

示波器校准和注意事项

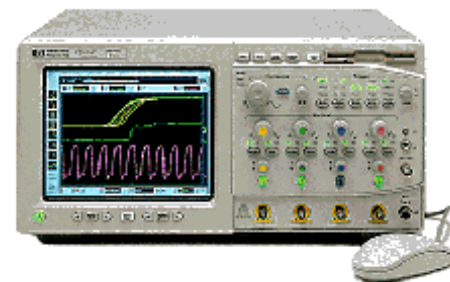
美国福禄克公司计量校准部

2015年3月12日

示波器是显示信号波形的仪器

- 多通道，多量程，多参数，操作复杂
- 频带越来越宽，功能越来越多
- 技术要求难度大
- 适合自动校准程序运行

— 福禄克提供了示波器校准的多种方案



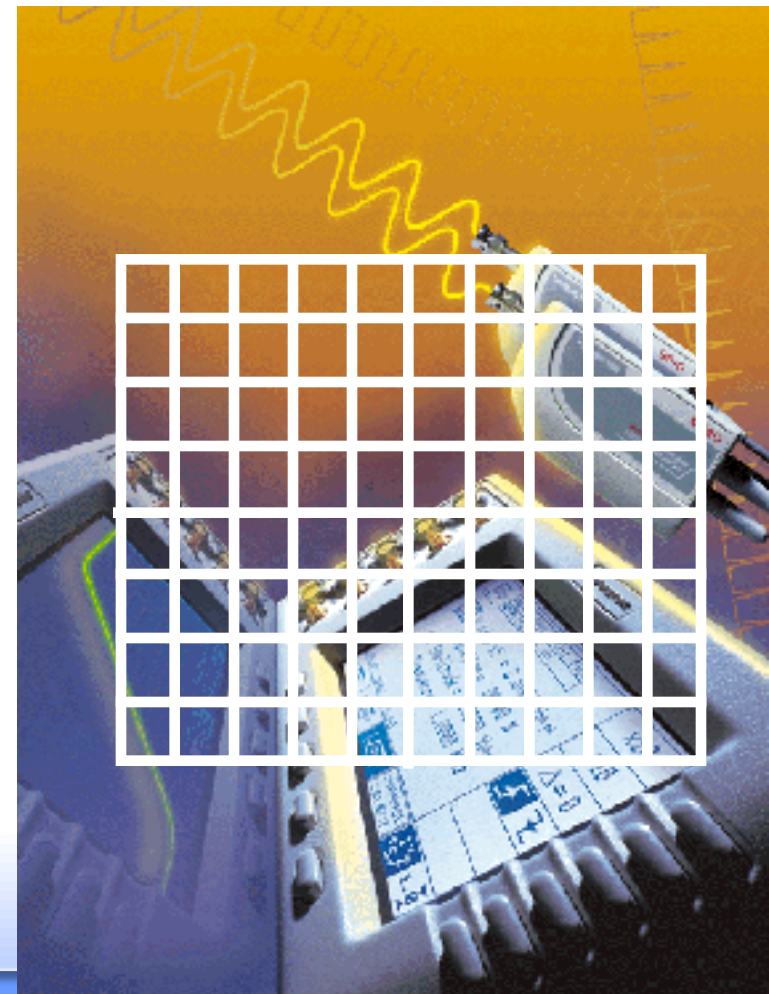
示波器主要校准项目

FLUKE®

Calibration

- ◆ 幅值/垂直灵敏度——标准电压
- ◆ 频率响应——稳幅正弦波
- ◆ 脉冲响应——快沿脉冲
- ◆ 水平灵敏度——扫描时标
- ◆ 触发灵敏度——稳幅正弦波
- ◆ 输入阻抗测试

— — — —



福禄克公司提供全面的示波器校准 解决方案

FLUKE®

Calibration

多产品校准器

5522A + SC600/1100



5502A + SC300/600



5080A + SC200



已停产的产品:

5820A, 5820A/GHz

9100-250, 9100-600

< 1.1GHz

带宽和准确度

专用示波器校准器

600MHz~6.4GHz



9500B

多种有源信号头

9510 1100MHz, 500ps

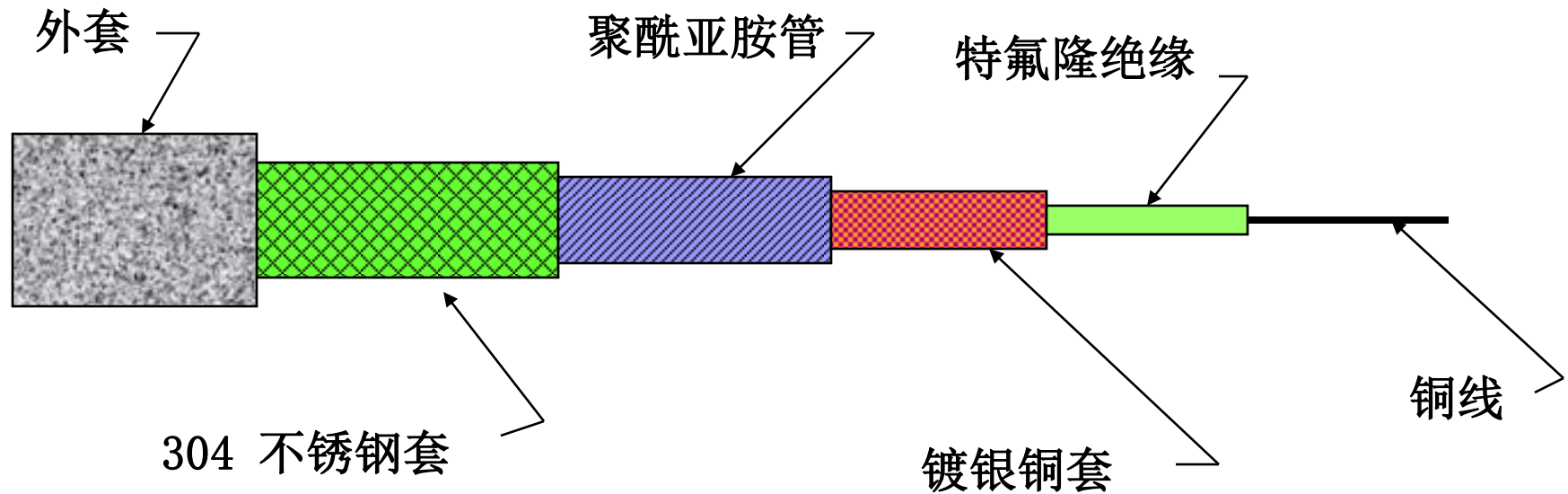
9530 3200MHz, 150ps

9560 6400MHz, 70ps

9550 25ps

福禄克的示波器校准电缆

5522A/GHz, 5522A/6, 5800A, 5820A, 5500A/6使用



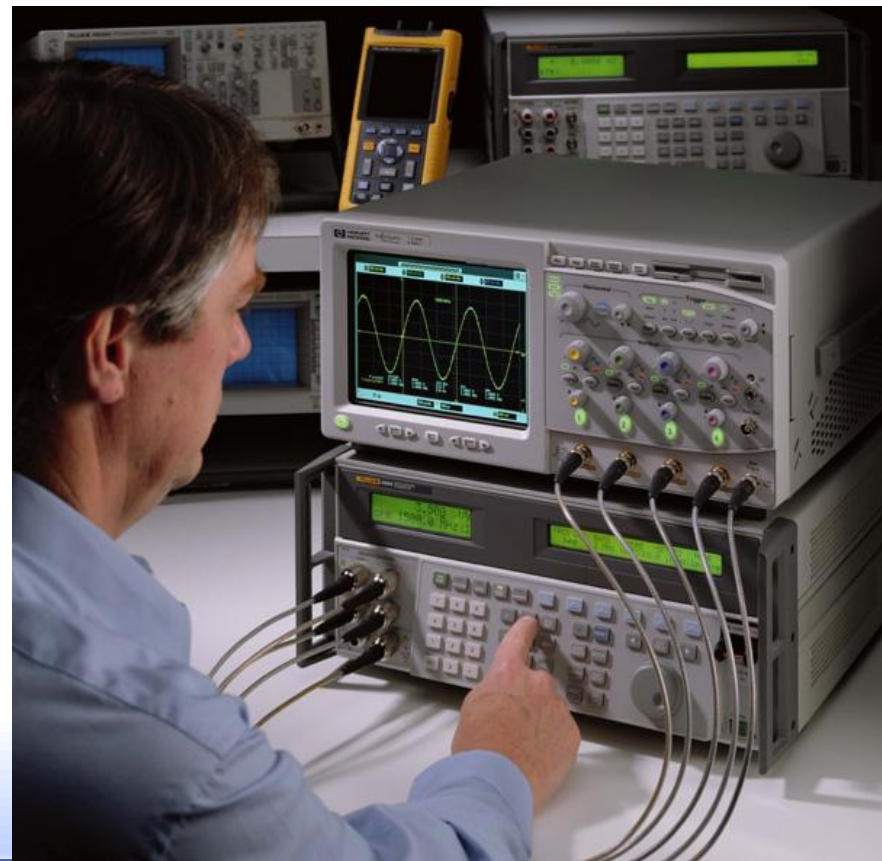
- 轻便, 灵活, 替代刚性电缆
- 不锈钢外层屏蔽提高了其机械抗拉强度
- 保证曲绕情况下的损耗稳定性
- 双重屏蔽, 优异的射频防漏功能 (-110dB)

使用注意事项

1. 仪器性能定义在电缆输出端
2. 不可换用其他电缆

• MET/CAL自动校准/计量管理软件全功能型

- 自动校准，自动生成校准证书
- 人工操作少，减少失误
- 不要求操作员懂得全部校准知识
 - * 校准项目的原理
 - * 示波器操作
 - * 校准器操作
- 测量结果电子化，可长期保存

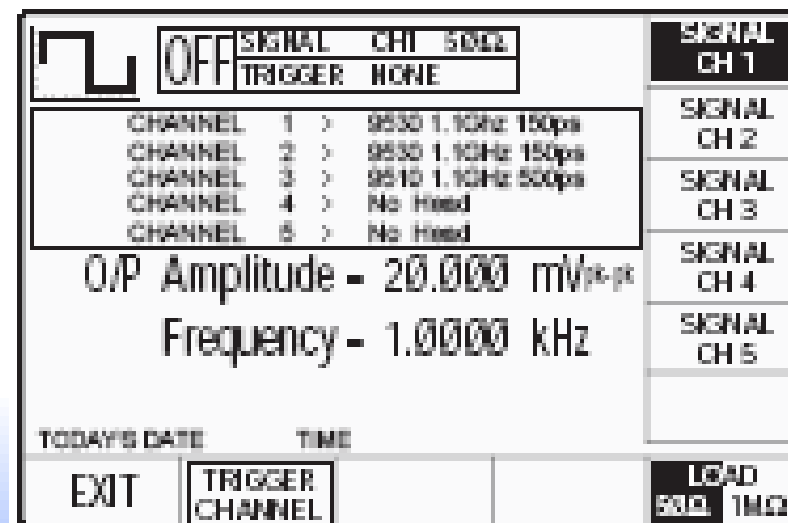


通道、阻抗和触发设置

FLUKE®

Calibration

- 每项测试都要在示波器和校准器上选择通道、阻抗和触发
- 根据示波器输入阻抗设置
 - 幅值校准:需要在**50Ω** 和**1M Ω** 两种条件校准
 - 除幅值校准外，示波器主要参数都在**50Ω**校准，采用直流耦合
- 示波器选用外触发，连接触发电缆至示波器外触发输入
- 在校准器选择触发通道和输出触发信号

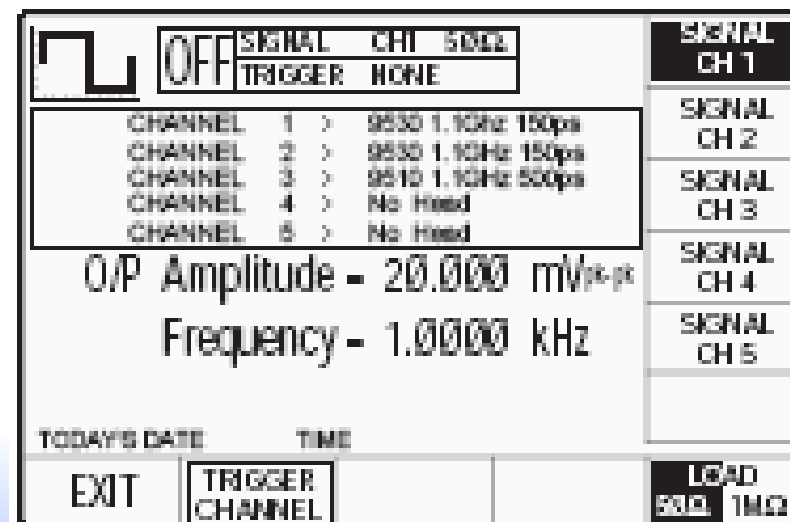


在9500B选择设置阻抗

FLUKE®

Calibration

- 幅值校准:
 - 在示波器上选择 **50Ω** 或 **1MΩ**
 - 在**9500B**选择同样的设置
- 除幅值校准外，示波器主要参数都在**50Ω**校准，采用直流耦合
 - 在示波器上选择**50Ω**，没有 **50Ω**可选时,选择 **1 MΩ**
 - 在**9500B**选择同样的设置
- **9500B**的**150ps/70ps/25ps** 快沿，
 - 示波器和校准器都必须是**50Ω**阻抗
 - 示波器输入端必须为 **50Ω**
 - **9500B**无需选择阻抗



在55XX/5820上选择设置阻抗

FLUKE®

Calibration

- 幅值校准:
 - 在示波器上选择 **50Ω /1 MΩ**, 没有 **50Ω**可选时,外接 **50 Ω**匹配电阻
 - 在校准器也选择 **50Ω /1 MΩ**
- 除幅值校准外, 示波器主要参数都在**50Ω**校准, 采用直流耦合
 - 在示波器上选择**50Ω**, 没有 **50Ω**可选时,外接 **50 Ω**匹配电阻
 - 在校准器各功能菜单左边首项选择终端阻抗



