



# 基于 CNT-91 的零静寂时间连续测量技术

## Pendulum 仪器技术资料

2007 年 11 月

全新的 CNT-91 时间间隔测试仪/计数器/分析仪带来了零静寂时间连续数据输出这一概念。该技术资料将对这一新功能与 CNT-90 的测量功能进行比较。但首先对 CNT-90 和 CNT-91 的不同的测量以及输出数据传输模式做一个综述。

### 1. CNT-90 和 CNT-91 的测量以及输出数据传输模式

CNT-90 和 CNT-91 能以三种不同模式进行操作

- 单次（独立）测量。
- 组测量。
- 零静寂时间单次测量。（CNT-91）
- 零静寂时间组测量。

模式	本地操作		远程操作	
	CNT-91	CNT-90	CNT-91	CNT-90
单 次 测 量 ( 有 静 寂 时 间)	数值模式	数值模式	READ?. INIT+FETCH? GET INIT +TALK ONLY	READ?. INIT/FETCH? GET
组 测 量(有 静 寂 时 间)	适用于各种测量的 (统计/图形)模式	适用于各种测量的 (统计/图形)模式	READ:ARR? INIT/FETCh:ARRay?	READ:ARR? INIT/FETCh:ARRay?
零 静 寂 时 间 单 次 测 量	频 率 背 靠 背 周 期 背 靠 背 TIE	无	READ?. INIT+FETCH? GET INIT +TALK ONLY	无
零 静 寂 时 间 组 测 量	频率背靠背 周期背靠背 TIE & 统计/ 图形模式	无	READ:ARR? INIT+FETCh:ARRay? 频 率 BtB, 周期 BtB, TIE (1 个时间标记/数值); 或者原始时间标记(4 个时 间标记/数值)	READ:ARR? INIT/FETCh:ARRay? 原始时间标记 (4 个时 间标记/数值)



模式	最大速度 (结果/秒)	
	CNT-91	CNT-90
单次测量 (有静寂时间)	GET 模式: 650/s TALK ONLY 模式: 2600/s	GET 模式: 500/s
组测量 (有静寂时间)	READ:ARR?: 15k/s	READ:ARR?: 5k/s
零静寂时间组测量 (测量各组之间有静寂时间)	READ:ARR?: 15k/s 与内部存储器传输速度为 250k/s	READ:ARR?: 15k/s 与内部存储器传输速度为 250k/s
连续零静寂时间组测量	ARM:COUNT INF READ:ARR?: 10k/s	无

### A: 单次测量

- READ?
- INIT+FETCH?
- GET

单次测量模式就是完成一次测量，然后将测量结果传输并显示或通过 GPIB/USB 接口输出数据。在这种测量模式下，用户通过控制器并使用 GET 命令（群执行触发）对单次测量逐一触发，此时各次测量之间存有大约 2ms 的静寂时间。

该模式下不使用内部存储器。

当用户想要开始测量时，可以通过使用上述的单次测量命令实现控制。数据通讯过程可简化为：

Controller talker /CNT-9x listener: “start measurement (开始测量)” (GET)

Controller talker /CNT-9x listener: “send result (发送结果)” (FETCH?)

CNT-9x talker/ Controller listener: “sending result data (正在发送结果数据)”

Controller talker /CNT-9x listener: “start next measurement (开始下一次测量)” (GET)

**CNT-91:** 在 CNT-90 原有模式的基础上，CNT-91 新增了一种输出模式：

#### **Talker only (SYSTEM:TALKonly ON)**

与 GET-触发单独测量所不同的是，在 Talker only 模式中，计数器被触发一次之后便会以最高速度输出测量数据，而无需等待来自于控制器的下一个触发命令 (GET)。由于无需控制器在测量之间进行控制，因而减少了传输开销。控制器无法进行单独测量并且测量数据将会被连续发送，直到通过交互界面的 Clear 命令或者按下计数器前面板上的 CANCEL 键才能停止数据传输。

测量之间的静寂时间在这种“实时”传输模式中为 <math>400 \mu s</math>。

同样，数据通讯过程可简化为：

Controller talker /CNT-9x listener: “go to talk only mode and start measurement (进入 Talker only 模式并开始测量)”

CNT-9x talker/ Controller listener: “sending result data (正在发送结果数据)”

CNT-9x talker/ Controller listener: “sending result data (正在发送结果数据)”

CNT-9x talker/ Controller listener: “sending result data (正在发送结果数据)”

等等...



