

# **RIGOL**

## **应用指南**

### **DS70000 系列数字示波器 波形刷新率测量应用指南**

文档版本 1.0

发布日期 2020 年 11 月  
**RIGOL TECHNOLOGIES CO., LTD.**

# 前言

## 版权

© 2020 普源精电科技股份有限公司

## 商标信息

**RIGOL** 是普源精电科技股份有限公司的注册商标。

## 声明

- 本公司产品受中国及其它国家和地区的专利（包括已取得的和正在申请的专利）保护。
- 本公司保留改变规格及价格的权利。
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。
- 本手册提供的信息如有变更，恕不另行通知。
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能，以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**RIGOL** 概不负责。
- 未经 **RIGOL** 事先书面许可，不得影印、复制或改编本手册的任何部分。

## 产品认证

**RIGOL** 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准及 ISO9001:2015 标准和 ISO14001:2015 标准，并进一步认证本产品符合其它国际标准组织成员的相关标准。

## 联系我们

如您在使用此产品或本手册的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

电子邮箱：service@rigol.com

网址：www.rigol.com

---

# 本应用指南

- 简要介绍波形刷新率的概念。
- 阐述了波形刷新率的基本原理。
- 阐述了波形刷新率对示波器测量结果的影响。
- 提供了波形刷新率的测试环境搭建和测试步骤。
- 介绍了 RIGOL 新品 DS70000 系列示波器的性能指标。

完成全文阅读，大概需要 10 分钟时间。

## 简介

波形刷新率指的是每秒钟波形刷新的次数，单位为波形数每秒（wfms/s）。

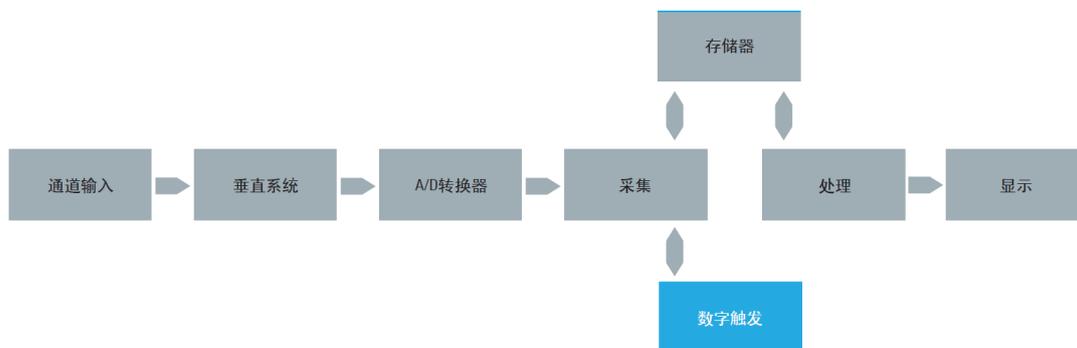
通常示波器的波形刷新率又被认为是波形捕获率，因为示波器就像一台高速摄像机，不断的捕获信号，处理信号，再把信号以波形图像的形式显示在屏幕上。不断捕获的信号反应在示波器的屏幕上就是不断刷新的波形图像，波形刷新率是单位时间内捕获波形的次数，反应的是示波器捕获信号的速度。

和示波器的带宽或采样率相比，波形刷新率往往不是人们关注的首要指标。显示器上持续变化的波形，容易让人产生已经观测到了所有信号的错觉。然而事实却并非如此，在测量中我们经常发现，一些导致系统故障的偶发小概率异常信号，使用刷新率较低的示波器是观测不到的，这会严重影响工程师对问题的判断。而具有高刷新率的示波器却能让偶发的小概率异常信号一览无余。

