

МУЛЬТИМЕТР. ЛОГІЧНИЙ ПРОБНИК ТА ПУЛЬСАТОР

План:

1. Мультиметр	1
1.1 Аналогові мультиметри	2
1.2 Цифрові мультиметри	4
2. Простий логічний пробник та пульсатор.....	7

Теоретичні відомості:

1. Мультиметр

Мультиметр – це універсальний пристрій, об'єднує в собі як мінімум три з них - вольтметр, амперметр і омметр, для вимірювання напруги, сили струму і опору, відповідно. Це вже дозволяє отримати значну кількість інформації про електроланцюг як в робочому стані, так і при відключеному харчуванні.

Призначення приладу вгадується з назви. «Мульти» - приставка в складних словах, що означає «багато». «Метрею» перекладається з грецької мови як «вимірювати». Виходить, що мультиметр - це прилад, яким можна виміряти багато різних параметрів. Звичайно ж, майже всі вимірювані параметри, так чи інакше, пов'язані з електрикою.

Мультиметром неможливо виміряти, наприклад, артеріальний тиск людини або вологість повітря, але використовуючи деякі моделі, можна виміряти температуру будь-якого предмета, рідини або газу.

Мультиметри (зображено на рис.1) бувають двох видів - це аналогові мультиметри і цифрові мультиметри. В залежності від уподобань і побажань кожен споживач може собі вибрати величезна кількість мультиметров.



Рисунок 1 – Мультиметри

1.1 Аналогові мультиметри

Аналогові мультиметри (стрілочні вимірювальні пристрої, тестери) дещо застаріли, але залишаються настільки ж ефективними при вимірах.

В аналоговому мультиметрі (показано на рис.2) результати вимірювань зчитують по руху стрілки (як на годиннику) щодо вимірювальної шкали, на яку нанесені значення: напруги, струму, опору. Популярність аналогових мультиметрів пояснюється їх доступністю і ціною, а основним недоліком є незначна похибка в результатах вимірювань. В аналогових мультиметр для більш точного підстроювання є спеціальний резистор настройки, за допомогою маніпуляцій яким можна домогтися трохи більшої точності. Проте, у випадках коли потрібні більш точні результати вимірювань, пріоритетно використання цифрового мультиметра.



Рисунок 2 – Аналоговий мультиметр

Особливості та недоліки:

- *Недостатньо високий вхідний опір в режимі вольтметра.*

Технічні характеристики аналогового мультиметра багато в чому визначаються чутливістю магнітоелектричного вимірювального приладу. Чим вище чутливість (менше струм повного відхилення) мікроамперметра, тим більше високоомні додаткові резистори і більш низькоомні шунти можна застосувати. А значить, вхідний опір приладу в режимі вимірювання тиску буде більш високим, падіння напруги в режимі вимірювання струмів буде нижчим, що зменшує вплив приладу на вимірювану електричну ланцюг. Проте, навіть при використанні в мультиметри мікроамперметра з струмом повного відхилення 50 мкА, Вхідний опір мультиметра в режимі вольтметра становить всього 20 кОм/В. Це призводить до великих погрішностей вимірювання напруги в високоомних ланцюгах (результати виходять заниженими), наприклад при вимірі напруг на висновках транзисторів і мікросхем, і малопотужних джерел високої напруги. У свою чергу, мультиметр з недостатньо низькоомними шунтами вносить велику похибку вимірювання струму в низьковольтних ланцюгах.

- *Нелінійна шкала в деяких режимах.*

Аналогові мультиметри мають нелінійну шкалу в режимі вимірювання опорів. Крім того, вона є зворотною (нульового значення опору відповідає крайнє праве положення стрілки приладу). Перед початком вимірювання опору необхідно виконати установку нуля спеціальним регулятором на передній панелі при замкнутих вхідних клеммах приладу, так як точність вимірювання опору залежить від напруги внутрішнього джерела живлення. Шкала на малих межах вимірювання змінної напруги та струму також може бути нелінійною.

- *Потрібно правильна полярність підключення.*

Аналогові вимірювальні пристрої, на відміну від цифрових, не мають автоматичного визначення полярності напруги, що обмежує зручність їх використання і область застосування: вони вимагають правильної полярності підключення в режимі вимірювання постійної напруги / струмів, і практично непридатні для вимірювання знакозмінних напружень / струмів.