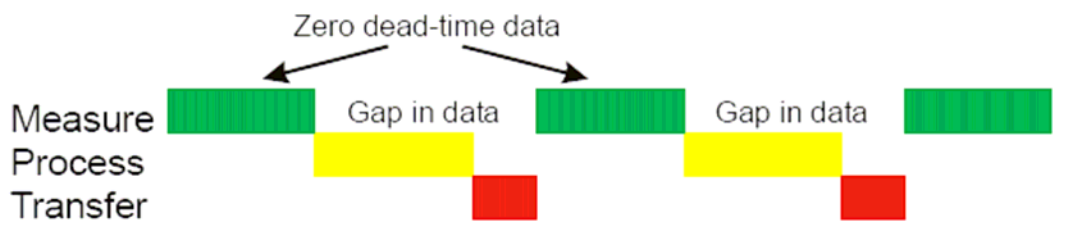
### B: 组测量

组测量模式就是用户设定特定的测量功能（如：频率）并通过控制器触发组测量序列。然后单独的测量结果会逐一被传输到内部存储器并进行存储，直到达到设定的采样值。达到设定的采样值以后，内部存储器中的内容将通过 **FETCH ARRAY** 命令被送入控制器。

在该种测量模式下，测量之间的静寂时间将会显著的减小，仅为  $4-8\mu s$ 。为了将静寂时间减至最小，用户可以采用以下措施如：关闭内插校准（**CAL: INT: AUTO OFF**）。为了达到最大的数据吞吐率，用户也可以关闭显示（**DISP:ENAB OFF**）并使用压缩数据格式（**FORM: PACK**）。

在使用上述组传输模式获取数据的过程中，用户在整组数据被接收之前无法看到单独的测量结果。当用户想要开始组测量时，可以通过相关软件实现控制。

CNT-90 的组测量过程是完全顺序的。首先测量并存储所有的组内数据到内部存储器，然后所有的组内测量数据被处理（计算和格式化），最后该组被传输到 PC。测量功能可以是任意的包含有静寂时间的标准功能（如：频率，周期，**Vp-p**）或者是原始时间标记功能（零静寂时间）。这便意味着即使单个组中的测量数据为零静寂测量数据，也会由于各输出数据组之间存在静寂时间，从而导致数据间隙。对于 CNT-90 来说。真正的零静寂时间测量数据最多为 750k 个采样点，超过 750k 就一定要有静寂时间。



### C: 零静寂时间单次测量

仅有 CNT-91 具有零静寂时间单次测量的功能，该功能即可以通过前面板操作来实现，也可以通过远程总线操作来实现。存在以下的三种预设定的测量模式。

Frequency back-to-back, Period back-to-back, 以及 TIE (time interval error)

频率或者周期背靠背模式中，在由测量时间设定所决定的间隔时间中，用户读取总的输入触发事件数目或者输入信号周期数 ( $N_i$ ) 以及测量总时间 ( $T_i$ )。当用户每次读到总事件和总时间信息时，都可以按照以下的公式求得频率和周期。

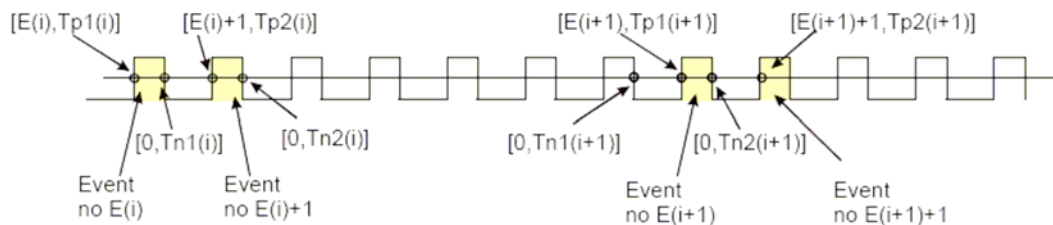
$$Freq(i) = \frac{N_i - N_{i-1}}{T_i - T_{i-1}} \quad Per(i) = \frac{T_i - T_{i-1}}{N_i - N_{i-1}} \quad TIE(i) = T_i - T_0 - \frac{N_i - N_0}{F_{REF}}$$

注意到频率值经常按照定义为测量时间段中每一秒的平均周期数。当对频率进行测量的时候，输入信号在进行时间标记之前已经除以 2，这也就意味着最小的频率测量时间为 2 个周期以上。周期背靠背以及 TIE 测量则没有输入除法器,所以测量时间为单次周期并且  $N_i = N_{i-1} + 1$ 。频率在约 250kHz 以下时，上述单一周期计算方式是成立的；当频率处于更高的频段，如 250kHz 到 160MHz 的时候，读数为平均背靠背周期。

### D: 零静寂时间组测量（原始时间标记数据）

CNT-91 和 CNT-91 均使用零静寂时间原始时间标记测量作为仅有的零静寂时间组测量

功能，该功能并不能从前面板处实现。通过 GPIB 或者 USB 总线用户可以设定测量组大小，选择调步时间（大于等于  $4\mu s$ ），以及开始进行时间标记测量（FUNC: TSTA）。该种模式将会存储累积的和时间标记的输入触发事件数，存储方式是以 4 个时间标记为一组。在存储过程中，任何输入信号的单次周期都不会被丢失，频率范围可达 160MHz。



