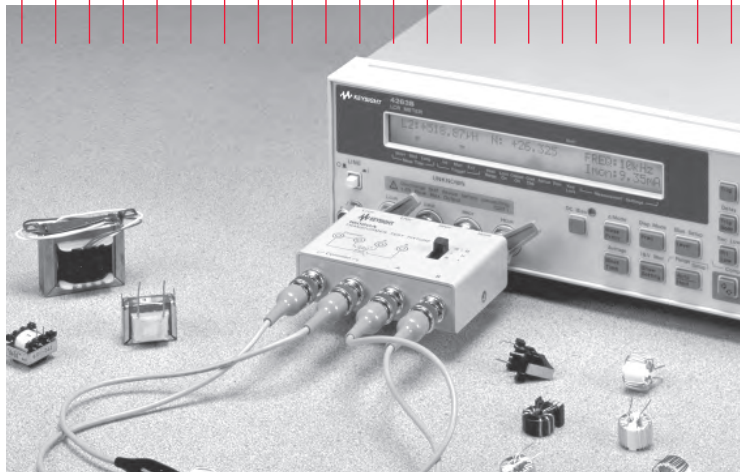


是德科技

使用扫描仪和 Keysight 4263B LCR 表 进行高效的多抽头变压器测量

应用指南



简介

随着近年来电子设备和数字网络的发展，变压器的产量稳步提高。变压器能够推进设备微型化、降低功耗以及提高质量，因而改进变压器生产线及其质量检验过程的测量效率十分必要。直到最近，人们意识到提升变压器测量效率的必要性，尤其是LAN或ISDN数字网络使用的脉冲变压器和配有三个及以上极点的多抽头变压器(例如开关电源变压器)。本应用指南介绍了一种使用扫描仪和Keysight 4263B LCR表的高效多抽头变压器测量方法。

Keysight 4263B 变压器测量能力

4263B LCR表是一款用于LCR元器件基本参数测量的低价位仪器，其测量速度高达25ms，测量频率为100Hz、120Hz、1kHz、10kHz和100kHz。配有选件001的4263B还能够测量匝数比(N)、互感(M)和直流电阻(DCR)，以便用于变压器测量。图1显示了4263B进行L、M和DCR测量的简单方框图。

例如，进行电感——匝数比(L-N)测量时，需要在Hcur端子上施加交流电压。通过计算测得的V1和I1值可得出自感值(L1)。通过比较V1和V2测量值可自动得出匝数比(N)，并且可以同时识别其极性。

进行直流电阻(L-DCR)测量时，在Hcur端子上施加直流电压。计算测得的V1和I1值可得出直流电阻值(DCR1)。

在使用这种测量连接时，需注意以下限制。

- 仅能测量变压器的初级自感和直流电阻。如欲测量次级的值，必须改变变压器连接。
- 匝数比必须为0.9或以上(匝数比低于0.9时将因为内部电路饱和而无法执行相关测量)。

Keysight 16060A变压器测试夹具能够克服以上限制。更改夹具的外部开关，变压器连接随之改变，这样您就可以轻松测量初次级参数与匝数比。图2显示了16060A的简单方框图。

