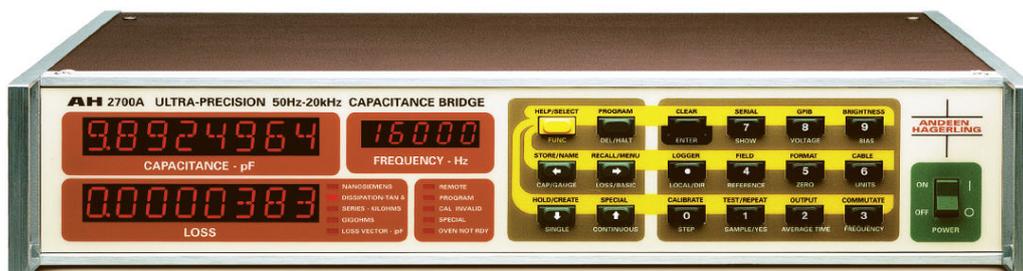


AH-2700A 全世界最准确的 50Hz-20KHz 电容电桥/损耗电桥



AH 2700A
50Hz-20kHz
Ultra-precision
Capacitance Bridge



AH-2700A 以其最先进的独特技术，在稳定度，分辨率，线性度和准确度方面成为世界上最优秀的多频电容电桥和损耗电桥。它的这些优点正在帮助从计量，科学研究到工程技术和工业生产各个领域的顾客不断开创出新的应用。

主要指标

频率：在 50Hz 到 20KHz 范围内共有 33 个频率测点（标配），如果采用选项 C，则频率在 50Hz 到 20KHz 范围内连续可变。

在关键频率点的测量指标

频率	准确度	稳定性	温度系数	分辨率
KHz	ppm	ppm/year	ppm/摄氏度	aF/ppm
0.1	±9	<±1.9	±0.07	16/0.8
1	±5	<±1.0	±0.035	0.8/0.16
10	±11	<±1.9	±0.07	2.4/0.5

- 1 测量极低损耗： $< 1.5 \times 10^{-8} \tan \delta$ （损耗因子）， $< 3 \times 10^{-16}$ 西门子（电导），或 $> 1.7 \times 10^{15}$ 欧姆
- 2 测量速度：0.4 秒/第一次全精度扫描 0.03 秒/同一样品的重复测量
- 3 测量范围：0.1aF—1.5 μ F
- 4 NIST 溯源
- 5 自动内部校正
- 6 监测校准到期日和温度状态
- 7 偏差模式快速模拟输出
- 8 连续的频率（选项 C）可用
- 9 在传统的折合模式下，同步抑制几乎消除了所有与线路相关的干扰（检测信号逆转）
- 10 负电容和损失范围 考虑到不同寻常的 DUT(待测器件-device under test) 或者三个终端网络，允许测量副值

- 11 3个终端同轴电缆接插件连接点，最小化接头成本和电缆的数目
- 12 IEEE-488 GPIB and IEEE-1174 serial系列接口包括在内，遥控器件可以作为控制器或记录仪
- 13 可编程，可以消除外接控制器的需要
- 14 大而且可变亮度显示，8位用于电容和损耗，5位用于频率
- 15 零校正测试夹具和电容，损耗
- 16 外偏置直流，可用于±100伏
- 17 外部触发能力
- 18 在外部给电和命令下可进行自我检测诊断
- 19 自动测试
- 20 3年保修

基本设计

AH2700A在中高阻抗范围内测量电容和损耗，因此它允许用3个终端而不是5个终端的对DUT的联系。它无可比拟的精确度是，40年桥设计和生产的顶点也就是独特的设计好比率的变压器的结果。同等重要的是，独特的温度控制和熔硅电容标准使它允许想高的测量稳定性，和对机械冲击的免疫力。这些元素组成了一个真实的可以在50 Hz - 20 kHz运行的桥，它可以 独立的确切的测试频率下给出电容损耗结果。

测量功能

单位

电容的单位是皮法，损耗的单位是微西门子，损耗因子，串联电阻，并联电阻中可选的。

DC偏置

在外置DC偏置电压下，一个转接头可以提供。AH2700A可以把电压转换给DUT，通过用户可选择的在仪器上的电阻

桥平衡时间

对一个以前从来没有测过的DUT来说，测试时间少于0.4秒，然而对于接下来的一次，测试的平均时间会少于30毫秒。。。。

速度Vs分辨率

可用的分辨率是由花费在平均输出噪声的时间来基本决定的。在分辨力和测量速度的可选因素是28毫秒到20分钟。。。

电感测量

AH2700A可以测试负的电容值。一个获得负的电容值读法的方法是测电感。

电感对负电容的反应可以通过 $L = -1/\omega^2 C$ 。任何在420uh以上的电感都能被测量。AH2700A，由于它内在的熔硅参考电容比其他的电感要完美的多，能做出相当准确的测量。

显示结果

结果可以显示在前置的8位LED屏上，亮度可调。结果输入到远程器件

同步抑制

一种新的可选交流已经由AH发展并专利了。它能抑制电源线相关的噪声，系数大概在50db。这个就允许AH2700A在它的行频或谐波附近运行。同步抑制使我们能够提供一个持续频率的版本的AH2700A。

标准箱

温控设备一般在电源开通下15分钟后就变得稳定。当烤炉不稳定或环境温度对稳定来说太极端，LED屏会闪烁。

检测电压

提供给DUT的最大电压是可选的从0.3mv到15v。。。。实际提供给AH2700A的最大电压比可选的最大要少的多

零校正

杂散电容和损耗在电容和损耗的测试中同步发生。杂散的值可以通过提前测量的结果或使用者提供的数值来得出，用来校正报告的数值。杂散损耗，在损耗被测的同时被校正了。不管损耗单位是否被使用都会发生。这个比做一个简单减法的偏差测量更多的参与。(AH2700A没有显著的零偏移)。

模拟输出

用电容或电感模拟输出可以研究快速变化的电容和损耗。一定要指出模拟输出电容和电感的上下限。一旦开始，2个输出都会跟随改变的DUT。这些输出会在4.2KHZ有个频率响应。

偏差测量

结果可以是以一种差异或者对电容，损耗或者两者都有的设置点值的形式提供。这个设置点值可以是提前测量值或者使用者提供的值。

测量启动

单一测量是由前面的案板按键，外部的触发脉冲，从IEEE-1174串行或IEEE-488口或来自IEEE-488总线的一组执行触发来启动的。测量可以在一次读完成和下次的开始之间的可选延迟时间内持续进行。延迟时间在0到几小时，以0.01秒递进。

电缆长度校正

AH2700A所使用的方法经常能使有连接仪器到DUT的电缆对所产生的错误小到可以忽略。然而电缆电容和电感可以降低在高频和高电容下电容测量的准确度。类似，电缆电阻可以降低在高频和高电容下损耗测量的准确度。在这些情况中，电缆对每米的电阻，电容和电感，电缆对的长度都可以输入到仪器中。AH2700A自动减少这些错误。

测量错误

测量错误可以通过一串的英文错误信息（或者，错误代码）。另外，会有其他命令和状态信息报告。

校准

一套独特的校准技术允许内部精准组件和微处理器控制的内部温度控制来比较。AH2700A也提供外来标准的校准。为了防止未经授权的校准，一个密码（仅仪器的经理可以改变）在校准之前的使用时必须输入的。

校准截止日期检测

使用者可以输入一个截止日期到AH2700A里和单独的电容校准。如果其中的一个日期通过了，那么CALINVALID LED的灯就会闪和在你每次测试的时候一个警告信息就会出来报告。内置烤箱的温度和DAC都是一样的。

