

**Абдуллаев Миржамол Миркамилович**  
*ассистент,*  
*Ташкентский университет информационных технологий*  
**Abdullayev M. M.**  
*assistant,*  
*Tashkent University of Information Technologies*

**Балтаев Жушкин Балтабоевич**  
*ассистент,*  
*Ташкентский университет информационных технологий*  
**Baltayev J. B.**  
*assistant,*  
*Tashkent University of Information Technologies*

**Ўлмасхўжаев Зоирхўжа Аббос ўғли**  
*студент,*  
*Ташкентский университет информационных технологий*  
**Ulmasxujaev Z. A.**  
*student,*  
*Tashkent University of Information Technologies*

## **АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕИСПРАВНОСТИ И ДИАГНОСТИКИ МНГОВЫХОДНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ МНОГОКАНАЛЬНЫМ СИГНАТУРНЫМ АНАЛИЗАТОРОМ**

### **ANALYSIS OF MODEL OF FAULT AND DIAGNOSIS OF MULTI OUTPUT DIGITAL DEVICES WITH MULTICHANNEL SIGNATURE ANALYZER**

**Аннотация.** В статье рассматриваются модели неисправности и подходы к использованию многоканального сигнатурного анализа для диагностики многовыходных микропроцессорных устройств. Приведены принципы анализа технических данных микропроцессорных устройств и методика диагностики необходимая для поиска и локализации неисправности. Показано, что достоверность работы микропроцессорных устройств, определяется, методами диагностики, которые используются для проверки работоспособности аппаратуры и нахождения неисправностей.

**Ключевые слова:** микропроцессор, диагностика, анализатор.

**Summary.** Failure models and multichannel signature analysis use approaches for multi output digital devices diagnostics are considered in this article. Principles of digital devices, technical data analyses and diagnostics methodology necessary for search failure localization are given. It has been shown that the authenticity of digital devices operation is defined by the diagnostics methods which are used for equipment availability and failure identification.

**Key words:** microprocessor, diagnostics, analyzer.

Переход к широкому использованию микропроцессорных комплектов (МПК) в современной аппаратуре передачи данных создал ряд серьёзных проблем, связанных с процессами диагностики.

Современная АПД имеет широкую номенклатуру цифровых плат, использующих различную элементную базу. Широкое использование БИС, СБИС и МПК в АПД создало вместе с бесспорными преимуществами и ряд серьёзных проблем в их эксплуатационном обслуживании, связанных в первую очередь с процессами контроля и диагностики неисправностей. [1–3]

Повышение технических и эксплуатационных характеристик сложной АПД на базе БИС СБИС и МПК неразрывно связано с разработкой методики и методов диагностики с необходимостью анализа многовыходных микропроцессорных устройств сигнатур.

С целью диагностики микропроцессорных устройств и создания базы диагностических данных должны быть рассмотрены:

- анализ технических данных и эталонных сигнатур заданных типов микропроцессорных устройств АПД как объекта диагностики для средств сигнатурного анализа;
- анализ методов расчета эталонных сигнатур в микропроцессорных устройствах.

Для этого должен проводиться анализ технических данных, необходимых при диагностике микропроцессорных устройств:

- 1) сведений о топологической модели схемы микропроцессорных устройств;
- 2) чисел типа наименований микропроцессорных устройств и их типы, серии и число БИС и МПК;
- 3) типов и числа разъёмов, число контактов разъёмов в различных типах микропроцессорных устройств;
- 4) сведений о типах БИС и МПК и их эталонных сигнатурах, необходимых при их замене и для организации входного контроля;
- 5) сведений о проверяемых микропроцессорных устройствах и их эталонных сигнатурах непосредственно на контактах разъёмов;
- 6) алгоритмы для поиска и локализаций места неисправности в микропроцессорных устройствах

Существующие на данный момент системы функционального тестирования обладают недостаточными технико-экономическими показателями, что обусловлено следующими причинами: большой трудоёмкостью процесса уточнения места возникновения дефекта, не менее 80% времени, затрачиваемого на восстановление сложной системы на этапе эксплуатации, даже при условии, что поиск неисправности осу-

ществляется с участием разработчика системы, особенно при кратных и нелогических неисправностях.

Известно, что любой метод тестирования микропроцессорных устройств базируется на той или иной модели неисправности, и в соответствии с этой моделью каждый метод ориентирован на поиск конкретных неисправностей. Необходимо отметить, что как распределение неисправности, так и физическая природа вызывающих их дефектов в значительной степени имеют индивидуальный характер, присущий конкретному виду микропроцессорного устройства.

Существуют различные математические модели дефектов и неисправностей, которые с разной степенью точности описывают этот процесс [2–5].

