

УДК 621.3.049.77

Методы и средства обнаружения скрытых дефектов КМОП-микросхем

И. Ю. Булаев

АО «Российские космические системы»

e-mail: bulaev.ivan@gmail.com

Аннотация. Во избежание монтажа в высоконадежную аппаратуру потенциально ненадежных изделий электронной компонентной базы (ЭКБ), содержащих внутренние скрытые дефекты, необходимо включать в программу испытаний изделий ЭКБ процедуры диагностического неразрушающего контроля (ДНК). В статье рассматриваются методические и аппаратные средства ДНК КМОП интегральных схем.

Ключевые слова: электронная компонентная база, КМОП интегральные схемы, диагностический неразрушающий контроль, критическое напряжение питания, динамические параметры

Ways and Means of CMOS Integrated Circuits Flaw Location

I. Yu. Bulaev

Joint Stock Company "Russian Space Systems"

e-mail: bulaev.ivan@gmail.com

Abstract. In order to avoid installation in highly reliable equipment weak electronic components with internal defects it is necessary to apply the procedures of diagnostic nondestructive testing (NDT). The ways and means of diagnostic nondestructive testing of CMOS integrated circuits are considered in the report.

Key words: electronic component base, CMOS integrated circuits, diagnostic nondestructive testing, very low voltage testing, dynamic parameters

Для комплектования высоконадежной аппаратуры необходимо допускать только те изделия электронной компонентной базы (ЭКБ), которым до этапа монтажа проведен полный функциональный и параметрический контроль.

Особенность проведения испытаний изделий ЭКБ в испытательных центрах заключается в том, что весь информационно-технический материал, содержащий информацию об алгоритмах функционирования и электрических параметрах изделия, сводится к техническим условиям или спецификациям. По причине отсутствия информации о внутренних блоках сложнофункциональных изделий и способах их взаимодействия между собой, несовершенства испытательного оборудования и сжатых сроков на разработку испытательных проектов иногда представляется невозможным провести полноценный функциональный контроль изделия, задействовав все возможные режимы работы каждого внутреннего блока. Ситуацию осложняет то, что степень интеграции и функциональность современных микросхем постоянно растет.

Следующая проблема — наличие скрытых дефектов внутри изделия ЭКБ. На момент проведения испытаний дефект может быть незначительным и не оказывать существенного влияния на характеристики испытуемого объекта. Таким образом, он не будет выявлен при обычном контроле электрических параметров и функционирования. Такой дефект может быть обнаружен при проведении ресурсных испытаний, если такие предусмотрены программой испытаний, однако при формировании выборки «слепым» методом вероятность попадания дефектной микросхемы на ресурсные испытания невелика.

На основании вышесказанного можно сделать заключение, что основными при проведении испытаний ЭКБ являются следующие проблемы:

- незначительная величина внутренних дефектов изделия ЭКБ на момент проведения испытаний не позволяет их выявить при обычном функциональном и параметрическом контроле;
- отсутствие подробной информации об испытуемом объекте не позволяет провести его полноценный функциональный контроль;
- предположение об идентичности изделий в пределах одной партии не всегда верно, на ре-

сурсные испытания могут попасть «не худшие» образцы.

Для решения вышеприведенных проблем в рамках проведения тестирования изделий ЭКБ необходимо проводить так называемый диагностический неразрушающий контроль (ДНК) для всех образцов из применяемой партии изделий. Условия проведения и критерии отбраковки ДНК, как правило, не описаны в документации на изделие, поэтому испытательному центру следует самостоятельно проводить исследовательские работы, результатом которых должны быть методики, позволяющие по некоторому набору измеренных информативных параметров судить о наличии или отсутствии скрытых дефектов внутри изделия.

К сожалению, многие методы ДНК, разработанные в прошлом столетии, показывают свою низкую эффективность при испытаниях современных микросхем по причине высокой степени интеграции последних. Одним из наиболее достоверных методов ДНК современных КМОП-микросхем является метод контроля изделия при пониженном напряжении питания, известный в литературе как метод *критического напряжения питания* (КНП).

