



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 994—2004

数字音频信号发生器

Digital Audio Generators

2004-09-21 发布

2004-12-21 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

数字音频信号发生器检定规程

**Verification Regulation of
Digital Audio Generators**

JJG 994—2004

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2004 年 12 月 21 日起施行。

归口单位：全国声学计量技术委员会

起草单位：中国电子科技集团公司第三研究所

中国船舶重工集团公司第七〇一研究所

本规程委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

- 李 洹 （中国电子科技集团公司第三研究所）
潘月吾 （中国电子科技集团公司第三研究所）
潘笑笑 （中国电子科技集团公司第三研究所）
刘方雄 （中国船舶重工集团公司第七〇一研究所）

参加起草人：

- 王连生 （中国电子科技集团公司第三研究所）
朱传焕 （中国船舶重工集团公司第七〇一研究所）
唐 君 （中国船舶重工集团公司第七〇一研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 数字音频信号	(1)
3.2 编码格式	(1)
3.3 采样频率	(1)
3.4 字长度	(1)
3.5 满度电平	(1)
3.6 折叠频率	(2)
3.7 带内频率范围	(2)
3.8 频带上限频率	(2)
3.9 带外频率	(2)
3.10 抖动	(2)
3.11 单位间隔	(2)
3.12 上升、下降时间	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 数字音频信号接口输出幅度	(2)
5.2 数字音频信号幅度	(2)
5.3 上升、下降时间	(2)
5.4 抖动信号发生器	(3)
5.5 采样频率	(3)
5.6 正弦波信号发生器频率响应	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 标志和说明书	(3)
6.2 标记	(3)
6.3 仪器设置	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目和检定方法	(4)
7.3 检定结果的处理	(7)
7.4 检定周期	(7)
附录 A 数字音频信号接口输出幅度测量结果不确定度评定实例	(8)
附录 B 检定证书内页格式	(10)

数字音频信号发生器检定规程

1 范围

本规程适用于数字音频信号发生器的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用了下列文献：

SJ/T11180—1998《音频和视听设备数字音频特性基本测量方法》

IEC 60958—1：1999《数字音频接口 第一部分：通用部分》

(IEC 60958—1：Digital audio interface - Part 1: General)

IEC 61606—1：2002《音频和视听设备—数字音频部分——音频特性基本测量方法 第一部分：通用部分》

(IEC 61606 - 1: Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics - Part 1: General)

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的有效版本。

3 术语和计量单位

本规程采用 SJ/T 11180 - 1998 有关术语定义。

3.1 数字音频信号 (digital audio signal)

用一系列采样的数字数据表示的音频信号。

3.2 编码格式 (coding format)

带有控制信息并与设计的被测设备标准一致的数据码流系列。

注：数字音频数据在本规程中为二进制 2 的补码数据。

3.3 采样频率 (sampling frequency) (f_s)

数字音频信号的采样频率是可以对相应通道重复进行连续数据采样的速率。

3.4 字长度 (word length)

音频采样数值的字长度表示为最低有效位不可忽略时的比特数，通常为 8 ~ 24bit 等等。

注：也有称其为字宽度 (Word Width)。

3.5 满度电平 (full-scale amplitude) (FS)

正峰值达到正数字满度的正弦波的信号电平，不使用负数的编码值。

例如：16bit 数据的最大正值是 7FFFH，最大负值是 8001H。

注：

(1) 16bit 2 的补码编码的满度振幅正弦波负峰值为正峰值 7FFFH 的补码，即 8001H。

(2) 根据采样瞬间与信号频率和相位之间的关系，这些峰值不一定在采样瞬间恰好重合，所以有可能与信号中的任何编码都不一致。

3.6 折叠频率 (folding frequency)

数字系统中 $1/2$ 的采样频率称为折叠频率。

3.7 带内频率范围 (in-band frequency range)

从 4Hz 到频带上限频率的范围。

3.8 频带上限频率 (upper band-edge frequency)

频带上限频率为 0.46 倍的采样频率。

3.9 带外频率 (out-of-band frequency)

频率范围从折叠频率到 500kHz。

3.10 抖动 (jitter)

抖动是时钟信号的实际跳变时间与理想跳变时间之差。

3.11 单位间隔 (unit interval) (UI)

