



国防军工计量检定规程

JJG (军工) 172—2019

取样示波器

Sampling Oscilloscope

2019-12-20 发布

2020-04-01 实施

国家国防科技工业局 发布

取样示波器检定规程

Verification Regulation for
Sampling Oscilloscope

JJG (军工) 172—2019
代替 JJF (军工) 28—2012

主要起草单位：国防科技工业第二计量测试研究中心

参加起草单位：国防科技工业 3111 二级计量站

本规程主要起草人:

龚鹏伟 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

谢 文 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

姜 河 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

参加起草人:

马红梅 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

张 颖 (国防科技工业 3111 二级计量站)

陈冬青 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

宋国军 (国防科技工业第二计量测试研究中心)

目 录

前言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
3.1 原理.....	1
3.2 构造.....	1
3.3 分类.....	1
3.4 用途.....	1
4 计量性能要求.....	1
4.1 输出校准信号.....	1
4.2 直流电压.....	1
4.3 偏置.....	2
4.4 时间间隔.....	2
4.5 带宽.....	2
4.6 上升时间.....	2
4.7 输入阻抗.....	2
4.8 噪声.....	2
4.9 抖动.....	2
4.10 触发灵敏度.....	2
4.11 TDR 测量功能.....	2
5 通用技术要求.....	2
5.1 外观及附件.....	2
5.2 工作正常性.....	2
6 计量器具控制.....	3
6.1 检定条件.....	3
6.2 检定项目.....	4
6.3 检定方法.....	4
6.4 检定结果的处理.....	14
6.5 检定周期.....	14
附录 A 数据记录格式.....	15
附录 B 电光取样系统工作原理.....	19

前 言

本规程是对 JJF (军工) 28—2012《取样示波器校准规范》的修订。规程依据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》修订。主要技术变化如下:

- 带宽范围由 DC~50GHz 扩展至 DC~70GHz;
- 上升时间范围由 $\geq 7\text{ps}$ 扩展至 $\geq 5\text{ps}$;
- 删除基于 Nose-to-Nose 法的取样示波器上升时间检定方法;
- 增加基于电光取样脉冲法的取样示波器上升时间检定方法。

取样示波器检定规程

1 范围

本规程适用于带宽 70GHz 以下取样示波器的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJF (军工) 171—2018 脉冲波形参数计量术语及定义

3 概述

3.1 原理

取样示波器通过等效时间取样的方法完成对重复高带宽信号的测量，其工作原理如图 1 所示，触发信号进入取样示波器后经同步电路及延时电路形成取样脉冲，取样脉冲在取样电路中对被测信号进行取样，每取样一次延时电路对取样脉冲进行一次延时，多次延时后完成对整个波形的测量：



图 1 取样示波器原理框图

3.2 构造

取样示波器主要由输入端口、控制面板和显示器等组成。

3.3 分类

取样示波器按照工作原理分为差频式取样示波器、随机等效取样示波器和顺序等效取样示波器等类型，目前顺序等效取样示波器应用最为广泛。

3.4 用途

取样示波器主要用于测量高速的周期信号，具有带宽高、噪声低、上升时间小及抖动低的特点，在高速数字通信及计量测试领域具有广泛的应用。

4 计量性能要求

4.1 输出校准信号

范围：-2.5V~+2.5V；

最大允许误差：±0.2%。

4.2 直流电压

范围: $-2\text{V}\sim+2\text{V}$;

最大允许误差: $\pm 0.4\%$ 。

4.3 偏置

范围: $-2\text{V}\sim+2\text{V}$;

最大允许误差: $\pm 1.5\%$ 。

4.4 时间间隔

时间间隔测量范围: $0.5\text{ps}\sim 1\text{ns}$, 最大允许误差: $\pm(1\text{ps}+1\%\text{读数})$;

$1\text{ns}\sim 1\text{s}$, 最大允许误差: $\pm(8\text{ps}+0.1\%\text{读数})$ 。

4.5 带宽

范围: $\text{DC}\sim 70\text{GHz}$;

最大允许误差: $\pm 3\text{dB}$ 。

4.6 上升时间

范围: $\geq 5\text{ps}$ 。

4.7 输入阻抗

典型值: 50Ω ;

4.8 噪声

范围: $\geq 0.25\text{mV}$ (有效值)。

4.9 抖动

范围: $\geq 1\text{ps}$ (有效值)。

4.10 触发灵敏度

带宽: $\text{DC}\sim 15\text{GHz}$;

灵敏度: 40mV (峰峰值)。

4.11 TDR 测量功能

高/低电平: 低电平 0mV , 最大允许误差: $\pm 2\text{mV}$;

高电平 200mV , 最大允许误差: $\pm 2\text{mV}$;

平坦度: 从前沿开始 1ns 之后, 最大允许误差: $\pm 1\%$;

从前沿开始 1ns 之内, 最大允许误差: $-3\%\sim+5\%$;

