

# Осциллографы RIGOL серии DS1000Z-E

Руководство по проверке  
производительности

## Содержание

1 Обзор.....	4
1.1 Подготовка к тестированию .....	4
1.1.1 Самотестирование .....	4
1.1.2 Самотестирование .....	4
1.2 Запись результатов тестирования .....	4
1.3 Технические характеристики .....	5
2 Испытания для проверки характеристик .....	5
2.1 Испытание входного импеданса .....	5
2.1.1 Технические характеристики .....	5
2.1.2 Схема подключения для испытания .....	5
2.1.3 Процедура испытания .....	6
2.1.4 Форма записи результатов испытаний .....	6
2.2 Испытание точности коэффициента усиления по постоянному току .....	6
2.2.1 Технические характеристики .....	6
2.2.2 Схема подключения для испытания .....	6
2.2.3 Процедура испытания .....	7
2.2.4 Форма записи результатов испытаний .....	8
2.3 Испытание полосы пропускания .....	8
2.3.1 Технические характеристики .....	8
2.3.2 Схема подключения испытания.....	9
2.3.3 Процедура испытания .....	9
2.3.4 Форма записи результатов испытаний .....	10
2.4 Испытание полосы пропускания .....	10
2.4.1 Технические характеристики .....	10
2.4.2 Схема подключения для испытания .....	10
2.4.3 Процедура испытания .....	10
2.4.4 Форма записи результатов испытаний .....	11
2.5 Испытание точности временной развертки .....	11
2.5.1 Технические характеристики .....	11
2.5.2 Схема подключения для испытания .....	12
2.5.3 Процедура испытания .....	12
2.5.4 Форма записи результатов испытаний .....	13

2.6 Испытание смещения нулевой точки.....	13
2.6.1 Технические характеристики .....	13
2.6.2 Схема подключения для испытания .....	13
2.6.3 Процедура испытания .....	14
2.6.4 Форма записи результатов испытаний .....	14

## 1 Обзор

### 1.1 Подготовка к тестированию

Перед выполнением тестирования необходимо выполнить следующие подготовительные операции:

1. Самотестирование
2. Прогрев (убедитесь, что прибор проработал не менее 30 минут)
3. Самокалибровка

#### 1.1.1 Самотестирование

Когда осциллограф находится в выключенном состоянии, нажмите кнопку питания, расположенную в левом нижнем углу передней панели, чтобы включить осциллограф. Во время запуска прибор выполняет серию процедур самотестирования. После завершения самотестирования отображается экран приветствия.

Если осциллограф не может нормально запуститься, обратитесь к разделу «Устранение неисправностей» в Руководстве пользователя DS1000Z-E для определения причины неисправности и её устранения. Не выполняйте самокалибровку или испытания рабочих характеристик до тех пор, пока прибор не пройдет самотестирование.

#### 1.1.2 Самотестирование

Перед выполнением самокалибровки убедитесь, что осциллограф был прогрет или работал более 30 минут.

1. Отключите все соединения всех каналов.
2. Нажмите **Utility** → **Self-Cal**, затем **Start** для выполнения самокалибровки.
3. Процедура самокалибровки длится около 30 минут. После завершения самокалибровки отображается соответствующее сообщение. На этом этапе, пожалуйста, перезапустите прибор.
4. Нажмите **Acquire** → **Mode** и с помощью выберите режим **Average**; нажмите **Averages** и с помощью установите значение 16.
5. Установите коэффициент ослабления пробника каждого канала в значение «1X» (нажмите **CH1** или **CH2**) → **Probe**.
6. Установите вертикальный масштаб каждого канала равным 2 мВ/дел и проверьте смещение формы сигнала каждого канала. Если смещение превышает 0,5 деления, проверьте, имеются ли вокруг источники помех и обеспечено ли надежное заземление источника питания. Если да, выполните самокалибровку повторно.

### 1.2 Запись результатов тестирования

Записывайте и сохраняйте результаты каждого теста. В Приложении данного руководства приведена форма записи результатов тестирования, в которой перечислены все тестовые пункты, соответствующие им предельные значения характеристик, а также предусмотрены поля для внесения пользователем результатов тестирования.

#### Примечание:

Рекомендуется перед каждым тестированием делать копию формы записи результатов и заносить результаты в копию, чтобы форма могла использоваться многократно.