1 MΩ
50Ω

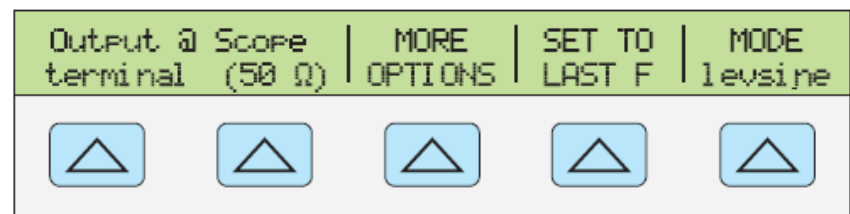
DC<-AC
DC→AC

off
/1

(see "The
U/DIU
Menu")

volt
edge
levsine
marker
wavegen
video
pulse
meas Z

校准器幅值菜单



(see
"The
MORE
OPTIONS
Menu")

Last F
50 kHz

volt
edge
levsine
marker
wavegen
video
pulse
meas Z
overld

校准器频响菜单

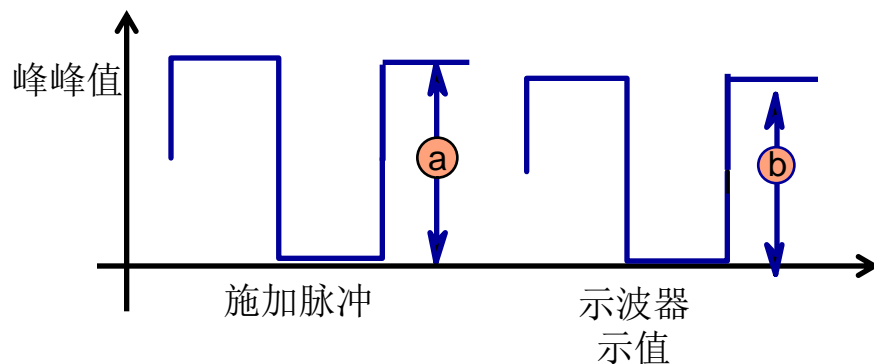
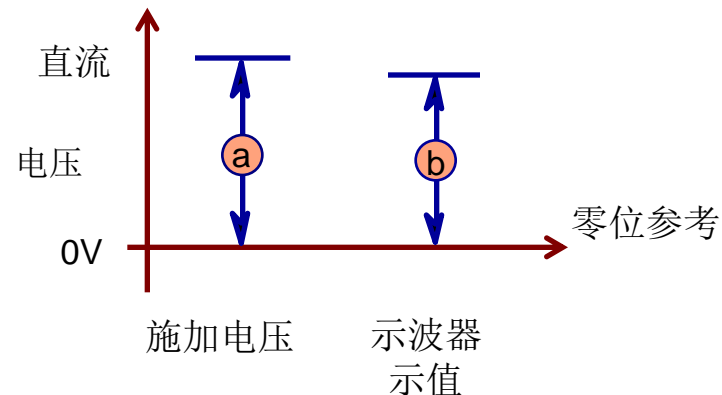
校准示波器幅值

FLUKE®

Calibration

分别校准示波器的直流电压和方波电压的测量准确度

DCV	0—±5V	至50Ω
	0—±200V/130V	至1MΩ



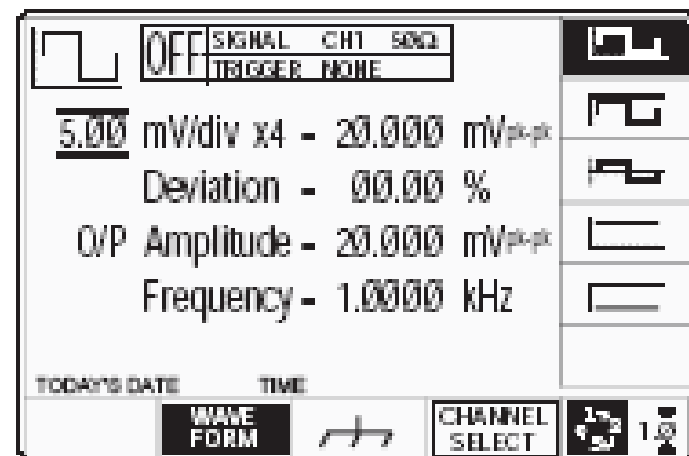
方波	40μV — 5V	至50Ω
	40μV — 200V/130V	至1MΩ
	10Hz—10kHz	

9500B校准电压幅值

FLUKE®

Calibration

- 进入电压幅值菜单
- 选择信号类型（直流耦合）：
 - 正/负直流电压，
 - 正方波，负方波，对称方波
- 连接，设置信号通道，示波器输入阻抗和触发
(测试50Ω 或1M Ω两种情况)
- 设置9500 和示波器同样的量程，设置合适的幅值
 - 可以按量程变化输出，也可以按任意值输出
- 按 On 键输出信号
- 调整偏移值，使读数与目标值一致，直接得到修正值或UUT误差
- 直流电压可以同时五通道输出。