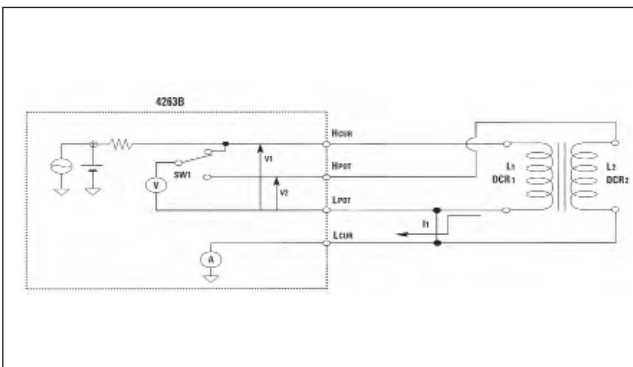


图1. Keysight 4263B 执行 L、M 和 DCR 测量时的方框图

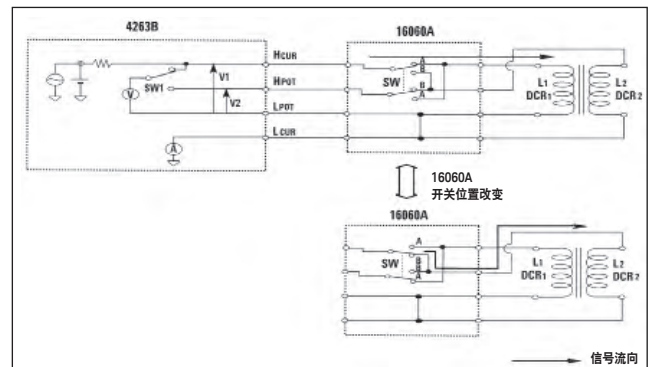


图2. Keysight 16060A 方框图

使用扫描仪进行多抽头变压器测量

使用 4263B 和扫描仪可以测量具有两个或更多极点的双抽头变压器。

(A) 系统配置

图 3 显示了测量 4 抽头变压器的系统配置。

使用带有 4 x 4 矩阵开关模块 (选件 013) 的 Keysight 3488A 开关/控制单元。选件 013 可提供高度灵活的开关功能, 可将 4 个输入通道的任意组合连接到 4 个输出通道的任意组合。因此, 选件 013 适用于多抽头变压器测试。

图 4 显示了 4x4 矩阵开关模块的硬件配置。

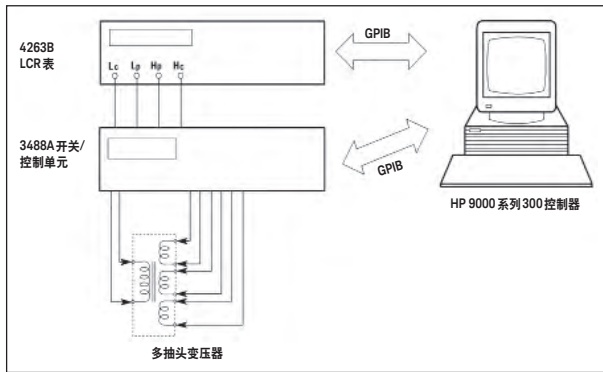


图 3. 用于多抽头变压器测量的系统配置

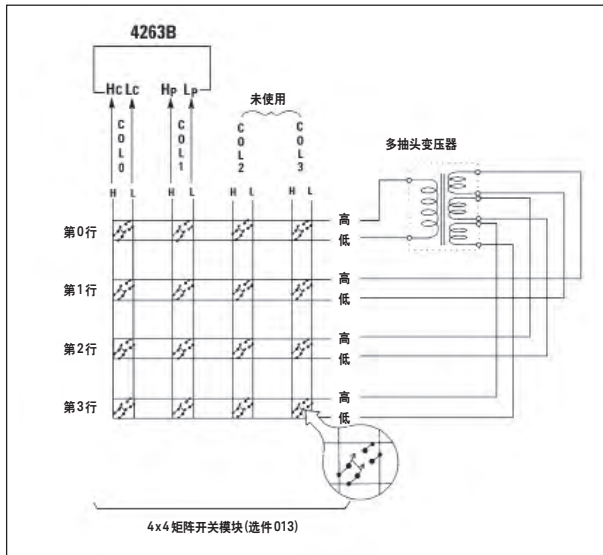


图 4. 选件 013 4x4 矩阵开关模块

(B) 推荐的系统结构

在构建系统时, 为确保尽可能精确的测量, 必须考虑以下三点。(参见图 5)

1. 尽可能地缩短测量电缆长度, 这是因为测量电缆的寄生自感和电阻是引发测量误差的重要原因。对于推荐使用的电缆长度, 导线电感值必须为 1/10 或低于已测得电感值 (类似于导线电阻)。
2. 配置在一个屏蔽的 2 端子配置中, 以阻隔外部噪声或杂散电容产生的影响。
3. 将 Lc/Lp 端子尽量靠近变压器连接。在使用 4263B 进行变压器测量时, 必须将变压器初级和次级电感器的 Lc/Lp 端子连接在一起。使用扫描仪时, 应当将这些连接接近被测变压器。如果连接位置距离变压器较远 (例如在扫描仪模块的输入点), 较低一侧的导线电阻可能会增加测量误差。

