

10 порад щодо підвищення продуктивності системи тестування з джерелами живлення

Переклад та редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест
E-mail: Victor_Butyryn@unitest.com

Як і раніше, від виробників вимагають більшого за менших витрат. Підвищення ефективності може скоротити кількість обладнання, що використовується під час тестування, і обійти фізичні обмеження виробничого об'єкта. Підвищення якості робочого процесу також знизить витрати на обладнання. Прогнозується джерела живлення компанії Keysight розроблені для підвищення ефективності при забезпеченні найвищого рівня захисту вашого тестованого пристрою. Ознайомтеся з усіма десятима порадами, щоб дізнатися більше про підвищення ефективності тестування.

1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЧЕРЕЗ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ОБРОБКИ КОМАНДИ

Підвищення ефективності тестування починається з використання більш швидких джерел живлення. Час опрацювання команд є ключовим параметром, що визначає швидкість джерела живлення, оскільки він впливає на практично всі аспекти його використання під час автоматизованого керування. Скорочення часу обробки команд може значно зменшити час тестування і підвищити ефективність. Це особливо актуально, коли потрібно випробувати пристрій, що тестується, на декількох вихідних рівнях і виміряти відповідний рівень сили струму або напруги, що часто і потребується. Різниця в часі обробки команд між джерелами живлення загального призначення і високопродуктивними системними джерелами живлення постійного струму може становити кілька порядків. Якщо важлива пропускна здатність тестування, економія часу тестування завдяки використанню високопродуктивних джерел живлення з малим часом опрацювання команд легко відшкодує різницю в ціні.

Приклад часу обробки команд для джерела живлення показано на рисунку 1. Час обробки команд — це час від першого отримання команди до того моменту, коли джерело живлення починає її

виконувати. У цьому випадку це момент, коли вихідне значення джерела живлення починає змінюватися. Час опрацювання команд може варіюватися від кількох сотень мілісекунд у джерел живлення загального призначення до менш ніж 1 мс у високопродуктивних джерел живлення.

Вплив часу обробки команди джерелом живлення на час тестування та пропускну здатність тестової системи очевидний відразу. Для тестованого пристрою, що випробується на 10 різних налаштувань напруги, від дже-

рела живлення з часом опрацювання команди 100 мс до джерела з 1 мс, час тестування скорочується приблизно на 2 с. Ця кількість часу є істотною для масштабів заводського тестування масованого виробництва. Подібна економія також реалізується під час інших операцій з джерелом живлення — час тестування з легкістю зменшується ще на кілька секунд, значно підвищуючи ефективність тестування.

2. ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЧЕРЕЗ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ВІДГУКУ ПРИ НАРОСТАННІ ТА СПАДІ НАПРУГИ

Використання джерел живлення з меншим часом відгуку під час програмування виходу в на підвищення чи на пониження може значно зменшити час тестування, зокрема, якщо в послідовності тестування пристрою потрібно задати кілька налаштувань вихідно-

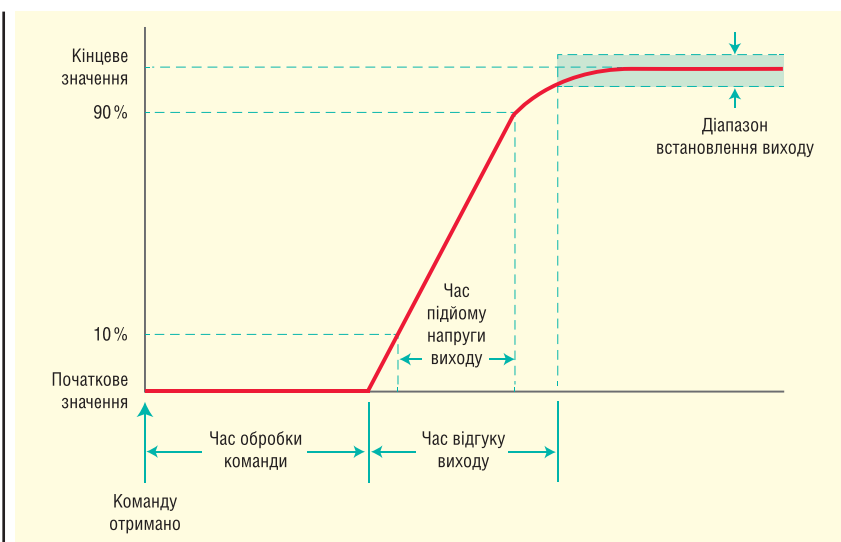


Рис. 1. Час опрацювання команд джерела живлення при зміні вихідного рівня

го рівня. Різниця в часі відгуку під час програмування виходу може становити кілька порядків величини між джерелами живлення загального призначення та високопродуктивними системними джерелами живлення постійного струму. Використання джерела живлення з меншим часом відгуку під час програмування виходу легко зменшує час тестування пристрою на кілька секунд, значно підвищуючи пропускну здатність тестування.

Час відгуку на програмування на підвищення рівня зображено на рисунку 2а. Це час, необхідний джерелу живлення для підйому напруги виходу та встановлення в межах невеликого діапазону навколо кінцевого значення вихідного рівня після опрацювання команди зміни вихідного рівня.

Час відгуку на програмування на підвищення рівня значно варіюється залежно від рівня джерела живлення: від сотень мілісекунд у пристроїв загального призначення до менш ніж 1 мс у високопродуктивних джерел живлення. У низки спеціалізованих високопродуктивних джерел живлення час відгуку під час програмування на підвищення мінімальний і обчислюється десятками мікросекунд.