$E(i)$ 是累积输入周期中的第  $i$  个采样点(输入 A 和输入 B 上 160MHz 以内的全部触发事件都将被计数并累积)。在负向触发沿处  $E(i)=0$ ，而在输入周期的正向触发沿则记录累积的输入周期数。

$Tp1(i)$ 为第一个正向触发事件的时间标记。

$Tp2(i)$ 为第二个正向触发事件的时间标记。

$Tn1(i)$ 为第一个负向触发事件的时间标记。

$Tn2(i)$ 为第二个负向触发事件的时间标记。

注意到第一个触发事件在调步时间以后发生，即有可能是正向的也有可能是负向的触发沿，因此 4 个时间标记的顺序则可能为：

正-负-正-负 或者 负-正-负-正

而确定具体时间标记顺序的方法，则在于对于事件数  $E(i)$ 加以分析：若  $E(i)$ 为 0 则此标记为负向触发沿，若  $E(i)$ 为一正整数则为正向触发沿。

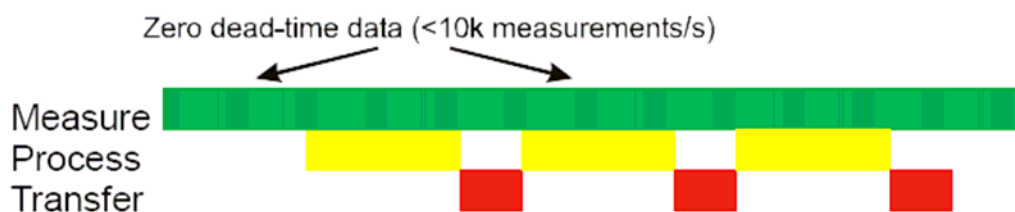
**CNT-91:** 除了 CNT-90 的原始时间标记模式以外，CNT-91 的零静寂时间组测量模式还包括频率和周期背靠背以及 TIE 测量。

正如普通的组序列测量一样，零静寂时间组测量可在一定时间内以最快的速度运行直到内部存储器（CNT-91 为 3.5M 个采样，CNT-90 为 750k 个采样）被填满。在下一组零静寂时间组测量数据被测量之前，内部存储器的内容将被读取和清除。

另一方面，CNT-91 同样能够进行无时间限制的零静寂时间数据“连续流”测量。正如下文所描述的那样：

## 2. 连续流输出模式

独特的 CNT-91 的输出模式以普通的组测量模式为基础，但却将内部存储器的数据存储，存储数据的处理以及输出数据三者结合起来进行并行处理。此外在 CNT-91 中测量组的大小是无限的。



正如下面所描述的那样，连续测量来源于两个概念，即“实时提取”和“覆盖模式”。

## 实时提取

该种功能从输入缓冲器的普通组测量数据中提取结果，而此时缓冲器依旧在运行。

所需要认真考虑的一个问题是：当测量过程尚未结束时，用户并不清楚实际能够提取的样本数为多大。因此，客户可以使用 `FETC: ARR? MAX` 命令（详见下）。

## 覆盖模式

当用户指定的总测量数据量比内部存储器容量更大时（>3.5M 的样本），就会用到该种模式。由于缓冲器被填满，所以旧的数据值将被新的数据值所覆盖。上述过程通过一种安全的方式（以及合理的测量速度）来实现从而对于实时提取是安全的，即：被覆盖的数据永远都不会是正在被提取的数据。

对于绝大多数的测量功能来说所采用的方法如下：记忆缓冲器被划分为六个块，每一块在任意时间都被用于特定的用途（被用作提取的数据块或者写入新数据的数据块）。根据需要，数据块的使用可以相互转化。

当提取速度和测量速度相差无几的时候，其工作原理与常规的循环缓冲器大致相同。但是当提取速度过慢或者用户停止测量的时候，缓冲器内存有大量未提取数据，其中总是存在一到两个数据块中存有最新的有效数据，即占有缓冲器容量的六分之一到三分之一（600k 到 1200k 的测量数据量）。

如果仪器的测量速度比其所能够处理的覆盖写模式速度要快，那样在结束时用户会在缓冲器中存有无效数据。其中绝大多数为无效的时间标记，但是也有可能是无效的测量结果。内部测试将会在上述情况发生时对其加以检测，退出测量并且在错误序列中写入 a-321 “存储错误（storage fault）”的记录，从而表示此时的缓冲器内容是不可信的（但是数据依旧可被提取）。

