

# 7 кроків для підвищення продуктивності вимірювань цифровим мультиметром

**Переклад: Вадим Потапенко**

**Редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест**

**E-mail: Victor\_Butyrin@unitest.com**

## ВСТУП

Незалежно від того, чи проводиться тестування виробів електроніки в процесі їх виробництва, перевірки конструкції або під час досліджень та проектування, скорочення часу тестування означає скорочення загального часу розробки та зменшення виробничих витрат.

У більшості випадків у процесі тестування виробів електроніки використовується цифровий мультиметр (*Digital Multimeter, DMM*) (рис. 1). Існують різні методи скорочення часу вимірювань цифровим мультиметром, які можуть значно підвищити загальну продуктивність тестування. Однак скорочення часу тестування може вимагати компромісів в інших областях. Розуміння цих компромісів та усвідомлення того, що важливо саме для цього тестування, допоможе вам прийняти обґрунтоване рішення, яке відповідає вашим конкретним потребам.

Переваги підвищення продуктивності вимірювань цифровим мультиметром:

- збільшення обсягів виробництва та оптимізація доходів від реалізації продукції;
- зменшення кількості випробувального обладнання, що, в свою чергу, зменшує площу для проведення випробувань та капітальні витрати;
- Прискорення часу розробки продукту, особливо на етапах визначення його характеристик і валідації;
- оптимізація використання та підвищення ефективності випробувального обладнання.



**Рис. 1. Встановлення цифрового мультиметра у виробничу випробувальну систему**

## КРОК 1. ЗБІЛЬШЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАВДЯКИ ФУНКЦІЇ АВТОМАТИЧНОГО ОБНУЛЕННЯ АБО СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ТЕСТУВАННЯ ПРИ ВІДМОВІ ВІД НЕЇ

Автоматичне обнулення — це функція цифрового мультиметра, яка підвищує точність вимірювань. Під час використання функції автоматичного обнулення цифровий мультиметр виконує додаткове обнулення під час кожного вимірювання, щоб усунути зміщення підсилювача та каскадів інтегрування всередині цифрового мультиметра. Вимкнення цієї функції дає змогу скоротити час вимірювання вдвічі. Ці зміщення від початку відкалібровані, але вони можуть злегка дрейфувати під час зміни температури.

Якщо вимірювання проводяться у середовищі зі стабільною температурою або якщо кілька вимірювань проводять за короткий проміжок часу (зміни температури відбуваються протягом триваліших періодів часу), то покращення продуктивності завдяки вимкненню функції автоматичного обнулення переважає будь-яке незначне зниження точності.

Наприклад, під час використання цифрового мультиметра серії Keysight Truevolt у разі вимкнення автоматичного обнулення в умовах стабільного середовища зазвичай до напруги постійного струму додається похибка всього лише 0.0002% від діапазону +5 мкВ, або +5 мОм під час вимірювання опору. Зверніть увагу, що за вимкненого автоматичного обнулення будь-яка зміна діапазону, функції або часу інтегрування може призвести до виконання одного циклу автоматичного обнулення під час першого вимірювання з використанням нового налаштування. Таким чином, часта зміна налаштувань при вимкненому автоматичному обнуленні зводить нанівець економію часу. Обов'язково вивчіть роботу автоматичного обнулення вашого цифрового мультиметра, щоб максимально використовувати переваги цієї функції.

## КРОК 2. СКОРОЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПЕРЕМІКАНЬ ДІАПАЗОНУ ПІД ЧАС ТЕСТУВАННЯ

Мінімізація перемикань діапазону підвищує продуктивність вимірювань завдяки скороченню часу, необхідного цифровому мультиметру для зміни діапазону. Це також усуває необхідність у додатковому вимірюванні для виконання автоматичного обнулення, яке може знадобитися через зміни зміщень,

що виникають під час використання різних ступенів ослаблення і різних каскадів підсилювачів для нового заданого діапазону. Зведення до мінімуму кількості перемикачів діапазону подовжує термін служби цифрового мультиметра, оскільки під час деяких перемикачів діапазону активується механічне реле, яке може зношуватися за великої кількості вмикань.

У більшості цифрових мультиметрів на зміну функцій або діапазонів вимірювань також потрібен додатковий час, тому групуйте вимірювання, щоб мінімізувати зміни функцій і діапазонів:

- виконуйте всі вимірювання напруги та опору за один раз, замість того щоб перемикатися між функціями;
- Групуйте вимірювання низької та високої напруги, щоб скоротити кількість перемикачів діапазону.

Під час перемикачів діапазону для напруг, вищих за 10 В, використовується механічний атенюатор, якому потрібен час для ввімкнення і вимкнення.

Групування вимірювань за функціями та діапазонами дає змогу скоротити час вимірювань.

