



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1174—2007

数字信号发生器校准规范

Calibration Specification for Digital Signal Generator

2007-02-28 发布

2007-05-28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

JJF 1174—2007

数字信号发生器校准规范

Calibration Specification for
Digital Signal Generator

JJF 1174—2007

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 2 月 28 日批准，并自 2007 年 5 月 28 日起施行。

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：信息产业部电子 601 计量站

参加起草单位：信息产业部通信计量中心

本规范由全国无线电计量技术委员会负责解释

JJF 1174—2007

本规范主要起草人：

杨桥新（信息产业部电子 601 计量站）

王 勇（信息产业部电子 601 计量站）

参加起草人：

李胜海（信息产业部电子 601 计量站）

丁 翔（信息产业部电子 601 计量站）

王 景（信息产业部电子 601 计量站）

梁琼崇（信息产业部电子 601 计量站）

张 睿（信息产业部通信计量中心）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和定义	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 内晶体振荡器	(2)
5.2 输出信号频率	(2)
5.3 输出电平	(2)
5.4 频谱纯度参数	(2)
5.5 模拟调制参数	(2)
5.6 脉冲调制参数	(3)
5.7 内调制信号发生器参数	(3)
5.8 数字调制参数	(3)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 校准用仪器设备	(4)
7 校准项目及校准方法	(5)
7.1 外观及工作正常性检查	(5)
7.2 内部晶体振荡器的校准	(6)
7.3 输出信号频率的校准	(6)
7.4 输出电平的校准	(6)
7.5 谐波、分谐波和非谐波的校准	(7)
7.6 单边带相位噪声的校准	(8)
7.7 载波的剩余调幅和剩余调频的校准	(8)
7.8 幅度调制的调幅度、解调失真及伴随调频的校准	(9)
7.9 频率调制的频偏、解调失真及伴随调幅的校准	(9)
7.10 相位调制的相偏、解调失真的校准	(9)
7.11 脉冲调制的校准	(10)
7.12 内调制信号发生器的校准	(10)

JJF 1174—2007

7.13	TDMA 数字调制质量参数的校准	(11)
7.14	CDMA 数字调制质量参数的校准	(11)
7.15	用户定义数字调制质量参数的校准	(12)
7.16	内部基带 I/Q 调制参数的校准	(12)
7.17	外部 I/Q 调制频响的校准	(13)
8	校准结果表达	(13)
9	复校时间间隔	(13)
附录 A	标准记录格式	(14)
附录 B	不确定度评定实例	(25)

数字信号发生器校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为 250kHz~6GHz, 调制方式为 BPSK、QPSK、 $\pi/4$ DQPSK、8PSK、16QAM、32QAM、256QAM、FSK、MSK (通信制式为 NADC、GSM、PHS、DECT、IS-95 CDMA、CDMA2000、W-CDMA) 的数字信号发生器的校准。

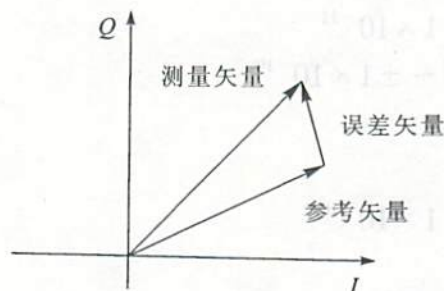
2 引用文献

JJG 180—2002 电子测量仪器内石英晶体振荡器检定规程
使用本规范时, 应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和定义

3.1 误差矢量幅度 (error vector magnitude, EVM)

在矢量坐标图上, 由于射频放大器的非线性与噪声、传输通道的干扰与衰落等, 使得矢量的幅度与相位产生变化, 测量到的矢量与参考矢量的矢量差的幅度就称为误差矢量幅度, 为标量。通常表示为对参考矢量峰值的百分比。



误差矢量图

3.2 矢量幅度误差 (vector magnitude error)

测量到的矢量的幅度与参考矢量的幅度之差, 通常表示为对参考矢量峰值的百分比。

3.3 相位误差 (phase error)

在数字调制的载波信号中, 一串码元的载波相位形成一个相位轨迹, 每个码元相位差值与回归线之差为该码元的相位误差。单位为度 ($^{\circ}$)。

3.4 峰值相位误差 (peak phase error)

在特定时间内统计得到的相位误差最大值。单位为度 ($^{\circ}$)。

3.5 均方根相位误差 (RMS phase error)

一串码元的相位误差的均方根值是该串码元的均方根相位误差, 单位为度 ($^{\circ}$)。

3.6 频率误差 (frequency error)

在数字调制的载波信号中,一串码元的载波相位形成一个相位轨迹,将这个相位轨迹与理论上理想的相位轨迹作每一码元的逐一比较,它们的差值轨迹的回归线斜率是频率误差,单位为 Hz。

3.7 波形质量因数 (Rho)

应用于 CDMA 系统中的度量参数,它是相关功率对总功率的比值;相关功率通常是由测得的信号与一个已知编码的作为参考的基带信号之间的互相关计算得到的。

4 概述

数字信号发生器由内晶体振荡器、频率合成单元、电平控制单元、调制单元等组成的综合性信号发生器,其基本功能是提供正弦波信号和采用标准及定制制式的矢量调制波信号,广泛应用于研发、制造、计量等部门。

5 计量特性

5.1 内晶体振荡器

- 开机特性: $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11}$
- 日频率波动: $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11}$
- 日老化率: $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11}$
- 1 秒频率稳定度: $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11}$
- 频率复现性: $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11}$
- 频率准确度: $\pm 1 \times 10^{-5} \sim \pm 1 \times 10^{-10}$

5.2 输出信号频率

- 范围: 250kHz~6GHz
- 准确度: $\pm 1 \times 10^{-5} \sim \pm 1 \times 10^{-10}$

5.3 输出电平

- 范围: -127dBm~+30dBm
- 最大允许误差: $\pm(0.5 \sim 2)$ dB

5.4 频谱纯度参数

- 5.4.1 谐波: < -25 dBc
- 5.4.2 非谐波: < -50 dBc
- 5.4.3 分谐波: < -40 dBc
- 5.4.4 单边带相位噪声: < -100 dBc/Hz (偏离载波 ≥ 20 kHz)
- 5.4.5 载波的剩余调频和剩余调幅

- 剩余调频: < 2 Hz rms
- 剩余调幅: $< 0.05\%$ rms

5.5 模拟调制参数

5.5.1 幅度调制

- 调幅深度范围: (0~99)%

调幅度最大允许误差： $\pm(3\sim 20)\%$

5.5.2 频率调制

调频频偏范围： $(0\sim 400)$ kHz

调频频偏最大允许误差： $\pm(3\sim 20)\%$

5.5.3 相位调制

调相相偏范围： $(0\sim 400)$ rad

调相相偏最大允许误差： $\pm(5\sim 20)\%$

5.6 脉冲调制参数

5.6.1 脉冲调制通断比： >60 dB

5.6.2 脉冲调制上升/下降时间： <150 ns

5.7 内调制信号发生器参数

5.7.1 内调制信号发生器频率

频率范围： 0.01 Hz ~ 100 kHz

频率最大允许误差： $\pm 1 \times 10^{-5} \sim \pm 1 \times 10^{-10}$

5.7.2 内调制信号发生器幅度

幅度范围： 1 mV ~ 10 V

幅度最大允许误差： $\pm 1\%$

5.8 数字调制参数

5.8.1 标准制式数字调制

误差矢量幅度： 1% rms

矢量幅度误差： 1% rms

相位误差： 1° rms

频率误差： 10 Hz

FSK 误差： 2% rms

波形质量因数 (Rho)： 0.9996

5.8.2 用户定义数字调制

误差矢量幅度： 1% rms

相位误差： 1° rms

频率误差： 10 Hz

FSK 误差： 2% rms

波形质量因数 (Rho)： 0.9996

5.8.3 内部基带 I/Q 数字调制

误差矢量幅度： 1% rms

相位误差： 1° rms

频率误差： 10 Hz

FSK 误差： 2% rms

波形质量因数 (Rho)： 0.9996

5.8.4 外部 I/Q 调制

注：以上所列各项参数包括了各种通用数字信号发生器的可检测参数的测量范围和最大允许误差要求，校准时应以被校数字信号发生器的技术说明书中所列的技术参数为准。以上技术指标不作合格性评价，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，校准过程中环境温度的变化不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，且不应有温度突变。