Час відгуку під час програмування на пониження подібний до часу відгуку на підвищення, за винятком того факту, що джерело живлення програмується на нижчий рівень. Однак необхідно розглядати програмування на пониження незалежно, оскільки малий час програмування на підвищення не обов'язково гарантує такий самий малий час на пониження. Не всі джерела живлення мають активну мережу розсіювання потужності, щоб швидко перевести вихід на низьку напругу. За відсутності пристрою розсіювання потужності час відгуку під час програмування на зниження, необхідний для переведення виходу на низьку напругу, залежить здебільшого від навантаження тестованого пристрою.

Час відгуку під час програмування на пониження з і без пристрою розсіювання потужності показано на рисунку 2б. Час відгуку під час програмування на пониження також значно варіюється залежно від рівня джерела живлення: високопродуктивні джерела живлення завжди обладнують пристроєм розсіювання потужності, а їхній час відгуку становить 1 мс або менше. Для порівняння, джерела живлення загального призначення можуть мати час відгуку під час програмування на зниження в кілька сотень мілісекунд і більше. Багато джерел живлення загального призначення мо-

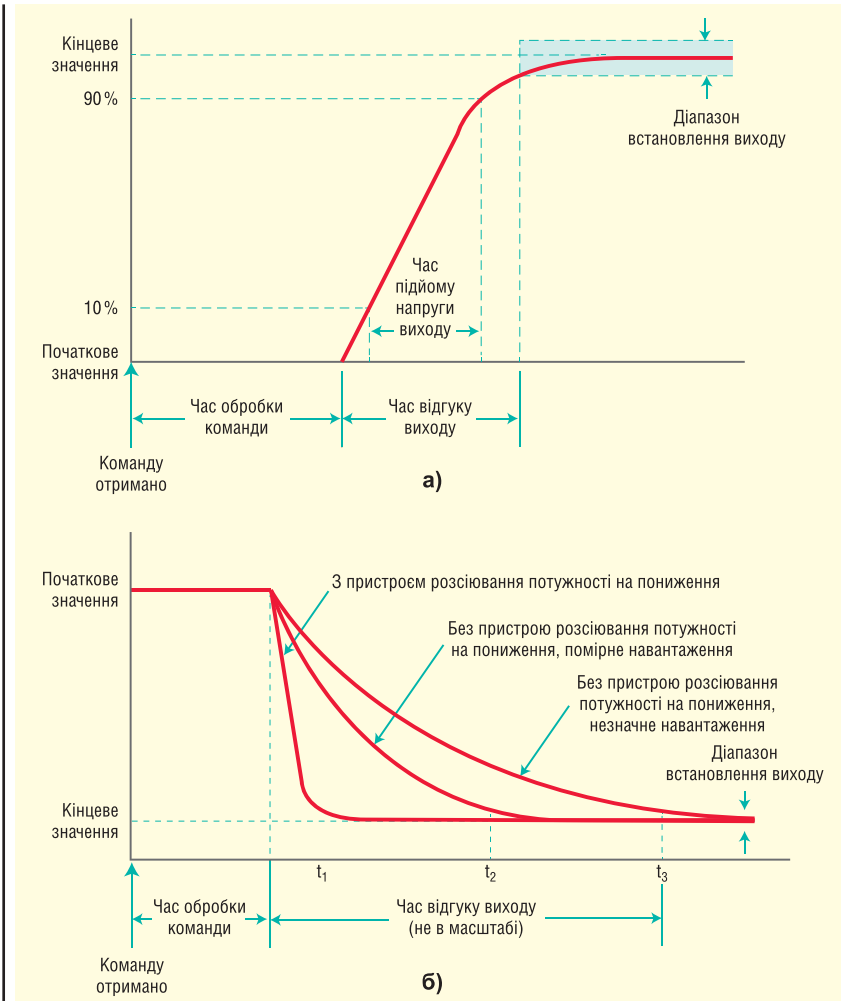


Рис. 2. Час відгуку джерела живлення під час програмування на зниження з (а) і без (б) пристрою розсіювання потужності

жуть витратити на зниження рівня за відсутності навантаження до кількох секунд.

Якщо важлива пропускну здатність тестування, використання продуктивніших джерел живлення з меншим часом відгуку під час програмування в обидва боки дає змогу з легкістю зменшити час тестування на кілька цінних секунд. Це, зі свого боку, підвищує пропускну здатність тестування і знижує витрати, що особливо важливо під час масштабного швидкісного тестування на виробничій лінії.

3. ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ЗІ ШВИДШИМИ СИСТЕМАМИ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕСТУВАННЯ

Використання джерел живлення постійного струму, що мають швидкі високопродуктивні системи вимірювання, дає змогу серйозно знизити час тестування пристрою, значно підвищивши

пропускну здатність тестування і скоротивши витрати.

