如何用 CMW500 测试 Qualcomm 芯片的蓝牙 4.0 功能

蓝牙 4.0 及以上版本开发了低功耗(Low Energy)工作模式。在此模式下, 蓝牙模块有着极低的通信及待机 功耗。这项技术升级可以极大的拓展蓝牙的应用前景。随着芯片方案商不断升级手机芯片的能力, 蓝牙 4.0 版本也已经成为绝大多数智能手机的标准配置。

蓝牙射频测试规范在 4.0 版本增加了 14 个新的测试项目,详情可以参考下面表格。手机设计人员需要依据规范对低功耗蓝牙功能进行必要的检测。

4.5.1	TP/TRM-LE/CA/BV-01-C	Output power at NOC	普通操作条件下的峰值和平均功率
4.5.2	TP/TRM-LE/CA/BV-02-C	Output power at EOC	极端操作条件下的峰值和平均功率
4.5.3	TP/TRM-LE/CA/BV-03-C	In-band emissions at NOC	普通操作条件下的带内频谱发射
4.5.4	TP/TRM-LE/CA/BV-04-C	In-band emissions at EOC	极端操作条件下的带内频谱发射
4.5.5	TP/TRM-LE/CA/BV-05-C	Modulation Characteristics	信号的调制特性
4.5.6	TP/TRM-LE/CA/BV-06-C	Carrier frequency offset and drift at NOC	普通操作条件下的载波偏移和漂移 率
4.5.7	TP/TRM-LE/CA/BV-07-C	Carrier frequency offset and drift at EOC	极端操作条件下的载波偏移和漂移 率
4.6.1	TP/RCV-LE/CA/BV-01-C	Receiver sensitivity at NOC	普通操作条件下的接收机灵敏度
4.6.2	TP/RCV-LE/CA/BV-02-C	Receiver sensitivity at EOC	极端操作条件下的接收机灵敏度
4.6.3	TP/RCV-LE/CA/BV-03-C	C/I and receiver selectivity performance	测试信道或相邻信道存在有干扰信 号时,接收机的性能;同时也验证 接收机的镜像抑制
4.6.4	TP/RCV-LE/CA/BV-04-C	Blocking performance	2400MHz - 2483.5MHz 信道外存在 干扰时接收机的性能
4.6.5	TP/RCV-LE/CA/BV-05-C	Intermodulation performance	互调性能
4.6.6	TP/RCV-LE/CA/BV-06-C	Maximum input signal level	最大输入电平
4.6.7	TP/RCV-LE/CA/BV-07-C	PER report integrity	被测件的 PER 汇报机制是否准确

R&S公司的 CMW 射频综测仪可以在信令模式下进行蓝牙 4.0 版本的射频测试,即通过 CMW 控制被测手机 打开发射、或进入环回模式回传数据,并进行测量。信令测试可以获得相对更客观的测试结果(如接收机质量)。

Qualcomm 公司是手机芯片的主流供应商,目前市场上大部分智能手机都在使用 Qualcomm 公司提供的全系 列解决方案,其中就包括 WLAN、蓝牙等无线连接技术的实现。

以下介绍使用 CMW 射频综测仪连接,并测试基于 Qualcomm 公司芯片的手机的低功耗(Low Energy)蓝牙 功能。

需要使用的仪表、连接线缆及软件描述如下:

- CMW500 或 CMW270, 配备有至少一个 CMW-H200A 通用信令单元,测试软件需要 CMW-KS600, KS610, KS611, KM610, KM611 各一个。CMW 蓝牙 Firmware 版本为 v3.2.81 及以上
- 串口(Male)-USB(A)转换电缆一根。CMW 暂时只支持使用串口连接控制被测手机。Qualcomm的低功耗蓝牙控制软件则使用 USB 接口虚拟出来的 RS232 串口连接被测手机,手机上没有物理形式上的串口。如果控制手机的电脑也没有 RS232 串口,则需要额外的一个串口(Female)到 USB(A)的转换电缆将 CMW 和控制用电脑连接起来。如下所示:



- Qualcomm 公司的 QDART 芯片控制软件工具包,版本在 4.2.83 及以上
- 控制电脑需安装 ADB 控制软件,以控制手机(默认智能手机使用 Google 公司的 Android 操作系统)
- USB 控制线一根,用于连接控制电脑和被测手机
- 射频电缆一个,用于连接 CMW 和被测手机

开始连接之前,需要在 CMW 和控制电脑上安装串口转 USB 口的驱动软件。该软件应由转换电缆厂家提供,不过该驱动的通用性较好。如安装驱动后,系统仍无法找到串口,可以在 Windows 系统下手动的升级该硬件的驱动程序,指定.inf 文件的路径,并将驱动.sys 文件存放到 "C:\Windows\System32\drivers"下,即可激活串口/USB 转接电缆。需注意的是,现有的 CMW 使用嵌入式 WindowsXP 操作系统。在安装好驱动后的CMW 的硬件管理器中,可以看到已被识别的串口/USB 转换设备:



将被测手机接到控制电脑上。正常情况下,串口转换以及被测手机应该能被识别,如下图所示。



在 Windows 下运行 DOS 环境,进入 adb shell 模式,待手机被正常控制后(光标前显示#,而非\$),在 adb shell 下输入命令使手机进入 FTM 模式。不同的 Qualcomm 芯片可能使用不同指令激活 FTM 模式,指令 "ftmdaemon" 适用于 WCN3260/3280 等产品,指令 "ftmdaemon -n"则适用其他产品。详情请向 Qualcomm 公司咨询。



配置 CMW500。通过仪表面板上的"GEN"和"MEAS"按钮分别打开蓝牙信令、蓝牙 Multi Evaluation 测量 和蓝牙 Rx 测量功能。按照下面设置蓝牙信令模块。其中:

- Burst Type 设为 Low Energy
- HW Interface 设为 USB to RS232 adapter
- EUT COMM Protocol 设为 HCI
- Virtual COM Port 设为 CMW 分配给 USB/串口转换设备的串口,例子中为 COM4
- Baud Rate 设置的和 Qualcomm 控制软件中的一致
- Protocol 设为 None
- 频点,下行信号,期望功率等均可按需要设定,码型设为10交替

😵 Bluetooth Signal	ing - V3.2.81 - Base V 3.2.60	1			
Connection Status CMW (Master)		General Setup Burst Type	Low Energy		
		HVV Interface	USB to RS232 adapter		
Baud Rate	115200	+	EUT Comm Protocol	HCI	
Stop Bits	1	•	RF Setup	х/Тх (ЕШТ)	
Parity	None	•	Channel	0	
Protocol	None	•	Frequency	2402.0 MHz	
Reset EUT	On	+	Tx Level (CMW)	-40.00 dBm	
Rx Power			Exp. Nom. Power	10.00 dBm	
			Auto Ranging Dirty Tx		
			Signal Characteris Packet Type	tics RF_PHY_TestRef >	
			Payload Length	37 byte(s)	
Event Log			Pattern Type	10101010 -	
04:26:27 () COM4 04:26:25 () Hardw 04:26:17 () Loadin	: Prolific USB-to-Serial Cor are setup complete g stack	nm Port (COM4)			
ا		E			
Connection Check	Refresh Port Lis	COM t			

配置被测手机,进入控制电脑的 "C:\Program Files\Qualcomm\QDART\bin" 路径下,运行

"QC.BluetoothLE_DirectMode.exe"工具,按照下图进行设置。COM 需设置为系统识别的串口/USB 转换口,握手方式需设定为"RequestToSendXOnXOff"。此后点击 Enable 按钮,使得手机进入低功耗蓝牙的测试模式。

onnection	DUT	Tester Port S	ettings	
Enable	Target Type	COM Port	COM32 -	Baudrate 115200
2.132.13	MSM/MDM -	Handshake	RequestToS	endXOnXOff
ogging				
				Save Logs
				Save Logs

当被测手机进入低功耗蓝牙测试模式后,如 COM 口通信正常,在 CMW 蓝牙信令界面下,将会出现 "Connection Check"和"Refresh COM Port List"两功能。可以点击"Connection Check"验证 COM 口,如 不显示上面两按钮,同时"Event Log"显示 COM 口关闭,则需要重启 CMW 和手机尝试重新连接。

连接正常后,可进入发射机测量界面,打开"Multi Evaluation"功能,CMW 即通过 COM 口向被测手机发送 指令,使其进入发射模式,通过 Qualcomm 控制工具,可看到有消息接收。在 CMW 上,可以看到所有发射 结果,并可见"Tx Test Active"。此时即可根据前面引述规范条目,进行测试。

	DUT	Tester Port S			
Enable	Legacy	COM Port	COM32 - Bau	udrate 115200	
	Target Type	oom on	Daudiale		
	MSM/MDM -	Handshake	RequestToSendXOnXOff		
ogging					
5 12:03:33.3050191 H 5: 12:03:35.5750223 H 7 12:03:35.8150226 H K00, 8: 12:03:41.7250309 H 9 12:03:42.0350313 H 0: 12:03:42.2150316 H	CI_Event(1366):0x04, 0x0e, 0x0 CI_Command:0x01, 0x1f, 0x20 CI_Event(1366):0x04, 0x0e, 0x0 CI_Event(1366):0x04, 0x03, 0x0c CI_Event(1366):0x04, 0x0e, 0x0 CI_Event(1366):0x04, 0x0e, 0x0 CI_Event(1366):0x04, 0x0e, 0x0	4,0x01,0x1e,0x2 ,0x00, 6,0x01,0x1f,0x2 ,0x00, 4,0x01,0x03,0x0 ,0x03,0x00,0x25 4,0x01,0x03,0x0	20,0x00, 0,0x00,0x00, 10,0x00, ,0x01, 20,0x00,	Save Logs	
1 12:03:42.4750320 H		T, UNDI, UNIC, UNI			