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$

6.1.3 供电电压： $(220 \pm 10)\text{V}$ ， $(50 \pm 2)\text{Hz}$

6.1.4 周围无影响正常工作的机械振动和电磁干扰

6.2 校准用仪器设备

6.2.1 参考频标

频率： 10MHz

频率稳定度应优于被校晶振频率稳定度的 3 倍，其他技术指标优于被校晶振相应技术指标一个数量级。

6.2.2 频差倍增器

稳定度应优于被校晶振的频率稳定度的 3 倍。

6.2.3 频率计

频率测量范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围

频率测量准确度： $\pm 1 \times 10^{-6} \sim \pm 1 \times 10^{-11}$

6.2.4 测量接收机

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围

功率测量范围： $+30\text{dBm} \sim -110\text{dBm}$

功率测量最大允许误差： $\pm (0.2 \sim 0.5)\text{dB}$

6.2.5 功率计

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围

功率测量范围： $+30\text{dBm} \sim -50\text{dBm}$

功率测量最大允许误差： $\pm (0.2 \sim 0.3)\text{dB}$

6.2.6 调制度分析仪

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围

调幅度测量范围及最大允许误差： $(0 \sim 99)\%$ ， $\pm 1\% \pm 1$ 字

频偏测量范围及最大允许误差： $(0 \sim 400)\text{kHz}$ ， $\pm 1\% \pm 1$ 字

相偏测量范围及最大允许误差： $(0 \sim 400)\text{rad}$ ， $\pm 3\% \pm 1$ 字

6.2.7 频谱分析仪

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的三次谐波的频率范围

电平测量最大允许误差： $\pm (1 \sim 2)\text{dB}$

6.2.8 相位噪声测试系统

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围

本底噪声：应优于被校数字信号发生器相位噪声技术指标 10dB 以上

相位噪声测量最大允许误差： $\pm 2\text{dB}$

6.2.9 音频分析仪

频率范围：20Hz~100kHz

失真测量范围：(0.01~100)%

失真测量最大允许误差： $\pm 10\%$

6.2.10 数字多用表

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器的内调制信号发生器的频率范围

电压测量范围：(0~100)V

电压测量最大允许误差： $\pm 0.3\%$

6.2.11 示波器

频带宽度：应覆盖被数字校信号发生器输出信号的频率范围

6.2.12 函数信号发生器/脉冲信号发生器

频率范围：应覆盖通断比较准要求的频率范围

脉冲宽度：5ns~300 μs

直流电压：(0~+5)V

脉冲幅度：(0~+5)V

电压最大允许误差： $\pm 1\%$

6.2.13 矢量信号分析仪

频率范围：应覆盖被校数字信号发生器输出信号的频率范围。

误差矢量幅度 (EVM)：0.3% rms (Freq span \leq 100kHz)

0.5% rms (Freq span \leq 1MHz)

1.0% rms (Freq span $>$ 1MHz)

矢量幅度误差：0.3% rms (Freq span \leq 100kHz)

0.5% rms (Freq span \leq 1MHz)

1.0% rms (Freq span $>$ 1MHz)

相位误差：0.3° rms (Freq span \leq 100kHz)

0.4° rms (Freq span \leq 1MHz)

0.6° rms (Freq span $>$ 1MHz)

频率误差：10Hz

FSK 误差：1.5% rms

波形质量因数 (Rho)：0.9999

邻道功率比 (ACPR)： $\pm (0.2\sim 0.9)\text{dB}$

7 校准项目及校准方法

7.1 外观及工作正常性检查

JJF 1174—2007

- 7.1.1 被校数字信号发生器应有说明书、原校准证书及全部配套附件。
- 7.1.2 被校数字信号发生器应无影响电气性能的机械损伤，其开关、按键等应到位可靠，旋钮应牢固且调节正常，显示屏能正常显示。被校仪器通电后，应能自动开始自检。
- 7.1.3 进行以下校准时，被校数字信号发生器及校准用设备应按规定时间（一般为30min~60min）预热。

7.2 内部晶体振荡器的校准

内部晶体振荡器的校准参照 JJG 180—2002 《电子测量仪器内石英晶体振荡器检定规程》进行。校准结记入附录 A 表 A.1。

7.3 输出信号频率的校准

7.3.1 仪器连接如图 1 所示。

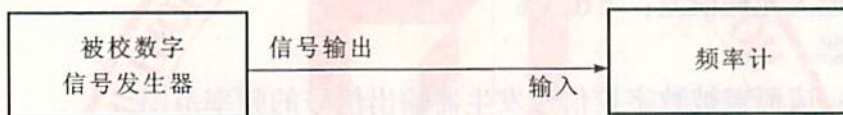


图 1 输出信号频率的校准

- 7.3.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平，使频率计正常工作。频率计取样时间的设定应使其显示位数应比指标要求的有效位多一位。
- 7.3.3 从最低到最高改变被校数字信号发生器的载波频率 f ，按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则（或按技术说明书要求）选取不少于 8 个频率点，从频率计读出频率值 f_0 ，并记入附录 A 表 A.2。
- 7.3.4 被校数字信号发生器的频率误差按式 (1) 计算：

$$\delta = \frac{f - f_0}{f_0} \quad (1)$$

7.4 输出电平的校准

7.4.1 最大输出电平的校准。

7.4.1.1 仪器连接如图 2 所示。

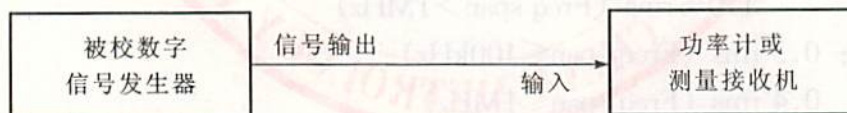


图 2 输出电平的校准

- 7.4.1.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平为最大值，按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则（或按技术说明书要求）选取不少于 8 个频率点（或按用户要求选取）。从功率计或测量接收机上读出电平值 L_0 ，记录于表 A.3 中。
- 7.4.2 输出高电平的校准
- 7.4.2.1 仪器连接如图 2 所示。

JJF 1174—2007

7.4.2.2 被校数字信号发生器置于未调制状态,按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则(或按技术说明书要求)选取不同频率点,按高、中、低原则先后调节数字信号发生器输出电平 L ($\geq 0\text{dBm}$)不少于3个校准点(包括 0dBm),从功率计或测量接收机上读出电平值 L_0 ,并记入附录A表A.4。

7.4.2.3 输出高电平误差按式(2)计算:

$$\Delta = L - L_0 (\text{dB}) \quad (2)$$

7.4.3 输出低电平的校准

7.4.3.1 仪器连接如图3所示。

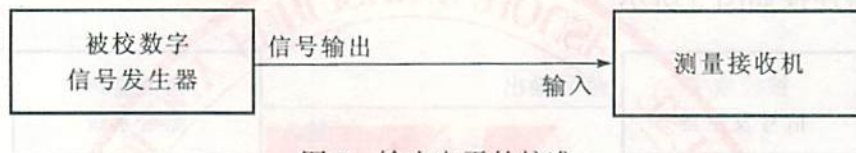


图3 输出电平的校准

7.4.3.2 被校数字信号发生器置于未调制状态,按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则(或按技术说明书要求)选取不同频率点,按从高到低,以 10dB 为步进的原则调节数字信号发生器输出电平 L ($< 0\text{dBm}$)为不同的校准点,从测量接收机上读出电平值 L_0 ,并记入附录A表A.5。