上升时间: $\geq 30\text{ps}$ (低带宽, 平均值)。

5 通用技术要求

5.1 外观及附件

被检取样示波器外观应完好, 无影响正常工作的机械损伤, 其附件应齐全。

5.2 工作正常性

被检取样示波器通电后各种指示或显示应正确, 所有开关、按键和旋钮应接触良好、调节平滑、牢固可靠, 各种指示灯显示应正常。有自检功能的应能自检并通过。

6 计量器具控制

6.1 检定条件

6.1.1 检定用设备

检定用设备应经过计量技术机构检定或校准, 满足使用要求, 并在有效期内。

a) 示波器校准仪

- 1) 时标周期 (50Ω): $0.5\text{ns}\sim 5\text{s}$, 最大允许误差: $\pm 1\times 10^{-6}$;
- 2) 时标幅度 (50Ω): $10\text{mV}\sim 500\text{mV}$;
- 3) 直流电压 (50Ω): $\pm (1\text{mV}\sim 2\text{V})$, 最大允许误差: $\pm 0.1\%$;
- 4) 快沿脉冲上升时间 (50Ω): $\leq 25\text{ps}$;
- 5) 快沿脉冲幅度 (50Ω): $100\text{mV}\sim 500\text{mV}$;
- 6) 电阻测量: $40\Omega\sim 90\Omega$, 最大允许误差: $\pm 0.3\%$;
- 7) 稳幅正弦波信号频率范围: $20\text{kHz}\sim 250\text{kHz}$, 最大允许误差: $\pm 3\times 10^{-7}$ 。

b) 微波信号源 1

- 1) 频率范围: $250\text{kHz}\sim 70\text{GHz}$, 最大允许误差: $\pm 3\times 10^{-7}$;
- 2) 输出电平: $-10\text{dBm}\sim +5\text{dBm}$;
- 3) $1\text{GHz}\sim 10\text{GHz}$ 频率范围信号抖动 (有效值): $\leq 300\text{fs}$ (相位噪声: $L(f)\leq -110\text{dBc/Hz}$, $f\geq 10\text{kHz}$)。

c) 微波信号源 2:

- 1) 频率范围: $250\text{kHz}\sim 15\text{GHz}$, 最大允许误差: $\pm 3\times 10^{-7}$;
- 2) 输出电平: $-10\text{dBm}\sim +5\text{dBm}$;

d) 功率计:

- 1) 频率范围: $50\text{MHz}\sim 70\text{GHz}$;
- 2) 功率测量范围: $-10\text{dBm}\sim +5\text{dBm}$;
- 3) 校准因子不确定度: 5% , ($k=2$)。

e) 数字多用表:

- 1) 直流电压测量: $-5\text{V}\sim +5\text{V}$, 最大允许误差: $\pm 0.05\%$;
- 2) 电阻测量: $40\Omega\sim 90\Omega$, 最大允许误差: $\pm 0.3\%$ 。

f) 快沿脉冲产生器:

- 1) 上升时间: $<10\text{ps}$;
- 2) 幅度: $100\text{mV}\sim 500\text{mV}$ 。

g) 超快光电脉冲产生装置

- 1) 脉冲半幅宽度 (FWHM): $<5\text{ps}$;
- 2) 幅度: $100\text{mV}\sim 500\text{mV}$ 。

h) 电光取样系统

1) 脉冲半幅宽度 (FWHM): $<3\text{ps}$;

2) 幅度: $100\text{mV}\sim 500\text{mV}$ 。

i) 功分器

1) 频率范围: $\text{DC}\sim 70\text{GHz}$;

2) 对称性: 0.2dB 。

j) 标准负载

1) 频率范围: $\text{DC}\sim 70\text{GHz}$;

2) 阻抗: 50Ω 。

6.1.2 环境条件

a) 环境温度: $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$;

b) 相对湿度: $<80\%$;

c) 供电电源: $(220\pm 10)\text{V}$, $(50\pm 1)\text{Hz}$;

d) 其他: 具备静电防护措施, 周围无影响检定系统正常工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 检定项目

取样示波器的检定项目见表 1。

表 1 检定项目

序号	检定项目名称	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观及附件	+	+	+
2	工作正常性	+	+	+
3	输出校准信号	+	+	+
4	直流电压	+	+	+
5	偏置	+	+	+
6	时间间隔	+	+	+
7	带宽	+	+	+
8	上升时间	+	+	+
9	输入阻抗	+	+	+
10	噪声	+	+	+
11	抖动	+	+	+
12	触发灵敏度	+	+	+
13	TDR 测量功能	+	+	+
注: “+” 为应检项目, “-” 为可不检项目。				

6.3 检定方法

6.3.1 外观及附件

检查被检取样示波器的外观是否完好, 无影响正常工作的机械损伤。

6.3.2 工作正常性

佩戴静电手环, 检查被检取样示波器通电后是否能正常工作, 按技术说明书要求完成预热, 有自校准功能的取样示波器应按要求完成自校准并检查是否通过。

6.3.3 输出校准信号

输出校准信号的检定按以下步骤进行:

a) 按图 2 连接仪器, 将 BNC 转香蕉插头连接器连接到数字多用表的电压测试输入端, 另一端通过 BNC 电缆连接被检取样示波器的校准信号输出;