对带内发射测试,即观测图中 ACP 结果,可以将某个测试应用单独放大,以增强显示效果。



如需进行灵敏度测试,则将"Rx Quality"功能打开并运行,即可命令手机进入环回状态并进行测量。

Packet Results			General Setup		1
PER [%]		0.00	Burst Type	Low Energy 😽	Rx Quality
L-Correct Packets Reported		1500	HW Interface	USB to RS232 adapter 👻	RDY
Packets Transmitted	1 500	/ 1500	EUT Comm Protoco	нсі –	RF Settings
Packets Transmitted by CMW		1500	RF Setup	x/Tx (EUT)	
Report Integrity	Off		Channel	0	Dirty Tx
Correct CRC Rate	100 %		Frequency	2402.0 MHz	
(in Transmitted Packets)			Tx Level (CMVV)	-40.00 dBm	(
			Exp. Nom. Power	10.00 dBm	
			Auto Ranging		
			Dirty Tx F	1	
			Signal Characteris	stics	
			Packet Type	RF_PHY_TestRef	>
			Payload Length	37 byte(s)	
			Pattern Type	10101010 -	
					<u> </u>
:MW (Master) 🕎 Signaling	IDLE				Bluetooth Signaling RUN
Repetition R. Integrity	Packets	Max.		Ť Ť	Config

除了手动操作,还可以使用 CMWrun 自动测试软件对低功耗蓝牙进行测试(需 CMW-KT054 软件)。目前 CMWrun 的 1.8.0 正式版中已经提供了低功耗蓝牙的测试用例,用户可以很方便的编辑一个低功耗蓝牙测试 脚本,如下所示。

G File Browsers	🖺 New 📔 Open 🗐 Save All 🛛 🗊 A
Test Plans DUTs Tests Reports	Bluetooth Low Energy.rstp ×
💁 Add 📄 Remove 🖼 Favorite 🏶 DLL View	🕨 Run 🔲 Abort 🎽 Step
🗑 🎍 CMW-KT051 General Purpose	Steps
E-CMW-KT053 GSM, WCDMA	Plusteeth Levy Ecorgy
E-CMW-K1054 ID-SCDMA	
CMW KT055 LTE	BIConnect_LE
BIE RE PHY TS 4 1 1	Attenuation Tables
T BLE RF PHY TS 4 1 1 Advanced	i BLE_RF_PHY_TS_4_1_1
T BTH_RF_TS_4_1_1_Advanced	
{T} BTConnect_KS600	
(T) BTDisconnect	
{T} BTMaxPower	
{T} BTSetGeneral	
{T} BTSetLevel	
{T} BTSetRFChannel	
{T} BTTestSet_EnhDataRate	

在相关的测试例中,允许用户对连接条件,具体的测试条目进行修改。

Bluetooth Low Energy ⊕ -
Bluetooth Connection Setup for LE USB to RS232 adapter HW Interface HCI EUT Comm. Protocol Ed. Frequency Reference (10 MHz) RF Settings Connection
RF Output RF Output RF1COM Connector RFTX1 Converter 21.0 Ext. Attenuation (dB)
RF1COM Connector RFRX1 Converter 0.0 Ed. Attenuation (dB) RF Power 40.0 TX Level - CMW (dBm) 10.0 Expected Nominal Power (dBm) If Autoranging
RF Frequency 2402 MHz 0 TX/RX Channel - EUT

BLE_RF_PHY_TS_4_1_1 Configuration	23	
Signal Characteristics	Test purposes Test purposes Transmitter Test TPTTRN-LE/CA03C [Output power at NOC] TPTTRN-LE/CA05C [Output nower at NOC] TPTTRN-LE/CA05C [Output nower at NOC] TPTTRN-LE/CA05C [Coduction Characteristics] TPTTRN-LE/CA05C [Coduction Characteristics] TPTRCV-LE/CA01C [Receiver sensitivity at NOC] TP/RCV-LE/CA01C [Receiver sensitivity at NOC] TP/RCV-LE/CA07C [PER Report Integrity]	REERF_PHY_T5_4_1_1 Configuration Tx Tests LE TP/RCVLE/CA01C TP/RCVLE/CA06C TP/RCVLE/CA07C Receiver sensitivity at NOC RF Setup CMW Tx Level (dBm) 70 Packets* 1500 * Value for Spec Conformance => 1500
	TC Config OK Cancel	OK Cancel