7.4.3.3 输出低电平误差按式(3)计算:

$$\Delta = L - L_0 (\text{dB}) \quad (3)$$

7.5 谐波、分谐波和非谐波的校准

7.5.1 谐波和分谐波的校准

7.5.1.1 仪器连接如图4所示。

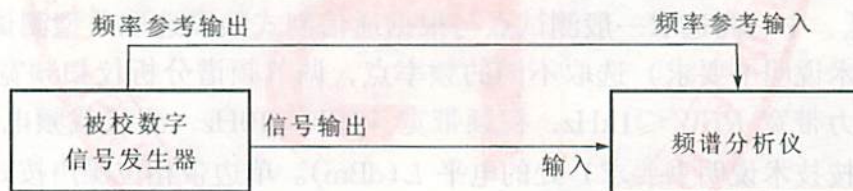


图4 谐波、分谐波和非谐波的校准

7.5.1.2 被校数字信号发生器置于未调制状态,调节数字信号发生器输出电平为 0dBm (或按技术说明书要求)。

7.5.1.3 按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则(或按技术说明书要求)选取不同频率点,用频谱分析仪测出二次谐波与基波间的相对电平、三次谐波与基波间的相对电平,并记入附录A表A.6。

7.5.1.4 调节频谱分析仪,用频谱分析仪测出分谐波与基波间的相对电平,并记入附录A表A.6中。

7.5.2 非谐波的校准

7.5.2.1 仪器连接如图4所示。

7.5.2.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平为 0dBm（或按技术说明书要求）。

7.5.2.3 按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则（或按技术说明书要求）选取不同频率点，用频谱分析仪测出偏离载频（偏离载频的频率值为技术说明书的规定值）的最大非谐波与基波间的相对电平，并记入附录 A 表 A.6。

7.6 单边带相位噪声的校准

7.6.1 采用相位噪声测量系统校准单边带相位噪声按以下条款进行。

7.6.1.1 仪器连接如图 5 所示。



图 5 单边带相位噪声的校准

7.6.1.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平为 0dBm（或按技术说明书要求）。

7.6.1.3 按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则（或按技术说明书要求）选取不同的频率点，用相位噪声测量系统测出单边带相位噪声，并记入附录 A 表 A.7。

7.6.2 采用频谱分析仪校准单边带相位噪声按以下条款进行。

7.6.2.1 仪器连接如图 4 所示。

7.6.2.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平为 0dBm（或按技术说明书要求）。

7.6.2.3 按低、中、高选取一般测试点与根据通信制式频段选取典型测试点相结合的原则（或按技术说明书要求）选取不同的频率点，调节频谱分析仪扫频宽度 SPAN 为适当值，分辨力带宽 $RBW \leq 1\text{kHz}$ ，视频带宽 $VBW \leq 10\text{Hz}$ ，测量载频电平 L_C (dBm) 及偏离载频（按技术说明书要求）处的电平 L (dBm)。单边带相位噪声按式 (4) 计算，并将计算结果记入附录 A 表 A.7。

$$L = L_C - 10\lg[RBW(\text{Hz})] \quad (\text{dBc/Hz}) \quad (4)$$

7.7 载波的剩余调幅和剩余调频的校准

7.7.1 仪器连接如图 6 所示。

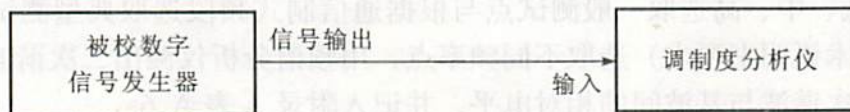


图 6 载波的剩余调幅和剩余调频的校准

7.7.2 被校数字信号发生器置于未调制状态，调节数字信号发生器输出电平为 0dBm（或按技术说明书要求）。

7.7.3 按低、中、高原则（或按技术说明书要求）选取不同的频率点，设置调制度分析仪测量带宽为 50Hz~15kHz 或 300Hz~3kHz，检波方式为 RMS（或按被校数字信号发生器技术说明书要求），从调制度分析仪上读出剩余调幅和剩余调频的测量值，并记入附录 A 表 A.8。

7.8 幅度调制的调幅度、解调失真及伴随调频的校准

7.8.1 仪器连接如图 7 所示。

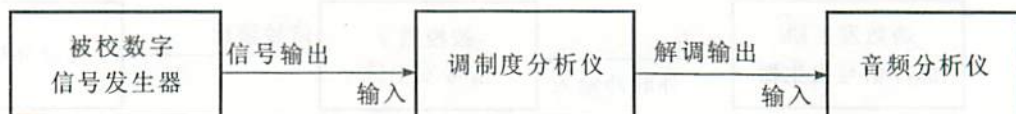


图 7 幅度调制、频率调制、相位调制的校准

7.8.2 被校数字信号发生器置于内调幅状态，输出电平为 0dBm 或适当电平。

7.8.3 调制度分析仪置于调幅测量状态，按数字信号发生器技术说明书要求选取测量带宽（无要求时选取 50Hz~15kHz）及检波方式（无要求时选取 ± 峰值的平均值）。

7.8.4 被校数字信号发生器按低、中、高原则（或按技术说明书要求）选取不同的载波频率点及调制频率点，按低、中、高原则设置不同的调幅度 AM，从调制度分析仪和音频分析仪分别读出调幅度 AM_0 、解调失真及伴随调频，并记入附录 A 表 A.9 中。

7.8.5 调幅度误差按式 (5) 计算：

$$\delta = \frac{AM - AM_0}{AM_0} \times 100\% \quad (5)$$

7.9 频率调制的频偏、解调失真及伴随调幅的校准

7.9.1 仪器连接如图 7 所示。

7.9.2 被校数字信号发生器置于内调频状态，输出电平为 0dBm 或适当电平。

7.9.3 调制度分析仪置于调频测量状态，按数字信号发生器技术说明书要求选取测量带宽（无要求时选取 50Hz~15kHz）及检波方式（无要求时选取 ± 峰值的平均值）。

7.9.4 被校数字信号发生器按低、中、高原则（或按技术说明书要求）选取不同的载波频率点及调制频率点，按低、中、高原则设置不同的频偏 Δf ，从调制度分析仪和音频分析仪分别读出频偏 Δf_0 、解调失真及伴随调幅，并记入附录 A 表 A.10。

7.9.5 频偏误差按式 (6) 计算：

$$\delta = \frac{\Delta f - \Delta f_0}{\Delta f_0} \times 100\% \quad (6)$$

7.10 相位调制的相偏、解调失真的校准

7.10.1 仪器连接如图 7 所示。

7.10.2 被校数字信号发生器置于内调相状态，输出电平为 0dBm 或适当电平。

7.10.3 调制度分析仪置于调相测量状态，按数字信号发生器技术说明书要求选取测量带宽（无要求时选取 50Hz~15kHz）及检波方式（无要求时选取 ± 峰值的平均值）。

7.10.4 被校数字信号发生器按低、中、高原则（或按技术说明书要求）选取不同的载波频率点及调制频率点，按低、中、高原则设置不同的相偏 $\Delta \phi$ ，从调制度分析仪和音频分析仪分别读出相偏 $\Delta \phi_0$ 、解调失真，并记入附录 A 表 A.11。

7.10.5 相偏误差按式 (7) 计算:

$$\delta = \frac{\Delta\Phi - \Delta\Phi_0}{\Delta\Phi_0} \times 100\% \quad (7)$$

7.11 脉冲调制的校准

7.11.1 脉冲调制通断比的校准

7.11.1.1 仪器连接如图 8 所示。

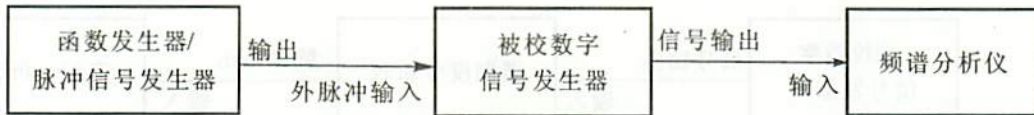


图 8 脉冲调制通断比的校准

7.11.1.2 被校数字信号发生器置于外脉冲调制状态, 载波输出电平为 0dBm (或按技术说明书要求), 按低、中、高原则 (或按技术说明书要求) 选取不同的载波频率。