自检测

电源打开或者使用者自检测检测显微镜区域，变压器比率臂开关，D/A转换器，A/D转换器。特殊的电路允许多次的自我检测。

系统接口

IEEE-1174

IEEE-1174的标准串联接口允许对电脑，猫，打印或视频终端的简单操作。

IEEE-488

AH2700A可在GPIB控制器或者在“TALK ONLY”模式下对打印机或数据接收器发送数据。

IEEE-488和IEEE-1174的设置

开关接口例子

数据格式

友好命令

AH2700A的应用例子

- 1 1级或2级计量标准传递
- 2 燃料传感器校准
- 3 超低温测试
- 4 任何一种材料，尤其是金属，也包括非金属的热膨胀系数测量
- 5 晶状结构进行辐射测量和辐射减少非金属的变化
- 6 快速，准确，直接的湿度测量
- 7 金属或电介质的厚度的测量
- 8 液体和蒸汽的浓度的精密测量
- 9 交流电阻测量
- 10 制冷剂中污染物的测量？
- 11 超微小位移，形变或应变测量（非常小，不到可见光波长的百万分之一）
- 12 研究开发和生产测试用的电容或损耗传感器
- 13 质量测定和任何物质（固体，液体，气体）的特性测试。存在的污染水是特别容易被检测到的。详情参见。。。
- 14 监控化学反应
- 15 应用涉及电容和电感微小变化的测量。AH2700A非常擅长这些，它有非常高的分辨率和稳定性
- 16 取代电容性传感器，获得超高灵敏度测量
- 17 压力测量，范围从高真空到高压
- 18 非常高的压力表使用固体电介质电容器（专利号3787764）

除了校准，AH2700A有许多其他可能的用法

许多技术人员第一次学习AH2700A的反应是：这是一个令人印象非常深刻的工具，但是我们觉得在我们的工作中不需要这么高的精度。另外，这种精度的

测量肯定是非常困难的。如果说在没有引入最开始的AH2500A的时候，这种对待高精度测量的态度是公正的。以前，商业上使用的仪器室手动的，要求熟练的人员花几分钟来平衡桥，而且由于使用了大量的开放式开关，很容易犯错误。远远没有AH2700A稳定。在校准或者研究院之外，没有看到这些的重要使用一点也不惊奇。

今天，使用了AH2700A以后，令人难以置信的对高电容和损毁电桥测量的便利程度，需要重新审视一下以前的态度。AH2700A允许全自动操作，完全不需要人手。

它可以在很广的温度范围内保持它的精度，而且它对机械冲击的免疫使它可以在工厂车间或者便携式现场使用。

把AH2700A应用于多产的任务需要有一个合适的传感器。这就是可能了令人兴奋的，因为电容传感器在所有传感器中理论上最精确的。理由如下：

一个完美的电容器不会消散能量。因此，相对较高的电压能够提供给传感器却不会产生一点热量。电压越高，信噪比越好。相反，所有的电阻传感器在测量时候都会消散能量。

一个完美的电容器不会产生噪音。电阻总是被热噪声限制的，当然也受其他噪声的影响。

一个完美的电容器和提供的电压是线性的。大多数的电阻至少是轻微的非线性。。而其他感应因素通常说是非常的非线性。

真正实用的电容器可以被制造的高度完美。

随温度变化的小电容可以被制造的非常小而且非常线性。其他因素，比如电阻，需要补偿计划造成他们在一个狭窄的温度范围内有低温系数，但是在一个高的多的范围内，非线性变化的范围更广。

这些特性允许建立一个简单但是精密度很高的电容传感器，基于一些条件等等。这种传感器也可基于介绍的一种未知厚度，大小，形状，位置的导电材料或者任何进入活跃领域的电容器。如果进入活跃领域的材料是很好的绝缘介质，那么绝缘介质常数和物质的损耗都可得到。这是一种观察化学变化，检测污染物等以及在非常广的非金属领域使用的方法。

规格简介

桥平衡模式

在传统的运作模式中，AH2700A的运作就像是一座真正的桥梁。它会平衡校准，高精度，相对于DUT的内部桥梁网络。平衡过程要求对桥做出系列的调整，来让桥达到一种真正的接近平衡的状态。这个过程平衡DUT会允许计算出最重要的6位或7位数字电容结果。然而，由于精度要求，延迟一些开关来减慢测量速度的做法是可取的。

通过一个高增益放大器（前置）连接过桥来检测桥的不平衡程度。平衡过程中最大程度的减少前置的输出信号，但留下了残余信号。这是数字化的残余和矩阵相乘获得2个或3个最重要的数字电容和损耗的结果。这种传统的运作模式被称为桥平衡模式（BBM）在这种模式下，用户访问不到剩余的放大器的不平衡信号。

偏差模式和模拟输出

一种新的运作模式已经加入了AH2700A，即所谓的偏差模式。在这种模式

下,用户可以获得在放大器那里的不平衡的处理信号。在偏差模式的开始阶段(开发模式)的测量,桥是第一个就像BBM里,对电容和损耗值做出和DUT里接近的设置。桥可以用来精确的测量这些值,或者它们可以被手动输入。这对值被称为桥平衡点(BBP)。一旦开发模式测量开始,BBP在测量中一直固定不变。

从前置放大器得来的不平衡信号现在代表了电容偏差和从BBP来的DUT的损耗。信号以50098样本/秒的时间数字化,和矩阵相乘以一个DSP将它转化成两个实时数据流,代表了电容和损耗偏差。从这角度看,两个偏差数据流每个分成2个分支。一个分支去了数字对来模拟变压器(DAC)在仪器的板上产生2个模拟电压,用来响应电容和损耗偏差信号。其他分支是用来制造字母结果发送到前面板,也可能发送到串行和/或GPIB端口。

桥模式说明:

符号: 这些说明是基于DUT作为电阻和电容串联或并联的模型分组的

并联:

C 是测量电容的值,以pF计。也可以用aF或者uF。

G 是测量的损耗的值,作为电导用nS表达

D 是测量的损耗的值,以耗散因数表达。D没有单位。

R_p 是测量的损耗的值,以并联电阻表达,

G/ω 是测量的损耗的值

串联:

C_s 是测量的串联的电容的值

R_s 是测量的损耗的值,以串联电阻计

混连:

f 频率

$$\omega = 2\pi f$$

t 测量时间

V 提供给DUT的AC测试信号电压。上限是0.3mV到15V之间。

ppm 百万分之一

概要:

公式就是对于准确度,线性度,稳定度,分辨力和温度系数的不确定性给出了绝对的而不是统计的不确定度。绝对的不确定度是传统的最通用的。AH对于在保修期内的AH2700A的重复测量失误超出了这些不确定度的话,保证予以维修。公式可以估算出特定的电容,测试电压和测量时间。除了绝对分辨力, G/ω 和G用一样的公式。只有分辨力的表达包含了测量时间。然而,其他的不确定表达式假设测量时间足够长,所以这些不确定度不受分辨力说明的限制。换句话说,如果测量时间设置的太短了的话,准确度是被分辨力限制着而不是准确性的表达。

很多的表达包括来自电缆的错误贡献效应。这电缆被假设为1m长的电缆为AH-DCOAX/TP。有1或2电缆错误贡献组存在,他们可以被一对{}标记。这对会

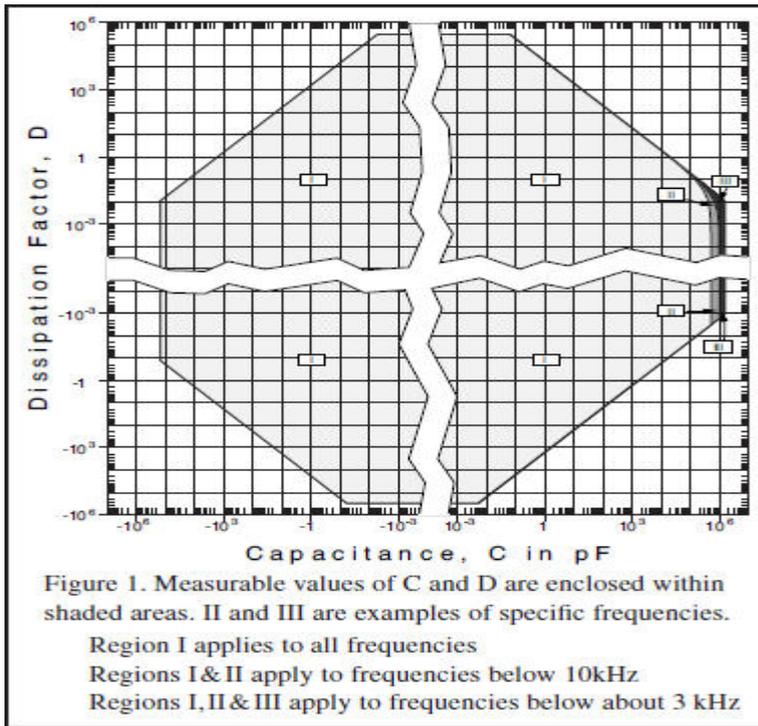
在双对带子的中间。

大多数的不确定度可以通过直接的数据统计的电容，损耗和电压估算出来，就像可以从AH2700A上直接读出来一样。这仪器会在标记的上面的区域报告出这些值。一些要求耗散因数，D，如果不是直接可用，可以通过如下的计算出来：

$$D = G / \omega C$$

$$D = 1 / \omega C R_p$$

$$D = \omega C_s R_s \times 10^{-6}$$



对于低值的电容和损耗，用户可以设置的最大允许测试电压可以被确定性表达式的每一个出现的V取代。对于较大数值的电容和损耗，如果电压值不是从一个测量结果得出来的，由AH2700A自动选出来的值一定要经过AC测试信号电压的决定。以下公式可能用到C和G的单位的变化的。