Хорошим індикатором джерела живлення постійного струму з високопродуктивною системою вимірювання є програмоване інтегрування вимірювань, або апертура, час, який часто програмується в циклах лінії живлення. Однією зі зручностей програмованого часу інтегрування є мінімізація будь-яких пульсацій 50 або 60 Гц у лінії змінного струму, що попадають у вимірювання постійного струму, шляхом встановлення часу, кратного одному або декільком циклам лінії живлення. Встановлення часу в кількості одного циклу лінії живлення забезпечує гарне придушення пульсацій з відносно високою пропускну здатністю тестування. Якщо пульсація в лінії змінного живлення проблемою не є, може бути встановлений час інтегрування тривалістю менше одного циклу лінії живлення, що ще більше скорочує час вимірювання. Якщо джерело живлення постійного струму має програмоване ін-

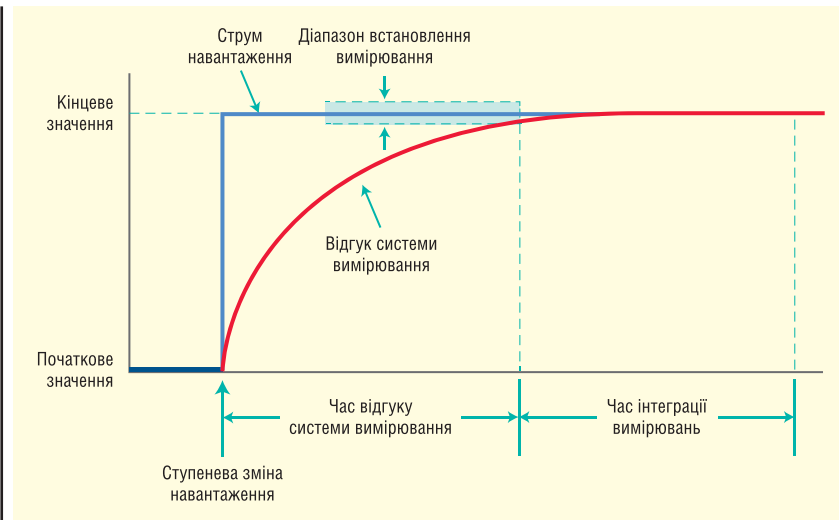


Рис. 3. Час відгуку і час інтегрування системи вимірювання джерела живлення постійного струму

тегування вимірювань, воно, без сумніву, також матиме швидкодіючу (зазвичай ідеться про мілісекунди) систему вимірювання, що відповідає програмованому часу інтегрування.

Для порівняння, базові джерела живлення постійного струму зазвичай мають фіксований час інтегрування тривалістю 100 мс для підтримки придушення пульсацій змінного струму для частот мережі живлення 50 і 60 Гц. Вони також мають системи вимірювання з вузьким діапазоном і малим відгуком, яким потрібна більша кількість часу встановлення після кожної ступеневої зміни навантаження, перш ніж можна буде виконати коректне вимірювання.

Зрештою, джерелу живлення постійного струму загального призначення на виконання вимірювання може знадобитися до кількох сотень мілісекунд, тоді як джерелу живлення постійного струму з високопродуктивною системою вимірювання - лише приблизно одна десята цього часу, до того ж у більшості ситуацій точність буде вищою. Якщо під час тестування пристрою виконується кілька вимірювань, це може дозволити буквально урізати секунди часу тестування, значно підвищивши пропускну здатність і скоротивши витрати.

4. ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З КОРОТШИМ ЧАСОМ УСТАНОВЛЕННЯ

Середнє значення постійного струму практично завжди є ключовою ве-

личиною при вимірюванні споживання струму тестованого пристрою. Однак споживання струму багатьох тестованих пристроїв може бути дуже динамічним і містити значну частину змінного струму відносно середнього значення постійного струму. Прикладом є характеристика пульсуючого споживання струму багатьох цифрових бездротових пристроїв. Висока змінна складова може стати проблемою при спробі виконати вимірювання середнього значення постійного струму швидше, оскільки для отримання прийнятної повторюваності результатів вимірювань потрібен більший час збору результатів вимірювань. Що стосується джерел живлення постійного струму з оцифруючою системою вимірювання, їхні функції цифрової фільтрації у вікні на базі цифрової обробки сигналів можуть забезпечити швидше та стабільніше вимірювання середнього значення постійного струму на динамічних струмах. Зменшення часу вимірю-

вання сприяє підвищенню пропускну здатності тестування, особливо якщо під час тестування потрібно виконати безліч вимірювань.

Функція цифрової фільтрації з прямокутним вікном (чи без зважування) однаково сприймає всі оцифровані вибірки, взяті за період збору результатів вимірювань. Якщо можливо точно зіставити період збору результатів з періодом власних коливань змінної складової, вона переважно видаляється від середнього значення постійного струму. Однак, якщо основний період коливань змінної складової точно не відомий або є кілька негармонійно пов'язаних періодів змінної складової для виключення, функція з прямокутним вікном спадає під ухилом 20 дБ/порядок, і для отримання стабільно повторюемого результату потрібен триваліший період збору результатів.

Для порівняння, віконна функція зі зважуванням виділяє оцифровані вибірки, взяті в середині періоду збору результатів вимірювання, і занижує вибірки з початку і кінця періоду. Це дає значно більший ухил спадання видалення змінного струму, забезпечуючи більшу повторюємість вимірювань постійного струму за менший час збору результатів порівняно з функцією з прямокутним вікном. Вікно Ханна (Ханнінга) — один із прикладів віконної функції зі зважуванням, яка підходить для цих цілей (рис. 4).

Для тестованих пристроїв, що споживають динамічний струм, використання переваг функцій цифрової фільтрації джерел живлення постійного струму з оцифруючими системами вимірювання, може значно зменшити час, необхідний для виконання точних і постійно повторюємих вимірювань, унаслідок чого поліпшується пропускну здатність тестування.

