

潘仁瑾 李仕学 主编

常用进口电子仪器实用指南

电学分册



常用进口电子仪器实用指南 电学分册

潘仁瑾 李仕学 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

常用进口电子仪器实用指南: 电学分册/潘仁瑾, 李仕
学主编. —北京: 国防工业出版社, 2003.6

ISBN 7-118-01974-7

I. 常… II. ①潘… ②李… III. ①电子仪器-进口商品
-指南②电量测量-电工仪表-进口商品-指南 IV. TM93-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 022817 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路33号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26½ 602 千字
2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月北京第 1 次印刷
印数: 1-3100 册 定价: 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

编 者 的 话

现代高新技术的应用与发展离不开先进的电子仪器。改革开放以来,国民经济各领域从国外引进了许多先进的电子仪器。这些仪器技术新,功能强,性能稳定,无论在国民经济建设,还是在国防科研试验,乃至仪器的科研生产中均起到了积极的推动作用。

为满足国防建设的需要,许多单位相继从国外引进了相当数量的电子测量仪器。为了充分发挥这些设备的潜力,给使用者提供指导,提高利用效益,在总装备部后勤部试验装备物资局的领导下,我们组织了长期在第一线从事进口仪器使用和维修的技术人员,在充分研究分析仪器资料的基础上,结合自己多年使用和维修的经验整理成文,并经编委认真审查修改后编辑出版,形成了现在奉献给读者的《常用进口仪器实用指南》一书。

本书的显著特点是实用性强。在选型上,除介绍部分代表当今世界水平的新产品外,也撰写了那些数量大、使用面广,虽稍显陈旧,但仍在发挥着积极作用的仪器;在内容安排上,除介绍仪器基本工作原理外,突出了使用方法和应用。读者利用此书,可以在不必阅读繁缛的原文资料情况下,以较短的时间熟悉操作使用,并从中获得启发,进行更深层次的开发应用。

本书除对仪器的使用者具有指导意义外,对相关专业的工程技术人员和大专院校师生亦有参考价值。

鉴于所选仪器种类繁多,文字篇幅较长,本书将按不同类型陆续以若干分册出版。

由于编者水平有限,谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

总装备部《常用进口电子仪器实用指南》编委会

前 言

数字多用表(Digital Multimeter-DMM)是将模拟量转换成数字量,并以数字形式显示其测量结果的电子测量仪器。DMM 在电测领域中占有重要的位置,它除了能作为独立测量仪器使用外,还在自动测试、智能化方面扮演着重要角色。在一个计量校准装置或自动测试系统中,如果没有数字多用表的参与,精确的测量工作将是难以完成的。计量工作中,高准确度的数字多用表和高准确度的数字校准源组成基本的测量系统,实现量值传递,达到量值统一。

数字多用表及数字校准源随着计算机技术、通信技术、微电子技术以及大规模集成电路技术的发展而发展,一些相关的新技术不断涌现,推动着这些仪器的水平不断提高。目前,数字多用表及数字校准源除了具有较高的准确度和分辨力,显示直观,功能越来越完善,超载能力强,测量速度快,易于操作、携带方便等突出优点外,正朝着智能化、开放性结构、多屏菜单显示、一表多用、多种功能组合、模块化、高速度和宽量程方向发展。

1. 数字多用表采用的关键技术

(1)模/数转换(A/D)是数字多用表的核心

数字多用表按档次的不同相应地采用了不同的 A/D 转换原理。显示位数在 $4\frac{1}{2}$ 以下的 DMM 及各类数字面板表,其 A/D 采用了双斜或 V/F 转换原理。在一些高档数字多用表上分别采用了余数再循环原理、四斜和多斜多周期原理、多斜或 I I ■ 原理以及脉宽调制原理等。运用这些原理制作的 A/D 转换器能较好地解决 DMM 的测量速度、准确度和分辨率之间的矛盾。

(2)电压基准器件的稳定性决定了数字多用表的测量稳定度和准确度

数字多用表的准确度指标主要受电压基准器件的制约。多年来,数字多用表的电压基准一直是采用齐纳击穿原理的半导体器件,虽然约瑟夫逊器件稳定性好但目前没有进入实用阶段。由于齐纳半导体筛选过程复杂,成本高,合格率低,所以数字多用表的准确率指标目前仍维持在 $n \times 10^{-6}$ 数量级。

