



Application Notes of BK5824

BK5824 应用手册

V1.0

Beken Corporation
博通集成电路(上海)有限公司
中国上海张江高科技园区
张东路 1387 号科技领袖之都 41 幢
电话: (86)21 5087 1085
传真: (86)21 6087 1089

文档含博通(BEKEN)公司保密信息, 非经书面许可, 不可外传

更改记录

版本号	日期	作者	注释
1.0	2016 年	BEKEN	正式发布

目录

1 本文档主要内容.....	5
2 如何判断芯片是否正常工作.....	6
3 BK5824 应用电路及 layout 注意事项.....	7
3.1 BK5824 的参考应用电路.....	7
3.1.1 BK582 应用于 OBU 的参考原理图.....	7
3.1.2 BK5824 应用于 CPC 卡的参考原理图.....	7
3.2 BK5824 PCB 设计时注意事项.....	8
4 BK5824 射频性能的测试及注意事项.....	9
4.1 BK5824 接收的射频性能测试.....	9
4.1.1 BK5824 接收灵敏度的测试.....	9
4.1.2 BK5824 接收带宽的测试.....	10
4.2 BK5824 唤醒链路的灵敏度测试.....	11
4.3 BK5824 发射链路的射频性能测试.....	11
4.3.1 BK5824 发射功率和频率容限的测试.....	11
4.3.2 BK5824 发射频谱占用带宽的测试.....	12
4.3.3 BK5824 发射调制系数的测试.....	12
5 BK5824 OBU 通过国家交通部门测试需注意事项.....	13
5.1 BK5824 发射各性能指标的测试.....	13
5.2 wakeup 灵敏度的测试.....	13
5.3 协议测试时可能需要调整地方.....	13
6 OBU 在场测时可能遇到的问题及解决办法.....	14
7 OBU 研发中可能遇到的问题及解决办法.....	15
7.1 MCU 是否能正常控制 BK5824.....	15
7.2 BK5824 发射链路是否锁定.....	15
7.3 BK5824 发射单载波和 PN9 调制信号的设置.....	15
7.4 BK5824 发射功率的调整.....	16
7.5 BK5824 数据包格式的调整.....	16
7.6 BK5824 接收链路常遇到的问题.....	17
7.6.1 BK5824 接收灵敏度较差的分析.....	17
7.6.2 BK5824 接收信号强度和 RSSI 之间的关系.....	17
7.6.3 BK5824 如何通过 DIO 接收整个数据包.....	18
7.6.4 BK5824 如何改变接收链路增益来降低灵敏度.....	18
7.7 BK5824 wakeup 校准及灵敏度的调整.....	18
7.8 BK5824 接收和发射中断工作原理及其状态.....	20
7.9 如何设置 BK5824 发射和接收的工作频点.....	20
参考文献.....	21
附录.....	21
1 BK5824 带外抑制误唤醒的测试曲线.....	21
2 BK5824 零唤醒的时序图.....	22
3 BK5824 在 160us 内完成接收和发射数据的时序图.....	23



4 BK5824 发射谐波测试结果	24
5 BK5824 全向天线的仿真结果	25

1 本文档主要内容

本文档描述了 BK5824 射频收发器应用于 ETC 系统中，作为 OBU 和 CPC 进行研发测试时可能遇到的问题及解决办法。具体内容包括：如何判断 BK5824 芯片是否工作正常；对 BK5824 射频收发器的射频性能如何进行测试及注意事项；通过国家交通部门测试所需注意的性能指标；进行 OBU 场测时可能遇到的问题及解决办法；在研发调试阶段可能遇到的问题及解决办法。

2 如何判断芯片是否正常工作

在研发调试或生产测试阶段，发现对 BK5824 射频收发器的控制失效或其收发不正常，需要分析是否芯片损坏或是 MCU 控制出了问题，具体判定步骤如下：

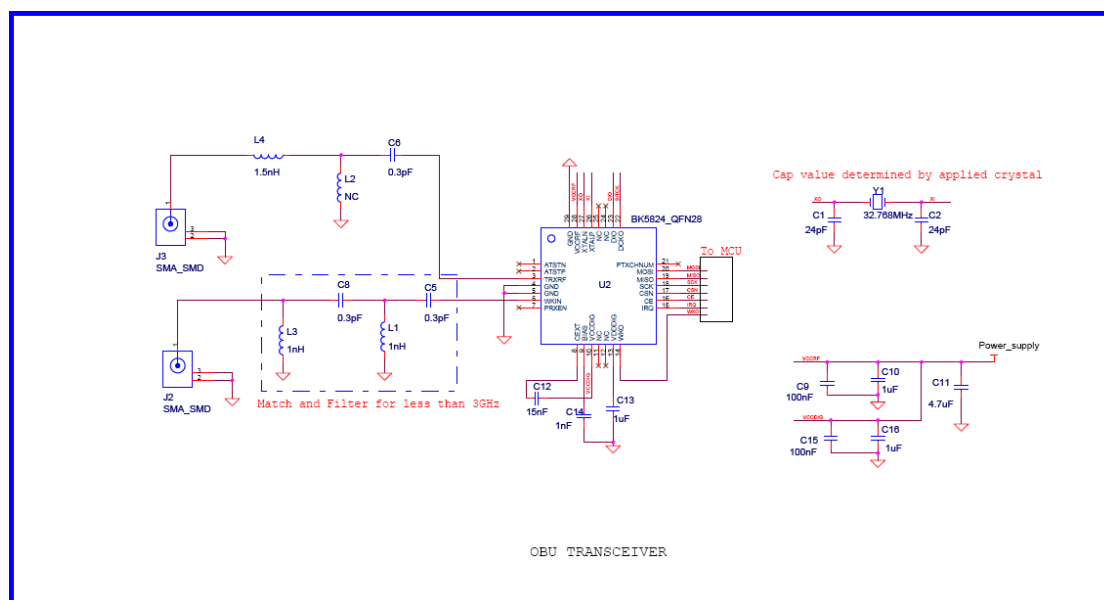
- 1) **确定 BK5824 驱动软件代码是否最新：**由于在芯片研发过程中，为了满足国家相关部门的标准和地方标准，对芯片进行了多次调整和优化，有些寄存器做了相应的更改。具体参考代码详见【1】。
- 2) **测试 VDDDIG 直流电平：**VDDDIG 外接 1uF 电容，正常直流电平为 1.8V。如果测量的电平值明显和上述有差别的话，芯片可能损坏。
- 3) **检查晶体是否起振：**上电后，首先测量晶体两端的直流电平是否正确，大概在 600mV \pm 100mV；然后测量晶体振荡频率，正常应为 32.768MHz。
- 4) **通过 SPI 读取 chipID：**通过 SPI 读取 REG0<7:0>获得 chipID，其正常值为 0X94。如果是 0，可能 SPI 控制有问题，详见 7.1。
- 5) **查看发射链路是否正常：**通过设置来发射单载波，发射单载波的设置详见 7.3，应用频谱仪查看是否有所发射频点的单载波存在，如果频点偏差较大，例如在 6GHz 以上，说明 PLL 未锁定，此时可以通过设置 REG7<28>从默认的“0”到“1”，再到“0”，正常的话，频谱仪上显示的单载波频点应为所希望的 5.79GHz 或 5.8GHz。如果在频谱仪上未看到单载出现，可能是寄存器控制有问题（详见 7.1）或者发射器损坏。如果在频谱仪上看到的单载波非常小（传导测试情况下），可以通过改变 REG9<4:1>，查看单载波幅度是否改变，如果改变说明可能是发射器的 PA 损坏；如果单载波幅度不改变，查看寄存器控制是否正常，详见 7.1。
- 6) **查看接收链路是否正常：**首先打开接收链路，即 REG15<1>为“1”，通过查看 LO 频率是否存在，频点在(5835*32/33)MHz，幅度大概在-50~-70dBm，如果正常，可以直接测量灵敏度，详见 4.1.1；若灵敏度相差较大，需查看分析接收链路是否有问题，详见 7.6.1。如果 LO 不存在，说明可能接收器损坏。
- 7) **查看 Wakeup 链路是否正常：**首先使能 wakeup 链路，即 CE 为高电平，REG9<0>为“1”，然后对 wakeup 链路进行校准，使解调后的方波限制在 10KHz~20KHz 之间，此范围以外的方波信号不能触发唤醒中断。校准需 toggle REG15<28>，从“1”到“0”，校准的值可通过读取 REG7<4:0>获得，其值不能过小或过大。校准值正常的话，可直接测量 wakeup 链路的灵敏度，具体方法详见 4.2。引脚 8 的 CEXT 外接 15nF 电容到电源上。

