

2110

# 5½-Digit Dual-Display Digital Multimeter



- High accuracy, high speed for general purpose measurements
- 15 measurement functions, including capacitance and thermocouple measurements
- Dual-line display allows concurrent measurements
- TMC-compliant USB 2.0 interface for use with SCPI test commands
- GPIB option for use in system applications
- Includes PC software utilities for graphing and data sharing in both Microsoft® Word and Excel
- Rugged construction for durability in bench/portable applications
- Includes all accessories, such as start-up software, USB cable, power cable, and safety test leads
- CE compliant and cUL<sup>US</sup> listed

## APPLICATIONS

### Built for Production Testing

The Model 2110 Digital Multimeter is ideal for applications in manual, semi-automatic, and automatic testing of low-cost electronic devices, circuits, modules, electrical components, and semiconductor components. Key features include:

- **Speed: up to 50,000 readings per second**
- **Control: GPIB (optional) and USB interfaces, accepting SCPI (IEEE-488.2) commands**
- **External BNC trigger lines**
- **NIST traceability (with included calibration certificate)**

### Built for General Purpose Uses

The Model 2110 Digital Multimeter is also ideal for bench uses such as research, development, service, calibration, and teaching. Bench-oriented features include:

- **Accuracy: 0.012% basic DCV accuracy**
- **Easy-to-operate panel**
- **Easy waveform plotting and data collection with KI-Tool and KI-Link**
- **Store up to 2000 readings**

The Model 2110 5½-Digit Dual-Display Digital Multimeter combines a compelling price with a comprehensive set of capabilities, superior measurement accuracy, and high speed for a broad range of applications. It features 15 measurement functions and 7 math functions and has dual-line display capability, which allows it to display two different measurements concurrently. The Model 2110 is an unbeatable value for production, R&D, and test engineers, scientists, and students making a wide variety of measurements in portable, bench, and system applications.

### High Accuracy, Abundant Capabilities, Low Cost

The Model 2110 provides precision and a rich set of capabilities at a value price. It has 0.012% one-year basic DC voltage accuracy and 0.020% one-year basic resistance accuracy up to the 100kΩ range.

The Model 2110 provides a wide number of measurement ranges and functions:

- DC voltage: 0.1V, 1V, 10V, 100V, and 1000V
- AC voltage: 0.1V, 1V, 10V, 100V, and 750V
- DC current: 10mA, 100mA, 1A, 3A, and 10A
- AC current: 1A, 3A, and 10A
- Two- and four-wire resistance: 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10MΩ, and 100MΩ
- Frequency: From 10Hz to 300kHz
- Capacitance measurement: 1nF, 10nF, 100nF, 1μF, 10μF, 100μF
- Thermocouple measurement: J-, R-, S-, T-, E-, N-, B-, C-, and K-type thermocouples
- Temperature (RTD and NTC Thermistor) measurements
- Diode measurement
- Continuity test
- Programmable A-D converter and filter settings for signal to noise optimization. Additionally, seven mathematical operations can be performed on measurement readings: percentage, average, min/max, NULL, limits, mX+b, dB, and dBm testing.

### Speed

At 5½ digits, the Model 2110 delivers up to 200 readings/s via the USB remote interface. At the fast 4½-digit setting, it reads up to 50,000 readings/s and up to 30,000 readings/s into the buffer, making it ideal for production and monitoring applications in which speed is critical.

1.888.KEITHLEY (U.S. only)

www.keithley.com

A Greater Measure of Confidence

**KEITHLEY**

A Tektronix Company

Low-cost 5½-digit DMM for system, bench, or portable applications

DIGITAL MULTIMETERS & SYSTEMS

# 2110

## 5½-Digit Dual-Display Digital Multimeter

### Ordering Information

- 2110-100: 5½-digit USB Digital Multimeter (100V)
- 2110-120: 5½-digit USB Digital Multimeter (120V)
- 2110-220: 5½-digit USB Digital Multimeter (220V)
- 2110-240: 5½-digit USB Digital Multimeter (240V)
- 2110-100-GPIB: 5½-digit USB and GPIB Digital Multimeter (100V)
- 2110-120-GPIB: 5½-digit USB and GPIB Digital Multimeter (120V)
- 2110-220-GPIB: 5½-digit USB and GPIB Digital Multimeter (220V)
- 2110-240-GPIB: 5½-digit USB and GPIB Digital Multimeter (240V)

### Accessories Supplied

Reference Manual on CD, Specifications, LabVIEW® Driver, Keithley I/O Layer, USB Cable, Power Cable, Safety Test Leads, KI-Tool, and KI-Link Add-in (both Microsoft Word and Excel versions), Calibration Certificate



All accessories, such as start-up software, USB cable, power cable, and safety test leads, are included with the Model 2110.

### Simplicity

The Model 2110 is operational and intuitive to use right out of the box. The functions on the front panel are user friendly and easy to read. Its KI-Tool and KI-Link software allow users to quickly control the instrument over GPIB (if equipped) or USB, record measurements, and display time-series plots of the data. Its LabVIEW® and IVI drivers give more-advanced customers even more control over the instrument. Both the TMC-compliant USB remote interface and the GPIB interface allow easy re-use of existing SCPI programs.