7.11.1.3 调节函数发生器或脉冲信号发生器输出 +5V 直流电压, 用频谱分析仪测出载波电平 L_{on} 。关闭函数发生器或脉冲信号发生器输出, 用频谱分析仪测出载波电平 L_{off} , 脉冲调制通断比按式 (8) 计算, 并记入附录 A 表 A.12。

$$R = L_{on} - L_{off} \quad (8)$$

7.11.2 脉冲调制上升/下降时间的校准

7.11.2.1 仪器连接如图 9 所示。

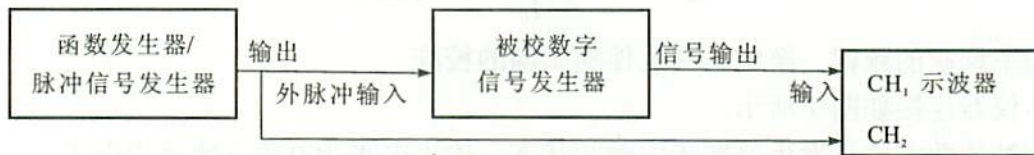


图 9 脉冲调制上升/下降时间的校准

7.11.2.2 被校数字信号发生器置于外脉冲调制状态, 载波输出电平为 0dBm (或按技术说明书要求), 按低、中、高原则 (或按技术说明书要求) 选取不同的载波频率。

7.11.2.3 按被校数字信号发生器技术说明书要求调节函数发生器或脉冲信号发生器输出频率和幅度 (无要求时输出频率为 10kHz 或 100kHz, 幅度为 +5V 方波信号), 示波器选 CH₂ 通道触发, 用 CH₁ 通道测出载波幅度从 10% 上升到 90% 的时间为上升时间, 从 90% 下降到 10% 的时间为下降时间, 并记入附录 A 表 A.12。

7.12 内调制信号发生器的校准

7.12.1 内调制信号发生器输出频率的校准

7.12.1.1 仪器连接如图 10 所示。

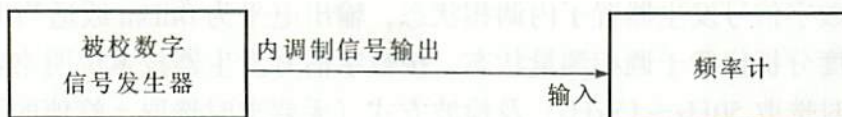


图 10 内调制信号发生器输出频率的校准

JJF 1174—2007

7.12.1.2 被校数字信号发生器的内调制信号发生器置于正弦波输出状态, 调节输出电平为适当值 (一般为 1V), 使频率计正常工作。

7.12.1.3 从最低到最高改变被校数字信号发生器的内调制信号发生器输出频率 f , 按低、中、高原则 (或按技术说明书要求) 选取不少于 6 个频率校准点, 从频率计读出频率值 f_0 , 并记入附录 A 表 A.13。

7.12.1.4 内调制信号发生器输出频率误差按式 (9) 计算:

$$\delta = \frac{f - f_0}{f_0} \quad (9)$$

7.12.2 内调制信号发生器输出幅度的校准

7.12.2.1 仪器连接如图 11 所示。

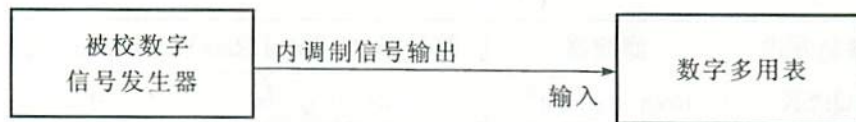


图 11 内调制信号发生器输出幅度的校准

7.12.2.2 被校数字信号发生器的内调制信号发生器置于正弦波输出状态, 调节输出频率为 1kHz。

7.12.2.3 从最低到最高改变内调制信号发生器输出幅度 U , 按低、中、高原则 (或按技术说明书要求) 选取不同的幅度点, 从数字多用表 (置 ACV 测量) 读出幅度值 U_0 , 并记入附录 A 表 A.14。

7.12.2.4 内调制信号发生器输出幅度误差按式 (10) 计算:

$$\delta = \frac{U - U_0}{U_0} \times 100\% \quad (10)$$

7.13 TDMA 数字调制质量参数的校准

7.13.1 仪器连接如图 12 所示。

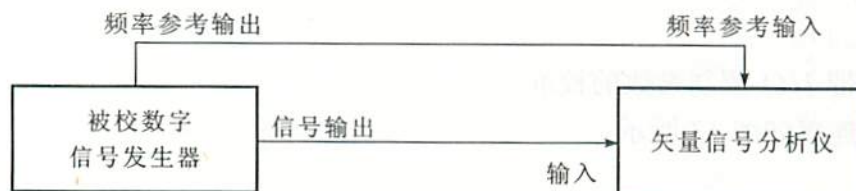


图 12 数字调制质量参数的校准

7.13.2 被校数字信号发生器置于 TDMA 数字调制状态, 先后选择通信标准制式为 PDC、NADC、GSM、DECT、PHS、TETRA 等。按通信制式频段 (或按技术说明书要求) 选取不同的频率点, 调节输出电平为 -10dBm (或按技术说明书要求)。

7.13.3 矢量信号分析仪的参考电平置为 0dBm 或适当值, 选取与通信标准制式相对应的标准解调方式, 测出数字调制质量参数 (参数见附录 A 表 A.15, 或按被校数字信号发生器技术说明书规定选取), 并记入附录 A 表 A.15。

7.14 CDMA 数字调制质量参数的校准

7.14.1 仪器连接如图 12 所示。

JJF 1174—2007

7.14.2 被校数字信号发生器置于 CDMA 数字调制状态, 先后选择通信标准制式为 IS-95CDMA、CDMA2000、W-CDMA。按通信制式频段 (或按技术说明书要求) 选取不同的频率点, 调节输出电平为 -10dBm (或按技术说明书要求)。

7.14.3 矢量信号分析仪的参考电平置为 0dBm 或适当值, 选取与通信标准制式相对应的标准解调方式, 测出数字调制质量参数 (参数见附录 A 表 A.16, 或按被校数字信号发生器技术说明书规定选取), 并记入附录 A 表 A.16。

7.15 用户定义数字调制质量参数的校准

7.15.1 仪器连接如图 12 所示。

7.15.2 被校数字信号发生器置于用户定义数字调制状态, 按数字信号发生器技术说明书规定或下表选取调制方式和调制参数。

序号	调制方式	滤波器	符号率 (Symbol Rate)	Alpha 系数	B ₀ T 率
1	QPSK	Root Nyquist ^注	24.3ksym/s	0.35	—
2	$\pi/4$ DQPSK	Root Nyquist	24.3ksym/s	0.35	—
3	MSK	Gaussian	270.833ksym/s	—	0.3
4	2FSK	Gaussian	1.152Msym/s	—	0.5
5	16QAM	Root Nyquist	24.3ksym/s	0.35	—
6	IS95 QPSK	IS-95Mod w/EQ	1.2288Msym/s	0.3	—

注: Root Nyquist——Root Raised Cosine 根升余弦。

7.15.3 被校数字信号发生器按通信制式频段 (或按技术说明书要求) 选取不同的频率点, 调节输出电平为 -10dBm (或按技术说明书要求)。

7.15.4 矢量信号分析仪的参考电平置为 0dBm 或适当值, 选取与调制方式相对应的解调方式, 频谱宽度置为适当值 (频谱宽度应略大于信号的符号率), 测出数字调制质量参数 (参数见附录 A 表 A.17, 或按被校数字信号发生器技术说明书规定选取), 并记入附录 A 表 A.17。