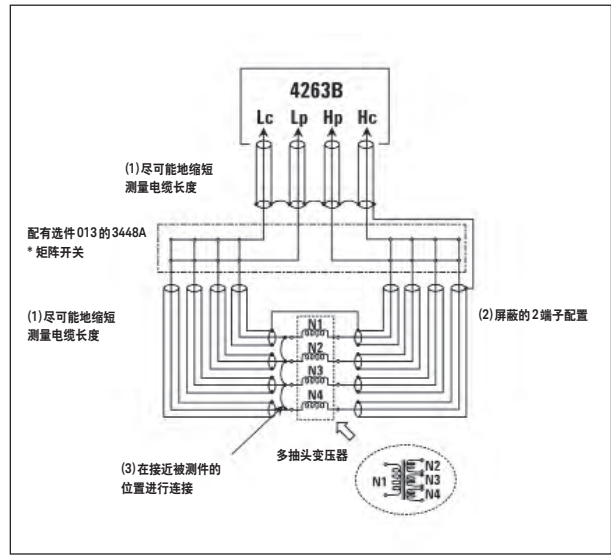


图 5. 系统结构

(C) 测量过程

使用本指南末尾提供的示例程序 (适用于 HP 9000 系列 300 控制器), 只需一次连接便能执行多抽头变压器测量 (自感、直流电阻和匝数比)。图 6 显示了示例程序的流程图。

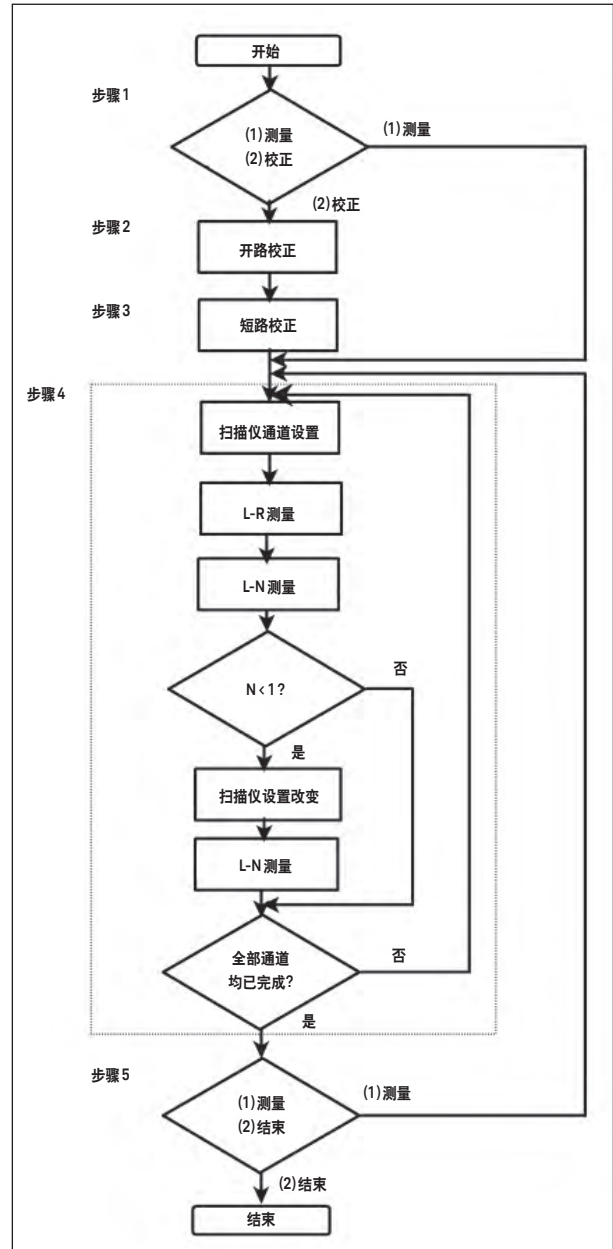


图 6. 示例程序的流程图

该程序可执行开路与短路校正，并显示测得的变压器每个抽头的值。如果因为匝数比低于 0.9 而无法执行匝数比测量，扫描仪将会自动调整，并重新进行测量。该程序可以修改以便与其他系统或条件匹配。

以下步骤列出了该程序的流程：

步骤 1. 运行程序。控制器显示屏将显示以下信息。

选择(1)测量(2)校正?
输入数字并按下 RETURN 键

此处可以直接选择测量或选择校正数据测量。如需执行测量，请输入数字 1 并按下控制器上的 RETURN 键(跳至第 4 步)。如需测量校正数据，请输入数字 2 并按下控制器上的 RETURN 键。

