

Метрологія, стандартизація та підтвердження відповідності електронної апаратури

Осцилографи

Загальні положення

Електричні коливання (сигнали) можна визначити як у часовій області (просторі), так і у частотній області (просторі).

У часовій області електричне коливання перш за все характеризують його формою – залежністю миттєвого значення від часу.

Одним з основних приладів, який дозволяє візуально спостерігати та досліджувати формою сигналу **у просторі часу**, є **осцилограф** (від лат. “осцилум” – коливання та грецьк. “графо” – пишу).

Для дослідження сигналів **у просторі частоти** найчастіше використовують **аналізатори спектра**.

Осцилограф – прилад для відображення зміни напруги у часі (осцилограми).

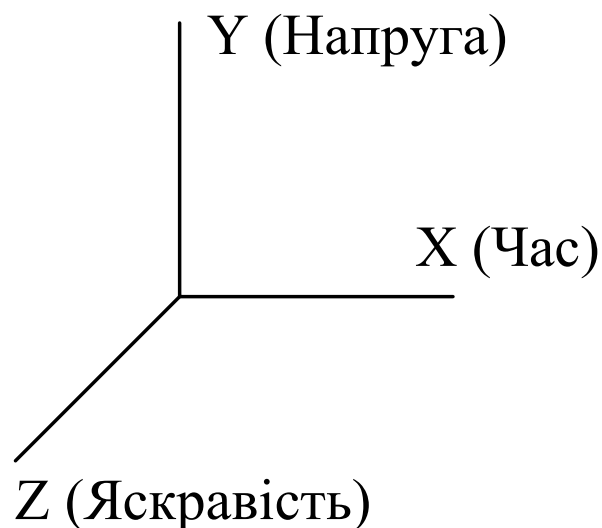
У найпростішому випадку з осцилограми можна дізнатись: значення напруги у певний момент часу; частоту коливань сигналу; часові параметри сигналу; спотворення сигналу в силу наявності у схемі несправних компонент; співвідношення у сигналі постійної та змінної складових; наявність та значення шумової складової сигналу.

Загальні положення

Типи осцилографів:

- цифрові;
- аналогові (електронно-променеві).

Якщо зробити прив'язку декартової системи координат до екрана осцилографа, виглядатиме це так – рисунок.



Причому власне термін “яскравість” стосується аналогових осцилографів. **В осцилографах з цифровим люмінофором** (така звана серія DPO) **вісь z представлено градаціями кольору.**

Принципи роботи осцилографів

В електронно – променевих осцилографах зображення сигналу будується на екрані електронно-променевої трубки (ЕПТ). Для цього досліджуваний електричний сигнал подають через канал вертикального відхилення на пластини вертикального відхилення ЕПТ, а горизонтальне відхилення променя здійснюють за допомогою напруги генератора розгортки.

У цифрових осцилографах використовують аналого-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення вимірюваної напруги у цифрову форму. АЦП виконує періодичне захоплення цього сигналу та спрямовує у пам'ять захоплені вибірки. З цієї збереженої у пам'яті множини цифровий осцилограф будує форму досліджуваного сигналу, яку потім і відображає на своєму екрані.

Загальні положення

Електронно-променеві осцилографи бувають:

- *за кількістю одночасно досліджуваних сигналів:* одноканальні, двоканальні та багатоканальні. Тобто один канал на один сигнал;
- *за характером досліджуваних сигналів:* універсальні (для неперевних та імпульсних сигналів) та спеціальні;
- *за масштабом часу, у якому досліджують сигнал:* реального чи зміненого часу (з пам'яттю, стробоскопічні).

Це знайшло своє відображення у назвах моделей цих осцилографів: універсальні осцилографи (найпоширеніші), швидкодіючі осцилографи, осцилографи з пам'яттю, спеціальні осцилографи. Останні, як правило, це стробоскопічні осцилографи чи призначені для дослідження певних сигналів, наприклад, телевізійних.

