

## ЦИФРОВІ ОСЦИЛОГРАФИ ROHDE & SCHWARZ ДЛЯ ОСНАЩЕННЯ УЧБОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Цифрові осцилографи початкового рівня серії RTB2000, призначені для оснащення навчальних лабораторій, мають широкий набір функціональних можливостей та дозволяють використовувати їх як індивідуально, так і колективно, при підключенні до локальної мережі.

Вони дають можливість не тільки здійснювати контроль аналогових сигналів по 4 каналах, але і містять вбудований 16-канальний логічний аналізатор, генератор сигналів різної форми і мультиметр. Це дозволяє на базі одного приладу мати універсальний вимірювальний комплекс, що дозволяє проводити аналіз аналогових та цифрових сигналів, вимірювати їх параметри, здійснювати швидке перетворення Фур'є досліджуваних сигналів, проводити аналіз сигналів різних послідовних інтерфейсів та багато іншого.

Дружній інтерфейс та вбудована система навчання дозволяють за короткий термін освоїти роботу з приладом та ознайомитися з його функціональними можливостями. Високі технічні характеристики дозволяють використовувати його у професійних цілях.

*В. Макаренко*

Компанія Rohde&Schwarz випускає осцилографи початкового рівня серії RTB2000 [1]. Що ж мається на увазі під "осцилограф початкового рівня". Це універсальний 4-канальний цифровий осцилограф, який, крім функцій, властивих аналогічним приладам, містить цифровий мультиметр, генератор сигналів різної форми та тестових послідовностей, логічний аналізатор та аналізатор протоколів послідовних шин. Осцилограф дозволяє здійснювати швидке перетворення Фур'є, тестування по масці та тривале захоплення даних. Тобто в одному пристрої фактично міститься ціла вимірювальна лабораторія для дослідження як аналогових так і цифрових сигналів у широкій смузі частот.

Основне призначення такого пристрою, на думку компанії, оснащення навчальних лабораторій. Хоча його параметри не поступаються багатьом продуктам для професійного використання і навіть перевершують їх, а по функціональності та зручності використання аналогів цьому осцилографу немає.

Великий сенсорний дисплей 10.1 дюйма з 10 точками торкання дозволяє здійснювати управління

### ROHDE & SCHWARZ DIGITAL OSCILLOSCOPES FOR EQUIPPING EDUCATIONAL LABORATORIES

**D**igital oscilloscopes entry-level series RTB2000, is designed to equip teaching laboratories have a wide range of functionalities and pozoelyat use them both individually and collectively, when connected to local network.

They provide an opportunity not only to monitor analog signals on 4 channels, but also contain a built-in 16-channel logic analyzer, signal generator various shapes and multimeter. This allows a single instrument to have universal measuring a property that allows for the analysis of analog and digital signals, measure their parameters, to carry out the fast Fourier transform of the test signals, analysis of signals of various serial interfaces and many more.

User-friendly interface and built-in learning system allow you to quickly master the instrument and become familiar with its functionality. High technical characteristics allow to use it for professional purposes.

*V. Makarenko*

всіма режимами роботи не торкаючись кнопок управління, аналогічно керуванню смартфонами і планшетами [2]. Наявність порту USB дозволяє підключати зовнішній Flash-накопичувач та інші пристрої. Наявність порту Ethernet дає можливість використовувати осцилограф як мережевий пристрій: здійснювати керування приладом через мережу, передавати результати вимірювань і виводити отримані на екрані результати на відеопроєктор.

Випускається 2 модифікації осцилографів:

- двоканальний RTB2002
- чотирьохканальний RTB2004.

Додатково встановлювані модулі дозволяють розширити функціональні можливості та частотний діапазон осцилографів (табл. 1).

Зовнішній вигляд чотирьохканального осцилографа RTB2004 наведено на рис. 1.

