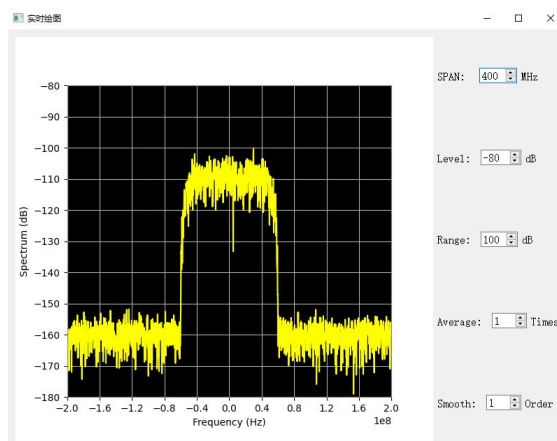


图 10 频谱监测

频谱监测可以调整观测带宽和观测范围，调整 Span 200 MHz，Level -100 dB，Range 70 dB，可以更好的观测信号：

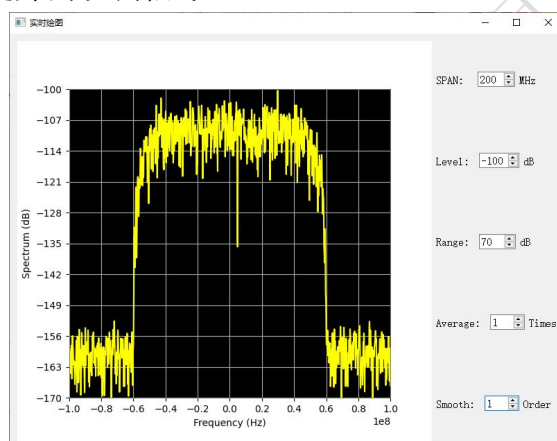


图 11 调整坐标后的频谱图

频谱监测支持平均采样和视频滤波，将平均采样次数和视频滤波阶数均设置为 5，得到如下观测图：

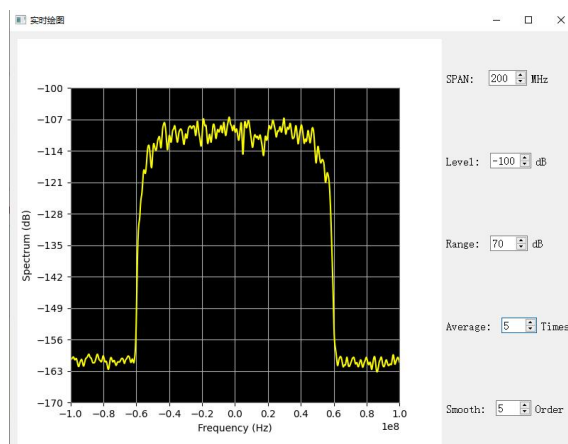


图 12 平均采样和视频滤波图


### 3.3.4 接收基带

设备支持采样信号、保存信号数据到本地的功能，支持自定义采样数据点数、文件名和文件存储位置。

点击接收基带—设置—进入界面



图 13 接收基带设置界面

设置采样数据点数，单次最低可设置 1024 个点，最高可设置 400 万个点；文件名、文件储存位置、通道选择设置好了之后，点击接收基带—按钮，等待传输进度到 100%：

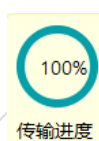


图 14 传输进度图

采样文件可通过提供的  $y=apn306\_rx\_sigconvert(filename)$  函数将其转化 mat 格式。

### 3.3.5 射频输出设置

射频输出设置包含输出偏置和相位偏移；

输出偏置=设置功率-端口功率，设置间隔 0.01 dB；设置功率是指设定的发射功率，端口功率是指待测件输入功率，可用功率计进行测量；

相位偏移可以改变发射端口信号的初始相位，设置间隔 0.1 度，使用双通道时，可以改变两个通道的相位差。

点击射频输出—设置—进入界面



图 15 射频输出界面

设备初始输出偏置为 0.00 dB:

- 使用触屏或鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整输出偏置, 间隔为 0.01 dB: 输出偏置: 0.01  dB;
  - 使用键盘设置输出偏置, 在框里输入数字来进行设置; 比如设置偏置 1.32 dB: 输出偏置: 1.32  dB;
  - 使用 MATLAB API 函数设置输出偏置, 运行发射偏置设置函数; 比如设置通道 1 偏置 0.58 dB, `apn306_tx_offset(1, 0.58)`: 输出偏置: 0.58  dB。
- 设备初始相位偏移为 0 度:
- 使用触屏或鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整相位偏移, 间隔为 1 度: 相位偏移: 1.0  度;
  - 使用键盘设置相位偏移, 在框里输入数字来进行设置; 比如设置相位偏移 253.2 度: 相位偏移: 253.2  度;
  - 使用 MATLAB API 函数设置相位偏移, 运行发射相位设置函数; 比如设置通道 1 相位偏移 357.2 度, `apn306_tx_phaseset(1, 357.2)`: 相位偏移: 357.2  度。

### 3.3.6 射频接收设置

输出偏置=端口功率-读取功率, 设置间隔为 0.01 dB; 读取功率是指接收显示的功率, 端口功率是指待测件输出功率;

点击射频接收—设置—进入界面



图 16 射频接收界面


设备初始输出偏置为 0.00 dB:

- 使用触屏或鼠标左键点击上下按键或鼠标中键上下滚动调整输入偏置，间隔为 0.01 dB: 输入偏置:: 0.01 ^ v dB;
- 使用键盘设置输入偏置，在框里输入数字来进行设置；比如设置偏置 1.32 dB: 输入偏置:: 1.32 ^ v dB;
- 使用 MATLAB API 函数设置输入偏置，运行接收偏置设置函数；比如设置通道 1 偏置 0.58 dB, `apn306_tx_offset(1, 0.58)`: 输入偏置:: 0.58 ^ v dB。

### 3.3.7 预失真器/谐波抑制器

功能完善中。

## 3.4 回环测试

将输出端口和输出端口通过同轴线进行连接，设定好频率、功率、衰减档；基带产生信号，可选内部或外部 API 传输进来的信号；当选用内部信号时，信号长度、过采样倍数、成形滤波系数、成型滤波阶数会自动进行设置；而选用外部信号时，需要手动输入这些参数以便于信号解调；设置完毕后，点击左侧菜单一回环测试  回环测试，即可得到实时回环测试图：

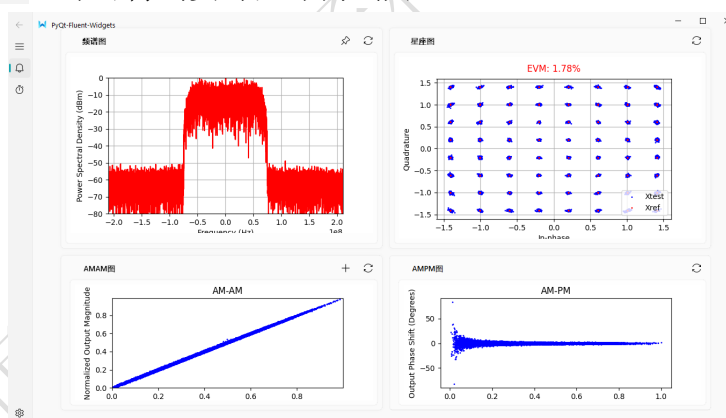


图 17 回环测试图

## 3.5 状态监测

设备的状态监测界面位于总界面下方，分为 9 个部分。

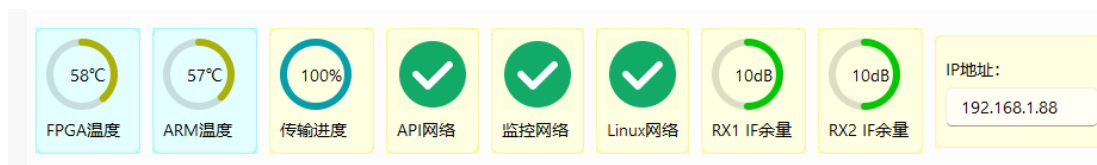


图 18 状态监测界面

### 3.5.1 温度监测

FPGA 温度和 ARM 温度为核心处理器温度，正常使用温度在 40°C~65°C，当温度超过 85°C 时请断电并检查风扇是否正常工作，超过 100°C 可能对设备造成不可逆的损坏。