### 1.3 Технические характеристики

Технические характеристики каждого тестового пункта приведены в главе 2. Для ознакомления с другими характеристиками обратитесь к Техническому описанию DS1000Z-E (доступно для загрузки с официального сайта RIGOL ([www.rigol.com](http://www.rigol.com))).

#### Примечание:

Все технические характеристики действительны только в том случае, если осциллограф был прогрет в течение более чем 30 минут.

## 2 Испытания для проверки характеристик

В данной главе представлены методы и процедуры испытаний для проверки характеристик цифровых осциллографов серии DS1000Z-E на примере модели DS1202Z-E.

В настоящем руководстве для проведения испытаний используется калибратор Fluke 9500B. Допускается применение других устройств, соответствующих требованиям раздела «Технические характеристики», приведённым в таблице 2-1.

Таблица 2-1. Необходимые испытательные устройства

Устройство	Технические характеристики	Модель
Калибратор осциллографов	Диапазон выходного напряжения постоянного тока: 1 МΩ: от 1 мВ до 200 В 50 Ω: от 1 мВ до 5 В Время нарастания быстрого фронта сигнала: $\leq 150$ пс	Fluke 9500B
АдAPTER импеданса 50 Ом	Кабель BNC (M) – BNC (F)	--

#### Примечание:

1. Перед выполнением испытаний для проверки характеристик убедитесь, что осциллограф успешно прошёл самотестирование и была выполнена самокалибровка.

2. Перед выполнением любых из следующих испытаний убедитесь, что осциллограф прогревался не менее 30 минут.

3. Перед или после выполнения любых из следующих испытаний выполните сброс прибора к заводским настройкам.

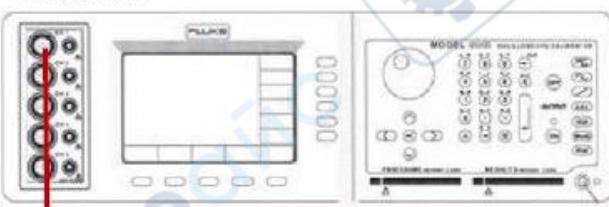
### 2.1 Испытание входного импеданса

#### 2.1.1 Технические характеристики

Входной импеданс	Аналоговый канал	1 МΩ: от 0,99 МОм до 1,01 МОм

#### 2.1.2 Схема подключения для испытания

Fluke 9500B



DS1000Z-E

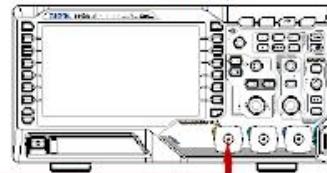


Рисунок 2-1. Схема подключения для испытания импеданса

### 2.1.3 Процедура испытания

1. Подключите активную головку Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа, как показано на рисунке выше.

2. Настройте осциллограф:

1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.

2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».

3) Поверните регулятор **VERTICAL SCALE**, установив вертикальный масштаб канала CH1 равным 100 mV/div.

3. Включите Fluke 9500B, установите его импеданс равным 1 МОм и выберите функцию измерения сопротивления. Считайте и запишите измеренное значение сопротивления.

4. Поверните регулятор **VERTICAL SCALE**, установив вертикальный масштаб канала CH1 равным

500 mV/div; считайте и запишите измеренное значение сопротивления.

5. Выключите канал CH1. Аналогичным способом измерьте сопротивление канала CH2 и запишите результаты измерений.

### 2.1.4 Форма записи результатов испытаний

Канал	Вертикальный масштаб	Результат испытания	Допуск	Соответствие
CH1	100 mV/div		0,99 МОм – 1,01 МОм	
	500 mV/div			
CH2	100 mV/div			
	500 mV/div			

### 2.2 Испытание точности коэффициента усиления по постоянному току

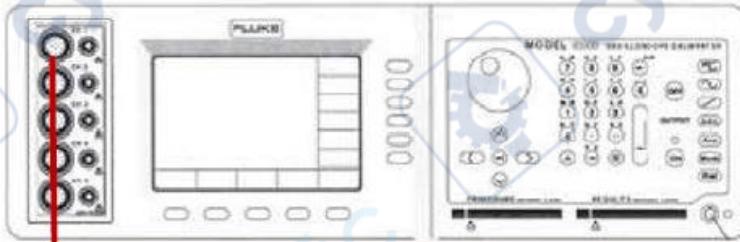
#### 2.2.1 Технические характеристики

Точность усиления по постоянному току	
Технические характеристики	< 10 мВ: ±4% × Полная шкала <sup>[1]</sup>
	≥ 10 мВ: ±3% × Полная шкала <sup>[1]</sup>

Примечание <sup>[1]</sup>: Полная шкала = 8 × текущий вертикальный масштаб.