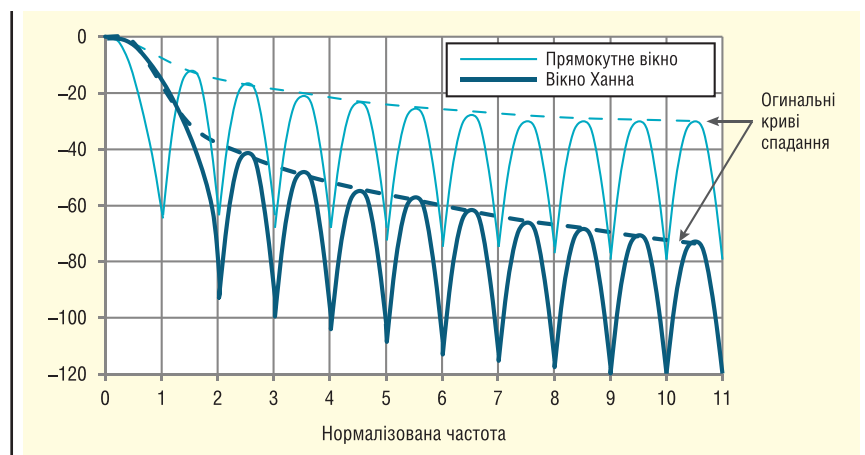


Рис. 4. Характеристики фільтру з прямокутним вікном і оком Ханна

5. ВИКОРИСТАННЯ ВБУДОВАНОЇ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО ВИМІРЮВАННЯ СТРУМІВ ХОЛОСТОГО ХОДУ ТА ВИТОКУ

На сьогодні дедалі більше пристроїв із різних галузей промисловості обладнано режимом очікування, сну або віртуального вимкнення — коли пристрій переходить у стан дуже низького енергоспоживання, фактично зберігаючи під'єднання до джерела живлення. У такому стані пристрій споживає невелику кількість струму холостого ходу, об'ємом у кілька мікроампер або міліампер. Такі струми низького рівня мають обов'язково проходити заводське тестування з метою виключення перевищень допустимих обмежень. Традиційний підхід, що полягає у використанні окремого обладнання для вимірювання цих струмів, забирає дуже багато часу. Замість цього розглянемо варіант використання вбудованої функції виконання вимірювань джерела живлення постійного струму (рис. 5).

Оскільки такі струми холостого ходу та витoku становлять лише невелику частину активної витрати струму пристроєм, що тестується, їх неможливо точно виміряти за допомогою єдиного діапазону вимірювання, доступного у джерелах живлення постійного струму стандартних і загального призначення. Традиційно, це диктує необхідність додавання паралельного резистора великої ємності, обхідного реле і спеціального мультиплексного каналу з циф-

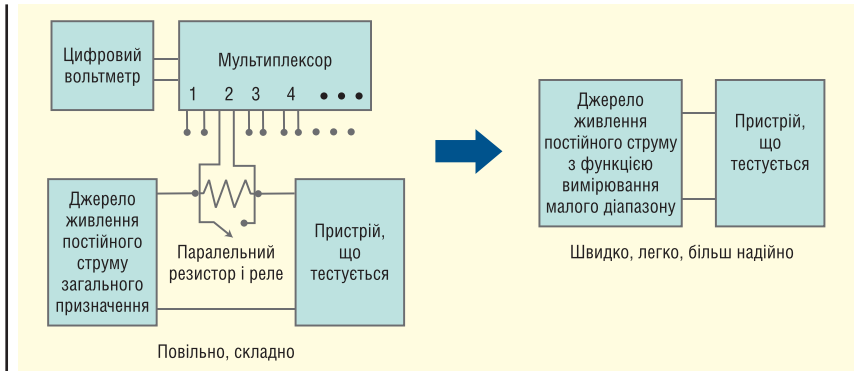


Рис. 5. Рішення з зовнішніми пристроями проти вбудованої функції вимірювання струму низького рівня джерела живлення постійного струму

ровим вольтметром з метою точного вимірювання струму низького рівня. Це не тільки підвищує складність і призводить до виникнення проблем з надійністю системи тестування, але також значно збільшує час тестування завдяки перемиканню паралельного резистора на мережу вимірювання, під'єднанню цифрового вольтметра, виконанню вимірювання, повторному перемиканню паралельного резистора та від'єднанню вольтметра.

Найкращий спосіб виконати вимірювання струму низького рівня — скористатися можливостями джерел живлення постійного струму, що мають вбудовані додаткові діапазони для прямого вимірювання таких струмів. Це не тільки спрощує та підвищує надійність системи тестування, але також економить сотні мілісекунд щоразу, коли потрібно виміряти струм низького

рівня, завдяки відсутності необхідності перемикати паралельний резистор і під'єднувати/від'єднувати цифровий вольтметр у лінію струму.

6. ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ ПЛАВНОГО ПЕРЕМИКАННЯ ДІАПАЗОНУ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ МИТТЄВИХ ЗМІН ДІАПАЗОНУ В ХОДІ ТЕСТУВАННЯ

Коли справа стосується часу високошвидкісного тестування компонентів і пристроїв, кожна мілісекунда має значення. Використання джерел живлення постійного струму з функцією плавного перемикання діапазону вимірювання може значно зосередити час тестування, одночасно з цим підвищивши пропускну здатність тесту і знизивши витрати.