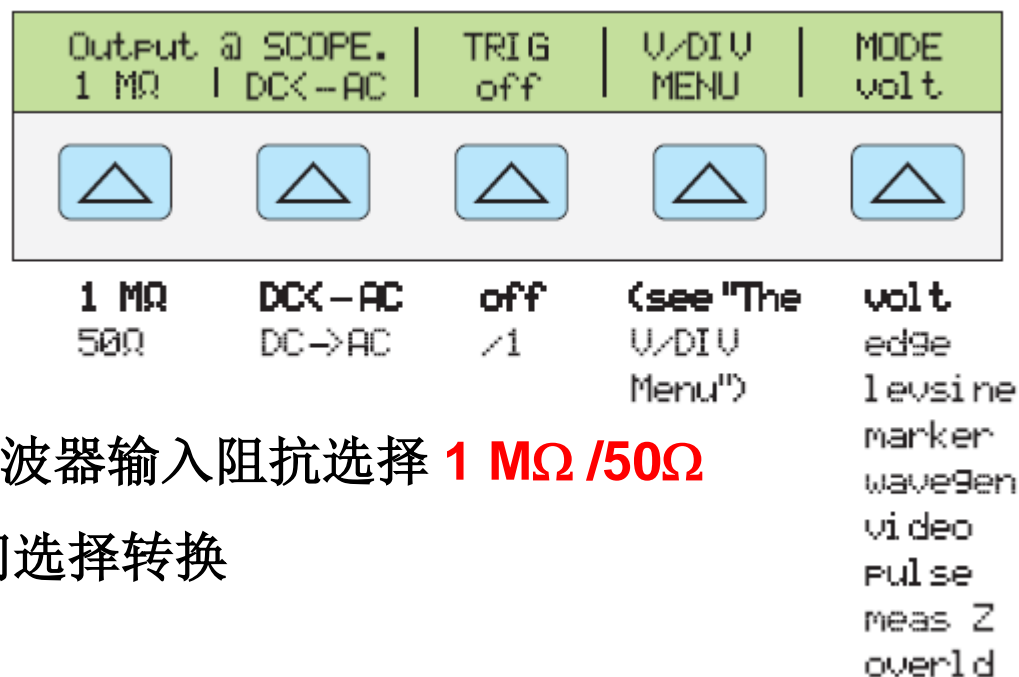


用示波器选件校准示波器幅值

FLUKE®

Calibration

按下 **VOLTAGE** 键进入幅值校准菜单



• **Output @ SCOPE 1 MΩ** 示波器输入阻抗选择 **1 MΩ / 50Ω**

• **DC<-AC** 在 **AC-DC** 之间选择转换

• **TRIG** 选择触发输出

• **V/DIV MENU** 选择示波器量程（灵敏度）**V/格**，**mV/格**

• **MODE** 选择其他功能

在 **50Ω** 阻抗时，示波器应选择直流耦合。

用示波器选件校准示波器幅值

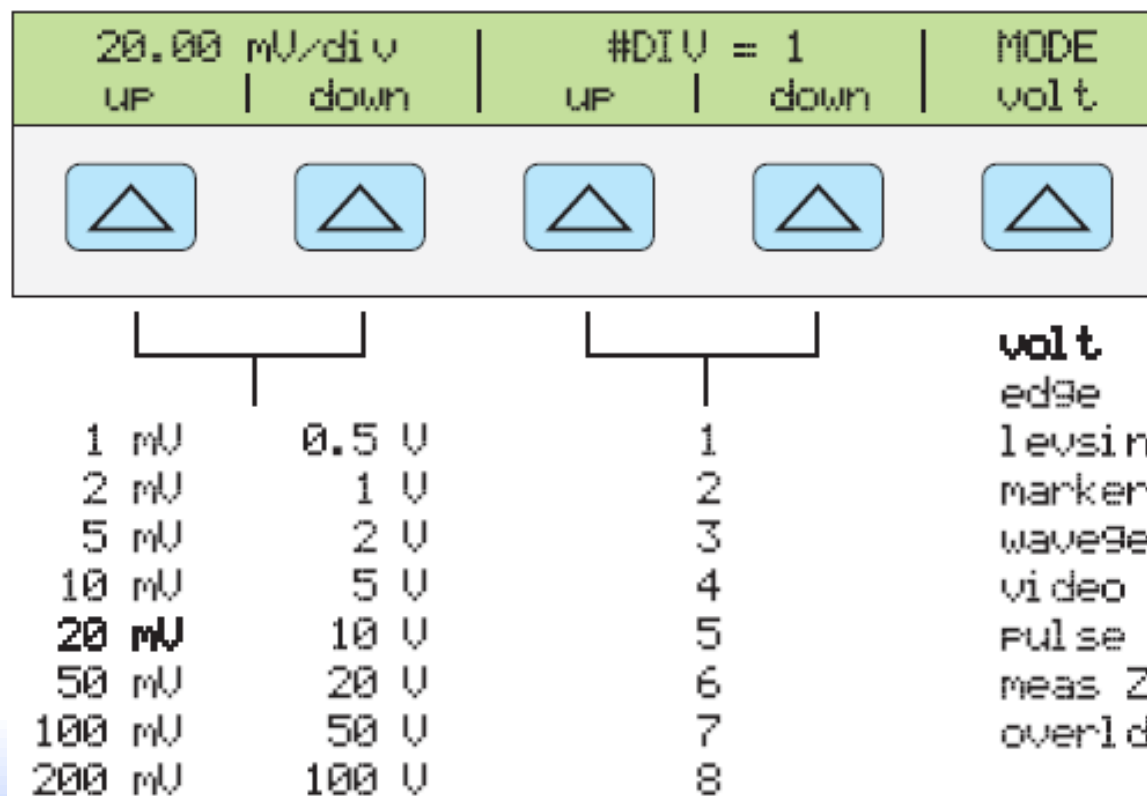
FLUKE®

Calibration

按下 **V/DIV MENU** 键进入幅值设置菜单

- 选择与示波器对应的量程

- 利用加减键选择格数

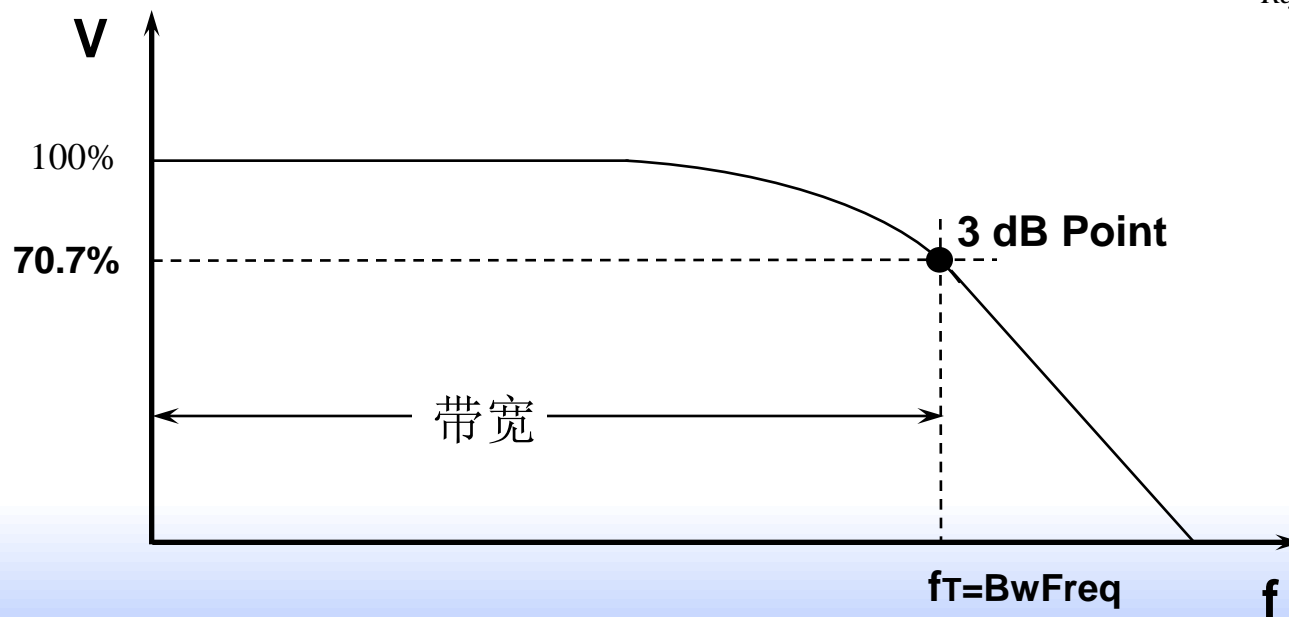


- 第一个问题:

那些功能需要设置为**50**欧姆阻抗?