Загальні положення

У цифрових осцилографів таке різноманіття відсутнє.

Причиною цього є можливості сучасного апаратно-програмного забезпечення, що дозволяє в одному цифровому осцилографі поєднувати можливості кількох груп електронно-променевих осцилографів, та ще й з суттєво розширеними функціональними можливостями.

Тому **сучасні цифрові осцилографи бувають:**

- ***цифрові запам'ятовуючі осцилографи*** (DSO) (власне цифрові осцилографи);
- ***осцилографи з цифровим люмінофором*** (DPO);
- ***осцилографи змішаних сигналів*** (MSO);
- ***стробоскопічні осцилографи.***

Загальні положення

Функціональні ж можливості цифрових осцилографів залежать від того, яку цінову нішу вони займають – бюджетну, середню чи топову.

Зверніть увагу на особливість сьогодення: якщо вам потрібне розширення функціоналу, то це ще не означає що вам потрібна нова модель приладу (!)

Для цього у певних моделях цифрових осцилографів (та й не лише у них) достатньо докупити відповідну опцію та ввести її код до осцилографа і у ньому буде активовано саме цю функцію.

Тому **вибираючи осцилограф, уважно вивчайте їхні технічні характеристики!**

Найпростіші бюджетні цифрові осцилографи мають два входи (для аналогових це стало нормою фактично під завершення їхньої ери).

Для професійних моделей кількість входів значно більша – 4, 8 чи навіть 16.

Загальні положення

Середній та топовий цінові діапазони пропонують величезні функціональні можливості цих приладів



