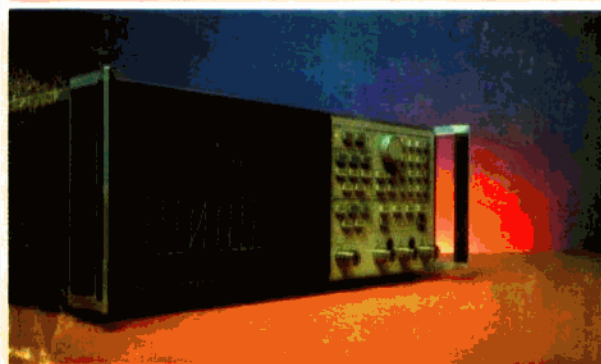


惠普应用指南

电子测量与仪器系列丛书

13

惠普最新的网络分析仪



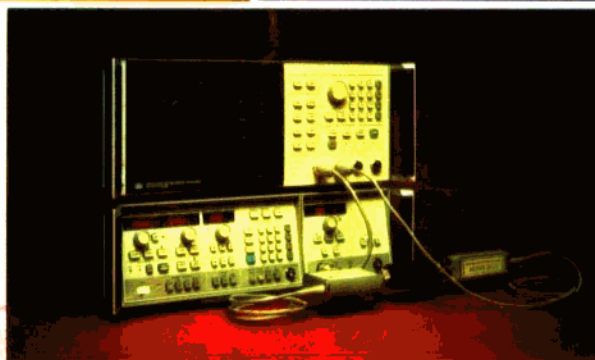
HP8753 A 网络分析仪

- 高分辨率显示
- 直接绘图和打印输出
- 内部有自测诊断
- HP-IB全部程控

HP8757 A

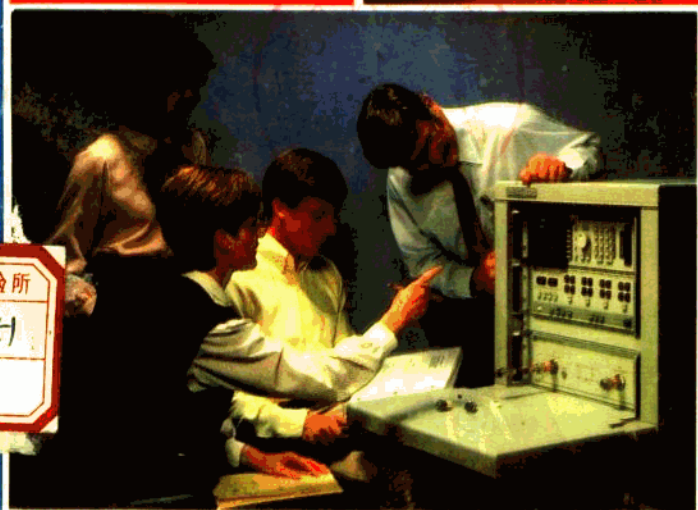
标量网络分析仪

- 性能极佳、操作方便、价格低廉
- 用途广、功能强
- 配上计算机可实现全自动测量



HP8510 B 网络分析仪

- 用户不必使用计算机便可存储更多的数据
- 快速处理可使频域和时域测量更为『实时』
- 新的校准方法和标准提高了测量精度和方便性



力试验所

113-51

53

电子测量与仪器系列丛书

惠普应用指南

第13集 (内部资料)

目 录

8671A和8672A微波频率合成器的应用和性能 (HPAN 218—1)	(1)
8901A调制分析仪的应用与操作 (HPAN 286—1)	(28)
频谱分析	……
信号的增强 (HPAN 150—7)	(81)
平板的检查	……
——激光测量系统 (HPAN 325—1)	(95)
封面产品介绍	(104)

编译委员会名单

主 审：周立基

副主审：任守勤、董鸿勋、陈乔青

主 编：戚继明

副主编：周立人

编 委：马安本、陈肇源、田正如

美工设计：冉依民

中国电子学会电子测量与仪器咨询开发中心编
(北京4505信箱6分箱)

印刷：北京昌平百善印刷厂

1987年 8 月

8671A和8672A微波频率 合成器的应用和性能

(HPAN 218-1)

唐 哲 译 沈兆驹 杨 立 校

概述

由于微波技术的最新发展导致许多微波系统主要性能的改善。从而又导致对元件、子系统和测试设备的要求也提高了。尤其是在频率发生方面,要求频率源的频谱纯度更好,频率稳定度更高,频率分辨率也更好。

频率合成器可以满足上述许多要求。当今,一般通用的合成器被广泛使用于要求频率精度和分辨率、频率变换速度、频谱纯度都较好的并具有程控能力的场合。在过去,尽管对这些合成器性能的要求已扩展到微波范围,但它们一般仍限于较低频率。

随着微波系统的技术改进,使通用的微波合成器也有可能制成。这些先进的技术提供了最佳的稳定度、精度和频谱纯度。并伴有很宽的频率覆盖和可编程性。它们对当今许多问题提供了独特的解决方法。

为了能吸取这类仪器所提供的全部优点,很重要的一点是要了解它们的特性、应用和操作。本指南的目的就是要使用户熟悉这些仪器,从而充分利用其潜力。本指南重点讨论了其中两种微波合成器—HP8671A微波频率合成器和HP8672A合成信号发生器。

在详细讨论8671A和8672A的操作和应用之前,对它们各自作一基本介绍是很有必要的,这样可以对它们的基本相同点和不同点有个了解。

8671A微波频率合成器(图1见原文)是一个非常纯的频率源,它的频率范围为2.0到6.2GHz,频率分辨力为1kHz,最小输出功率为+8dBm。输出未加电平控制,由2.0~6.2GHz锁相YIG调谐振荡器提供。它非常适用于许多本地振荡器。

8671A还具有速率达10MHz的频率调制。为方便起见,它有两个经过校准但无表头指示的输入灵敏度范围。在“调频”方式时输出频率一直保持锁相。

当自动应用时,所有的功能通过HP接口母线都可远地程控。这就使8671A可以当作可编程的频率源或本地振荡器来使用。

8672A合成信号发生器(图2见原文)的全部频率范围为2.0~18GHz,只有一个输出。它不仅频率范围宽,而且它兼有合成器的精度、频谱纯度和可编程的优点以及信号发生器的精密调制和输出电平校准的优点。8672A有两个有表头指示的幅度调制范围和六个有表头指示的频率调制范围。当加上调制时,输出频率必然锁相,它还可以同时调频和调幅。输出功率由内部加电平控制并校准(+3到-120dBm),可供接收机灵敏度测试用,它也可以由二极管检波器或功率计从外部加电平控制。

