

Разработка устройства для определения нагрузочной способности микросхем

С.В. Тюлевин, Г.П. Шопин, М.Н. Пиганов, Р.О. Мишанов

Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева
443086, Российская Федерация, г. Самара
Московское шоссе, 34

Обоснована необходимость учета нагрузочной способности логических элементов и микросхем. Предложено устройство для определения нагрузочной способности микросхем. Устройство содержит генератор прямоугольного напряжения, испытуемую микросхему, вольтметр, элементы нагрузки, коммутатор, элемент И, компаратор, счетчик импульсов, источник опорного напряжения.

Ключевые слова: нагрузочная способность, интегральная микросхема, устройство определения.

Введение

Элементная база определяющим образом влияет на свойства, характеристики и возможности радиоэлектронных средств. В современных устройствах используется широкий набор активных и пассивных дискретных электрорадиоэлементов, гибридных и полупроводниковых микросхем (ИМС), микросборок, устройств функциональной электроники и других элементов. В связи с усложнением выполняемых аппаратурой функций растет и ее сложность, которая оценивается числом входящих в нее элементов. Это можно наглядно проследить на примере аппаратуры, используемой в космических аппаратах (КА). Рост сложности радиоэлектронной аппаратуры резко повышает требования к надежности элементной базы. Жесткие условия эксплуатации аппаратуры на борту КА ставят задачу отбора наиболее надежных элементов.

Отбор электрорадиоизделий (ЭРИ) повышенного качества осуществляют обычно на основе методов электрофизического диагностирования или диагностического неразрушающего контроля (ДНК). В основу их положен принцип выявления электрофизических параметров (информативных параметров), характеризующих состояние ЭРИ, и определение годности электрорадиоизделия по выбранному критерию путем сопоставления измеренных информативных параметров с их пороговыми значениями. При этом отбраковке подлежат ЭРИ, которые отнесены к

потенциально ненадежным. Их основные характеристики соответствуют требованиям технических условий. Однако эти ЭРИ имеют скрытые дефекты, которые со временем могут привести к отказу.

Выбор информативных параметров проводится по результатам обучающего эксперимента. Наиболее слабым звеном обучающего эксперимента является контроль параметров ЭРИ. На данном этапе разработаны методы и средства ДНК только для ряда ЭРИ, используемых в ответственной аппаратуре [1–9]. Особую остроту вызывает процесс контроля цифровых микросхем. Известные устройства контроля полупроводниковых микросхем имеют низкую точность, что снижает эффективность и достоверность отбраковки некачественных образцов и не позволяют определять их нагрузочную способность [7; 10–12].

Для определения нагрузочной способности микросхем можно использовать способ [13], связанный с нахождением наибольшего числа входов логических элементов, которые можно подключить к выходу испытуемой микросхемы без ухудшения ее параметров. В случае дискретных схем [14], целесообразно применять устройство, содержащее коммутатор, три генератора, триггер, усилитель, индикатор, дифференцирующий элемент, элемент И и блок памяти. Недостатками устройств, реализующих эти способы, являются низкие точность и достоверность определения нагрузочной способности.