#### 2.2.2 Схема подключения для испытания

Fluke 9500B



DS1000Z-E

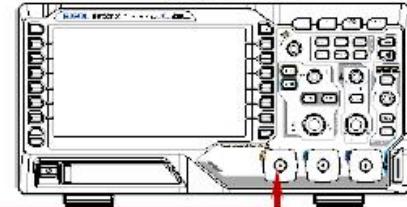


Рисунок 2-2. Схема подключения для испытания точности усиления по постоянному току

### 2.2.3 Процедура испытания

1. Подключите активную головку Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа, как показано на рисунке выше.
2. Включите Fluke 9500B и установите его импеданс равным 1 МОм.
3. С помощью Fluke 9500B подайте сигнал постоянного тока с напряжением +3 мВ DC (Vout1).
4. Настройте осциллограф:
  - 1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.
  - 2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».
  - 3) Поверните регулятор VERTICAL SCALE, установив вертикальный масштаб канала CH1 равным 1 mV/div.
  - 4) Поверните регулятор HORIZONTAL SCALE, установив горизонтальную развертку 100 us/div.
  - 5) Нажмите VERTICAL SCALE, чтобы установить вертикальное положение равным 0.
  - 6) Нажмите **Mode**, выберите режим сбора данных «Average»; нажмите **Averages** и установите количество усреднений равным 32.
  - 7) Отрегулируйте уровень запуска, чтобы избежать ложного срабатывания триггера.
  5. Нажмите **MENU** → **Vavg** слева на экране осциллографа, включите функцию измерения среднего значения. Считайте и запишите Vavg1.
  6. Установите на Fluke 9500B выходное напряжение постоянного тока -3 мВ DC (Vout2).
  7. Нажмите **MENU** → **Vavg**, слева на экране осциллографа, включите функцию измерения среднего значения. Считайте и запишите Vavg2.
  8. Рассчитайте относительную погрешность для данного вертикального масштаба по формуле:  $| (Vavg1 - Vavg2) - (Vout1 - Vout2) | / \text{Полная шкала} \times 100\%.$
  9. Не изменяя остальные настройки осциллографа:
    - 1) Последовательно установите вертикальный масштаб: 2 mV/div, 5 mV/div, 10 mV/div, 20 mV/div, 50 mV/div, 100 mV/div, 200 mV/div, 500 mV/div, 1 V/div, 2 V/div, 5 V/div и 10 V/div.
    - 2) Установите выходное напряжение Fluke 9500B равным 3 × текущий вертикальный масштаб и -3 × текущий вертикальный масштаб соответственно.
    - 3) Повторите шаги 3–7 и запишите результаты.
    - 4) Рассчитайте относительную погрешность для каждого вертикального масштаба.  
 $| (Vavg1 - Vavg2) - (Vout1 - Vout2) | / \text{Full Scale} \times 100\%.$
  10. Выключите канал CH1. Аналогичным способом выполните испытание канала CH2 и запишите результаты.

## 2.2.4 Форма записи результатов испытаний

Канал	Вертикальный масштаб	Результат			Допуск	Соответствие
		Vavg1	Vavg2	Результат расчета[1]		
CH1	1 mV/div				$\leq 4\%$	
	2 mV/div					
	5 mV/div					
	10 mV/div					
	20 mV/div					
	50 mV/div					
	100 mV/div					
	200 mV/div					
	500 mV/div					
	1 V/div					
	2 V/div					
	5 V/div					
CH2	1 mV/div				$\leq 4\%$	
	2 mV/div					
	5 mV/div					
	10 mV/div					
	20 mV/div					
	50 mV/div					
	100 mV/div					
	200 mV/div					
	500 mV/div					
	1 V/div					
	2 V/div					
	5 V/div					
	10 V/div					

Примечание<sup>[1]</sup>: Формула расчета равна  $| (Vavg1 - Vavg2) - (Vout1 - Vout2) | / \text{Полная шкала} \times 100\%$ ; где  $Vout1$  и  $Vout2$  равны  $3 \times$  текущей вертикальной шкале и  $-3 \times$  текущей вертикальной шкале соответственно.