3 BK5824 应用电路及 layout 注意事项

3.1 BK5824 的参考应用电路

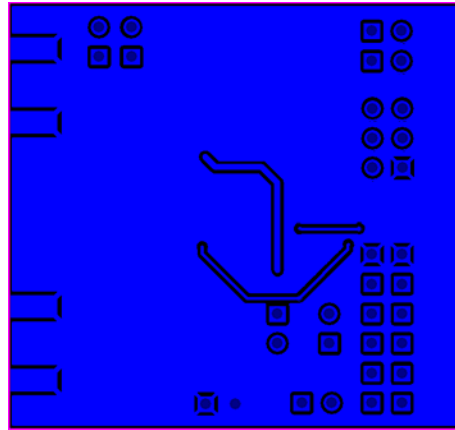
3.1.1 BK582 应用于 OBU 的参考原理图

BK5824 OBU 的参考电路如下图。为了消除外界干扰信号对 Wakeup 的误唤醒，在 wakeup 链路加了 HPF，对应用环境中的干扰信号进行了几十 dB 的衰减，具体测试数据参考附录 1.1，此时唤醒灵敏度比最佳灵敏度差 2~3dB。此 HPF 对 900MHz 衰减 45dB，对 1.9GHz 衰减 40dB 以上，对 2.4GHz 衰减 30 以上。如果应用同一天线，建议收发匹配后和唤醒匹配后直接连接，再通过天线匹配到天线。



3.1.2 BK5824 应用于 CPC 卡的参考原理图

BK5824 CPC 的参考电路如下图。和 OBU 的应用相比，增加了外部检波管，提高唤醒灵敏度，电流增加 5~6uA。为了消除外界干扰信号对 Wakeup 的误唤醒，在 wakeup 链路加了 HPF 和 LPF，对应用环境中的干扰信号进行了几十 dB 的衰减，具体测试数据参考附录 1.2，此时唤醒灵敏度比最佳灵敏度差 2~3dB。此 HPF 对 900MHz 衰减 50dB，对 1.9GHz 衰减 45dB 以上，对 2.4GHz 衰减 30 以上。



4 BK5824 射频性能的测试及注意事项

BK5824 是专为国标 ETC 设计的 Transceiver，它集成了标准中的物理层和 MAC 层，使射频性能的测试更为简便，所需要的仪表有频谱仪，信号发生器，示波器，稳压电源等。

4.1 BK5824 接收的射频性能测试

BK5824 OBU 的射频性能主要有接收灵敏度、接收带宽和接收相邻信道信号的选择性。下面主要介绍接收灵敏度和接收带宽的测试。

4.1.1 BK5824 接收灵敏度的测试

BK5824 接收灵敏度测试结构框图如 4.1，所需设备主要有 BER 测试仪，它具有信号发生器的功能（可参考 4438C）。一般在研发阶段测试接收灵敏度可通过读取 BK5824 相应寄存器的方式来确定其灵敏度，较为方便。如果有条件的话，可通过 BER 测试仪进行 BER 测试。下面介绍两种测试灵敏度的方法：

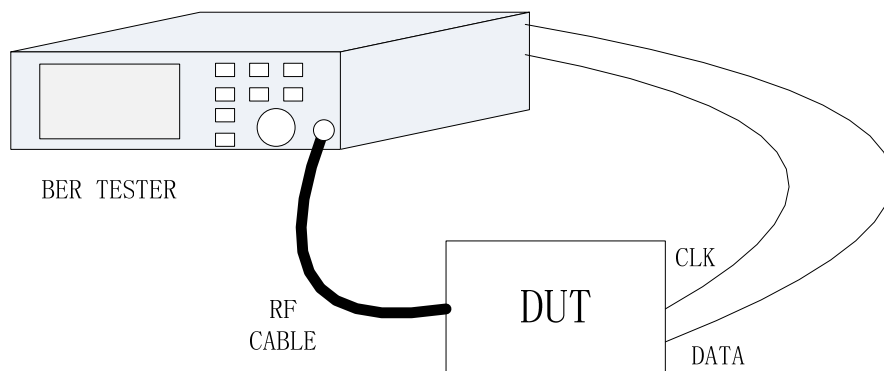


图 4.1 BK5824 接收灵敏度测试框图

一是通过 BER 测试仪确定灵敏度，具体步骤如下：

- a) 按照图 4.1 连接整个测试平台，射频线连接到 DUT 射频前端的测试点（即信号的输入端），CLK 和 DATA 信号为 BK5824 输出的时钟和接收数据，需要反馈给 BER 测试仪。
- b) 设置 BER 测试仪(4438C)，产生连续的 PN9 FM0 编码的 ASK 调制信号（需要编程文件，load 到仪器中）。
- c) DUT 上电，初始化后，设置其工作在接收状态（REG15<1>为“1”），IO 口输出数据为解码后的数据（设置 REG11<18>为 0）
- d) 设置 BER 测试参数并打开 BER 测试。
- e) 设置信号发生器的频率和幅度，频率可以为 5.83GHz 或 5.84GHz，幅度设置起初要大些，使 BER 的值较小或趋于 0，然后调小幅度，直至 BER 的值接近设定的限值，记录此时信号幅度，即为灵敏度（需要加上射频线的损耗）。