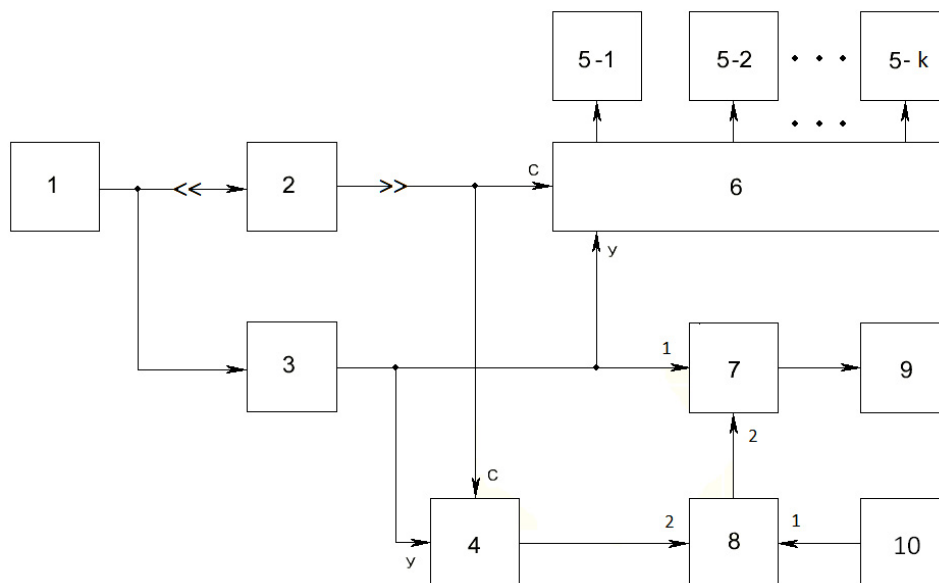


Рис. Устройство для определения нагрузочной способности микросхем

Цель данной работы - повышение точности и достоверности определения нагрузочной способности микросхем.

1. Разработка устройства

Для повышения точности и достоверности определения нагрузочной способности микросхем было разработано устройство, блок-схема которого приведена на рисунке.

Устройство содержит генератор прямоугольного напряжения 1, испытуемую микросхему 2, рабочую микросхему 3, вольтметр 4, элементы нагрузки 5-1...5-k, коммутатор 6, элемент И 7, компаратор 8, счетчик импульсов 9 и источник опорного напряжения 10.

В устройстве последовательно соединены генератор прямоугольного напряжения 1, рабочая микросхема 3, элемент И 7 и счетчик импульсов 9, а также источник опорного напряжения 10 и компаратор 8. Входная клемма испытуемой микросхемы 2 также подключена к выходу генератора прямоугольного напряжения 1. Сигнальные входы вольтметра 4 и коммутатора 6 объединены и подключены к выходной клемме испытуемой микросхемы 2. Управляющие входы вольтметра 4 и коммутатора 6 объединены и также подключены к выходу рабочей микросхемы 3. Выход вольтметра 4 связан со вторым входом компаратора 8, выход которого подключен ко второму входу элемента И 7. Каждый из выходов коммутатора 6 подключен к входу одноименного элемента нагрузки 5-1...5-k.

Устройство позволяет определять нагрузочную способность испытуемой микросхемы 2 по

изменению высокого уровня (первый режим) и по изменению низкого уровня (второй режим) ее выходного сигнала.

2. Принцип работы устройства

В соответствии с первым режимом устройство работает следующим образом. Генератор прямоугольного напряжения 1 формирует первый импульс, который одновременно поступает на входы идентичных испытуемой 2 и рабочей 3 микросхем. На выходе каждой из этих микросхем формируется по импульсу высокого уровня с одинаковой длительностью. Выходной сигнал испытуемой микросхемы 2 одновременно поступает на сигнальные входы вольтметра 4 и коммутатора 6. Последний выполнен на основе регистра сдвига и набора аналоговых ключей. Выходной сигнал рабочей микросхемы 3 одновременно поступает на управляющие входы вольтметра 4 и коммутатора 6, а также первый вход элемента И 7.

С приходом первого импульса высокого уровня на управляющий вход коммутатора 6 последний подключает свой сигнальный вход (выход испытуемой микросхемы 2) к входу первого элемента нагрузки 5-1.

На выходе вольтметра 4 в течение всего периода выходного сигнала рабочей микросхемы 3, совпадающего по времени с аналогичным периодом испытуемой микросхемы 2, поддерживается значение напряжения высокого уровня выходного сигнала последней. Компаратор 8 сравнивает значения выходных напряжений вольтметра 4 и источника опорного напряжения 10. Последнее

совпадает с минимально допустимым значением напряжения высокого уровня выходного сигнала испытуемой микросхемы 2 при определении ее нагрузочной способности по первому режиму.