## 2.3 Испытание полосы пропускания

Испытание полосы пропускания предназначено для проверки характеристик полосы пропускания осциллографа путём измерения потерь амплитуды осциллографа при работе на полной полосе пропускания.

### 2.3.1 Технические характеристики

Полоса пропускания		
Потери амплитуды <sup>[1]</sup>	200 МГц	-3 дБ, режим всех каналов

Примечание<sup>[1]</sup>: Потери амплитуды (дБ) =  $20 \times \lg (Vrms2 / Vrms1)$ , где  $Vrms1$  — измеренное действующее значение амплитуды на частоте 1 МГц,  $Vrms2$  — измеренное действующее значение амплитуды на полной полосе пропускания.

### 2.3.2 Схема подключения испытания

Fluke 9500B



Рисунок 2-3. Схема подключения для испытания полосы пропускания

### 2.3.3 Процедура испытания

1. Подключите активную головку Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа через адаптер импеданса 50 Ом, как показано на рисунке выше.
2. Включите Fluke 9500B и установите его импеданс равным 50 Ом
3. Настройте осциллограф:
  - 1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.
  - 2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».
  - 3) Поверните **HORIZONTAL SCALE** чтобы установить горизонтальную временную базу 500 ns/div.
  - 4) Поверните **VERTICAL SCALE** чтобы установить вертикальную шкалу на 100 mV/div.
  - 5) Установите **HORIZONTAL SCALE** и **VERTICAL SCALE** положение равным 0.
  - 6) Установите **TRIGGER LEVEL** равным 0 В.
4. С помощью Fluke 9500B подайте синусоидальный сигнал частотой 1 МГц и амплитудой 600 мВ.
5. Нажмите **MENU → Vrms** слева на экране осциллографа, включите функцию измерения действующего значения. Считайте и запишите Vrms1.
6. Подайте синусоидальный сигнал частотой 200 МГц и амплитудой 600 мВ.
7. Поверните **HORIZONTAL SCALE** 2 ns/div.
8. Нажмите **MENU → Vrms** слева на экране осциллографа, включите функцию измерения действующего значения. Считайте и запишите Vrms2.
9. Рассчитайте потери амплитуды по формуле: **Потери амплитуды (дБ) = 20 × lg (Vrms2 / Vrms1)**.
10. Не изменяя остальные настройки осциллографа из шага 3, установите вертикальный масштаб 500 mV/div.
11. Подайте синусоидальный сигнал частотой 1 МГц и амплитудой 3 В.
12. Повторите шаг 5.
13. Подайте синусоидальный сигнал частотой 200 МГц и амплитудой 3 В.
14. Повторите шаги 7–9.

15. Выключите канал CH1. Аналогичным способом выполните испытание канала CH2 и запишите результаты.

#### 2.3.4 Форма записи результатов испытаний

Канал	Вертикальный масштаб	Test Result			Допуск	Соответствие
		Vrms1	Vrms2	Потери амплитуды [1]		
CH1	100 mV/div				-3 дБ ~ 3 дБ	
	500 mV/div					
CH2	100 mV/div				-3 дБ ~ 3 дБ	
	500 mV/div					

Примечание [1]: Потери амплитуды (дБ) =  $20 \times \lg (V_{rms2} / V_{rms1})$ .

#### 2.4 Испытание полосы пропускания

Испытание ограничения полосы пропускания предназначено для проверки функции ограничения полосы пропускания 20 МГц осциллографа путём измерения потерь амплитуды при работе в режиме ограничения полосы.

Таблица 2-2. Ограничение полосы пропускания

Входной импеданс осциллографа	Доступное ограничение полосы
1 МОм	20 МГц

#### 2.4.1 Технические характеристики

Ограничение полосы пропускания	
Потери амплитуды [1]	-3 дБ, режим всех каналов

Примечание [1]: Потери амплитуды (дБ) =  $20 \times \lg (V_{rms2} / V_{rms1})$ , где Vrms1 — измеренное действующее значение амплитуды на частоте 1 МГц, Vrms2 — измеренное действующее значение амплитуды на частоте ограничения полосы пропускания.