- 示波器测量交流电压的能力随频率升高而降低
- 带宽定义: 半功率点的频率

—**3dB** 带宽定义: $-3dB = 20 \log_{10} \frac{V_{BwFreq}}{V_{Ref}}$



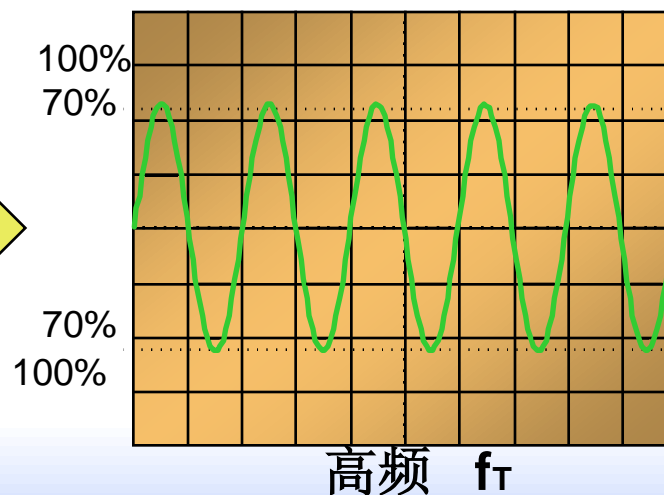
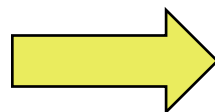
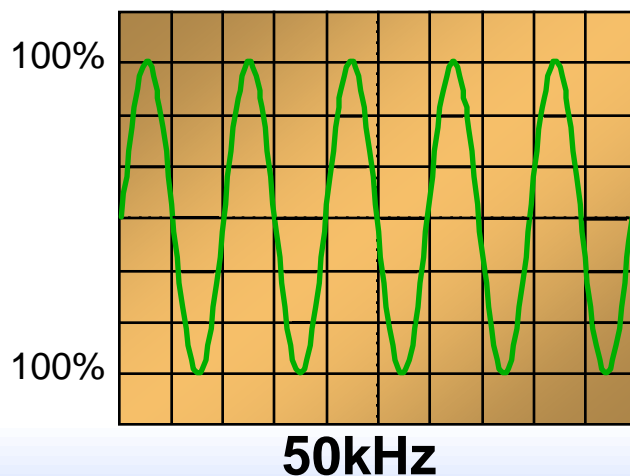
◆稳幅正弦波

先测量50kHz稳幅正弦波，显示6格，为100%

再增加频率，直至幅值下降至约 4.2格，为原幅值的 0.707

通常有： $t_r = 0.35/f_T$

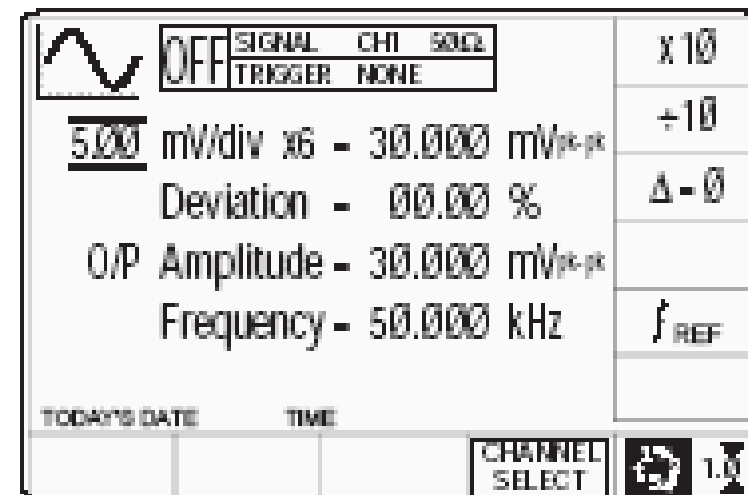
例如：**1GHz** 的示波器快沿约 **350ps**



9500B检验示波器频响

FLUKE®

Calibration



- 进入正弦信号菜单
- 示波器选择直流耦合
- 连接，设置信号通道，示波器输入阻抗和触发
- 9500B先输出50kHz (参考频率 f_{REF})，使示波器显示幅值为6 格
- 调整9500B输出示波器带宽频率，幅值不变，

检查示波器显示幅值应大于原参考频率幅值的0.707

用示波器选件校准示波器频响

- 选择 `levsine` ， 进入频率响应菜单

Output at Scope terminal (50 Ω)	MORE OPTIONS	SET TO LAST F	MODE levsine

(see "The MORE OPTIONS Menu")

Last F 50 kHz

volt edge
levsine
marker
waveGen
video
pulse
meas Z
overld

- Output at SCOPE terminal (50Ω)

示波器输入阻抗应为 50Ω

- SET TO LAST F 在50kHz 和设置频率之间切换
- MODE 选择其他功能

校准示波器上升时间

FLUKE®

Calibration

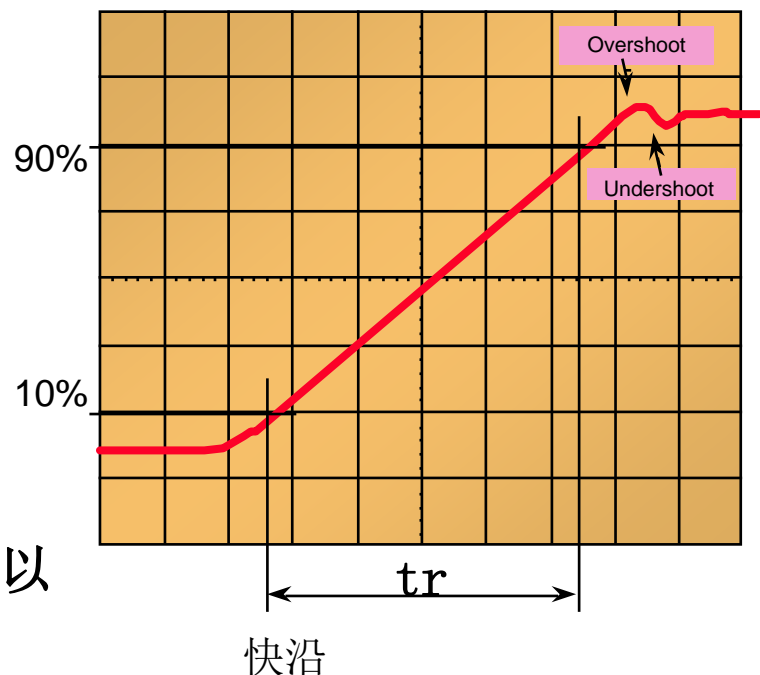
- 用标准快沿校准示波器的上升时间
 - 10% 至90%的渡越时间
 - 示波器输入阻抗必须是50Ω
- 调整示波器，时间设置为最快，
- 观察示波器屏幕波形 10% 至90%的时间 t_r ，先进的示波器可以直接读出上升时间 t_r ，还可以读出多次测量的算术平均值