В виду редкости появления событий в виде отказов ординарный поток отказов во времени без последствия описывается законом Пуассона:

$$P_m = ((\lambda \Delta t)^m / m!) * e^{-\lambda \Delta t}, \quad (1)$$

где  $m$  – число появляющихся отказов за отрезок времени  $\Delta t$  с интенсивностью  $\lambda$ .

Вероятность отсутствия отказа за время  $\Delta t$  равно:

$$P_m = e^{-\lambda \Delta t}. \quad (2)$$

Время безотказной работы в случае внезапных отказов элементов распределяется по экспоненциальному закону с плотностью вероятности  $f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$ , где  $\lambda$  – интенсивность внезапных отказов.

Распределение времени безотказной работы по постепенным отказам:

$$f(t) = C_1 * (1 / \sigma \sqrt{2\pi}) * e^{-(t-T_0^2)/(2\sigma^2)}, \quad (3)$$

где  $T_0$  – среднее время безотказной работы.

Распределение времени безотказной работы по двум видам объектов:

$$f(t) = C_1 * (1 / \sigma \sqrt{2\pi}) \exp[-(t - T_0^2) / (2\sigma^2)] + C_2 \lambda \exp(-\lambda t) \quad (4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – нормирующие коэффициенты.

Время безотказной работы для некоторых элементов подчиняется закону распределения Вейбулла:

$$f(t) = (K / t_0) * t^{k-1} \exp(-t^k / t_0), \quad (5)$$

где  $K$  и  $t_0$  – параметры распределения.

Для экспоненциального закона безотказной работы среднее время безотказной работы равно:  $P(t) = e^{-T/T_0}$ ;

$$T_{cp} = T_0 [1 - P(T)]. \quad (6)$$

Среднее время восстановления для экспоненциального закона:

$$\tau_e = 1 / \mu, \quad (7)$$

где  $\mu$  – интенсивность восстановления системы.

Обнаружение и поиск дефектов являются процессами определения технического состояния объекта. Таким образом, задачами диагностирования являются задачи проверки исправности, работоспособности и правильности функционирования АПД, а также

задачи поиска дефектов, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования. Строгая постановка этих задач предполагает, во-первых, прямое или косвенное задание класса возможных дефектов и, во-вторых, наличие формализованных методов построения алгоритмов диагностирования, реализация которых обеспечивает обнаружение дефектов из заданного класса с требуемой полнотой или поиск последних с требуемой глубиной.

Исследования показывают, что наиболее характерными неисправностями микропроцессорных устройств АПД являются [2, 3]:

- короткие замыкания печатных проводников – 34%;
- обрывы печатных проводников – 27%;
- неправильная ориентация – 15%;
- пропущенные и ошибочно установленные элементы – 17%;
- дефектные элементы – 5%, а прочие дефекты – 2%.

В этой связи одним из эффективных путей улучшения эксплуатационно – технических характеристик АПД является повышение интенсивности ремонтно – восстановительных работ на базе перспективных методов и технических средств контроля и диагностики микропроцессорных устройств.

Из множества направлений диагностики выделяется современное комбинированное тестово-функциональное диагностирование, при котором на средства функциональной диагностики возлагают задачу только оперативного обнаружения факта неисправности, а поиск неисправного компонента осуществляется с помощью средств тестовой диагностики. В условиях эксплуатации АПД, последовательность контроля диагностики неисправностей следующая: АПД, блок (субблок), технический элемент замены (ТЭЗ), отдельные интегральные схемы и электрорадиоэлементы.

Одним их мощных внешних средств диагностики микропроцессорных систем является сигнатурный анализатор (СА) [1,5]. Принцип действия СА основан на методе сигнатурного анализа, т.е. сжатие длинных последовательностей в 4-х значные 16-ричные сигнатуры. Физически данный метод реализуется на линейном сдвиговом регистре с обратными связями, сигналы которых суммируются по модулю 2 с входной последовательностью.

Проблема анализа многовыходных микропроцессорных устройств и процесс их тестирования заключается в определении возникновения неисправности схемы по её выходным реакциям. Отличительной особенностью подобного анализа является необходимость исследования достаточно большого количества выходных реакций, поэтому использование традиционных методов компактного тестирования, применяемых для одновыходных цифровых схем, в данном слу-

чае не позволяет получить желаемого эффекта. Анализ  $n$  – выходной цифровой схемы одноканальным сигнатурным анализатором (СА) приводит к увеличению в  $n$  раз времени, необходимого для анализа схемы, или оборудования, требуемого для реализации  $n$  сигнатурных анализаторов. Поэтому на практике чаще всего используют многоканальный сигнатурный анализатор. (МСА) Сигнатура многоканального сигнатурного анализатора  $S(y)$  однозначно определяется количеством выходов  $n$  исследуемой схемы. Поэтому с увеличением  $n$  сложность устройства сжатия и количество бит, используемых для представления сигнатуры  $S(y)$ , принимает практически недопустимые размеры.