#### 2.4.2 Схема подключения для испытания

Fluke 9500B

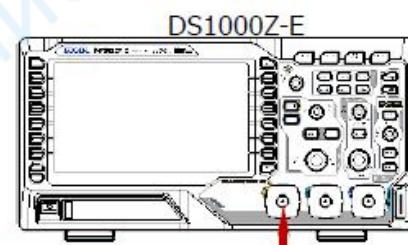
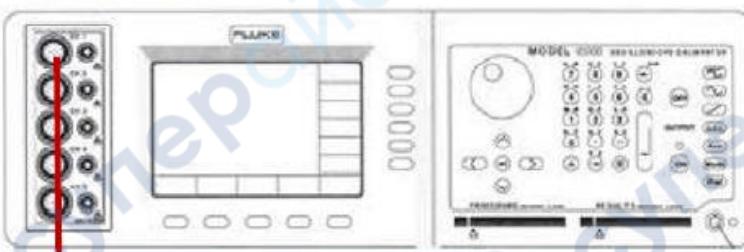


Рисунок 2-4. Схема подключения для испытания ограничения полосы пропускания

#### 2.4.3 Процедура испытания

1. Подключите активную головку Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа, как показано на рисунке выше

2. Включите Fluke 9500B и установите его импеданс равным 1 МОм.

3. Настройте осциллограф:

1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.

2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».

- 3) Поверните VERTICAL SCALE чтобы установить вертикальную шкалу на 100 mV/div
- 4) Поверните HORIZONTAL SCALE чтобы установить горизонтальную временную базу 500 ns/div.
- 5) Установите HORIZONTAL POSITION и VERTICAL POSITION в положение равным 0.
- 6) Установите TRIGGER LEVEL равным 0 В.
4. Подайте синусоидальный сигнал частотой 1 МГц и амплитудой 600 мВ.
5. Нажмите MENU → Vrms, включите измерение действующего значения и запишите Vrms1.
6. Нажмите BW Limit, установите ограничение полосы пропускания «20 М».
7. Подайте синусоидальный сигнал частотой 20 МГц и амплитудой 600 мВ
8. Поверните HORIZONTAL SCALE чтобы установить горизонтальную временную базу равной 2 ns/div.
9. Нажмите MENU → Vrms, включите измерение действующего значения и запишите Vrms2.
10. Рассчитайте потери амплитуды: **Потери амплитуды A1 (дБ) =  $20 \times \lg (Vrms2 / Vrms1)$**  и сравните результат с техническими характеристиками. На данном этапе потери амплитуды должны находиться в пределах допуска.
11. Не изменяя остальные настройки осциллографа из шага 3, установите вертикальный масштаб 500mV/div.
12. Подайте синусоидальный сигнал частотой 1 МГц и амплитудой 3 В
13. Повторите шаг 5.
14. Подайте синусоидальный сигнал частотой 20 МГц и амплитудой 3 В
15. Повторите шаги 8–10.
16. Выключите канал CH1. Аналогичным способом выполните испытание канала CH2.

#### 2.4.4 Форма записи результатов испытаний

Канал	Вертикальный масштаб	Результат испытания			Допуск	Соответствие
		Vrms1	Vrms2	Потери амплитуды <sup>[1]</sup>		
CH1	100 mV/div				-3 дБ ~ 3 дБ	
	500 mV/div					
CH2	100 mV/div				-3 дБ ~ 3 дБ	
	500 mV/div					

Примечание <sup>[1]</sup>: Потери амплитуды (дБ) =  $20 \times \lg (Vrms2 / Vrms1)$ .

#### 2.5 Испытание точности временной развертки

##### 2.5.1 Технические характеристики

Точность временной развертки <sup>[1]</sup>	
Технические характеристики	$\leq \pm(25 \text{ ppm} + \text{дрейф опорного генератора}^{[2]} \times \text{количество лет эксплуатации прибора}^{[3]})$

Примечание <sup>[1]</sup>: Типовое значение.

Примечание <sup>[2]</sup>: Дрейф опорного генератора не превышает  $\pm 5 \text{ ppm}/\text{год}$ .

Примечание [3]: Количество лет эксплуатации прибора рассчитывается на основании даты, указанной в поверочном сертификате, выданном при выпуске прибора с завода.