当正确配置完 CMW 和蓝牙控制软件后,可以在 CMWrun 里运行上述脚本,即可得到测试结果。

w 📴 Open 🔤 Save All 💷 Abort All					
both Low Energy.rstp ×					
un 🗏 Abort 🕅 Step 🛛 🕶 Test Plan Error(s) 🥔 Parameters 🖼 Resources 💌	🖁 Edit 🚆 Save As 🛛 Loop Mo	de			
ack ⇒ Forward 🛛 Filter 🔻 🖻 -> PDF 🕋 -> XML 🖾 -> CSV 🔋 -> TXT					
requeiney necuracy	150.00	150.00	3.00	141.44	1 00000
requency Offset	-150.00	150.00	/1.08	KHZ	Passed
Tequency Drift	-50.00	50.00	-5.22	KP12	Passed
ida Dili Kale	-20.00	20.00	-4.44	KF12	Passed
had Frequency Drift	-20.00	20.00	1.00	KHZ	rasseu
	150.00	150.00	5 00	ki iz	Deened
requency Accuracy	-150.00	150.00	71.00	KHZ KUT	Passeu
requency Oriset	-150.00	50.00	-5.22		Paceod
lay Drift Pata	-30.00	20.00	-3.22		Pacead
nitial Fragmancy Drift	-20.00	20.00	1.09		Pacead
induitiequency bint	-20.00	20.00	1.00	NIL	1 45564
namer Ja	150.00	150.00	E 00	PL1+	Record
requency Accuracy	-150.00	150.00	71.08	KH7	Paccad
requency Oriser	-50.00	50.00	-5.22	KH7	Paccad
lay Drift Rate	-20.00	20.00	-1.44	kHz	Passad
nitial Frequency Drift	-20.00	20.00	1.08	kH7	Passed
nual requency bint	-20.00	20.00	1.00	NIL	1 asseu
TP/RCV-LE/CA-01-C [Receiver sensitivity at NOC]	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
channel O		00.0			
EK		30.8	0.00000	%	Passed
orrect Packets			1500	_	Passed
nannei 19	1	22.0	0.00000		Berned
'EK Isrreet Beekste		30.8	0.00000	%	Passed
Difect Packets			1500		Fasseu
Indiller 59		20.0	0.00000	0/	Deened
EK		30.8	0.00000	%	Passed
OTTech Packets			1500		Fasseu
TP/RCV-LE/CA-06-C [Maximum input signal level]	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
h10					
nannei u					Deced
nannei 0 ER		30.8	0.00000	%	rasseu
nannei u ER orrect Packets		30.8 	0.00000 1500	%	Passed
nannei V ER Gorrect Packets hannei 19		30.8	0.00000 1500	%	Passed
nannel u ER orrect Packets hannel 19 ER		30.8 	0.00000	%	Passed
nannei v ER Rackets hannei 19 ER Orrect Packets		30.8 30.8 	0.00000 1500 0.00000 1500	%	Passed Passed Passed Passed
nannei v ER ER hannel 19 ER Forrect Packets hannel 39		30.8 	0.00000 1500 0.00000 1500	%	Passed Passed Passed
nannei u CER Cackets hannei 19 ER Orrect Packets hannei 39 ER		30.8 	0.00000 1500 0.00000 1500 0.00000	%	Passed Passed Passed Passed
nannei v FR FR hannel 19 FR Orrect Packets hannel 39 FR Orrect Packets		30.8 	0.00000 1500 0.00000 1500 0.00000 1500	%	Passed Passed Passed Passed Passed
Ananei U ERE Cackets hannei 19 orrect Packets hannei 39 ER iorrect Packets TP/RCVLE/CA-07-C (PER Report Integrity)		30.8 30.8 30.8 Upper Limit	0.00000 1500 0.00000 1500 0.00000 1500 Measured	% % Unit	Passed Passed Passed Passed Passed Status
hannel V FER Jorrect Packets hannel 19 FER Orrect Packets Dorrect Packets TP/RCVLE/CA-07-C (PER Report Integrity) FER at Channel 19. Number of packets: 268		30.8 30.8 Upper Limit 65.4	0.00000 1500 0.00000 1500 0.00000 1500 Measured 0.00000	% % Unit	Passed Passed Passed Passed Passed Status Falled
hannel v EFR EFR Jannel 19 Jannel 19 Jannel 39 EFR Correct Packets TP/RCVLE/CA-07-C [PER Report Integrity] EFR at Channel 19, Number of packets: 268 EFR at Channel 19, Number of packets: 824		30.8 30.8 30.8 Upper Limit 65.4 65.4	0.00000 1500 0.00000 1500 1500 <u>Measured</u> 0.00000 0.00000	% % Unit %	Passed Passed Passed Passed Passed Passed Status Failed Failed