二是通过读取 BK5824 的相应寄存器来确定接收灵敏度。

- a) 按照图 4.1 连接整个测试平台，射频线连接到 DUT 射频前端的测试点（即信号的输入端）。
- b) 设置信号发射器(4438C)，产生连续的 PN9 FM0 编码的 ASK 调制信号（需要编程文件，load 到仪器中）。设置信号发生器的频率和幅度，频率可以为 5.83GHz 或 5.84GHz，幅度设置起初要大些（例如 -50dBm）。
- c) DUT 上电，初始化后，设置其工作在接收状态（REG15<1>为“1”），打开 BER 测试功能，即 REG9<30>为 1；REG14 为 0X4CAAACD4。
- d) Toggle REG15<0> “0”→ “1”，延迟 5s。
- e) 设置 REG9<29>为 1，然后读取 REG19 和 REG20，分别为接收到的总 bit 数和错误的 bit 数，然后计算此时的 BER（应该趋于 0）；接下来调小信号发生器的幅度，直至 BER 的值接近设定的限值（小于 10^{-5} ），记录此时信号幅度，即为灵敏度（需要加上射频线的损耗）。

4.1.2 BK5824 接收带宽的测试

BK5824 接收带宽的测试前提是进行了灵敏度测试，在其基础上进行如下步骤测试：

- a) 按图 4.1 连接测试平台，信号发生器和 DUT 设置同灵敏度测试。
- b) 调整信号发生器幅度为灵敏度的值，计算 BER，看是否为小于且接近 10^{-5} 。
- c) 调整信号发生器幅度，增加 3dB（交通部门测试增加 6dB）。
- d) 调整信号发生器频率，首先向低频方向调整，直至 BER 小于且接近 10^{-5} ，记录此时频率值 f_L ；然后再向高频方向调整，直至 BER 小于且接近 10^{-5} ，记录此时频率值 f_H 。
- e) 计算接收带宽 $RxBW = f_H - f_L$ 。

4.2 BK5824 唤醒链路的灵敏度测试

BK5824 唤醒灵敏度的测试和接收灵敏度测试类似，主要区别是加入的调制信号不同，还有测试灵敏度之前，wakeup 链路一定要校准。具体测试步骤如下：

- 按照图 4.2 连接测试平台，射频线连接到 DUT 射频前端的测试点（即信号的输入端），WKO 为唤醒信号的中断输出，高电平有效。
- 设置信号发生器，产生连续的 ASK 调制信号，具体设置：ASK depth: 90%，DATA: FIX4(1100)，RATE: 56kHz，FILTER: GAUSSIAN(BT=1)；打开 pulse 功能，设置 pulse 周期为 10ms，pulse 宽度 1.14ms。
- 设置示波器，amplitude step: 1V/div，time: 50us/div。
- DUT 上电，初始化后，一定要对 wakeup 链路进行校准（对 REG15<28> 位进行 toggle，此时 REG9<0> 为 1），具体校准方法参考 7.7。
- 设置信号发生器的频率和幅度，频率可以为 5.83GHz 或 5.84GHz，幅度设置起初要大些，此时示波器上显示周期为 10ms 的脉冲。然后减小信号幅度，直至示波器上的周期性脉冲变得不完整，此时信号强度即为 wakeup 灵敏度（需要考虑射频线的损耗）。

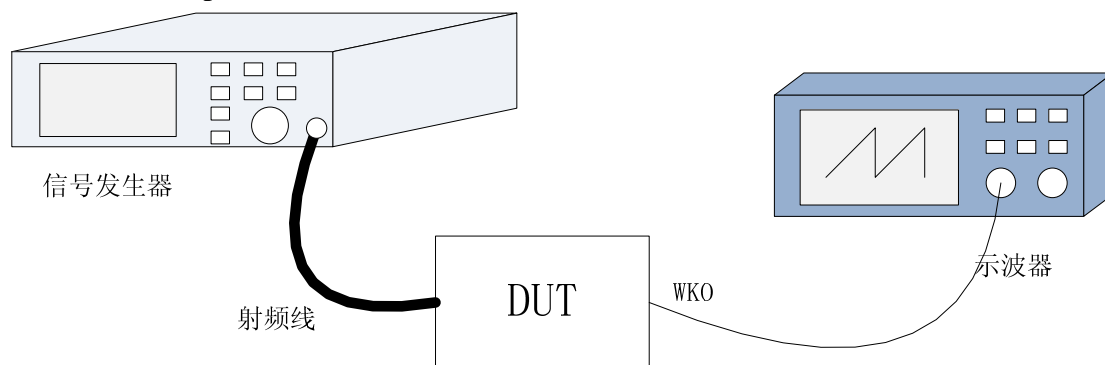


图 4.2 wakeup 灵敏度测试框图

4.3 BK5824 发射链路的射频性能测试

BK5824 发射链路的射频性能指标较多，只有使各射频性能指标满足标准要求，才能使发射的信号被 RSU 正确接收，确保整个通信交易的成功率。发射链路的射频性能指标有最大发射功率、发射频率容限、发射频谱占用带宽、发射杂散、相邻信道功率比、调制系数和位速率等。射频性能的测试主要用到的仪器为频谱分析仪。具体测试如下：

4.3.1 BK5824 发射功率和频率容限的测试

BK5824 发射功率的测试，首先是通过射频线把被测 OBU 的天线前端连接到频谱仪输入端口，然后上电 OBU，初始化后，设置 BK5824，使其发射单载波，具体操作详见 7.3。此时从频谱仪读取 peak 的功率值即为最大发射功率（为了读

取的功率值相对精确，频点位于显示屏中心，span 为 1MHz)。通过更改设置可以测试不同 channel 的最大功率，发射 channel 的更改详见 7.9。