图 2 输出校准信号检定连接示意图

- b) 设置数字多用表到直流电压测量方式;
- c) 设置被检取样示波器的校准信号为正 DC 电压输出最大值;
- d) 读取 DC 电压测量值, 并记录在附录 A 表 A.3 中;
- e) 按说明书要求改变校准电压值, 重复步骤 d)。

6.3.4 直流电压

直流电压的检定按以下步骤进行:

a) 按图 3 连接仪器, 将示波器校准仪信号输出连接到被检取样示波器通道 1 (CH1) 的输入, 连接示波器校准仪的触发输出到被检取样示波器的触发输入;

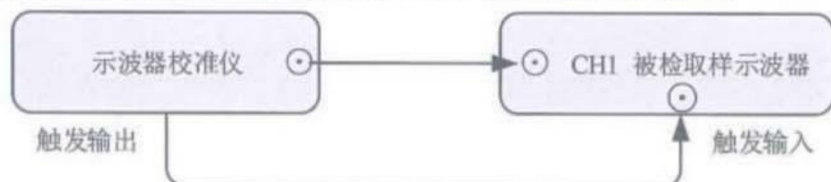


图 3 DC 电压检定连接框图

- b) 设置示波器校准仪输出阻抗到 50Ω 、正 DC 电压方式;
- c) 初始化被检取样示波器;
- d) 选取被检取样示波器待测档位, 并设置该通道偏置为零, 采样方式置平均, 平均次数不小于 16 次;
- e) 校准仪输出电压值按被检取样示波器说明书指标要求设置, 一般为被检取样示波器垂直偏转因子的 2.5 倍 (即 $+2.5\text{div}$);
- f) 用被检取样示波器的自动测量功能读取 DC 电压平均值, 并记录在附录 A 表 A.4 中;

g) 设置示波器校准仪到负 DC 电压方式, 一般为被检取样示波器垂直偏转因子的 2.5 倍 (即 -2.5div);

h) 用被检取样示波器的自动测量功能读取 DC 电压平均值, 并记录在附录 A 表 A.4 中;

i) 改变被检取样示波器待测档位, 重复步骤 e)~h), 对该通道其它档位分别进行测量;

j) 重复步骤 d)~i), 对被检取样示波器其它通道分别进行测量。

6.3.5 偏置

偏置的检定按以下步骤进行:

a) 按图 3 连接仪器, 初始化被检取样示波器, 采样方式置平均, 平均次数不小于 16 次;

b) 设置示波器校准仪到 DC 电压方式, 通道输出阻抗设置为 50Ω ;

c) 设置被检取样示波器垂直档位到待测档位, 按照说明书指标要求, 设置示波器校准仪输出标准电压, 调整被检取样示波器偏置, 使波形出现在屏幕的中心附近;

d) 用被检取样示波器的自动测量功能读取 DC 电压平均值, 并把结果记录到附录 A 表 A.5 中;

e) 改变档位, 关闭示波器校准仪输出, 重复步骤 c)~d), 按不同的偏置范围 (按衰减器不同的衰减系数) 和不同误差指标对该通道其它档位分别进行测量;

f) 重复步骤 c)~e), 对被检取样示波器其它通道分别进行测量。

6.3.6 时间间隔

时间间隔的检定按以下步骤进行:

a) 按图 4 连接仪器, 微波信号源 1 和微波信号源 2 共时基;

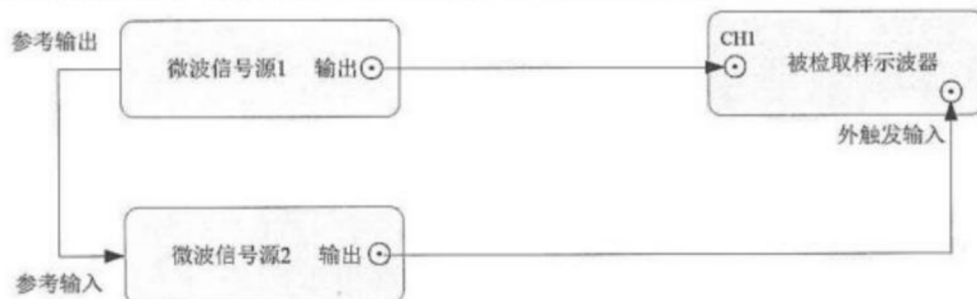


图 4 时间间隔检定连接框图

b) 初始化被检取样示波器, 设置垂直档位到最大值, 设置延迟时间到最小值;

c) 依据仪器指标范围, 设置微波信号源 1 的频率, 幅度一般为显示屏幕高度的 80% (通常为 6div), 设置微波信号源 2 的频率和幅度在被检取样示波器要求的触发信号范围之内;

d) 调整被检取样示波器垂直档位和水平档位到适当位置, 使屏幕显示 2 个信号周期的稳定波形 (注意应无断点显示);