Основні режими вимірювань:

- ACV (англ. Alternating current voltage - напруга змінного струму) - вимір змінної напруги.
- DCV (англ. Direct current voltage - напруга постійного струму) - вимір постійної напруги.
- DCA (англ. Direct current amperage - сила постійного струму) - вимір постійного струму.
- Ω - вимірювання електричного опору.

1.2 Цифрові мультиметри

Головною відмінністю цифрового мультиметра від аналогового є те, що результати вимірювання відображаються на спеціальному екрані (світлодіодному або рідкокристалічному). Цифрові мультиметри мають більш високу точність вимірювань і відрізняються простотою використання, так як немає необхідності розбиратися у всіх тонкощах градуювання вимірювальної шкали, на відміну від стрілочних, аналогових приладів. Цифрові мультиметри як би вбирають в себе властивості все більшого числа приладів. Крім того, деякі мультиметри мають можливість роботи під управлінням комп'ютера, передаючи на нього результати вимірювань для подальшої обробки (портативні, як правило, через інтерфейс RS-232, а настільні - по GPIB). Цифровий мультиметр показано на рисунку 3.



Рисунок 3 – Цифровий мультиметр

Найбільш прості цифрові мультиметри мають портативне виконання. Їх розрядність 2,5 цифрових розряду (похибка зазвичай близько 10%). Найбільш поширені прилади з розрядністю 3,5 (похибка зазвичай близько 1,0%). Випускаються також трохи дорожчі прилади з розрядністю 4,5 (точність зазвичай близько 0,1%) і суттєво дорожчі прилади з розрядністю 5 розрядів і вище. Серед таких мультиметрів зустрічаються як портативні пристрої, що живляться від гальванічних елементів, так і стаціонарні прилади, що працюють від мережі змінного струму. Точність мультиметрів з розрядністю більше 5 сильно залежить від діапазону вимірювання і виду вимірюваної величини, тому обмовляється окремо для кожного піддіапазону. У загальному випадку точність таких приладів може перевищувати 0,01% (навіть у портативних моделях).

Розрядність цифрового вимірювального приладу, наприклад, «3,5» означає, що дисплей приладу показує 3 повноцінних розряду, з діапазоном від 0 до 9, і 1 розряд - з обмеженим діапазоном. Так, прилад типу «3,5 розряду» може, наприклад, давати показання в межах від 0,000 до 1,999, при виході вимірюваної величини за ці межі потрібно перемикання на інший діапазон (ручне або автоматичне).

Типова похибка цифрових мультиметрів при вимірюванні опорів, постійної напруги і струму менш $\pm (0,2\% + 1 \text{ одиниця молодшого розряду})$. При вимірюванні змінної напруги і струму в діапазоні частот 20 Гц ... 5 кГц похибка вимірювання $\pm (0,3\% + 1 \text{ одиниця молодшого розряду})$. У діапазоні високих частот до 20 кГц при вимірюванні в діапазоні від 0,1 межі вимірювання і вище похибка набагато зростає, до 2,5% від вимірюваної величини, на частоті 50 кГц вже 10%. З підвищенням частоти підвищується похибка вимірювання.

Вхідний опір цифрового вольтметра близько 10 МОм (не залежить від межі вимірювання, на відміну від аналогових), ємність - 100 пФ, падіння напруги при вимірюванні струму не більше 0,2 В. Харчування портативних мультиметрів зазвичай здійснюється від батареї напругою 9В. Споживаний струм не перевищує 2 мА при вимірі постійних напруг і струмів, і 7 мА при вимірі опорів і змінних напруг і струмів. Мультиметр зазвичай працездатний при розряді батареї до напруги 7,5 В.

Кількість розрядів не визначає точність приладу. Точність вимірювань залежить від точності АПЦ, від точності, термо- і тимчасової стабільності застосованих радіоелементів, від якості захисту від зовнішніх наведень, від якості проведеної калібрування.

Типові діапазони вимірювань:

- постійна напруга: 0..200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В, 1000 В
- змінна напруга: 0..200 В, 750 В
- постійний струм: 0..2 мА, 20 мА, 200 мА, 10 А (зазвичай через окремий вхід)
- змінний струм: немає
- опору: 0..200 Ом, 2 кОм, 20 кОм, 200 кОм, 2 МОм.