### КРОК 3. ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЧНОГО АБО РУЧНОГО ВИБОРУ ДІАПАЗОНУ

Час, необхідний для автоматичного встановлення діапазону, іноді призводить до збільшення часу тестування. Час, необхідний для автоматичного налаштування діапазону, залежить від конструкції цифрового мультиметра. Цифрові мультиметри, які використовують паралельні аналого-цифрові перетворювачі з компараторами на кожен дискретний рівень вхідного сигналу, можуть скоротити час тестування, оскільки час зміни діапазону в них дорівнює нулю. У цих випадках автоматичне визначення діапазону виконується швидше, ніж надсилання команд ручного керування діапазоном з комп'ютера.

Проте, для інтегрованих цифрових мультиметрів ручне керування діапазоном залишається найшвидшим способом проведення вимірювань. Ручне керування діапазоном дає змогу утримувати цифровий мультиметр у фіксованому діапазоні, що робить неможливим небажані вимірювання нуля та запобігає непотрібному спрацюванню механічного атенюатора. Швидкість введення-виведення (I/O) і обробки команд керування діапазоном у цифрових мультиметрах Keysight серії Truevolt значно

Таблиця 1. Налаштування фільтра змінного струму та час встановлення

| Фільтр змінного струму      | Вхідна частота        | Час встановлення ACV на одне показання, секунди | Час встановлення ACI на одне показання, секунди |
|-----------------------------|-----------------------|---|---|
| Повільний                   | Від 3 Гц до 300 кГц   | 2.5   | 1.66  |
| Середній (за замовчуванням) | Від 20 Гц до 300 кГц  | 0.625   | 0.25  |
| Швидкий                     | Від 200 Гц до 300 кГц | 0.025   | 0.025   |

вища, ніж в алгоритмі автоматичного вибору діапазону.

### КРОК 4. ВИБІР МІЖ ЧАСОМ ІНТЕГРУВАННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯМ ШУМУ

Час інтегрування — це один параметр, яким можна керувати безпосередньо, але тут є певний компроміс. Під час виконання вимірювання цифрові мультиметри інтегрують вхідний сигнал протягом заданого періоду часу, відомого як час інтегрування. Вибір тривалішого часу інтегрування має ту перевагу, що при цьому зменшується вплив небажаних шумів на вимірювання; особливо шумів мережі змінного струму.

Однак триваліший час інтегрування також означає збільшення часу вимірювання. Наприклад, якщо час інтегрування встановлюється таким, що дорівнює цілому числу періодів змінної напруги в електромережі (*Number of Power Line Cycles, NPLC*), такому як 1, 2, 10 або 100, то внесок шуму електромережі зменшується тим більше, чим за більший період часу виконується усереднення. Це зменшення є прямим результатом збільшення подавлення заводів від електромережі (*Normal Mode Rejection, NMR*). За значення NPLC, що дорівнює 10, і частоти електромережі 60 Гц час інтегрування становить 166 мс (200 мс за частоти електромережі 50 Гц). Що більша кількість періодів для інтегрування, то більше подавлення заводів від електромережі (наприклад, подавлення на частоті 60 Гц); але при цьому збільшується час вимірювання.

Зменшення часу інтегрування може призвести до зниження роздільної здатності. Зміна часу інтегрування призводить до повторного вимірювання нуля, якщо ввімкнено функцію автоматичного обнулення; групування вимірювань за часом інтегрування дає змогу заощадити час. Під час вимірювання низької напруги на термopарах зазвичай потрібне краще подавлення заводів, ніж під час вимірювання більш високої напруги на батареях або джерелах живлення. Виберіть правильний час інтегрування, щоб отримати рівень

точності, необхідний для вимірювання, та зменшити вплив заводів на вимірювальний прилад.

### КРОК 5. НАЛАШТУВАННЯ ФІЛЬТРА ЗМІННОГО СТРУМУ ТА ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ

При виконанні вимірювань змінного струму виберіть відповідне налаштування фільтра змінного струму, що відповідає вимірюваному сигналу. Виберіть таке налаштування смуги пропускання, щоб вона включала найнижчу частоту сигналу, яку ви очікуєте зустріти. Наприклад, цифровий мультиметр Keysight Truevolt і мультиметри 3458A мають три налаштування фільтра змінного струму, як показано в таблиці 1.

Час встановлення при вимірюванні змінної напруги (ACV) і змінного струму (ACI) збільшується при налаштуваннях для вимірювання низьких частот і зменшується при вимірюваннях більш високих частот (дивіться табл. 1).

### КРОК 6. УВІМКНЕННЯ/ВИМКНЕННЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОКАЗАНЬ

Оскільки для керування відображенням, виконання вимірювань і керування введенням-виведенням потрібен один і той самий процесор, вимкнення відображення дасть змогу вивільнити помітну частину ресурсів процесора. Чи збільшиться продуктивність у разі вимкнення відображення, залежить від обчислювальних можливостей цифрового мультиметра.