频率容限的测试，在读取最大功率值的同时，读取频率值 f ，然后计算得出频率容限 f_t ，计算公式如下：

$$f_t = \frac{f - f_0}{f_0}$$

f_0 为载波频率

4.3.2 BK5824 发射频谱占用带宽的测试

BK5824 发射频谱占用带宽的测试，具体步骤如下：

- a) 通过射频线把被测 OBU 的天线前端连接到频谱仪输入端口，或者通过耦合测试，频谱仪的输入端连接接收天线。
- b) 设置频谱仪(以 E4404 为例)，MEASURE→Occupied BW, Meas setup→OBW span: 20MHz, BW/avg→res BW: 1MHz (交通部门测试的设置)，Meas setup→MAX hold。Center frequency: 5.79GHz or 5.8GHz。
- c) 上电 OBU，初始化后，设置 REG1<7>为“0”，REG15<3:2>为“1”，发射 PN9 连续调制信号。
- d) 从频谱仪上读取 OBW 的值即可

4.3.3 BK5824 发射调制系数的测试

BK5824 发射调制系数的测试，具体步骤如下：

- a) 通过射频线把被测 OBU 的天线前端连接到频谱仪输入端口，或者通过耦合测试，频谱仪的输入端连接接收天线。
- b) 上电 OBU，初始化后，设置 REG1<7>为“0”，REG15<3:2>为“1”，发射 PN9 连续调制信号。
- c) 设置频谱仪(以 E4404 为例)，center frequency: 5.79GHz or 5.8GHz, span: 0Hz, Trig→video; BW/avg→Res BW: 1~3MHz, 波形最佳为宜; Sweep→Sweep time: 20us or 40us。
- d) 此时可以单次扫描，通过 Marker 点来读取高电平的幅度 V_H (mV)，低电平幅度 V_L (mV)，然后可以计算调制系数，计算公式如下：

$$t = \frac{V_H - V_L}{V_H + V_L}$$

注：通过此测试方法，可以测量得到发射调制信号的占空比。不同的是 (d) 中测量出高低电平持续的时间，然后计算得出。

5 BK5824 OBU 通过国家交通管理部门测试需注意事项

目前国家交通管理部门对 OBU 的测试主要分为常温条件下物理层的射频性能测试、常温协议测试、高低温条件下的发射频率容限测试和交易测试、场测。

应用 BK5824 的 OBU 在进行国标测试时，主要是物理层的射频性能测试，通过了物理层测试，协议测试相对较为容易（这里指的是调整 BK5824 的设置相对较少了）。下面介绍 BK5824 OBU 在进行国标测试时，可能会遇到的问题。

5.1 BK5824 发射各性能指标的测试

- 发射杂散的测试，主要是 1.9GHz 附近及其倍频后的谐波。在研发调试阶段，首先此项指标的传导测试要满足标准要求，这可能会使发射功率降低一些。交通管理部门测试方式为耦合测试，由于不同 OBU 的设计不同，在传导杂散满足标准要求时，耦合测试也可能不通过，此时可以通过适当降低发射功率来满足要求。由于耦合测试不达标，可能需要在射频电路部分加屏蔽罩来抑制二次谐波。
- 位速率的测试，这里需要发射全“0”的调制信号，以满足位速率的自动测试。全“0”发射方法详见 7.3。

5.2 wakeup 灵敏度的测试

Wakeup 灵敏度测试交通管理部门采取的是耦合方式，要求 OBU 在接收到唤醒信号后，给予提示，通过蜂鸣器或者指示灯。由于 wakeup 灵敏度过好，在场测时交易区域可能超出要求边界，此时可通过调整 BK5824 内部相关寄存器来降低 wakeup 灵敏度（详见 7.7）。

5.3 协议测试时可能需要调整地方

- 为了 RSU 和 OBU 能建立通信，可能需要调整 BK5824 发射数据包中的前导码，以满足双方的同步，从而建立点对点通信。前导码格式的更改详见 7.5。
- 为了使 RSU 和 OBU 能互相正确接收数据，CRC 校验一定要正确，CRC 的设置详见 7.5。

6 OBU 在场测时可能遇到的问题及解决办法

目前 OBU 在多个客户进行的长期场测过程中，发现了两个共同的问题：误唤醒和邻信道干扰问题。

- 1) **误唤醒**：OBU 在实际应用中，主要是被手机终端和通信基站的干扰，它们的应用广，覆盖区域大，所以一定要抑制掉它们的干扰。应用 BK5824 的 OBU 抑制误唤醒的具体办法是：

- ◆ 为了降低成本，我们应用 3 阶 LC 高通滤波器来衰减干扰信号，在 900MHz 衰减 50dB，1.9GHz 衰减 30dB 以上，2.4GHz 衰减 20dB 以上。

- 2) **邻信道干扰和交易距离的问题**：

实际应用中，可能会出现和邻信道进行通信成功，从而导致本车道不能通过的情况（有栏杆），解决此问题，可应用 BK5824 的自动唤醒模式，即零唤醒，BK5824 被唤醒和接收到的数据为同一个广播包；

另外在场测标定交易区域时，交易距离过远而不符合要求。为了解决此问题，可应用 RSSI 来实现交易距离的控制，预先设定阈值，只有接收信号强度大于此阈值时，系统才读取接收到的数据，并分析及进行交易的余下操作。

7 OBU 研发中可能遇到的问题及解决办法

7.1 MCU 是否能正常控制 BK5824

首先, 可选择一个数字寄存器如 REG9, 进行读写操作, 看是否正常。然后, 对多个数字寄存器进行读写, 如 REG9, REG10, REG11, REG12, 如果有的个别寄存器读或者写有问题, 可能是 MISO 或者 MOSI 上的数据不稳定, 可以通过串连 RC 网络进行滤波来解决 (一般在较长的 SPI 线时可能出现)。

寄存器的读写是通过四线 SPI 来实现的, SPI 的参考时序详见『3』。这里需要注意的是 CSN 信号的初始态, 一定要为高电平。SCK 初始态为低电平。

SPI_RW () 子函数是 MCU 普通 I/O 端口模拟实现的 SPI 读写函数, 和硬件 SPI 读写不同, 如果客户采用硬件 SPI 读写, 需要更改此子函数代码。

如果对选择寄存器读写数据不一样, 可通过示波器或数字逻辑分析仪按照以下步骤检查 (以示波器为例):

- 1) 用示波器查看对寄存器进行读写时, CSN 是否为低电平, 随后 SCK 信号是否存在
- 2) 如果 CSN 和 SCK 不正常, 请检查 MCU 端口设置和初始化程序的正确; 如果正常, 查看 MOSI 信号, 第一个 byte 的数据是否正确, 即为读或写命令+寄存器地址
- 3) 如果 MOSI 第一个 byte 不正常, 查看参考代码是否正确; 如果正常, 看 MOSI 和 MISO 的信号幅度, 是否需要外加上拉(SPI 线过长的话), 以确保数据的正确。