Додаткові можливості:

- Захист вхідних ланцюгів тестера в режимі вимірювання опору при випадковій подачі на вхід зовнішньої напруги
- Захист тестера при неправильному виборі межі вимірювання (може викликати пошкодження вимірювального механізму аналогового тестера), і при підключенні до джерела напруги в режимі вимірювання струму (призводить до протікання струмів короткого замикання, і може викликати загоряння струмових шунтів і всього мультиметра). Захист виконується на основі плавких запобіжників і швидкодіючих автоматичних вимикачів
 - автовідключення харчування;
 - підсвічування дисплея;
 - фіксування результатів вимірювань (відображається значення і / або максимальне);
 - автоматичний вибір меж вимірювання;
 - індикація розряду батарейки;
 - індикація перевантаження;
 - режим відносних вимірів;
 - запис і зберігання результатів вимірювань.

2. Простий логічний пробник та пульсатор

Загальновідомо, що для ремонту і налагодження електронних цифрових схем необхідний осцилограф. Звичайно, зараз пройшли ті часи, коли доводилося на заводах ремонтувати великі ЕОМ. Зате з'явилися пристрої різного призначення на мікроконтролерах, спеціалізованих мікросхемах, велика кількість пристроїв з використанням цифрових мікросхем малого ступеня інтеграції (ще не всі підприємства і організації встигли придбати сучасне імпордне обладнання).

(Застосування простого логічного пробника показано на рисунку 1, електрична принципова схема – рис.2.)

Звичайним авометром неможливо побачити процеси, що відбуваються в імпульсних схемах і зробити висновки про роботу схеми в цілому. Але осцилограф під рукою може виявитися не завжди. Ось в цьому випадку може надати неоціненну допомогу описуваний логічний пробник.

Подібних пристроїв в літературі було описано чимало і всі вони при однаковому призначенні все-таки мають абсолютно різні параметри: є такі, що просто незручні і незрозумілі в роботі. Такі пробники випускалися вітчизняною промисловістю до кінця минулого століття.

Багато років мені довелося користуватися логічним пробником, конструкція якого описана нижче. Схема показала себе надійною і зручною в роботі.

Основна відмінність даної схеми від подібних - мінімальна кількість деталей при досить широких можливостях. Однією з особливостей схеми є наявність другого входу, що іноді дозволяє обходитися без двопробного осцилографа.



Рисунок 1 – Застосування простого логічного пробника

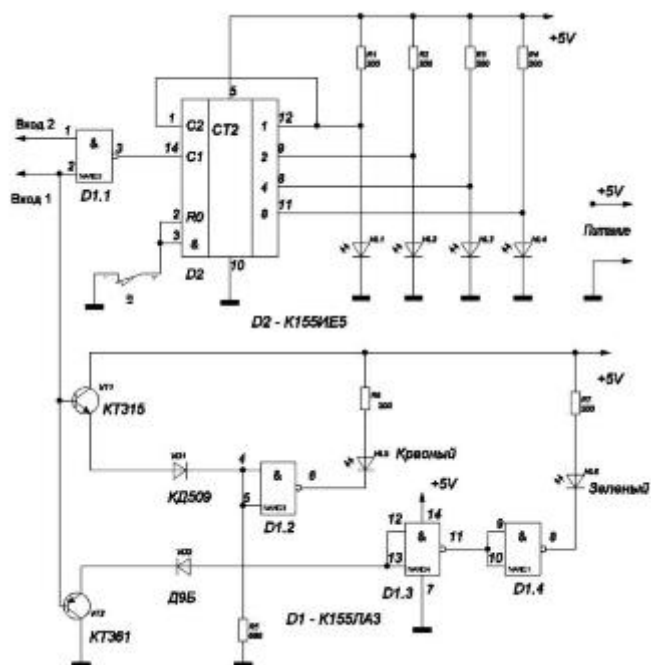


Рисунок 2 – Електрична принципова схема логічного пробника

Опис принципової електричної схеми

Харчування пробника (+5 В) здійснюється від перевіряється схеми.

Досліджуваний сигнал надходить на бази вхідних транзисторів VT1, VT2, призначених для збільшення вхідного опору приладу. Далі, через діоди VD1, VD2 сигнал проходить на логічні елементи D1.2, D1.3, D1.4, які запалюють червоний і зелений світлодіоди.

Прийоми роботи з пробником

Світіння червоного світлодіода говорить про наявність на вході 1 логічної одиниці, а зеленого - логічного нуля.

Для описуваного пробника напруга логічного нуля 0 ... 0,4 В, а логічної одиниці 2,4 ... 5,0В. Якщо вхід 1 пробника нікуди не підключений, обидва світлодіода погашені.

У тому випадку, коли вхід 1 підключений до перевіряється схемою, і обидва світлодіода погашені, можна припустити, що є несправність. Такий рівень називається «сірим».