要想得到8672A的宽频率覆盖,可使用倍乘技术。一个2.0到6.2GHz YIG调谐振荡器锁相到基准。YIG调谐振荡器(YTO)驱动一个YIG调谐的倍频器(YTM),这个倍频器用来倍乘和滤波YTO的输出,以产

生最大输出功率至少为 +3 dBm 的 2.0~18.0GHz 频率覆盖。

频率控制和性能

频率控制

8670 系列合成器在很宽的频率范围内具有最佳的频率稳定性和频谱纯度。为了便于使用这种宽频段的功能,合成器内有一简易而方便的频率调谐系统。所有的频率既可远地程控,也可以用一旋转式脉冲发生器人工调谐。因为它的调谐控制器就是一个旋转式的脉冲发生器,它可以根据需要转任何方向调谐而不致损坏机械制动器。并且,调得越快,每次旋转所引起的频率变化越大。这种单个调谐控制器(图3见原文)还因它有可选择的分辨力而更加方便。位于调谐控制器上方的分辨力键可用来选择 1 kHz、10 kHz、1 MHz、和 100 MHz 分辨力。

8670 系列合成器内的基本振荡器是一个 2.0 到 6.2 GHz 的 YIG 调谐振荡器,它每 1 kHz 级都锁相。当要求频率较高时, YTM 在频率 6.2 到 12.4 GHz 范围时将此信号放大一倍,超过 12.4 GHz 时放大两倍。这就使得在 2.0 到 6.2 GHz 时的分辨力为 1 kHz, 6.2 到 12.4 GHz 时为 2 kHz, 超过 12.4 GHz 时为 3 kHz。从而在高频段范围内进行频率粗调时, kHz 数字也可随合成器调谐输出频率而改变且兼容其分辨力。例如, 16 GHz 就可能调出 15999.999 MHz 或 16000.002 MHz。

当所需频率一旦置定,“保持”(HOLD)键可以使调谐控制器不工作,并可防止频率的意外而变化。频率控制器还附有一个“预置”(PRESET)键,它可用来使输出重置于 3 GHz 以便于将最小有效数置于零。

只要合成器关掉或切断电源,则最后进入的频率便储存在存储器内。当仪器重新接上电源时,频率便可恢复到原先的设置,这

样就很方便,因为临时断电就无需再输入所需频率。即使在长期断电后,最后的频率仍可保住。

间接合成

对任何一个信号源的基本要求是它的频谱纯度。这是必须严格要求的一个数据,尤其是对频率合成器,在许多用途中频谱纯度一直是一个很重要的性能。

8670 系列合成器使用间接的频率合成方法(锁相环)。这种技术较之其它方法具有某些优点。为了弄明白 8670 合成器的性能和使用间接合成的理由,必须要简要地说明一下如何将锁相环用于合成频率。

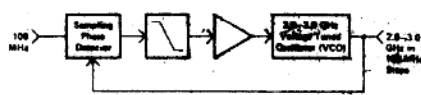


图4. 简易的 2~3 GHz 间接合成器。

图4示出一个简易的间接合成器,它产生 2~3 GHz 频率,每级 100 MHz。其输出由一锁相到参考信号谐波的压力振荡器(VCO)产生。在工作时,VCO 先大致调到所需的输出频率。取样鉴相器将 VCO 与参考信号的近似谐波进行比较,并反馈回一个误差信号,再用这个信号来精调 VCO 的输出频率。这样,VCO 的输出频率就可保持在确切的参考倍数上。将这个简单的例子广而用之,间接合成器就可以从单个参考信号产生大量的频率。

频谱纯度

当频率达到微波阶段时,间接合成器的优点之一是它们的相位噪声很低。它们的宽频带相位噪声要优于直接合成器或低频合成器倍乘到微波频率的相位噪声。间接合成器之所以能够做到这一点是因为它们采用了晶体参考噪声特性和 VCO 之间之差以达到最佳的噪声性能。

用间接合成器时,输出的相位噪声等于

倍增到锁相环路带宽内的微波频率的参考噪声。由于偏离载频的程度增加了,锁相环的作用就减少,因而噪声特性只接近于VCO的噪声。这样就使整个噪声性能得到了改善,因为接近载频时,倍增参考的相位噪声很低,而当偏离较大时,VCO实际上是个噪声消除器。因而合成器包含了两个信号在最佳噪声性能时的最佳区域(图5)。

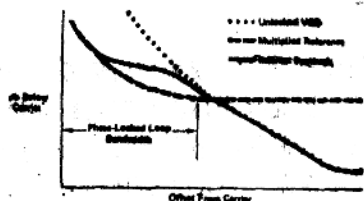


图5 间接合成器的相位噪声。

参考振荡器的要求

合成器在许多应用中要求将合成器锁到一个外部参考。由于这个参考的寄生信号要随着它倍频到微波频率,因而就产生了一个问题。倍频过程使得寄生信号的相对幅度与倍增数直接成正比。一个用来产生6GHz频率的10MHz参考的寄生信号要增加相对幅度约56dB。因此,外部参考就不允许有高于原信号126dB以下的寄生信号,以便在载频6GHz时能产生低于70dB的寄生信号。但由于参考频率含有较高的寄生信号,或者由于寄生信号通过电缆加到合成器内,因此是很难达到的。

为了解决这个问题,8670合成器将外部参考输入用滤波器滤掉。这个滤波器可以减少偏离参考信号200Hz以上的寄生信号,并且允许使用寄生信号大于-126dBc的其它不合格的参考信号(图6)。

当内部参考炉冷却时,参考信号的频率误差非常大,因而信号超出了滤波器的通带。此时频率合成器就不能锁相。因此,当内部参考炉冷却时,在参考炉加上电源后,应稍等几分钟使其稳定在滤波器的带宽内并

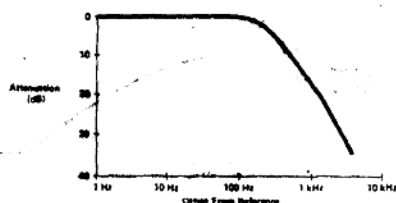


图6 8670系列合成器参考滤波器的特性

使合成器能锁相。这一点麻烦只是在仪器未接通电源时才会有,但是比用外部参考频谱纯度要好一些。

频率稳定度

对信号源来说,频率合成器可提供最理想的高频率稳定性。合成器的这一特性使其成为非常有用的仪器。在许多应用中需要最佳的长期和短期稳定度。

长期稳定度

长期稳定度是指在一定时间内平均频率的变化很慢,通常用在一规定时间内的 $\Delta f/f$ 之比来表示。8671A和8672A的长期稳定度取决于所用的参考炉。8670系列的内部标准是一个高质量的石英振荡器,其长期稳定度为每天 5×10^{-10} 。