可见波形刷新率是一个不可忽视的重要指标，本文我们就来介绍一下波形刷新率对示波器测量结果的影响。

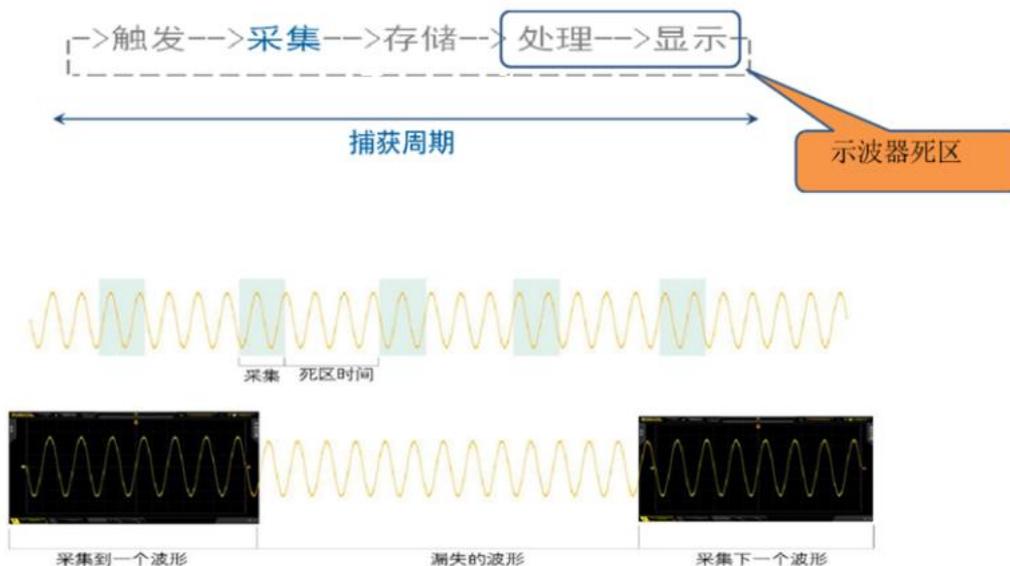
## 原理描述

如下图所示，为示波器的工作过程。探头采集到模拟信号通过输入通道先进入垂直放大器系统，再经过 A/D 采样量化为数字信号，根据触发条件将信号采集到存储器；采样后示波器的 CPU 单元对数据进行处理运算，在屏幕上显示之后，才能开始下一次的采样。



示波器采集波形、存储、处理波形和显示波形的过程组成了一个完整的**捕获周期**，每一个捕获周期包括采样时间和死区时间两个部分。

- 其中完成一次触发的采集、存储时间称为**采样时间**。  
采样时间是示波器的显示采集窗口，可以用水平时基乘以屏幕水平方向格数来计算。
- 处理和显示波形的时间被称为**死区时间**。  
示波器的采样和触发主要由硬件器件完成，它的速度非常快；而处理过程涉及大量的运算，它的速度主要取决于处理芯片的运算速率和算法架构等。由于数据采样的速度远远大于数据处理速度，所以不得不在数据处理期间停止采样，这就导致在数据处理期间内的所有波形因没有被采集而丢失。



## 波形刷新率的影响

由于示波器在死区时间内不采样数据，导致示波器捕获到的波形存在遗漏，那么减少死区时间在捕获周期中所占的百分比，有助于减少信号遗漏。

如下所示，示波器的捕获周期为  $T_a$ （采样时间）和  $T_d$ （死区时间）之和，波形刷新率为  $U$ ：

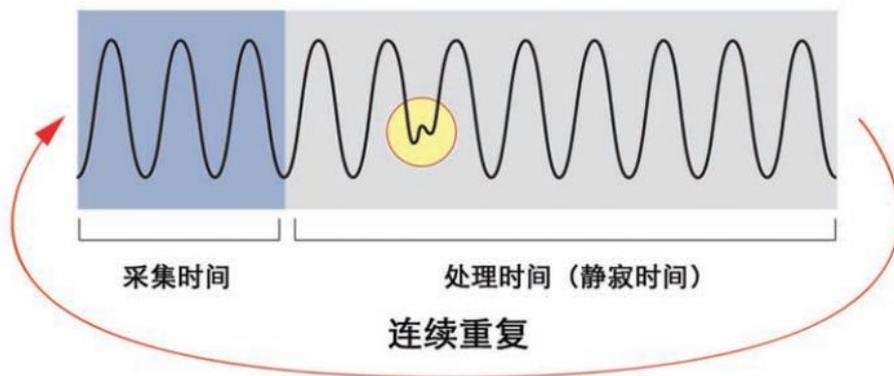
$$U = \frac{1}{T_a + T_d}$$

死区时间在捕获周期中所占的百分比为：

$$T_d\% = \frac{\frac{1}{U} - T_a}{\frac{1}{U}} \% = (1 - U * T_a)\%$$

尽管如前面所述，示波器的死区时间远大于采样时间几个数量级。但是根据如上公式我们可以看到，采样时间相同的两台示波器，支持波形刷新率越高的示波器，其死区时间在刷新周期中所占的百分比越低，遗漏的信号越少。