Крім показу логічних рівнів нуля і одиниці пробник також може показувати наявність імпульсів. Для цих цілей служить двійковий лічильник D2, до виходів якого приєднані світлодіоди HL1 ... HL4 жовтого кольору.

З приходом кожного імпульсу стан лічильника збільшується на одиницю. Якщо частота проходження імпульсів невелика, то можна побачити миготіння світлодіодів лічильника, навіть якщо імпульс тривалістю кілька мікросекунд з'являється раз в секунду або ще рідше. Такий процес можна зафіксувати тільки за допомогою пристрою, що запам'ятовує осцилографа - приладу досить дорогого і рідкісного.

Коли імпульси слідуєть з високою частотою, здається, що світлодіоди HL1 ... HL4 світяться безперервно, хоча насправді запалюються імпульсами.

За характером світіння червоного і зеленого світлодіодів можна приблизно оцінити форму імпульсів. Якщо яскравість світіння обох світлодіодів однакова, то тривалість імпульсу (лог.1) дорівнює тривалості паузи (лог.0). Більш інтенсивне світіння червоного світлодіода говорить про те, що тривалість імпульсу (лог.1) більше, ніж тривалість паузи (лог.0) і навпаки.

Співвідношення імпульсу і паузи може бути таким, що помітно світіння тільки одного світлодіода. Але якщо при цьому лічильник продовжує вважати, то значить йдуть імпульси. Для скидання лічильника використовується кнопка S1: якщо після її натискання і відпускання світлодіоди HL1 ... HL4 погасли і свого стану не змінюють, то імпульсів немає, а пробник показує просто логічний рівень нуля або одиниці.

Діоди VD1, VD2 можуть бути замінені будь-якими імпульсними малопотужними діодами. Тільки при цьому слід пам'ятати, що VD1 повинен бути кремнієвим, а VD2 обов'язково германієвих: саме вони поділяють рівень нуля і одиниці. Транзистори можуть бути з будь-якими літерними індексами, або замінені на KT3102 і KT3107.

Мікросхеми можуть бути замінені імпортованими аналогами: K155ЛА3 на SN7400N, а K155ИЕ5 на SN7493N.

Конструкція пробника довільна, але найкраще виконати його за допомогою друкованого монтажу у вигляді щупа, помістивши в відповідний пластмасовий корпус.

При роботі з пробником необхідно уважно стежити за тим, щоб не підключити харчування до ланцюгів з напругою понад 5В, а також не торкатися таких ланцюгів вимірвальним щупом. Подібні торкання призводять до ремонту приладу.

Під час пошуку несправностей в цифрових схемах зручно використовувати *логічний пробник*. Цифровий сигнал може бути або **високого (5 В)**, або **низького (0 В) рівня**. Імпульси бувають дуже короткими (долі мікросекунди), а частота їх проходження може досягати десятків мегагерц, тому звичайний мультиметр в такій ситуації безкорисний. Логічний пробник призначений для **контролю і індикації** саме таких *цифрових сигналів*.

Особливо він може стати в нагоді під час пошуку несправності в "мертвому" комп'ютері.

1. За допомогою пробника можна перевірити роботу тактового генератора і наявність інших синхронізуючих сигналів.

2. Також можна порівняти сигнали на кожному виведенні якої-небудь інтегральної схеми з сигналами на справній мікросхемі і знайти компонент, що вийшов з ладу.

3. Логічний пробник може виявитися корисним і при перевірці дисководів – він дозволяє перевірити сигнали на інтерфейсному кабелі або в самій схемі накопичувача.

Деякі моделі логічних пробників можуть мати вбудований генератор одиночних імпульсів - **пульсатор**, що спрацьовує при натисненні спеціальної кнопки на корпусі пробника. Він призначений для примусової подачі в схему імпульсу високого рівня тривалістю 1,5-10 мкс.

Осцилограф, застосування осцилографа та робота з ним

У перекладі з двох мов (грецької і латини) назва даного приладу «осцилограф» означає «качаюсь/пишу». Пристрій призначений, щоб досліджувати, спостерігати, вимірювати і записувати амплітудні, часові параметри електричних сигналів, які виводяться на вході, на екрані або записуються на фотострічці. Сучасний осцилограф може вимірювати сигнал гігагерцовий хвиль.

Осцилографи відносяться до вимірювальної техніки, яка призначена для того, щоб вивчати тимчасові, амплітудні коливання електричних сигналів. Прилад використовується в багатьох сферах для контролю якості сигналу.