当用外部频率标准时,频率合成器的长期稳定度取决于外部参考。若用铷标准,长期稳定度可达 1×10^{-11} /月。若用铯标准,它没有系统的漂移,其长期稳定度的绝对精度为 10^{12} 分之几。

短期稳定度

短期稳定度是指在一相当短的时间内频率的变化,因而由于长期影响造成的频率变化可以忽略不计。短期频率变化通常是因为调制载频的噪声引起的。短期稳定度通常有两种表示法,即单边带相位噪声或相对频偏。

单边带相位噪声是噪声能的一个量度,通常用1 Hz带宽对偏离载频的频率来表示(如图7)。无论信号发生器还是合成器都有这个规定。这种方法能提供除噪声分布以外的更多信息,并且还可以从中得到短期稳

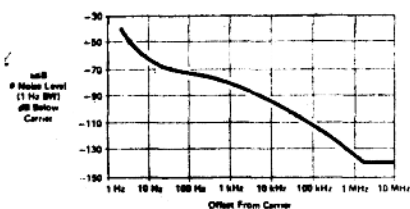


图7. 用2.0~6.2GHz内部标准时单边带相位噪声的典型性能。

定度的所有其它参数。接近载频时,8670系列的单边带相位噪声性能在很大程度上取决于所使用的频率参考(图5)。要想得到好的性能。只能用频谱很纯的频率参考。这一点非常重要,因为参考的噪声要倍频到微波频率。

短期稳定度还可以用相对频率的标准频偏来表示,它是在一个规定的平均时间内许多次频率测量变化的一个量度。平均时间用得越长,不规则的频偏就遮盖得越多,因为在长期运行中平均值必然接近中间频率或原输出频率。8670系列的相对频偏部分地取决于所用参考的频谱纯度,因此要想得到好的性能必须要有高质量的参考(图8)。

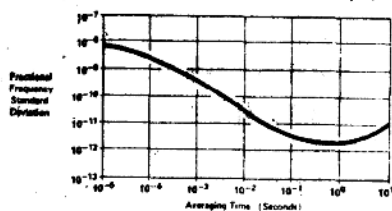


图8. 用内部参考时8672A在2~18GHz范围内的典型短期稳定度。

开关速度

间接合成器的开关时间包括两个方面:锁相时间和设置时间(图9)。锁相时间是指VCO由原来的频率调到接近新频率从而使锁相环与参考信号相互锁住所需的时间。实际的锁相时间取决于频率变化的大小,即VCO必须调转的距离。频率变化小时,锁相时间可以忽略不计,但随频率变化的增大,锁相时间也增大。

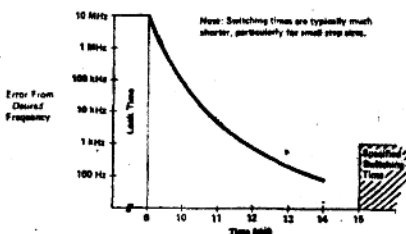


图9. 8670系列频率合成器在锁相和设置时间最坏时的典型频率开关时间。

即使锁相好了,锁相环内仍然有一定的相位误差,因此锁相环必须调到稳定状态。这种相位对时间的细小变化实际上表示所需输出的频率误差。VCO调到所给定的最后输出频率范围所需时间就叫做设置时间。对于间接合成器来说,开关时间可以规定为达到某个频率精度所需的时间。间接合成器的开关时间通常以毫秒为单位(8670的典型性能请参考后面的“程控执行的时间”)。

输出电平控制和性能

输出电平控制

8672A合成信号发生器在很宽的输出功率范围内(从+3到-120dBm)都是经过校准的。有两个控制器通常用来设置8672A的输出功率,即输出电平范围和游标控制器(图10见原文)。实际输出电平等于两个控制器设定值的总和。

范围控制器用来调整输出电平,输出电平为0dBm到-110dBm,每级10dB,分12个范围,由面板左上角的发光二极管的数字来指示。这种显示法使得输出范围即使在仪器处于远地控制时也很容易看出。当需要较高输出功率时,有一个过量程位置允许仪器的某些频段在内部加电平控制时,输出最大有效功率达+13dBm。

范围控制器用来确定大范围的输出电平,而游标则用来确定每个范围内较小的输

出电平。游标的设置范围为+3到-10dB，共覆盖13dB。当位于范围指示器边上的表头置于“电平”位置时，它显示出游标的设置。只要将两个相邻的显示相加就可很容易地确定输出。

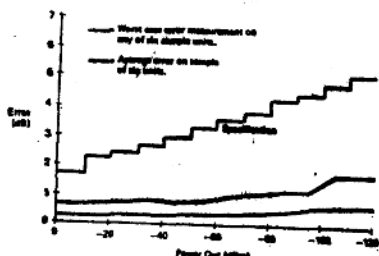


图11. 2.0~8.2GHz频段内的典型输出电平精度。数据是从六个单元中任意取样的。

在手动方式时游标可以在整个13dB范围内连续可调。当8672A远控时，游标可在+3到-10dB的十四个1dB级内程控。由于游标不论在本地或远地控制时都可以超过10dB，因此它就可能迭差3dB。这在诸如接收机测试等应用中非常有用，因为它们对在一个给定电平范围内连续改变输出功率的要求是很严格的。

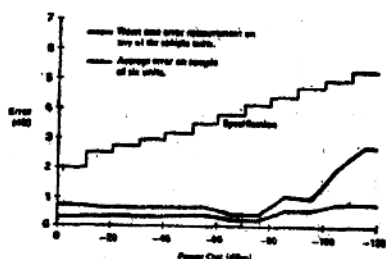


图12. 6.2~12.4GHz频段内的典型输出电平精度。数据是从六个单元中任意取样的。

射频通/断

射频通/断开关可以很方便地断开8671A和8672A的输出。这在校准检波器、功率计置零或在无输入信号的接收机上作噪声测量时是非常有用的。当此开关置于“断”位置时，2.0~6.2GHz的YTO偏置被切断，因而输出上便无信号出现。

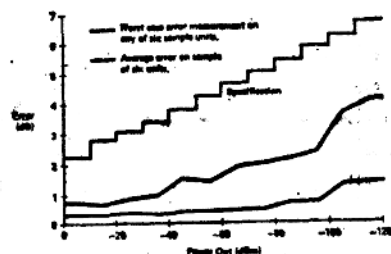


图13. 12.4~18GHz频段内典型的输出电平精度。数据是从六个单元中任意取样的。

显示面板上有一指示器，用来表示射频是否接通。这在仪器远地控制时尤为重要，只有这样，才能确定仪器的状态，当YTO无输出时，合成器不再锁相或加电平控制，所以当射频断开时这些情况也会指示在面板上。