单位间隔是与接口数据速率相关的测量时间，是数字音频信号中最短的时间间隔，单位为 UI。一个 UI 为 128 倍采样频率的周期，如采样频率为 48kHz， $1\text{UI} = 1 / (128 \times 48000) = 163\text{ns}$ 。

3.12 上升、下降时间 (rise time, fall time)

阶跃信号在信号幅度由零开始到达到最终稳态值过程中，从信号幅度的 10% 起和达到 90% 为止的时间为上升时间；由最大稳态值开始下降从 90% 起到 10% 为止的时间为下降时间。

4 概述

数字音频信号发生器产生的信号是对应模拟音频信号按一定采样频率进行采样的数字数据序列，它的频率范围通常在 $4\text{Hz} \sim (0.46f_s)\text{Hz}$ ，输出的数据字长度在 8bit 至 24bit，可以产生多种音频测试所需要的波形信号。数字音频信号发生器的信号输出端子有光纤、同轴电缆和 XLR（三芯）型式，输出的数据格式符合 IEC 60958 标准、音频工程协会和欧洲广播联盟的 AES/EBU 标准以及索尼飞利浦—日本电子工业协会 SPDIF—EIAJ 的标准。

5 计量性能要求

5.1 数字音频信号接口输出幅度

数字音频信号发生器的输出接口方式有平衡方式（XLR，阻抗 110Ω ）和非平衡方式（BNC，阻抗 75Ω ），平衡方式的输出幅度为 $(0 \sim 10.16)\text{V}$ ，误差 $\pm 10\%$ ，非平衡方式输出幅度在 $(0 \sim 2.5)\text{V}$ ，误差 $\pm 10\%$ ，输出幅度的调整以步进方式改变，步进数一般是按 2^n ，如 $2^8 = 256$ 级，或根据仪器说明书的要求。其他方式不做要求。

5.2 数字音频信号幅度

数字音频信号的最大输出幅度是其字长度的最大绝对值。当数字音频信号为 16bit 时，最大正数值 7FFFH，最大负数值 8001H，在 24bit 时最大正数值 7FFFFFFH，最大负数值 800001H，其满度值为满度电平。

5.3 上升、下降时间

数字音频信号发生器输出的信号是一系列编码脉冲信号，同样具有脉冲信号的特征。数字音频信号发生器具有可变上升、下降时间功能，其可变范围在（16～400）ns，误差 $\pm 20\%$ 。

5.4 抖动信号发生器

数字音频信号输出的是一系列编码数据，即脉冲信号，当信号的状态发生跳变时，则会产生信号的抖动，当出现非常小的抖动时，脉冲跳变的值前后移动，是很小的时间位移测量，并以单位间隔 UI 表示。当抖动信号较大时，将会引起数据错误或出现失锁（信号不能锁定），数字音频信号的抖动也可通过采样时钟或接口耦合进入到其他设备，对系统产生影响。数字音频信号发生器可产生的抖动信号其幅度范围在（0～1.27）UI，误差 $\pm 10\%$ ，抖动频率范围 10Hz～100kHz，抖动频率的误差可达到 $\pm 2 \times 10^{-6}$ 。

5.5 采样频率

数字音频信号发生器的采样频率可根据需要通过对仪器进行设置，在一定的范围内可变，通常在 28kHz～52kHz，误差可达到 $\pm 2 \times 10^{-6}$ 。

5.6 正弦波信号发生器频率响应

数字音频信号发生器产生的波形为正弦波，在工作的频率范围内，其频率响应优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

6 通用技术要求

6.1 标志和说明书

6.1.1 数字音频信号发生器应具有下列永久性的标志；

- a) 制造厂的名称或商标；
- b) 产品的型号和出厂编号；
- c) 国产仪器应有制造计量器具许可证标志。

6.1.2 仪器应带有使用说明书。

6.1.3 仪器的附件应在仪器清单、附属文件中或以其他方式说明。

6.2 标记

数字音频信号发生器中非供操作者使用的部件应采用密封或标记的方法加以保护。

6.3 仪器设置

仪器应对输出接口、信号波形、数字音频采样字长度（如 8bit，16bit，24bit 等）及其他特殊功能进行设置。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准和主要配套设备