- e) 设置被检取样示波器的采样模式到平均方式, 平均次数不小于 16 次;
- f) 设置被检取样示波器自动测量功能为“周期”测量, 读取测量结果;
- g) 把测量结果记录到附录 A 表 A.6 中;
- h) 改变被检取样示波器延迟时间, 读取“周期”测量结果, 并把结果记录到附录 A 表 A.6 中;
- i) 改变延迟时间, 重复步骤 f)~g), 对不同延迟下的周期分别进行测量, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.6 中;
- j) 重新设置被检取样示波器延迟时间到最小值, 其它设置不变;
- k) 改变微波信号源频率, 调整幅度设置, 使波形显示为屏幕高度的 80%; 调节被检取样示波器水平档位, 使屏幕上显示 2~3 个周期的稳定波形;
- l) 自动测量功能选择“周期”测量;
- m) 读取“周期”测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.6 中。

注: 可以使用示波器校准仪输出的稳幅正弦波作为标准信号, 开展 20kHz~250kHz 频率范围内的检定工作。

6.3.7 带宽

带宽的检定按以下步骤进行:

- a) 按图 5 连接仪器, 微波信号源 1 和微波信号源 2 共时基, 在被检取样示波器要求的触发信号范围之内, 设置微波信号源 2 的频率和幅度;

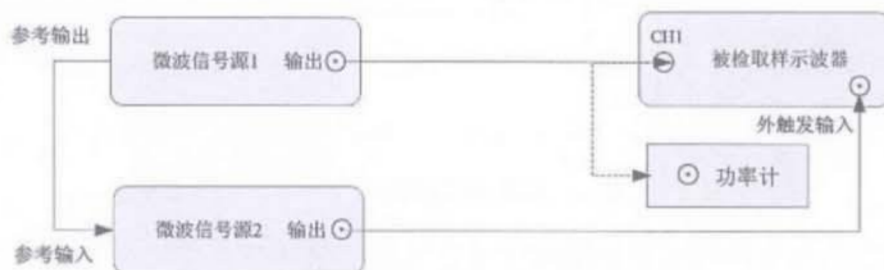


图 5 被检取样示波器带宽检定连接框图

- b) 首先将微波信号源 1 的信号输出通过输出电缆连接到功率计的输入端, 设置频率到参考频率 50MHz, 调节幅度至功率计指示值为 0dBm, 记为 P_0 , 依据仪器指标改变频率, 逐点测量功率电平值 P_i , 并记录到 A 表 A.7 中;
- c) 断开微波信号源 1 输出电缆与功率计的连接, 连接到被检取样示波器输入通道, 设置频率到参考频率 50MHz, 在取样示波器上读取电压幅度值 V_0 , 记录到 A 表 A.7 中;
- d) 按 b) 所取频率点, 逐点测试电压幅度值 V_i , 并记录到 A 表 A.7 中;
- e) 按公式 (1) 计算频率为 i 点的被检取样示波器的幅度相对于参考点的变化量 A_i , 作为频响记录到 A 表 A.7 中;

$$A_i = 20 \lg \frac{V_i}{V_0} + (P_0 - P_i) \quad (1)$$

式中:

A_i ——频率为 i 点的频响, dB;

V_0 ——被检取样示波器上显示的参考频点率幅度, V;

V_i ——被检取样示波器上显示的频率为 i 点的幅度, V;

P_0 ——参考频率点的功率, dBm;

P_i ——频率为 i 点的功率, dBm;

f) 重复步骤 c)~e), 对被检取样示波器其它通道分别进行测量。

6.3.8 上升时间

6.3.8.1 标准快沿法

上升时间的检定按以下步骤进行:

a) 按图 6 连接仪器, 将标准脉冲产生器 (或示波器校准仪的快沿头) 输出的快沿脉冲连接到被检取样示波器 CH1 输入;

注: 标准快沿脉冲的输出幅度不能过大, 以防对被检取样示波器造成损伤;



图 6 标准快沿法检定上升时间连接框图

b) 调节被检取样示波器触发电平及垂直和水平档位, 使波形稳定显示, 调节标准快沿产生器的输出幅度, 使信号显示高度为屏幕的 80% 左右, 调节扫描时间使脉冲前沿部分占据较多的水平格数, 并使上升沿居于屏幕中部;

c) 用被检取样示波器自动测量功能测量 10%~90% 上升时间 t_r ; 或按上升时间定义, 如图 6 所示, 用被检取样示波器的光标测量功能测量上升时间 t_r ;

