

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ: ДОСТИЖЕНИЯ, ВОЗМОЖНОСТИ ИННОВАЦИЙ

---

УДК 621.396

Номоконова Наталья Николаевна, Гаврилов Владимир Юрьевич,  
Пивоваров Дмитрий Сергеевич

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Владивосток, Россия*

## Центр новых технологий и направлений его исследований

*Формулируются особенности прогнозирующего контроля современных микроэлектронных устройств.*

**Ключевые слова и словосочетания:** *информативные параметры, критические питающие напряжения, контроль технических свойств.*

Вот уже второе десятилетие кафедра электроники Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) проводит совместные научно-исследовательские работы в рамках договора о сотрудничестве с инженерной фирмой «Нивелир и Ко». Фирма была основана в 1995 г. и с этого времени стремилась разрабатывать радиоэлектронные устройства (РЭА) с применением самой современной элементной базы и самых современных технологий. В 2005 году фирмой закуплено оборудование для монтажа на поверхность производства фирмы Vokar (США). После запуска оборудования фирма получила возможность вести мелкосерийное производство, по объемам продукции соответствующее мощности среднего цеха приборостроительного завода.

В число продукции «Нивелир и Ко» входят системы ответственного применения, например:

- пеленгатор «Шедар-8» и ряд гидроакустических буев;
- система радиуправления светофорами. В дополнение к системе радиуправления светофорами идет внедрение во Владивостоке и Артеме системы управления уличным освещением и дистанционного контроля энергопотребления;
- ультралинейные усилители мощности для передатчиков COFDM сигналов;
- связная аппаратура для радиогидроакустических комплексов;

- новые радиомодемы, входящие в состав контроллеров светофоров «Блик-ДК». Система «Блик» внедрена во Владивостоке;
- система охранной радиосигнализации «Квадрат», основанная на технологиях GPS определения координат подвижных объектов.

Основной задачей нашего сотрудничества является внедрение на Дальнем Востоке РФ современных методов управления производством и качеством РЭУ.

Одно из направлений исследований – контроль технического состояния полупроводниковых интегральных электронных схем (ИС) и по результатам контроля выбор из них самых высоконадежных. Указанные задачи успешно решаются в созданном совместном Центре новых технологий (ЦНТ).

Дело в том, что, несмотря на применение современных технологий при изготовлении ИС, разработку различных систем выходного контроля качества, отказы этих устройств (как отечественного, так и зарубежного производства) продолжают. Отметим, что многие из этих ИС являются комплектующими элементами РЭУ ответственного применения. Сбой в подобных системах может привести к непоправимым последствиям техногенного характера. Поэтому к указанным комплектующим элементам предъявляются повышенные требования по надежности.

Переход на современные методы сборки, например, монтаж на поверхность (SMT – Surface Mount Technology), обеспечивает высокое качество продукции и конкурентоспособность РЭА. Под высоким качеством понимается обеспечение долговременного безотказного функционирования ИС в экстремальных эксплуатационных условиях в составе систем ответственного применения, когда техническое обслуживание затруднено. Высокое качество обеспечивается в результате проведения входного контроля с использованием самых современных подходов к нему.

Вопросы управления качеством продукции решаются в ЦНТ с использованием созданного на кафедре электроники ВГУЭС программно-аппаратного комплекса контроля качества ИС. Речь идет о методе контроля, ядром которого является многоуровневая модель информативных параметров (ИП) и в котором в качестве ИП первого уровня выступают критические питающие напряжения ( $E_{кр}$ ), а последующих уровней – их зависимости от режимов измерений, внешних воздействий, а также особенности этих зависимостей (линейность/нелинейность, скорость изменения, характеристики гистерезиса). ИП второго уровня формируется на основе выполнения условия об обеспечении ослабления «отрицательных» свойств ИП первого уровня, чем определяется повышение информативности метода относительно технических свойств контролируемого устройства. При тестировании ИС используются сами «отрицательные» свойства в качестве ИП. Например,  $E_{кр}$  зависят от частоты тестовых воздействий и от электри-

ческих режимов. При этом в качестве ИП второго уровня выбирался характер зависимости ИП первого уровня от частоты  $E_{кр}(f)$  [1, 2].

Многочисленные эксперименты с устройствами цифрового и аналогового типов (например, 74НС4051, 74НС4052, 74НС139, 74НС139, КМОП коммутаторов Analog Devices ADG419, цифровых потенциометров AD8400) показали, что  $E_{кр}$  являются информативными относительно таких скрытых дефектов, как токи утечки, нестабильность пороговых напряжений, задержка распространения сигнала.

В ходе последних исследований были протестированы несколько партий ИС таймеров NE555P и ИС операционных усилителей КФ140УД7. На основе полученных данных для дальнейшего анализа строятся графики зависимостей  $E_{кр}(f)$ . Для построения графиков выбираются две микросхемы с минимальным запасом по  $E_{кр}$  в области низких частот и две – с максимальным запасом. На рисунке 1 представлен график для одной из партий протестированных ИС.