На передній панелі розташовані органи управління режимами роботи, входи (праворуч наліво) підключення аналогових сигналів (Ch1...Ch4), вхід для підключення джерел зовнішньої синхронізації (Ext. Trigger In), 16 входів для підключення логічних

**Таблиця 1. Модифікації осцилографів RTB2000**

Модель	Смуга пропускання, МГц	Кількість каналів	Частота дискретизації, ГГц	Максимальний обсяг пам'яті, мільйонів відліків на канал	По замовленню модуль MSO, кількість цифрових каналів
R&S®RTB2002	70	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004	70	4	2.5	20	16
R&S®RT82002 + RTB-8221	100	2	2.5	20	16
R&S®RT82004 + RTB-8221	100	4	2.5	20	16
R&S®RTB2002 + RTB-8222	200	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004 + RTB-8222	200	4	2.5	20	16
R&S®RTB2002 + RTB-8223	300	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004 + RTB-8223	300	4	2.5	20	16



**Рис. 1. Зовнішній вигляд чотирьохканального осцилографа RTB2004**

сигналів (Logic Channels), виходи вбудованого генератора тестових послідовностей для демонстрації можливості аналізу сигналів послідовних інтерфейсів P1...P3 (Pattern Generator) та вихід генератора сигналу для налаштування пробників P0 (Probe Compensation). Лівише виходів Pattern Generator розташований роз'єм USB, вихід вбудованого в осцилограф генератора сигналів різної форми (Out) та кнопка включення живлення.

На задній панелі розташовані: роз'єм для підключення шнура живлення та вимикач живлення, роз'єми USB та LAN (Ethernet).

Основні параметри осцилографа RTB2004:

- 4 канали для дослідження аналогових сигналів
- смуга пропускання 70, 100, 200 та 300 МГц для різних моделей
- частота дискретизації 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц у режимі чергування

- 10-розрядний АЦП
- обсяг пам'яті для зберігання результатів вимірювань 10 мільйонів відліків на канал та 20 мільйонів у режимі чергування 2-х каналів
- частота оновлення 50 000 осцилограм/с
- максимальна чутливість каналу вертикального відхилення 1 мВ
- 10.1" емсійний сенсорний екран, 1280x800 пікселів
- підтримка жестів для масштабування та деталізації сигналів
- 16-канальний логічний аналізатор, частота дискретизації 1.25 ГГц
- можливість синхронізації зовнішніми сигналами
- аналіз сигналів у шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-розрядний генератор тестових послідовностей
- генератор сигналів: синус, прямокутні імпульси, меандр, трикутний, пилкоподібний, SinC, експоненціальний, сигнал довільної форми
- реєстрація сигналів у наступних режимах роботи: вибірка, огибаюча, пікове значення, висока роздільна здатність, усереднення результатів вимірювання, огибаюча + пікове значення
- збереження та поповнення бази даних форми сигналу довільної форми

- можливість налаштування інтерфейсу користувача
- розширений набір режимів синхронізації
- виконання основних математичних операцій над сигналами (+, -, \*, /), спектральний аналіз досліджуваних сигналів (ШПФ, 128 тис. точок)
- робота у локальній мережі
- документування у вигляді знімків екрана або налаштувань приладу, які зберігаються на зовнішній Flash-накопичувач
- автоматичний вибір налаштувань по вертикалі, горизонталі та синхронізації для оптимального перегляду активних сигналів.

Для зручності роботи з кількома каналами органи управління виконані з кольоровим маркуванням, яке дозволяє швидко ідентифікувати режим роботи та вибраний канал (рис. 2). Перший канал відображається жовтим кольором підсвічування, другий – зеленим, третій – червоним, а четвертий – фіолетовим. Оскільки органи регулювання зміщення та чутливості є спільними для всіх каналів, то при натисканні на кнопку активації одного з каналів ці органи підсвічуються відповідним кольором. Це дозволяє моментально оцінити налаштування якого каналу включені в цей момент.

Призначення органів управління аналогічне до органів управління будь-яких цифрових осцилографів і докладно описано в [2, 3]. Відзначимо лише



**Рис. 2. Вигляд осцилографа RTB2004 в робочому режимі**

деякі з них (рис. 3).

Кнопка Meas призначена для виклику екранного меню. Екранне меню можна викликати або прибра-ти з екрана торканням екрана в правому нижньому кутку (блакитний ромб з буквами R і S всередині на рис. 2).