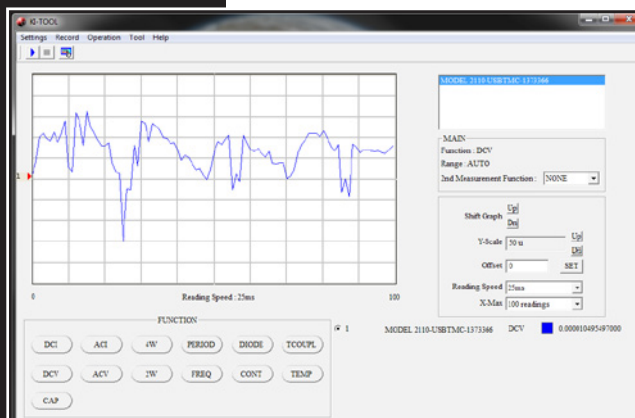
### Startup Software, PC Utilities Included

The KI-Tool application provides charting and graphing capabilities without programming to simplify setup, checkout, and basic measurement applications requiring graphical data representation. Scale, offset, and level can be adjusted to fine-tune images for visual evaluation of signal and noise elements over time. It also includes tabular data and SCPI command prompt windows for maximum flexibility. Data sets can also be saved to disk files.

The Microsoft Excel Add-In utility is also included and provides quick data import into a standard Microsoft Excel spreadsheet, including selectable graphing, instrument settings, and number of data points collected. Data can then be analyzed through standard or optional Microsoft Excel functions,

including graphical, statistical, and trend charting. A version supporting Microsoft Word is also included for direct data import into reports.

LabView, IVI-C, and IVI-COM drivers are also supplied to allow for increased flexibility in integrating the Model 2110 into new and existing systems and test routines.



KI-Tool simplifies basic measurement applications through every setup and graphical data representation.

1.888.KEITHLEY (U.S. only)

www.keithley.com

Low-cost 5½-digit DMM for system, bench, or portable applications

DIGITAL MULTIMETERS & SYSTEMS

# 2110

# 5½-Digit Dual-Display Digital Multimeter

## Specifications

### DC CHARACTERISTICS

DC VOLTAGE			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Input Resistance	±(% of reading + % of range)	0°–18°C & 28°–40°C
100.000 mV	1 μV	10 MΩ	0.012 + 0.004	0.001 + 0.0005
1.00000 V	10 μV		0.012 + 0.001	0.0009 + 0.0005
10.0000 V	0.1 mV		0.012 + 0.002	0.0012 + 0.0005
100.000 V	1 mV		0.012 + 0.002	0.0012 + 0.0005
1000.00 V	10 mV		0.02 + 0.003	0.002 + 0.0015

DCI (DC CURRENT)			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Shunt Resistance	±(% of reading + % of range)	0°–18°C & 28°–40°C
10.0000 mA	0.1 μA	5.1 Ω	0.05 + 0.020	0.005 + 0.002
100.000 mA	1 μA	5.1 Ω	0.05 + 0.010	0.005 + 0.001
1.00000 A	10 μA	0.1 Ω	0.150 + 0.020	0.008 + 0.001
3.0000 A	100 μA	0.1 Ω	0.200 + 0.030	0.008 + 0.001
10.0000 A	100 μA	5 mΩ	0.250 + 0.050	0.008 + 0.001

RESISTANCE <sup>2</sup>			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Test Current	±(% of reading + % of range)	0°–18°C & 28°–40°C
100.000 Ω	1 mΩ	1 mA	0.020 + 0.020	0.003 + 0.0005
1.00000 kΩ	10 mΩ	1 mA	0.020 + 0.003	0.003 + 0.0005
10.0000 kΩ	100 mΩ	100 μA	0.020 + 0.002	0.003 + 0.0005
100.000 kΩ	1 Ω	10 μA	0.020 + 0.002	0.003 + 0.0005
1.00000 MΩ	10 Ω	1 μA	0.030 + 0.004	0.005 + 0.0005
10.0000 MΩ	100 Ω	0.1 μA	0.200 + 0.004	0.05 + 0.0005
100.000 MΩ	1 kΩ	0.1 μA	2.000 + 0.005	0.5 + 0.0005

DIODE TEST			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Test Current	±(% of reading + % of range)	0°–18°C & 28°–40°C
1.0000V	10 μV	1 mA	0.020 + 0.030	0.002 + 0.0005

CONTINUITY			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Test Current	±(% of reading + % of range)	0°–18°C & 28°–40°C
1000Ω	10 mΩ	1 mA	0.020 + 0.020	0.002 + 0.0005

- Specifications valid after two hour warm-up.
  - ADC set for continuous trigger operation.
  - Input bias current <30pA at 25°C.
  - Measurement rate set to 10 PLC.
- Specifications for 4W ohms mode. For 2W ohms, use zero null or subtract lead resistance from displayed reading.
  - Maximum lead resistance 10% of range per lead for 100Ω and 1kΩ ranges; add 1kΩ per lead for all other ranges.