7.16 内部基带 I/Q 调制参数的校准

7.16.1 仪器连接如图 13 所示。

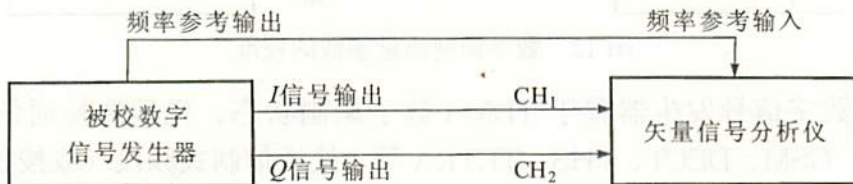


图 13 内部基带 I/Q 调制参数的校准

7.16.2 被校数字信号发生器置于内部 I/Q 输出状态, 先后选择通信标准制式为 PDC、NADC、GSM、DECT、PHS、IS-95CDMA、CDMA2000、W-CDMA 等, I/Q 输出电平为技术说明书中规定的电平值。

7.16.3 矢量信号分析仪的参考电平置为 0dBm 或适当值, 输入方式置为 I/Q 输入,

JJF 1174—2007

选取与通信标准制式相对应的标准解调方式，测出数字调制质量参数（参数见附录 A 表 A.18，或按被校数字信号发生器技术说明书规定选取），并记入附录 A 表 A.18。

7.17 外部 I/Q 调制频响的校准

7.17.1 仪器连接如图 14 所示。

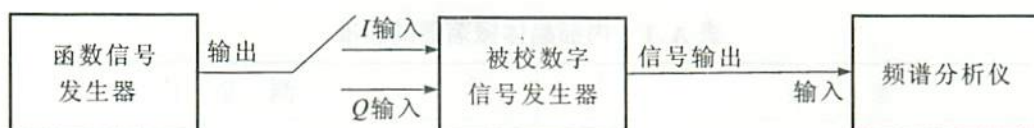


图 14 外部 I/Q 调制频响的校准

7.17.2 被校数字信号发生器置于外部 I/Q 调制状态，按技术说明书规定设置数字信号发生器载波频率和输出电平值（无规定时为 -10dBm ）。

7.17.3 设置函数信号发生器输出电平为适当值 [或为 1V (峰-峰值)]，按被校数字信号发生器技术说明书规定设置函数信号发生器为不同的频率值（无规定时可设置为 1kHz , 10kHz , 100kHz , 1MHz , 3MHz , 6MHz , 10MHz ）。用频谱分析仪测量 I 路及 Q 路调制波的上边频和下边频幅度，计算出各个频率相对于参考频率（一般为 1kHz ）的相对幅度，并记入附录 A 表 A.19。

8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。校准证书由封面和校准数据页组成。封面由校准机构确定统一格式，校准数据按附录 A 所列数据表格，并可根据被测仪表的情况进行填写。证书上的信息应满足以下等信息要求。

- 1) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 证书或报告的惟一标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 4) 送校单位的名称和地址；
- 5) 被校对象的描述和明确标识；
- 6) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- 7) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 8) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 9) 校准环境的描述；
- 10) 校准结果及其测量不确定度；
- 11) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期。

9 复校时间间隔

校准时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 1 年。修理或调整后，应经校准才能使用。

附录 A

校准记录格式

表 A.1 内部晶体振荡器的校准

参 数	测 量 值
开机特性	
日频率波动	
日老化率	
1 秒频率稳定度	
频率复现性	
频率准确度	

表 A.2 输出频率的校准

频率标称值/MHz	频率测量值/MHz	误 差
...		
100		
900		
...		
1800		
1900		
2100		
...		

表 A.3 最大输出电平的校准

频率/MHz	输出电平标称值/dBm	输出电平测量值/dBm
...		
100		
900		
...		
1800		
1900		
2100		
...		

JJF 1174—2007

表 A.4 输出高电平的校准

频率/MHz	输出电平标称值/dBm	输出电平测量值/dBm	误差/dB
...	0		
900	0		
...	0		
1800	0		
1900	0		
2100	0		
...	0		

表 A.5 输出低电平的校准

载波频率/MHz	输出电平设定值/dBm	标准器读数/dBm	误差 /dB
...	-10		
	-20		
	...		
	-110		
900	-10		
	-20		
	...		
	-110		
...	...		

JJF 1174—2007

表 A.5 (续)

载波频率/MHz	输出电平设定值/dBm	标准器读数/dBm	误差 /dB
1800	-10		
	-20		
	...		
	-110		
	-10		
	-20		
	...		
	-100
2100	10		
	-20		
	...		
	-110		
...	-10		
	-20		
	...		
	-110		

表 A.6 谐波, 分谐波与非谐波

载波频率/MHz	谐波, 分谐波与非谐波	测量值/dBc	出现的非谐波频率
100	2次		N/A
	3次		N/A
	1/2次		N/A
	非谐波		
900	2次		N/A
	3次		N/A
	1/2次		N/A
	非谐波		
...	...		
1900	2次		N/A
	3次		N/A
	1/2次		N/A
	非谐波		

JJF 1174—2007

表 A.6 (续)

载波频率/MHz	谐波, 分谐波与非谐波	测量值/dBc	出现的非谐波频率
...	2 次		N/A
	3 次		N/A
	1/2 次		N/A
	非谐波		

表 A.7 单边带相位噪声的校准

载波频率/MHz	偏移频率/kHz	测量值/(dBc/Hz)
100	20	
	...	
900	20	
	...	
1900	20	
	...	
	20	
	...	

表 A.8 载波的剩余调幅及剩余调频的校准

表 A.8-1 载波的剩余调频的校准

带 宽	载波频率/MHz	剩余调频/Hz
50Hz~15kHz	100	
	1000	
	...	

表 A.8-2 载波的剩余调幅的校准

带 宽	载波频率/MHz	剩余调幅/(%)
50Hz~15kHz	100	
	1000	
	...	

表 A.9 幅度调制的调幅度, 解调失真及伴随调频的校准

载波频率	调制频率	调幅度标称值	调幅度测量值	误 差	解调失真	伴随调频

JJF 1174—2007

表 A.9 (续)

载波频率	调制频率	调幅度标称值	调幅度测量值	误差	解调失真	伴随调频

表 A.10 频率调制的频偏, 解调失真及伴随调幅的校准

载波频率	调制频率	频偏标称值	频偏测量值	误差	解调失真	伴随调幅

表 A.11 相位调制的相偏及解调失真的校准

载波频率	调制频率	相偏标称值	相偏测量值	误差	解调失真

表 A.12 脉冲调制的校准

载波频率	脉冲调制通断比	脉冲调制上升时间	脉冲调制下降时间

表 A.13 内调制信号发生器输出频率的校准

频率标称值	频率测量值	误差

JJF 1174—2007

表 A.13 (续)

频率标称值	频率测量值	误差

表 A.14 内调制信号发生器输出幅度的校准

频率	幅度标称值	幅度测量值	误差

表 A.15-1 TDMA (NADC) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
870.03							
882							
893.97							

表 A.15-2 TDMA (PDC) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
810							
818							
826							
940							
948							
956							

表 A.15-3 TDMA (GSM) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
890.2							

JJF 1174—2007

表 A.15-3 (续)

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
914.8							
935.2							
959.8							
1710.2							
1784.8							
1805.2							
1879.8							
1930.2							
1989.8							

表 A.15-4 TDMA (PHS) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
1893.65							
1894.95							
1895.15							
1907.45							
1919.45							

表 A.15-5 TDMA (TETRA) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)		矢量幅度误差/(%)		相位误差/(°)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	RMS	Peak	
1894.88							
1896.53							
1897.85							

表 A.15-6 TDMA (DECT) 数字调制质量参数的校准

载波频率/MHz	FSK 误差/(%)		矢量幅度误差/(%)		频率误差/Hz
	RMS	Peak	RMS	Peak	
1881.792					
1890.432					
1897.344					

JJF 1174—2007

表 A.16-1 IS-95 CDMA 数字调制质量参数的校准

载波频率 /MHz	波形质量 因数 Rho	误差矢量幅度 /(%) RMS	频率误差 /Hz	邻道功率比 (ACPR) /dBc	
				偏移 750kHz	偏移 1.98MHz
870.03					
882					
893.97					

表 A.16-2 CDMA2000 数字调制质量参数的校准

载波频率 /MHz	复合波形质 量因数 Rho	QPSK 误差矢量幅度/(%)		频率误差 /Hz	邻道功率比 (ACPR) /dBc	
		RMS	Peak		偏移 750kHz	偏移 1.98MHz
825						
875						
925						
1850						
1950						
2050						
2150						

