
1 GHz 取样示波器检定规程

Verification Regulation of
1 GHz Sampling Oscilloscope



本检定规程经国家计量局于 1987 年 3 月 9 日批准，并自 1988 年 1 月 9 日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 电子工业部二十九所

中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

陆剑冰 （电子工业部二十九所）

郁月华 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

郭允晟 （中国计量科学研究院）

1 GHz 取样示波器检定规程

本检定规程适用于新制造、使用中和维修后的带宽为DC~1 GHz 取样示波器的检定。

一 概 述

取样示波器具有较宽的频带,是高速脉冲和微波信号的一种直观而有效的测试仪器。它的主要组成部分有:主机、垂直取样单元和水平单元。其基本原理是:把输入的高频或微波信号,利用取样技术变换成较低频率的信号,再用一般示波器的原理重现原来的波形。所以它能直接观察高速脉冲和微波信号的波形。

二 技 术 要 求

(一) 垂直偏转系统

1 垂直偏转因数范围: $2\sim 200\text{ mV/div}$, 校准位置的准确度为 $\pm(5\%\sim 10\%)$ 。

2 频率响应: DC~1 GHz, (-3 dB) 。

3 瞬态响应: 上升时间 $\leq 350\text{ ps}$;

上冲量 $< 5\%$;

下垂 500 ns 时小于 5% ;

顶部不平度 $< 5\%$ 。

4 噪声: $\leq 5\text{ mV}$, 平滑位置时 $\leq 3\text{ mV}$ 。

5 通道延迟时间差: $\leq 100\text{ ps}$ 。

(二) 水平偏转系统

6 扫描时间因数范围: $200\text{ ps/div}\sim 50\text{ }\mu\text{s/div}$, $\pm 5\%$ 。

7 晃动: $\leq 50\text{ ps}$ 。

(三) 校准信号

8 校准电压: 1 V, 0.1V, $\pm 3\%$ 。

三 检 定 条 件

(一) 环 境 条 件

- 9 环境温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- 10 相对湿度：小于 80%；
- 11 交流供电电压： $220\text{ V} \pm 2\%$ ， $50 \pm \text{Hz}$ ；
- 12 大气压强： $86\,000\text{ Pa} \sim 106\,000\text{ Pa}$ 。

(二) 检 定 用 设 备

13 取样示波器校准器

时间校准范围： $0.1\text{ ns} \sim 50\text{ }\mu\text{s}$ ，准确度 $\pm 0.5\%$ 。

脉冲特性：前沿 $\leq 100\text{ ps}$ ；上冲 $< 5\%$ ；方波顶部不平度 $< \pm 3\%$ ；晃动 $\leq 20\text{ ps}$ ；重复频率为 $1\text{ Hz} \sim 1\text{ MHz}$ ；输出脉冲幅度大于 $200\text{ mV}_{\text{p-p}}$ ；输入阻抗 $50\text{ }\Omega$ ；有前置触发脉冲输出。

电压校准范围： $10\text{ mV} \sim 1\text{ V}$ ，按 1，2，5 步进；频率为 10 Hz ， 1 kHz ；准确度 $\pm 0.5\%$ ；输出阻抗 $50\text{ }\Omega$ 。