Кнопка Quick Meas – отримання результатів вимірювання каналу, сигналом якого здійснюється синхронізація осцилографа. Результат такого вимі-ру в першому каналі наведено на рис. 4. Знімок ек-рану на рис. 4 отримано натисканням кнопки Знімок екрану (рис. 3). Для документування результатів вимірювань в осцилографах передбачена можливість запису в пам'ять і на диск знімків екрану і осцило-грам (у форматі .png).

Кнопка Search включає екранне меню парамет-рів пошуку за подією (рис. 5). Інтуїтивно зрозуміло призначення кожного пункту меню, що дозволяє на-віть недосвідченому користувачеві правильно вста-новити параметри пошуку.



**Рис. 5. Меню налаштувань пошуку за подією**

Зупинимося трохи докладніше на параметрах вбудованого генератора сигналів, меню якого ви-кликається натисканням кнопки Gen (рис. 3) або піс-ля виклику екранного меню натисканням на пікто-граму Gen (видна на рис. 4 і 5).

Для сигналів різної форми діапазон частот вихід-



- Знімок екрану** і запис на Flash-накопичувач
- Push to Select:** переміщення курсору і фіксація результатів в момент натискання
- Meas:** виклик екранного меню
- Search:** виклик екранного меню налаштувань пошуку
- QuickMeas:** отримання результатів вимірювань натисканням однієї кнопки

**Рис. 3. Панель управління осцилографом**



**Рис. 4. Результати отримані після натискання кнопки Quick Meas**



них сигналів суттєво відрізняється. Нижче наведено значення максимальної частоти для сигналів різної форми (рис. 6):

- синус – 25 МГц
- SinC – 1 МГц
- прямокутний (меандр) – 10 МГц
- імпульс (з регульованою шпаруватістю) – 10 МГц
- трикутний, пилкоподібний (полярність на вибір) та експоненційний – 1 МГц
- сигнал довільної форми – 1 МГц.



**Рис. 6. Меню вибору форми сигналу вбудованого генератора**

У генераторі передбачено можливість формування модульованих сигналів. Наприклад, для синусоїдального сигналу можна задати амплітудну та частотну модуляцію, амплітудну та частотну маніпуляцію. З іншого боку, можна сформувати ЛЧМ-сигнал чи сигнал з логарифмічним законом зміни частоти. Користувачем задаються час розгортки, початкове і кінцеве значення частоти. Щоб отримати доступ до налаштувань виду модуляції, необхідно меню генератора протягнути вгору по екрану (через велику кількість налаштувань параметрів сигналів, що генеруються, повністю меню на екрані не поміщається).

Окрім стандартних типів модуляції можна використати математичні операції. Приклад модульованого сигналу, отриманого за допомогою операції множення, наведено на рис. 7.

Аналогічні режими роботи та види модуляції доступні всіх форм сигналів.

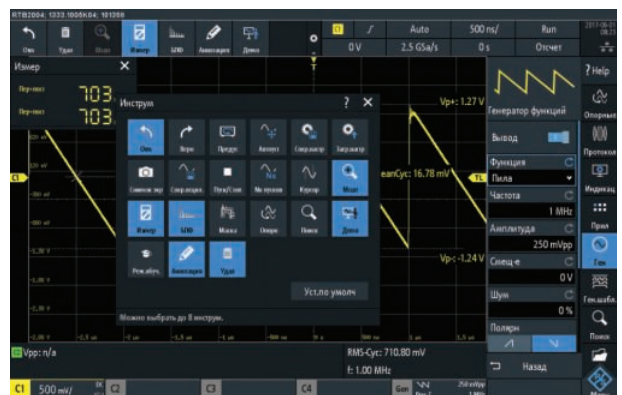
Генератор дозволяє формувати сигнали довільної форми та 4-бітові цифрові послідовності. Сигнали та цифрові послідовності можна імпортувати у вигляді файлів CSV або скопіювати з осцилограм приладу. Перед відтворенням сигналів можна здійснювати попередній перегляд. Можна використовувати попередньо задані цифрові послідовності, на-



**Рис. 7. Приклад модульованого сигналу, отриманого за допомогою операції множення**

приклад, для сигналів шин I2C, SPI, UART та CAN/LIN.