Логіка роботи і призначення

- Аналогові (в режимі реального часу)
- Запам'ятовуючі (аналогові, цифрові)
- Стробуючі

Кількість променів – одно – двох променеві, кількість цих променів може досягти 16 і більше.

За розгорткою осцилографи діляться на:

- Універсальний
- Швидкісний
- Стробоскопічний
- Запам'ятовуючий
- Спеціальний

Є також і осцилографи, сумісні з іншими вимірювальними пристроями. Осцилограф може бути не тільки автономним приладом, але і приставкою, наприклад, до комп'ютерів, як карта розширення, або ж з підключенням до зовнішнього порту.

Будова приладу

- Електронно-променева труба
- Блок розгортки горизонтальний, що генерує періодичний або одноразовий сигнал, який лінійно наростає, а потім швидко спадає.
- Підсилювач вхідний (досліджує сигнал, при якому вихід підключений до пластини відхилення по вертикалі).

Також осцилограф складається з деяких, допоміжних блоків: управління яскравості, калібратора (дальності і амплітуди). Цифрові прилади мають рідкокристалічний дисплей.

Цифровий осцилограф має екран, що відображає графік вхідного сигналу готовою картинкою.

Аналоговий осцилограф – у вигляді розмітки, як координаторна сітка (показано на рис.1)



Рисунок 3 – Аналоговий осцилограф

1.4 Інструкція по експлуатації осцилографа

Зіткнувшись з осцилографом, у необізнаного людини виникає багато питань, для чого на ньому стільки перемикачів і ручок регулювання. Все досить просто і логічно. Зараз ми опишемо на прикладі, поширеного в колах радіоаматорів електронно-променевого вимірювального приладу С1-49, як користуватися осцилографом.

Коротко про управління:

Виглядає модель с1-49 так, як на рис. 1.3.



Рисунок 4 – Електронно-променевий вимірювальний прилад С1-49

Тумблер включення пристрою, знаходиться з правого боку з написом «Мережа», після переключення тумблера в положення включено повинен засвітитися індикатор червоного світла, що знаходиться над ним.

Рукоятка «Фокус» змінює товщину променя - оскільки пристрій не споряджений вузлом компенсації температури, і в процесі нагрівання осцилографа діаметр змінюється.

Регулятор з написом «Яскравість» регулює яскравість точки на екрані, можна індивідуально підлаштувати під робоче оточення.

«Освітлення шкали», знову ж таки індивідуальний підхід до підсвічування вимірювальної сітки, при яскравому денному освітленні доведеться зробити яскравіше, щоб розглянути сітку.

Ручка з написом «Посилення Y», по своїй суті грубе регулювання посилення вертикального розмаху променя. При вимірюванні сигналів

високого рівня, доведеться зменшити рівень чутливості, для того щоб він вмістився в екрані осцилографа. При пошуку слабких сигналів, потрібно провести збільшення чутливості підсилювача.

Нижче розташований тумблер за допомогою якого здійснюється підключення на вхід вимірювальної ємності. Це зроблено для відсікання постійного струму від вимірювання. На підсилювач потрапляє тільки змінна складова сигналу.

Під ним розташований вимірювальний вхідний роз'єм байонет, під спеціальний перехідник. Прилад забезпечується спеціальними щупами, для проведення вимірювань, екранованими проводами, з подільником напруги. Щуп для вимірювань не вносить спотворень в досліджуваній сигнал, і вплив на тестований пристрій зведено до мінімуму. Зазвичай з осцилографом поставляється кілька видів щупів, під різні види вимірювань. Активний щуп - з власним підсилювачем. Пасивний без будь-яких додаткових елементів, крім ланцюжка узгодження, для зменшення впливу довжини кабелю на вхідний сигнал. І щупи з подільником, в яких окремим тумблером є можливість зменшити амплітуду напруги 1:10; 1: 100; 1: 1000.

Нижче байонета розташований вихід з вбудованого генератора прямокутних імпульсів. З його допомогою можна перевірити цікавить пристрій, а також провести стартову калібрування вимірювача.

Під екраном осцилографа розташувалися регулятори зі шкалою:

- Перемикачем «Посилення» вибирається діапазон напруг - вольт / поділ. Вибирається, скільки вольт поміститься в розподіл вимірювальної сітки екрану, і візуально можна визначити величину напруги, знаючи діапазон на перемикачі.
- Другий перемикач зі шкалою вимірює тривалість імпульсу. Простіше кажучи, частоту вимірювання. Тривалість сигналу на одну поділку вимірювальної сітки.
- Регулятор «Розгортка» зміщує початок імпульсу по горизонталі. Їм потрібно користуватися для зміщення досліджуваного сигналу за шкалою, в разі, коли початок імпульсу виходить за межами шкали.