示波器上升时间 t_o ：

$$t_o = \sqrt{t_r^2 - t_p^2}$$

其中： t_p 为校准脉冲的延迟时间

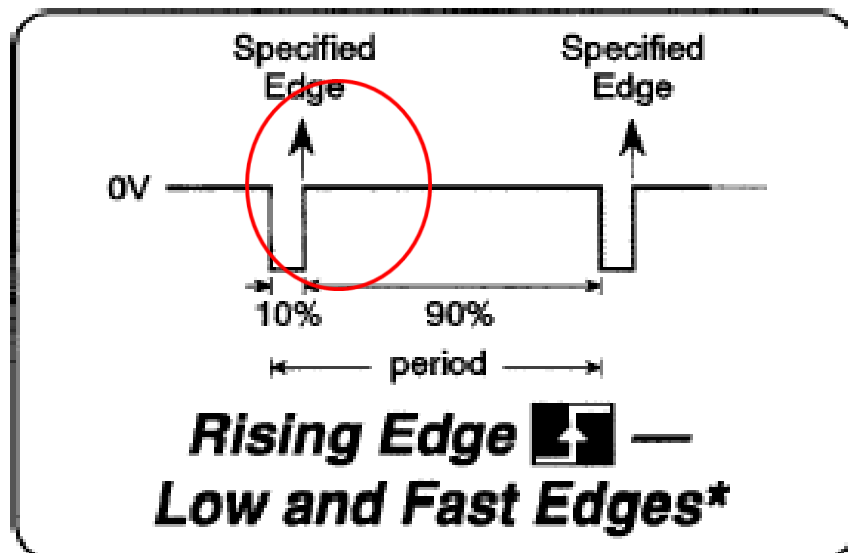
对于带宽200MHz及以下的示波器，校准脉冲的快沿延迟（小于1/4）可以忽略。



9500B 快沿功能

FLUKE®

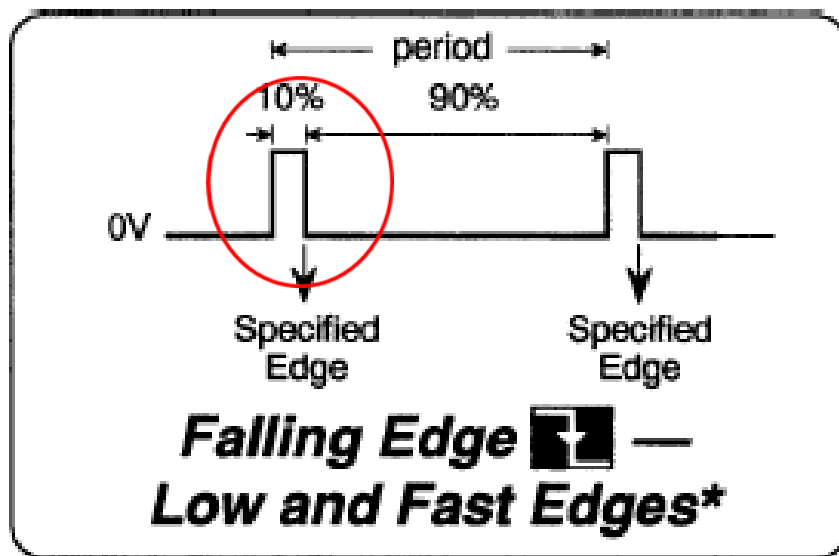
Calibration



低压沿和快速沿的上升沿

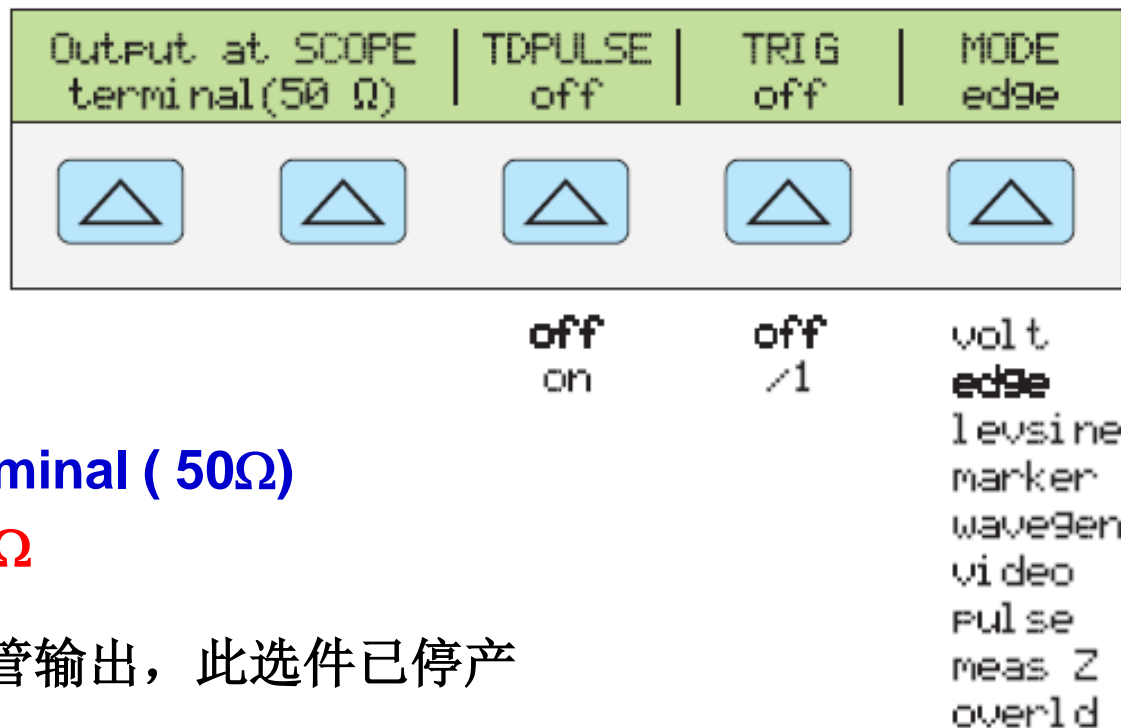
下降沿：先上后下

- 注意脉冲的形状：上升沿：先下后上



低压沿和快速沿的下降沿

- 选择 **edge** 功能，进入快沿菜单



- **Output at SCOPE terminal (50Ω)**

示波器输入阻抗应为 **50Ω**

- **TDPULSE** 选择隧道二极管输出，此选件已停产

- **TRIG** 选择触发输出

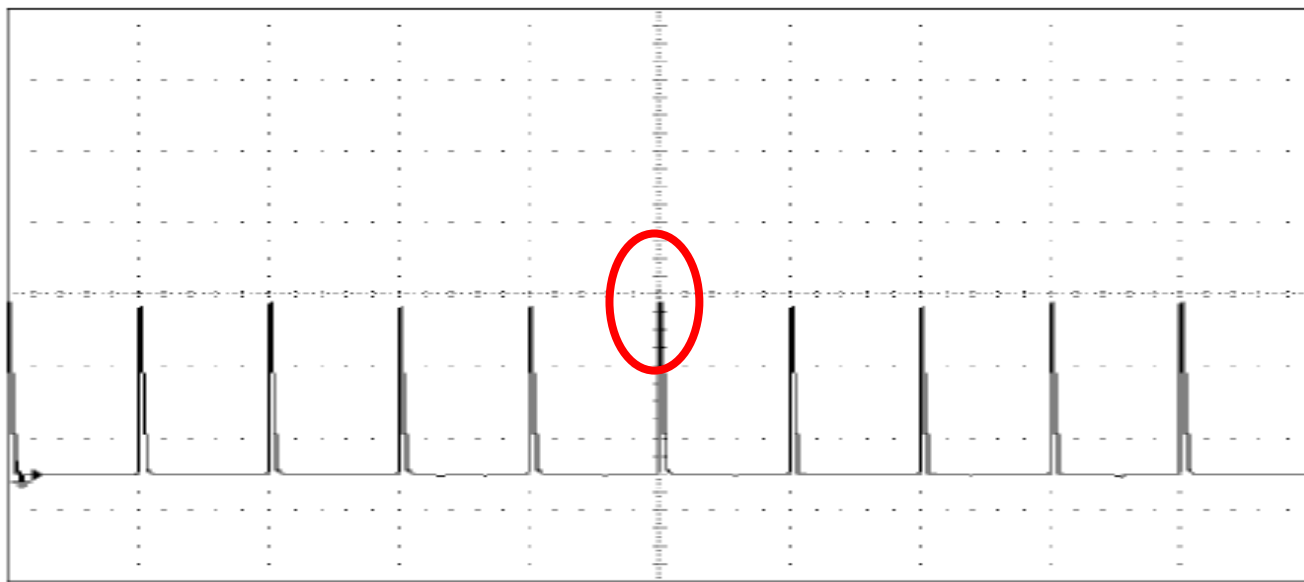
- **MODE** 选择其他功能

- 第二个问题：

何时可以不考虑快沿脉冲的延迟时间？

用示波器延迟功能校准扫描时间

- 问题：校准先进的数字示波器时，由于误差很小(<0.05%)，很难观察到时标显示的变化，
- 解决方法：采用延迟(Delay)功能放大标尺
- 原理：通过对延迟时间的测量，确定时基的误差
 - 观察有无延迟时，信号波形位置的变化 Δt