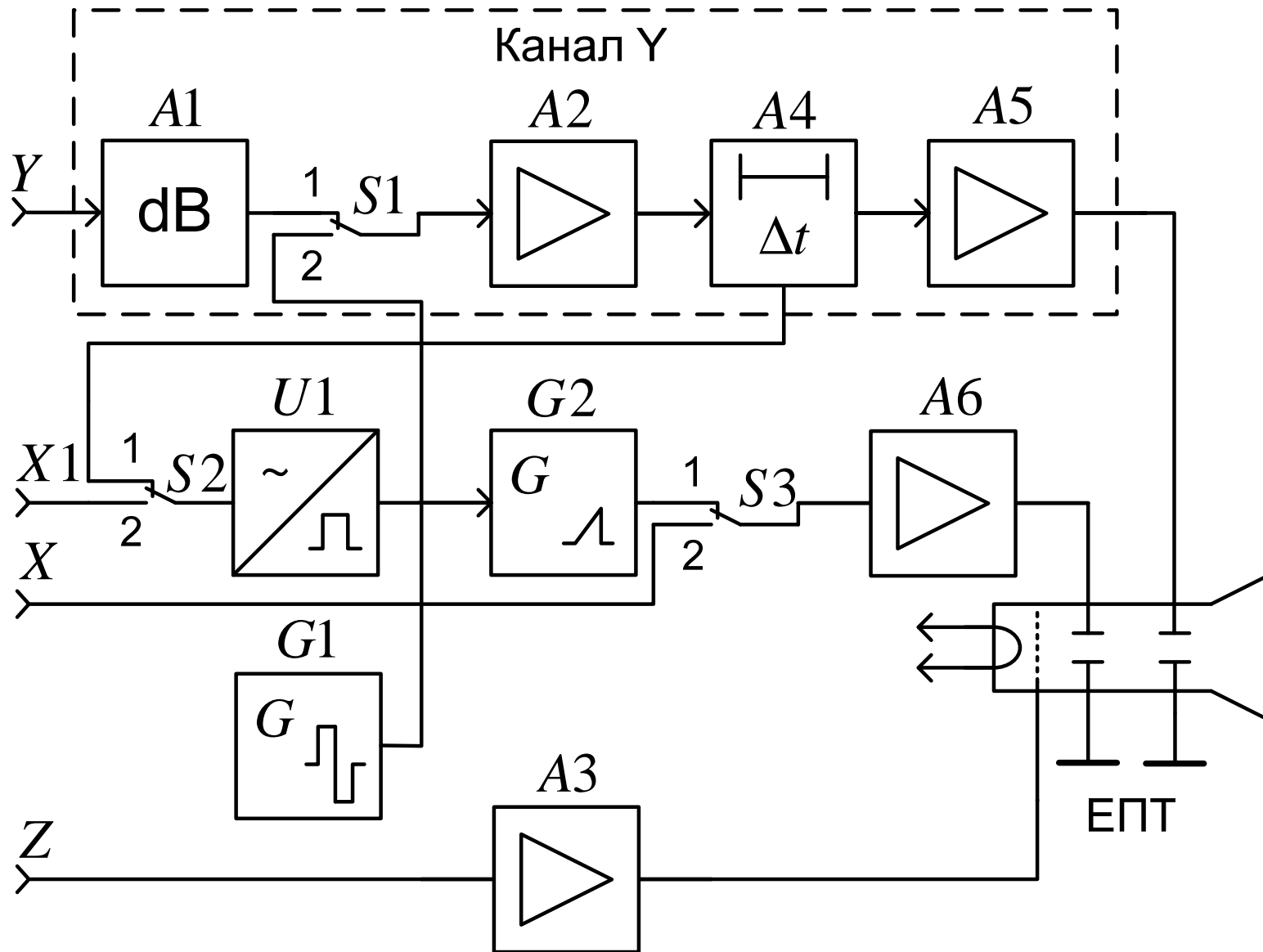
Загальні положення

За потреби цифровий осцилограф може імітувати інтерфейс електронно-променевого осцилографа.

Наприклад



Універсальний електронно-променевий осцилограф



Структурна схема універсального електронно-променевого осцилографа 10

Універсальний електронно-променевий осцилограф

На цій схемі: ЕПТ – електронно-променева трубка; Y, X – канали вертикального та горизонтального відхилення променя трубки; Z – канал керування променем ЕПТ за яскравістю; X1 – вхід зовнішньої синхронізації генератора розгортки; A1 – вхідний атенюатор; A2, A5 – попередній та кінцевий підсилювачі каналу Y; A4 – лінія затримки; U1 – формувач імпульсів синхронізації та запуску генератора пилкоподібної розгортки G2; A6 – кінцевий підсилювач каналу X; G1 – калібрувальний генератор; A3 – кінцевий підсилювач каналу керування яскравістю; S1, S2, S3 – комутатори режимів роботи осцилографа.

Осцилографічна розгортка

Для отримання нерухомої осцилограми має виконуватись умова синхронізації:

$$T_p = nT_c,$$

T_p - період коливань генератора розгортки;

T_c - період коливань спостережуваного сигналу;

$n = 1, 2, 3, \dots$

Осцилографічна розгортка

Види осцилографічних розгорток:

Автоколивальна розгортка (автоматична, неперервна) – розгортка, за якої генератор розгортки періодично запускається (автоматично) і за відсутності сигналу запуску на його (генератора розгортки) вході.

Очікуюча розгортка – розгортка, за якої генератор розгортки запускається лише за допомогою сигналу запуску.

Одноразова розгортка – розгортка, за якої генератор розгортки запускається один раз з наступним блокуванням.