(3)前置放大器的噪声指标制约着 DMM 的分辨率

数字多用表的分辨率受前置放大器的噪声影响很大,目前的基本水平是在 $0.1\mu\text{V}$ 。为适应弱小信号的测量,一些著名公司在前置级采用了许多先进技术,譬如采用调制解调技术,并且加入 pV 级低噪声高增益放大器,使数字多用表的分辨率有了数量级的提高。例如,HP3458A、FLUKE8506 数字多用表的分辨力达到 1nV ,KEITHLEY2002 直值电压分辨力为 1nV ,交值电压为 10nV ,电流可测到 10pA 。

2. 数字多用表的发展趋势

(1)采用全新的 A/D 转换技术

一种不同于过去做法的全新的 A/D 转换技术能有效地降低噪声和非线性,这种模数转换不需要多次采样平均, $6\frac{1}{2}$ 位、 $7\frac{1}{2}$ 位乃至 $8\frac{1}{2}$ 位的 A/D 转换过程都是直接发生,而

且能保证在较高的测试速度下获得较高的准确度。这种转换技术将模拟电路和数字电路集成到一个芯片中,做成模块逐步成为通用的接口芯片。现在已有 7106、7135 等接口芯片出现。最典型的例子是美国 AD 公司按 $\Sigma-\Delta$ 原理制造的 AD7003 芯片,它具有 20B 分辨率、0.003% 的线性度以及芯片上的自校准功能。

(2) 采用开放式仪器体系结构

新的 DMM 完全按 VXI 总线标准进行仪器设计,出现了 VXI 数字多用表。将这些 VXI 数字多用表直接插入 VXI 主机箱,按照 IEEE488.2、SCPI 等国际标准编程,即可进入 VXI 自动测试系统参加测试。随着电子技术的不断进步,目前出现了模块化的 VXI 数字多用表,改变模块就可以重新配置数字多用表,使其具有新的功能和测量能力,譬如可能具有包括相位、功率、电容等测量能力以及滤波和保护等功能。典型产品有按 VXI 总线 C 型尺寸设计的 HP-E1410A、DATRON1362,二者都是 6 ½ 位 DMM,具有直接测量 DVC、DCI、ACV、ACI 和 Ω 功能,最高测量速度可达 1000S/s 并具有 SCPI(可编程仪器的标准指令)的语言兼容能力,准确度分别达到 30×10^{-6} 和 20×10^{-6} 。模块化的 VXI 数字多用表,相对于台式机而言,具有更高的可靠性、抗干扰性和环境适应能力。

(3) 采用多个微处理器控制

新一代系统数字多用表都是由微处理器(μ P)控制,配有仪用接口,为增强系统功能和方便使用着想,在一台仪器中同时采用几个微处理器。例如 KEITHLEY2001 和 2002,采用五个微处理器用以改善测量功能和提高测量速度。同时该表的直流前置放大器前用 1600VMOSFET 开关,提高了仪器的可靠性和快速保护及恢复的能力。该 DMM 具有可选 30000 个读数的存储能力、32 通道的 4 线输入及微伏级小信号的测量。PREMA 公司的 8047 7 ½ 位 DMM 使用 486 芯片,带有 40MB 以上硬盘和 3.5 英寸软驱,使用贴膜型前面板键盘和 VGA 液晶显示,支持外部键盘和外接彩色监视器。内存从 8kB~256kB 可选,内存可存 10000 个读数,可选 8k~256kB 存储卡。

由于新的 DMM 采用多个 μ P 控制,在显示方式上就可以使用单独 μ P 芯片控制,增加了同时显示多个测量结果和条图显示的功能。

(4) 采用新的触发技术

新的触发技术是为解决 IEEE488 总线传输率较低的“瓶颈”问题而采取的解决方案,这些方案包括制定新的高速 HS-488 协议、使用系统触发控制器、设置读出缓冲器、对源功能定义输出时序、增加总线吞吐量(比软件触发快 8 倍)等。新的触发能力增加了实时时钟和对数据增加时间标记。这样一来,在任何时候启动自动测量就不需要计算机的控制或干预。