自动电平控制

8672A与大多数信号源不同，它可以从外部或内部加电平控制。在大多数情况下，一般使用内部加电平控制，当用内部电平控制时，在整个2~18GHz频率范围内输出功率都很平坦（图14）。

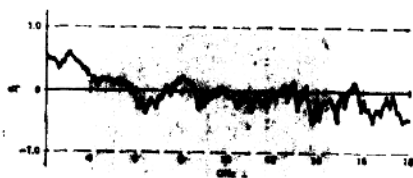


图14. 内部加电平控制时测得的8672A的典型输出平坦度

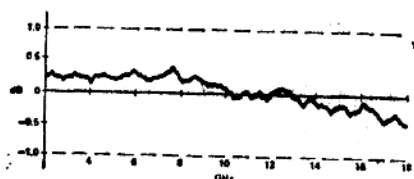


图15. 用外部二极管电平和功率分配器时测得的8672A典型输出平坦度

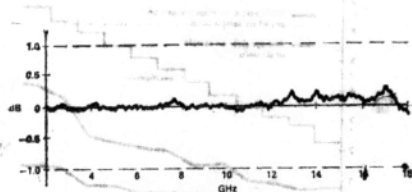


图16. 用功率计电平和功率分配器时测得的8672A的典型输出平坦度。

当需要外部电平控制时, 8672A可由二极管检波器或功率计加电平控制, 这样就可使受电平控制的功率加到被测器件的输入端, 从而减少了由于电缆和连接器所造成的功率变化。

面板上的“自动电平控制”(ALC)开关用来选择使用哪种电平控制源: 内部、外部二极管检波器或功率计。因而可以使用各种检波器, 8672A可以接收正的或负的外部电平控制输入。面板上还有一个可以用起子校准的调整器, 可用来调整外部受电平控制的功率, 使其与设置在某一规定的输出功率范围游标值相匹配。这一调整不会影响内部的电平控制。

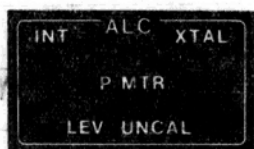


图17. 8672A的ALC功能显示

全部 ALC 功能都指示在面板上标有 ALC 的方块内(图17)。它可以指示选用哪个电平控制源, 还可以指示8672A的输出未加电平控制。ALC的状态, 不管加电平控制或是未加电平控制, 都可以通过将一状态拜特送到程控接口的方法进行远地确定。

最大输出电平

按规定8671A的最小输出功率至少为+8dBm, 8672A至少要传送+3 dB (用选件

008时可达+8 dBm)。但实际上, 这两个仪器都可以传送更高的输出功率(图18和19)。

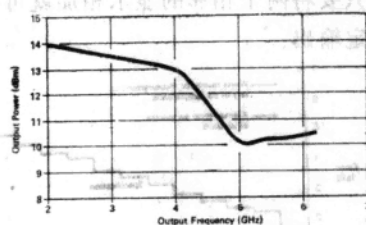


图18. 8671A的典型输出功率变化

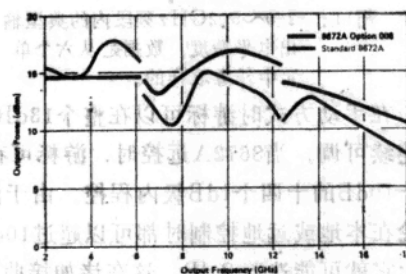


图19. 8672A典型的最大功率变化。
峰值/正常值的调整(8672A)

8672A确定最大可变功率用的一个因数是YTO(YIG调谐振荡器)的YTM(YIG调谐倍频器)跟踪。由于YTM不仅能倍频而且还能滤波, 因此YTM需要精确地跟踪YTO的输出, 否则YTM的滤波部分可能将大量的功率衰减掉。

8672A面板上位于“射频输出”旁边的就是标有“峰值/正常值”的起子调整器。当它位于“正常”值锁定位置时, YTM就在2~18GHz全频段范围内加偏置跟踪YTO。这样就在整个频段内得到最大平均功率。但是, 当单频工作时, 还可以进一步调整YTM以得到更大的功率。“峰值/正常值”调整器允许操作者用人工方法将YTM集中在一个给定的工作频率以求最大功率。这种人工调整可使某些频率的功率略有增加(图20)。

由于8671A的频率只达到6.2GHz, 并

且没有YTM, 因此, 跟踪对8671A来说并不是一个因数, 所以它没有“峰值/正常值”调整器。

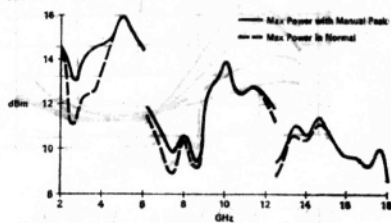


图20. 用“峰值/正常值”调整器可能达到的最大功率改进。

超范围时的性能 (8672A)

当8672A在+10dBm超范围输出设置工作时, 大多数的性能特性保持不变。但是有些参数会受到影响: 如幅度调制、输出电平平坦度和寄生输出信号等。

调幅

一个经过调幅的信号比起未经调幅的相同的载波信号要包含更多的峰值功率。当8672A在接近最大输出功率工作时, 它没有足够的储备来传送调幅所需的峰值功率。在+10dBm超范围情况下, 这种情况可能存在, 从而造成调幅失真显著增大。此时, 要减少调制深度或输出功率以减少失真。

输出电平平坦度

输出电平的平坦度取决于ALC的电路和最大有效功率。为了从8672A得到一个加电平控制的输出, 就需要使ALC电路连续控制输出电平。这只有在每个频率所选的输出功率低于该频率的规定有效输出功率时才能做到。当加电平控制的输出功率位于+10dBm超范围位置时, 要求未加电平控制的指示器断开。

寄生输出

在超范围位置时, 在偏离载频大约 250 MHz的边带上可能发生轻微的低于载频电平 30~50dB的寄生振荡。这是由于YTM在最大功率情况下产生的参数振荡, 并且只是在该频段很小部分上发生。

一般来说, 通过调整“峰值/正常值”调整器求得所需频率的最大输出功率, 或者通过减少游标的输出电平, 这种振荡是可以消除的。只要减少1~2dB的功率, 一般就能停止振荡。这种振荡在大多数仪器内不会发生, 即使在少数仪器内发生这种振荡, 通常也是在输出电平大于+7dBm时(用选件008时为+12dBm)才有。