Призначення осцилографічних розгорток:

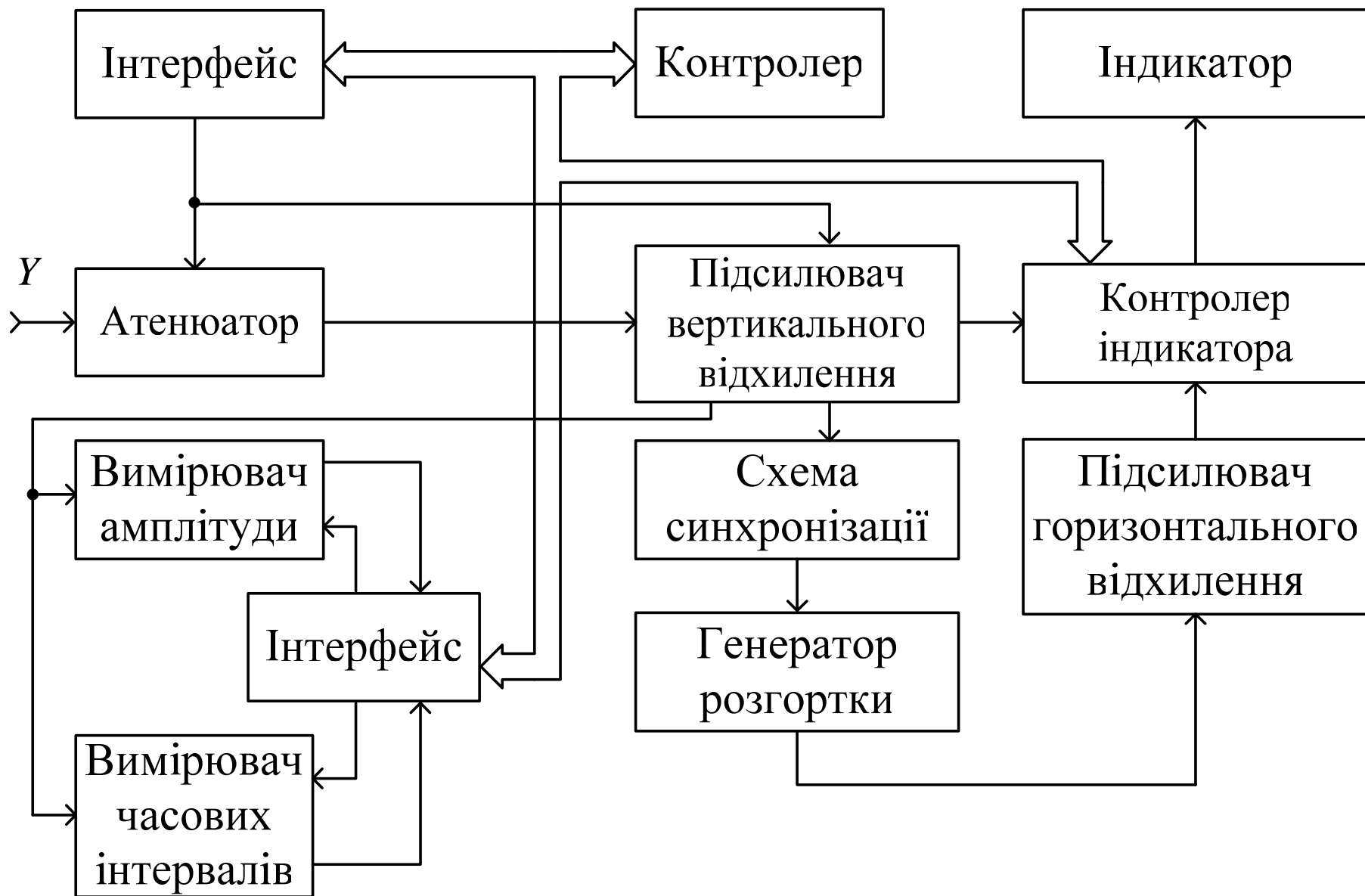
Лінійна неперервна – використовують для спостереження будь-яких неперервних періодичних сигналів і послідовностей імпульсів з малою шпаруватістю.

Лінійна очікуюча – використовують для спостереження за неперіодичними, випадковими та одноразовими сигналами, імпульсами з великою шпаруватістю.

Лінійна одноразова – для спостереження за неперіодичними та одноразовими сигналами.