- a) 数字音频分析仪

接口方式：AES/EBU

输入电压范围：XLR（平衡方式）100mV～10.16V；

BNC（非平衡方式）25mV ~ 2.048V；

输入电压幅度误差：优于 $\pm 0.2\%$ ；

抖动幅度：（50Hz ~ 100kHz）范围，（0 ~ 3.00）UI；误差（0 ~ 3.00）UI $\times$ （ $\pm 10\%$ ）+ 0.04UI；

其他范围，（0 ~ 1.00）UI；误差（0 ~ 1.00）UI $\times$ （ $\pm 10\%$ ）+ 0.04UI；

可显示通道其他信息等功能。

b) 数字示波器

垂直灵敏度：5mV/div ~ 5V/div；

时基测量：1ns/div ~ 5s/div；

时基测量误差小于 1%。

带有抖动测量功能的数字示波器可直接测量数据的抖动时间。

7.1.2 检定环境条件

温 度：15℃ ~ 35℃；

相对湿度：45% ~ 75%；

气 压：86.0kPa ~ 106.0kPa。

7.2 检定项目和检定方法

7.2.1 检定项目

数字音频信号发生器的检定项目见表 1。

表 1 检定项目一览表

项目	首次检定 后续检定	使用中检验
外观检查	+	-
功能性检查	+	+
数字音频信号 接口输出幅度	+	+
数字音频信号幅度	+	-
上升/下降时间	+	-
抖动信号发生器	+	-
采样频率	+	+
正弦波信号发生器 频率响应	+	-
注：需检的项目用“+”表示，不需检的项目用“-”表示。		

7.2.2 外观检查

a) 数字音频信号发生器应具有明确的标志，并应符合 6.1.1 的规定。

- b) 数字音频信号发生器非供操作者使用的部件应采用密封或标记的方法加以保护。
- c) 数字音频信号发生器应无机械性损伤或变形，接口插座无接触不良现象。

7.2.3 功能性检查

按图 1 连接仪器，数字音频信号发生器的功能性检查包括仪器输出接口设置、信号波形设置及其他特殊功能等等。



图 1 数字音频信号发生器检定方框图

设置被检数字音频信号发生器的音频采样字长度为 8bit, 16bit, 24bit 等，在数字音频分析仪上应有相应的指示。

设置数字音频信号发生器的信号波形，如正弦波、方波等，检查其功能是否正常。带有噪声信号发生器功能或其他特殊功能时，检查其功能是否正常。

7.2.4 数字音频信号接口输出幅度

将数字音频信号发生器的输出端设置为平衡方式 (XLR) 或非平衡方式 (BNC)，数字音频分析仪的输入方式与数字音频信号发生器一致；设置被检数字音频信号发生器的采样频率，专业类使用时采用 48kHz，消费类可在 48kHz, 44.1kHz 或 32kHz 选择其中一种，仪器连接方式见图 1。按照数字音频信号发生器设置的数字输出幅度，从数字音频分析仪读出数据。

7.2.5 数字音频信号幅度

按图 1 连接仪器，设置数字音频信号发生器的数字音频信号幅度，从数字音频分析仪读出数字音频信号的幅度。

7.2.6 上升、下降时间

数字音频信号发生器输出的信号也是脉冲信号，同样具有脉冲信号的特征，因此，信号的跳变过程存在由零开始到达最终稳态值的过渡过程或由最大稳态值开始下降到零的过渡过程。使用数字示波器检定数字音频信号发生器输出信号的上升、下降时间，见图 2。数字音频信号发生器具有可变上升、下降时间的功能，可检定其可变化的上升、下降时间，从数字示波器读取信号的上升、下降时间。



图 2 上升/下降时间的检定方框图

7.2.7 抖动信号发生器

具有抖动信号发生器功能的数字音频信号发生器，可按图 1 的系统对抖动信号发生器进行检定，设置抖动信号的波形（正弦波或方波），设定抖动幅度数值，单位为 UI 或 ns，从数字音频分析仪直接读取抖动数值。