D: use $G = \omega C D$

R_p $G = 1 / R_p$

R_s $G = \omega C_s D / (1 + D^2)$

C_s $C = C_s / (1 + D^2)$

对不确定度表达式的等高线的设置对于有要求的AH2700A均可用。准确度，稳定性，线性和分辨力说明假设在可操作的温度范围内实现内部自动校准。所有的说明都是对电容和损耗的正值有效。

范围:

Parallel: C: $-0.0016/D \mu\text{F}$ to $+10/(f+D/0.0019) \mu\text{F}$
 for $3 \times 10^5 \geq D \geq 0.01$
 $-0.15 \mu\text{F}$ to the lesser of $+1.5 \mu\text{F}$
 or $+10/(f+D/0.0019) \mu\text{F}$ for $-0.001 \leq D < 0.01$
 $-0.15 \mu\text{F}$ to $+0.0016/|D| \mu\text{F}$ for $-0.1 \leq D < -0.001$
 $-0.019/|D| \mu\text{F}$ to $+0.0016/|D| \mu\text{F}$ for $-3 \times 10^5 \leq D < -0.1$
 The capacitance range is also graphed in Figure 1.

G: See Table 1.

D: See Figure 1 and the equations for C above.

R_p: $-8 \times 10^{-5} \text{ G}\Omega$ to $-1.7 \times 10^6 \text{ G}\Omega$
 and $+8 \times 10^{-6} \text{ G}\Omega$ to $+1.7 \times 10^6 \text{ G}\Omega$ @ 1 kHz

Series: C_S: See Figure 2 for the range at 1kHz.

R_S: See Figure 2 for the range at 1kHz.

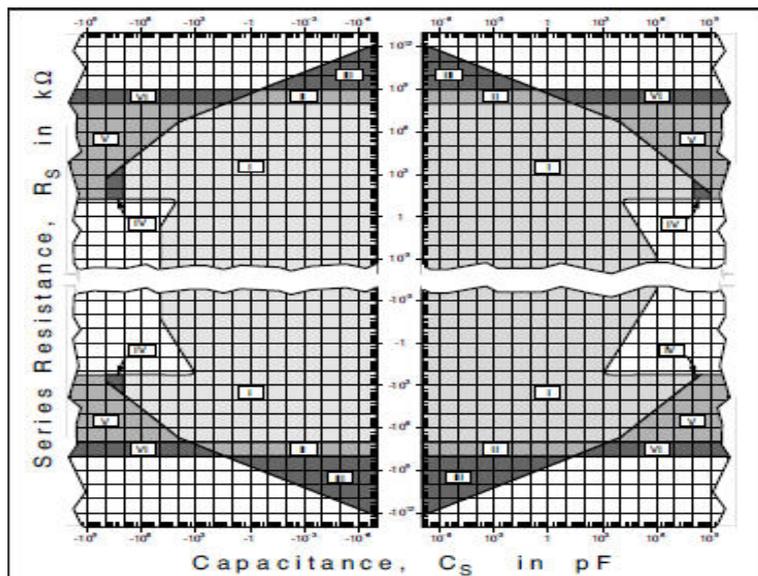


Figure 2. The values of C_S and R_S are measurable in the six shaded regions. In five of these regions, one or both of the measured values are too large to report on the AH2700A's display. In three of these five regions, one or both values are also too large to send to any remote devices. The table below shows what can be reported in each region. A "Display" entry means that the result can be shown on the instrument's display. A "Remotes" entry means that the result can be reported to an IEEE-1174 or IEEE-488 device.

	C_S	R_S
I	Display & Remotes	Display & Remotes
II	Display & Remotes	Remotes only
III	Display & Remotes	Neither
IV	Remotes only	Display & Remotes
V	Neither	Display & Remotes
VI	Neither	Remotes only

前置板显示限制: (前置板显示可能进一步限制电容和损耗的范围和分辨力)

电容: 0.1Af

损耗: 10^{-7} nS是最好的电导分辨力, 10^{-7} 是最好的耗散分辨力, 10^{-7} 是最好

的并联电阻分辨力, 10^{-7} 是最好的串联电阻分辨力。

远程设备报告的局限性:

电容: 0.01Af

损耗: 10^{-8} nS是最好的电导分辨力, 10^{-8} 是最好的耗散分辨力, 10^{-8} 是最好

的并联电阻分辨力, 10^{-7} 是最好的串联电阻分辨力。

频率: 50-20KHz

对电源线电压中变化的敏感性

电容: 线压中每1%变化, 0.002ppm

损耗: 不可测量

DC 偏压

AC测试信号电压: 对分辨力是0.1%的电压, 在0.3mV和15V之间都可以输入。

对一个给定的电压可用的范围在Table 1线上有下一个最大电压。AH2700A会自动选用比用户选定电压小的或者桌面上列出的最高的电压就是提供足够范围来测量DUT的电容和损耗。列出的电压有+5%的浮动。

温度范围:

操作范围: 0-45 °C

贮存范围: -40-+75 °C

湿度:

操作: 非凝结, 0—85%相对湿度

贮存: 非凝结, 0—60%相对湿度

电源要求:

25w, 48-440hz,85-115,102-138,187-253,204-276

包装:

仪器是3.5英寸(8.9cm)高, 15英寸(38.1cm)深在前置板后。。。。。。支架安装的硬件和台顶使用的保证书可以提供。

重量: 8.2KG

安全和EMC认证

专利:

保证书: AH2700A 3年有效的保修期。在前三个月的保修期内, 转运和返运都包含在内

说明: 说明书可以在没有预先通告的情况下改变。

TABLE 1 f>1kHz情况下，电压和电导范围

Limit	Capacitance range	Range of G; f is in kHz	A _T	A _C
15.00 V	-11 to +110 pF	-0.8f to +8f nS	0	0
7.50 V	-22 to +220 pF	-1.6f to +16f nS	0	0
3.00 V	-55 to +550 pF	-4f to +40f nS	0	0
1.50 V	-110 to +1100 pF	-8f to +80f nS	0	0
0.750 V	-220 to +2200 pF	-16f to +160f nS	0	0
0.250 V	-660 to +6600 pF	-48f to +480f nS	0	0
0.100 V	-1650 to +16,500 pF	-120f to +1200f nS	5	0.01
0.030 V	-5500 to +55,000 pF	-400f to +4000f nS	10	0.03
0.010 V	-16,500 to +165,000 pF	-1200f to +12,000f nS	15	0.1
0.003 V	-55,000 to +550,000 pF	-4000f to +40,000f nS	20	0.3
0.001 V	-165,000 to +1650,000 pF	-12,000f to +120,000f nS	30	1

绝对单位下的分辨力：

Parallel:

$$C: \left\{ \frac{C}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] + \frac{n_v C}{V} + \frac{50G}{\omega} + (1 + 10A_c) \frac{f^2 C}{500} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\} \times 10^{-6} \text{ pF}$$

$$G: \left\{ 50G + \omega \left[\frac{C}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right) + \frac{n_v C}{V} + 8 \times 10^{-6} f C^2 + (3 + 50A_c) \frac{f C}{50} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] \right\} \times 10^{-6} \text{ nS}$$

Divide result by ω to get absolute resolution for G/ ω

$$D: \left\{ (1 + D^2)^{1/2} \left[50D + \frac{1}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{CV} \left(4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right) + \frac{n_v}{V} + 8 \times 10^{-6} f C + (3 + 50A_c) \frac{f}{50} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] \right\} \times 10^{-6}$$

$$R_p: \left\{ 50R_p + \omega R_p^2 \left[\frac{C}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right) + \frac{n_v C}{V} + 8 \times 10^{-6} f C^2 + (3 + 50A_c) \frac{f C}{50} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] \right\} \times 10^{-6} \text{ G}\Omega$$