Синусоїдальна розгортка – вимірювання фазового зсуву, частоти, параметрів модульованих коливань.

Цифровий осцилограф



Структурна схема (спрощена) цифрового осцилографа

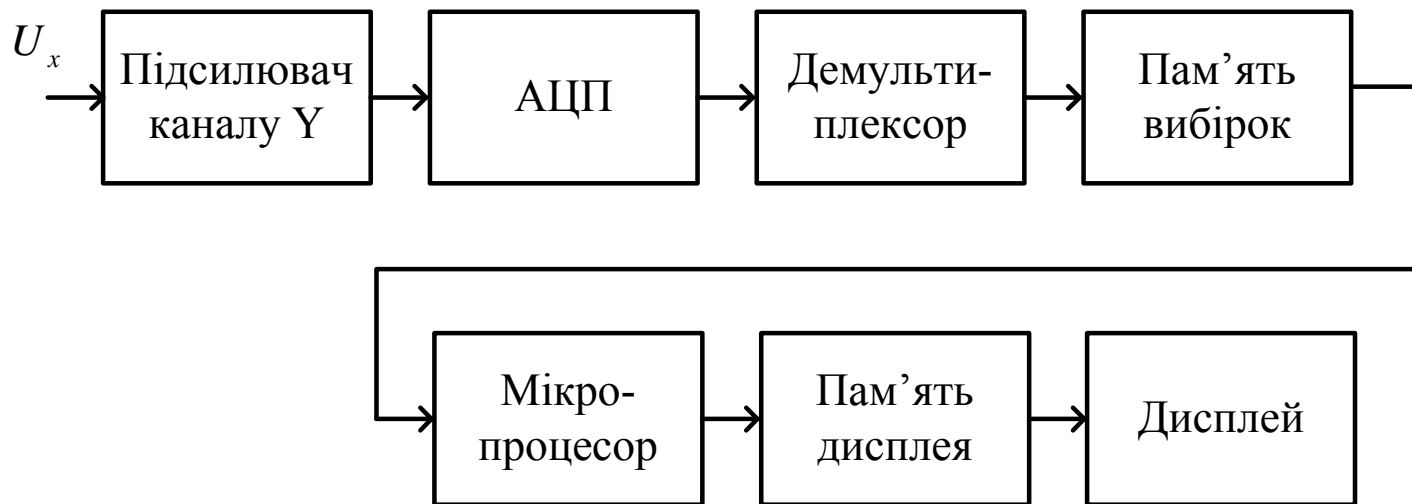
Цифровий осцилограф

Амплітудні та часові параметри досліджуваного сигналу визначають за допомогою вбудованих у прилад вимірювачів. На підставі цих вимірювань контролер обчислює потрібні коефіцієнти відхилення та розгортки, і через інтерфейс встановлює ці коефіцієнти в апаратній частині каналів вертикального та горизонтального відхилення дисплея. Це забезпечує незмінні розміри зображення по вертикалі і горизонталі, а також автоматичну синхронізацію сигналу.

Контролер також опитує стан органів управління на передній панелі, і дані опитування після кодування знову поступають у контролер, який через інтерфейс вмикає відповідний режим автоматичного вимірювання. Результати вимірювань відображаються на дисплеї, причому амплітудні і часові параметри сигналу відображаються одночасно.

На відміну від аналогових моделей, цифрові запам'ятовуючі осцилографи забезпечують постійне зберігання у пам'яті захопленої інформації, різносторонню її обробку та аналіз.

Цифровий осцилограф



Архітектура послідовної обробки вхідних сигналів цифровим запам'товуючим осцилографом (DSO)

Такі осцилографи дуже добре підходять для досліджень високошвидкісних сигналів у декількох каналах з невеликою швидкістю захоплення чи з одиночними захопленнями.