用示波器延迟功能校准扫描时间

- 根据使用延迟功能前后时标显示位置的变化，可以计算出示波器扫描时间的误差
 - 示波器扫描时间指标，设置扫描时间（ns/DIV）和延时时间（Delay）之间的关系为：

示波器

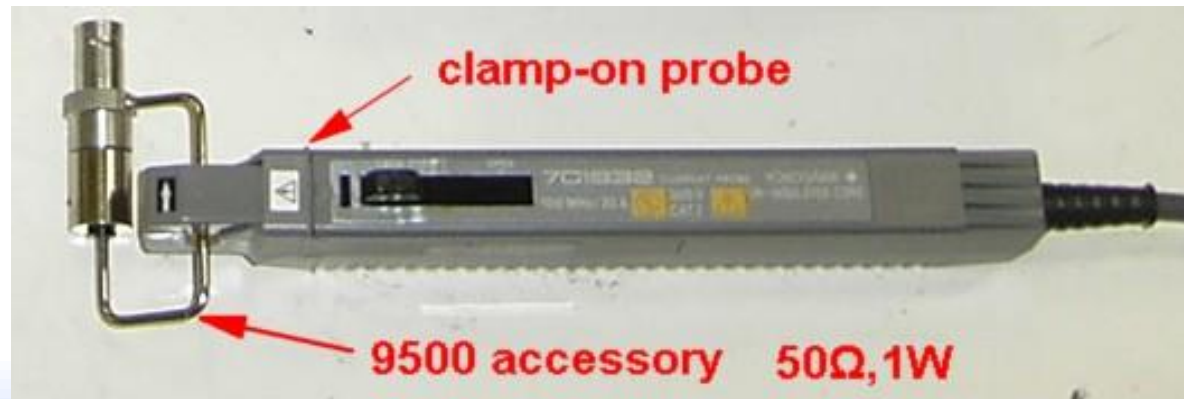
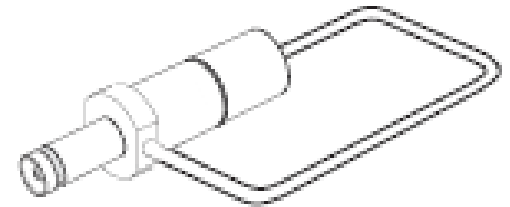
- 例如：示波器扫描准确度 0.01%，可以设置延时10ms，时标=1 us，
- 观察扫描中心时标变化 Δt
- 扫描时间误差 = $\Delta t / \text{延时时间}$
 - * 例如， $\Delta t = 0.4 \text{格} = 400 \text{ns}$ ，扫描时间误差 = $400 \text{ns} / 10 \text{ms} = 0.004\%$
- 为避免将 0.2格误差误读为 -0.8格，应先用较大时标，逐步减少时标、放大标尺，确认读数正确

- ◆ 有些示波器有电流探头
- ◆ 9500B的电流输出选件-**50Ω电流环**

DCI 100uA -- 100mA

方波 100uA -- 100mA

10 Hz to 100 kHz



5820A 电流环输出

FLUKE®

Calibration

◆ 电 流 输 出

DCI 100uA -- 100mA

方 波 100uA -- 100mA

10 Hz to 100 kHz

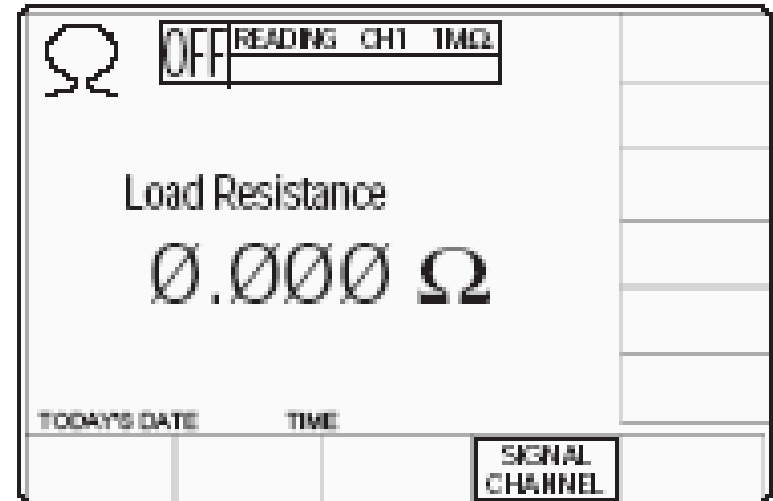


9500B 测量示波器输入电阻

FLUKE®

Calibration

- 按 **Aux** 键，进入辅助功能菜单；
- 按 Ω 软键，进入输入电阻测量菜单，
- 连接，设置信号通道，示波器输入阻抗和触发
- 选择示波器输入电阻的量程范围
 - **1M Ω** 量程 和 **50 Ω** 量程
- 选择**9500B**输入电阻范围
 - **1M Ω** 量程 和 **50 Ω** 量程
- 按**on** 键开始测量



9500B屏幕显示示波器输入电阻

翻到下页查看**9500B**校准**TDS3054**输入电阻演示

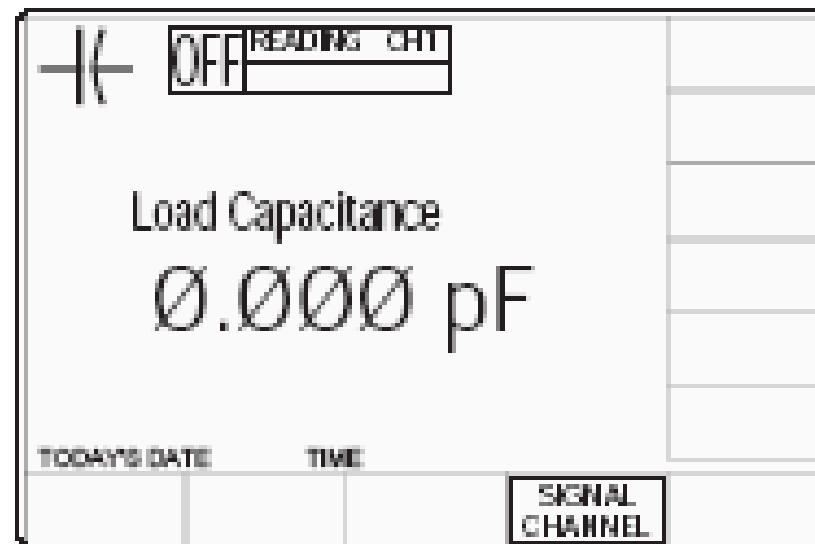
9500B 测量示波器输入电容

FLUKE®

Calibration

- 按 **Aux** 键，进入辅助功能菜单；
- 按 电容 软键，进入输入电容测量菜单，
- 连接，设置信号通道，示波器输入阻抗和触发
- 选择示波器输入电阻为**1MΩ**
- 按**on** 键开始测量