覆盖写模式的测量速度极限取决于很多的因素，包括如：有多快，以及用户以何种方式来实时提取数据。正是由于上述的这些原因，所以很难对于用户的测量速度给出一个固定的规则性建议。

目前，存在一个强制性的限制：在覆盖写模式中所使用的调步时间最小为  $50 \mu\text{s}$ ，不论实际的设置为多少。该设置是为了防止用户“堵塞”测量仪器。

实际的测试显示：在长时间的测量过程中，>10k Sa/s 的数据捕捉速率将会在某些采样点上导致无效的数据。为了安全起见，应设定大于  $100 \mu\text{s}$  的调步时间，并留有余量。某些需要复杂计算的测量，如相位，则需要比较为简单的测量（如：单次周期测量）更长的调步时间。

## 3. 全新的 SCPI 命令或在 CNT-91 中改变操作

### `FETCh: ARRay?<number of samples> | MAX` （仅 CNT-91）

当指定<number of samples>时，仪器将会等待直到指定数达到时再做出响应。当测量并未按照预想过程进行处理的时候，上述指令将导致仪器长时间等待。

当使用 MAX 参数的时候，仪器将会立即以目前尽可能多的采样值加以响应。响应的采样值的数量受到缓存中所保存的未提取样本数量和 `FORMAT: SMAX` 设定的限制。

错误：-230，“数据损坏或过时（Data corrupt and stale）”，当没有任何有效的样本可以从缓冲器中加以提取时将会产生上述信息。

错误：-224，“违规参数值（Illegal parameter）”，当用户所尝试提取的数量大于缓冲器中现存的样本数量的时候将会产生上述报错信息。当用户在缓冲器末端并已经提取完全部样



本时使用“MAX”参数也会出现上述报错信息。

### **ABORt**

当使用 ABORt 命令来中断测量过程时，不会使任何已完成的结果无效。这就意味着用户可以在退出之后提取部分测量结果。

### **FORMat:SMAX<number>**

该处的“number”为 4 到 10000 的任意整数。初始设定为 10000（不受\*RST 的影响）。该命令适用于对于大量数据读取存在困难的控制器和应用程序，但是究竟在何处需要执行 FETC: ARR? MAX 函数功能，则要取决于实际设置并使用。

### **FORMat:SMAX?**

当使用“MAX”参数的时候，仪器经常需要在一段可预计的时间内实施响应。实际的响应时间主要取决于响应的样本数目以及所使用的 FORMAT 设定（ASCii 格式较慢，REAL 格式较快而 PACKed 格式是最快的），并且在某种程度上也取决于实际的测量功能。

当最后一次可用的缓存器提取结束后又没有进行新的测量，则 FETC: ARR? MAX 将会给出“0 样本”的响应，即在 ASCii 格式下为一个空字符串，在 REAL 和 PACKed 格式下则为一个空二进制数据（“#10”）。

### **ARM: COUNT<number> | INFinity**

#### **ARM: COUNT?**

“INF”参数仅 CNT-91 可用。该参数将会导致无限连续的待命回路。（注意：在没有执行任何 abort 操作大约 107 天之后，时间标记的计数器将会溢出。因此必须在软件应用中设定相关的保护措施，尤其是在仪器需要连续运行时间大于 3 个月的时候。）

当设定 INFinity 参数时，问题的响应为“INF”（无引用的例子）。

### **Talker Only 模式**

为了转换到 talker only 模式：

### **SYSTem: TALKonlyON**

如此设定之后 CNT-91 将永远采用 talker 模式，并且也不会接收任何通过同步交换线路传输的控制器指令，同时也不存在可用指令“SYST: TALK OFF”。一旦用户对计数器发送命令 SYST: TALK ON，则 CNT-91 将不再响应通过 GPIB 接口数据线传输的普通指令。

为了关闭 talker only 模式，客户可以使用前面板上的 CANCEL (C) 键或者通过 GPIB 发送 Interface Clear (IFC) 命令。

为了更好的实现高速的 talker only 模式，有以下的补充设定：

DISPlay: ENABle OFF

FORMat REAL or FORMat PACKed

ARM: COUNT 1

TRIGger: COUNT 1

INIT: CONT ON

测量功能可为任意功能，除了：



时间平均（灵巧计算）

频率（灵巧计算）

时间间隔（灵巧计算）

时间标记

电压

累计

这也就意味着频率的背靠背和周期的背靠背是可以作为测量功能的。但是此时“灵巧”频率测量功能是不可用的，该功能通过适用于多个时间标记数据的回归线来改善测量的基本分辨率。想要了解更多的情况，可参看文章“对于现代频率计数原则的改进方法”，该文章可通过网站 [www.pendulum-instruments.com](http://www.pendulum-instruments.com) 下载。