### 3.5.2 传输进度

传输进度表示信号下载或接收的进度，100% 表示传输成功。

### 3.5.3 网络监控

API 网络指示外部网络连接是否正常，外部网络指通过网线收发指令、信号。绿色勾表示外部网络正常；红色叉表示外部网络异常；

监控网络指示状态监测是否正常状态监测包括 FPGA 和 ARM 的温度、R1/R2 的峰值和平均功率。绿色勾表示状态监测正常；红色叉表示状态监测异常；

Linux 网络指示内部网络连接是否正常，内部网络包含所有基础设置、通道设置、信号收发等功能。绿色勾表示内部网络正常；红色叉表示内部网络异常；

状态指示绿色勾和红色叉如图 11 所示：



图 19 状态指示状态图

IP 地址展示在右下角，可以显示目前设备 API 网络的 IP 地址，MATLAB API 连接函数中 IP 地址需要和该地址相同。打开网络连接函数 `apn306_connect()`；修改其网络 IP：

```
function t_client = apn306_connect(PORT)
%设置传输参数
IP='192.168.1.88';
PORT=5555;
.....
```

### 3.5.4 IF 余量

状态栏分为 RX1 和 RX2 两个指示 IF 余量的状态条，分别对应两个接收通道，含义为接收端饱和余量，该状态与当前通道接收到的峰值功率和衰减档相关。

将设备 RFout A 和 RFin A 使用同轴线连接，加载内部 120 MHz 64-QAM 信号后，可以看到初始发射功率和接收衰减设置下，RX1 IF 余量此时为 15 dB：



图 20 初始状态示意

当接收到的功率上升 14 dB 时，显然 IF 余量会只剩下 1 dB:



图 21 功率增加 IF 余量

当接收到的功率再上升 1 dB 时，此时 IF 余量显示为 0 dB，此时采样出的信号会因中频饱和而产生失真，设备会发出警告：“接收通道 X 中频饱和!”：



图 22 中频饱和和预警示意

此时需要增加接收通道的衰减挡，即可恢复正常，建议正常使用时 IF 余量预留 2-4 dB，过大的余量可能会影响采样信噪比，过小的余量可能在信号处理后进入饱和区：



图 23 衰减档调整示意

当余量为 0 dB 时继续增加接收功率，功率超限大概 5 dB 时，会触发中频保护机制，设备会发出警告“接收通道 X 功率超限，接收衰减强制 30dB!”。此时衰减挡会自动切换到 30 dB。请在使用时尽量不要使得功率超限，过度超限可能会永久损坏设备。



图 24 功率超限示意

## 4 用户函数

### 4.1 MATLAB 函数

HTR2050N306 提供给用户 MATLAB 功能函数。

#### 4.1.1 发射开关设置

##### ● `apn306_tx_switch(channel, Switch)`

函数功能	设置发射开关		
输入变量	channel	值	含义
		1	通道 A
		2	通道 B
	Switch	值	含义
		0	关闭
		1	开启
备注	无		

#### 4.1.2 发射频率设置

##### ● `apn306_tx_freqset(channel, value)`

函数功能	设置发射频率		
输入变量	channel	值	含义
		1	通道 A

		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>30.00~6000.00</b>	MHz
备注	频率分辨率 10kHz;		

## 4.1.3 发射功率设置

● **apn306\_tx\_powerset(channel, value)**

函数功能	设置发射功率		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>≤10</b>	dBm
备注	功率分辨率 0.01dB		

## 4.1.4 发射相位设置

● **apn306\_tx\_phaseset(channel, value)**

函数功能	设置发射功率		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>0~359.9</b>	度
备注	无		

## 4.1.5 发射偏置设置

● **apn306\_tx\_offset(channel, value)**

函数功能	设置发射补偿		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义

		<b>-100~100</b>	dB
备注	无		

## 4.1.6 发射模式设置

● **apn306\_tx\_modeset(mode)**

函数功能	设置发射模式		
输入变量	mode	值	含义
		<b>0</b>	低噪声模式
		<b>1</b>	低杂散模式
备注	无		

## 4.1.7 发射信号加载

● **apn306\_tx\_signalset(channel, freq, x)**

函数功能	加载信号		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	freq	值	含义
		<b>30.00~6000.00</b>	MHz
	x	值	含义
<b>复数数组</b>		加载信号	
备注	1. x 点数范围 2000~200 0000 2. 内置不同带宽滤波器, [30, 105) MHz: 15MHz [105, 205) MHz: 110MHz [205, 405) MHz: 220MHz [405, 6000) MHz: 420MHz		