调制控制和大

调制控制和性能

调制控制

8671A和8672A均可用外加信号来调制。8671A有两个无表头指示的调频灵敏度范围。8672A有六个有表头指示的调频范围和两个有表头指示的调幅范围。通过改变8671A的0~2V峰值的输入信号电平, 或改变8672A的0~1V峰值的输入信号电平, 就可以对每个范围的调制深度或峰值频偏进行线性控制。8672A的表头方式开关用来选择哪种功能要监视: 调幅深度、调频峰值频偏或输出功率。用8672A的各个控制和输入连接器就可以同时进行调幅和调频。

调 频

8670系列合成器可以用来进行宽带调频, 并仍可保持合成器的稳定性和频谱纯度。将所有的环路都锁相, 从而能够保证载频的长期稳定性和精度, 用这种方法达到调频。且由于所有环路的带宽都保持不变, 因此调频的相位噪声性能几乎与载波的相同。

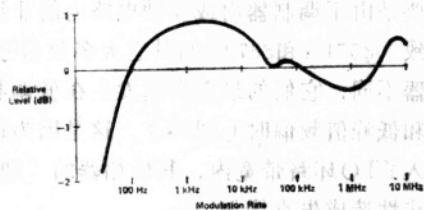


图21. 8672A的典型调频频率响应 (30和100kHz/V范围)。

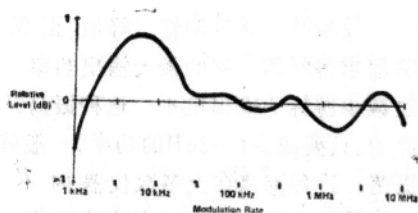


图22. 8672A的典型调频频率响应(300kHz/V和1、3、10MHz/V范围)。

最大调频频偏

8670系列合成器的最大峰值频偏不是固定不变的,而是调制频率的一个函数(图23)。在低速时,峰值频偏是有限制的调制指数,而在高速时,峰值频偏则限制在最大为10MHz。这是因为在高调制指数时合成器不再保持锁相。规定的最大调制指数,在2.0~6.2GHz频段内为5,在6.2~12.4GHz内为10,在12.4~18GHz内为15,但是在一般的情况下,典型的调制指数根据不同的频段分别为7、14、21。

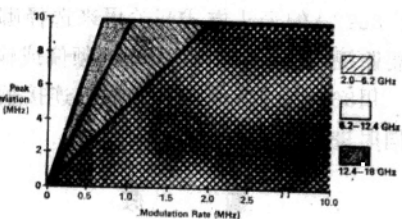


图23. 用8671A和8672A频率调制时的速度和频偏关系。

失真

调频失真可以分为两种:谐波的和非谐波的。在8671A和8672A中绝大多数是谐波失真。这在信号发生器中最典型的失真,主要是由于调制器内或驱动电路内的非线性所致。8671A和8672A与其它大多数信号发生器不同,它们的最大失真发生在低调制速度和低峰值频偏时(图24)。这是因为调制落入YTO环路带宽内,其检相器的“细粒”非线性造成失真增加。

非谐波失真通常只是在高调制速度时才明显。当用某个频率进行调制时,不能发生

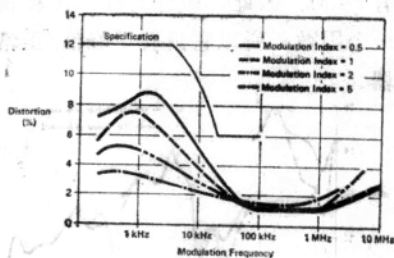


图24. 8671A和8672A的典型失真。

寄生调频信号。这是因为调制频率的倍频和YTO环路的取样速度几乎在相同频率上(两者之差小于500kHz)。寄生调制频率是调制频率的倍频和取样速度之差,并且发生在取样过程中。它们可能有较大的能量,但是造成的频偏相当小。因为此时的速度较低。下表列出一个外部调频鉴频器在解调后的寄生调频和所需调制之比的典型值。

表1. 典型的调频非谐波失真

调频速度	解调后寄生调频与所需调制之比
<1.0MHz	<-70dB
1.0~2.8MHz	<-60dB
2.8~4.5MHz	<-55dB
4.5~9.5MHz	<-50dB
9.5~10.0MHz	<-45dB

调幅

图25和26示出8672A的典型调幅频率响应和失真曲线。

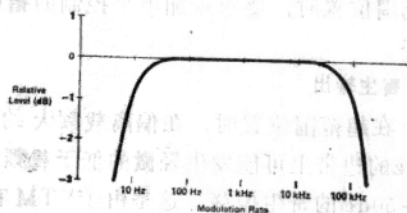


图25. 8672A的典型调幅频率响

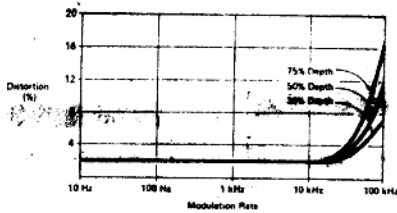


图26. 8672A的典型调幅失真

应用

由于要求改进信号的性能, 因此频率合成器的使用大大增加。合成器具有独特的频率特性, 它可以测量其它仪器所不能进行的测量。它可以用在要求有下列一个以上特性的测量中:

- 长期频率稳定度和精度。8671A 和 8672A 用内部参考时, 其频率稳定度为 $\pm 5 \times 10^{-10}$ /天。若用外部参考, 其稳定度和精度可达 10^{12} 分之几。
- 频率分辨力。8671A 和 8672A 的分辨力低于 3 kHz。当与其它合成器联用时, 其分辨力可达几分之一赫 (见后面说明)。
- 频谱纯度。合成器作为通用信号源, 其接近载频时的相位噪声最低。
- 可编程和开关速度。合成器在远地控制时很容易和很快地改变频率。

若在合成信号发生器内, 将校准的输出电平和调制加到合成器的基本性能, 则其用途和灵活性大大增强。因而可以用于接收机测试、元件测试等用途中。

需要这种合成器功能的主要场合有: 卫星通信、电子战、自动系统、元件测试和台式信号源等。

卫星通信

在卫星通信中, 对频率精度、频率分辨力和频谱纯度的要求都是很严格的。当频率合成器用作本地振荡器时, 它具有接收机所要求的长期稳定度和频谱纯度, 并且频率也很容易改变以便于通道选择或多普勒校正。