### MEASUREMENT NOISE REJECTION DC (60Hz/50Hz) at 5.5 DIGITS

CMRR: 120dB for 1kΩ unbalance in LO lead.

NMRR: 60dB for line frequency ±0.1%.

TEMPERATURE (THERMOCOUPLE) CHARACTERISTICS		
Thermocouple Type	Range	Accuracy <sup>1</sup> ±°C
B	600 to 1800°C	1.5
C	0 to 2300°C	1.5
E	–250 to 1000°C	1.5
J	–200 to 1200°C	1.0
K	–200 to 1350°C	1.0
N	–200 to 1300°C	1.0
R	0 to 1750°C	1.5
S	0 to 1750°C	1.5
T	–250 to 400°C	1.5

- Specifications valid after two hour warm-up.
    - ADC set for continuous trigger operation.
- RTD AND NTC THERMISTOR MEASUREMENTS: Accuracy ±0.8°C, 1 year, exclusive of lead accuracy. PT100, D100, F100, PT385, PT3916, SPRTD (R-Zero, A4, B4, Ax, Bx, Cx, and Dx), NTCT (A, B, and C), and user-definable RTD.

CAPACITANCE CHARACTERISTICS		
Range	Test Current	Accuracy <sup>1</sup> ±(% of reading + % of range)
1.000 nF	10 μA	2.0 + 0.80
10.00 nF	10 μA	1.0 + 0.50
100.0 nF	100 μA	1.0 + 0.50
1.000 μF	100 μA	1.0 + 0.50
10.00 μF	100 μA	1.0 + 0.50
100.0 μF	1 mA	1.0 + 0.50

- Specifications valid after two hour warm-up.
  - ADC set for continuous trigger operation.
  - Null enabled.

### ACCESSORIES AVAILABLE

4299-3	Single Rack Mount Kit
4299-4	Dual Rack Mount Kit
4299-7	Fixed Rack Mount Kit
5805	Kelvin Probes, 0.9m (3ft)
5805-12	Kelvin Probes, 3.6m (12ft)
5808	Low Cost, Single Pin, Kelvin Probes
5809	Low Cost, Kelvin Clip Lead Set
6517-TP	Thermocouple Bead Probe (K-Type)
7007-1	Shielded GPIB Cable, 1m (3.3 ft)
7007-2	Shielded GPIB Cable, 2m (6.6 ft)
8605	High Performance Modular Test Leads
8606	High Performance Modular Probe Kit
8680	RTD Probe Adapter
8681	Low Cost RTD

### SERVICES AVAILABLE

2110-3Y-EW	1 Year Factory Warranty extended to 3 years from date of shipment
2110-5Y-EW	1 Year Factory Warranty extended to 5 years from date of shipment
C/2110-3Y-DATA	3 (Z-540-1 compliant) calibrations within 3 years of purchase for Model 2110
C/2110-5Y-DATA	5 (Z-540-1 compliant) calibrations within 5 years of purchase for Model 2110
C/2110-3Y-ISO	3 (ISO-17025 accredited) calibrations within 3 years of purchase for Model 2110
C/2110-5Y-ISO	5 (ISO-17025 accredited) calibrations within 5 years of purchase for Model 2110

1.888.KEITHLEY (U.S. only)

www.keithley.com

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

A Greater Measure of Confidence

Model 2110 specifications

DIGITAL MULTIMETERS & SYSTEMS

# 2110

# 5½-Digit Dual-Display Digital Multimeter

## AC CHARACTERISTICS

FREQUENCY AND PERIOD		Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Frequency (Hz)	±(% of reading + % of range) 1 Year, 23° ±5°C	0°–18°C & 28°–40°C
100.000 mV to 750.000 V <sup>2</sup>	10–40 40–300k	0.03 0.02	0.002 0.002

ACV (AC TRMS VOLTAGE)			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Frequency	±(% of reading + % of range) 1 Year, 23° ±5°C	0°–18°C & 28°–40°C
100.000 mV to 750.000 V <sup>2</sup>	1 µV to 10 mV	10 Hz–20 kHz 20 kHz–50 kHz 50 kHz–100 kHz 100 kHz–300 kHz	0.12 + 0.05 0.25 + 0.05 0.65 + 0.08 5.00 + 0.50	0.01 + 0.01 0.02 + 0.02 0.04 + 0.02 0.2 + 0.02

ACI (AC TRMS CURRENT)			Accuracy <sup>1</sup>	Temperature Coefficient
Range	Resolution	Frequency	±(% of reading + % of range) 1 Year, 23° ±5°C	0°–18°C & 28°–40°C
1.0000 A to 3.00000 A	10 µA to 100 µA	10 Hz–900 Hz 900 Hz–5 kHz	0.30 + 0.06 1.50 + 0.15	0.02 + 0.01 0.02 + 0.01
10.0000 A	100 µA	10 Hz–900 Hz 900 Hz–5 kHz	0.50 + 0.12 2.50 + 0.20	0.02 + 0.01 0.02 + 0.01

1. Specifications valid after two hour warm-up.
  - a. Slow AC filter (3Hz bandwidth).
  - b. Pure sine wave input greater than 5% of range.
2. 750VAC range is limited to 100kHz.