### КРОК 7. ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАТРИМКИ ЗАПУСКУ

Коло сигнал подається на вхід цифрового мультиметра, має пройти певний час, перш ніж сигнал повністю встановиться, щоб забезпечити достовірне вимірювання. Це особливо актуально, коли вимірювані сигнали проходять через систему комутації. На-

приклад, під час подачі сигналу на вхід цифрового мультиметра вимірювана напруга має зарядити всі ємності в комутованому колі.

Для витримки часу використовуються налаштування затримки запуску, значення якої залежить від функції, діапазону, часу інтегрування та налаштування фільтра змінного струму. Затримка запуску — це період часу, який має пройти між моментом запуску вимірювання та моментом виконання фактичного вимірювання. Час вимірювання можна оптимізувати, підібравши налаштування затримки запуску таким чином, щоб воно відповідало типу вимірюваного сигналу.

Під час вимірювання напруги з високим імпедансом джерела, сигналу потрібно більше часу, щоб зарядити ємність на вході цифрового мультиметра, який під'єднується. Напругам із низьким імпедансом потрібен менший час встановлення, тому можна встановити меншу затримку запуску. Затримки запуску за замовчуванням підходять для простих застосувань, але вони можуть не підійти для великих систем комутації або джерел із високим імпедансом.

**ВИСНОВОК**

Цифрові мультиметри є невід'ємною частиною майже всіх електронних випробувальних систем, тому дуже важливо розробити процес вимірювання з використанням цифрового мультиметра, який скорочує час тестування і збільшує продуктивність. Вибір відповідних налаштувань для автоматичного обнулення, автоматичного вибору діапазону, часу інтегрування, мінімізація змін функцій і діапазонів — ось лише деякі зі стратегій, що дають змогу підвищити продуктивність. Скорочення часу тестування веде до зниження витрат і прискорення виходу на ринок — обидві ці цілі є критично важливими в умовах сучасного динамічного та конкурентного ринку.

**Більш детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:**

**04053, м. Київ,  
вул. Олесь Гончара, 6,  
тел. +38 (044) 272-60-94,  
e-mail: web@unitest.com,  
https://unitest.com**

СН

**Компанія Keysight Technologies розширила можливості популярних аналізаторів серії Fieldfox**

**Генератор імпульсів. Опція 357**

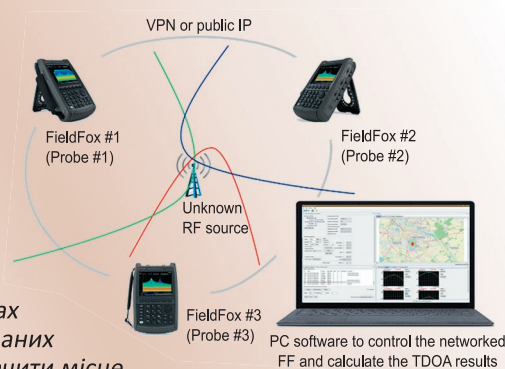


Можливості FieldFox тепер включають і генерацію сигналів завдяки новому вбудованому генератору імпульсних сигналів частотою до 54 ГГц. Створюйте різні імпульсні сигнали, такі як стандартні імпульсні сигнали, імпульсні сигнали з лінійною частотною

модуляцією, імпульсні сигнали з трикутною частотною модуляцією, імпульсні сигнали з амплітудною модуляцією та задані користувачем послідовності імпульсів. Генеруйте сигнали незатухаючих коливань (CW), включно з AM/ЧМ модуляцією, FSK і BPSK.

**Різниця в часі прибуття (TDOA) за допомогою KSMS**

TDOA (Time Difference of Arrival) — це новий метод визначення напрямку, що дає змогу отримувати точні результати з похибкою не більше десяти метрів. Використовуючи цей метод пеленгації, кілька РЧ-аналізаторів FieldFox у різних географічних точках за допомогою синхронізованих сигналів GPS можуть визначити місце розташування невідомого джерела сигналу.



**Пошук перешкод за допомогою пеленгаторної антени. Опція 366**

Виявлення невідомого джерела сигналу на «останній милі» за допомогою ручної триангуляції сигналу. Автоматичне відображення кількох пеленгів на основі виявленої пікової потужності залежно від азимута. Запис вимірювань у файл CSV для подальшої обробки.



**Програмно-визначуваний аналізатор. N9912C**

Аналіз можна легко налаштувати відповідно до своїх вимог завдяки опціям максимальної частоти, смуги пропускання та понад 20 програмним застосункам, які можна повністю оновити й активувати ліцензійним ключем. Комбінуйте частоти векторного аналізатора електричних кіл (мереж) (VNA, Vector Network Analyzer) та аналізатора спектра (SA, Spectrum Analyzer) і легко модернізуйте можливості аналізатора в міру зміни ваших потреб.



www.keysight.com