步骤 2. 如果在步骤 1 中选择了校正数据测量，控制器显示屏将显示以下信息。现在已完成扫描仪每个通道(通道 0~通道 3)的开路校正数据测量。

通道 0 开路测量
通道 0 开路测试端子
开始开路测量。(2) 跳过通道 0 开路测量?
输入对应的数字并按下 RETURN 键

要执行开路校正数据测量，请将所有通道设置开路条件(如图 7 所示)。随后，输入数字 1 并按下控制器上的 RETURN 键。已采集到通道 0 (CH.0) 的开路校正数据。继续采集通道 1~3 的数据。

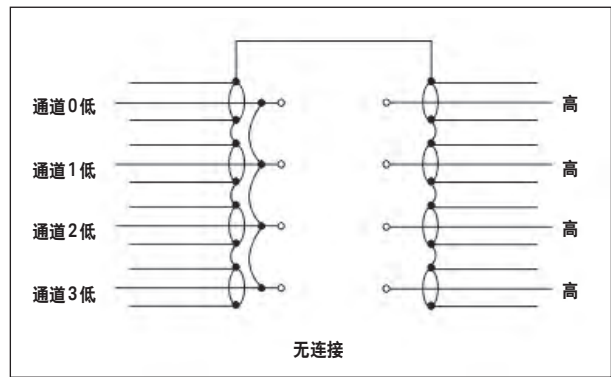


图 7. 开路条件

步骤 3. 开路校正测量结束后，控制器显示屏将显示以下信息。现在已测量扫描仪每个通道(通道0~通道3)的短路校正数据。

通道0短路测量
 通道0的短路测试端子
 开始短路测量。(2)跳过通道0短路测量?
 输入数字并按下RETURN键

通过扫描多抽头变压器的每一个抽头，可测量变压器的自感、直流电阻和匝数比。

N1: L[H]: 6.00928E-6 DCR [OHM]: .0134568726173 N: 1
 N2: L[H]: 2.392557E-5 DCR [OHM]: .0171348134407 N: 2.1304
 N3: L[H]: 9.603832E-5 DCR [OHM]: .0230939715609 N: 4.0630
 N4: L[H]: .00038334126 DCR [OHM]: .0250939715609 N: 8.0188
 是否继续测量(1)是(2)否

要执行短路校正数据测量，需要将所有通道设置为短路条件(如图8所示)。随后，输入数字1并按下控制器上的RETURN键。已采集到通道0(CH.0)的短路校正数据。继续采集通道1~3的数据。

步骤 4. 开路/短路校正数据采集结束后，控制器显示屏上会显示以下信息(与步骤1相同)。

选择(1)测量(2)校正?
 输入数字并按下RETURN键

步骤 5. 如需重复测量，请输入数字1并按下控制器上的RETURN键。如果终止程序，输入数字2并按下控制器上的RETURN键。

(D) 其他测量误差

与使用16060A变压器测试夹具测得的值相比，图3所示的系统配置会略微增大测量误差。这些误差(补充特征)为(使用频率: 1 kHz，信号电平: 1Vrms，测量时间: 中等):