## GENERAL

**INPUT BIAS CURRENT:** <30pA at 25°C.  
**INPUT PROTECTION:** 1000V all ranges (2W input).  
**AC CMRR:** 70dB (for 1kΩ unbalance LO lead).  
**POWER SUPPLY:** 100V/120V/220V/240V.  
**POWER LINE FREQUENCY:** 50/60Hz auto detected.  
**POWER CONSUMPTION:** 25VA max.  
**DIGITAL I/O INTERFACE:** USB-compatible Type B connection, GPIB (option).  
**ENVIRONMENT:** For indoor use only.  
**OPERATING TEMPERATURE:** 0° to 40°C.  
**OPERATING HUMIDITY:** Maximum relative humidity 80% for temperature up to 31°C.  
**STORAGE TEMPERATURE:** –40° to 70°C.  
**OPERATING ALTITUDE UP TO 2000 M ABOVE SEA LEVEL.**  
**BENCH DIMENSIONS (WITH HANDLES AND BUMPERS):** 107 mm high × 252.8 mm wide × 305 mm deep (3.49 in. × 9.95 in. × 12.00 in.).  
**WEIGHT:** 2.23 kg (4.92 lbs.).  
**SAFETY:** Conforms to European Union Low Voltage Directive, EN61010-1. Measurement Cat I 1000V and CAT II 600V.  
**EMC:** Conforms to European Union Directive 89/336/EEC, EN61326-1.  
**WARRANTY:** One year.



Model 2110 rear panel.

Specifications are subject to change without notice. All Keithley trademarks and trade names are the property of Keithley Instruments, Inc. All other trademarks and trade names are the property of their respective companies.



A Greater Measure of Confidence

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. ■ 28775 AURORA RD. ■ CLEVELAND, OH 44139-1891 ■ 440-248-0400 ■ Fax: 440-248-6168 ■ 1-888-KEITHLEY ■ www.keithley.com

**BELGIUM**  
Sint-Pieters-Leeuw  
Ph: 02-3630040  
Fax: 02-3630064  
info@keithley.nl  
www.keithley.nl

**CHINA**  
Beijing  
Ph: 86-10-8447-5556  
Fax: 86-10-8225-5018  
china@keithley.com  
www.keithley.com.cn

**FRANCE**  
Les Ulis  
Ph: 01-69868360  
Fax: 01-69868361  
info@keithley.fr  
www.keithley.fr

**GERMANY**  
Germering  
Ph: 089-84930740  
Fax: 089-84930734  
info@keithley.de  
www.keithley.de

**INDIA**  
Bangalore  
Ph: 080-30792600  
Fax: 080-30792688  
support\_india@keithley.com  
www.keithley.in

**ITALY**  
Peschiera Borromeo (Mi)  
Ph: 02-5538421  
Fax: 02-55384228  
info@keithley.it  
www.keithley.it

**JAPAN**  
Tokyo  
Ph: 81-3-6714-3070  
Fax: 81-3-6714-3080  
info.jp@keithley.com  
www.keithley.jp

**KOREA**  
Seoul  
Ph: 82-2-574-7778  
Fax: 82-2-574-7838  
keithley@keithley.co.kr  
www.keithley.co.kr

**MALAYSIA**  
Penang  
Ph: 60-4-643-9679  
Fax: 60-4-643-3794  
sea@keithley.com  
www.keithley.com

**NETHERLANDS**  
Son  
Ph: 040-2675502  
Fax: 040-2675509  
info@keithley.nl  
www.keithley.nl

**SINGAPORE**  
Singapore  
Ph: 65-6747-9077  
Fax: 65-6747-2991  
sea@keithley.com  
www.keithley.com.sg

**TAIWAN**  
Hsinchu  
Ph: 886-3-572-9077  
Fax: 886-3-572-9031  
info\_tw@keithley.com  
www.keithley.com.tw

**UNITED KINGDOM**  
Bracknell  
Ph: 044-1344-392450  
Fax: 044-1344-392457  
info@keithley.co.uk  
www.keithley.co.uk



## Техническая информация

Цифровые мультиметры преобразуют аналоговые сигналы в цифровые. В общем случае цифровые мультиметры выполняют, как минимум, пять типовых функций: измерение постоянного напряжения, переменного напряжения, постоянного тока, переменного тока и сопротивления. Технические характеристики цифровых мультиметров различаются, но большинство этих приборов построены в соответствии со структурными схемами, аналогичными представленной на рис. 1.

### Преобразование аналогового сигнала в цифровой

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует входной аналоговый сигнал в цифровой сигнал. От него, в основном, зависят ключевые характеристики прибора: скорость измерений, линейность, разрешение, подавление синфазной помехи и точность. Цифровой выходной сигнал отображается или регистрируется различными способами. Его можно визуально наблюдать на дисплее передней панели в числовом виде вместе с дополнительной информацией. Кроме того, цифровой сигнал может одновременно передаваться через внешний интерфейс (GPIB, RS-232, USB или Ethernet) на компьютер для дальнейшей обработки.