表 A.16-3 W-CDMA 数字调制质量参数的校准

载波频率 /MHz	下行链路			上行链路		频率误差 /Hz	邻道功率比 (ACPR) /dBc	
	复合波形质 量因数 Rho	误差矢量 幅度/(%)		QPSK 误差矢量 幅度/(%)			偏移 5MHz	偏移 10MHz
		RMS	Peak	RMS	Peak			
1920	—	—	—					
1950	—	—	—					
1980	—	—	—					
2110				—	—			
2140				—	—			
2170				—	—			

表 A.17 用户定义数字调制质量参数的校准

表 A.17-1 QPSK 调制方式 [滤波器: Root Nyquist (根升余弦);
符号率 (Symbol Rate): 24.3kHz; Alpha 系数: 0.35]

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)	
	RMS	Peak
800		

JJF 1174—2007

表 A.17-1 (续)

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)	
	RMS	Peak
900		
1000		
1700		
1800		
1900		
2000		

表 A.17-2 $\pi/4$ DQPSK 调制方式

(滤波器: Root Nyquist; 符号率: 24.3kHz; Alpha 系数: 0.35)

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)	
	RMS	Peak
800		
900		
1000		
1700		
1800		
1900		
2000		

表 A.17-3 16QAM 调制方式

(滤波器: Root Nyquist; 符号率: 24.3kHz; Alpha 系数: 0.35)

载波频率/MHz	误差矢量幅度/(%)	
	RMS	Peak
800		
900		
1000		
1700		
1800		
1900		
2000		

JJF 1174—2007

表 A.17-4 FSK 调制方式

(Freq Dev: 288kHz; 滤波器: Gaussian; 符号率: 1.152MHz; BbT 率: 0.5)

载波频率/MHz	FSK 误差/(%)	
	RMS	Peak
1881.792		
1890.432		
1897.344		

表 A.17-5 MSK 调制方式

[滤波器: Gaussian (高斯); 符号率: 270.833kHz; BbT 率: 0.3]

载波频率/MHz	相位误差/(°)	
	RMS	Peak
890.2		
914.8		
935.2		
959.8		
1710.2		
1784.8		
1805.2		
1879.8		
1930.2		
1989.8		

表 A.17-6 IS95 QPSK 调制方式

(滤波器: IS-95 Mod w/EQ; 符号率: 1.2288MHz; Alpha 系数: 0.5)

载波频率/MHz	波形质量因数 Rho	误差矢量幅度/(%) RMS
870.03		
882		
893.97		

表 A.18 内部基带 I/Q 调制质量参数的校准

表 A.18-1 NADC 制式

误差矢量幅度/(%)	
RMS	Peak

JJF 1174—2007

表 A.18-2 PDC 制式

误差矢量幅度/(%)	
RMS	Peak

表 A.18-3 PHS 制式

误差矢量幅度/(%)	
RMS	Peak

表 A.18-4 TETRA 制式

误差矢量幅度/(%)	
RMS	Peak

表 A.18-5 GSM 制式

相位误差/(°)	
RMS	Peak

表 A.18-6 DECT 制式

FSK 误差/(%)	
RMS	Peak

表 A.18-7 IS-95 CDMA 制式

波形质量因数 Rho	误差矢量幅度/(%) RMS

表 A.19 外部 I/Q 调制的校准

载波频率	调制频率	I 路	Q 路

附录 B

不确定度评定实例

B1 输出高电平校准的不确定度评定

8902A/S 测量接收机(电平测量功能)直接测量 E4437B 被校数字信号发生器的输出电平 ($\geq 0\text{dBm}$)。

B1.1 数学模型

$$d = P_X - P_N$$

式中: d ——测量误差;

P_X ——被校数字信号发生器输出电平值;

P_N ——8902A/S 的测量值。

B1.2 计算各分量标准不确定度

设测量范围为 $(+30 \sim 0)\text{dBm}$ 。测量点为 0dBm 时, 不确定度最小; 测量点为 $\pm 30\text{dBm}$ 时, 不确定度最大。

B1.2.1 射频量程转换引入的标准不确定度分量 $u(P_{N1})$ 。

由 8902A/S 指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a = 0.02\text{dB/每个射频量程转换} = (0.02 \sim 0.06)\text{dB}$$

$$u(P_{N1}) = (0.02 \sim 0.06)\text{dB}/\sqrt{3} = (0.012 \sim 0.035)\text{dB}$$

B1.2.2 功率线性度引入的标准不确定度分量 $u(P_{N2})$ 。

由 8902A/S 指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(P_{N2}) = 0.02\text{dB}/\sqrt{3} = 0.012\text{dB}$$

B1.2.3 校准因子引入的标准不确定度分量 $u(P_{N3})$ 。

由 8902A/S 指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(P_{N3}) = 0.13\text{dB}/\sqrt{3} = 0.075\text{dB}$$

B1.2.4 测量分辨力引入的标准不确定度分量 $u(P_R)$ 。

由 8902A/S 测量分辨力指标, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(P_R) = 0.01\text{dB}/\sqrt{3} = 0.0058\text{dB}$$

B1.2.5 失配引入的不确定度 $u(P_r)$

功率探头 11722A 的电压驻波比为 1.2 (即反射系数模值为 0.09), 被校信号发生器的电压驻波比为 1.5 (即反射系数模值为 0.2), 则失配的影响 ΔA :

$$\Delta A = 8.68 |\Gamma_G| |\Gamma_L| = 8.68 \times 0.2 \times 0.09 = 0.16\text{dB}$$

按反正弦分布估算, 包含因子 $\sqrt{2}$, 则:

$$u(P_r) = 0.16/\sqrt{2} = 0.11\text{dB}$$

JJF 1174—2007

B1.2.6 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(P_X)$ 。

测量数据如下 (载波频率 1000MHz, 输出电平 10dBm):

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dBm	9.96	9.98	9.97	9.98	9.96	9.97	9.97	9.96	9.97	9.97
实验标准差 $s = 0.0074\text{dB}$										

$$u(P_X) = s = 0.0074\text{dB}$$

B1.3 标准不确定度一览表 (见表 B.1)

B1.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(P_{N1}) + u^2(P_{N2}) + u^2(P_{N3}) + u^2(P_R) + u^2(P_r) + u^2(P_X)} = 0.14\text{dB}$$

B1.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B1.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 0.28\text{dB}$$

表 B.1 输出高电平校准的不确定度评定

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值 /dB	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i) / \text{dB}$	自由度
$u(P_{N1})$	射频量程转换	$(0.02 \sim 0.06) / \sqrt{3}$	1	0.012~0.034	∞
$u(P_{N2})$	功率线性度	$0.02 / \sqrt{3}$	1	0.012	∞
$u(P_{N3})$	校准因子	$0.13 / \sqrt{3}$	1	0.075	∞
$u(P_R)$	测量分辨力	$0.01 / \sqrt{3}$	1	0.0058	∞
$u(P_r)$	失配	$0.16 / \sqrt{2}$	1	0.11	∞
$u(P_X)$	测量重复性	0.0074	1	0.0074	9
$u_c = 0.14\text{dB}$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 0.28\text{dB}$					

B2 输出低电平校准的不确定度评定

8902A/S 测量接收机 (调谐射频电平测量功能) 直接测量 E4437B 被校数字信号发生器的输出电平 ($< 0\text{dBm}$)。

B2.1 数学模型

$$d = P_X - P_N$$

式中: d ——测量误差;

P_X ——被校数字信号发生器输出电平值;

P_N ——8902A/S 的测量值。

B2.2 计算各分量标准不确定度

设测量范围为(0 ~ -100) dBm。测量点为0dBm时, 不确定度最小; 测量点为-100dBm时, 不确定度最大。

B2.2.1 射频量程改变引入的标准不确定度分量 $u(P_{N1})$ 。

由8902A/S指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a_1 = (0.04 \sim 0.06\text{dB}) / \text{每个射频量程改变} = (0.06 \sim 0.14)\text{dB}$$

$$u(P_{N1}) = (0.06 \sim 0.14)\text{dB} / \sqrt{3} = (0.0035 \sim 0.081)\text{dB}$$