- 自感: 参见图10
- 直流电阻: 参见图11
- 匝数比: 0.02 % 或更低

如需执行测量，请将被测多抽头变压器连接到扫描仪(如图9所示)。输入数字1并按下控制器上的RETURN键。

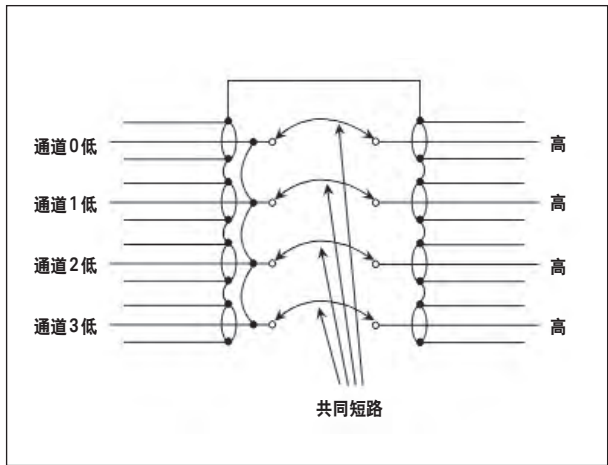


图8. 短路条件

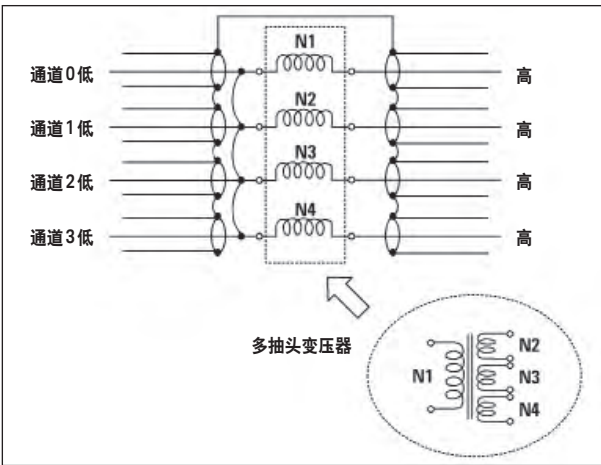


图9. 用于测量多抽头变压器的连接

附录。示例程序

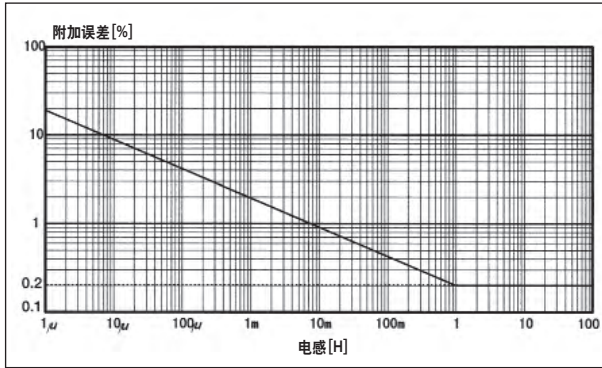


图 10. 自感附加误差

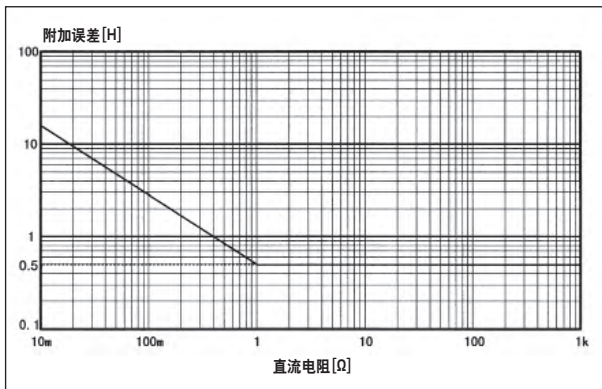


图 11. 直流电阻附加误差

结论

带有选件 001 的 Keysight 4263B 与扫描仪结合使用，您只需一次连接即可测量必要的多抽头变压器参数。这种测量方法能够提高变压器生产线及其质量检验过程的效率。

```

10  |*****|
20  |:= 4263B with Option 001 |
30  |:= Transformer Measurement Using scanner *|
40  |*****|
50  |
60  | OPTION BASE 0
70  | DIM Ch_hc(3),Ch_hp(3)
80  | DIM Meas_r(3),Meas_l(3),Dummy(3),N(3),True_r(3),True_l(3)
90  | DIM Open_r(3),Open_l(3),Open_g(3),Open_b(3),Short_r(3),Short_l(3)
100 |
110 | 4263B=717 | 4263B GPIB Address = 717
120 | 3488a=709 | 3488a GPIB Address = 709
130 | Nch=3 | (#-1) of Transformer tap
140 | F=1.0E+3 | Test Frequency
150 | V=1 | Test Signal Level
160 | T=.065 | Measurement Speed
170 | N(0)=1 | N1=1 as reference
180 |
190 | Main_menu: | << MAIN MENU >>
200 |
210 | PRINT CHR$(12) | Clear screen
220 | Work=0
230 | PRINT "SELECT FUNCTION (1) MEASUREMENT (2) CORRECTION ?" |
240 | INPUT "TYPE NUMBER AND PRESS RETURN KEY",Work |
250 | IF Work=1 THEN Measurement
260 | IF Work=2 THEN Correction
270 |
280 | Correction: | << CORRECTION >>
290 |
300 | Open_correction: | << OPEN correction >>
310 |
320 | OUTPUT 4263B;"SYSTEM:PRESET" | Reset the 4263B
330 | OUTPUT 4263B;"SOURCE:FREQ ";F | Frequency: F
340 | OUTPUT 4263B;"SOURCE:VOLTAGE ";V | Signal Level: V
350 | OUTPUT 4263B;"SENS:FIMP:APER 0.5" | Meas. speed: LONG
360 |
370 | FOR Ch=0 TO Nch
380 |
390 | Ch$=VAL$(Ch)
400 | PRINT CHR$(12)
410 | PRINT "Ch."&Ch$&" OPEN MEASUREMENT"
420 | IF Ch=0 THEN PRINT "OPEN TEST TERMINALS OF CH.0 AND CH.1!"
430 | IF Ch<>0 THEN PRINT "OPEN TEST TERMINALS OF CH.0 AND CH."&Ch$!
440 | PRINT " (1) START OPEN MEAS. (2) SKIP CH."&Ch$&" OPEN MEAS.?"
450 | Work=0