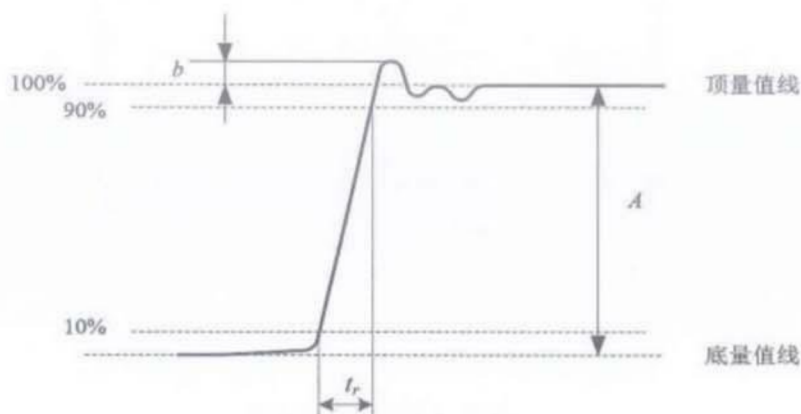


图7 瞬态响应波形示意图

d) 将测量结果代入公式(2)计算:

$$t_r = \sqrt{t_{r0}^2 - t_{rs}^2} \quad (2)$$

式中:

t_r ——被检取样示波器上升时间, ps;

t_{r0} ——被检取样示波器上升时间显示值, ps;

t_{rs} ——标准快沿上升时间, ps。

e) 将计算结果记录在附录 A 表 A.8 中;

f) 重复步骤 b)~e), 对被检取样示波器其它通道上升时间分别进行测量。

6.3.8.2 超快光电脉冲法

上升时间的检定按以下步骤进行:

a) 按图 8 连接仪器, 将超快光电脉冲产生装置输出的超快电脉冲连接到被检取样示波器 CH1 输入端, 将触发信号连接到被检取样示波器的触发输入端;



图8 超快光电脉冲检定上升时间的原理框图

b) 设置被检取样示波器的时基、幅度、取样点数、取样窗口等, 使超快电脉冲如图 9 所示稳定地显示在被检取样示波器的屏幕上;

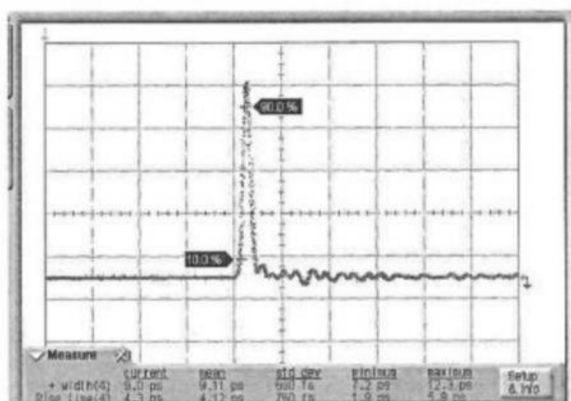


图9 超快电脉冲波形

c) 通过计算机采集超快电脉冲在被检取样示波器上的响应波形;

d) 对采集到的波形进行时基误差修正后, 用反卷积分离法去除超快电脉冲的响应, 得到被检取样示波器的冲激响应, 对冲激响应进行积分运算得到阶跃响应, 得到被检取样示波器的上升时间;

e) 将结果记录到附录 A 表 A.8 中;

f) 更换被检取样示波器输入通道, 重复步骤 b)~e), 对被检取样示波器其它通道上升时间进行测量。

6.3.8.3 电光取样脉冲法

上升时间的检定按以下步骤进行:

a) 按图 10 连接仪器, 将电光取样系统产生的太赫兹脉冲通过共面转同轴微波探头连接到被检取样示波器 CH1 输入端, 将触发信号连接到被检取样示波器的触发输入端;



图10 电光取样脉冲法检定上升时间的原理框图

b) 设置被检取样示波器的时基、幅度、取样点数、取样窗口等, 使脉冲信号如图 11 所示稳定地显示在被检取样示波器的屏幕上;

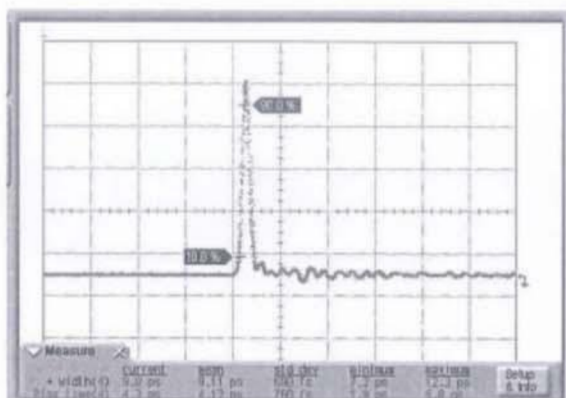


图 11 被检取样示波器测得的太赫兹脉冲波形

- c) 通过计算机采集太赫兹脉冲在被检取样示波器上的响应波形;
- d) 对采集到的波形进行时基误差修正后, 用反卷积分离法去除太赫兹脉冲的响应, 得到被检取样示波器的冲激响应, 对冲激响应进行积分运算得到阶跃响应, 得到被检取样示波器的上升时间;
- e) 将结果记录到附录 A 表 A.8 中;
- f) 更换被检取样示波器输入通道, 重复步骤 b)~e), 对被检取样示波器其它通道上升时间进行测量。

6.3.9 输入阻抗

6.3.9.1 示波器校准仪法

输入阻抗的检定按以下步骤进行:

- a) 按图 12 连接仪器, 将示波器校准仪连接到被检取样示波器的待测输入通道;



图 12 输入阻抗检定连接框图

- b) 初始化被检取样示波器;
- c) 设置示波器校准仪的功能为“阻抗测量”, 选择测量范围, 打开示波器校准仪输出, 从示波器校准仪上读取测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.9 中;
- d) 重复步骤 c), 对其它通道进行输入阻抗测量, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.9 中。

6.3.9.2 数字多用表法

输入阻抗的检定按以下步骤进行:

- a) 按图 12 连接仪器, 初始化被检取样示波器;
- b) 数字多用表置“四线电阻”测量状态, 用 SMA—香蕉接头的电缆, 一端接至数字

多用表的四线测量连接端, 另一端接至被检取样示波器选定输入端 (注意被检取样示波器输入端的接头形式);

c) 从数字多用表读取测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.9 中;

d) 重复步骤 b)~c), 对其它通道进行输入阻抗测量, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.9 中。

6.3.10 噪声

噪声的检定按以下步骤进行:

a) 初始化被检取样示波器, 关闭平均测量功能;

b) 在被检取样示波器通道输入端接匹配负载, 设置被检取样示波器触发源为内触发, 触发方式为自动或自由触发; 设置带宽, 垂直档位到最小值, 偏置设置为 0V;

c) 按“自动测量”功能键, 选择电压有效值测量, 读取测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.10 中;

d) 改变带宽设置, 重复步骤 b)~c), 对被检取样示波器不同带宽下的噪声进行测量, 读取测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.10 中;

e) 改变通道, 重复步骤 b)~d), 对被检取样示波器其它通道分别进行测量。

6.3.11 抖动

抖动的检定按以下步骤进行:

a) 按图 13 连接仪器, 微波信号源 1 的输出连接到功分器的输入, 功分器的两输出分别连接到被检取样示波器的 CH1 和外触发输入;

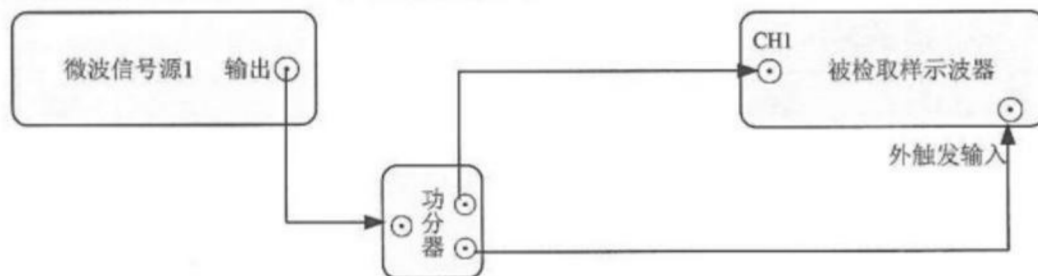


图 13 抖动检定连接框图

b) 设置微波信号源 1 的输出频率和幅度, 使其满足被检取样示波器触发信号的指标要求;

c) 调整被检取样示波器的垂直档位和水平档位设置, 使屏幕显示完整波形;

d) 将触发后的第一个上升沿 (如果看不到第一个沿, 需外接延迟线), 调整到屏幕的中心, 波形高度调整到满屏, 然后调整水平档位到最小;

e) 选一个适当时间窗作为统计窗, 利用被检取样示波器直方图统计功能, 测量抖动的有效值。也可以直接用被检取样示波器的抖动测量功能测量抖动的有效值;

f) 从被检取样示波器上读取测量结果, 并把测量结果记录到附录 A 表 A.11 中。

6.3.12 触发灵敏度

触发灵敏度的检定按以下步骤进行:

- a) 按图 13 连接仪器;
- b) 按仪器说明书要求设置微波信号源 1 的输出幅度和频率;
- c) 初始化被检取样示波器, 调整被检取样示波器的垂直档位和水平档位, 使屏幕上显示稳定波形, 必要时设置采样方式到平均;
- d) 根据触发灵敏度指标要求, 调整微波信号源 1 输出幅度和被检取样示波器垂直档位, 直到被检取样示波器屏幕上显示的峰峰值幅度为屏幕的 80%, 读取峰峰值幅度 V_0 ;
- e) 选择触发菜单, 触发沿设置为上升沿, 正向调整触发电平到刚好停止触发 (触发指示灯熄灭), 记录下此时的触发电平值 V_p ;
- f) 将触发电平设置到 0, 负向微调触发电平到刚好停止触发, 记录下此时的触发电平值 V_n ;
- g) 按公式 (3) 计算正负电平差值与标称值之间的偏差, 并将结果记录到附录 A 表 A.12 中。

$$\delta_v = V_0 - (V_p - V_n) \quad (3)$$

式中:

V_0 ——屏幕显示幅度测量值, V;

V_p ——正向触发电平最大值, V;

V_n ——负向触发电平最小值, V;