14 稳幅信号发生器

输出频率范围： $4\text{ MHz} \sim 1200\text{ MHz}$ ；

输出电压范围： $1 \sim 2\text{ V}$ ；

电压不平坦度： $\pm 0.3\text{ dB}$ ；

失真系数： $\beta \leq 0.01$ ；

输出阻抗： $50\text{ }\Omega$ 。

15 频率计数器

测量频率范围： $10\text{ Hz} \sim 1200\text{ MHz}$ ；

准确度： $\pm 0.5\%$ ；

输入阻抗： $50\text{ }\Omega$ 。

16 高灵敏度示波器

垂直偏转因数：最小 $200\text{ }\mu\text{V}/\text{div}$ ；

频带宽度： $\text{DC} \sim 1\text{ MHz}$ 。

17 直流数字电压表

显示位数：5 位半；

准确度：优于 $\pm 0.01\%$ 。

18 固定同轴衰减器

频带：DC~1200 MHz；

衰减量：10 dB(20 dB)；

驻波系数：小于1.5；

阻抗：50 Ω 。

19 可变衰减器

频带：DC~1200 MHz；

衰减量：0~100 dB；

驻波系数：小于1.5；

阻抗：50 Ω 。

20 其它元件

约一米长等长度同轴 50 Ω 电缆两根；

通过式 50 Ω 负载一只；终端 50 Ω 负载一只。

四 检定项目和检定方法

(一) 仪器外观及工作正常性检查

21 被检仪器应附有技术说明书、产品合格证书或检定证书，以及全部附件。

22 被检仪器外观及标志完整清楚，不能有影响其工作性能和读数的机械损伤，所有旋钮开关应牢固可靠，跳步清晰，定位准确。

23 接通电源，按说明书技术要求预热。

23.1 按产品说明书技术要求做内、外触发同步特性检查。

23.2 输入一个具有中基准脉冲特性的信号到取样示波器的输入端，按产品说明书技术要求，检查动态范围。

23.3 按产品说明书技术要求检查取样示波器的 KVD。

24 满足上述 21、22、23 条后可进行检定。

(二) 水平偏转系统检定

25 扫描时间因数检定

25.1 方法一

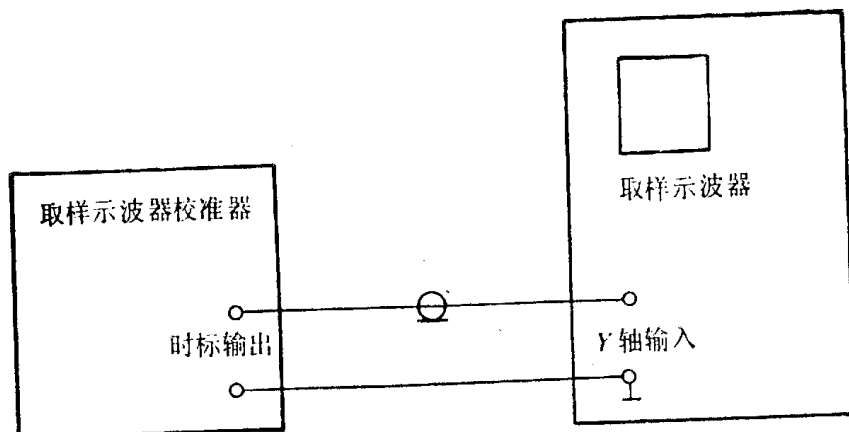


图 1

a. 按图 1 所示连接, 垂直偏转因数置 200 mV/div , 扫描时间因数置 10 ns/div (微调旋钮置于校准位置), 调节取样示波器校准器 (以下简称校准器) 的时标输出信号为 10 ns , 用同步方式使屏幕上显示 11 个波形 (通常不小于 2 个波形), 在 100% 有效工作面上读取此时的显示长度 L_b 与其对应的时间 T , 由式 (1)(2) 分别求出实测扫描时间因数及误差:

$$K_b = \frac{T}{L_b} (\text{s/div}) \quad (1)$$

$$E = \frac{K_{b0} - K_b}{K_b} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K_b ——扫描时间因数实测值;
 K_{b0} ——扫描时间因数标称值;
 L_b ——水平有效工作面的总长度;
 T ——对应于 L_b 的时标周期的总时间;
 E ——扫描时间因数误差。