- Вхід «X» дозволяє застосовувати зовнішні генератори для управління горизонтальною розгорткою. У тому випадку, коли вбудованого мало, або не стабільний, тобто частота плаває. У такому положенні можна спостерігати фігури Ліссажу. Складні геометричні візерунки.

Нижче розташовані ручки управління синхронізацією:

- Тумблером «Внутрішній - Зовнішній» відбувається вибір, від якого джерела буде синхронізуватися розгортка. Одночасно з досліджуваним сигналом або ж від внутрішнього.

- Регулятор «Рівень» змінює чутливість, від нього залежить, яким фронту сигналу відбудеться запуск розгортки, наростаючому чи спадаючому фронту зовнішнього сигналу.

- Тумблер «- / ~» перемикає режим одиночний або автоколебательний запуск розгортки. Цей режим зручний для дослідження цифрових логічних пристроїв, де сигнали йдуть не періодично, як в генераторах.

- Ручка підстроювання «Стабільність» той же, що синхронізація. За допомогою даного резистора проводиться підстроювання синхронізації сигналу з розгорткою. Синусоїда променя перестає бігти по екрану і застигає статичної картинкою, яку тепер можна вивчити детальніше.

Інструкція з експлуатації

Осцилограф перед початком роботи потребує калібрування. Після включення в мережу, необхідно щоб прилад прогрілося і стабілізувався. Як правило, це займає 5 хвилин часу. Регуляторами «підсилювач Y» і «Розгортка» встановлюється промінь у центрі екрана. Після цього налаштовуються яскравість і фокус.

Якщо вимірювальним щупом доторкнуться до виходу генератора, то станемо спостерігати на екрані прямокутні імпульси частотою 1 кГц і 500 мВ. При положенні регулятора «Тривалість» в положенні 1мс (мілісекунда). Якщо все в порядку, значить наш прилад готовий до роботи.

При вимірюванні сигналу перемикачі «Посилення» і «Тривалість» встановлюють в крайні ліві положення. Посиленням піднімають діапазон

виміру до явних, максимально помітних сигналів на екрані, а регулятором «Тривалість» з'ясовується, яка частота вхідного сигналу.

Для довідки в 1 кГц (1000 Гц) - 1 мс, 1Гц це 1000 мс.

Коли сигнал зафіксований на екрані, за допомогою вимірювальної сітки проводиться вимірювання напруги сигналу, періоду (частоти). Сучасний цифрові вимірювачі дану інформацію виводять безпосередньо на дисплей приладу, і оператор знає про сигнал все: напруга, тривалість, шпаруватість, період. На цьому наше коротке пояснення закінчується. Сподіваємося, тепер ви знаєте, як користуватися осцилографом і для чого потрібен цей вимірювальний прилад. Наостанок рекомендуємо переглянути надані нижче відео інструкції, на яких показано, як працювати з найбільш популярними моделями осцилографів.

Логічний та сигнатурний аналізатори

Широке розповсюдження радіоелектронних пристроїв із застосуванням цифрової обробки сигналів обумовлює підвищений інтерес до питань діагностування їх технічного стану. Одним з різновидів діагностування цифрових вузлів і блоків є тестове діагностування, застосування якого на етапі проектування і виготовлення цифрових вузлів дозволяє визначити правильність їх функціонування і здійснити процедуру пошуку несправностей.

При розробці тестової діагностики виникає складність у визначенні еталонних реакцій при тестуванні існуючих схем, у визначенні оптимального числа контрольних точок для зняття вихідної реакції цифрової схеми, що діагностується.

Це можна зробити:

1. створюючи прототип цифрового пристрою, що розробляється, і проводячи його діагностику апаратурними методами
2. здійснюючи моделювання на ЕОМ як цифрового пристрою, так і процесу діагностики.