Панель інструментів на екрані осцилографа може налаштовуватись користувачем. Для її налаштування необхідно торкнутися значка Шестерня у центрі панелі і у вікні (рис. 8) вибрати 8 інструментів, які необхідні для роботи найчастіше. Поєднуючи екранну панель інструментів та традиційні органи управління осцилографом можна дуже швидко отримати доступ до будь-яких функцій та налаштувань осцилографа, що значно підвищує зручність роботи



**Рис. 8. Меню налаштування панелі інструментів**

з ним.

Розглянемо коротко деякі функції осцилографа.

### Цифровий вольтметр

Осцилограф R&S®RTB2000 оснащений трирозрядним цифровим вольтметром та шестирозрядним частотоміром по кожному каналу для проведення одночасних вимірювань. Вольтметр дозволяє вимірювати постійну напругу (рис. 9), змінну + постійну (СКЗ) та змінну (СКЗ).

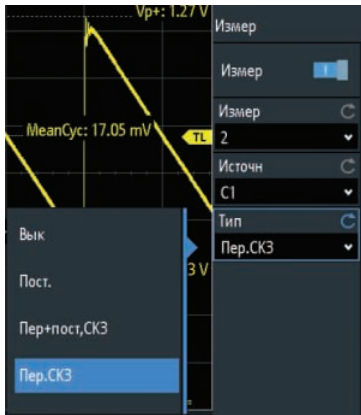


Рис. 9. Меню налаштувань вольтметра

Результати вимірювання відображаються у віконці (рис. 7 у верхньому лівому куті). Зліва відображається режим вимірювань (на рис. 8 – Пост + перем), а праворуч значення вимірюваної величини.

### Аналіз спектру

Функція швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) приладу R&S®RTB2000 активується натисканням однієї кнопки та введенням значень центральної частоти та смуги огляду. За рахунок високої продуктивності функції ШПФ в осцилографах R&S®RTB2000 можуть аналізуватися сигнали з кількістю точок до 128 тис. До інших практичних інструментів відносяться курсорні вимірювання функція автоматичного налаштування вимірювання в частотній області.

### Тестування за маскою

Випробування відповідність масці забезпечують швидке виявлення виходу досліджуваного сигналу за допустимі значення. При цих випробуваннях використовується статистичний аналіз відповідності або невідповідності масці, який дозволяє отримати оцінку якості та стабільності випробуваного пристрою. При виході сигналу за межі маски вимір зупиняється і генерується імпульс, який виводиться на вихідний роз'єм AUX-OUT осцилографа.

В результаті забезпечується швидке виявлення аномалій сигналу та несподіваних результатів. Кож-

не порушення може призводити до генерації імпульсу, що виводиться на вихідний роз'єм AUX-OUT приладу R&S®RTB2000. Цей імпульс можна використувати для запуску різних дій у вимірювальній установці.

### Архів та сегментована пам'ять

На додаткове замовлення осцилограф може бути доповнений модулем архіву R&SRRTB-K15, який збільшує обсяг пам'яті з 10 млн. відліків на канал до 160 млн. відліків. Користувачі отримують можливість перегляду попередніх вибірок даних та їх аналізу за допомогою всіх інструментів осцилографа, наприклад, функцій декодування протоколів і використання логічних каналів. У режимі ультрасегментації сигнали перед візуалізацією захоплюються як єдине ціле. Сигнали послідовних шин та імпульсні послідовності записуються практично без переривань.

### Розширення функціональних можливостей під вимоги замовника

Осцилограф R&SRRTB2000 можна налаштувати під необхідні вимоги до модернізації шляхом встановлення програмних ліцензій. Ці можливості відносяться, наприклад, до синхронізації та декодування послідовних протоколів, до режиму архіву та сегментованої пам'яті. Генератор сигналів та тестових послідовностей, а також можливості роботи в змішаному режимі MSO 1) вже вбудовані в прилад та вимагають лише своєї активації. За допомогою ключового коду можна розширити смугу пропускання пристрою до 300 МГц. Усе це значно полегшує проведення модернізації.