δ_v ——触发灵敏度, V。

6.3.13 TDR 测量功能

6.3.13.1 TDR (时域反射) 高/低电平和平坦度

TDR (时域反射) 高/低电平和平坦度的检定按以下步骤进行:

- a) 检定前先将标准件进行放静电处理;
- b) 断开被检定取样示波器所有外部连接, 初始化后将 50Ω 标准负载连接到 CH1, 打开 CH1, 按仪器说明书设置 CH1 的 TDR 功能, 在 CH1 显示波形;
- c) 设置被检取样示波器采样方式为平均, 平均次数不小于 16 次, 并调整被检取样示波器时基档位、水平延迟、垂直灵敏度及偏置, 使波形的底部占满屏幕横轴, 并令其显示到屏幕中心位置, 测量 TDR 的低电平值 V_L 并记录到附录 A 表 A.13 中。
- d) 改变被检取样示波器时基档位、水平延迟及偏置, 使波形的顶部占满屏幕横轴, 并令其显示到屏幕中心位置, 测量 TDR 的高电平值, 读取测量结果 V_H 并记录到附录 A 表 A.13 中;
- e) 按公式 (4) 计算出修正后 TDR 波形的幅度值;

$$V_A = V_H - V_L \quad (4)$$

式中:

V_A ——TDR 波形幅度, mV;

V_H ——TDR 波形高电平, mV;

V_L ——TDR 波形低电平, mV。

f) 设置示波器, 令屏幕中心显示上升沿 50%位置之后的波形, 提高示波器垂直灵敏度, 测量并计算波形中除过冲外最大值与 V_H 的差值 $V_{\max}$, 按公式 (5) 计算正向波形不平度, 将计算结果记录到附录 A 表 A.14 中;

$$\delta_1 = \frac{V_{\max}}{V_A} \times 100\% \quad (5)$$

g) 测量并计算波形中除过冲外最小值与 V_L 的差值 $V_{\min}$, 按公式 (5) 计算负向波形不平度, 将计算结果记录到附录 A 表 A.14 中;

$$\delta_2 = \frac{V_{\min}}{V_A} \times 100\% \quad (6)$$

h) 关闭 CH1 的 TDR 功能, 改变测试通道至 CH2, 重复步骤 b)~g)。

6.3.13.2 TDR 上升时间

TDR 上升时间的检定按以下步骤进行:

a) 初始化后将经过校准的 50Ω 标准负载连接到 CH1, 按仪器说明书设置 TDR 功能, 在 CH1 显示波形;

b) 调整水平及 CH1 垂直档位, 使波形上升沿显示到屏幕中央 80%左右, 按自动测量功能菜单, 选择上升时间测量, 读取测量结果并记录到附录 A 表 A.15 中;

c) 将经过校准的 50Ω 标准负载连接到 CH2, 按仪器说明书设置 TDR 功能, 使之显示到 CH2;

d) 调整水平及 CH2 垂直档位, 使波形上升沿显示到屏幕中央 80%左右, 按自动测量功能菜单, 选择上升时间测量, 读取测量结果并记录到附录 A 表 A.15 中。

6.4 检定结果的处理

检定合格的取样示波器出具检定证书; 检定不合格的取样示波器出具检定结果通知书, 并注明不合格项。

6.5 检定周期

取样示波器检定周期一般不超过 12 月。

附录 A

数据记录格式

表 A.1 外观检查

项目名称	结果
外观检查	

表 A.2 工作正常性

项目名称	结果
工作正常性	

表 A.3 输出校准信号

校准信号设置值 (V)	测量值 (V)

表 A.4 直流电压

垂直档位 (mV/div)	输入电压 (mV)	CH1 测量值(mV)
垂直档位 (mV/div)	输入电压 (mV)	CH2 测量值(mV)

表 A.5 偏置

垂直档位 (mV/div)	标准电压 (mV)	偏置设置 (mV)	CH1 测量值(mV)
...	...	...	...
垂直档位 (mV/div)	标准电压 (mV)	偏置设置 (mV)	CH2 测量值(mV)
...	...	...	...

表 A.6 时间间隔

源频率设置	延迟设置	周期测量值
1 GHz	最小延迟	
	100 ns	
	1 μ s	
50 GHz	最小延迟	
20 GHz		
10 GHz		
5 GHz		
2 GHz		
1 GHz		
...		
50 kHz		
20 kHz		

表 A.7 带宽

源频率(GHz)	示波器读数 (mV)	功率计读数(dBm)	CH1 频响测量 (dB)
0.05 (REF)			
1			
2			
3			
...			
70			
源频率(GHz)	示波器读数 (mV)	功率计读数(dB)	CH2 频响测量 (dB)
0.05 (REF)			
...	...	...	...

表 A.8 上升时间

上升时间	CH1 测量值 (ps)
...	...
上升时间	CH2 测量值 (ps)

表 A.9 输入阻抗

阻 抗	CH1 测量值
50 Ω	
...	...
阻 抗	CH2 测量值
...	...