## 4.1.8 接收频率设置

● **apn306\_rx\_freqset(channel, value)**

函数功能	设置接收频率		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A

		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>30.00~6000.00</b>	MHz
备注	频率分辨率 10 kHz;		

## 4.1.9 接收衰减设置

● **apn306\_rx\_attset(channel, value)**

函数功能	设置接收衰减		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>0~30</b>	dB
备注	设置步进 1dB		

## 4.1.10 接收偏置设置

● **apn306\_rx\_offset(channel, value)**

函数功能	设置接收补偿		
输入变量	channel	值	含义
		<b>1</b>	通道 A
		<b>2</b>	通道 B
	value	值	含义
		<b>-100~100</b>	dB
备注	无		

## 4.1.11 接收功率读取

● **[r1a,r1p,r2a,r2p] = apn306\_rx\_powerget()**

函数功能	接收功率读取		
输出变量		值	含义
	r1a	实数	通道 A 平均功率
	r1p	实数	通道 A 峰值功率
	r2a	实数	通道 B 平均功率

	r2p	实数	通道 B 峰值功率
备注	无		

## 4.1.12 接收信号采样

●  $y = \text{apn306\_rx\_signalget}(\text{channel}, \text{freq}, \text{Ns})$ 

函数功能	接收信号		
输入变量	channel	值	含义
		1	通道 A
		2	通道 B
	freq	值	含义
		30.00~6000.00	MHz
	Ns	值	含义
整数, 小于 4e6		接收点数	
输出变量	y	值	含义
		复数数组	接收信号
备注	内置不同带宽滤波器, [30, 105) MHz: 15MHz [105, 205) MHz: 110MHz [205, 405) MHz: 220MHz [405, 6000) MHz: 420MHz		

## 4.1.13 接收平均采样

●  $y = \text{apn306\_rx\_signalavg\_get}(\text{channel}, \text{freq}, \text{Ns}, \text{iter})$ 

函数功能	接收平均采样		
输入变量	channel	值	含义
		1	通道 A
		2	通道 B
	freq	值	含义
		30.00~6000.00	MHz
	Ns	值	含义
		无限制整数	接收点数
	iter	值	含义
正整数		迭代次数	

输出变量	y	值	含义
		复数数组	接收信号
备注	无		

## 4.1.14 可线性化程度评估算法

● **apn306\_ILC(channel, freq, x, iter)**

函数功能	可线性化程度评估算法		
输入变量	channel	值	含义
		1	通道 A
		2	通道 B
	freq	值	含义
		30.00~6000.00	MHz
	x	值	含义
		复数数组	加载信号
	iter	值	含义
正整数		迭代次数	
备注	无		

## 4.1.15 采样率调整

● **xr = apn306\_resample(x,fsin,fsout,bw)**

函数功能	改变信号采样率至 800M		
输入变量	x	值	含义
		复数数组	原信号
	fsin	值	含义
		正整数, 小于 800e6	原信号采样率
	fsout	值	含义
		正整数, 小于 800e6	输出信号采样率
	bw	值	含义
		信号带宽	信号带宽
输出变量	Xr	值	含义
		复数数组	采样率变换为 800M 后信号
备注	无		

## 4.1.16 发送信号格式转换

● **apn306\_tx\_sigconvert(x,filename)**

函数功能	将数据转存为控制软件可识别的 txt 文件		
输入变量	x	值	含义
		复数数组	原信号
	filename	值	含义
		以.txt 结尾的字符串	文件名
备注	无		

## 4.1.17 接收信号格式转换

● **y=apn306\_rx\_sigconvert(filename)**

函数功能	将控制软件可识别的 txt 文 jh		
输入变量	filename	值	含义
		字符串	信号文件名
输出变量	y	值	含义
		复数数组	接收信号
备注	无		

## 4.1.18 网络连接设置

● **apn306\_connect(); apn306\_disconnect()**

函数功能	连接网络/断开网络
备注	可在连接网络里更改 IP 地址