Для тех предприятий, где планируется применять данный метод, предлагается упрощенный двухчастотный способ тестирования ИС. Выбор двух частот для тестирования предваряется определением переломной частоты ( $f_n$ ). Эта частота определяется из графиков зависимостей  $E_{кр}(f)$ , снятых для установочной партии ИС. Переломная частота – это та точка на графике, после которой следует резкий спад запаса по  $E_{кр}$  у наименее быстродействующей ИС из партии. В зависимости от объема установочной партии первая и вторая частоты тестирования должны выбираться с некоторым запасом, учитывающим, что реальный разброс параметров ИС несколько выше разброса, зафиксированного в выборке. Объемы выборок для исследованных ИС довольно малы, и первая частота берется с большим запасом вниз:  $f_1 < 0,8f_n$ . Вторая частота тестирования должна находиться в диапазоне  $f_n < f_2 < 1,33f_n$ . Множитель к максимуму  $f_2$  составляет в данном случае 1,33 и берется из анализа  $E_{кр}(f)$  для выборки из соображения, чтобы на максимально возможной частоте тестирования ИС с минимальным быстродействием продолжали работать с нулевым запасом по  $E_{кр}$ .

Дальнейшие исследования характеристик  $E_{кр}(f)$  как информативного параметра должны быть направлены на уточнение величин запасов по частотам тестирования в зависимости от объемов выборки ИС (рис. 1).

Вышеприведенный подход к контролю применим для выбора высоконадежных полупроводниковых интегральных микроэлектронных устройств по значениям ИП, в которых отражаются индивидуальные характеристики технического состояния последних. Определение длительного безотказного функционирования указанных устройств в эксплуатационных условиях является сложной проблемой, поскольку их качество закладывается на этапах разработки схмотехнического решения и материализуется на этапе производства. Общего решения данной весьма актуальной

проблемы пока не найдено, однако поэтапный контроль материалов, технологических режимов, выходной и входной контроль готовой продукции часто дают высокие результаты в прогнозировании надежного функционирования устройств.

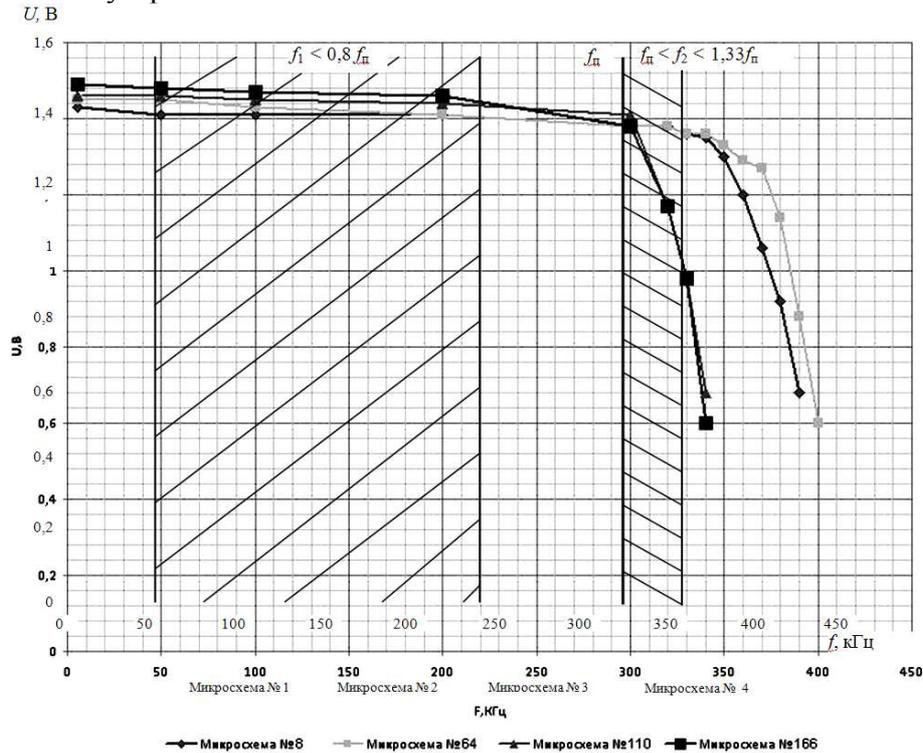


Рис. 1. Зависимость критических питающих напряжений от частоты тестирования интегральных схем

Данный метод контроля является не только индивидуальным, но и неразрушающим объекты контроля, что крайне важно, т.к. отобранные высоконадежные ИС устанавливаются в изделия ответственного применения, в том числе в те, которые разрабатываются фирмой «Нивелир и Ко».

1. Номоконова Н.Н. Контроль микроэлектронных устройств методом критических питающих напряжений / Н.Н. Номоконова, В.Ю. Гаврилов, Н.А. Алмина // Информатика и системы управления. – 2010. – № 1(23). – С. 115 –120.

2. Номоконова Н.Н. Особенности контроля технического состояния программируемых больших интегральных схем / Н.Н. Номоконова, В.Ю. Гаврилов, Д.С. Пивоваров // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 1(25). Ч. 1. – С. 15 – 18.