Series:

$$C_s: \left\{ \frac{C_s}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] (1 + D^2) + \frac{n_v C_s}{V} + 50DC_s + (1 + 10A_c) \frac{f^2 C_s}{500} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\} \times 10^{-6} \text{ pF}$$

$$R_s: \left\{ 50R_s + 1.3 + \frac{R_s}{D} \left[\frac{1}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{C_s V} \left(4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right) (1 + D^2) + \frac{n_v}{V} + (3 + 50A_c) \frac{f}{50} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] \right\} \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

分辨力 ppm

Parallel:

$$C: \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{CV} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] + \frac{n_v}{V} + 50D + (1 + 10A_c) \frac{f^2}{500} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right]$$

$$G: 50 + \frac{\omega}{G} \left\{ \frac{C}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] + \frac{n_v C}{V} + 8 \times 10^{-6} f C^2 + (3 + 50A_c) \frac{fC}{50} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\}$$

$$D: \frac{(1 + D^2)^{1/2}}{D} \left\{ 50D + \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{CV} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] + \frac{n_v}{V} + 8 \times 10^{-6} fC + (3 + 50A_c) \frac{f}{50} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\}$$

$$R_p: 50 + \omega R_p \left\{ \frac{C}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] + \frac{n_v C}{V} + 8 \times 10^{-6} f C^2 + (3 + 50A_c) \frac{fC}{50} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\}$$

Series:

$$C_S: \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{C_s V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] (1 + D^2) + \frac{n_v}{V} + 50D + (1 + 10A_c) \frac{f^2}{500} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right]$$

$$R_S: 50 + \frac{1.3}{R_s} + \frac{1}{D} \left\{ \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{C_s V} \left[4 + \frac{1}{f} + 5n_c \right] (1 + D^2) + \frac{n_v}{V} + (3 + 50A_c) \frac{f}{50} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] \right\}$$

非线性 ppm

Parallel:

$$C: \pm \left\{ \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{CV} \left[4 + \frac{1}{f} \right] + 50D + \frac{f^2}{200} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] + \{ 1.5 \times 10^{-6} f^{2.5} C \} \right\}$$

$$G: \pm \left\{ 50 + \frac{\omega}{G} \left[\frac{C}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 8 \times 10^{-6} f C^2 + \frac{fC}{6} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] + \left\{ \frac{1.2 \times 10^{-4} \omega f C^2}{G} \right\} \right\}$$

$$D: \pm \left\{ \frac{(1 + D^2)^{1/2}}{D} \left[50D + \frac{1}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{CV} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 8 \times 10^{-6} fC + \frac{f}{6} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] + \left\{ \frac{(1 + D^2)^{1/2}}{D} [1.2 \times 10^{-4} fC] \right\} \right\}$$

$$R_p: \pm \left\{ 50 + \omega R_p \left[\frac{C}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 8 \times 10^{-6} f C^2 + \frac{fC}{6} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] + \{ 1.2 \times 10^{-4} \omega f R_p C^2 \} \right\}$$

Series:

$$C_S: \pm \left\{ \frac{1}{20} \left[2 + \frac{1}{f} \right] + \frac{1.5}{C_s V} \left[4 + \frac{1}{f} \right] (1 + D^2) + 50D + \frac{f^2}{200} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] + \{ 1.5 \times 10^{-6} f^{2.5} C \} \right\}$$

$$R_S: \pm \left\{ 50 + \frac{1.3}{R_s} + \frac{1}{D} \left[\frac{1}{20} \left(2 + \frac{1}{f} \right) + \frac{1.5}{C_s V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) (1 + D^2) + \frac{f}{6} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) \right] + \left\{ \frac{20}{R_s} \right\} \right\}$$

校正下的准确度 ppm

Parallel:

$$C: \pm \left\{ \frac{1}{2} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + \frac{1.5}{CV} \left[4 + \frac{1}{f} \right] + 200D + \frac{f^2}{100} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] + A_T \left[f + \frac{1}{f} \right] + \left\{ 3 \times 10^{-6} f^{2.5} C + \frac{f^2}{4C} \right\} \right\} \quad A_T \text{ is found in Table 1.}$$

$$G: \pm \left\{ 200 + \frac{\omega}{G} \left[\frac{C}{2} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + \frac{fC^2}{3300} + \frac{fC}{3} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) + A_T C \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \left\{ \frac{\omega f}{G} \left[2 \times 10^{-4} C^2 + \frac{f}{4} \right] \right\} \right\}$$

$$D: \pm \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2}}{D} \left[200D + \frac{1}{2} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1.5}{CV} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + \frac{fC}{3300} + \frac{f}{3} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) + A_T \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2} f}{D} \left[2 \times 10^{-4} C + \frac{f}{4C} \right] \right\} \right\}$$

$$R_p: \pm \left\{ 200 + \omega R_p \left[\frac{C}{2} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1.5}{V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + \frac{fC^2}{3300} + \frac{fC}{3} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) + A_T C \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \left\{ \omega R_p f \left[2 \times 10^{-4} C^2 + \frac{f}{4} \right] \right\} \right\}$$

Series:

$$C_S: \pm \left\{ \frac{1}{2} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + \frac{1.5}{C_s V} \left[4 + \frac{1}{f} \right] (1+D^2) + 200D + \frac{f^2}{100} \left[1 + \frac{1700}{200 + CV} \right] + A_T \left[f + \frac{1}{f} \right] + \left\{ 3 \times 10^{-6} f^{2.5} C + \frac{f^2(1+D^2)}{4C_s} \right\} \right\}$$

$$R_S: \pm \left\{ 200 + \frac{50}{R_s} + \frac{1}{D} \left[\frac{1}{2} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1.5}{C_s V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) (1+D^2) + \frac{f}{3} \left(1 + \frac{1700}{200 + CV} \right) + A_T \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \left\{ \frac{30}{R_s} + \frac{f^2(1+D^2)}{4DC_s} \right\} \right\}$$

每年的稳定性 ppm

Parallel:

$$C: \pm \left\{ \frac{1}{10} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + \frac{1}{2CV} \left[4 + \frac{1}{f} \right] + 30D + \left\{ 10^{-6} f^{2.5} C + \frac{f^2}{20C} \right\} \right\}$$

$$G: \pm \left\{ 30 + \frac{\omega}{G} \left[\frac{C}{10} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1}{2V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 5 \times 10^{-5} f C^2 \right] + \left\{ \frac{\omega f}{G} \left[3 \times 10^{-5} C^2 + \frac{f}{20} \right] \right\} \right\}$$

$$D: \pm \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2}}{D} \left[30D + \frac{1}{10} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1}{2CV} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 5 \times 10^{-5} f C \right] + \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2} f}{D} \left[3 \times 10^{-5} C + \frac{f}{20C} \right] \right\} \right\}$$

$$R_p: \pm \left\{ 30 + \omega R_p \left[\frac{C}{10} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1}{2V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) + 5 \times 10^{-5} f C^2 \right] + \left\{ \omega R_p f \left[3 \times 10^{-5} C^2 + \frac{f}{20} \right] \right\} \right\}$$

Series:

$$C_S: \pm \left\{ \frac{1}{10} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + \frac{1}{2C_s V} \left[4 + \frac{1}{f} \right] (1+D^2) + 30D + \left\{ 10^{-6} f^{2.5} C + \frac{f^2(1+D^2)}{20C_s} \right\} \right\}$$

$$R_S: \pm \left\{ 30 + \frac{8}{R_s} + \frac{1}{D} \left[\frac{1}{10} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{1}{2C_s V} \left(4 + \frac{1}{f} \right) (1+D^2) \right] + \left\{ \frac{5}{R_s} + \frac{f^2(1+D^2)}{20DC_s} \right\} \right\}$$

