

УДК 621.374.3

ЗМЕНШЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ВИНИКНЕННЯ МЕТАСТАБІЛЬНОСТІ ТРИГЕРІВ

Курашкін С. Ф., к.т.н.

serge.kuras@gmail.com

Волкова І. Д., магістрант

rein.feur.07@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Тригери належать до класу електронних пристроїв, які мають два стійкої рівноваги (високий та низький) й здатні стрибком переходити з одного стану в інший під впливом зовнішнього керуючого сигналу [1]. Перехід тригера з одного стійкого стану в інший супроводжується стрибкоподібною зміною струмів і напруг. Кожен із станів тригера розпізнається за значенням вихідної напруги. За характером дії тригери відносяться до імпульсних пристроїв – їх активні елементи працюють в ключовому режимі, а зміна станів відбувається майже миттєво. Тригери будуються на дискретних елементах – біполярних і МДП-транзисторах, логічних елементах, а також випускаються в інтегральному виконанні. До основних типів тригерів відносять: RS-, D-, T- і універсальні JK-тригери. Вважається, що сигнал на вході тригера може приймати тільки два стани – логічний нуль «0» (низький рівень напруги) і логічну одиницю «1» (високий рівень напруги). Оскільки керуючий імпульс, що перекидає стан тригера на протилежний може прийти в будь-який момент часу, в тому числі і в момент зміни стану сигналу на вході тригера, то тригер на деякий час може потрапити в нестійкий метастабільний стан, при якому напруга на його виході буде перебувати між рівнем логічного «0» і логічної «1». Це може привести до порушення роботи цифрового пристрою, утворення помилки або невизначеності і невідомого результату в наступних елементах схеми, припинення роботи тригера – в будь-якому разі це можна вважати як відмову функціонування. Стан метастабільності можна уявити як нестійкий стан кульки, яка знаходиться на вершині конічного пагорба – рис. 1.

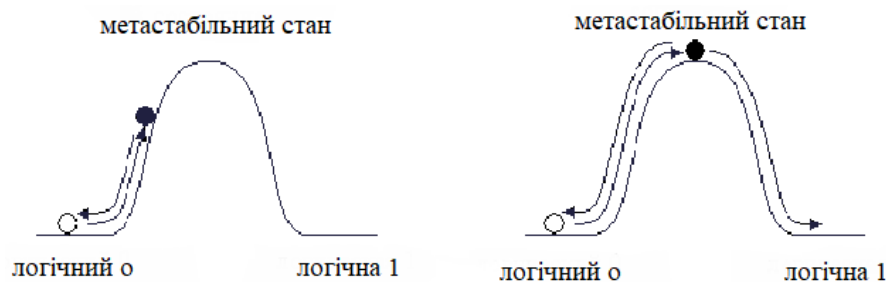


Рисунок 1. Ілюстрація явища метастабільності

Зазвичай тригер не може довго перебувати в такому стані і швидко повертається в один із стабільних станів. Час перебування в метастабільному стані залежить від рівня шумів і технології виготовлення схеми – це явище притаманне всім тригерам незважаючи на технологію виготовлення [2].

Отже, використання тригерів в схемах електронних приладів передбачає заходи щодо усунення вірогідності виникнення режиму метастабільності або щонайменше, зведення такої вірогідності до мінімуму.

Основні матеріали дослідження. Часові параметри на прикладі D-тригера в момент виникнення стану метастабільності і виходу з цього стану наведені на рис. 2. Час t_{SU} – це мінімальний час, що передує фронту синхроімпульсу CLK, протягом якого логічний рівень сигналу на вході DATA повинен залишатися стабільним для того, щоб уникнути метастабільності. Час t_H – це мінімально необхідний час утримання стабільного сигналу DATA на вході тригера після приходу фронту тактового імпульсу CLK для того, щоб уникнути метастабільності. Сума цих двох параметрів утворює часове вікно продовж якого вхідні дані повинні бути стабільними.

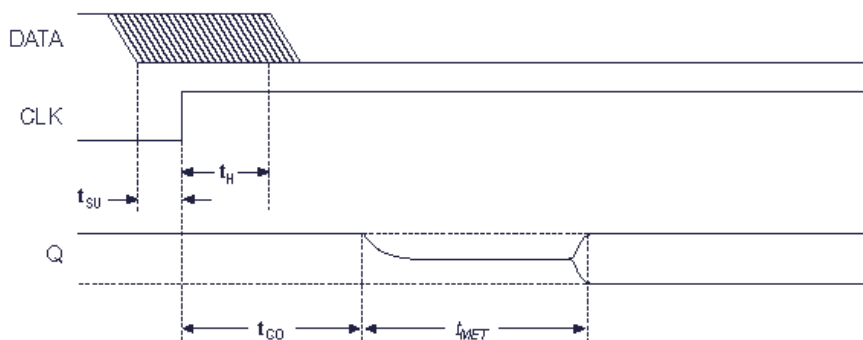


Рисунок 2. Часові параметри тригера

В той час як нормальний час затримки тригера повинен складати t_{CO} , за рахунок нестійкого спрацювання до нього додається час метастабільності t_{MET} , тривалість якого є випадковою і залежить від багатьох параметрів. Вірогідність того, що час t_{MET} перевищить припустиму величину, експоненціально зменшується зі зростанням часу, протягом якого вихід Q тригера знаходиться в метастабільному стані. Зменшення цього небажаного ефекту є використання тригерів з більш високою граничною частотою (відповідно більшій вартості) або більш прийнятний вихід – послідовне включення двох або більше тригерів (рис. 3), на які одночасно подається загальний тактовий синхросигнал. Таке рішення призводить до збільшення припустимого часу метастабільності t_{MET} .

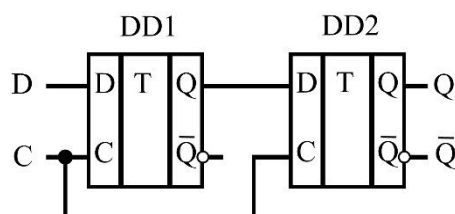


Рисунок 3. Послідовне включення тригерів

Висновок. Під час проектування електронних схем, в яких застосовуються тригери, варто брати до уваги порушення роботи цифрового пристрою через виникнення нестійкої метастабільності. Для зменшення вірогідності виникнення такого стану треба передбачити, як мінімум, послідовне включення двох таких тригерів, об'єднаних загальним синхросигналом.

Список використаних джерел

1. Курашкін С. Ф. Електроніка та мікросхемотехніка: курс лекцій. Мелітополь: Люкс, 2019. 146 с.
2. Строгонов А. В. Неизвестное об известном, или что такое метастабильность триггеров. URL: http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php (дата звернення: 20.04.2021).