Данный метод направлен на поиск паразитных сопротивлений между выводами внутренних вентилей микросхемы. Дело в том, что величины резистивных дефектов обычно имеют порядок сотен кОм и более, в то время как выходные сопротивления внутренних транзисторов микросхемы обычно не превышают единиц кОм. Такие дефекты не оказывают заметного влияния на работу микросхемы, однако в дальнейшем могут привести к выходу микросхемы из строя. При понижении напряжения питания выходные сопротивления транзисторов увеличиваются, а сопротивления дефектов остаются неизменными. Таким образом, сопротивления транзисторов становятся сравнимы с сопротивлениями дефектов, что в значительной степени скажется на быстродействии микросхемы.

Существуют два основных подхода к методу КНП. Первый заключается в определении минимального напряжения питания, при котором изделие еще функционирует без сбоев. Микросхемы, имеющие более высокие значения минимального напряжения питания, по сравнению с другими образцами из той же партии, являются менее надежными [1].

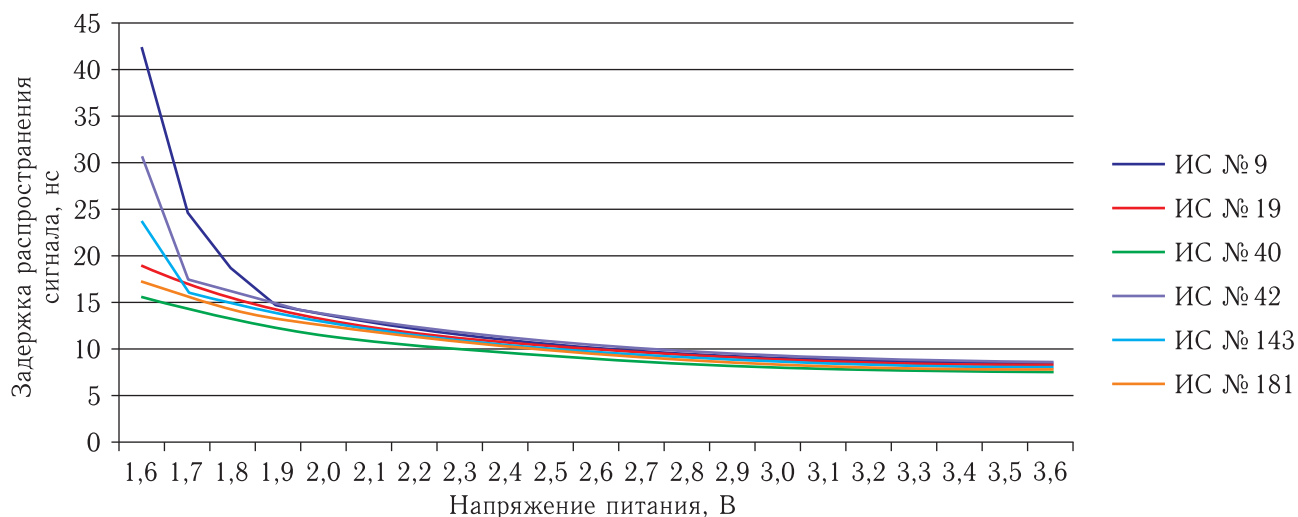


Рис. 1. Зависимость задержки распространения сигнала от напряжения питания микросхемы