下面再来看一下，本文开篇提到的困扰工程师们的偶发小概率异常信号，如果这些异常信号隐藏在死区时间段内，没有被示波器捕获到显示出来，就会导致观测者做出错误的判断。



为了在观测期间内减少对偶然发生的异常信号的遗漏,就需要尽可能的提高示波器捕获偶发异常信号的概率,下面我们看一下示波器捕获偶发异常信号的概率与波形刷新率之间的关系。

假设:

$t$  为观测时间, 单位  $s$ ;

$R$  为异常信号产生的概率;

$P_t$  为观测时间  $t$  内, 示波器能够捕获到该异常信号的概率

那么示波器每次捕获信号, 就能够采集到该异常信号的概率为:  $X = \frac{Ta}{\frac{1}{R}} = R * Ta$

在观测时间  $t$  内,

示波器能够捕获波形次数为:  $N = U * t$

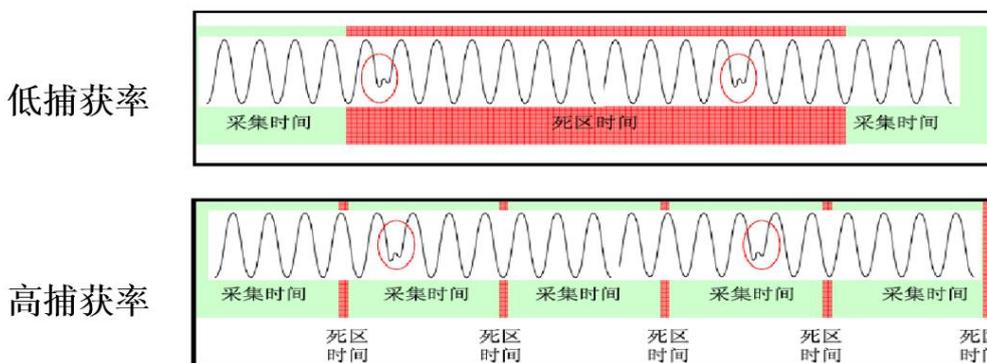
示波器连续无法捕获到该异常信号发生的概率为:  $Y = (1 - X)^N = (1 - R * Ta)^{U * t}$

示波器可捕获异常事件发生的概率为:  $P_t = 1 - Y = 1 - (1 - R * Ta)^{U * t}$

由此可见, 在观测时间  $t$  和异常信号产生的概率  $R$  固定的情况下, 波形捕获率  $U$  越高, 示波器可以捕获到异常事件发生的概率就越大, 示波器的测量结果就越准确。

下图可以看出波形刷新率不同对捕获偶发事件概率的影响。

波形捕获率的高低直接影响捕获偶然事件发生的概率。



## 测量示波器的波形刷新率

如前所述，波形刷新率是示波器的重要指标，那么如何才能知道示波器的实际刷新率呢？下面我们以 RIGOL 最新推的 DS70000 示波器为例，介绍如何测量示波器的波形刷新率。

示波器 DS70000 每采样一帧波形，都会在后面板的 AUX OUT 接口输出一个脉冲信号，我们可以通过测量 AUX OUT 输出信号来确定它的波形刷新率。

### 步骤一：准备测量所需工具

一台 DS70000 作为被测示波器、一台 MSO8000 作为测量示波器、一台 DG992 作为信号源，还有一条 BNC 电缆和一条一端是 BNC 接口一端是 SMA 接口的射频同轴电缆。

### 步骤二：搭建测试环境

- 1) 将 DG992 前面板下方的 CH1 接口与 DS70000 前面板下方的输入通道 CH2 通过 BNC 线缆相连。
- 2) 将射频同轴电缆一端的 SMA 接口与 DS70000 后面板的 AUX OUT 接口相连，另一端的 BNC 接口与测试示波器 MSO8000 前面板下方的输入通道 CH1 相连。