注: 在调试时, 可根据应用的 MCU 的不同, 和 SPI 读写实现方式的不同, 对 SPI 时钟选择可先设置为较低的时钟频率。

7.2 BK5824 发射链路是否锁定

BK5824 发射链路是否锁定, 需要用频谱仪来观察, 看发射载波是否在设定的频点上, 如果发射载波在 6GHz 以上, 明显是没有锁定, 可通过 toggle 寄存器来解决。具体是 toggle REG7<28>。在实际应用中, 发射数据时, 往 FIFO 中写数据, 发射链路会自动打开, 并锁定。

7.3 BK5824 发射单载波和 PN9 调制信号的设置

BK5824 发射单载波的设置, 对 REG1<7>置“1”, REG9<0>置“1”, REG15<3:2>=1。

BK5824 发射调制信号的设置, 首先对 REG1<7>置“0”, 然后根据不同需求, 对 REG15<3:2>进行相应的设置:

发射 PN9 ——> REG15<3:2>=1

发射全 0 ——> REG15<3:2>=2

发射全 1 ——> REG15<3:2>=2, REG15<12:11>=0

7.4 BK5824 发射功率的调整

BK5824 发射功率是可以通过寄存器来调整的，默认状态下，发射功率等级处于最大状态，如果需要降低发射功率，可以改变相应寄存器的值。具体寄存器及功率等级描述如下：

REG9<4:1>：从 F->0 功率依次减小，测试数据参考下表：

REG9<4:1>	Power (dBm)
F	7.2
E	6.6
D	5
C	3.8
B	2.4
A	1.2
9	-0.5
8	-1.7
7	-3.2
6	-4.5
5	-5.9
4	-7.2
3	-8.8
2	-10.1
1	-11.7
0	-13

7.5 BK5824 数据包格式的调整

发射数据包包括：前导码，同步码，数据，校验码，同步码，后导码。BK5824 可以改变的是前导码，和校验码。默认前导码为 16 个“1”，16 个“0”，16 个“1”的个数可以调整，相应的寄存器为 REG15<9:6>，默认为“F”，可以调整此数值来改变“1”的个数。默认校验码使能，可以通过设置 REG15<4>为“0”来禁止发射校验码，发射的校验码有两种情况，通过设置 REG15<5>为“1”或“0”来实现。

接收数据包中的校验码也可以使能或禁止，方法同上，默认使能，通过设置 REG15<18>为“1”，可以对 RSU CRC 的两种情况下的数据同时接收。

7.6 BK5824 接收链路常遇到的问题

7.6.1 BK5824 接收灵敏度较差的分析

对于 BK5824 接收灵敏度很差的 PCB 板，首先检查是否接收链路的外围器件焊接良好，如果外围器件没有问题，可以通过下面的方法检查芯片是否良好：改变输入的信号强度，然后读取 REG2<6:0>，看是否随信号的增强而减小。信号强度和 REG2<6:0>值的关系详见 7.6.2。

7.6.2 BK5824 接收信号强度和 RSSI 之间的关系

RSSI, GAIN_agc 和接收信号强度三者相对的关系式如下(需要测试两组以上数据)：

$$(P_{rx1}-P_{rx2})(dB)+(Gain_{agc1}-Gain_{agc2})(dB)=(RSSI1-RSSI2)(dB)$$

P_rx:接收信号强度

Gain_agc:从寄存器 2<6:0>中读取,然后在 gain table 中查出对应的增益值

RSSI: 从寄存器 3<5:0>中读取, 然后转换成十进制数

Gain table

REG2<6:0>HEX	AGC Total Gain (dB)
76	58
74	54
72	50
70	46
6A	42
68	38
62	34
60	30
42	26
40	22
2A	18
28	16
22	12
20	8
2	4
0	0

7.6.3 BK5824 如何通过 DIO 接收整个数据包

BK5824 内部集成了 FM0 解码，所以可以在 FIFO 中直接读取数据（7E 之间的数据）。但是客户也可以通过 DIO 引脚，即 PIN23，接收到整个数据包，包括前导码和后导码及其之间的数据（数据可为解码前的，亦可为解码后的，通过 REG11<18>设置选择），同时 PIN22 输出和解码后数据同步的时钟。

具体方法如下：REG15<15>置为“0”，DIO 数据输出使能。为了应用示波器能较清晰的观察波形。首先更改 AGC 速度，即 REG9<18:17>置为“1”（默认 2），然后阈值设置，即 REG10<24:11>置为“200h”，REG10<10:0>置为“1FFh”。

7.6.4 BK5824 如何改变接收链路增益来降低灵敏度

若需要调整接收灵敏度，可通过设置下面相应寄存器的值来实现，在 REG2<27:24>=3 时，更改 REG17，具体设置方法参考下面表格

		DEFAULT			
REG17	high gain	76	6A	22	
	...		74	68	20
			72	62	2
			70	60	0
			6A	42	0
			68	40	0
			62	2A	0
			60	28	0
			42	22	0
			40	20	0
			2A	2	0
			28	0	0
			22	0	0
			20	0	0
		2	0	0	
	low gain	0	0	0	
sensitivity (dBm)		-86	-82.5	-52	

7.7 BK5824 wakeup 校准及灵敏度的调整

BK5824 wakeup 链路的校准必须在初始化时完成，即在初始化时对 REG15<28>进行 toggle，1→0，写入 1 后需要延迟 5ms 以上（注意：校准前，PowerUp 使能，接收需要禁止，即 REG9<0>为“1”，REG15<1>为“0”）。通过读取 REG7<5:0>获得校准值，结果是对 10KHz~20KHz 以外的解调方波不予

处理。

为了使校准后处理方波的频率以 14KHz 对称, 实际应用中可通过 REG2<5:3> (上限) 和 REG2<2:0> (下限) 来调整。具体调整步长如下:

REG2<5:3>: 111 对于上限的最大值, 数值降低 1, 上限值降低 1kHz;

REG2<2:0>: 111 对于下限的最大值, 数值降低 1, 下限值降低 0.5kHz。

Wakeup 灵敏度可以通过 REG4 进行调整, 详见下表。

Reg4<27:24>	Reg4<21:19>	sen. (dBm)
2	7	-54
3	7	-53.5
4	7	-53
5	7	-52
6	7	-51.5
7	7	-51
8	7	-50
9	7	-49.5
a	7	-49
b	7	-48
c	7	-47.5
d	7	-47
e	7	-46.5
f	7	-46
f	6	-45.5
f	5	-45
f	4	-44.5
f	3	-43.5
f	2	-42.5
f	1	-41
f	0	-38