460 | INPUT "TYPE NUMBER AND PRESS RETURN KEY",Work |
470 | IF Work<>1 AND Work<>2 THEN 460
480 | IF Work=1 THEN Open_meas
490 | IF Work=2 THEN Open_skip_ch
500 |
510 | Open_meas:
520 |
530 | Ch_hc(Ch)=200+Ch*10 | Channel Setting of Hcur/Lcur
540 | IF Ch=0 THEN Ch_hp(Ch)=211 | Channel Setting of Hpot/Lcur
550 | IF Ch<>0 THEN Ch_hp(Ch)=201
560 |
570 | OUTPUT 3488a;"RESET" | Reset the 3488A
580 | OUTPUT 4263B;"CLOSE";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch) | Close the channels
590 | OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC:CONC ON" | Meas.mode: L2-R2
600 | OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC 'IMP', 'RES'"
610 | OUTPUT 4263B;"CALC1:FORM LS"
620 | OUTPUT 4263B;"CALC2:FORM REAL"
630 | OUTPUT 4263B;"TRIG:SOUR BUS" | Trigger mode: BUS
640 | OUTPUT 4263B;"*TRG" | OPEN correction data
650 | ENTER 4263B;"S,Open_l(Ch),Open_r(Ch) |
660 | IF S<0 THEN 640
670 | OUTPUT 3488a;"OPEN";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch) | Open the channels
680 | Open_g(Ch)=1/Open_r(Ch)
690 | Open_b(Ch)=1/Open_l(Ch)
700 |
710 | Open_skip_ch:
720 |
730 | NEXT Ch
740 |
750 | Short_correct: | << SHORT Correction >>
760 |
770 | OUTPUT 4263B;"SYSTEM:PRESET" | Reset the 4263B
780 | OUTPUT 4263B;"SOURCE:FREQ ";F | Frequency: F
790 | OUTPUT 4263B;"SOURCE:VOLTAGE ";V | Signal Level: V
800 | OUTPUT 4263B;"SENS:FIMP:APER 0.5" | Meas. speed: LONG
810 |
820 | FOR Ch=0 TO Nch
830 |
840 | PRINT CHR$(12) | Clear screen
850 | Ch$=VAL$(Ch)
860 | PRINT "Ch."&Ch$&" SHORT MEASUREMENT" |
870 | IF Ch=0 THEN PRINT "SHORT TEST TERMINALS OF CH.0 AND CH.1!"
880 | IF Ch<>0 THEN PRINT "SHORT TEST TERMINALS OF CH.0 AND CH."&Ch$!
890 | PRINT " (1) START SHORT MEAS. (2) SKIP CH."&Ch$&" SHORT MEAS.?" |
900 | Work=0
910 | INPUT "TYPE NUMBER AND PRESS RETURN KEY",Work |
920 | IF Work<>1 AND Work<>2 THEN 910
930 | IF Work=1 THEN Short_meas
940 | IF Work=2 THEN Short_skip_ch
950 |