Найбільш раціональним є другий підхід, який припускає створення автоматизованих систем діагностики, що дозволяють проводити діагностику цифрових схем на стадії проектування і здатних вирішувати наступні завдання:

1) Проводити логічне моделювання цифрових схем за допомогою ЕОМ. Мета логічного моделювання полягає в тому, щоб виконати функцію проєктованої схеми без її фізичної реалізації. Перевірка на правильність моделювання може бути різною залежно від рівня представлення цифрової схеми в ЕОМ. Якщо, наприклад, здійснюється перевірка тільки значень логічної функції на виході схеми, то досить представити схему на рівні логічних елементів. Для того, щоб перевірити стани сигналів в схемі, необхідно точно описати затримки спрацьовування всіх елементів в умовах синхронізації.

2) Моделювання несправностей. Завдання виявлення несправностей в цифрових схемах полягає в тому, щоб визначити, чи володіє цифрова схема необхідною поведінкою. Для вирішення цього завдання необхідно, перш за все, встановити модель цифрової схеми як об'єкту контролю, потім метод виявлення несправностей і, нарешті, модель несправностей. З погляду особливостей поведінки цифрових схем їх можна розділити на комбінаційні і послідовні. Відносно виявлення несправностей комбінаційні схеми є порівняно простою моделлю. Послідовні схеми відносно поведінки характеризуються наявністю внутрішніх контурів зворотного зв'язку, тому виявлення несправностей в них в загальному випадку надзвичайно ускладнене.

3) Моделювання процесу тестової діагностики. Класична стратегія тестування цифрових схем заснована на формуванні тестових послідовностей, що дозволяють виявляти задану безліч їх несправностей. Для реалізації генератора тестової послідовності бажано використовувати прості методи, що дозволяють уникнути складної процедури їх синтезу. До них відносяться наступні алгоритми:

а) формування всіляких вхідних тестових наборів, тобто повного перебору двійкових комбінацій. В результаті застосування подібного алгоритму генеруються счетчикові послідовності;

б) формування випадкових тестових наборів з необхідною вірогідністю одиничного і нульового символів по кожному входу цифрової схеми;

в) формування псевдовипадкових тестових послідовностей;

Основною властивістю поширених алгоритмів формування тестових

послідовностей є те, що в результаті їх застосування відтворюються послідовності дуже великої довжини. Тому на виходах цифрової схеми, що перевіряється, формуються її реакції, що мають ту ж довжину. Природно виникають проблеми їх запам'ятовування і зберігання. Простим рішенням, що дозволяє значно скоротити об'єм інформації, що зберігається, про еталонні вихідні реакції, є отримання інтегральних оцінок, що мають меншу розмірність. Для цього використовуються алгоритми стиснення інформації. Для того, щоб застосовувати метод компактного стиснення тестування, необхідно раціонально вибрати алгоритм формування тестових послідовностей і метод стиснення інформації. Для діагностики будь-якої комбінаційної схеми особливий інтерес представляє сигнатурний аналізатор, в основі побудови якого лежить алгоритм стиснення інформації - сигнатурний аналіз.

4) Аналіз методів оцінки ефективності компактного тестування. Побудова складних цифрових пристроїв вимагає підвищеної уваги до компактних методів тестування для кожного конкретного застосування. Тому виникає необхідність в оцінці ефективності того або іншого методу компактного тестування.

Під час пошуку складних несправностей в дискретних пристроях виникає необхідність одночасного спостереження декількох сигналів поведінки схеми (одноразових і аперіодичних).

Такі можливості надає логічний аналізатор - прилад для збору і аналізу даних про реальні умови роботи дискретних пристроїв.

Логічний аналізатор (ЛА) є комбінацією багатоканального реєстратора двійкових сигналів, побудованого на базі швидкодіючого ЗП (запам'ятовуючий пристрій) з розвиненою системою управління процесом запису даних, і екранного пульта-дисплея, що відображає записану в ЗП інформацію у формі, що є зручною для аналізу.

Розрізняють два типи логічних аналізаторів: аналізатор логічних сигналів та аналізатори часових діаграм.

Аналізатори логічних станів фіксують стани контрольних точок схеми під час тактових сигналів, що задаються пристроєм, і записують процес зміни

станів синхронно з його роботою.

Аналізатори часових діаграм фіксують стани контрольних точок схеми в моменти часу, які задаються незалежно працюючим тактовим внутрішнім генератором аналізатора.

Стани контрольних крапок фіксуються в дискретні моменти часу (при подачі тактових сигналів) в двійковій формі: 0 - за відсутності сигналу, 1 - при його наявності.

Логічні аналізатори мають 2-а основних режима:

1. реєстрації;
2. відображення.

Реєстрація - процес запису стану сигналів, що поступають по вхідних каналах аналізатора, в пристрій для запам'ятовування. Реєстрація починається по сигналу запуску реєстрації.