### Багатомовна підтримка: вибір з 13 мов

Інтерфейс користувача RTB2000 та оперативно-доступна довідкова система підтримують тринадцять мов (англійська, німецька, французька, іспанська, італійська, португальська, чеська, польська, російська, спрощена та традиційна китайська, корейська та японська). Користувачі можуть змінити мову інтерфейсу під час роботи приладу, вся операція триватиме лише кілька секунд.

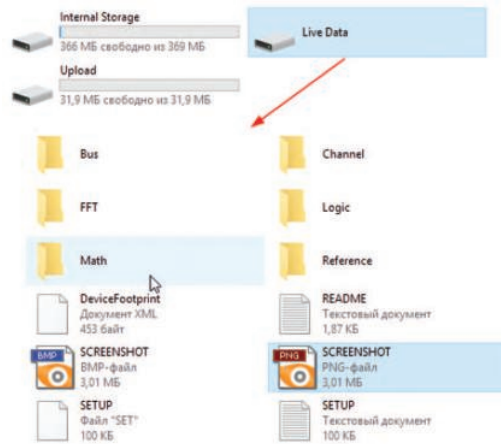
### Захист даних

Функція безпечного стирання дозволяє захищати конфіденційні дані. При її використанні з пам'яті приладу видаляються всі дані користувача і налаштування, включаючи схеми налаштування приладу і осцилограми.

### Можливості підключення зовнішніх пристроїв

Осцилограф RTB2000 може безпосередньо підключатися до ПК через вбудовані USB-порти. Кори-

стувач ПК отримує доступ до пам'яті осцилографа (рис. 10).



**Рис. 10. Структура пам'яті осцилографа доступна користувачу ПК**

Через USB-порт (хост) на Flash-накопичувач можуть передаватися знімки екрана або налаштування приладу. Реалізація протоколу передачі медіаданих (MTP) забезпечує просту інтеграцію. Через порт USB (пристрій) та мережний інтерфейс LAN також можливе дистанційне керування приладом.

Вбудована функція веб-сервера дозволяє користувачам керувати осцилографом та відображати вміст екрана для аудиторії. У прилад входять інтерфейси даних та програмні інтерфейси, наприклад для простої інтеграції в середу MATLAB.

### Пробники для точних вимірів

Для проведення вимірювань прилад комплектується пасивними пробниками напруги. Додатково можуть бути замовлені несиметричні високовольтні пробники, диференціальні та струмові пробники.

Зазначимо ще деякі цікаві особливості приладу. До них можна віднести інструкцію та режим Демо (рис. 7).

### Анотація

При дотyku до піктограми анотація на екран виводиться меню (рис. 11) в якому можна вибрати: олівець, одного з п'яти кольорів, текст (літера T), гумка і щітка.

Олівцем можна нанести вручну написи або значки в будь-якому місці екрану, де розташовується сигналограма. При виборі T на екран виводиться віртуальна клавіатура за допомогою якої можна ввести текст, що пояснює.

Гумка дозволяє видаляти окремі фрагменти анотації, а щітка видаляє анотацію повністю.

У режимі Демо покроково можна переглянути



**Рис. 11. Меню режиму анотація**

результати роботи осцилографа у різних режимах. Меню режиму Демо розбито на 4 підменю: основні функції, додаткові функції, користувацькі (введені користувачем) та USB (завантажені через інтерфейс USB). За замовчуванням останні два підменю порожні та наповнюються в процесі роботи користувачем. Приклад інформації що виводиться на екран в режимі Демо наведено на рис. 12.



**Рис. 12. Приклад інформації що виводиться на екран в режимі Демо**

Основні параметри осцилографів серії RTB2000 наведені у табл. 2.

Більш детальну інформацію про параметри, режими роботи та налаштування осцилографа можна знайти в [2, 3] та на сайті компанії Rohde&Schwarz <https://scdn.rohde-schwarz.com>.