同样, 合成信号发生器还可以广泛地用于测试地面站的接收机。通常测试这种接收机的允许时间是有限的。因而合成信号发生器的程控性能就格外有用。

电子战

由于电子战的复杂性日益增长, 因此就需要宽带合成器。在电子监视中, 合成器可用作外差式接收机的本地振荡器。这是因为它们的频率范围宽、频谱纯和能快速改变频率。在这种场合下, 要求这种信号不掩盖输入信号的特性是非常重要的。而且, 频率的快速转换可以在很短的时间内搜索整个合成器的带宽。当这种接收机机载时, 它的体积和重量也成为重要的因素。由于合成信号发生器的信号质量高因而可用于测试这种接收机的性能。

合成信号发生器还可以用来测试电子计数器的测量系统。通过模仿探测雷达和其它信号, 就可以确定防卫系统的响应。当各种频率、信号电平和调制格式被快速程控时, 几个合成信号发生器可以有效地模仿电子工作环境。这样就可以减少成本和系统的复杂性。

自动系统

当需要多种测量或要求快速测试时就需用自动系统。由于合成器的可编程性和快速响应时间, 它可用于这种场合。由于减少了测试时间因而提高了效率, 降低了成本。它还具有重复测量所要求的精度。由于频率合成器的信号纯, 因而它可用于即使是最复杂的测试系统内作本地振荡器和激励器。当合成信号发生器用作激励器时, 它具有可编程性、经校准的输出电平和调制以及很高的频率精度。

元件测试

在元件测试中, 由于合成器的频率稳定

度、精度和分辨力都高，所以它能够满足一般扫频仪所不能达到的要求，在许多测量中，扫频仪的频率精度不够。而且由于扫频仪的寄生调频高，它不能用来精确测量有关频率响应的突变变化（如高Q值元件的频响）。

台式信号源

对于一个科研用的台式仪器来说，最关键的是它的多用性。一个仪器的用途越广，它的使用价值也越大。从这方面来说，测试仪器的购买价格比起该仪器每年的使用寿命的价值就显得不那么重要。由于合成信号发生器的超级的频率性能、校准输出和调制，它可以用于目前的许多用途，并且可以预言，它还可以满足将来的各种用途。它可以用作精密的频率源、频谱很纯的本地振荡器，供接收机测试的信号发生器等。而对于8672A来说，由于它的频率范围宽，可以取代许多信号发生器。当用于临时的、台式可编程HP接口总线系统时，其测量速度可以大大提高，从而可以降低工程的成本。

与其它仪器合用

当8671A和8672A与其它仪器合用时，其功能可以大大地提高。下面用几个实例来说明。

更好的频率分辨力

要想得到更高的分辨力，8672A可以和HP8660A/C合成信号发生器或HP3330B自动合成器联用。若将8660A/C与8672A的选件H04或H05联用，则在2~18GHz时的频率分辨力可达1、2、3Hz。若将3330B与8672A的选件H05联用时，则在2~18GHz时的分辨力为0.1、0.2、0.3Hz。

由于8672A的最小有效数(1MHz以下)是由合成的20~30MHz内部信号确定的，因此上述的分辨力是完全可以达到的。

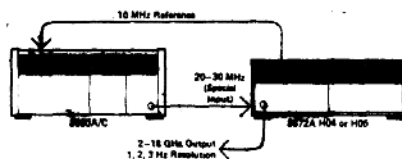


图27. 与HP8660A/C合成信号发生器联用时，分辨力可达1、2、3Hz，这是该系统的组合状态。

8672A选件H04和H05允许仪器按原来的方式工作，也可以用20~30MHz外部信号工作，使内部信号具有更高的分辨力。这样的结果就使一个微波信号可达到20~30MHz信号的分辨力。当与3330B联用时，20~30MHz信号出现在辅助输出，比3330B的显示高20MHz，即20~33MHz。

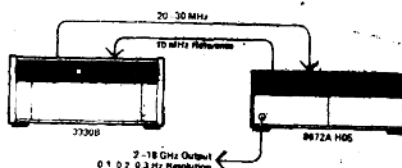


图28. 与HP3330B自动合成器联用时，分辨力可达0.1、0.2、0.3Hz，这是该系统的组合状态。

对于任何一个输出频率来说，所需要的20到30MHz信号和8672A设置都可以立即确定。

首先要确定8672A的基本频率(2.0~6.2GHz)。如果所需的频率不在基本频段内，则在6.2~12.4GHz范围内，基本频率为所需频率的一半。在12.4~18GHz范围内为三分之一。因此所需的20~30MHz信号为从30MHz中减去1MHz位及基本频率的小于此有效位部分。于是8672A设置到所需输出频率100kHz位，而小于有效位部分设置到零。例如，要产生一个10 003.735 058MHz的信号，基本频率为所需频率的一半，即5001.867 529，1MHz位和小于此有效位为1.867

529。用30MHz减去这个数，所需的20~30MHz信号为28,132 471，8672 A的设置10 003,000MHz。现在，8672A最后一位数的取整已无意义。

其实，计算任何输出所需的频率是相当简单的。但是，如果频率变化过于频繁，那么要进行连续计算就相当麻烦。在这种情况下，可以用HP-IB的控制器自动地计算所需频率和控制合成器。当用HP-IB控制器时，所需频率的算法如下：

$F =$ 所需输出频率 (MHz)

$F_1 =$ 所需的20~30MHz信号 (MHz)

$F_2 =$ 8672A的频率设置 (MHz)

$\text{INT}(X) = \leq X$ 值的整数。

例如， $\text{INT}(9.7) = 9$

当频率在2.0~6.2GHz时：

$F_1 = 30 - [F - 10 \times (\text{INT}(F/10))]$

$F_2 = \text{INT}(F)$

当频率在6.2~12.4GHz时：

$F_1 = 30 - [F/2 - 10 \times (\text{INT}(F/20))]$

$F_2 = \text{INT}(F)$

当频率在12.4~18GHz时：

$F_1 = 30 - [F/3 - 10 \times (\text{INT}(F/30))]$

$F_2 = \text{INT}(F) + .002$

.002保证频率在接近12.4GHz时相应取整位。

1MHz~18GHz系统

HP8660A/C合成器与HP86603A射频单元合用，其频率范围为1MHz~2.6GHz。显然，它可以补充8672A。用一同轴开关（如HP8761A）将这两个合成器的信号多路并用，就有可能产生频率范围1MHz~18GHz的信号输出。这种性能在要求宽频率范围的情况下特别需要，例如军用电子计数测量或军事监视，它们涉及整个射频频谱，或者在自动系统中，它们可用来代替许多源。

在系统内用一个8660A/C和一个8672A，再加上一个开关，就可以只需增加很少的成本得到更高的分辨力：在1MHz~18GHz范围内的分辨力为1、2、3Hz（图29），在这系统中，当输出信号低于2GHz时可选用8660A/C的输出。超过2GHz时，将8660A/C置于20~30MHz，并接至8672A，即可选择8672A的输出。