在一定温度下温度系数的相关变化 ppm/ °C

Parallel:

$$C: \pm \left\{ \frac{1}{400} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + 20D + \frac{A_T}{33} \left[f + \frac{1}{f} \right] + \frac{200}{2 + 6CV(2 + 1/f)} + \left\{ 10^{-7} f^{2.5} C + \frac{f^2}{100C} \right\} \right\}$$

$$G: \pm \left\{ 20 + \frac{\omega C}{G} \left[\frac{3}{400} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + 3 \times 10^{-6} f C + \frac{A_T}{33} \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \frac{400}{4 + VG(2 + 1/f)/\omega} + \left\{ \frac{\omega f}{G} \left[2 \times 10^{-6} C^2 + \frac{f}{100} \right] \right\} \right\}$$

$$D: \pm \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2}}{D} \left[20D + \frac{3}{400} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + 3 \times 10^{-6} f C + \frac{A_T}{33} \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \frac{200}{2 + 6CV(2 + 1/f)} + \frac{400}{4 + CVD(2 + 1/f)} + \left\{ \frac{(1+D^2)^{1/2} f}{D} \left[2 \times 10^{-6} C + \frac{f}{100C} \right] \right\} \right\}$$

$$R_p: \pm \left\{ 20 + \omega C R_p \left[\frac{3}{400} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + 3 \times 10^{-6} f C + \frac{A_T}{33} \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \frac{400}{4 + V(2 + 1/f)/\omega R_p} + \left\{ \omega R_p f \left[2 \times 10^{-6} C^2 + \frac{f}{100} \right] \right\} \right\}$$

Series:

$$C_s: \pm \left\{ \frac{1}{400} \left[8 + \frac{1}{f} + f \right] + 20D + \frac{A_T}{33} \left[f + \frac{1}{f} \right] + \frac{200}{2 + 6C_s V(2 + 1/f)/(1 + D^2)} + \left\{ 10^{-7} f^{2.5} C + \frac{f^2(1 + D^2)}{100C_s} \right\} \right\}$$

$$R_s: \pm \left\{ 20 + \frac{0.5}{R_s} + \frac{1}{D} \left[\frac{3}{400} \left(2 + \frac{1}{f} + f \right) + \frac{A_T}{33} \left(f + \frac{1}{f} \right) \right] + \frac{400}{4 + C_s V D(2 + 1/f)/(1 + D^2)} + \left\{ \frac{0.3}{R_s} + \frac{f^2(1 + D^2)}{100D C_s} \right\} \right\}$$

where A_T is found in Table 1.

图文并茂的说明桥模式选择

规格VS频率

10到12页上有10个图片，分别有频率对应下的准确度，分辨力 (ppm)，非线性，稳定性和温度系数说明。除了那个耗散的等式是多乘了个D，其他的线都是由前三页的公式推导出来的。每一段都对应着不同电容值的刻度。这些电容值包括1fF到1mF。这段展示了这个说明可以使对10pF到1nF可以使最好的，也可以使最坏的。这些片段假设了有好质量的低扩散因数的DUT的电容。每一个用可能最大的电压标记。

准确度VS C和损耗

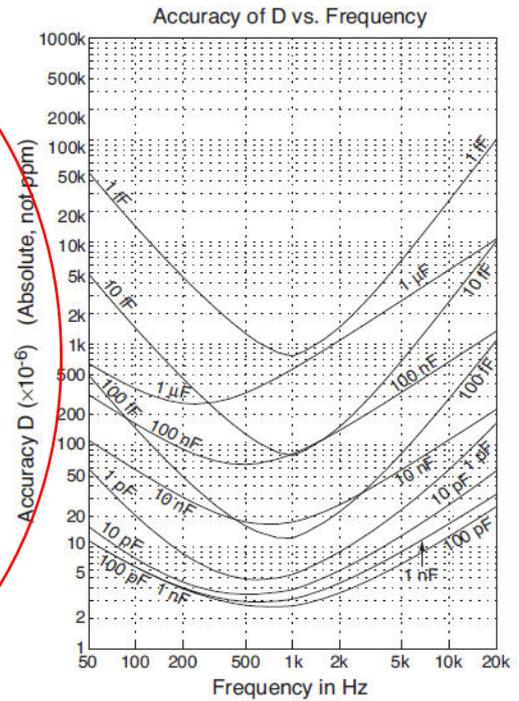
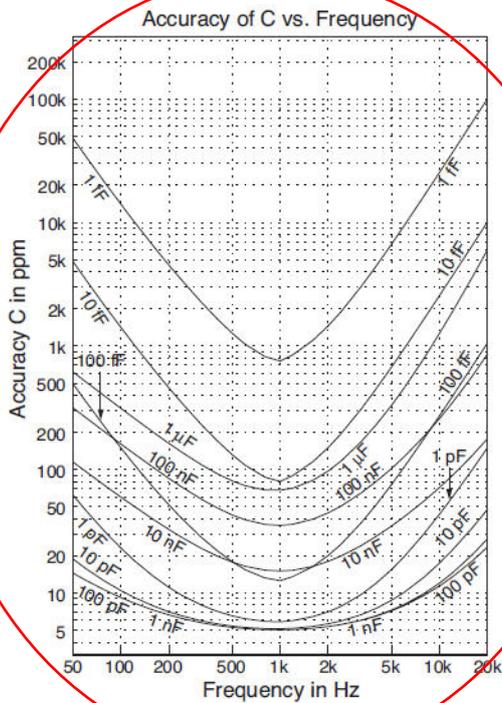
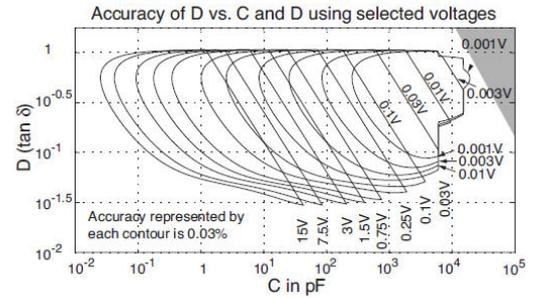
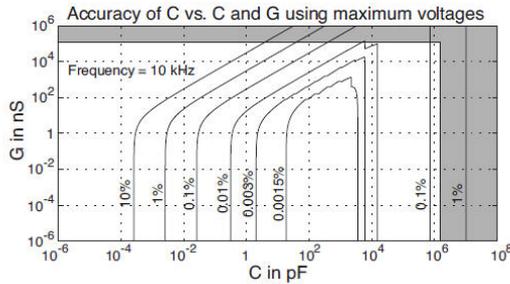
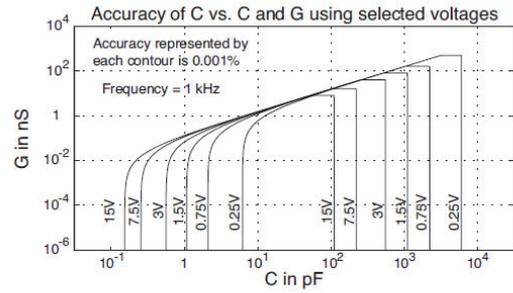
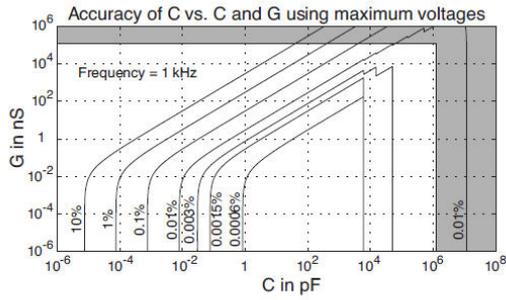
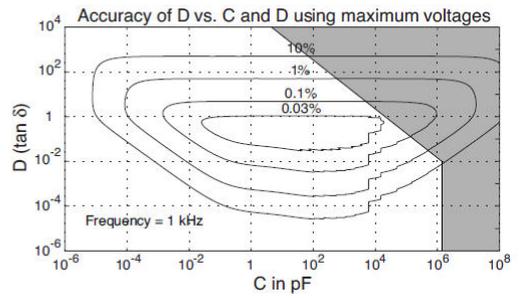
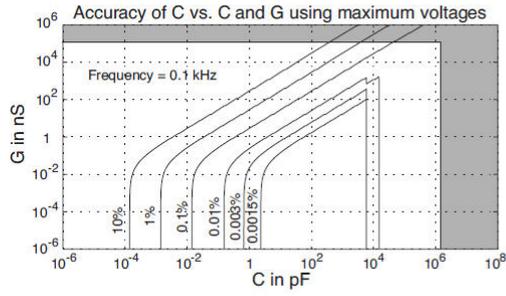
在本页和下页有6个图。左边三端的图展示了电容准确度和C和电感的对应。这三段的第一个是100Hz，第二个是1KHz，第三个是10KHz。每一个等高线下面区域的准确度和等高线列出的准确度要一样或者好。这些就说明了电容的准确度不仅取决于C的值也取决于损耗的值。每一个等高线都是用最可能大的电压绘出。右下角的图是在C和D对应着耗散因数的准确度。在每一个等高线区域内的准确度和等高线标注的准确度要相同或者要好。这一段展示了D的准确度不仅取决于D的值也取决于C的值。