b. 按上述步骤改变各档扫描时间因数, 调节相应的时标输出信号分别进行检定。

25.2 方法二

按图 2 所示连接, 用 25.1 步骤进行检定。首先用频率计数器测信号发生器的频率。如用频率综合器, 则可直接输入取样示波器进

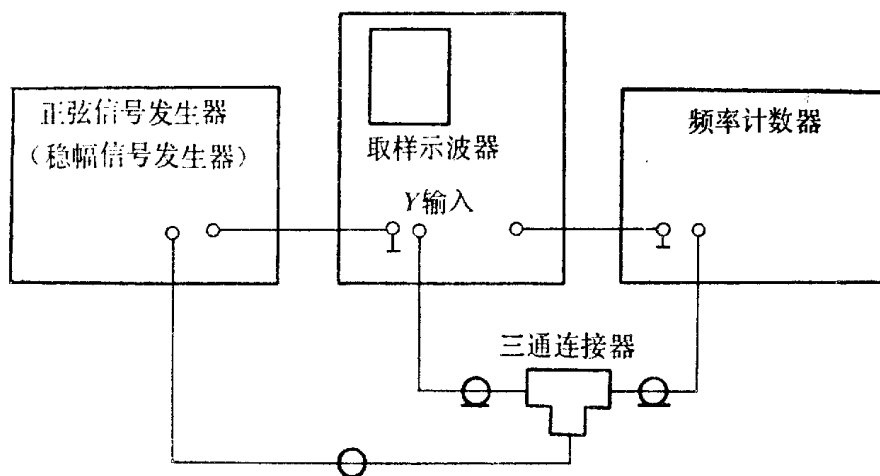


图 2

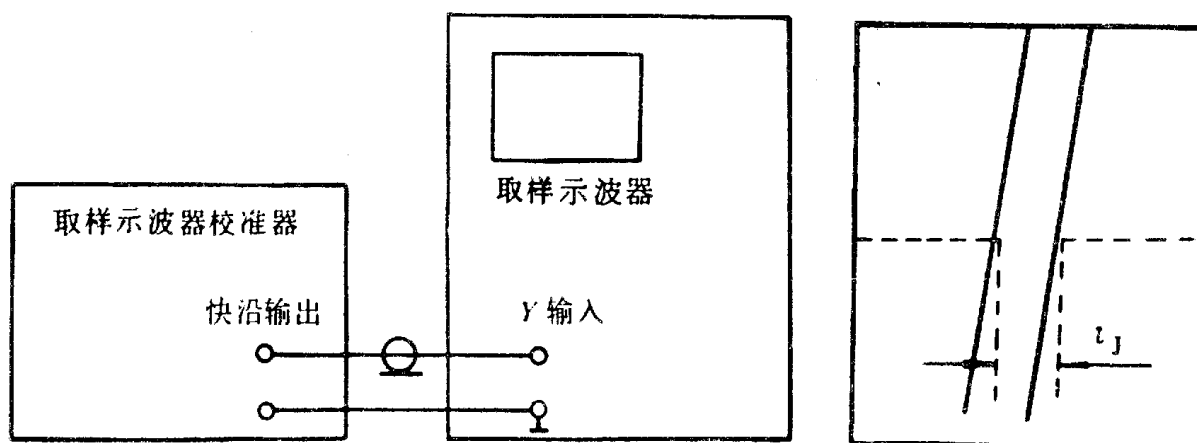


图 3

图 4

行测量。

26 晃动检定

按图 3 连接，输出信号周期为 $1\mu\text{s}$ ；垂直偏转因数置于较小档（非平滑状态工作），扫描时间因数置于 100 ps/div ，调节取样示波器的同步旋钮，使波形在屏幕上扩展为陡峭的线段，如图 4 所示，观察陡峭线段边沿在水平方向移动的时间范围，即为晃动 t_J 。

（三）垂直偏转系统检定

27 垂直偏转因数的检定

a. 按图 5 所示连接，取样示波器置于内触发（正常）方式，垂

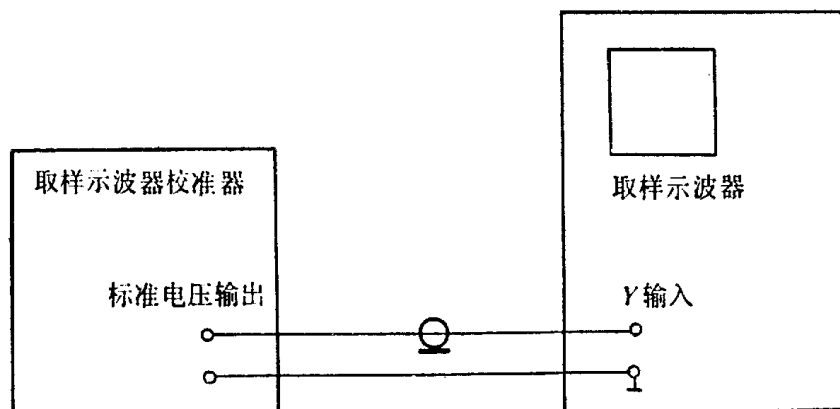


图 5

直偏转因数置于 200 mV/div, 微调置于校准位置。

b. 调节校准器标准电压输出幅度 (10 Hz 或 1 kHz 方波), 使屏幕显示波形高度约为检验工作面 80% 左右, 读出波形高度 H_d 和相应的校准器输出电压值, 由式 (3)、(4) 分别求得实测垂直偏转因数及误差:

$$K_d = \frac{V}{H_d} \text{ (mV/div)} \quad (3)$$

$$E = \frac{K_{do} - K_d}{K_d} \times 100\% \quad (4)$$

式中: K_d ——垂直偏转因数实测值;
 V ——校准器输出电压值;
 H_d ——屏幕显示波形的垂直高度;
 E ——垂直偏转因数误差;
 K_{do} ——垂直偏转因数标称值。

c. 用相同方法逐档进行检定。重复上述步骤对 B 通道进行检定。

d. 当校准器的校准电压具有偏差指示装置时, 可用偏差指示测出垂直偏转因数的误差修正值。

28 瞬态响应

28.1 上升时间检定

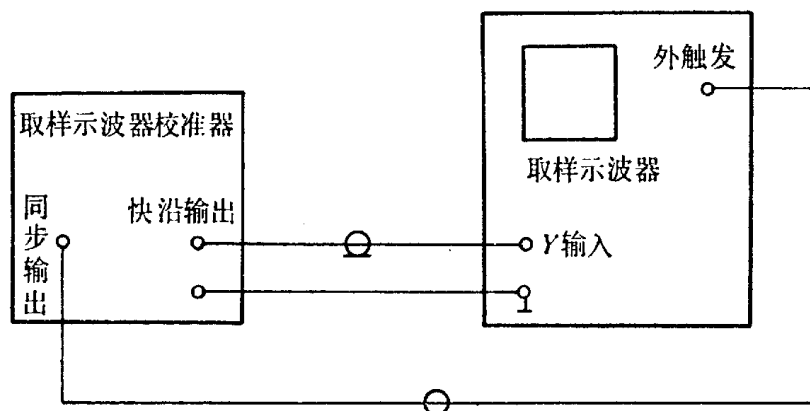


图 6

a. 按图 6 所示连接, 用重复频率为 1MHz 的矩形脉冲, 扫描时间因数置于适当位置 (微调置于校准位置), 垂直偏转因数置于 50 mV/div (非平滑状态工作), 使波形出现明显的平顶部分如图 7 所示, 调节垂直偏转因数微调, 使显示波形高度为检验工作面高度的 80% 左右, 读出波形 (0~100) % 的幅度高度 A 。