B2.2.2 中频量程改变引入的标准不确定度分量 $u(P_{N2})$ 。

由8902A/S指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a_2 = (0.02 \sim 0.05\text{dB}) / \text{每个中频量程改变} = (0.02 \sim 0.27)\text{dB}$$

$$u(P_{N2}) = (0.0 \sim 0.27)\text{dB} / \sqrt{3} = (0.012 \sim 0.16)\text{dB}$$

B2.2.3 检波器线性度引入的标准不确定度分量 $u(P_{N3})$ 。

由8902A/S指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a_3 = 0.02\text{dB}$$

$$u(P_{N3}) = 0.02\text{dB} / \sqrt{3} = 0.12\text{dB}$$

B2.2.4 混频器线性度引入的标准不确定度分量 $u(P_{N4})$ 。

由8902A/S指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a_4 = 0.18\text{dB}$$

$$u(P_{N4}) = 0.18\text{dB} / \sqrt{3} = 0.10\text{dB}$$

B2.2.5 频率偏移引入的标准不确定度分量 $u(P_{N5})$ 。

由8902A/S指标估算, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$a_5 = 0.03\text{dB/kHz}$$

$$u(P_{N5}) = 0.03\text{dB} / \sqrt{3} = 0.017\text{dB}$$

B2.2.6 测量分辨力引入的标准不确定度分量 $u(P_R)$ 。

由8902A/S测量分辨力指标, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(P_R) = 0.01\text{dB} / \sqrt{3} = 0.0058\text{dB}$$

B2.2.7 噪声引入的标准不确定度分量 $u(P_n)$ 。

由8902A/S噪声指标, 均匀分布, 自由度 ∞ , B类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(P_n) = 0.18\text{dB} / \sqrt{3} = 0.10\text{dB}$$

B2.2.8 失配引入的不确定度 $u(P_r)$ 。

功率探头11722A的电压驻波比为1.2(即反射系数模值为0.09), 被校信号发生器的电压驻波比为1.5(即反射系数模值为0.2), 则失配的影响 ΔA :

$$\Delta A = 8.68 |\Gamma_G| |\Gamma_L| = 8.68 \times 0.2 \times 0.09 = 0.16\text{dB}$$

按反正弦分布估算, 包含因子 $\sqrt{2}$, 则:

JJF 1174—2007

$$u(P_r) = 0.16/\sqrt{2} = 0.11\text{dB}$$

B2.2.9 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(P_s)$ 。

测量数据如下 (载波频率 1000MHz, 输出电平依次设定为 -20dBm, -80dBm):

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dBm	-20.06	-20.07	-20.06	-20.06	-20.06	-20.07	-20.06	-20.06	-20.06	-20.07
测量值/dBm	-80.23	-80.20	-80.18	-80.21	-80.23	-80.20	-80.23	-80.19	-80.21	-80.22
实验标准差 $s = 0.0048 \sim 0.018\text{dB}$										

$$u(P_s) = s = (0.0048 \sim 0.020)\text{dB}$$

B2.3 标准不确定度一览表 (见表 B.2)

B2.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(P_{N1}) + u^2(P_{N2}) + u^2(P_{N3}) + u^2(P_{N4}) + u^2(P_{N5}) + u^2(P_R) + u^2(P_n) + u^2(P_r) + u^2(P_X)}$$

$$= (0.16 \sim 0.23)\text{dB}$$

B2.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B2.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = (0.32 \sim 0.46)\text{dB}$$

表 B.2 输出低电平校准的不确定度评定

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值 /dB	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i) / \text{dB}$	自由度
$u(P_{N1})$	射频量程改变	$(0.06 \sim 0.14) / \sqrt{3}$	1	0.035 ~ 0.081	∞
$u(P_{N2})$	中频量程改变	$(0.0 \sim 0.27) / \sqrt{3}$	1	0.0 ~ 0.16	∞
$u(P_{N3})$	检波器线性度	$0.02 / \sqrt{3}$	1	0.012	∞
$u(P_{N4})$	混频器线性度	$0.18 / \sqrt{3}$	1	0.10	∞
$u(P_{N5})$	频率偏移	$0.03 / \sqrt{3}$	1	0.017	∞
$u(P_R)$	测量分辨力	$0.01 / \sqrt{3}$	1	0.0058	∞
$u(P_n)$	噪声	$0.18 / \sqrt{3}$	1	0.10	∞
$u(P_r)$	失配	$0.16 / \sqrt{2}$	1	0.11	∞
$u(P_X)$	测量重复性	0.0048 ~ 0.018	1	0.0048 ~ 0.018	9
$u_c = (0.16 \sim 0.23)\text{dB}$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = (0.32 \sim 0.46)\text{dB}$					

JJF 1174—2007

B3 数字调制质量参数校准的不确定度评定

B3.1 误差矢量幅度校准的不确定度评定 (NADC 制式)

用 89441A 矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的误差矢量幅度。

B3.1.1 数学模型

$$d = V_X - V_N$$

式中： d ——测量误差；

V_X ——被校数字信号发生器输出信号的误差矢量幅度；

V_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

B3.1.2 计算各分量标准不确定度

B3.1.2.1 89441A 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(V_N)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(V_N) = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.29\%$$

B3.1.2.2 89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(V_R)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪分辨力指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(V_R) = 0.001\% / \sqrt{3} = 0.00058\%$$

B3.1.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(V_X)$ 。

测量数据如下 (频率 940MHz，输出幅度 0dBm，NADC 制式)：

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(%)	0.218	0.233	0.256	0.226	0.266	0.283	0.268	0.243	0.220	0.259
实验标准差 $s = 0.022\%$										

$$u(V_X) = s = 0.022\%$$

B3.1.3 标准不确定度一览表 (见表 B.3)

B3.1.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(V_N) + u^2(V_R) + u^2(V_X)} = 0.29\%$$

B3.1.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.1.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 0.58\%$$

JJF 1174—2007

表 B.3 误差矢量幅度校准的不确定度评定 (NADC 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(V_N)$	89441A 矢量信号分析仪最大允许误差	$0.5\% / \sqrt{3}$	1	0.29%	∞
$u(V_R)$	89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.001\% / \sqrt{3}$	1	0.00058%	∞
$u(V_X)$	测量重复性	0.022%	1	0.022%	9
$u_c = 0.29\%$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 0.58\%$					

B3.2 矢量幅度误差校准的不确定度评定 (NADC 制式)

用 89441A 矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的矢量幅度误差。

B3.2.1 数学模型

$$d = V_X - V_N$$

式中： d ——测量误差；

V_X ——被校数字信号发生器输出信号的矢量幅度误差；

V_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

B3.2.2 计算各分量标准不确定度

B3.2.2.1 89441A 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(V_N)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(V_N) = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.29\%$$

B3.2.2.2 89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(V_R)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪分辨力指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(V_R) = 0.001\% / \sqrt{3} = 0.00058\%$$

B3.2.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(V_X)$ 。

测量数据如下 (频率 940MHz，输出幅度 0dBm，NADC 制式)：

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(%)	0.166	0.180	0.196	0.213	0.208	0.171	0.153	0.183	0.158	0.199
实验标准差 $s = 0.021\%$										

JJF 1174—2007

$$u(V_X) = s = 0.021\%$$

B3.2.3 标准不确定度一览表 (见表 B.4)

B3.2.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(V_N) + u^2(V_R) + u^2(V_X)} = 0.29\%$$

B3.2.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.2.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 0.58\%$$

表 B.4 矢量幅度误差校准的不确定度评定 (NADC 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(V_N)$	89441A 矢量信号分析仪最大允许误差	$0.5\% / \sqrt{3}$	1	0.29%	∞
$u(V_R)$	89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.001\% / \sqrt{3}$	1	0.00058%	∞
$u(V_X)$	测量重复性	0.021%	1	0.021%	9
$u_c = 0.29\%$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 0.58\%$					