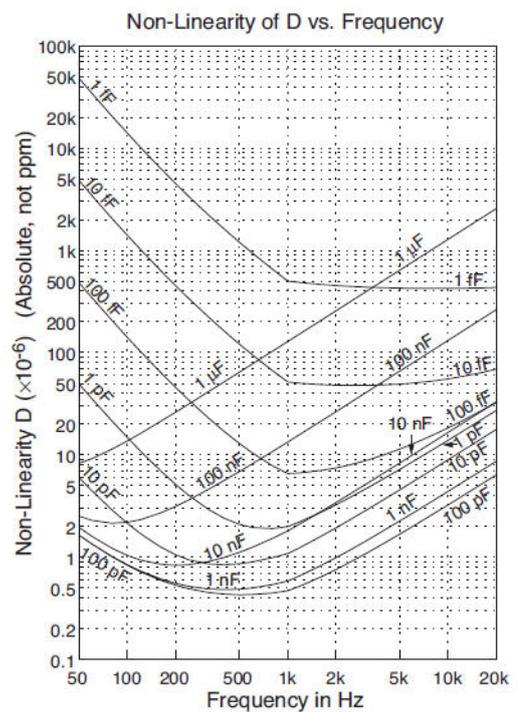
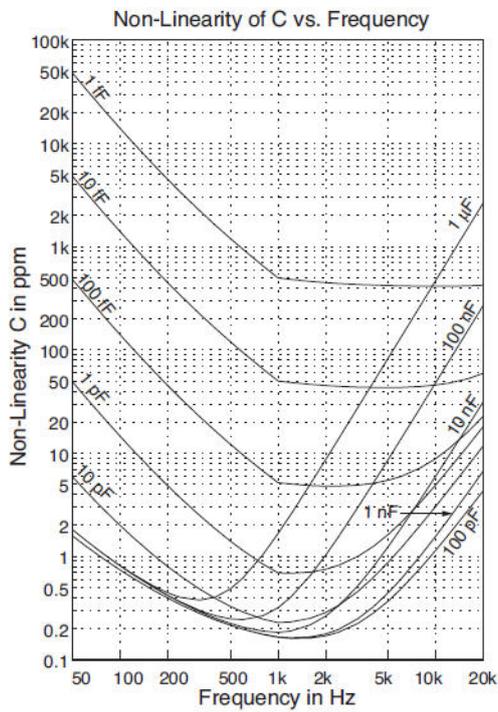
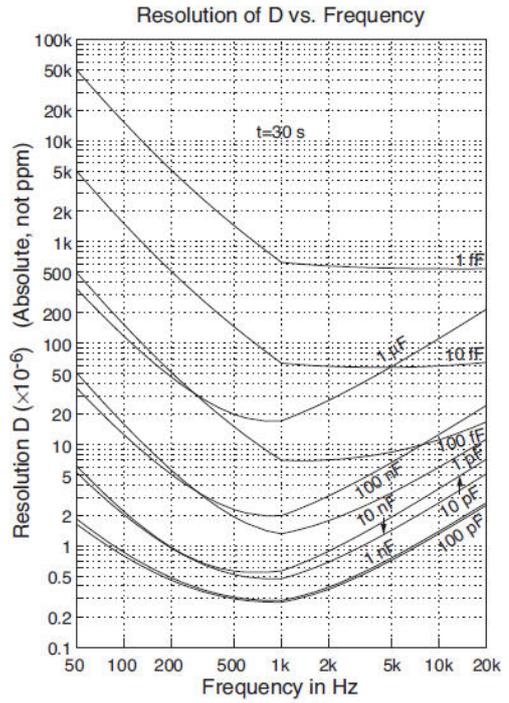
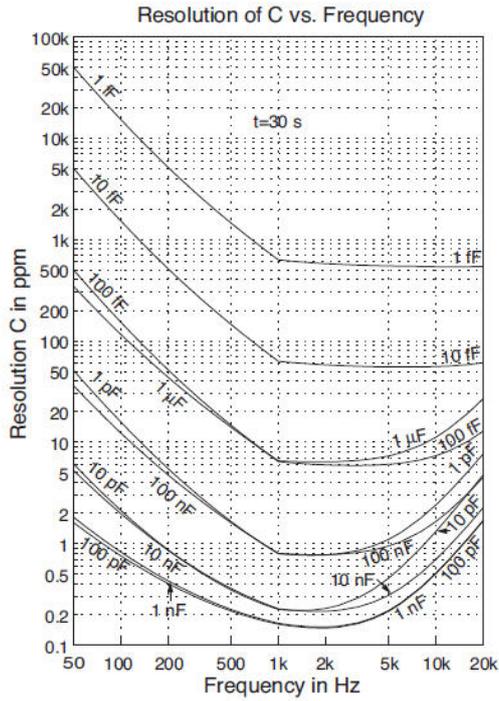
选定电压下的准确度说明:

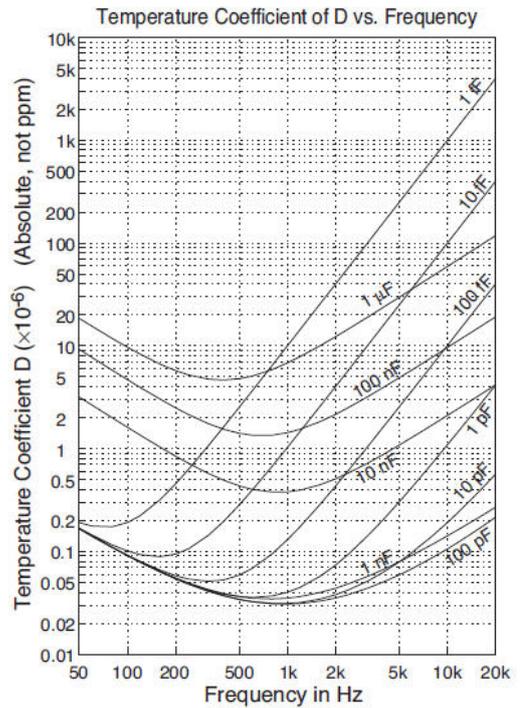
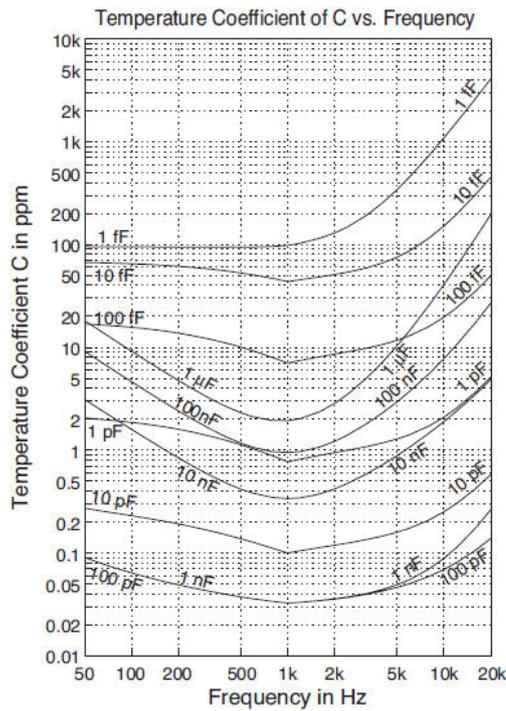
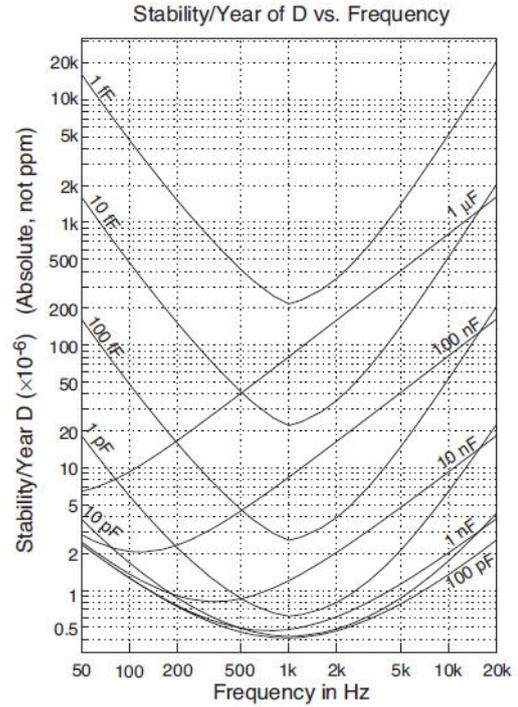
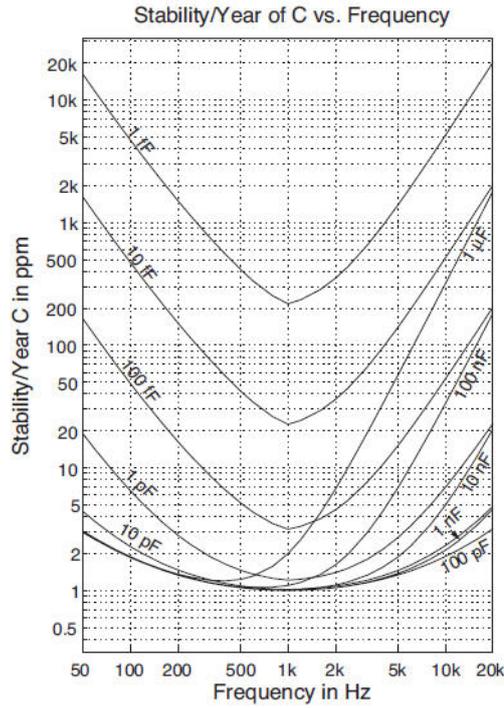
下一页右边第一个图说明的是在C和G对应下的C的准确度的等高线图。在每个等高线内或下的准确度要等于或者要好于0.001%。