### Разрешение

Разрешение определяется как наименьшее изменение сигнала, которое может быть зарегистрировано в каком-либо диапазоне, отнесенное к этому диапазону. Например, если прибор отображает в каком-либо диапазоне максимальное значение 19 999 и наименьшее регистрируемое изменение входного сигнала составляет  $\pm 1$  последней значащей цифры (LSD), то разрешение равно  $1/19\,999$ , или 0,005%.

Разрешение обычно выражают в виде целого числа и доли, например, 5½ разрядов. Целое число представляет количество разрядов, в которых могут отображаться цифры от 0 до 9. Доля указывает на то, что самый старший разряд имеет одно или несколько отличных от нуля состояний, в случае обозначения ½ в самом старшем разряде могут отображаться цифры 0, 1 или 2.

### Чувствительность

Чувствительность похожа на разрешение в том отношении, что она характеризует наименьшее изменение входного сигнала, которое способен зарегистрировать прибор. Однако чувствительность выражается не в долях шкалы, а в абсолютных единицах и применяется к самому нижнему диапазону измеряемой величины. Чувствительность цифрового мультиметра с разрешением 7½ разрядов составляет 10 нВ, если его самый нижний диапазон измерения 200 мВ (без учета влияния шума аналоговых цепей).

### Погрешность

Погрешность определяется в виде числа, состоящего из двух слагаемых:  $\pm(\% \text{ от показаний} + \% \text{ от диапазона})$  или как  $\pm(\text{ppm от показаний} + \text{ppm от диапазона})$ , где 1 ppm (part per million) соответствует 0,0001%. Чем ближе измеряемая величина к нижней границе диапазона, тем больший вклад в погрешность дает слагаемое, выраженное в процентах от диапазона. Чем ближе измеряемая величина к верхней границе диапазона, тем больший вклад в погрешность дает слагаемое, выраженное в процентах от показаний. Наилучшая точность достигается вблизи верхней границы диапазона.

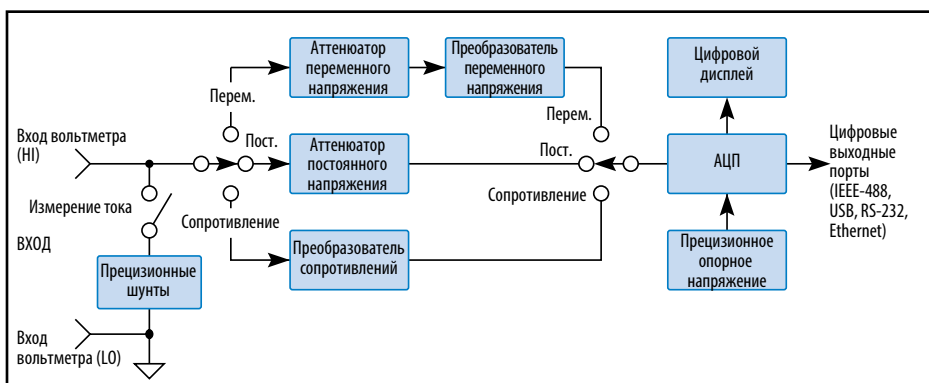


Рис. 1. Структурная схема цифрового мультиметра

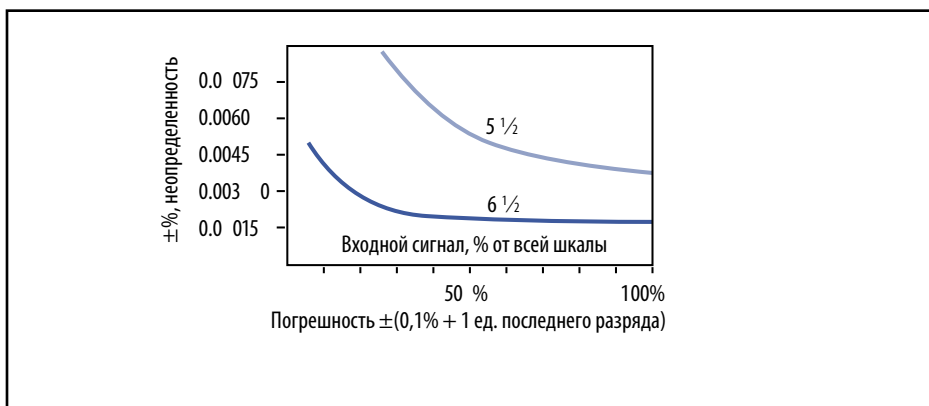


Рис. 2. Расчетная неопределенность результатов измерений для 5½- и 6½-разрядных цифровых мультиметров.