9500B屏幕显示示波器输入电容



翻到下页查看**9500B**校准**TDS3054**输入电容演示

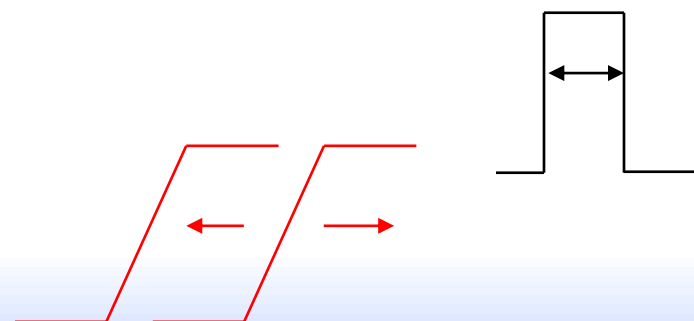
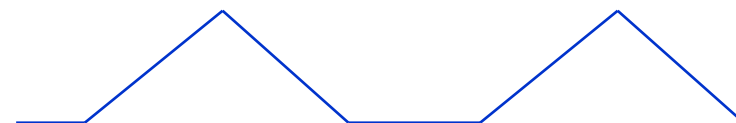
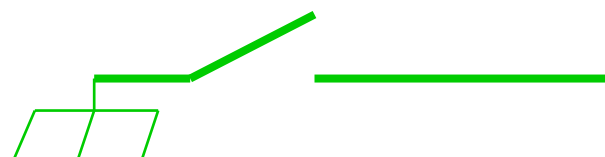
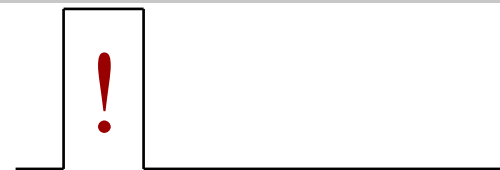
◆ 输入保护电路测试

◆ 输入泄漏电流测试

◆ 线性三角波信号

◆ 脉宽测试 **1ns—100ns**


◆ 通道间相位测试

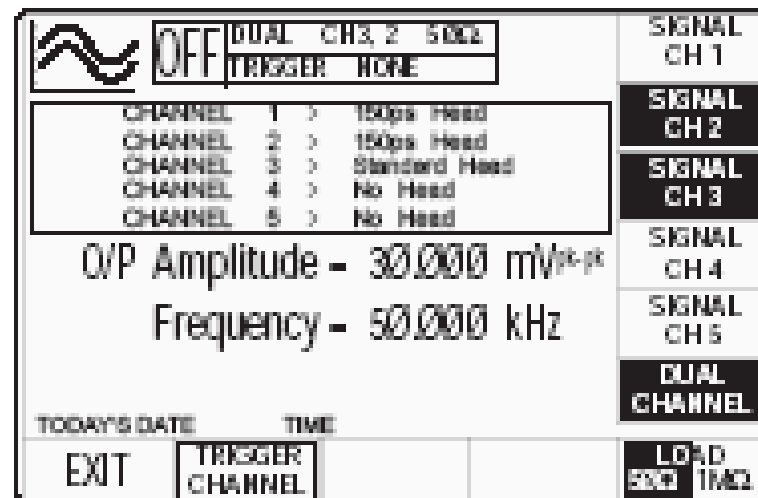


用9500B 检测示波器通道相位

FLUKE®

Calibration

- 按 **Aux** 键，进入辅助功能菜单；
- 按  软键，进入检测相位菜单
- 所有可用主通道已经被选择
- 连接，设置信号通道，输入阻抗和触发
- 设置频率，幅值
- 9500B先输出主通道信号至示波器主通道，记住波形位置
- 9500B再输出二通道信号至示波器主通道，
- 用 **ADJUST ALIGN** 功能调整9500B二通道的延迟，使二通道波形位于原主通道的位置



用9500B 检测示波器通道相位

FLUKE®

Calibration

- **9500B**再输出三通道至示波器主通道，
- 用 **ADJUST ALIGN** 功能调整**9500B**三通道的延迟，使三通道波形位于原主通道的位置...
- 9500B各通道同时输出正弦波至示波器的各个通道
- 调整主波形位置，使主波形与二通道波形重叠，
- 9500主通道调整值就是一、二通道的相位偏移。
- 调整主波形位置，使主波形与三通道波形重叠...
- 9500主通道调整值就是一、三通道的相位偏移。
- ...

示波器校准注意事项

FLUKE®

Calibration

- 国内校准规范/规程与国外不同

- 国外一般要求按照生产厂家说明的要求校准

- * 有的示波器内部量程与外部量程不一样，校准时按内部量程进行

- 要求测试某些特殊功能，如窄脉冲测试

- 不一定要测试快沿脉冲



示波器校准注意事项

FLUKE®

Calibration

- 仪器可靠接地，是防止损坏的重要条件
 - 保证仪器不带危险电压，保证人身安全
 - 保证屏蔽接地，减少干扰和辐射，测量结果可靠
 - 仪器接地不良，会由于漏电等原因产生高电压，损坏仪器
- 有源信号头平稳放置
 - 长期悬置会造成接触不良影响高频特性
 - 为有关用户制作了托架
- 更换输出电缆前校准



谢谢大家!

美国福禄克公司计量部主页: www.flukecal.com.cn

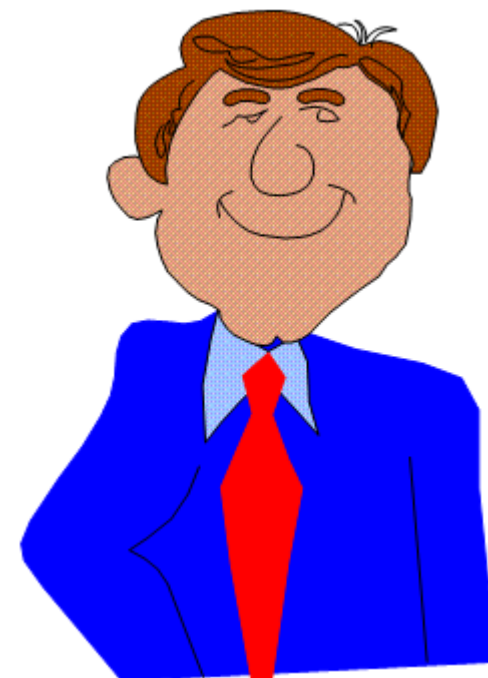
- 配音/视频的产品和技术介绍
- 视频培训资料
- 产品说明书和应用文章
- 留言, 提出问题。



刘国琨:139 1080 3332, guokun.liu@fluke.com

杨胜利:139 1052 6912, victor.yang@fluke.com

虞秩翔:186 0016 3104, zhixiang.yu@fluke.com



•第三个问题:

仪器接地不良会有什么害处?