В случае использования исправной испытуемой микросхемы 2, нагруженной по выходу элементом 5-1, выходное напряжение вольтметра 4 превышает напряжение источника опорного напряжения 10 и на выходе компаратора 8 формируется логическая «1». Она поступает на второй вход элемента И 7, разрешая прохождению с его первого входа на выход импульса высокого уровня. При этом счетчик импульсов 9 фиксирует поступление на свой вход первой логической «1». Это означает, что нагрузочная способность испытуемой микросхемы 2 в результате первого рабочего цикла ее определения составляет число не менее единицы.

В течение действия последующих выходных импульсов генератора прямоугольного напряжения 1 устройство в целом работает аналогично ранее описанному. Отличие состоит лишь в том, что с приходом очередного импульса (высокого уровня) на управляющий вход коммутатора 6, последний подключает свой сигнальный вход (выход испытуемой микросхемы 2) к входу одноименного элемента нагрузки из имеющихся 5-2...5-к. Каждый из них включает в себя свой ряд (от одного до нескольких десятков) одинаковых логических элементов, число входов которых, объединенных друг с другом общим входом элемента нагрузки, совпадает с его номером. При этом, с каждым новым переключением коммутатора 6, значение напряжения высокого уровня выходного сигнала испытуемой микросхемы 2, в связи с уменьшением сопротивления нагрузки (и возрастанием ее тока), уменьшается. До тех пор, пока это напряжение, измеряемое вольтметром 4, остается больше напряжения источника опорного напряжения 10 (в течение всех рабочих циклов), счетчик импульсов 9 фиксирует импульсы, производя тем самым запись числа (n) определяющего нагрузочную способность.

Для обеспечения второго режима работы устройства, позволяющего определять нагрузочную способность испытуемой микросхемы 2 по изменению низкого уровня ее выходного сигнала, необходимо:

- первый вход компаратора 8 подключить к выходу вольтметра 4, а второй вход – к выходу источника опорного напряжения 10;
- значение выходного напряжения источника опорного напряжения 10 установить равным

максимально допустимому значению напряжения низкого уровня выходного сигнала испытуемой микросхемы 2.

При этом, с каждым новым переключением коммутатора 6, значение напряжения низкого уровня выходного сигнала испытуемой микросхемы 2 увеличивается. До тех пор, пока это напряжение, измеряемое вольтметром 4, остается меньше напряжения источника опорного напряжения 10 (в течение всех рабочих циклов), счетчик импульсов 9 фиксирует импульсы, производя тем самым определение нагрузочной способности (по второму режиму). В остальном работа всех блоков устройства в обоих режимах одинакова.

Введение рабочей микросхемы 3, идентичной испытуемой 2, позволило синхронизировать процесс управления вольтметром 4, коммутатором 6 и элементом И 7 с временными параметрами выходного сигнала испытуемой микросхемы 2, не подключая соответствующие входы указанных блоков к ее выходу. Это снизило влияние на процесс определения нагрузочной способности искажений выходных импульсов испытуемой микросхемы 2, возникающих при подключении к ее выходу большого числа входов логических элементов, входящих в состав элементов нагрузки 5-1...5-к. При этом неискаженный управляющий сигнал в те же моменты времени и той же длительности, что и у испытуемой микросхемы 2, стал поступать на управляющие входы вольтметра 4 и коммутатора 6, а также вход элемента И 7 с выхода рабочей микросхемы 3.

Заключение

Кроме вышеописанных достоинств, преимуществами устройства по сравнению с известными являются: возможность определения нагрузочной способности микросхем в двух режимах работы не меняя состава его блоков, обеспечение автоматического режима работы и адаптивность к смене испытуемых микросхем 2 и элементов нагрузки 5-1...5-к.