使用带有抖动测量功能的数字示波器进行检定，按图 2 连接仪器，可从数字示波器直接读取抖动值。

7.2.8 采样频率

按照图 1 连接仪器, 设置被检数字音频信号发生器的采样频率值, 由数字音频分析仪读出采样频率数据。

7.2.9 正弦波信号发生器频率响应

数字音频信号发生器的输出波形为正弦波, 频率范围一般为 $4\text{Hz} \sim (0.46f_s)\text{Hz}$, 例如: 采样频率为 48kHz , 则频带上限频率为: $f_H = 0.46 \times 48\text{kHz} = 22.08\text{kHz}$ 。

按图 1 连接仪器, 根据表 2 推荐的测试信号频率, 检定其输出信号的频率响应。

测试信号频率从表 2 的数值中选取, 在数字音频测量中如无特别声明, 测量的参考频率为 997Hz 。

表 2 用于数字音频信号测量的准确频率

标称频率/Hz	准确频率/Hz						
	$f_s = 32$ kHz	$f_s = 44.1$ kHz	$f_s = 48$ kHz	$f_s = 88.2$ kHz	$f_s = 96$ kHz	$f_s = 176.4$ kHz	$f_s = 192$ kHz
4	4	4	4	4	4	4	4
8	7	7	7	7	7	7	7
16	17	17	17	17	17	17	17
32	31	31	31	31	31	31	31
63	61	61	61	61	61	61	61
125	127	127	127	127	127	127	127
250	251	251	251	251	251	251	251
500	499	499	499	499	499	499	499
1k	997	997	997	997	997	997	997
2k	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999
4k	3997	3997	3997	3997	3997	3997	3997
8k	7993	7993	7993	7993	7993	7993	7993
10k	10007	10007	10007	10007	10007	10007	10007
12k	12503	—	—	—	—	—	—
14k	13999	—	—	—	—	—	—
14.5k	14501	—	—	—	—	—	—
16k	—	16001	16001	16001	16001	16001	16001
18k	—	17997	17997	—	—	—	—
20k	—	19997	19997	19997	19997	19997	19997
22k	—	—	22001	—	—	—	—
30k	—	—	—	30011	30011	—	—
35k	—	—	—	34981	34981	—	—
40k	—	—	—	40009	40009	40009	40009
44k	—	—	—	—	43997	—	—
50k	—	—	—	—	—	49999	49999
70k	—	—	—	—	—	70001	70001
80k	—	—	—	—	—	79999	79999
88k	—	—	—	—	—	—	88001

如果在测量中使用扫频信号，扫频频率范围从 16Hz 到 $(1/2f_s)$ Hz。

7.3 检定结果的处理

按本规程规定的要求检定合格的数字音频信号发生器发给检定证书；检定不合格的
数字音频信号发生器发给检定结果通知书，并注明不合格的项目。

检定证书和检定结果通知书的内页格式见附录 B。

7.4 检定周期

数字音频信号发生器的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

数字音频信号接口输出幅度测量结果不确定度评定实例

以数字音频信号发生器接口输出幅度的试验结果进行不确定度的分析。

A.1 数字模型

$$\Delta = V - V_s$$

式中: $V_s = \bar{V}_s$;

V_s ——每次测量的结果;

$\bar{V}_s$ ——测量结果的平均值;

V ——被检仪器示值。

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial V} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial V_s} = -1, \quad c_1, c_2 \text{ 为灵敏系数, 且相互独立。}$$

A.2 A 类标准不确定度

依据《数字音频信号发生器》检定规程 7.2.4 条检定方法, 对数字音频信号发生器的接口输出幅度进行了 10 次独立的、直接测量, 测量结果见表 A1。

表 A1

输出方式		平衡方式				非平衡方式			
标称值/V		10.00	5.00	2.00	1.00	2.00	1.00	0.500	0.199
	1	9.805	4.953	1.952	0.950	1.995	1.002	0.495	0.193
	2	9.817	4.957	1.951	0.950	1.999	1.001	0.495	0.191
	3	9.804	4.946	1.950	0.949	1.998	1.003	0.495	0.190
	4	9.802	4.958	1.951	0.947	1.997	1.002	0.495	0.190
	5	9.802	4.946	1.951	0.947	1.995	1.001	0.495	0.190
	6	9.795	4.949	1.949	0.948	1.995	1.001	0.495	0.191
	7	9.781	4.959	1.951	0.948	2.003	1.003	0.496	0.190
	8	9.804	4.949	1.950	0.948	2.002	1.002	0.495	0.190
	9	9.792	4.960	1.950	0.949	2.001	1.002	0.496	0.190
	10	9.796	4.952	1.950	0.949	2.000	1.002	0.496	0.191
平均值 (V_s)		9.800	4.953	1.951	0.949	1.999	1.002	0.495	0.191
标准偏差 (%)		0.101	0.108	0.052	0.127	0.151	0.099	0.116	0.549