表 1 应用于 OBU 中唤醒灵敏度的调整

Reg4<23:22>	Reg4<27:24>	Reg4<21:19>	sen. (dBm)
3	4	7	-59
2	4	7	-58.5
1	4	7	-58
1	5	7	-58
1	6	7	-58
1	7	7	-58
1	8	7	-58
1	9	7	-57
1	a	7	-56.5
1	b	7	-55.5
1	c	7	-55
1	d	7	-54.5

1	e	7	-53.5
1	f	7	-53
1	f	6	-52.5
1	f	5	-52
1	f	4	-51.5
1	f	3	-51
1	f	2	-51
1	f	1	-50.5
1	f	0	-50

表 2 应用于 CPC 卡中唤醒灵敏度的调整

7.8 BK5824 接收和发射中断工作原理及其状态

BK5824 收发中断状态需要从 REG6<7:0>读取，各位定义见『4』。

接收过程，当接收到正确数据时 REG6<1>和 REG6<7>为“1”，同时 IRQ 跳变为低电平，此时接收自动关闭；读走 FIFO 中数据，接收中断相应寄存器自动清零，IRQ 跳变为高电平，此时接收自动打开，准备接收下一个数据包。

发射过程，向发射 FIFO 中写数据，REG6<5>为“1”，发射链路自动打开，数据发射完后，REG6<0>为“1”，同时 IRQ 跳变为低电平，此时需要软件清发射中断，即 REG15<24>置“1”。

7.9 如何设置 BK5824 发射和接收的工作频点

BK5824 发射频点设置寄存器为 REG5，和接收工作频点设置寄存器为 REG6，Ncal_tx 和 Ncal_rx 值在 REG8<21:14><13:6>中设置，具体频点计算参考『2』。

BK5824 发射频点也可通过 PIN21 来更改，从高电平到低电平，变更发射 channel。发射两个 channel 的设置预先存储在 REG5 和 REG24 中。

参考文献

- 【1】 BK5824_Reference_code for MP 12V42 文件夹中的代码文件
- 【2】 BK5824 如何计算 NK 值及 Ncal 值.xlsx
- 【3】 BK5824datasheet 中的第 7 章 control interface
- 【4】 BK5824datasheet 中的第 8 章 register description
- 【5】 5.8G_double_ant.pcb

附录

1 BK5824 带外抑制误唤醒的测试曲线

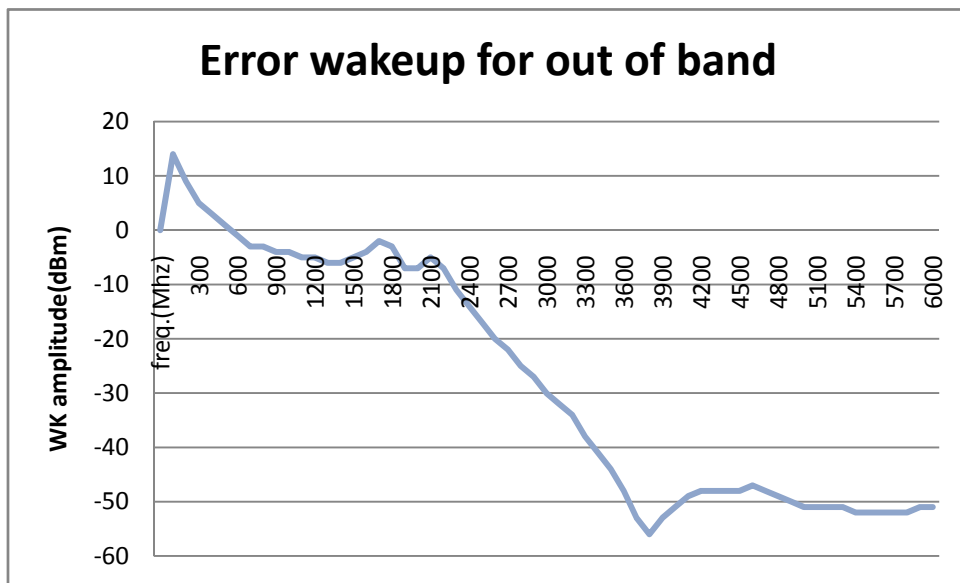


图 1.1

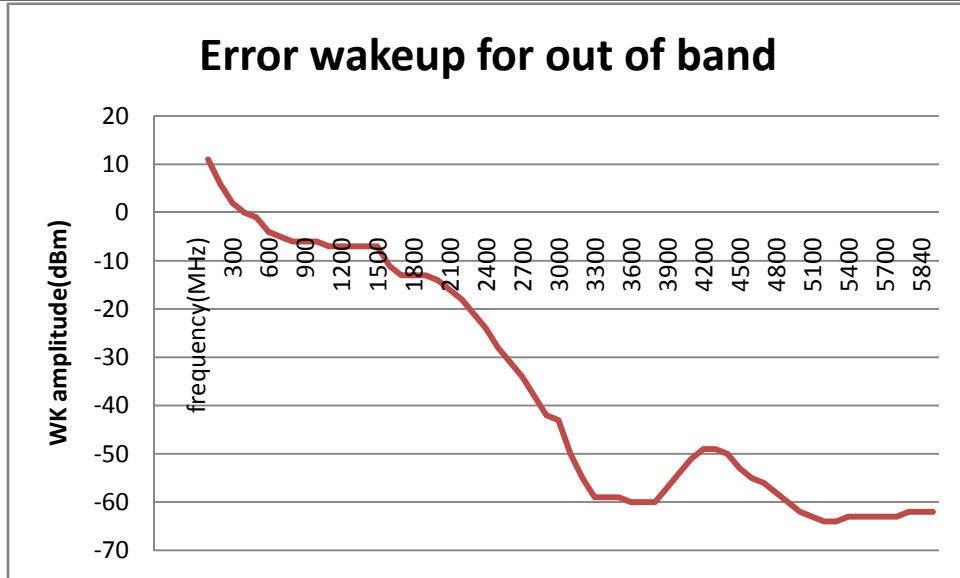
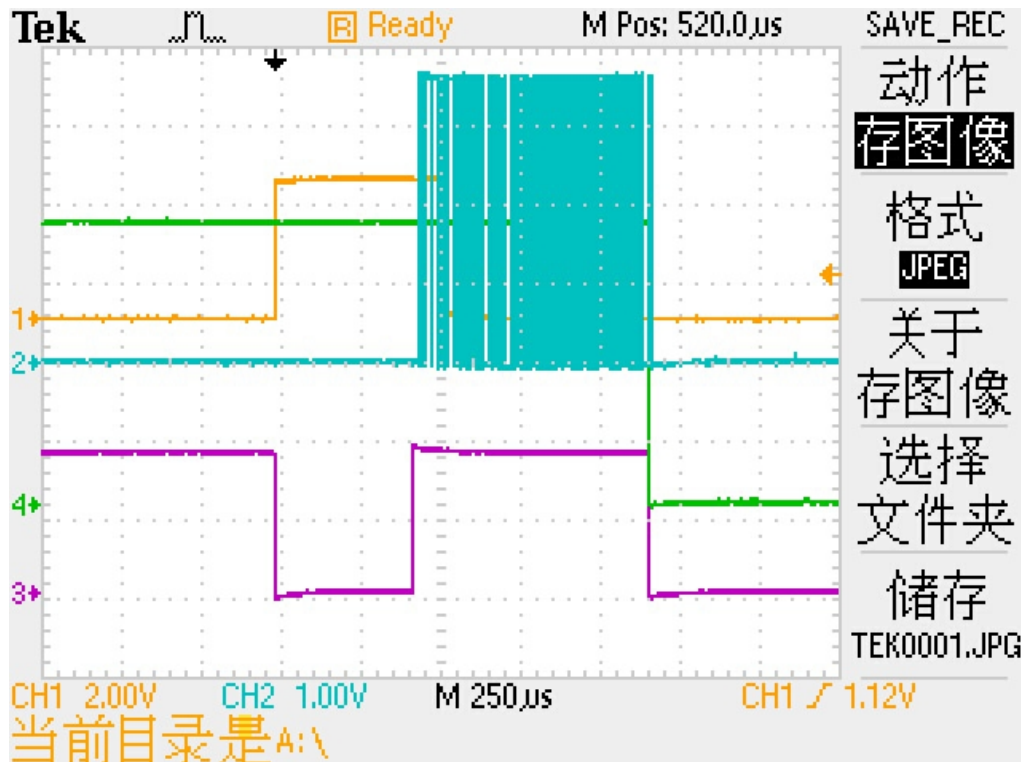