表 A.10 噪声

带宽设置	CH1 测量值
低带宽	
高带宽	
...	...
带宽设置	CH2 测量值
低带宽	
高带宽	

表 A.11 抖动

延迟设置	水平档位设置	CH1 测量值
最小延迟		
...	...	
延迟设置	水平档位设置	CH2 测量值
最小延迟		
...	...	

表 A.12 触发灵敏度

通道	源频设置	灵敏度
CH1		
	...	
CH2	源频设置	灵敏度
...		...

表 A.13 TDR 高/低电平

电平	CH1 测量值
高电平 (High level)	
低电平 (Low level)	
电平	CH2 测量值
高电平 (High level)	
低电平 (Low level)	

表 A.14 TDR 平坦度

方向	CH1 测量值
正向	
负向	
方向	CH2 测量值
正向	
负向	

表 A.15 TDR 上升时间

通 道	TDR 上升时间测量值
CH1	
CH2	

附录 B

电光取样系统工作原理

电光取样系统工作原理如图 14 所示, 飞秒激光器输出两路同步脉冲激光信号, 一路中心波长 780nm, 另外一路中心波长 1560nm。中心波长为 780nm 的飞秒激光作为激励光, 经过调制装置后聚焦至光导开关的光导缝隙处, 在直流偏置电压的作用下产生快沿脉冲信号, 直流偏置电压由直流源通过微波探头提供。中心波长为 1560nm 的飞秒激光作为采样光, 输出的飞秒激光依次通过光延时线及光偏振控制器后, 从光导开关背面通过聚焦透镜聚焦至光导开关信号电极, 采样光在产生的快沿脉冲信号作用下偏振态发生变化, 偏振态改变后的光束由信号电极反射回来, 经偏振态测量装置测量得到采样光偏振态的变化量, 进而获得被测信号的电压变化量。按照一定的步进对光延时线进行扫描, 通过逐点测量的方式对产生的快沿脉冲信号波形进行定标, 定标后的快沿脉冲进入被检取样示波器对其进行上升时间的检定。

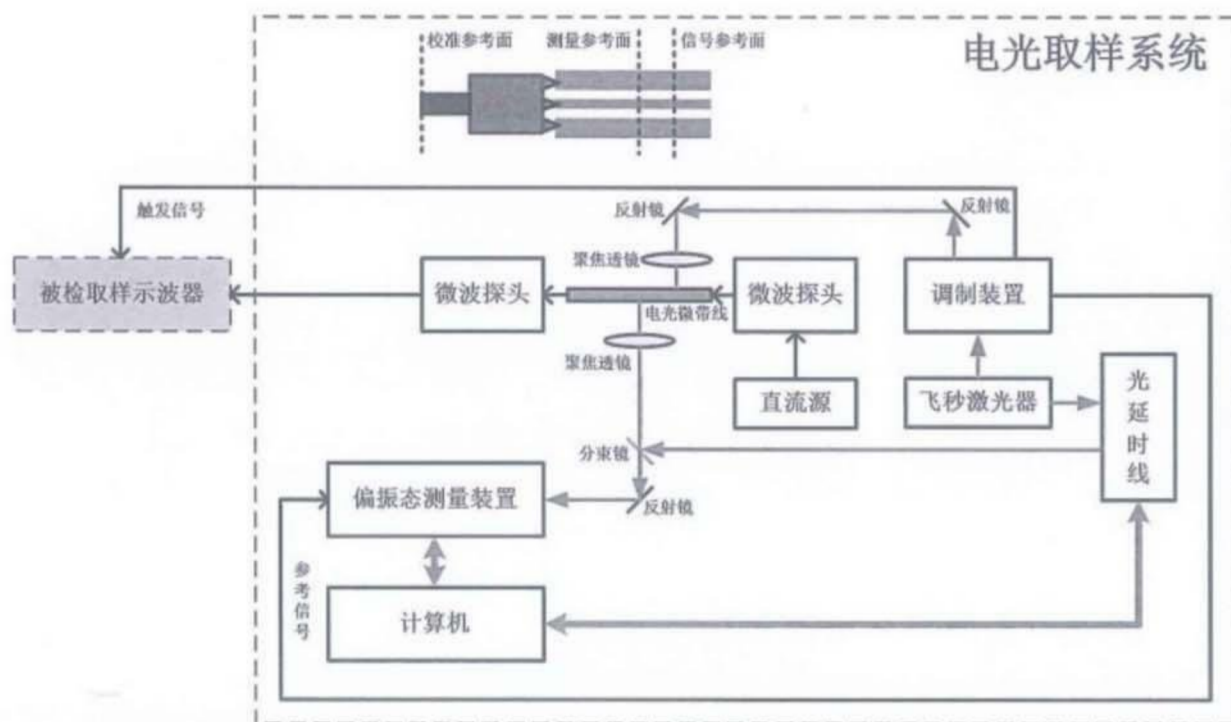


图 14 电光取样系统工作原理图

国防军工计量检定规程

取样示波器

JJG (军工) 172—2019

国家国防科技工业局发布