## 2.5.2 Схема подключения для испытания

Fluke 9500B

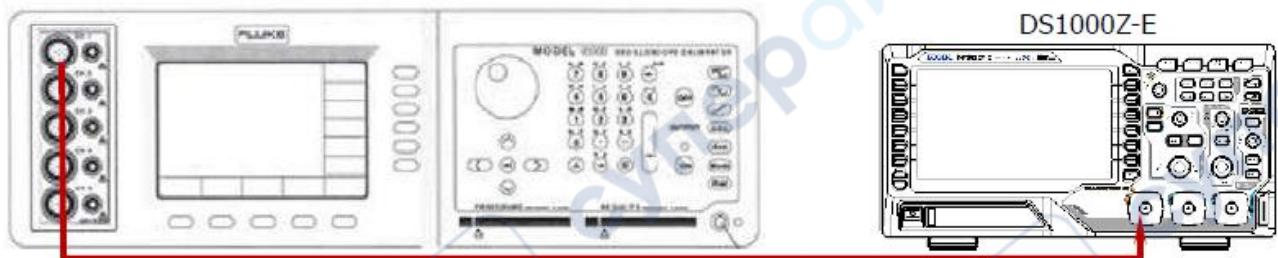


Рисунок 2-5. Схема подключения для испытания точности временной развертки

## 2.5.3 Процедура испытания

1. Подключите активную головку Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа, как показано на рисунке выше.
2. Включите Fluke 9500B и установите его импеданс равным 1 МОм.
3. С помощью Fluke 9500B подайте синусоидальный сигнал частотой 10 МГц и амплитудой 1,2 В
4. Настройте осциллограф:
  - 1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.
  - 2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».
  - 3) Поверните **VERTICAL SCALE** чтобы установить вертикальную шкалу на 200 mV/div.
  - 4) Нажмите **VERTICAL POSITION** чтобы установить вертикальное положение равным 0
  - 5) Поверните **HORIZONTAL SCALE** чтобы установить горизонтальную временную базу 10 ns/ div.
  - 6) Поверните **HORIZONTAL POSITION** чтобы установить горизонтальное положение на 1 мс.
5. Наблюдайте экран осциллографа. Нажмите **Cursor → Mode → Manual**, чтобы включить ручной режим курсоров. С помощью ручных курсоров измерьте смещение ( $\Delta T$ ) средней точки сигнала (то есть точки пересечения фронта нарастания текущего сигнала с линией уровня триггера) относительно центра экрана и запишите результат измерения.
6. Рассчитайте точность временной развертки как отношение  $\Delta T$  к горизонтальному расположению осциллографа. Например, если измеренное смещение составляет 1 нс, то точность временной развертки равна  $1 \text{ нс} / 1 \text{ мс} = 1 \text{ ppm}$ .
7. Рассчитайте допустимое значение точности временной развертки по формуле:  $\pm(25 \text{ ppm} + 5 \text{ ppm}/\text{год} \times \text{количество лет эксплуатации прибора})$ .

## 2.5.4 Форма записи результатов испытаний

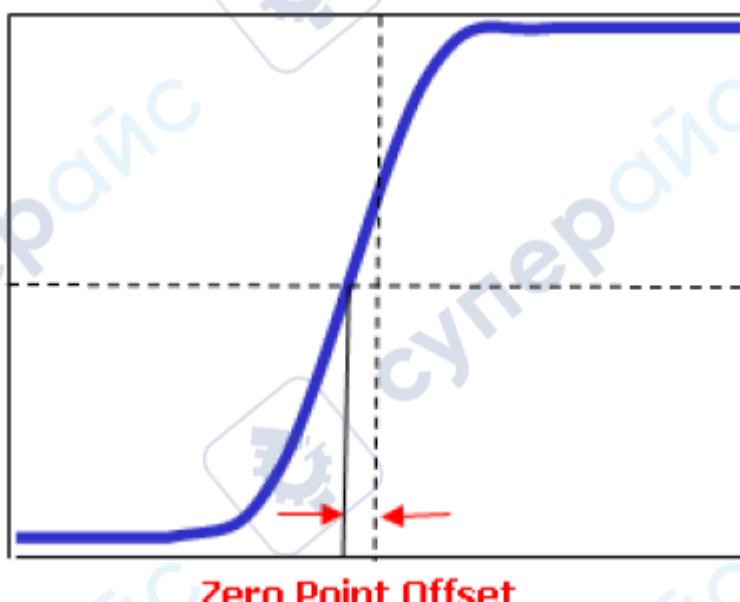
Канал	Результат испытания $\Delta T$	Результат расчёта <sup>[1]</sup>	Допуск	Соответствие
CH1			$\pm(25 \text{ ppm} + 5 \text{ ppm/год} \times \text{количество лет эксплуатации прибора}^{[2]})$	

Примечание <sup>[1]</sup>: Результат расчёта =  $\Delta T / 1 \text{ мс}$ .