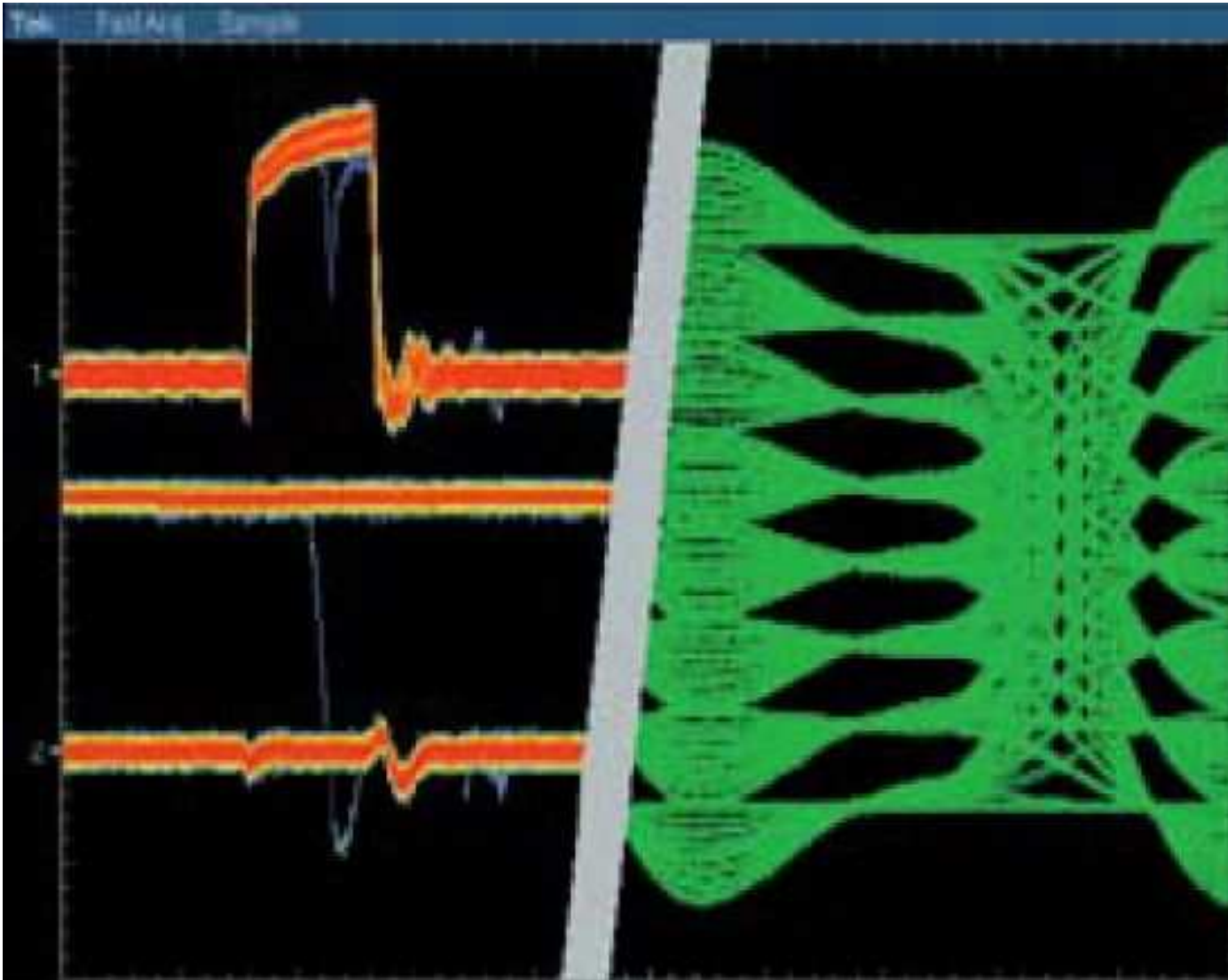
Проте цифрові запам'товуючі осцилографи (DSO) не відображають градації яскравості розгортки, і тому вони нездатні наочно представляти сигнали, які змінюються ("живі" сигнали). Тут вони поступаються аналоговим осцилографам.