### ЛІТЕРАТУРА

1. [https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rs-rtb2000-oscilloscope\\_63493-266306.html](https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rs-rtb2000-oscilloscope_63493-266306.html)



2. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_manu-als/getting\\_started/1333\\_1605\\_01/RTB\\_GettingStart-ed\\_en\\_09.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manu-als/getting_started/1333_1605_01/RTB_GettingStart-ed_en_09.pdf)

3. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_manu-als/user\\_manual/1333\\_1611\\_01/RTB\\_UserManual\\_en\\_12.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manu-als/user_manual/1333_1611_01/RTB_UserManual_en_12.pdf)

**Таблиця 2. Основні параметри осцилографів серії RTB2000**

<b>Система вертикального відхилення</b>		
Кількість каналів	R&S®RTB2002; R&S®RTB2004	2; 4
Смуга пропускання (на рівні -3 дБ) при 50 Ом	R&S®RTB2002/2004 (с опціями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 300 МГц
Время нарастания (расчетное)	R&S®RTB2002/2004 (с опціями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	5 нс, 3,5 нс, 1,75 нс, 1,15 нс
Вхідний імпеданс		1 МОм ± 2% и 19 пФ ± 2 пФ
Чутливість по входу	при максимальній смузі пропускання у всіх діапазонах	від 1 мВ/діл до 5 В/діл
Точність підсилення за постійною напругою	зміщення і позиція = 0, максимальна зміна робочої температури ±5 °C після саморегулювання	
	вхідна чутливість > 5 мВ/діл	± 1,5% повної шкали
	вхідна чутливість 5 мВ/діл	± 2% повної шкали
Роздільна здатність АЦП		10 біт, до 16 біт при децимації з високою роздільною здатністю
<b>Система збору даних</b>		
Максимальна частота дискретизації (в режимі реального часу)		1.25 ГГц; 2,5 ГГц
Пам'ять для зібраних даних	стандартна; з опцією R&S®RTB-K15	10 млн відліків; 20 млн відліків з чередуванням; 160 млн відліків сегментованої пам'яті
<b>Система горизонтального відхилення</b>		
Діапазон зміни часу розгортки		вибирається від 1 нс/діл до 500 с/діл
Система синхронізації (запуску)		
Типи запуску	стандартні	за фронтом, за тривалістю, за відеосигналом (PAL, NTSC, SECAM, PAL-M, SDTV 576i, HDTV 720p, HDTV 1080i, HDTV 1080p), за шаблоном, за рядком,
	опція	за послідоною шиною I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN/LIN
<b>Функції аналізу та вимірювань</b>		
Швидкі вимірювання (QuickMeas)	при натисканні кнопки виміряні значення неперервно "записуються" на осцилограми	розмах напруги, позитив. пік, від'ємний. пік, час зростання, час спаду, середнє значення, середньоквадратичне значення, час, період, частота
Математичні операції з сигналом		додавання, віднімання, множення, ділення, ШПФ
<b>Опція MSO</b>		
Цифрові канали		16 (2 логічних пробника)
Частота дискретизації		1,25 ГГц
Пам'ять для зібраних даних		10 млн відліків
<b>Генератор сигналів</b>		
Роздільна здатність, частота дискретизації		14 біт, 250 млн відліків/с
Амплітуда	високий-Z; 50 Ом	від 20 мВ до 5 В (розмах); від 10 мВ до 2,5 В (розмах)
Зміщення постійної складової	високий-Z; 50 Ом	±2,5 В; ±1,25 В
Діапазони частот формуємих сигналів	синусоїдальний	від 0.1 Гц до 25 МГц
	імпульсний/прямокутний	від 0.1 Гц до 10 МГц
	пилкоподібний/трикутний	від 0.1 Гц до 1 МГц
	шумовий	макс. 25 МГц
Довільної форми	частота дискретизації; обсяг пам'яті	макс. 10 млн відліків/с; 16 тис. точок
<b>Загальні дані</b>		
Екран		10,1" WXGA кольоровий TFT-дисплей (1280 × 800 пікселів)
Інтерфейси		USB (хост) с MTP, USB (пристрій), LAN, веб-сервер для дистанційного керування та відображення результатів роботи
Акустичний шум	максимальний рівень звукового тиску на відстані 1 м	28,3 дБ (А)
Габаритні розміри	Ш × В × Г	390 × 220 × 152 мм
Маса		2.5 кг