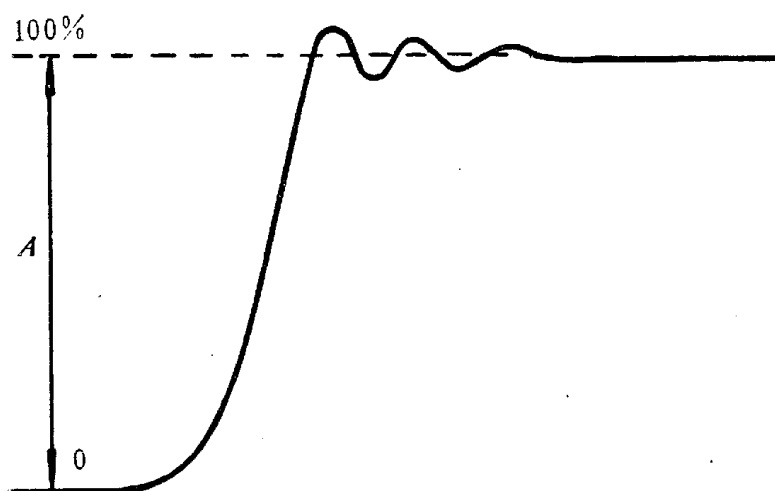


图 7

b. 调节扫描时间因数于 200 ps/div (或 100 ps/div), 使脉冲前沿在屏幕上扩展为清晰的波形, 如图 8 所示。读取波形高度 A 的 10% 至 90% 所对应的水平刻度线长度 L_r , 由式 (5) 求得上升时间 t_r 。

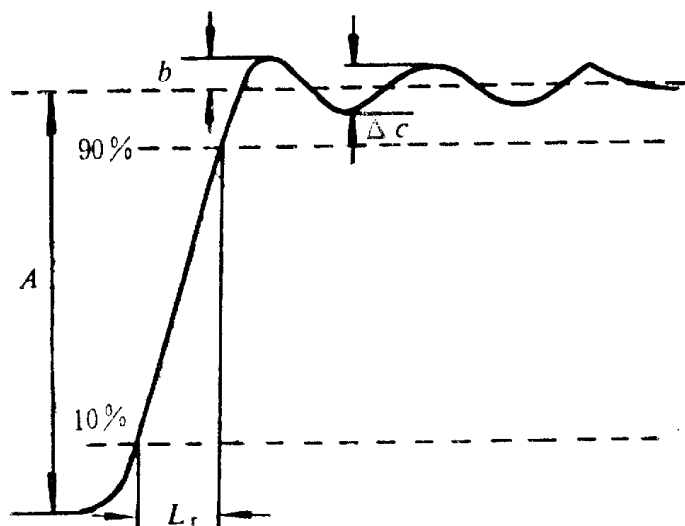


图 8

$$t_r = L_r \times K_b \quad (5)$$

式中: t_r ——上升时间实测值;

K_b ——扫描时间因数实测值;

28.2 上冲的检定

在图 8 中读取波形高度 A 和上冲量 b , 由式 (6) 求得上冲 S_b .

$$S_b = \frac{b}{A} \times 100\% \quad (6)$$

28.3 顶部不平度检定

从图 8 中读取显示波形中除上冲外, 约 10 倍 t_r 时间范围内的最大起伏量 Δc , 则其瞬态响应顶部不平度由式 (7) 求得:

$$S_f = \frac{\Delta c}{A} \times 100\% \quad (7)$$

28.4 下垂检定

按照上升时间检定方法步骤 a, 输出脉冲信号的脉冲宽度约为 500 ns (或按技术条件规定), 改变扫描时间因数, 以获得如图 9 所示波形, 读取显示波形下降值 d , 由式 (8) 求得下垂

$$S_d = \frac{d}{A} \times 100\% \quad (8)$$

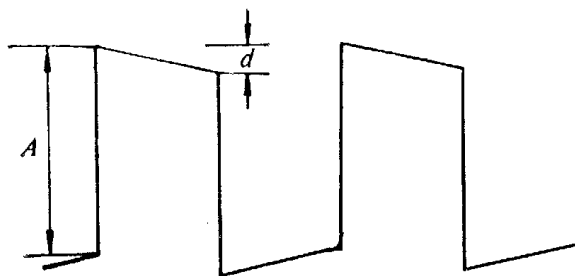
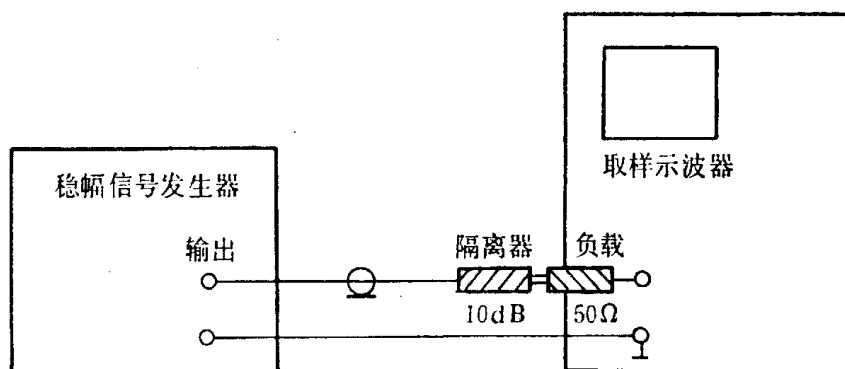