下一页右边的第二个图说明的是在C和D下的D的准确度等高线图。在每个等高线内的准确度要等于或好于0.03%。

这些展示了C和D的准确度要依靠测量的电压。每一条等高线就代表了在第七页Table1的电压下操作的。灰色区域代表处范围了。







偏差模式说明

用到的一些符号下表列出

BBM 桥平衡模式

BBP 桥平衡点

DSPoint 偏差设置点

DReading 偏差读

DSPan 偏差扫描

Freq 桥频率

这个部分描述了偏差模式下的一些性能表现，对数字和模拟输出结果的。除非特别说明，不然都是一样的。这些说明是提供给电容和损耗频道。

对电容和损耗模拟输出频道同等重要的是单位。这些单位是pF和jpF，jpF可以考虑是pF单位旋转90度。这些单位的优势是允许在电容和损耗模拟输出之间进行直接比较。不像BBM，没有对损耗定义其他单位。

静态特性

准确度

综合考虑误差（jpF）的重要性比增益误差，温度系数，抛物线误差，非线性，分辨力，噪声，桥误差的总和要少。这些个体的贡献在下面细说。

在偏差模式下结果的准确度主要依靠电容和BBP下损耗的多少。偏差越大，准确度越低。有许多误差源，都包括这个。

增益和温度误差

增益误差和温度系数的重要性如下：

$$GainError \leq 0.003 |D Reading - BBP| (j) pF$$

$$TemperatureCoefficient \leq 0.0003 |D Reading - BBP| (j) pF / ^\circ C$$

（说明）

非线性

非线性重要性如下：

$$Non - Linearity \leq DSpan / 2000 (j) pF$$

抛物线误差：

$$ParabolicError \leq \frac{-(|BBP| - |D Reading|)^2}{|D Reading + 10000|} (j) pF$$

分辨力

分辨力被系统噪声和DSpan限制的。分辨力重要性如下：

$$Resolution \leq DSpan / 20000 (j) pF$$

这个说明包括了一个小的重复性误差。如BBM测量所示，分辨力也可被噪声降低。

模拟输出，由于在DAC0.35mv的分辨力下，有额外的限制。

噪声

偏差输出下的噪声，尤其是模拟输出下的模拟输出比短信号抽样时间要大。抽样时间是由频率决定的。在6到20KHz的范围内，抽样时间是20us尽管在50Hz时抽样时间是2036us。比起在或者高于6KHz时候，在50Hz的偏差信号比他们平均高100倍。在页末给出了噪声的完整说明。

由于偏差模式下真时间特性，COMMUTATELINEREJ噪声。。特性是不好用的。这个降低了低频噪声下的拒绝，可以要求低频模式下测量的要在低频环境下。如果COMMUTATELINEREJ特性需要在BBM下做出好的测量，一定是真的。

桥误差

桥误差包括了所有的使用桥平衡模式下的测量中。这些说明在。。页。
动态性能

模拟输出频率响应

到现在为止偏差模式最大的优势就是速度。电容和损耗模拟输出结果比在BBM下一般的高100倍以上。最大的频率响应是4.2KHz, -3db。发生在14KHz, 在这个频率以上或以下会降低。

偏差滚边参数, DRolloff, 用来减少频率响应。DRolloff能设置3db下频率的值, 可以减少至0.00028Hz。最高可能的滚边频率, RolloffMax, 是

$$RolloffMax = 0.3 \text{Minimum}(Freq, 28 - Freq) \text{ kHz} .$$

实际的滚边频率比DRolloff和RolloffMax小。

模拟输出升级比率

模拟处处的偏差电压是由频率决定的比率升级的。在频率50到20KH在下的比率从491到50098不同。

对数字结果的信号平均值

偏差模式下的最大比率, 数字偏差模式结果能够产生的依靠频率和比同模拟输出相比慢5到500倍。数字结果比率是100Hz。就像BBM里平均时间常数一样, 在偏差模式使用DAvgTIME参数来决定在偏差信号产生数字结果中最少的时间。增加DAvgTime可以进一步减少频率响应, 同时降低噪声。DAvgTime自动增加在低滚边频率下, 所以对应每一个平均结果至少有一个例子。如果一个DAvgTime设置成比DUT变化的周期的10分之1或者滚边要少, 那么对应正弦变化的响应应该可以不计。

远程器件结果比率

当 DAVgTime 是 ≥ 0.1 s 时, 数字结果率, DResultRate , 大约是:

$$DResultRate \approx \frac{1}{DAvgTime} \text{ results / s}$$

对DAvgTime<0.1s, DResultRate依靠的是每一个测量结果信息里字符的数量。对串行通道, 波特率也是一个因素。理想的DAvgTime应该被设置, 这样DResultRate和观察的结果相等。

用最佳的设置, 串行DResultRate将约以40个结果/ s的波特率在9600和100个结果/ s的115,200波特率。

用最佳设置, 和一个快速控制器, GPIB DResultRate可以使60结果/秒。

步进响应

前置放大器的不平衡信号的数字处理过程增加了一个对所有结果的0.8ms的延迟。DUT的电容和损耗的快速的步进变化对模拟结果产生了如下结果: 在频率设置在14KHz和DRolloff设置在4000Hz。一个步进电压有产生冒险时间<100us。对DRolloff的低值来说, 对DRolloff几倍的高的频率, 响应是有个简单的RC, 有个时间常数 $\frac{1}{2\pi DRolloff}$ 。

如果低数据率的串行或GPIB频道没有影响结果，那么数字结果是相似的。
最好的数字响应时间，DAvgTime应该等于 $\frac{1}{2\pi DRolloff}$ 。

设置点，边界，扫描和其他设置

除了频率响应和提前描述的平均设置，下面描述的参数可能也被设置好了。除非另有说明，不然实际上这些参数中的每一个参数都指2个独立的参数，一个是电容的，一个是损耗的。还要注意，这些参数中许多和相同电容和损耗频道的关系。一个偏差参数的图形如图3所示。这些数字也显示了可以测量的区域。