[який може бути або зовнішнім сигналом, або кодовим словом, або послідовністю кодових слів.]

Відображення - процес індикації на екрані електронно-променевої трубки тимчасових діаграм або логічних станів, записаних в ЗУ в процесі реєстрації.

[Для установки режиму, способу запуску реєстрації, способу відображення, а також кодових слів запуску реєстрації на панелі управління є перемикачі і гнізда для підключення зовнішніх сигналів.

Оскільки в режимі реєстрації процес запису сигналів в ЗП ЛА йде відповідно до вибраної тактової частоти, сигнали, які в часі коротше за тактовий період і з'являються після тактового сигналу, не будуть записані, хоча і можуть викликати неясну зміну станів асинхронної логіки. Для виявлення подібної ситуації деякі ЛА мають режим фіксації перешкод. Цей режим не дозволяє зміряти ширину короткого сигналу, проте указує на його наявність і тимчасове положення]

Основними характеристиками ЛА є:

1. число каналів одночасної реєстрації станів сигналів;
2. рівні вхідних логічних сигналів;
3. глибина реєстрації, тобто максимальна кількість інформації, що

запам'ятовується по одному каналу;

4. максимальна частота реєстрації, що визначає мінімальний інтервал часу між двома послідовними відліками станів вхідних сигналів.

5. Глибина реєстрації визначається ємкістю ЗП, а максимальна частота реєстрації - швидкістю ЗП аналізатора.

Процес реєстрації і ЛА може бути початий при появі на входах:

1. спеціально заданого зовнішнього сигналу;
2. заданої кодової комбінації (слово стану) сигналів;
3. заданної послідовності кодових комбінацій.

Існують наступні способи запуску реєстрації: прямий та з затриманий з попередньою установкою.

При прямому запуску сигнал запуску відразу включає процес реєстрації, а при затриманому - через певний час, що задається числом тактів затримки. При запуску з попередньою установкою аналізатор реєструє стани в контрольних точках пристрою, що діагностується, незалежно від сигналу запуску і дозволяє зберегти і видати на відображення дані, які були записані за N тактів до появи сигналу і $M - N$ тактів після нього, де M - максимальна глибина реєстрації по одному каналу. Попередня установка може мати значення в межах $1 \leq N \leq M$.

Інформація ЗП аналізатора може бути виведена на екран у формі логічних часових діаграм, логічних таблиць або графічного зображення.

У режимі відображення логічних часових діаграм аналізатор функціонує як багатоканальний цифровий осцилограф та відображає двійкові сигнали станів.

[Для полегшення аналізу записаній інформації і зіставлення сигналів, прийнятих по різних каналах, на екран індикатора виводяться допоміжні покажчики - курсори у вигляді вертикальної лінії, яка може переміщатися по вказівці оператора уздовж горизонтальних осей.]

Курсори дають можливість виділити частину часової діаграми, що цікавить, і розтягнути її в часі для детальнішого аналізу.

У режимі відображення логічних таблиць інформація відображається в двійковому, вісімковому, шістнадцятиричному або алфавітний - цифровому

кодi.

У графічному режимі відображення кожне із записаних слів станів відображається на екрані ЕЛТ у вигляді крапки, координати якої визначаються розрядами слова стану.

Для правильних вимірювань велике значення має така характеристика ЛА, як максимальна частота реєстрації [11]. Від неї залежить помилка вимірювань. Так, наприклад, при вимірюванні сигналу тривалістю 80 нс на тактовій частоті 20 МГц погрішності вимірювання тривалості і фази складають 30 і 43 нс відповідно, а на частоті 100 МГц - 0 і 3 нс.

Таким чином, для точнішого вимірювання потрібна вища тактова частота реєстрації. На практиці хороші результати виходять при десятиразовому перевищенні частоти реєстрації мінімального періоду спостережуваних сигналів. Цю обставину має велике значення, коли ЛА використовується для пошуку несправностей в мікропроцесорних системах. Навіть при роботі з мікропроцесорними пристроями з тактовою частотою 1-4 МГц (наприклад, 580ік80а) бажано мати ЛА з тактовою частотою реєстрації 50-100 МГц, оскільки мінімальна ширина синхроімпульса може бути рівна 80 нс.

Для наладки ЕОМ на ЭСЛ-схемах від ЛА потрібна більш-висока тактова частота (200-500 МГц), оскільки час циклу таких ЕОМ складає 40-80 нс, а тривалість синхросигналов 15-25 нс.]