图 9

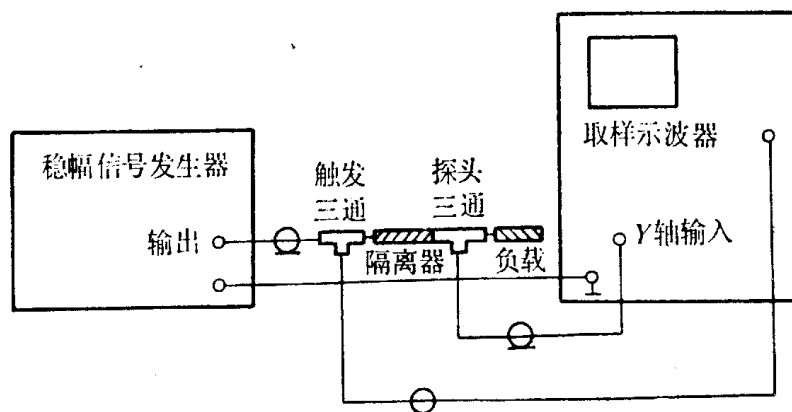
当显示脉冲顶部斜率的变化尚未出现或进入近似恒定前，应继续增大扫描时间因数与脉冲持续时间，直至与图 9 相似。

28.5 瞬态响应的检定应在 A、B 通道上分别进行检定。

29 频率响应检定



(a) 内触发取样示波器



(b) 外触发取样示波器

图 10

a. 按图 10 (a) 或 (b) 所示, 用 $50\ \Omega$ 同轴电缆连接系统, 若被检取样示波器是 $50\ \Omega$ 输入阻抗, 则图 10(a) 和 (b) 中的终端匹配负载可不接。取样示波器置非平滑状态工作, 垂直偏转因数置于 50 mV/div 。

b. 调节信号发生器频率到 10 MHz 和输出信号幅度在屏幕上显示 5 或 6 格, 记下此时波形高度 H_0 。

c. 以 10 MHz 为基准点, 每隔 10 MHz 测一点, 到 100 MHz 时, 再每隔 100 MHz 测一点, 一直测到 1 GHz , 记下各点频率处的波形高度 H_i , 并在 $0.707 H_0$ 处, 记下此时的频率。

d. 各频率上所显示波形高度 H_i 和基准频率显示波形高度 H_0 , 用式 (9) 求得频率响应的分贝数:

$$20 \lg \frac{H_i}{H_0} \text{ (dB)} \quad (9)$$

当图像高度 H_i 下降到 H_0 的 0.707 倍时, 信号发生器的频率值即为示波器的 -3 dB 带宽。

e. A、B 通道的频率响应应分别进行检定。

30 正切噪声检定

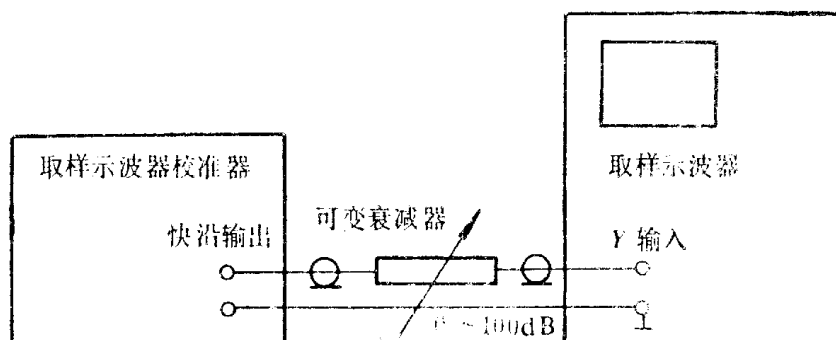
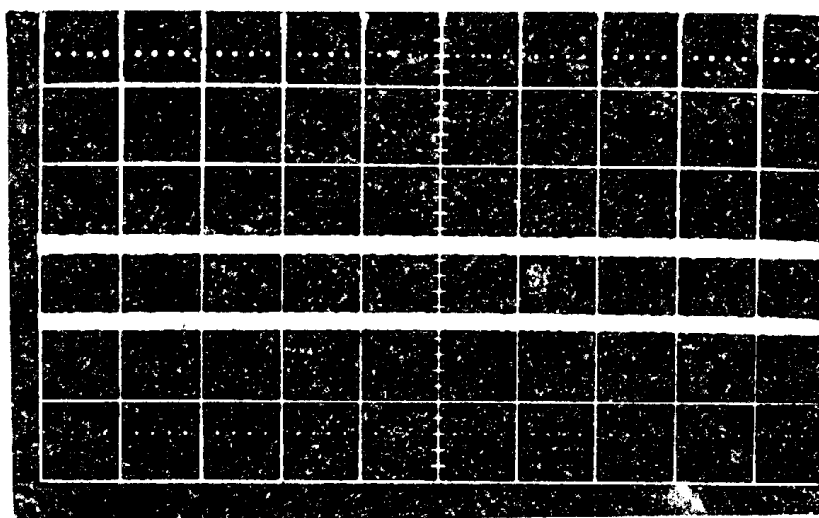