Примечание <sup>[2]</sup>: Количество лет эксплуатации прибора определяется по дате, указанной в поверочном сертификате, выданном при выпуске прибора с завода.

## 2.6 Испытание смещения нулевой точки

Смещение нулевой точки определяется как смещение точки пересечения формы сигнала и линии уровня триггера относительно позиции триггера, как показано на рисунке ниже.

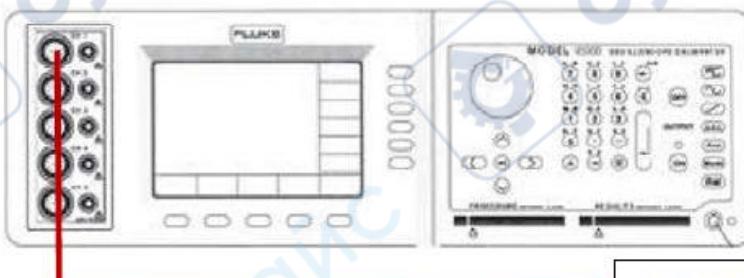


### 2.6.1 Технические характеристики

Смещение нулевой точки	
Технические характеристики	2,5 нс

### 2.6.2 Схема подключения для испытания

Fluke 9500B



адаптер импеданса 50 Ом

DS1000Z-E

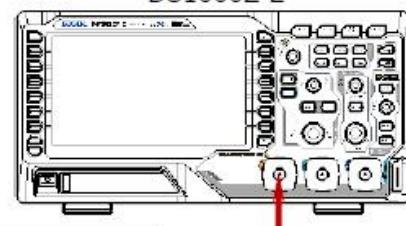


Рисунок 2-6. Схема подключения для испытания смещения нулевой точки

### 2.6.3 Процедура испытания

1. Подключите активный сигнальный выход Fluke 9500B к каналу CH1 осциллографа через адаптер импеданса 50 Ом, как показано на рисунке выше.
2. Включите Fluke 9500B и установите его импеданс равным 50 Ом.
3. С помощью Fluke 9500B подайте сигнал с быстрым фронтом с временем нарастания 500 пс и амплитудой 1,2 В.
4. Настройте осциллограф:
  - 1) Нажмите **CH1** в области вертикального управления (VERTICAL) на передней панели для включения CH1.
  - 2) Нажмите **Probe**, чтобы установить коэффициент ослабления пробника «1X».
  - 3) Поверните VERTICAL SCALE чтобы установить вертикальную шкалу на 200 mV/div.
  - 4) Поверните HORIZONTAL SCALE чтобы установить горизонтальное положение на 5 ns/div.
  - 5) Установите HORIZONTAL POSITION и VERTICAL POSITION соответственно, для правильной регулировки горизонтального и вертикального положения.
  - 6) Установите TRIGGER LEVEL установив его в середину экрана.
5. Наблюдайте экран осциллографа. Нажмите Cursor → Mode → Manual, чтобы включить ручной режим курсоров. С помощью ручных курсоров измерьте смещение нулевой точки и запишите результат измерения.
6. Подайте сигнал с быстрым фронтом с временем нарастания 500 пс и амплитудой 3 В.
7. Не изменяя остальные настройки осциллографа, установите вертикальный масштаб 500 mV/div.
8. Повторите шаг 5; измерьте смещение нулевой точки и запишите результат измерения.
9. Выключите канал CH1. Аналогичным способом выполните испытание канала CH2 и запишите результаты.

### 2.6.4 Форма записи результатов испытаний

Канал	Амплитуда сигнала с быстрым фронтом	Вертикальный масштаб	Результат испытания	Допуск	Соответствие
CH1	1.2 Vpp	200 mV/div		$\leq 2,5$ нс	
	3 Vpp	500 mV/div			
CH2	1.2 Vpp	200 mV/div		$\leq 2,5$ нс	
	3 Vpp	500 mV/div			