(5) 采用一表多用的组合技术

FLUKE 公司和 PHILIPS 公司进行技术合作,发挥各自的技术优势,于 1991 年推出新的测量仪器—FLUKE90 系列多用示波器(SCOPEMETER),该仪器兼有数字多用表和 100MHz/60MHz 双通道数字存储示波器及函数发生器的功能,是一种新型的组合式仪器,目前已经从 92B、96B、99B 到 105B 发展成系列新型多用示波器。Tektronix 公司近年来也推出了具有类似测量能力的 TekMeter 和 TekScope。TekweveMeter 及 TekMeter 波形表,具有真正有效值(RMS)数字多用表和图像化的波形显示,产品有 THM420(TekweveMeter),THM560 及 THM565(TekMeter)。TekScope 具有 100MHz 带宽、500MS/s

采样率、双通道示波器及真有效值(RMS)数字多用表功能。典型产品有 THS720 (100MHz 带宽)及 THS710(60MHz 带宽)等。

(6)采用先进的集成电路技术

由于采用微电子技术及先进的集成电路技术,开发成功的新一代 DMM 都具有比较完善的测量功能,称得上真正意义上的数字多用表。例如,FLUKE 公司的 45 型双显示数字多用表,具有标准的 RS232 和 IEEE-488 接口,既能测量 DCV、ACV、DCI、ACI、 Ω 和频率,还能同时显示两个被测参数。HP 公司的 34401 型 $6\frac{1}{2}$ 数字多用表,测试速度达到 1000S/s,可存 512 个读数,还具有频率和周期测量能力。类似产品有 KEITHLEY 公司的 2000 型、PREMA 公司的 5000 型及岩崎公司的 7513 等。

本书有代表性地介绍了已引进应用的 9 种数字多用表和 5 种数字校准源的工作原理和技术指标,比较详细地讲述了它们的使用方法和应用技巧,同时给出了该类仪器检定/校准、维修及调校的依据和步骤。编著本书的目的在于让读者通过阅读或查找本书中有关章节,就能快速地了解甚至熟练地操作这类测量仪器,而不必去翻阅大量的外文资料。并且试图通过编写本书,提供给读者一种思路,即按照本书的提示去使用、开发仪器的功能,发挥仪器的更大潜力。

本书撰写过程中得到一些国外知名公司的大力支持,在此表示衷心的感谢!

鉴于编者水平所限,书中难免还有疏漏及不妥当之处,非常热诚地欢迎读者予以指正。

编 者

目 录

第 1 章 7081 精密数字多用表	1
1.1 概述	1
1.2 主要技术指标	1
1.2.1 直流电压测量	1
1.2.2 交流电压测量	2
1.2.3 电阻测量	3
1.3 基本原理	4
1.4 使用方法	6
1.4.1 面板控制	6
1.4.2 本机操作及应用	12
1.4.3 程控操作	26
1.5 开发应用	35
1.5.1 扫描器设计	36
1.5.2 应用程序实例	37
1.6 性能测试及校准	40
参考文献	43
第 2 章 1271 型 8 ½ 位自校准数字多用表	44
2.1 概述	44
2.2 技术指标和选件	44
2.2.1 主要技术指标	44
2.2.2 其他技术指标	46
2.3 基本原理	46
2.3.1 1271 的系统组成	46
2.3.2 1271 的电路工作原理	47
2.4 使用方法	48
2.4.1 面板介绍	48
2.4.2 操作使用	57
2.5 性能校验	64
2.5.1 外部校准	64
2.5.2 自我校准	66
第 3 章 1081 自校准数字多用表	68
3.1 概述	68
3.2 主要技术指标	68

3.2.1 直流电压测量	68
3.2.2 电阻测量	69
3.2.3 交流电压测量	69
3.2.4 温度测量	70
3.3 基本原理	71
3.3.1 模拟板	71
3.3.2 交流电压板	71
3.3.3 电阻板	71
3.3.4 数字电路板	72
3.3.5 显示驱动板	72
3.3.6 IEEE-488 接口板	72
3.3.7 模拟输出板	72
3.4 使用方法	72
3.4.1 面板说明	72
3.4.2 操作使用	78
3.4.3 应用举例	86
3.5 开发应用	88
3.6 性能校验	89
3.6.1 校准	89
3.6.2 用键盘操作进行校准	92
3.6.3 经 IEEE-488 总线进行校准	93
3.6.4 校零	94
3.6.5 容许的极限范围的计算	94
3.6.6 校验操作	94
3.7 维护和调整	97
3.7.1 维护	97
3.7.2 调整	97
第4章 HP 34401A 数字多用表	103
4.1 概述	103
4.2 主要技术指标	103
4.3 基本原理	104
4.4 使用方法	107
4.4.1 面板概述	107
4.4.2 菜单操作	109
4.4.3 用 HP 34401 进行测量	113
4.5 远控接口配置	116
4.5.1 HP-IB 接口	116
4.5.2 RS-232	118
4.5.3 程控命令语言选择	118