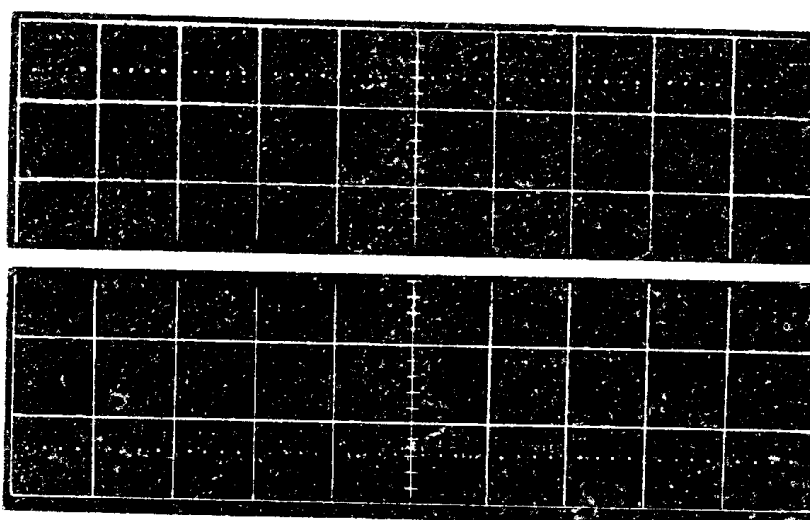
图 11

a. 按图 11 所示连接, 置取样示波器垂直偏转因数于 10 mV/div 档, 微调置校准位置, 扫描时间因数置 $1\ \mu\text{s/div}$ ($0.5\ \mu\text{s/div}$), 触发同步置自激状态。

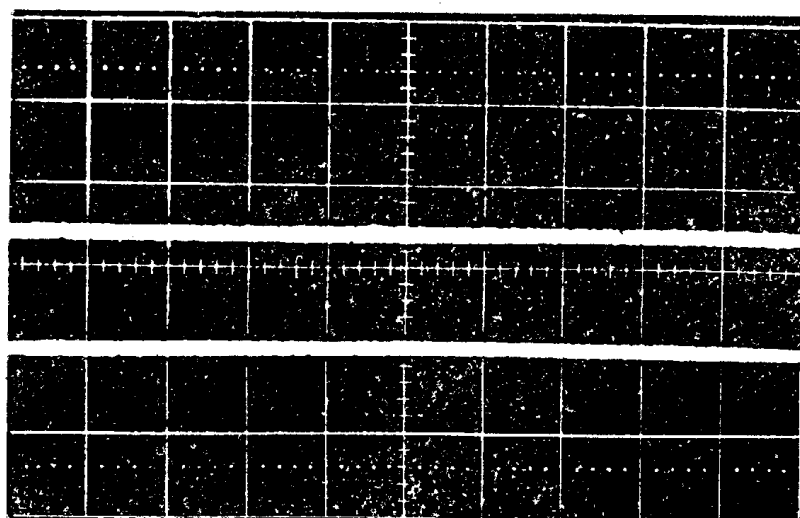
b. 调节矩形脉冲重复频率约 10 kHz , 使屏幕显示两条噪声亮



(a)



(b)



(c)

图 12

带,如图 12(a)。

c. 逐渐增加可变衰减器的衰减量,直到两条噪声亮带刚刚靠拢为一条亮带,如图 12(b)所示。

d. 可变衰减器减少 20 dB,使信号幅度增大 10 倍,如图 12(c)。读出图中波形显示高度 H ,由式 (10) 求得正切噪声

$$N = \frac{\text{垂直偏转因数} \times 3}{10 \times 2} \times H \quad (10)$$

e. A、B 通道应分别进行检定。

31 通道延迟时间差检定

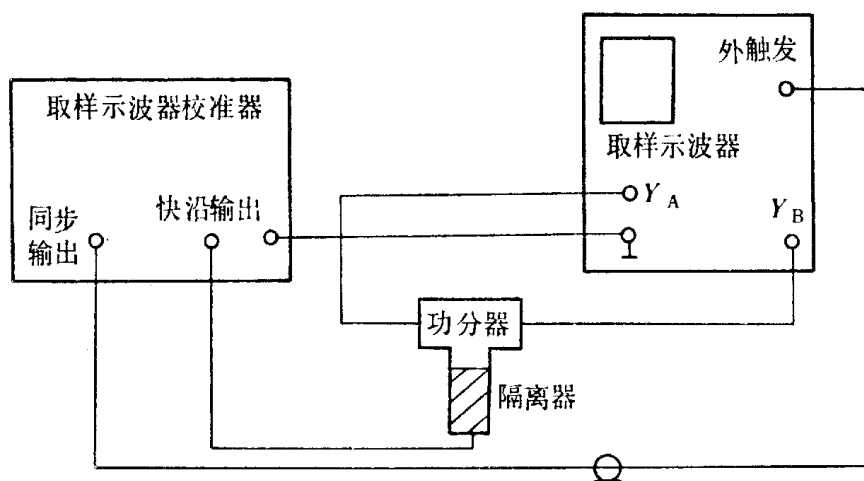


图 13

a. 按图 13 连接,用相同等长度的两根约一米长的同轴电缆,将 1 MHz 或 100 kHz 的矩形脉冲通过功分器输入取样示波器 Y 轴的 A、B 输入端,触发方式置于“外”,A、B 通道的垂直偏转因数分别置于 50 mV/div 档,调节微调旋钮,使屏幕显示波形高度为检验工作面高度的 80% 左右。