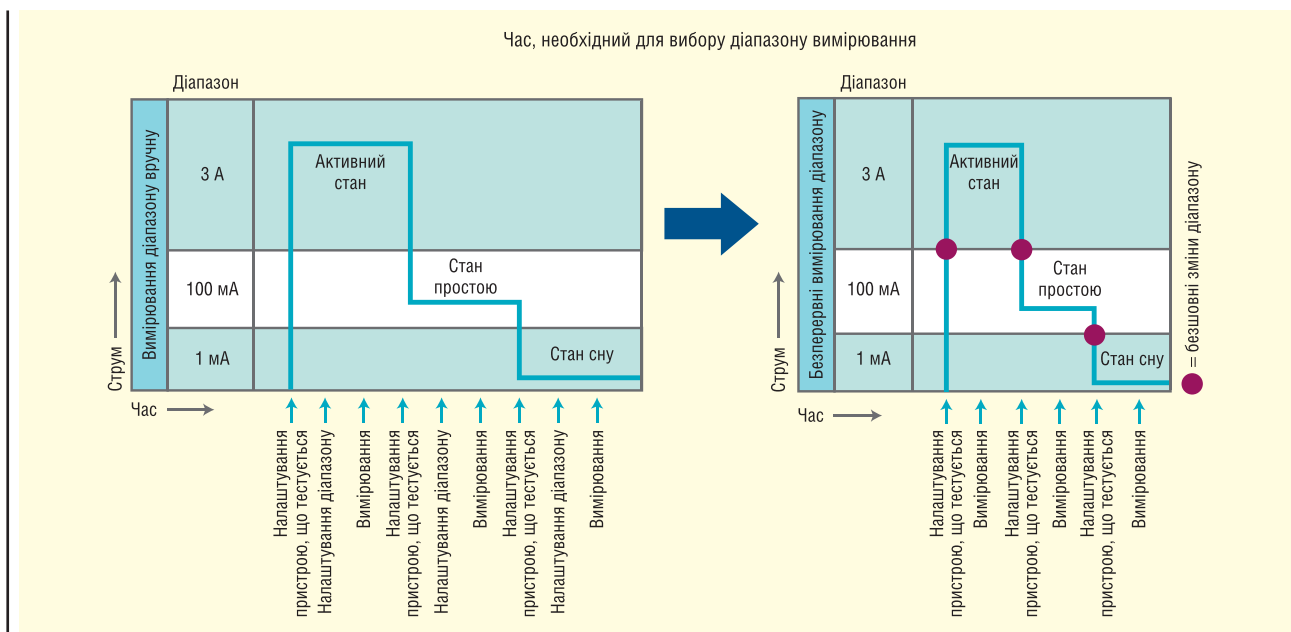


Рис. 6. Порівняння часу, необхідного для безперервного вибору діапазону вимірювання та встановлення діапазону вручну

Багато компонентів і пристроїв тестують за кількох умов напруги живлення, рівнів потужності та станів (сон, простій, активний). Підсумкове споживання струму в разі поєднання всіх цих чинників охоплює широкий діапазон, вимагаючи для отримання точних результатів наявності декількох діапазонів вимірювання.

Кожна ручна зміна діапазону вимірювання відповідно до конкретного рівня струму для отримання точного результату тестування вимагає надсилання окремої команди на джерело живлення постійного струму або інше вимірювальне обладнання та обробки ним. Обробка і виконання кожної зміни діапазону вимірювання вручну може займати кілька мілісекунд. Для порівняння, при плавному виборі діапазону вимірювання система вимірювання постійно відстежує і застосовує найбільш оптимальний діапазон або навіть поєднання діапазонів на підставі миттєвого значення рівня струму в режимі реального часу для досягнення максимальної точності (рис. 6). Завдяки функції плавного перемикачання діапазону вимірювання вам більше не потрібно буде змінювати діапазони вручну. Така система значно відрізняється від системи вимірювання з автоматичним вибором діапазону, робота якої здійснюється не в режимі реального часу і займає ще більше часу, ніж зміна діапазону вручну, що зовсім є непрактичним при автоматизованому тестуванні.

Якщо для тестування компонента або пристрою за всіх можливих поєднань умов потрібно виконати велику кількість змін діапазону, використання можливостей безперервного плавного вибору діапазону вимірювання може на кілька десятків мілісекунд скоротити час тестування. Це багато, коли загальний час тестування становить лише кілька секунд, і важлива кожна мілісекунда!

7. ВИКОРИСТАННЯ РЕЖИМУ СПИСКУ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОЇ ЗМІНИ ВИХІДНОГО РІВНЯ

Використання джерел живлення, що передбачають роботу в режимі списку, може значно зменшити час тестування (рис. 7), якщо потрібно налаштувати кілька рівнів напруги (або струму) для великої кількості умов тестування під час тестової послідовності для пристрою, що тестується. Скорочення часу тестування ще більш виражене під час тестування пристроїв, які потребують кількох значень напруги зміщення. Час тестування