Список литературы

1. Устройство для контроля и отбраковки двуханодных стабилизаторов / М.Н. Пиганов [и др.] // Сборник научных трудов SWorld. Одесса, 2013. Т. 10. № 3. С. 85–91.
2. Патент 2445640, Российская Федерация, МПК G01R 31/26. Устройство для отбраковки двуханодных стабилизаторов/ М.Н. Пиганов [и др.] // заявитель и патентообладатель: Самарский государственный аэрокосмический

- университет. № 2010140421/28. Приоритет от 01.10.2010 г. Опубликовано 20.03.2012 г. Бюллетень № 8. 8 с.
3. Тюлевин С.В., Пиганов М.Н. Методика и установка диагностического контроля полупроводниковых диодов // Сборник научных трудов по материалам международной конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований». Одесса, 2008. Т. 4. С. 62–67.
 4. Патент 2154279, Российская Федерация, МПК G01R 23/20. Устройство контроля нелинейных искажений радиоэлементов / М.Н. Пиганов [и др.] // заявитель и патентообладатель: Самарский государственный аэрокосмический университет. № 99106323/09. Приоритет от 29.03.1999 г. Опубликовано 10.08.2000 г. Бюллетень № 22.
 5. Устройство контроля стабилитронов / С.В. Тюлевин [и др.] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). 2012. № 7(38). С. 156–159.
 6. Сквозной диагностический прогнозируемый контроль фотодиодов для космической аппаратуры / С.В. Тюлевин [и др.] // XIX Всероссийская НТК по неразрушающему контролю и технической диагностике: тезисы докладов. Самара. М.: Спектр, 2011. С. 458–460.
 7. Квурт А.Я., Миндпин Н.Л. Динамический неразрушающий контроль мощных микросхем // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. 1980. Вып. 4. С. 74–79.
 8. Piganov M.N., Mishanov R.O. Technology of diagnostic for non-destructive control of the bipolar integrated circuits // 2nd International scientific symposium «Sense. Enable. SPITSE. 2015»: Symposium Proceedings. St. Petersburg. 2015. P. 38–41.
 9. Mishanov R., Piganov M. Individual forecasting of quality characteristics by an extrapolation method for the stabilitrans and the integrates circuits // The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics (CADSM 2015): Proceedings XIIIth International conference. Ukraine, Lviv. 2015. P. 242–244.
 10. Тюлевин С.В., Пиганов М.Н., Еранцева Е.С. К проблеме прогнозирования показателей качества элементов космической аппаратуры // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 1(5). С. 9–17.
 11. Apparatus diagnostic for non-destructive control chip CMOS-Type / S.V. Tyulevin [et al.] // European science and technology: materials of the VIII international research and practice conference. Germany, Munich, 2014. P. 398–401.
 12. Piganov M., Tyulevin S., Erantseva E. Individual prognosis of quality indicators of space equipment elements // The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics (CADSM 2015): Proceeding XIII international conference. Ukraine, Lviv, 2015. P. 367–371.
 13. Фролкин В.Т., Попов Л.Н. Импульсные и цифровые устройства: учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1992. 336 с.
 14. Авторское свидетельство СССР № 836606, МПК G01R 31/28. Устройство для определения нагрузочной способности дискретных схем / Ю.А. Дейкин. Приоритет от 17.07.1979 г. Опубликовано 07.06.1981 г. Бюллетень № 21.

Development of the device for definition of the integrated circuits logic gain

S.V. Tyulevin, G.P. Shopin, M.N. Piganov, R.O. Mishanov

The relevance of the logical elements and integrated circuits logic gain is substantiated. The device for definition of the integrated circuits logic gain is offered. The device contains a rectangular-pulse generator, an integrated circuit, a voltmeter, loading elements, a switch, AND gate, a comparator, a pulse meter and reference-voltage source.

Keywords: logic gain, integrated circuit, definition device.