Цифровий осцилограф



Архітектура паралельної обробки вхідних сигналів цифровим осцилографом з цифровим люмінофором (DPO)

Цифровий осцилограф



Приклади сигналів з екрану цифрового осцилографа DPO

Цифровий осцилограф

Лише осцилографи DPO мають можливість представлення сигналу по осі z (градація яскравості при відображенні на дисплеї) у реальному часі, що неможливо у цифрових запам'ятовуючих осцилографів.

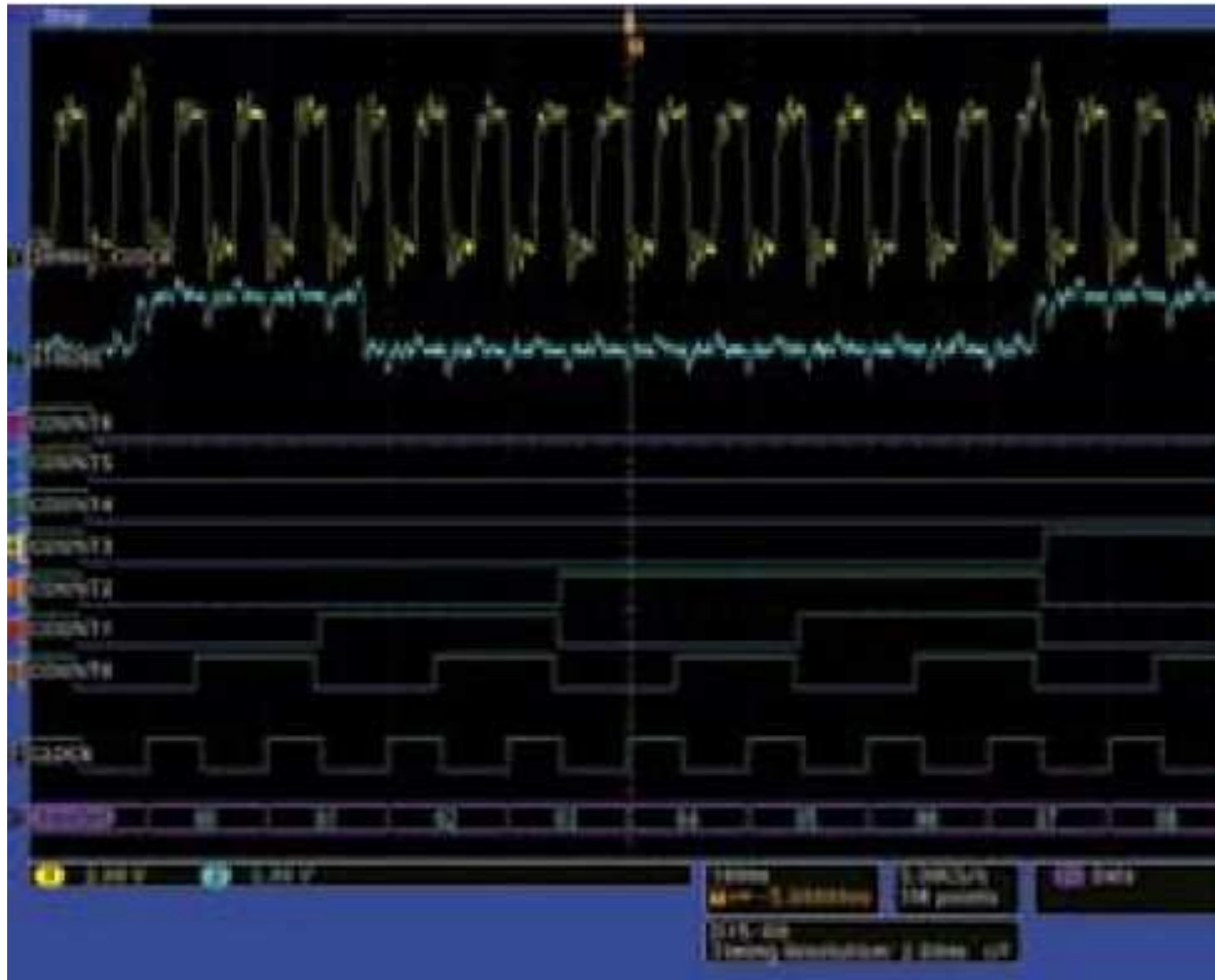
Осцилографи з цифровим люмінофором зручно використовувати для досліджень сигналів низьких і високих частот, періодичних сигналів, перехідних процесів, розробки цифрових пристроїв широкого використання, налагодження різного електронного обладнання, глибокого аналізу та тестування телекомунікаційних сигналів за маскою, а також задач, де потрібна синхронізація за часом.