Многоканальный сигнатурный анализаторы позволяют существенно ускорить процедуру контроля цифровых схем, которая практически увеличивается в  $n$  раз, где  $n$  – количество входов применяемого анализатора. В случае совпадения реально полученной сигнатуры с её эталонным значением считается, что с достаточно высокой вероятностью проверяемая цифровая схема находится в исправном состоянии. На этом процедура её исследования оканчивается. В противном случае, когда схема содержит неисправности, реальная сигнатура, как правило, отличается от эталонной, что служит основным аргументом для принятия гипотезы о неисправном состоянии схемы. В тоже время вид полученной сигнатуры не несёт никакой дополнительной информации о характере возникшей неисправности. Более того, остаётся открытым вопрос о том, какие из  $n$  анализируемых последовательностей, инициирующих реальную сигнатуру, содержат ошибки, т.е. возникает задача локализации неисправности с точностью до последовательности, несущей информацию о её присутствии.

Учитывая эквивалентность функционирования  $n$  – канального сигнатурного анализатора и соответствующего ему одноканального анализатора относительно результата сжатия  $n$  входных последовательностей  $y_v(k) \in \{0,1\}$ ,  $v = \overline{1,n}$ , можно оценить достоверность МСА, используя результаты, полученные для одноканального сигнатурного анализатора. Действительно, в случае применения примитивного полинома  $\phi(x)$  вероятность не обнаружения ошибок в последовательностях  $\{y_v(k)\}$ ,  $v = \overline{1,n}$  многоканальным сигнатурным анализатором для  $nl = 2^m - 1$ , где  $m$  – старшая степень порождающего полинома, будет определяться соотношением:

$$P_n = \frac{2^{nl-m} - 1}{2^{nl} - 1} \approx \frac{1}{2^m}.$$

Это соотношение справедливо для любого соотношения  $n$  и  $l$ , произведение которых равно  $2^m - 1$ . Приведённая интегральная характеристика эффективно-

сти МСА, также как и характеристика одноканального сигнатурного анализатора, является достаточно приближенной оценкой, справедливой для общих допущений. Более полной характеристикой МСА будет распределение вероятностей  $P_n^\mu$  не обнаружения возникшей ошибки кратности  $\mu$  в анализируемых последовательностях  $\{y_v(k)\}$ . При этом численное значение указанных вероятностей, как и в случае одноканального анализатора, определяется выражениями:

$$P_n^\mu = \frac{1}{2^m - \mu} [1 - P_n^{\mu-1} - (\mu - 1)P_n^{\mu-2}],$$

$$\mu = \overline{3, 2^m - 1} P_n^\mu = \frac{1}{2^m - \mu} [1 - P_n^{\mu-1} - (\mu - 1)P_n^{\mu-2}],$$

$$\mu = \overline{3, 2^m - 1}$$

Таким образом, широкие возможности средств МСА при поиске и локализации неисправностей обеспечивают значительное сокращение времени проведения ремонтно-восстановительных работ многовыходных микропроцессорных устройств и снижение требований к уровню квалификации ремонтного персонала.

В этой связи обобщенная методика поиска и локализации неисправностей в микропроцессорных устройствах с помощью средства сигнатурного анализа состоит в следующем:

1) определить сигнатуры на выходах, если они не отличаются от эталонных, то устройство исправно,

в противном случае, по логике работы схемы определяется сигнатура в следующей контрольной точке;

2) считается, что элемент неисправен, если сигнатуры на входах его верны, а хотя бы одна выходная — нет;

3) устраняются причины неисправности и заменяются неисправные элементы;

4) процесс диагностирования продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто равенство реальных и эталонных сигнатур.

#### Выводы

1. Анализ характеристик существующих средств контроля и диагностики показал, что практически единственным для применения в условиях эксплуатации является методы и средства сигнатурного анализа.

2. Метод диагностики будет адекватен микропроцессорным устройству, для которого он используется, именно в той мере, в какой адекватна принятая за основу модель неисправностей в этом устройстве. В целях научно обоснованного выбора методов диагностики, проведен анализ математических моделей отказов цифровых схем.

3. Стоимость и время, необходимые для реализации тестового диагностирования многовыходных микропроцессорных устройств, растут быстрее, чем сложность цифровых схем, для которых он используется.

#### Литература

1. Арипов М. Н. Джураев Р. Х., Джаббаров Ш. Ю. Техническая диагностика цифровых систем. Учебное пособие / Ташкент. — 2006.
2. Джаббаров. Ш.Ю ТошДТУ хабарлари «Принципы диагностики цифровых устройств средствами сигнатурного анализа» № 2. 2006.