Погрешность обычно указывается при некоторых условиях, в частности, для интервалов рабочих температур  $\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\pm 5^\circ\text{C}$  и интервалов между калибровками 24 часа, 90 дней или один год. Погрешность можно снизить, уменьшая диапазон изменения температуры окружающей среды и выбирая более короткие интервалы между калибровками. На рис. 2 показано влияние уровня входного сигнала на неопределенность измеряемой величины в рабочем диапазоне. Погрешность обоих измерительных приборов задана как  $\pm(0,1\% + 1 \text{ ед. последнего знака})$ .

### Нагружение и входное сопротивление

Нагружение цепи – это возмущение, вносимое в измеряемую цепь из-за небесконечного входного сопротивления цифрового мультиметра. Входное сопротивление представлено эквивалентным активным сопротивлением и емкостью входных клемм цифрового мультиметра.

Ошибка, обусловленная нагружением (рис. 3), представляет собой разность между напряжением, измеренным прибором ( $V_M$ ), и напряжением идеального источника ( $V_S$ ).

Ошибка, обусловленная падением напряжения (рис. 4), представляет собой разность между расчетным током, текущим через нагрузку ( $I_L$ ), и измеренным током ( $I_M$ ),

вызванную конечным падением напряжения на измерительном приборе.

### Двухпроводная и четырехпроводная схемы измерения сопротивлений

Цифровой мультиметр с двумя выводами подает измерительный (зондирующий) ток через соединительные провода, которые одновременно подключены ко входам цифрового вольтметра. Такая двухпроводная схема измерения сопротивлений в большинстве задач работает хорошо. Однако падение напряжения на соединительных проводах с сопротивлением  $R_L$  может привести к существенным погрешностям при измерении малых сопротивлений (рис. 4, 5).

Четырехпроводная схема измерения сопротивлений (схема Кельвина) позволяет исключить падение напряжения на соединительных проводах цепи вольтметра путем подключения измеряемого сопротивления  $R_X$  к вольтметру при помощи двух дополнительных проводов. Поскольку из-за высокого входного сопротивления вольтметра ток в его цепи на много порядков меньше зондирующего тока, падением напряжения на соединительных проводах цепи вольтметра можно пренебречь.

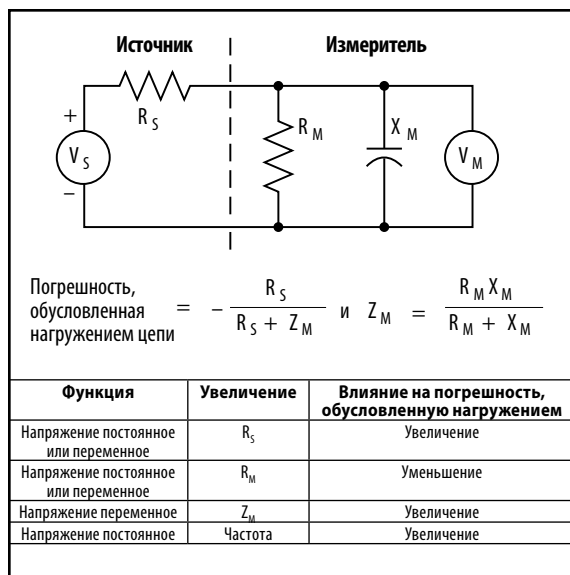


Рис. 3. Погрешность, обусловленная нагружением

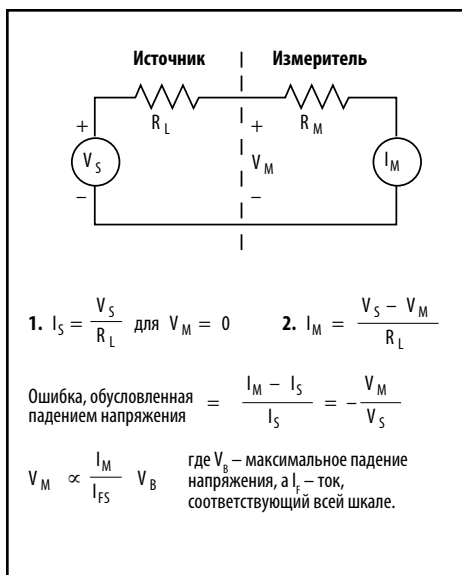


Рис. 4. Ошибка, обусловленная падением напряжения

Из-за высокого входного импеданса в измерительной цепи течет очень малый ток, поэтому на проводниках практически нет омического падения напряжения и напряжение на измерительных клеммах равно напряжению, создаваемому на сопротивлении  $R_x$  (рис. 5).

**Быстродействие и время установления**

Время установления показаний измерительного прибора обусловлено его входными цепями. Скорость снятия показаний, или быстродействие, зависит от времени установления. В случае приборов с высоким разрешением для достижения номинальной точности может оказаться необходимо подождать некоторое время для полного установления входного сигнала.

На скорость измерения влияют несколько параметров, в том числе постоянная времени интегрирования, выраженная числом периодов напряжения питающей сети (NPLC), тип цифрового фильтра, автоматическое переключение диапазонов, автоматическая коррекция нуля (AutoZero), задержки запуска и параметры настройки дисплея. Для достижения максимальной скорости измерений следует установить следующие параметры:

- постоянная времени интегрирования: 0,01 NPLC;
- фильтр: отключен;
- диапазон: фиксированный (без автоматического выбора диапазона);
- автоматическая коррекция нуля (AutoZero): отключена;
- задержка запуска: = 0;
- отображение на дисплее: отключено.