Осцилографи змішаних сигналів (MSO)

Такі прилади поєднують характеристики осцилографів з цифровим люмінофором з базовими функціями 16-канального логічного аналізатора, включаючи можливість декодування протоколу паралельних/послідовних шин та запуску за сигналами цих шин.

MSO осцилограф дуже зручний для швидкого відлагодження цифрових схем, пропонуючи різноманітні функції запуску, реєстрації з високою роздільною здатністю та засоби аналізу.

Цифровий осцилограф



Приклади сигналів з екрану цифрового осцилографа MSO

Цифровий осцилограф

Стробоскопічний осцилограф

Це такий осцилограф, в якому для отримання на дисплеї сигналу використовують відбір його миттєвих значень (вибірки сигналу) та виконується часове перетворення, тобто зображення сигналу дається у збільшеному масштабі часу. Принцип дії полягає у перетворенні декількох ідентичних сигналів малої тривалості в один, який має велику тривалість та повторює форму вхідних сигналів. На екрані осцилографа з'являється зображення, за формою подібне досліджуваному сигналу, проте у збільшеному масштабі часу.

Стробоскопічний осцилограф потрібен для дослідження сигналів таких частот і тривалостей, коли інші осцилографи нездатні захопити достатню кількість виборок за одну розгортку. Іншими словами, частотні складові досліджуваного сигналу значно перевищують швидкість вибірки осцилографа.

Сучасні стробоскопічні осцилографи мають смугу пропускання до 80 (!) ГГц, що недоступно осцилографам будь-яких інших типів. Відносним же їхнім недоліком є обмежений динамічний діапазон вхідних сигналів (орієнтовно до 1 В)

Цифровий осцилограф

Правила (основні) осцилографічних вимірювань:

- 1) Параметри досліджуваного електричного сигналу визначають за осцилограмою (у більшості випадків) шляхом вимірювання її геометричних розмірів та зіставлення їх з коефіцієнтом відхилення (В/см) та коефіцієнтом розгортки (час/см). Тому точність таких вимірювань залежить від точності відтворення осцилограми та похибки вимірювання її геометричних розмірів.
- 2) Осцилограма має розташовуватись на робочій площі дисплею, обмеженою вимірювальною шкалою-сіткою. Чим більший розмір осцилограми, тим точніші результати.
- 3) Верхня робоча частота осцилографа f_B та час наростання перехідної характеристики його каналу вертикального відхилення τ_H (паспортна характеристика) пов'язані співвідношенням:

$$f_B = 0,35/\tau_H$$

Цифровий осцилограф

- 4) Для визначення потрібної смуги пропускання, яка дозволяє точно визначити характеристики сигналу, використовуйте “п’ятикратне правило”:

$$\frac{\text{Найбільша частотна складова досліджуваного сигналу}}{\text{Потрібна смуга пропускання осцилограф а}} \geq 5.$$

- 5) Не забувайте про компенсацію вхідної ємності каналу Y та кабеля пробника (алгоритм ціює компенсації завжди розписаної в інструкції до осцилографа).