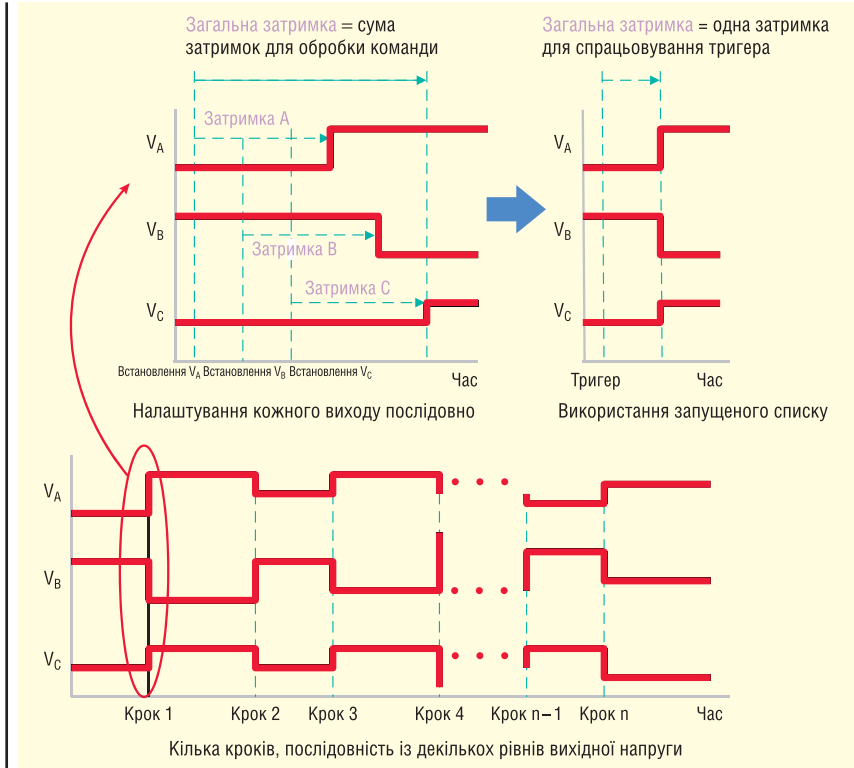


Рис. 7. Джерело живлення з функцією режиму списку зменшує час тестування

зменшується пропорційно кількості рівнів напруг зміщення з набору, заданих для кожної з умов тестування пристрою.

Під час використання традиційних джерел живлення щоразу, коли потрібно змінити напругу або струм для створення наступної умови тестування, на кожен вихід надсилають окрему команду встановлення вихідного рівня. Обробка кожної команди встановлення вихідного рівня займає від декількох мілісекунд в просунутому джерелі живлення, до 100 мс у джерелах загального призначення. У разі зміни рівнів кількох джерел живлення для створення наступної умови операції, зміни виконують послідовно, що примножує час опрацювання команди пропорційно до кількості виходів джерела живлення, які потребують зміни.

Використання режиму списку забезпечує попереднє програмування послідовності рівнів напруги або струму в джерелі живлення. Потрібно лише одного разу ввести список. Після цього він може виконуватися багаторазово, як у випадку заводського тестування. При використанні сигналу триггеру переходу для запуску режиму списку зміна вихідного рівня виконується за лічені мікросекунди для апаратного тригерного входу, і за кілька мілісекунд (або менше) — для тригерного входу шини. Це зменшує кількість необхідного часу

порівняно з ситуацією, у якій щоразу надсилається команда встановлення рівня. Ще більшої економії під час роботи з кількома виходами можна досягти, якщо списки для кожного виходу одночасно запускають одним тригером, усуваючи необхідність у додатковому часі на оброблення команди для кожного додаткового виходу.

8. ВИКОРИСТАННЯ РЕЖИМУ СПИСКУ І ТРИГЕРІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ШВИДКИХ СВІПОВАНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Використання переваг функції режиму списку в джерелі живлення постійного струму може підвищити пропускну здатність тестування додатковими способами, крім швидкої послідовності рівня напруг або струму. Списки також можуть створювати пускові сигнали виходу в стратегічних точках списку. Ці пускові сигнали виходу можуть використовуватися для виконання інших дій, зокрема пов'язаних із використанням зовнішнього обладнання. Зв'язок через систему тригерів між інструментами усуває необхідність у контролері-посереднику, і це зменшує час тестування.

Звичайною практикою є виконання свіпованих параметричних вимірю-

вань разом із цифровим мультиметром. Наочним прикладом цього є тестування лінійності датчика струму на ефекті Холла (рис. 8). Тут послідовність рівнів струму подається на вхід датчику на ефекті Холла, цифровий мультиметр вимірює відповідні рівні вихідної напруги пристрою.

Такі свіповані параметричні вимірювання часто вимагають декількох сотень точок. Підтримування мінімального часу свіпування не тільки зменшує час тестування, підвищуючи пропускну здатність, але також знижує до мінімуму ефект нагрівання, що також підвищує точність тестування. Усунення потреби в контролері системи тестування при виконанні послідовності зміни рівнів струму в пристрої живлення постійного струму та тригеруванні запуску вимірювань відповідного рівня напруги цифровим мультиметром значно зменшує час виконання параметричних вимірювань. Усю роботу виконує обмін тригерними сигналами між джерелом живлення постійного струму та цифровим мультиметром. Цифровий мультиметр налаштований на виконання масиву вимірювань, що відповідають кількості рівнів струму в списку, перехід за яким здійснюється при спрацьовуванні тригерів. Список видає сигнал на виході тригера, щоб цифровий мультиметр міг виконувати вимірювання на кожному етапі. Цифровий мультиметр, своєю чергою, видає сигнал на виході тригера після завершення вимірювань, щоб список джерела живлення постійного струму міг перейти до наступного етапу.

Використання режиму списку та функцій тригера, доступних у більш просунутих джерелах живлення постійного струму, може значно прискорити виконання параметричних вимірювань, зменшивши час і підвищивши пропускну здатність тестування.