图 1.2

注: 传导输入信号为 14KHz 方波调制的 ASK 信号

2 BK5824 零唤醒的时序图



Trace1: OBU wakeup interrupt signal (WKO)

Trace2: BST data packet

Trace3: RxSW signal, for controlling front end switch

Trace4: Received data interrupt signal

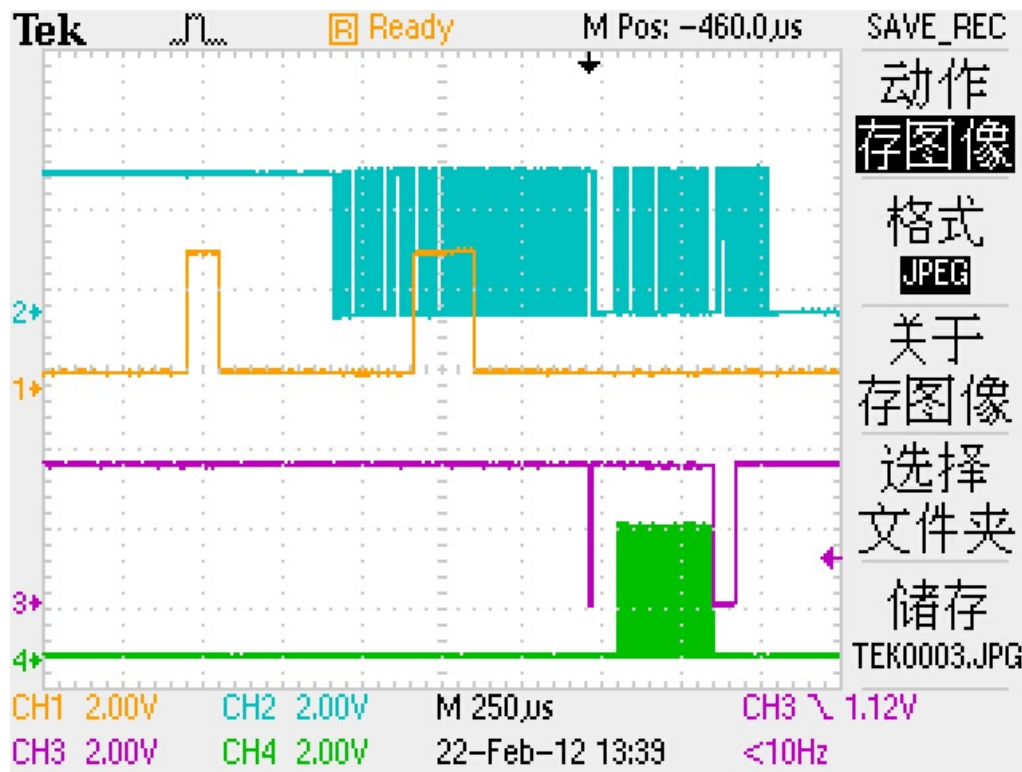
3 BK5824 在 160us 内完成接收和发射数据的时序图

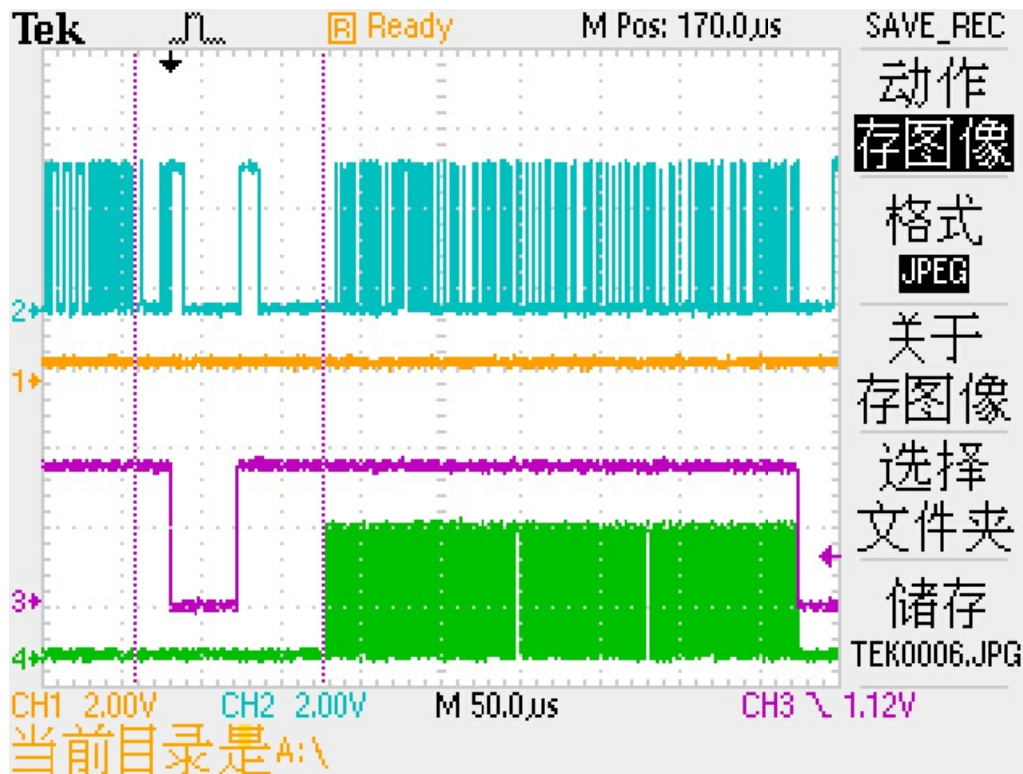
Trace1: OBU wakeup interrupt signal (WKO)