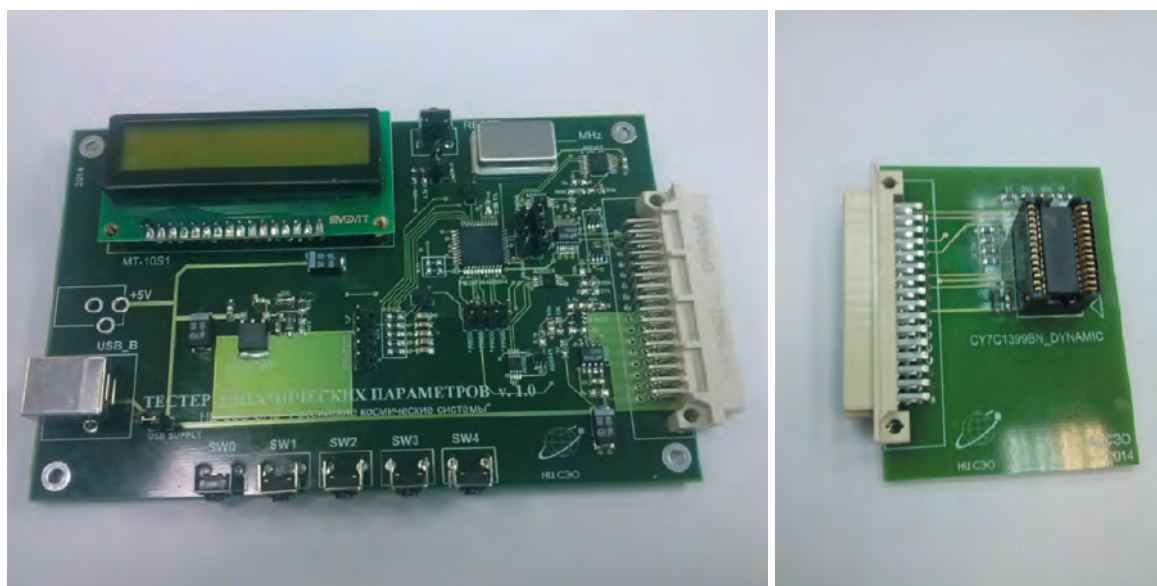


Рис. 2. Тестер динамических параметров и испытательная оснастка

Второй подход заключается в измерении динамических параметров микросхемы при пониженном напряжении питания. Микросхемы с худшими динамическими параметрами наименее надежны. Понижение напряжения питания дает возможность сравнить микросхемы одной партии по их динамическим параметрам. На рис. 1 приведена зависимость задержки распространения сигнала от напряжения питания микросхемы. Видно, что при напряжении питания близком к номинальному (3,3 В) из-за погрешности измерительного

оборудования динамические параметры нескольких микросхем кажутся одинаковыми. Однако при снижении напряжения питания ниже 2 В различия в динамических параметрах становятся хорошо заметны. Для автоматизированного измерения динамических параметров был разработан тестер, позволяющий измерять наносекундные временные интервалы между логическими сигналами [2]. Внешний вид опытного образца тестера и пример испытательной оснастки приведены на рис. 2.

Достоверность метода КНП подтверждается проведением ресурсных испытаний исследуемых партий микросхем.

и минимизации затрат на ЭКБ, т.к. провести рекламационные мероприятия по результатам ДНК невозможно и заказчик испытаний несет финансовые потери.

Заключение

В статье приводится необходимость проведения ДНК, показана малая эффективность популярных методов ДНК, подробно рассматривается метод критического напряжения питания. Общей проблемой всех методов ДНК является процедура выработки критериев отбраковки по результатам проведенных испытаний. Испытательные центры сталкиваются с необходимостью поиска компромисса при принятии решения в пользу ужесточения критериев и повышения надежности аппаратуры или в пользу смягчения критериев

Список литературы

1. Булаев И.Ю. Диагностический неразрушающий контроль ЭКБ. Вариации метода критического напряжения питания // Материалы XII научно-технической конференции «Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА». М.: ОАО «НПП «Пульсар», 2013. С. 256–259.
2. Булаев И.Ю. К вопросу измерения событий малой длительности // Материалы XIII научно-технической конференции «Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА». М.: ОАО «НПП «Пульсар», 2014. С. 79–82.