B3.3 相位误差校准的不确定度评定 (GSM 制式)

用 89441A 矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的相位误差。

B3.3.1 数学模型

$$d = Ph_X - Ph_N$$

式中： d ——测量误差；

Ph_X ——被校数字信号发生器输出信号的相位误差；

Ph_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

B3.3.2 计算各分量标准不确定度

B3.3.2.1 89441A 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(Ph_N)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(Ph_N) = 0.34\text{deg} / \sqrt{3} = 0.20\text{deg}$$

B3.3.2.2 89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(Ph_R)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪分辨力指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

JJF 1174—2007

$$u(Ph_R) = 0.001\text{deg}/\sqrt{3} = 0.00058\text{deg}$$

B3.3.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(Ph_X)$ 。

测量数据如下 (频率 940MHz, 输出幅度 0dBm, GSM 制式):

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/deg	0.133	0.151	0.172	0.153	0.183	0.153	0.133	0.161	0.143	0.163
实验标准差 $s = 0.016\text{deg}$										

$$u(Ph_X) = s = 0.016\text{deg}$$

B3.3.3 标准不确定度一览表 (见表 B.5)

B3.3.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(Ph_N) + u^2(Ph_R) + u^2(Ph_X)} = 0.20\text{deg}$$

B3.3.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.3.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 0.40\text{deg}$$

表 B.5 相位误差校准的不确定度评定 (GSM 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(Ph_N)$	89441A 矢量信号分析仪最大允许误差	$0.34\text{deg}/\sqrt{3}$	1	0.20deg	∞
$u(Ph_R)$	89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.001\text{deg}/\sqrt{3}$	1	0.00058deg	∞
$u(Ph_X)$	测量重复性	0.016deg	1	0.016deg	9
$u_c = 0.20\text{deg}$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 0.40\text{deg}$					

B3.4 FSK 误差校准的不确定度评定 (DECT 制式)

用 89441A 矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的 FSK 误差。

B3.4.1 数学模型

$$d = F_X - F_N$$

式中: d ——测量误差;

F_X ——被校数字信号发生器输出信号的 FSK 误差;

F_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

JJF 1174—2007

B3.4.2 计算各分量标准不确定度

B3.4.2.1 89441A 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(F_N)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪指标, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(F_N) = 1.5\% / \sqrt{3} = 0.87\%$$

B3.4.2.2 89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(F_R)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪分辨力指标, 均匀分布, 自由度 ∞ , B 类, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 则

$$u(F_R) = 0.001\% / \sqrt{3} = 0.00058\%$$

B3.4.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(F_X)$ 。

测量数据如下 (频率 1880MHz, 输出幅度 0dBm, DECT 制式):

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(%)	1.52	1.46	1.58	1.50	1.43	1.39	1.49	1.53	1.44	1.56
实验标准差 $s = 0.060\%$										

$$u(F_X) = s = 0.060\%$$

B3.4.3 标准不确定度一览表 (见表 B.6)

B3.4.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(F_N) + u^2(F_R) + u^2(F_X)} = 0.87\%$$

B3.4.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.4.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 1.7\%$$

表 B.6 FSK 误差校准的不确定度评定 (DECT 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(F_N)$	89441A 矢量信号分析仪最大允许误差	$1.5\% / \sqrt{3}$	1	0.87%	∞
$u(F_R)$	89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.001\% / \sqrt{3}$	1	0.00058%	∞
$u(F_X)$	测量重复性	0.020%	1	0.060%	9
$u_c = 0.87\%$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 1.7\%$					

B3.5 波形质量因数 Rho 校准的不确定度评定 (CDMA 制式)

用 89441A 矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的波形质量因数 Rho。

B3.5.1 数学模型

$$d = \rho_x - \rho_N$$

式中： d ——测量误差；

ρ_x ——被校数字信号发生器输出信号的波形质量因数 Rho；

ρ_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

B3.5.2 计算各分量标准不确定度

B3.5.2.1 89441A 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(\rho_N)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(\rho_N) = 1.0\% / \sqrt{3} = 0.58\%$$

B3.5.2.2 89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(\rho_R)$ 。

由 89441A 矢量信号分析仪分辨力指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B 类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(\rho_R) = 0.001\% / \sqrt{3} = 0.00058\%$$

B3.5.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(\rho_s)$

测量数据如下 (频率 1000MHz，输出幅度 0dBm，CDMA 制式)：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(%)	0.99989	0.99966	0.99943	0.99955	0.99988	0.99972	0.99948	0.99930	0.99953	0.99983
实验标准差 $s = 0.020\%$										

$$u(\rho_s) = s = 0.020\%$$

B3.5.3 标准不确定度一览表 (见表 B.7)

B3.5.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(\rho_N) + u^2(\rho_R) + u^2(\rho_s)} = 0.58\%$$

B3.5.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.5.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 1.2\%$$

表 B.7 波形质量因数 Rho 校准的不确定度评定 (CDMA 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(\rho_N)$	89441A 矢量信号分析仪最大允许误差	$1.0\% / \sqrt{3}$	1	0.58%	∞

JJF 1174—2007

表 B.7 (续)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(\rho_R)$	89441A 矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.001\% / \sqrt{3}$	1	0.00058%	∞
$u(\rho_X)$	测量重复性	0.020%	1	0.020%	9
$u_c = 0.58\%$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 1.2\%$					

B3.6 邻道功率比 (ACPR) 校准的不确定度评定 (CDMA 制式)

用矢量信号分析仪直接测量 E4437B 被校数字信号发生器输出信号的邻道功率比。

B3.6.1 数学模型

$$d = AR_X - AR_N$$

式中： d ——测量误差；

AR_X ——被校数字信号发生器输出信号的 FSK 误差；

AR_N ——89441A 矢量信号分析仪的测量值。

B3.6.2 计算各分量标准不确定度

B3.6.2.1 矢量信号分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(AR_N)$ 。

由矢量信号分析仪指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(AR_N) = 0.9\text{dB} / \sqrt{3} = 0.52\text{dB}$$

B3.6.2.2 矢量信号分析仪的测量分辨力误差引入的标准不确定度分量 $u(AR_R)$ 。

由矢量信号分析仪分辨力指标，均匀分布，自由度 ∞ ，B类，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，则

$$u(AR_R) = 0.01\text{dB} / \sqrt{3} = 0.0058\text{dB}$$

B3.6.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(AR_X)$ 。

测量数据如下 (频率 1900MHz, 输出幅度 0dBm, CDMA 制式):

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(%)	70.18	69.86	70.01	70.38	70.23	70.09	70.11	69.96	69.83	70.02
实验标准差 $s = 0.17\text{dB}$										

$$u(AR_X) = s = 0.17\text{dB}$$

B3.6.3 标准不确定度一览表 (见表 B.8)

B3.6.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(AR_N) + u^2(AR_R) + u^2(AR_X)} = 0.55\text{dB}$$

JJF 1174—2007

B3.6.5 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \infty$$

B3.6.6 扩展不确定度

$$U_{0.95} = t_{0.95} \times u_c = 2 \times u_c = 1.1\text{dB}$$

表 B.8 邻道功率比 (ACPR) 校准的不确定度评定 (CDMA 制式)

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i = \partial f / \partial X_i$	$u(Y) = c_i u(X_i)$	自由度
$u(AR_N)$	矢量信号分析仪最大允许误差	$0.9\text{dB}/\sqrt{3}$	1	0.52dB	∞
$u(AR_R)$	矢量信号分析仪的测量分辨力	$0.01\text{dB}/\sqrt{3}$	1	0.0058dB	∞
$u(AR_X)$	测量重复性	0.17dB	1	0.17dB	9
$u_c = 0.55\text{dB}$ $\nu_{\text{eff}} = \infty$ $U = 2 \times u_c = 1.1\text{dB}$					

中华人民共和国
国家计量技术规范
数字信号发生器校准规范
JJF 1174—2007
国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲2号
邮政编码 100013
电话 (010)64275360
<http://www.zqjl.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张2.5 字数52千字
2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷
印数1—2 000
统一书号 155026—2251 定价: 30.00元