第 5 章 192 程控数字多用表	119
5.1 概述	119
5.2 主要技术指标	119
5.3 工作原理	120
5.4 使用方法	122
5.4.1 前面板	122
5.4.2 后面板	124
5.4.3 操作使用	125
5.5 性能测试及校准调节	135
5.5.1 性能测试	135
5.5.2 校准调节	135
参考文献	137
第 6 章 7075 数字多用表	138
6.1 概述	138
6.2 主要技术指标	138
6.2.1 直流电压测量	138
6.2.2 交流电压测量	139
6.2.3 电阻测量	140
6.2.4 比率测量	141
6.3 基本原理	141
6.3.1 模拟电路部分	141
6.3.2 数字电路部分	143
6.3.3 远控操作	143
6.4 使用方法	147
6.4.1 面板介绍	147
6.4.2 操作使用	149
6.4.3 使用注意事项	151
6.5 应用	151
6.5.1 进行精确测量时需要考虑的一些问题	151
6.5.2 电阻测量	154
6.5.3 比率(RATION)测量	156
第 7 章 SM215 MK2 传递标准电压表	158
7.1 概述	158
7.2 技术性能指标	158
7.3 基本原理	159
7.3.1 原理概述	159
7.3.2 逐次比较式变换	161
7.3.3 双斜率式变换	162
7.3.4 整机控制	164

7.4 使用方法	165
7.4.1 面板说明	165
7.4.2 操作使用	167
7.5 开发应用	168
7.5.1 对叠加交流信号的抑制	168
7.5.2 漏电流测试	168
7.5.3 高电阻测量	169
7.6 性能测试	169
7.6.1 自校准步骤	169
7.6.2 外部校准步骤	170
7.7 维护修理	171
7.7.1 维护	171
7.7.2 性能恢复	171
7.7.3 仪器最终调准	178
7.7.4 维修实例	180
参考文献	183
第8章 HP3054 自动数据采集/控制系统	184
8.1 概述	184
8.2 技术性能指标	184
8.2.1 HP3437A 系统电压表	184
8.2.2 HP3456A 数字电压表	184
8.2.3 HP3497A 数据采集/控制装置	185
8.2.4 HP3498A 扩展器	186
8.2.5 插入选件	186
8.2.6 HP85B 计算机——系统控制器	187
8.3 基本原理	187
8.3.1 HP3437A 系统电压表	188
8.3.2 HP3497A 数据采集/控制装置	188
8.3.3 HP3498A 扩展器	189
8.3.4 常用插入选件	191
8.4 使用方法	193
8.4.1 面板功能介绍	193
8.4.2 操作使用	202
8.4.3 应用举例	213
8.4.4 系统使用注意事项	214
8.5 开发应用	214
8.5.1 系统主控机的换型	214
8.5.2 硬件设置	214
8.5.3 接口软件的配置	214

8.5.4 应用程序的开发	215
8.6 系统性能测试和校准	221
8.6.1 系统精确度的考核方案	221
8.6.2 系统精确度考核验证的评估	222
参考文献	224
第9章 HP3456A 数字多用表	225
9.1 概述	225
9.2 技术性能指标	225
9.2.1 直流电压测量	225
9.2.2 交流电压测量	226
9.2.3 电阻测量	226
9.3 基本原理	227
9.3.1 原理框图	227
9.3.2 A/D 转换器	228
9.4 使用方法	230
9.4.1 面板功能介绍	230
9.4.2 本机操作	237
9.4.3 远控操作	246
9.4.4 测量数据输出格式	250
9.5 性能测试	252
9.6 故障自诊断	252
参考文献	253
第10章 FLUKE5700A 多功能校准仪	254
10.1 概述	254
10.2 技术性能指标	254
10.2.1 直流电压	254
10.2.2 交流电压	255
10.2.3 直流电流	256
10.2.4 交流电流	256
10.2.5 电阻	257
10.2.6 宽带交流电压	257
10.3 基本原理	258
10.3.1 直流电压功能	258
10.3.2 交流电压功能	262
10.3.3 电流功能	263
10.3.4 电阻功能	263
10.3.5 宽带交流电压功能	264
10.4 使用方法	264
10.4.1 面板简介	264