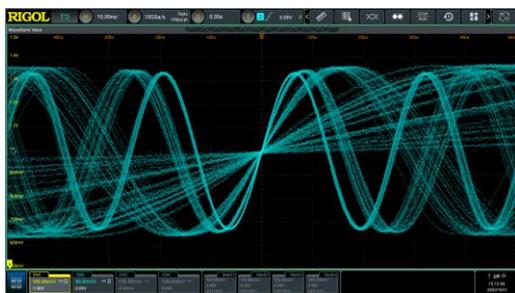


### 步骤三：设置参数进行测量

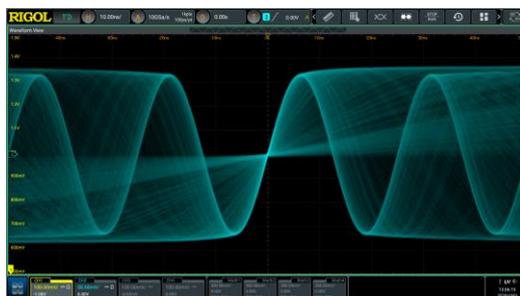
由前面的公式可知示波器的波形刷新率与很多因素相关，特别是选择不同的水平时基选择档位，波形刷新率不同。

- 1) 首先设置 DG992 信号源生成一个指定频率带宽的正弦波，同时打开示波器 MSO8000 输入通道 CH1 的频率计；
- 2) 然后调节 DS70000 的水平时基到不同的档位，并分别在 MSO8000 上读出频率计的计数，得到 DS70000 不同条件下的波形刷新率。

经过测量可以看到 RIGOL DS70000 示波器的波形刷新率可以达到百万 wfms/s 以上！



10,000 wfms/s



1,000,000 wfms/s

下面我们再来看一下在捕获小概率偶发异常信号的场景下 DS70000 的表现。

下图显示的是 10 万个 10 MHz 正弦波叠加 1 个 30 MHz 的幅度较低的异常正弦波组成的混合波形。在 100,000 wfms/s 刷新率的示波器和 1,000,000 wfms/s 刷新率的示波器中的显示异常波形的概率，有明显的视觉差异。



100,000 wfms/s



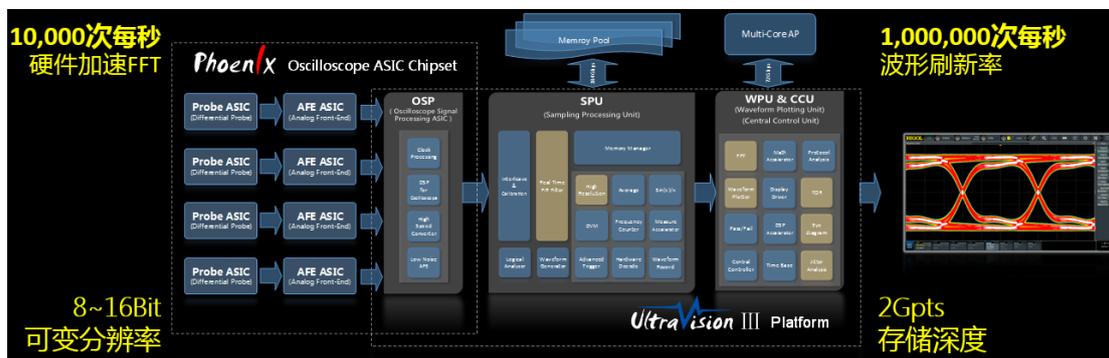
1,000,000 wfms/s

可见小概率异常信号在支持 1,000,000 wfms/s 波形刷新率的 DS70000 面前也无所遁形。

## 总结

波形刷新率是衡量示波器性能的关键指标，一款拥有超高刷新率的示波器，可以减少采集波形的遗漏，提高捕获信号中偶发异常事件的概率，进而提高故障调试的效率，是工程师的得力助手。

RIGOL 自主研发的 DS70000 系列数字示波器，依赖于 RIGOL 工程师潜心十年打造的 UltraVisonIII 硬件平台，并通过已经申请专利的特有算法，实现了百万级别的刷新率，达到了业界领先水平。



DS70000 系列数字示波器充分发挥了 RIGOL 自主设计的“凤凰座”示波器专用芯片组卓越性能，实现了国内最高的 20GSa/s 采样率、4GHz 实时带宽。除了硬件指标的提升，DS70000 系列数字示波器还提供了多种人性化设计，相信一定会为您带来超高品质的体验。

型号	 DS70004
模拟带宽	4 GHz/2.5 GHz
模拟通道数	4
最高实时采样率	20 GSa/s
最大存储深度	2 Gpts
最高波形刷新率	≥1,000,000 wfms/s