```

```

960 Short_meas:
970
980 Ch_hc(Ch)=200+Ch*10
990 IF Ch=0 THEN Ch_hp(Ch)=211
1000 IF Ch<>0 THEN Ch_hp(Ch)=201
1010
1020 OUTPUT 3488a;"RESET"
1030 OUTPUT 3488a;"CLOSE";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1040 OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC:CONC ON"
1050 OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC 'IMP','RES'"
1060 OUTPUT 4263B;"CALC1:FORM LS"
1070 OUTPUT 4263B;"CALC2:FORM REAL"
1080 OUTPUT 4263B;"TRIG:SOUR BUS"
1090 OUTPUT 4263B;"*TRG"
1100 ENTER 4263B;S_Short_l(Ch),Short_r(Ch)
1110 IF S<>0 THEN T=0
1120 OUTPUT 3488a;"OPEN";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1130
1140 Short_skip_ch:
1150
1160 NEXT Ch
1170
1180 GOTO Main_menu
1190
1200 Measurement:
1210
1220 PRINT CHR$(12)
1230 OUTPUT 4263B;"SYSTEM:PRESET"
1240 OUTPUT 4263B;"SOURCE:FREQ ";F
1250 OUTPUT 4263B;"SOURCE:VOLTAGE ";V
1260 OUTPUT 4263B;"SENS:FIMP:APER ";T
1270 OUTPUT 4263B;"TRIG:SOUR BUS"
1280 OUTPUT 3488a;"RESET"
1290
1300 FOR Ch=0 TO Nch
1310
1320 OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC:CONC ON"
1330 OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC 'IMP','RES'"
1340 OUTPUT 4263B;"CALC1:FORM LS"
1350 OUTPUT 4263B;"CALC2:FORM REAL"
1360 Ch_hc(Ch)=200+Ch*10
1370 IF Ch=0 THEN Ch_hp(Ch)=211
1380 IF Ch<>0 THEN Ch_hp(Ch)=201
1390 OUTPUT 3488a;"CLOSE";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1400 OUTPUT 4263B;"*TRG"
1410 ENTER 4263B;S_Meas_l(Ch),Meas_r(Ch)
1420 True_l(Ch)=(Meas_l(Ch)-Short_l(Ch))/(1-(Meas_l(Ch)-Short_l(Ch))*Open_b(Ch))
1430 True_r(Ch)=(Meas_r(Ch)-Short_r(Ch))/(1-(Meas_r(Ch)-Short_r(Ch))*Open_g(Ch))
1440
1450 IF Ch=0 THEN Skip_meas
1460
1470 OUTPUT 4263B;"SENS:FUNC 'IMP','VOLT:AC"
1480 OUTPUT 4263B;"*TRG"
1490 ENTER 717;S_Dummy(Ch),N(Ch)
1500
1510 IF S=1 THEN
1520 OUTPUT 3488a;"OPEN";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1530 Ch_hc(Ch)=201+Ch*10
1540 Ch_hp(Ch)=200
1550 OUTPUT 3488a;"CLOSE";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1560 OUTPUT 4263B;"*TRG"
1570 ENTER 4263B;S_Dummy(Ch),N(Ch)
1580 N(Ch)=N(O)/N(Lch)
1590 END IF
1600
1610 Skip_meas:
1620
1630 PRINT "N":Ch+1;" ":"L [H]:"True_l(Ch),"DCR [OHM]:"True_r(Ch),"N:"N(Ch)
1640 OUTPUT 3488a;"OPEN";Ch_hc(Ch),Ch_hp(Ch)
1650
1660 NEXT Ch
1670
1680 Work=0
1690 INPUT "DO YOU WANT TO CONTINUE TO MEASURE? (1) YES (2) NO",Work
1700 IF Work=1 THEN Measurement
1710 IF Work=2 THEN 1740
1720 IF Work<>1 AND Work<>2 THEN 1690
1730
1740 END
    
```

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：
www.keysight.com/find/contactus

请通过Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。

热线电话：800-810-0189、400-810-0189
热线传真：800-820-2816、400-820-3863

是德科技(中国)有限公司

地址：北京市朝阳区望京北路3号
电话：(010) 64397888
传真：(010) 64390278
邮编：100102

上海分公司

地址：上海市虹口区四川北路1350号
中信泰富申虹广场5楼、16-19楼
电话：(021) 36127688
传真：(021) 36127188
邮编：200080

广州分公司

地址：广州市天河北路233号
中信广场66层07-08室
电话：(020) 38113988
传真：(020) 86695074
邮编：510613

成都分公司

地址：成都高新区南部园区
天府四街116号
电话：(028) 83108888
传真：(028) 85330830
邮编：610041

深圳分公司

地址：深圳市福田区
福华一路六号免税商务大厦3楼
电话：(0755) 83079588
传真：(0755) 82763181
邮编：518048

西安分公司

地址：西安市碑林区南关正街88号
长安国际大厦D座5/F
电话：(029) 88867770
传真：(029) 88861330
邮编：710068

是德科技香港有限公司

地址：香港北角电气道169号25楼
电话：(852) 31977777
传真：(852) 25069292

香港热线：800-938-693
香港传真：(852) 25069233

This document was formerly known as Application Note 1224-5