10.4.2 操作使用	269
10.4.3 应用举例	280
10.4.4 注意事项	282
10.5 开发应用	282
10.5.1 与辅助放大器的连接	282
10.5.2 在 5700A 控制显示区读被测表的示值相对误差	283
10.5.3 利用 5700A 测量和显示被测表的零点偏移、示值误差和线性误差	284
10.6 性能测试	286
10.7 维护与校准	286
10.7.1 维护	286
10.7.2 校准	287
参考文献	295
第 11 章 4000A 自校准直流标准源	296
11.1 概述	296
11.2 主要技术指标	296
11.3 基本原理	297
11.4 使用方法	299
11.4.1 面板图	299
11.4.2 典型引线连接	302
11.4.3 基本功能操作	304
11.4.4 附加功能操作	306
11.5 远控操作	308
11.5.1 接口能力和程控命令	308
11.5.2 IEEE 488 接口的系统应用	310
11.6 校准和维护	313
11.6.1 校准	313
11.6.2 维护	318
11.6.3 故障诊断	319
参考文献	322
章 12 章 7105A 直流校准系统	323
12.1 概述	323
12.2 技术性能指标	323
12.2.1 7105A 直流校准系统性能指标	323
12.2.2 335A 技术性能指标	324
12.2.3 845AR 技术性能指标	325
12.2.4 750A 技术性能指标	325
12.2.5 720A 技术性能指标	325
12.3 基本原理	326
12.3.1 335A	326

12.3.2	845AR 零检测器	328
12.3.3	750A 参考分压器	328
12.3.4	720AK—V 分压器	329
12.3.5	721A 导线补偿器	329
12.4	使用方法	330
12.4.1	面板介绍	330
12.4.2	单机操作	335
12.4.3	系统操作	338
12.5	系统自校	348
12.5.1	720A 校正	348
12.5.2	750A 校正	352
12.5.3	335A 电压源校正	355
12.5.4	845AR 表头校正	359
	参考文献	359
第 13 章	5200A/5215A 交流电压校准器	360
13.1	概述	360
13.2	技术性能指标	360
13.2.1	电压	360
13.2.2	频率	361
13.2.3	电压误差	361
13.2.4	总谐波失真和电源相关的噪声	362
13.3	基本原理	362
13.3.1	5200A 基本原理	362
13.3.2	5215A 基本原理	364
13.4	使用方法	364
13.4.1	面板功能介绍	364
13.4.2	仪器连接	368
13.4.3	本机操作	370
13.4.4	程控操作	371
13.5	开发应用	373
13.5.1	PC-GPIB 适配卡	373
13.5.2	自动检定	374
13.5.3	程序设计	374
13.6	性能测试	375
13.7	校准与维护	376
13.7.1	校准	376
13.7.2	维护	382
	参考文献	382

第 14 章 HP745A 交流校准器	383
14.1 概述	383
14.2 主要技术指标	383
14.2.1 输出幅度	383
14.2.2 频率	384
14.2.3 误差测量	384
14.3 基本原理	384
14.4 使用方法	385
14.4.1 面板操作	385
14.4.2 操作方法	387
14.4.3 远控操作	388
14.5 性能测试	389
14.6 校准和维护	389
14.6.1 校准	389
14.6.2 维护保养	396
14.6.3 修理	397
参考文献	398
附录 部分国外仪器公司及产品简介	399

第 1 章 7081 精密数字多用表

1.1 概 述

7081 精密数字多用表是英国翰力强(Solartron)公司 80 年代中期生产的一种实验室用、可编程的智能化数字多用表,在我国的有关部门普遍作为标准表用于计量检定工作。该表显示位数最高可达 $8\frac{1}{2}$ 位,直流电压测量灵敏度可达 10nV 。它有较强的面板程序功能,且具有 GP-IB 和 RS-232C 两个通用板口,可以单板使用,也可与具有同种接口的计算机及其他智能仪器联机组成自动测试系统。它还具有特殊的扫描器接口,用于连接专用的 Minate7010 扫描器,可以实现多达 127 个通道的自动测试。