9. ПОЄДНАННЯ ФУНКЦІЙ ГЕНЕРАЦІЇ СИГНАЛІВ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ (ARB) ТА ДІГІТАЙЗЕРУ У ДЖЕРЕЛАХ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ УЛЬТРАШВИДКИХ СВІПОВАНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Традиційне джерело/вимірювач (SMU) може виконувати досить швидкі свіповані параметричні вимірювання. Однак часом корисні виконання ще швидших параметричних вимірювань, наприклад, коли саморозігрів пристрою, що тестується, або пропускну

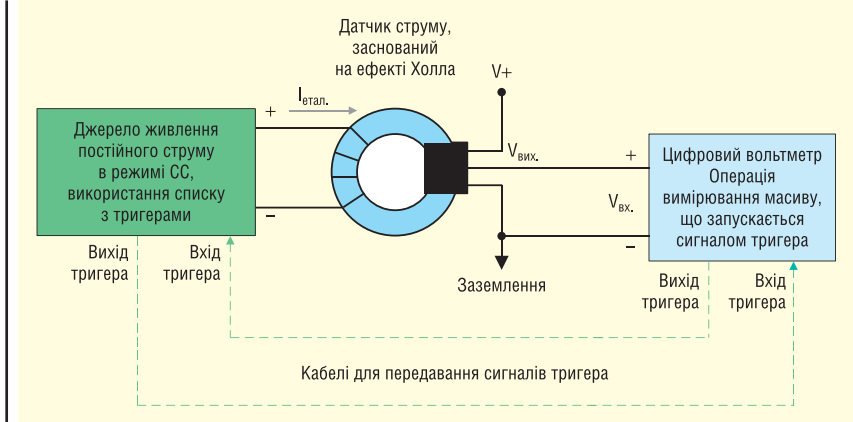


Рис. 8. Свіповане параметричне вимірювання пристрою з ефектом Холла, налаштоване на його характеристики передачі

здатність тестування мають критично важливе значення, а водночас для отримання необхідної характеристики пристрою, що тестується, потрібно виміряти сотні точок або навіть більше. Завдяки використанню функцій генерації сигналів довільної форми (ARB) і дигітайзеру, вбудованих в окремі джерела живлення постійного струму, свіповані параметричні вимірювання можуть виконуватися з рекордними швидкостями.

Для виконання параметричного вимірювання традиційне джерело/вимірювач SMU використовує повторювану послідовність дій «джерело-затримка-вимірювання». По суті, це можна порівняти з використанням режиму списку і тригерів для швидкого виконання параметричних вимірювань (рис. 9). Джерела/вимірювачі SMU з вищою продуктивністю мають швидкість свіпованих вимірювань близько 20 000 відліків/с.

Швидшою альтернативою є ініціювання відповідної сигналу довільної форми ARB вихідної напруги або стру-

му з одночасною ініціацією оцифрованого масиву вимірювань відповідного залежного параметра з прийнятною частотою оцифрування. За відсутності необхідності окремо синхронізувати кожну подію «джерело-затримка-вимірювання», швидкість вимірювання може досягати максимальної частоти вибірки дигітайзеру. Варіацією цього підходу є використання функції реєстрації даних джерела живлення постійного струму замість функції оцифрування, якщо вона доступна. Це дає можливість інтегрувати вимірювання з більшим часом апертури, але, відповідно, і займає більше часу.

На рисунку 10 показано ініціювання генерації сигналу довільної форми під час лінійної зміни струму (1.2 А, 1.2 мс) з одночасним оцифруванням струму та напруги зі швидкістю 100 000 відліків/с для отримання характеристик прямої напруги світлодіодного пристрою високої яскравості (HBLED). Завдяки істотному зменшенню часу тестування знижено до мінімуму дрефт напруги

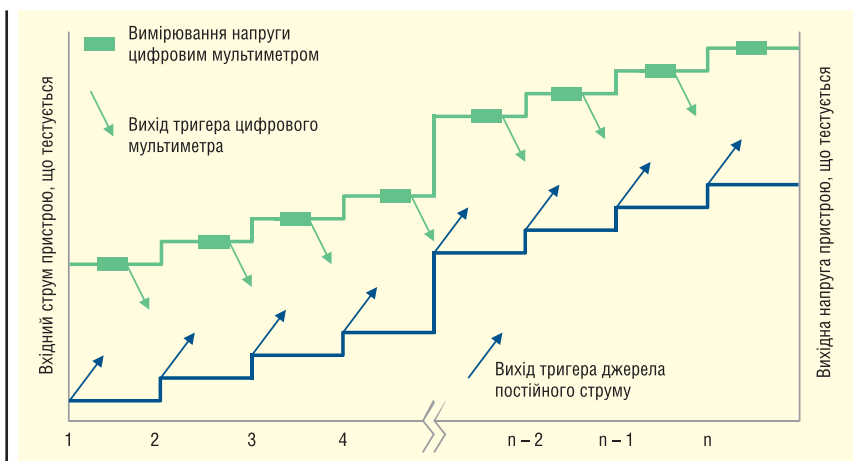


Рис. 9. Кроки списку з тригерами джерела живлення постійного струму підтверджують зв'язок з тригерами масиву вимірювань цифрового мультиметра

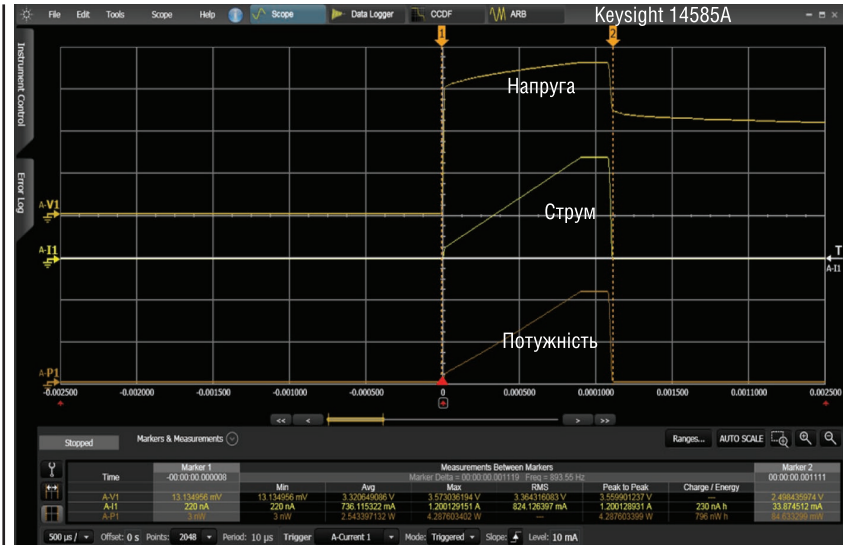


Рис. 10. Швидкий тест прямої напруги пилкоподібного струму HBLED

HBLED зза зростання температури внаслідок саморозігріву.

10. ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЙ ПІДСИСТЕМИ СТАТУСУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ТЕСТУВАННЯ

Виконання деяких операцій джерела живлення займає відчутно більше часу, ніж інших, наприклад:

- увімкнення виходу ;
- ініціалізація запущеного тригером вимірювання ;
- ініціалізація запущеного тригером перехідного процесу на виході чи події вихідного списку.

Під час розроблення програм у них можна включати оператори очікування з тривалою фіксацією, щоб гарантува-

ти виконання описаних вище операцій перед продовженням. Однак це легко може призвести до додавання кількох десятків мілісекунд (або більше) не необхідного очікування і збільшення загального часу тестування. Краще скористатися функціями підсистеми стану джерела живлення постійного струму, яка усуває небажане зайве очікування виконання операцій (див. рис. 11).

Увімкнення виходу джерела живлення постійного струму, чи інша операція з виходом, може зайняти кілька десятків мілісекунд. Цей процес може зайняти ще більше часу, якщо вихід має вбудоване механічне реле вимкнення. Замість використання фіксованого оператора очікування після команди OUTPUT ON (УВІМКНУТИ ВИХІД) дайте команду підсистеми стану *WAI. Це дасть джерелу живлення постійного

струму системи вказівку не опрацьовувати подальші команди до завершення всіх операцій, у цьому разі, операції увімкнення виходу. Цей підхід забезпечить продовження виконання програми тестування відразу після завершення операції увімкнення виходу без небажаного додаткового очікування.

Запущені за тригером вимірювання та події, пов'язані з вихідом джерела, можуть значно прискорити тестування, виконавши дії, чітко синхронізовані з іншими процесами тестування. Однак ці події не мають чіткого відомого заздалегідь часу, необхідного для їхньої ініціалізації. Замість використання фіксованої затримки програмування після операції ініціалізації краще скористатися регістром групи робочих статусів (Operating Status Group register) у підсистемі статусів. Біт WTG meas (№ 3) або WTG trans bit (№ 4) у регістрі станів можна відстежувати за допомогою петлі в програмі тестування, яка дає змогу бачити, коли вони набувають значення «Істина». У момент, коли подія вимірювання або визначення джерела виходу буде ініційована і готова для тригера, програма тестування продовжить виконуватися без не необхідного додаткового очікування.

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

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

СН

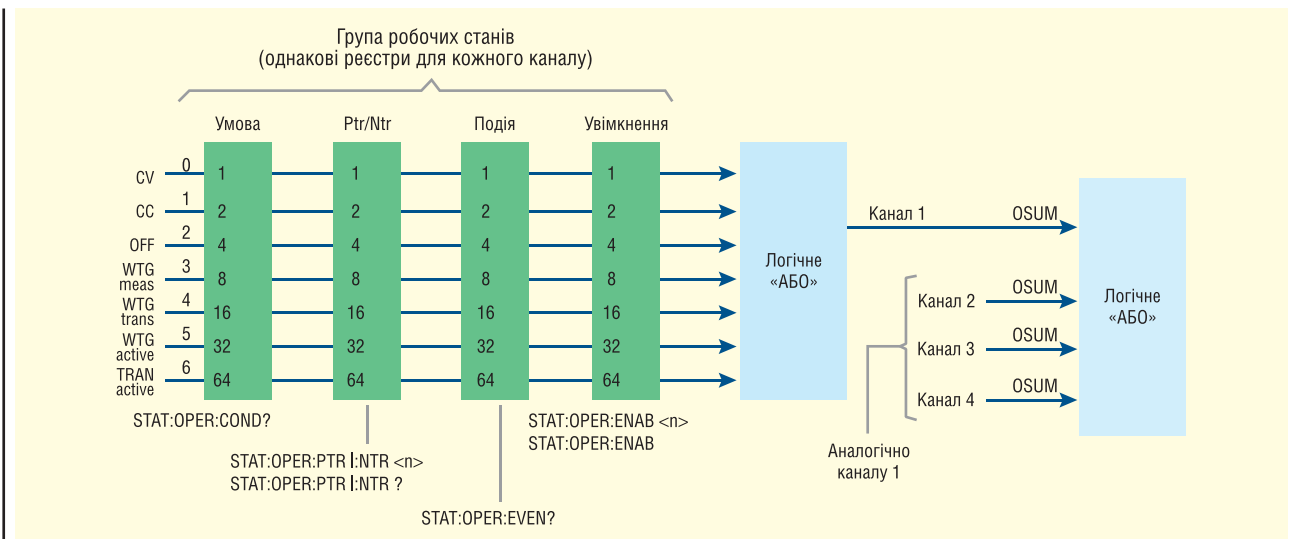


Рис. 11. Група робочих станів системи живлення постійного струму Keysight серії N6700