加上一个HP-IB控制器和一个HP 11713A HP-IB衰减器/开关驱动器，整个系统就可自动化，因而可以自动选择任何频率的正确源、开关位置和频率。这样一来，整个自动源只有一个输出连接器，覆盖了1MHz~18GHz，分辨力为1、2、3Hz，它具有经校准的宽范围输出电平和经校准的调幅、调频、调相等功能，而整个系统只占500mm（20英寸）机架面积。

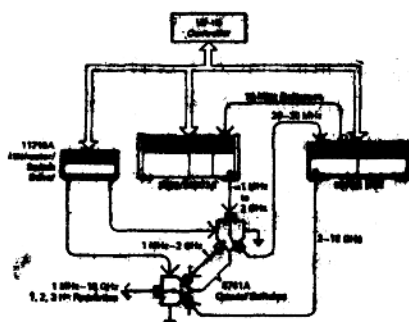


图29. HP8660/86603A和8672A组成的1MHz~18GHz的自动系统

更高的频率

当合成频率大于18GHz时，可将8672A与HP938A和HP940A倍频器联用，其频率可扩展到36GHz（8672A超范围时可达37.2GHz）。938A可用于18~26.5GHz，940A可用于26.5~36GHz，只需在每个倍频器的输入口加一同轴波导适配器和一个波导适配器就可以了。当与8672A联用时，转换损耗少于18dB，因此最大有效输出功率为-10dBm。在频率扩展后，频谱纯度仍保持不变，分辨力为6kHz。调幅的失真加大，但

调频保持不变(调频频偏要加倍,最大峰值频偏为20MHz。

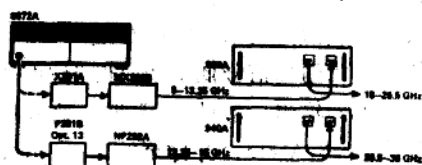


图30. 可达36GHz的合成频率。

减少谐波

用HP8445B选件004、005跟踪预选器,可使8672A的谐波和次谐波减少 $>70\text{dB}$ 到 $<-95\text{dB}$ 。8445B是一个YIG调谐的滤波器,它的通带可用外部的 $2\sim 18\text{Vdc}$ 电平来调谐。当不需要谐波和次谐波时,这个组合系统可以组成一个性能极佳的源,其频率范围要大大地大于一个倍频程。

由于8445B的通带窄,因此它的信号跟踪是很严格的。在人工控制时,只要适当地设置8672A的频率和将直流电压调到最大输出信号就可以了。在自动工作时,可用如图31所示的系统。在这个系统内通过下列过程即可进行适当的跟踪。

1. 将8445B的输入电压程控至 2V , 8672A的内部电平至 $+3\text{dBm}$;频率至 2GHz 。调整8445B的“FREQ OFFSET”(频率偏置)直至在整个系统内获得最大信号。

2. 将输入电压程控至 18V , 8672A的频率至 18GHz 。调整8445B的“TRACKING”(跟踪)使整个系统内得到最大信号。

3. 重复上面1、2过程,直到不能再改进为止。

4. 有必要进行定期的重调,以尽可能减少插入损耗。

由于滞后作用,每当选择一个新频率时,加到8445B的电压必须先程控制 2V ,然后再达到新的电平。

8445B的输入电压必须 $>+5\text{dBm}$ 。这

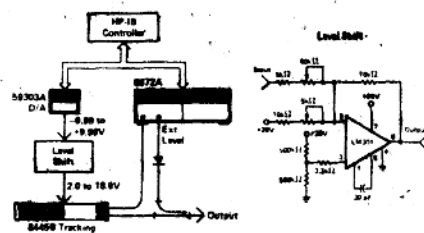


图31. 用来减少谐波至 $<-95\text{dBc}$ 的自动系统。

样,即使8672A的有效功率很高,也能限制其最大输出功率(图32)。在专用系统中,由于插入损耗较低,可能需要更多的可远地选择的带通滤波器。尽管在开始设计这些滤波器时要费点劲。

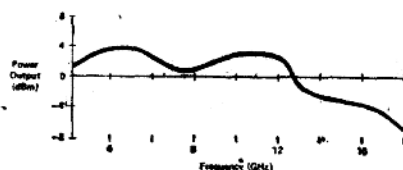


图32. 用8672A和8445B跟踪预选器时最大功率典型值

两个跟踪微波合成器

在微波频率上要精确测量低电平信号是很困难的。当用宽带检波器时,系统的寄生噪声限制了测量的灵敏度。如果用窄带检波器来提高灵敏度,则测量时间要很长。如果用一个不稳定的源,那么首先会影响它搜索该信号,其次会影响到试图长时间跟踪以便作精确测量。

用两个8672A合成信号发生器在微波接收机上作交调测量是通过快速测量获得精确频率和最佳稳定度的最好说明。在许多接收机中,交调的结果可低于原信号 100dB 以上。用不稳定源时,交调的结果以几乎与测量器件扫描相同的速度漂移。这就很难找到,而且也很难测量。若用两个8672A合成信号发生器,就可将精确的信号输入到接收机。由于信号的精度高,交调结果的实际频

率可以计算出,然后可很快地测出。由于这种方法可以很容易地改变频率和精确地控制幅度,因此特别有用。

在作衰减器测量时也可解决同样的问题。用一个合成源作激励源,另一个作本振,用外差法下降到测量器件的频率,即可进行非常稳定而又精确的测量。

在测试某些元件时,也可以用两个合成信号发生器。像混频器这样的器件可以用一个高电平信号作本地振荡器,另一个作低电平射频信号来测试,具有精确中频偏置频率和电平控制。

脉冲调制

当需要作高性能脉冲调制时,8672A可以与脉冲调制器连用。11720A覆盖整个2~18GHz频段,具有短时上升和下降时间和高的开/关比例。当需要微波脉冲信号时,11720A可与8672A联用,产生高性能的连贯的脉冲信号。这种加上脉冲调制的低相位噪声使得这种信号在许多雷达应用中很有用。

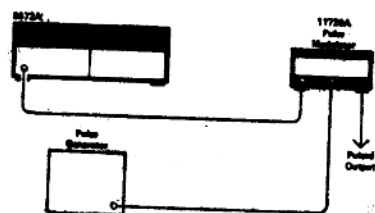


图33. 用HP11720A脉冲调制器作脉冲调制。

远地程控

8671A和8672A都可程控。除电源开关外,面板上的全部功能都可用HP-IB来程控。频率也可以程控,其分辨力与人工方式时相同。输出电平可在全范围内按1dB级程控,或者它可程控“断开”(OFF)。电平控制源(内、外、晶体等)也可以程控。调制方式和范围也是可以程控的。远地工作时,除了表头方式和电源以外,所有的