1.2 主要技术指标

7081 精密数字多用表的极限误差中引入了每平方板年误差这个概念,它是翰力强公司对影响仪器准确度的关键元器件进行长期考板监测的统计结果。长期监测结果表明,关键元器件(主要是精密电阻和稳压二极管)的漂移随时间的增加而减少,而且漂移量与时间的平方板成比例。因此,可用仪器随时间漂移引起的平方根年误差,来确定其 90 天至 9 年的性能。只要仪器在规定的环境中使用,不需要校准即可利用每平方板年误差乘以相应系数来预测其终生性能,其时间/系统对应关系如表 1.1 所示。当然,这种预测的指标是很保守的。为获得更好的指标,对其进行定期校准是必要的。

表 1.1 时间/系数对应表

时 间	系 数	时 间	系 数
90 天	0.5	6 个月	0.7
1 年	1.0	2 年	1.4
4 年	2.0	9 年以上	3.0

1.2.1 直流电压测量

直流电压技术指标如表 1.2~表 1.4 所示。

表 1.2 稳 定 度

24h, $20\pm 1^\circ\text{C}$, $8\frac{1}{2}$ 位/ $\pm[10^{-6}\text{读数}+10^{-6}\text{满度指示}]$				
量 程	分辨率	满度指示	保证数值	传 递
0.1V	10nV	0.14000000	2.0 ± 0.8	0 ± 0.8
1V	10nV	1.40000000	2.0 ± 0.4	0 ± 0.4
10V	100nV	14.0000000	1.2 ± 0.3	0 ± 0.3
100V	1 μV	140.000000	2.0 ± 0.4	0 ± 0.4
1000V	10 μV	1000.00000	3.0 ± 0.3	0 ± 0.3

表 1.3 误差极限

每平方根年误差, $20 \pm 5^\circ\text{C} / \pm [10^{-6} \text{读数} + 10^{-6} \text{满度指示}]$			
量 程	保证值	典型值	温度系数
0.1V	$13 - 0.8$	$8 + 0.6$	1.5
1V	$13 - 0.4$	$8 + 0.4$	1.3
10V	$11 + 0.3$	$7 + 0.3$	0.8
100V	$14 + 0.4$	$8 + 0.4$	1.6
1000V	$13 + 0.3$	$8 + 0.3$	1.5

表 1.4 字长、测量周期、采样速度

字 长	位 数	测量周期	速 度	附加误差
8×9	$8 \frac{1}{2}$	51.2s	1/51.2s	---
7×9	$7 \frac{1}{2}$	3.2s	1/3.2s	± 2 个字
6×9	$6 \frac{1}{2}$	0.4s	2.5/s	± 1 个字
5×9	$5 \frac{1}{2}$	0.1s	10/s	± 1 个字
4×9	$4 \frac{1}{2}$	6.25ms	85/s	± 1 个字
3×9	$3 \frac{1}{2}$	1.56ms	100/s	± 1 个字

输入电阻 0.1, 1, 10V 量程 $> 1\text{G}\Omega$

100V, 1000V 量程 $10\text{M}\Omega \pm 0.1\%$

输入电流 $< 20\text{pA}$

串模抑制 $> 70\text{dB}$

共模抑制 $> 120\text{dB}$

1.2.2 交流电压测量

交流电压测量含真均方根值交流和交流+直流, 其技术指标如表 1.5~表 1.7 所示。

表 1.5 稳 定 度

24h, $20 \pm 1^\circ\text{C} / \pm \% \text{读数} \% \text{满度指示}$						
量程	分辨率	满度指示	10~40Hz	40Hz~10kHz	10~100kHz	100kHz~1MHz
0.1V	$1\mu\text{V}$	0.140000	$0.05 + 0.006$	$0.005 + 0.005$	$0.02 + 0.03$	1+1
1V	$1\mu\text{V}$	1.400000	$0.05 + 0.006$	$0.005 + 0.005$	$0.02 + 0.03$	1+1
10V	$10\mu\text{V}$	14.00000	$0.05 + 0.006$	$0.012 + 0.005$	$0.05 + 0.03$	1+1
100V	$100\mu\text{V}$	140.0000	$0.06 + 0.006$	$0.017 + 0.005$	$0.20 + 0.03$	---
1000V	1mV	1000.000	$0.08 + 0.01$	$0.035 + 0.007$	---	---