b. 扫描时间因数置于 100 ps/div,使矩形脉冲上升时间显示清晰,如图 14 所示。

c. 读取两脉冲波形前沿的基本幅度 50% 处的时间差 t_d ,即为通道延迟时间差。

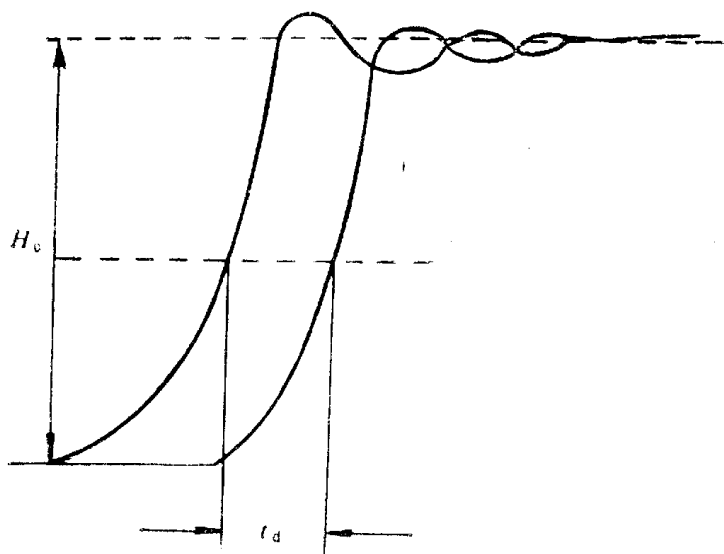


图 14

(四) 校准信号检定

32 校准信号幅度检定

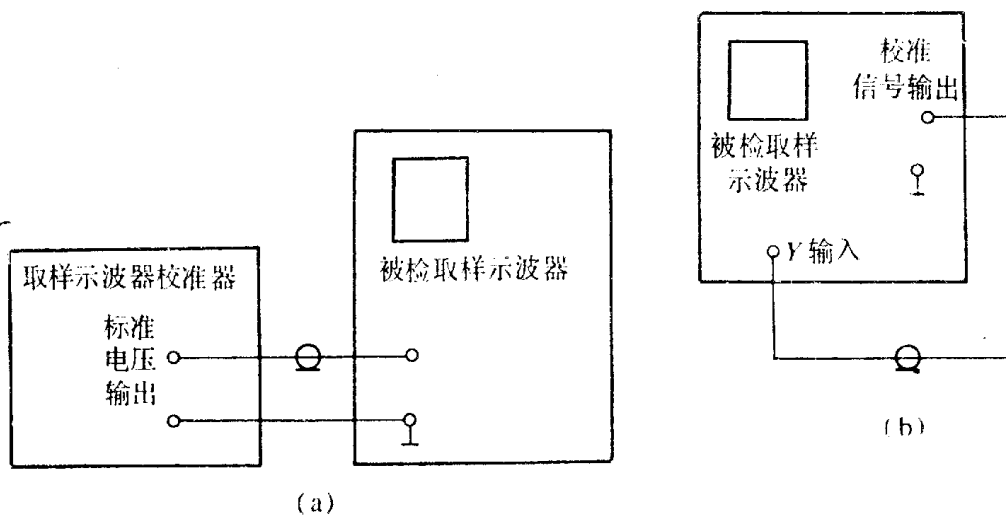


图 15

a. 按图 15(a)连接, 校准器的比较信号置于被检取样示波器校准信号标称值上, 取样示波器垂直偏转因数置于适当位置, 使屏幕显示波形高度为检验工作面高度的 80% 左右, 读出高度 H_0 。

b. 按图 15(b)连接, 读出此时显示波形高度 H , 则由式 (12)

计算校准信号误差:

$$E = \frac{H - H_0}{H_0} \times 100\% \quad (12)$$

式中: H ——被检示波器校准信号幅度高度;

H_0 ——比较信号显示高度。

c. 若校准器有偏差指示, 则可用偏差指示百分数读出被检示波器校准信号误差修正值。

五 检定结果处理和检定周期

33 将上述各项检定结果填入附录 1 中检定记录表格。

34 上述各项检定结果若符合技术条件要求, 发给检定证书。检定不合格则发给检定结果通知书。

35 在正常使用下的取样示波器, 检定周期一般不得超过一年, 经修理后的取样示波器, 根据用户要求应随时送检。

附录 1

检 定 记 录 表 格

表 1

水平偏转系统检定结果记录

扫描时间因数:

标称值 t/div	实测值 t/div	误 差

晃动 $t_f =$ ps

表 2-1

垂直偏转系统检定记录

垂直偏转因数:

标称值 mV/div	Y_A		Y_B	
	实 测 值	误 差	实 测 值	误差

上升时间: $t_r =$ ps顶部不平度: $S_f =$ %上冲量: $S_b =$ %通道延迟时间差: $t_d =$ ps下垂: $S_d =$ %

表 2-2

频 率 响 应				
频率 (MHz)	高度H (cm)		分贝 (dB)	
	Y _A	Y _B	Y _A	Y _B

表 2-3

噪 声 (mV)			
正 切 噪 声		峰-峰 噪 声	
Y _A	Y _B	Y _A	Y _B

表 2-4

校 准 信 号 检 定 记 录

标 称 值	实 测 值	误 差

附录 2

校准信号和峰-峰值噪声检定

1 校准信号检定

如果有 DO-15 型标准脉冲电压表、直流数字电压表、高灵敏度示波器，则被检取样示波器的校准信号可用图 F 1 的连接系统进行检定。

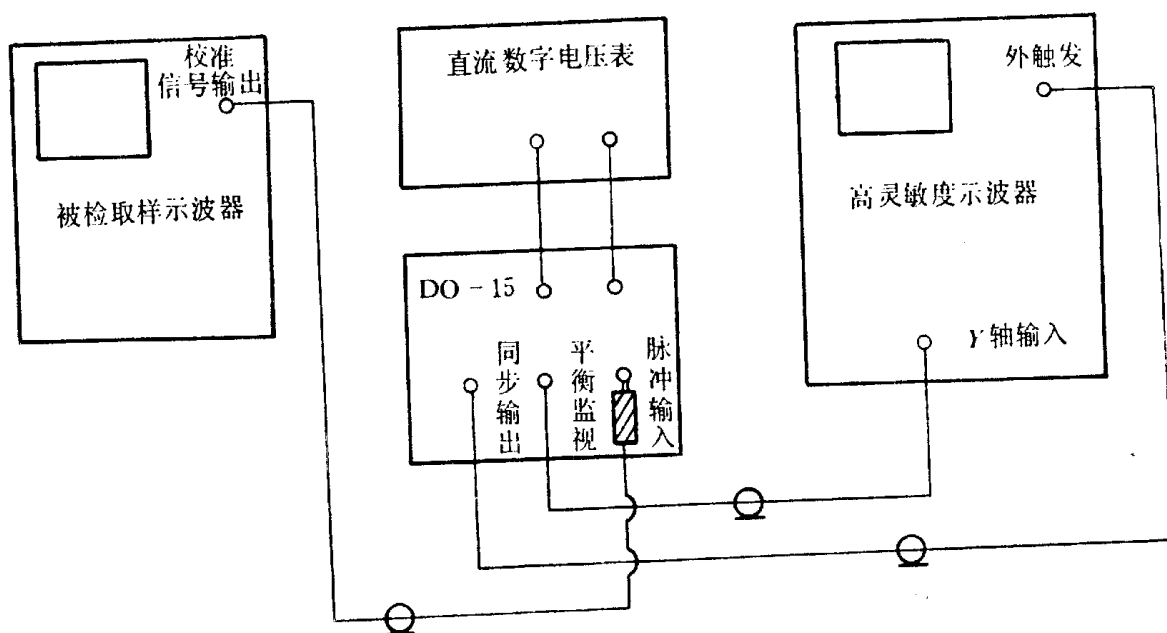


图 F 1

a. 仪器连接如图 1 所示，按 DO-15 “测量电平的正脉冲”右侧按键”，置高灵敏度示波器扫描时间因数适当档级，使波形显示稳定，调节 DO-15 脉冲电压表的“电平选择”电位器，同时逐渐将示波器置最高灵敏度档，使示波器显示一平衡波形，如图 F 2 所示，此时数字电压表的指示值 V_H 即为被检校准信号幅度的高电平。

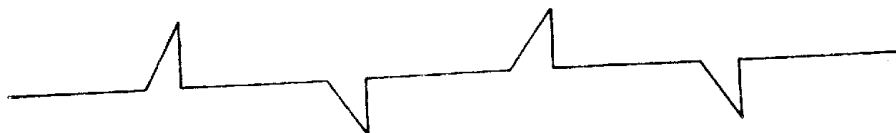


图 F 2

b. 同理，按“测量电平的正脉冲”左侧按键”，调节 DO-15 “电平选择”电位器，同时逐渐将示波器置最高灵敏度档，使示波器显示

一个平衡波形 (见图 F 2)。此时数字电压表的指示值 V_L 即为被检校准信号幅度的低电平, 则校准信号幅度由式 (1) 计算

$$V_A = V_H - V_L \quad (1)$$

其校准信号幅度误差由式 (2) 求得:

$$E_A = \frac{V_S - V_A}{V_A} \quad (2)$$

式中: V_S ——校准信号标称值;

V_A ——校准信号实测值。

c. 在校准信号幅度的不同档上分别进行检定。

2 峰-峰值噪声可按下述方法检定

a. 被检取样示波器置于非平滑状态, 内同步方式或自激方式(高阻探头要加接屏蔽帽)。

b. 取样示波器垂直偏转因数置于较小档, 幅度微调置于校准位置。

c. 读取屏幕上噪声带的整个高度 H , 由式(3)计算噪声电压值。

$$N = H \times K_d \text{ (mV)} \quad (3)$$

式中: N ——噪声电压实测值;

H ——噪声光带的整个高度;

K_d ——取样示波器垂直偏转因数实测值。

d. 若被检取样示波器给出平滑后的指标, 应测出平滑状态下的噪声电压值。

e. A、B 通道应分别进行检定。

附加说明:

本检定规程经国家计量检定规程审定委员会无线电专业委员会审定通过。

主审人: 王兴远