面板控制器都无用。

仪器的功能不仅可以远地控制,而且当仪器的正常工作中断时还可以要求服务。当8671A和8672A作讲者用时,可以发送仪器工作状态的拜特。

本章将简要说明8671A/8672A的程控,以对初学程控者有所裨益。为了帮助用户弄清程控的语句,我们以9825A和9830A计算器为例,专门加以说明。在某些场合下,用9820A和9821A计算器作例。

程控的格式

8671A和8672A在出厂前已装有听者和讲者地址,并预置到ASCII符号“3”和“S”。对于9825A来说,这相当于一个5比特+进位数19。需要时,通过调整仪器内的开关,就可以很容易地改变这些地址。当仪器第一次置于“远地方式”时,除了功率输出游标置于+3dB外,仪器的其它功能和频率输出都保持不变。8671A和8672A在第一次被指派为听者前,一直处于“本地方式”状态。

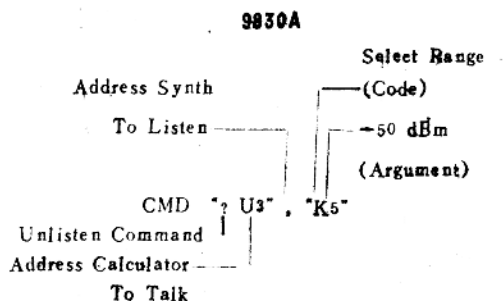
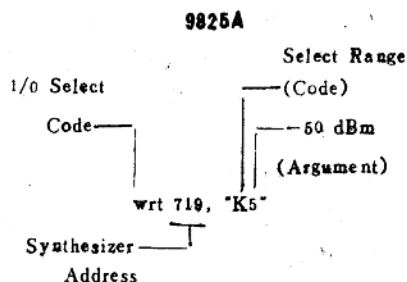
8671A或8672A一旦被指派为听者时,其程序格式就由程序编码和自变量组成。程序码包括一个字母,它决定被程控的功能(见表2)。自变量也是一个字母,它决定被程控功能的值。除频率数据和“频率执行”指令外,程序码和适当的自变量可以以任意的次序送出。

当用多个程序码来同时改变几个功能时,如果程序码是按字母顺序排列的,那么除第一个程序码以外,后面的程序码都可以省略。

频率程控

频率的程控是非常简单而又便于执行的。它有三个基本步骤:1. 输入被程控的最大数字程序码;2. 输入实际的频率数;3. 输入频率执行指令。

例如:



例如: 下面两个语句完全相等

9825A

wrt 719, "P1Q2R3S4T5U6V7W8Z9"

wrt 719, "P12345678Z9"

9830A

CMD "U3", "01A2B3C4D5E6F7G8J0"

CMD "U3", "012345678J0"

* @ is obtained by [Shift] [result] key strokes on the 9830 and [GO TO] on the 9820A and 9821A.

• 在9830上按[Shift] [result] 键, 在9820A、9821A上按[Shift] [go to] 键即可得到 @

表2. 程序码

功 能	程序字母*	
	ASCII	十进制
10GHz	@或P	64或80
1GHz	A或Q	65或81
100MHz	B或R	66或82
10MHz	C或S	67或83
1MHz	D或T	68或84
100kHz	E或U	69或85
10kHz	F或V	70或86
1kHz	G或W	71或87
频率执行	J或Z	74或90
范围	K或(	75或91
游标	L或\	76或92
AM	M或)	77或93
FM	N或~	78或94
ALC	O或-	79或95

• 由于有些控者可能不能发出所有的编码, 为方便起见, 每一功能都有两个程序码。

8671A和8672A可以按任其输出范围内的任何程控频率, 分辨率为1kHz。当频率大于6.2GHz时, 如果程控频率实际上不可

能兼容2或3kHz分辨率, 则8672A的频率就会随机向上或向下取整。

在频率执行指令送出之前, 输出频率不会改变。有时候这个指令要在频率数据送出后才能送出。为了要完成程序的语法, 在频率执行程序以后必须要有一个哑自变数, 它可以是任意一个数。

特殊的频率程控

8671A和8672A都具有特殊的性能, 它可以在许多情况下简化程序。

1. 仪器对小数点忽略不计。当很多控者以变量编程时, 允许对大于或小于10GHz的所有频率只使用一个输出语句就行了。因而也就不需要判断用10GHz还是用1GHz程序码。

例如:

9825A

ent "Frequency in MHz", F

fmt "P" fz9.3, "z9", wrt 719, F

13500MHz的实际输出数是 "P13500.000Z0"

例如:

9825A

10 GHz (Code) — Freq. Exec.
— Dummy Argument For Syntax
wrt 719, "p 12345678J8" Results in 12345.678 MHz
wrt 719, "A9847600J2" Results in 9847.600 MHz
wrt 719, "p98476000J2" Results in an out of range
indication of 98.476 GHz

9830A

10 GHz (Code) — Freq. Exec.
— Dummy Argument For Syntax
CMD "rU3", "p12345678J0" Results in 12345.678 MHz
CMD "rU3", "A9847600J2" Results in 9847.600 MHz
CMD "rU3", "P98476000J2" Results in an out of range
indication of 98.476 GHz

8000MHz的实际输出数是 "P08000.
000Z0".

例如:

9830A

150 CMD "rU3"
160 DISF "INPUT FREQUENCY IN
MHZ",
170 INPUT F
180 FORMAT "P", F1000.7, "Z0".
190 OUTPUT(13, 180)F/1E+04

13500MHz的实际输出数是
"P1.3500000Z0"

8000MHz的实际输出数是
"P0.8000000Z0"

例如:

9820A/9821A

0:
CMD "rU3" +
1:
ENT "FREQ IN MHZ
, XI—

2:

FMT "P", FXD*, 8,
"Z0", WRT 13, X/1E

51—

13500MHz的实际输出数是
"P.13500000Z0"

8000MHz的实际输出数是
"P.0800000Z0"

2. 在8671A和8672A内, 频率信息储存在两个方块内, 每个方块有四位数字。其中一个为10GHz~10MHz位, 另一个为1MHz~1kHz位。除非仪器在频率大于0.2GHz时需要取整1kHz位, 否则在其中一个方块内进行程控时不会改变另一个方块。

当只程控最重要的方块时, 由于在输出频率取整会引起意想不到的总误差, 因此只在一个方块内进行程控时必须特别小心。

3. 当位数按连续的次序进行程控时, 正进行程控的方块内的所有未程控的位数都置于零。