Следует подчеркнуть, что настройки, обеспечивающие наибольшую скорость, не обеспечивают максимальную точность.

**Подавление помех от сети питания и синфазной помехи**

Помехи от сети питания – это помехи, примешивающиеся к входному сигналу. Большая часть помех от сети питания совпадает с частотой питающей сети и ее гармониками. Коэффициент подавления помех от сети питания (NMRR) указывается в децибелах на частоте питающей сети 50 Гц или 60 Гц. Помехи от сети питания проявляются в виде импульсов или отклонения постоянного сигнала.

$NMRR = 20 \lg$  (максимальная амплитуда помехи на входе) / (максимальная ошибка, вносимая помехой)

Коэффициент подавления синфазной помехи (CMRR) характеризует способность измерительного прибора подавлять сигнал, общий для обоих выходов измерительного прибора. Этот параметр обычно измеряют с несбалансированным сопротивлением 1 кОм в одном из соединительных проводов. Увеличение несбалансированного сопротивления приведет к увеличению синфазной помехи. CMRR определяют для постоянного сигнала на частоте 50 Гц или 60 Гц и выражают (как и NMRR) в децибелах. CMRR применяют как к измерениям постоянных, так и переменных сигналов. Синфазная помеха проявляется как ошибка смещения, наложенная на полезный сигнал.

**Защита от перегрузки**

Защита от перегрузки является средством обеспечения электрической надежности и должна обеспечивать достаточную защиту измерительного прибора от обычных сетевых напряжений. Как правило, наиболее чувствительными к высоким напряжениям являются самый нижний диапазон измерения напряжения (например, 100 мВ) и диапазоны измерения сопротивлений. Аналогичным защите от пере-

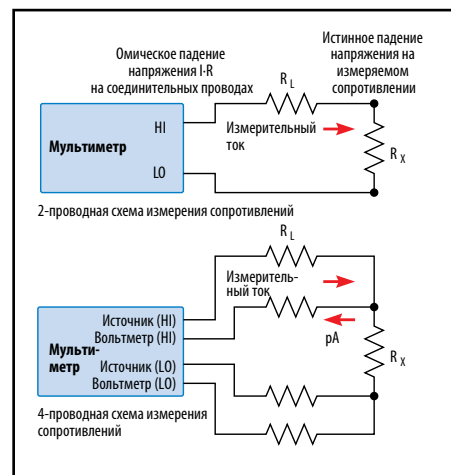


Рис. 5. Двухпроводная и четырехпроводная схемы измерения сопротивлений

грузки параметром является максимальное напряжение синфазного сигнала, при котором может работать измерительный прибор: это максимальное напряжение относительно заземления, которое способен выдержать вход низкого потенциала (LO) или общий вывод (COMMON).

Входная клемма должна всегда быть нагружена на минимальное сопротивление.

## Сравнительная таблица цифровых мультиметров и систем сбора данных

Модель	2100	2000	2010	2001	2002
Кол-во разрядов	6½	6½	7½	7½	8½
Каналы расширения	нет	10	10	10	10
<b>Постоянное напряжение</b>					
Чувствительность	0,1 мкВ	100 нВ	10 нВ	10 нВ	1 нВ
Максимальное значение	1000 В	1000 В	1000 В	1100 В	1100 В
Основная погрешность	0,0038%	0,002%	0,0018%	0,0018%	0,0006%
Отношение (относительное измерение)	.	.	.	по дополнительному заказу	по дополнительному заказу
Пиковые выбросы при постоянном напряжении	.	.	.	.	.
<b>Переменное напряжение (истинное среднеквадратическое значение)</b>					
Чувствительность	0,1 мкВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ
Максимальное значение	750 В	750 В	750 В	775 В (1100 В пик.)	775 В (1100 В пик.)
Основная погрешность	0,08%	0,05%	0,05%	0,03%	0,02%
Полоса частот	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц	1 Гц – 2 МГц	1 Гц – 2 МГц
дБ, дБм	.	.	.	.	.
Частота, период	.	.	.	.	.
Пиковое/среднее/среднеквадратич. значение	среднеквадратич. значение	среднеквадратич. значение	среднеквадратич. значение	.	.
АС, АС + DC	АС	АС	АС	.	.
<b>Сопротивление (2/4-проводная схема)</b>					
Чувствительность	100 мкОм	100 мкОм	1 мкОм	1 мкОм	100 нОм
Максимальное значение	100 МОм	120 МОм	120 МОм	1 ГОм	1 ГОм
Основная погрешность	0,015%	0,008%	0,0032%	0,0032%	0,0007%
Тестирование целостности цепей	.	.	.	.	.
Тестирование диодов	.	.	.	.	.
Компенсация смещения	.	.	.	.	.
Измерение при малых токах и падениях напряжений (dry circuit)	.	.	.	.	.
Постоянный ток	.	.	.	.	.
Обнаружение обрыва в цепи источника	.	.	.	.	.
<b>Постоянный ток</b>					
Чувствительность	10 нА	10 нА	10 нА	10 пА	10 пА
Диапазон	10 мА – 3 А	10 мА – 3 А	10 мА – 3 А	200 мкА – 2 А	200 мА – 2 А
Основная погрешность	0,055%	0,03%	0,03%	0,03%	0,027%
Измерение тока без разрыва цепи	.	.	.	.	.
<b>Переменный ток (истинное среднеквадратическое значение)</b>					
Чувствительность	1 мкА	1 мкА	1 мкА	100 пА	100 пА
Диапазон	1 А – 3 А	1 А – 3 А	1 А – 3 А	200 мкА – 2 А	200 мкА – 2 А
Основная погрешность	0,15%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Полоса частот	3 Гц – 5 кГц	3 Гц – 5 кГц	3 Гц – 5 кГц	20 Гц – 100 кГц	20 Гц – 100 кГц
<b>Общие характеристики</b>					
Интерфейсы	USB	GPIO, RS-232	GPIO, RS-232	GPIO	GPIO
Удержание показаний	.	.	.	.	.
Цифровые линии ввода-вывода	.	.	.	.	.
Память для результатов измерений	2000 отсчетов	1024 отсчетов	1024 отсчетов	Опционально до 30 000	Опционально до 30 000
Максимальная скорость измерений	2000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с
Измерения температуры	Терморезистором (RTD)	Термопарой	Термопарой, терморезистором	Термопарой, терморезистором	Термопарой, терморезистором
Эмуляция языка	34401A	8840/42, 196/199	196/199	.	HP 3458