Trace2: BST data packet transmitted by RSU

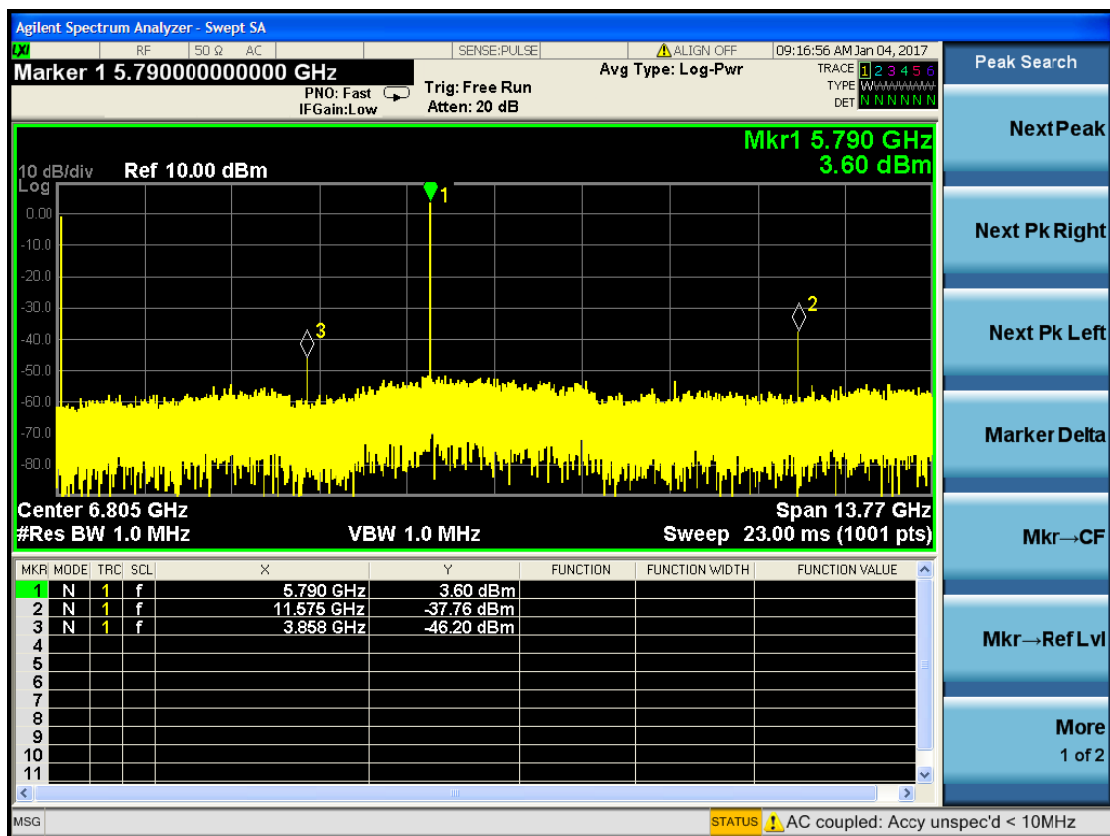
Trace3: Received data and transmitted data interrupt signal

Trace4: VST data packet transmitted by OBU



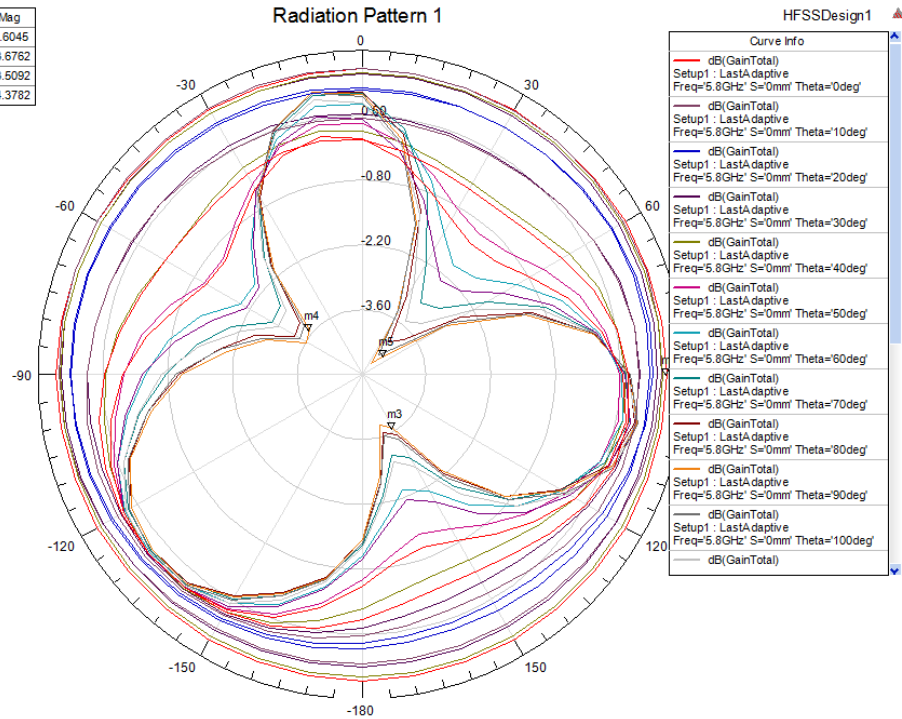


4 BK5824 发射谐波的测试结果



5 BK5824 全向天线的仿真结果

Name	Phi	Ang	Mag
m1	90.0000	90.0000	1.6045
m3	150.0000	150.0000	-3.6762
m4	310.0000	-50.0000	-3.5092
m5	50.0000	50.0000	-4.3782



Name	Phi	Ang	Mag
m1	90.0000	90.0000	1.3056
m3	200.0000	-160.0000	-3.6677
m4	320.0000	-40.0000	-4.3290
m5	50.0000	50.0000	-2.9866