输入值的限制	最大的或最正的	最小的或最负的
DSPoint Cap	1650 nF	-165 nF
DSPoint Loss	19 jnF	-1.9 jnF
DSPAN Cap	100 nF	-100 nF
DSPAN Loss	1200 jpF	-1200 jpF
DBound Upper & Lower Cap	1650 nF	-165 nF
DBound Upper & Lower Loss	19 jnF	-1.9 jnF
Deviation Position	1	-1
Analog Output Voltage Limits	10.5 V	-10.5 V
Analog Output Bounds	160 V	-160 V
Analog Output Span	320 V	0.1 V
Conversion Factor Cap	$(10^{-8} - 1)V/pF$	$-(10^{-8} - 1)V/pF$
Conversion Factor Loss	$(10^{-8} - 1)V/jpF$	$-(10^{-8} - 1)V/jpF$
Deviation Margin	20	1

BBP永远是电容和损耗的中心，能够被前端通过。这一点可以通过输入偏差设置点（DSPoint），也就是BBP默认相等的。

然而BBP不必配合DSPoint。DSPoint可以在可测量区域内被设置在任何地方，举个例子如图3所示。DSPoint存在，对那些可以设置成和DUT的静态工作点（不能在扫描的中心）相等的用户来说，是方便的。上述表格里给出了对DSPoint能输入的最大正值和负值及其他偏差参数。

DSPAN是可设置的。这是电容和损耗范围能通过前端的。

偏差的上限和下限都是可设置的。可测的DUT的值一定要在上限和下限之间。这些上下界之外的值会产生一个错误信息。DSPoint，DSPAN，上下限都是相互有关系的。设置任何2个在电容或损耗频道会自动在相同频道设置其他两个。

通过设置偏差位置参数的BBP可以抵消DSPoint。零点的设置引起DSPoint等于BBP。 ± 1 的设置引起DSPoint和偏差边界之一相等。

模拟输出电压限制是可设置的。在模拟输出模式下，这些在电压上的限制可以通过输出结果产生。

模拟输出边界的上下限时可设置的。他们的最大值是 ± 160 ，比模拟输出的限制要大的多。这使得模拟输出 被放大了多达15倍，从而让相应的更大的决议

超过模拟输出的21伏的最大跨度。

模拟输出扫描的电压也可以设置。这种扫描就是电压在上下限模拟输出边界的不同了。

C因数是可设置的。这个就是模拟输出扫描到Dspan的比率。CFactor是偏差模式启动了就自动计算的。它可以在其他的任意时间里改变。改变CFactor会引起比率向DSpoint倾斜。

DMargin是一个单独对电容和损害的参数。如图3所示。增加DMargin减少了前置放大器的灵敏度，如此的话噪声尖刺就不会超载，以致引起错误信息而不是测量结果。要权衡的是，信噪比和DMargin的值是同比减少的。

仅仅在偏差模式下，13个不同的结果模式可以选择。这些归纳了DSPoint和从测量结果出来的一个可设置的参考值。在DSPoint和Dspan或者参考值的基础上，会有许多的报告的百分比。

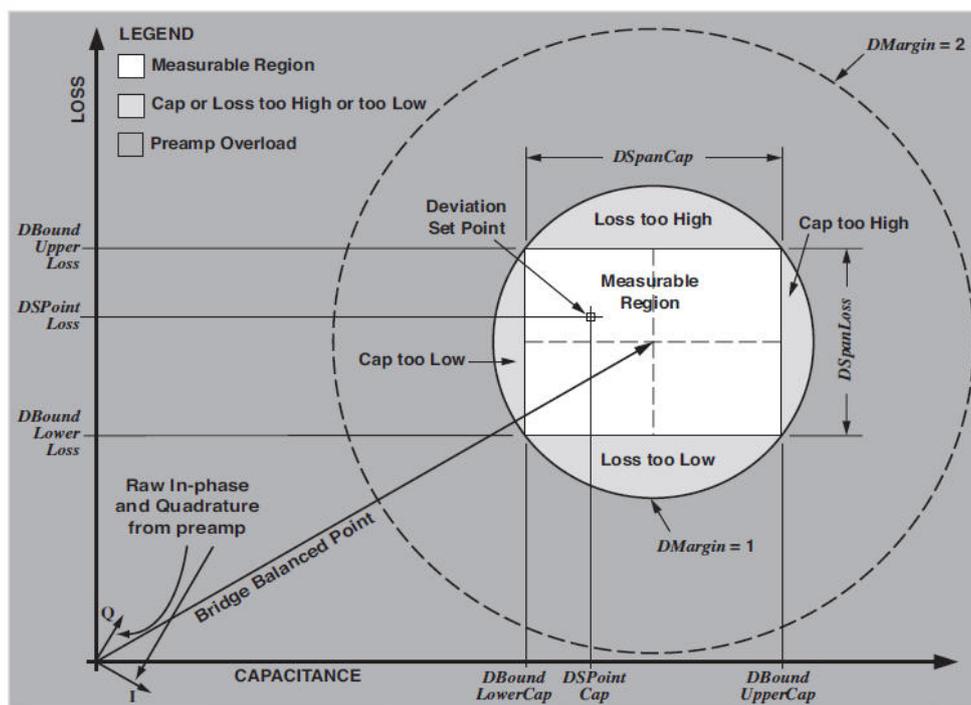


Figure 3. Deviation parameters and the measurable region on the cap/loss plane.

对偏差模式的赞成和反对意见

偏差模式，当和模拟输出一起使用时，产生的电容和损耗结果的几个命令，比用BBM药快的多。需要权衡的是，大多数的性能表现，偏差模式比BBM要低很多。然而呢，偏差模式仍然提供了一定的性能优势，在高速电容咪中没有发现的。

偏差模式一个最伟大的优势是BBM就是像其他桥平衡模式一样的测量。这意味着，附近的电容和损耗的值，就是偏差模式测量的，已经精确的知道了。其结果是，任何的测量偏差都是由于相对的BBP而不是绝对的BBP。这是一个大的优势，因为测量BBP可能成千上万次的大于和它相关的理想的偏差。

当使用模拟输出，偏差模式可是反馈回路的一部分来控制装置或进程。

偏差模式可以快速的测量在一个稳定的电容和DUT的不同。稳定的电容是第一次在BBM下测量，然后BBP就设置成相等的测量值。DUT然后就替代电容和可以在偏差模式在和电容值相关的测量。

偏压性能

AH2700A可以再2个模拟输出频道能产生固定的电压。这些就是所谓的偏置电压，可以用命令设置。他们的性能如下所述。偏压是独立于偏差模式之外的，但有相同范围的电压。

电压范围

偏压和偏差模式下的输出范围都是正负10.5V

准确度

电容或损耗的偏置电压的误差是

$$A_{outBiasError} \leq 0.003 |A_{Bias}| + 0.003VDC$$

噪声

输出电压噪声小于1mV RMS

温度系数

偏置电压的温度系数是 $\leq |\pm 2| mV / ^\circ C$

分辨力

DAC电压分辨力是大约0.35mV

步进和延迟响应

10%到90%的上升时间大约是30us。

延迟时间，假设来自AH2700A来改变偏置电压，当电压开始变化时开始算起，是12ms。

延迟时间，假设来自AH270A来启动或关闭偏置电压，当电压开始变化开始算起，是8ms。

持续频率选项

标准版本的AH2700A运行在50Hz到20KHz之间的33个频点之间。C选项允许AH2700A在相同的频率范围内测量任何频率下的电容和损耗。这个频率可以被设置成7位分辨力。带C选项的AH2700A和其他的AH2700A在其他功能上时完全一样的。

发展选项C的最困难的要求是它要运行在任何频率下包括那些接近甚至超过电力线频率或任何的谐波（有些麻烦的甚至超过1KHz）。这种情况是一个非常严格的要求尤其是当电力线频率不稳定的时候。AH通过发明了一种新的从根本上拒绝干涉的方法解决了这个难题。我们把它命名为同步抑制。美国专利号是6987391.没有同步抑制，AH2700A在许多频率的许多次的性能表现是不能接受的。

网址: www.andeen-hagerling.com

要了解相关的更加详细的说明,可以到官网上寻找相关下载。

订单信息:

AH2700A,50Hz-20KHz的电容桥,带有持续频率选项

对AH2700A的相关问题,可能的应用,你最近的销售代表的位置,或者订单信息,可以查询:

电话: 440-349-0370 传真: 440-349-0359 E-mail: info@andeen-hagerling.com