Модель	3706A	2015, 2016	2700	2701	2750
Кол-во разрядов	7½	6½	6½	6½	6½
Каналы расширения	576		80	80	200
<b>Постоянное напряжение</b>					
Чувствительность	10 нВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ
Максимальное значение	300 В	1000 В	1000 В	1000 В	1000 В
Основная погрешность	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%
Отношение			С платой мультиплексора	С платой мультиплексора	С платой мультиплексора
<b>Пиковые выбросы на постоянном напряжении</b>					
<b>Переменное напряжение (истинное среднеквадратическое значение)</b>					
Чувствительность	100 нВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ	100 нВ
Максимальное значение	300 В	750 В	750 В	750 В	750 В
Основная погрешность	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%
Полоса частот	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц	3 Гц – 300 кГц
дБ, дБм	.	.	.	.	.
Частота, период	.	.	.	.	.
THD, гармоники		20 Гц – 20 кГц			
Амплитуды гармоник		Модификации «-P»			
Источник гармонического сигнала		4 В/9 В (10 Гц – 20 кГц)			
<b>Сопротивления (2/4-проводная схема)</b>					
Чувствительность	100 нОм	100 мкОм	100 мкОм	100 мкОм	1 мкОм
Максимальное значение	100 МОм	120 МОм	120 МОм	120 МОм	120 МОм
Основная погрешность	0,004%	0,008%	0,008%	0,008%	0,008%
Тестирование целостности цепей	.	.	.	.	.
Тестирование диодов	.	.	.	.	.
Компенсация смещения	.	.	.	.	.
Измерение при малых токах и падениях напряжений (dry circuit)	.	.	.	.	.
Постоянный ток	.	.	.	.	.
<b>Постоянный ток</b>					
Чувствительность	1 пА	10 нА	10 нА	10 нА	10 нА
Диапазон	10 мкА – 3 А	10 мА – 3 А	20 мА – 3 А	20 мА – 3 А	20 мА – 3 А
Основная погрешность	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
<b>Переменный ток (истинное среднеквадратическое значение)</b>					
Чувствительность	1 нА	1 мкА	1 мкА	1 мкА	1 мкА
Диапазон	1 мА – 3 А	1 А – 3 А	1 А – 3 А	1 А – 3 А	1 А – 3 А
Основная погрешность	0,08%	0,1%	0,15%	0,16%	0,15%
Полоса частот	3 Гц – 10 кГц	3 Гц – 5 кГц	3 Гц – 5 кГц	3 Гц – 5 кГц	3 Гц – 5 кГц
<b>Общие характеристики</b>					
Интерфейсы	GPIO, LXI/Ethernet, USB	GPIO, RS-232	GPIO, RS-232	Ethernet, RS-232	GPIO, RS-232
Удержание показаний		.	.	.	.
Цифровые линии ввода-вывода	14	2 ввод/5 вывод (ТТЛ)	2 ввод/5 вывод (ТТЛ)		
Память отсчетов	650 000 отсчетов	1024 отсчетов	55 000 отсчетов	450 000 отсчетов	110 000 отсчетов
Максимальная скорость измерений	> 14 000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с	2000 отсчетов/с	3500 отсчетов/с	2500 отсчетов/с
Измерения температуры	Термопара, терморезистор, термистор	Термопара	Термопара, терморезистор, термистор	Термопара, терморезистор, термистор	Термопара, терморезистор, термистор