以表 1 中标称值 0.199V 的单次测量实验标准偏差进行 A 类标准不确定度评定:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (V_{s_i} - \bar{V}_{s_i})^2}{n-1}} = 0.001\,05, \quad \frac{s}{V_s} = \frac{0.001\,05}{0.191} = 0.549\% \approx 0.55\%$$

$$u_A = 0.55\%$$

A.3 B类标准不确定度

采用由数字音频信号分析仪直接测量数字音频信号接口输出幅度的方法，B类标准不确定度的来源于数字音频分析仪的准确度，其误差为 $\pm 0.2\%$ 。以均匀分布考虑 $k = \sqrt{3}$ ，则A类标准不确定度为

$$u_2 = \frac{0.002}{\sqrt{3}} \approx 0.115\%$$

保留两位小数， $u_2 = 0.12\%$ 。

A.4 合成不确定度

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{(0.0055)^2 + (0.0012)^2} = 0.56\%$$

A.5 扩展不确定度

取 $k = 2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c = 2 \times 0.56\% = 1.12\%$$

扩展不确定度 $U = 1.2\%$ 。

附录 B

检定证书内页格式

检 定 结 果

共 页 第 页

一、外观检查：

二、功能性检查：

三、数字音频信号接口输出幅度：

输出端口	标称值/V	实际值/V
平衡方式 (XLR)	10.00	
	5.00	
	2.00	
	1.00	
非平衡方式 (BNC)	2.000	
	1.000	
	0.500	
	0.200	

四、数字音频信号幅度

信号波形	标称值/(%FS)	实际值/(%FS)
正弦波	100	
	50	
	10	
	-100	
	-50	
	-10	

五、上升/下降时间

	标称值/ns	实际值/ns
上升时间 (ns)	25	
	50	
下降时间 (ns)	25	
	50	

检 定 结 果

共 页第 页

六、抖动信号发生器

	标称值/UI	实际值/UI
抖动幅度	1.27	
	1.00	
	0.51	
	0.17	

七、采样频率

输出接口方式	标称值/kHz	实际值/kHz
AES/EBU, 通用串行口	28 ~ 52	
	48	

八、正弦波信号发生器频率响应

频率/Hz	频率响应/dBFS

九、测量结果的不确定度

检定环境条件:

温 度: ℃
 相对湿度: %
 气 压: kPa

检定依据:

使用的标准装置:

备注:

检定结果通知书内页格式

检定结果通知书

共 页第 页

一、外观检查：

二、功能性检查：

三、数字音频信号接口输出幅度：

输出端口	标称值/V	实际值/V
平衡方式 (XLR)	10.00	
	5.00	
	2.00	
	1.00	
非平衡方式 (BNC)	2.000	
	1.000	
	0.500	
	0.200	

四、数字音频信号幅度

信号波形	标称值/(%FS)	实际值/(%FS)
正弦波	100	
	50	
	10	
	-100	
	-50	
	-10	

五、上升/下降时间

	标称值/ns	实际值/ns
上升时间 (ns)	25	
	50	
下降时间 (ns)	25	
	50	

六、抖动信号发生器

	标称值/UI	实际值/UI
抖动幅度	1.27	
	1.00	
	0.51	
	0.17	

七、采样频率

输出接口方式	标称值/kHz	实际值/kHz
AES/EBU, 通用串行口	28 ~ 52	
	48	

八、正弦波信号发生器频率响应

频率/Hz	频率响应/dBFS

九、测量结果的不确定度

十、不合格项目

检定环境条件:

温 度: ℃
 相对湿度: %
 气 压: kPa

检定依据:

使用的标准装置:

备注: