

Сазонов С.Н.

## РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Статья посвящена проблеме разработки программного обеспечения для систем неразрушающего контроля, использующих новые диагностические технологии. Разработка прикладных программ, управляющих такими системами, создает существенные затруднения для проекта в целом. Программный пакет LabVIEW компании National Instruments позволяет существенно упростить процесс программирования этих систем и уменьшить время на их разработку. Рассмотрен пример использования LabVIEW для разработки управляющей программы несколькими каналами АЦП, а также предложен общий подход по созданию программной оболочки универсального программатора.*

**Ключевые слова:** Автоматизированные системы; использование LabVIEW; неразрушающий контроль

Sazonov S.N.

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR NON-DESTRUCTIVE CONTROL SYSTEMS, USED THE NEW DIAGNOSTIC TECHNOLOGY

*The article is devoted to the problem of software development for non-destructive control systems, used the new diagnostic technology. The development of the applied programs operating such systems creates essential difficulties for the project on the whole. LabVIEW software package of the company National Instruments allows to simplify essentially the process of programming these systems and reducing time for their development. The example of use LabVIEW for the development of control program by several channels of ADC is considered, as well as the general approach of making software shell of a universal programmer is suggested.*

**Keywords:** Automated systems; use LabVIEW; non-destructive control

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время средства неразрушающего контроля (НК) используют как для исследования свойств и целостности изделий путем обнаружения дефектов, так и для их технической диагностики (ТД) с возможностью предсказания остаточного ресурса их работы.

Причиной многих техногенных аварий и катастроф, число которых во всем мире ежегодно возрастает, является отсутствие современной комплексной диагностики, позволяющей в режиме реального времени отслеживать процессы эксплуатации сложных технических объектов [1].

Комплексная диагностика предполагает обработку больших массивов информации, поэтому при контроле многих изделий все шире внедряются автоматизированные системы НК и ТД. Достоверность обнаружения дефектов существенно зависит от чувствительности и разрешающей способности измерительных каналов и преобразователей. При этом регистрация эффектов взаимодействия только одной природы не обеспечивает тре-

буемой достоверности. Развитие НК и ТД происходит по четырем направлениям [2]:

- 1) интеллектуализация методов и средств НК и ТД;
- 2) разработка единой системы контроля технических объектов;
- 3) совершенствование диагностических технологий;
- 4) организационное обеспечение НК и ТД.

Вопросы первого и третьего направлений развития НК и ТД рассматриваются в данной статье. В данное время интеллектуализация систем НК и ТД осуществляется в нашей стране недостаточно. Это связано с тем, что разработка таких систем (особенно с использованием новых диагностических технологий), в существенной мере зависит от специалистов по программированию этих систем, которых либо недостаточно, либо при их взаимодействии со специалистами по НК и ТД отсутствует единое понимание задачи.

На нижнем уровне таких систем с помощью промышленных контроллеров осуществляется

сбор первичной информации с датчиков и её предварительная обработка. На верхнем уровне на основе SCADA-систем решают задачи визуализации информативных характеристик объектов диагностирования с обработкой информации в режиме реального времени и подготовкой отчетов.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выходом из положения в этом случае является применение нестандартного подхода при разработке их программного обеспечения. Суть такого подхода заключается в том, что до минимума сокращаются задачи, решаемые классическим программированием на языках ассемблера и «С», а основные задачи решаются с помощью средства программирования, нетрудном в освоении для специалиста НК и ТД с инженерным образованием.

Поэтому целью данной статьи является анализ аспектов нестандартного подхода к разработке программного обеспечения новых систем НК и ТД на примерах разработки управляющих программ для этих систем. Предполагается, что разрабатываемые системы используют новые диагностические технологии, ранее не опробованные для решения задач технической диагностики.

Рассмотрим вначале характерные особенности известных и наиболее востребованных ультразвуковых методов НК и ТД. Их слабым местом является применение импульсного возмущающего воздействия в виде близком к обобщенной функции Дирака, интегральное представление которой имеет вид:

$$I(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega t} d\omega.$$

Частотный спектр такой функции широкополосный, поэтому определение спектра возмущения на входе и выходе объекта диагностирования (ОД) с приемлемой погрешностью – технически весьма сложная задача. В связи с этим в известных ультразвуковых системах НК и ТД спектр возмущения на входе и выходе ОД не фиксируется, а определяется время прохождения сигнала до препятствия (дефекта или границы детали). Это позволяет оценить только глубину залегания дефекта без определения его свойств, например, его вида и значимости для конкретной детали.

Более широкие возможности для анализа вида и значимости дефектов появляются при фиксации спектра передаточных характеристик ОД или первых двух производных этих характеристик. Такие методы уже с успехом приме-

няются для диагностики полупроводниковых изделий [3], [4].

Весьма характерно, что при разработке таких систем временные затраты на составление полной функциональной схемы измерения и обработки сигналов датчиков не превышают нескольких дней, но когда встает вопрос их программирования – этот процесс затягивается на многие месяцы.

Технические трудности по определению спектра сигналов снимаются применением нестандартного для ультразвуковых методов НК и ТД возмущения в виде радиочастотных импульсов, высокочастотное заполнение которых содержит балансно-модулированный сигнал (автором получено решение о выдаче патента на данный способ [5]). Поясним кратко суть этого способа.

Принцип возбуждения колебаний в ОД основан на использовании закона Ампера. На ОД, по которому протекают импульсы тока высокой частоты  $\omega$ :

$$I = I_{\omega} \cos(\omega t + \varphi_{\omega}),$$

и которое находится в магнитном поле, действует сила Ампера:

$$dF = B I d\ell \sin \alpha.$$

Учитывая связь индукции магнитного поля  $B$  с силой тока низкой частоты  $\Omega$ :  $B = \mu\mu_0 n I$ , и подставляя оба выражения в закон Ампера, получаем величину силы Ампера, действующей на малый участок  $d\ell$  ОД, которая изменяется во времени по закону:

$$dF = I_{\omega} B_{\Omega} d\ell \sin \alpha \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) \cos(\Omega t + \varphi_{\Omega}),$$

возбуждая в ОД первичные ультразвуковые волны (возмущающее воздействие). Эти волны, распространяясь по ОД и взаимодействуя с дефектами, порождают вторичные волны на комбинационных частотах за счет нелинейности среды ОД, содержащего дефекты.

С помощью пьезоэлектрического преобразователя выделяется сигнал отклик на разностной частоте, амплитуда и фаза которого отражают нелинейные акустические эффекты, вызванные наличием дефектов в ОД.

Разработку управляющих программ системы НК и ТД по описанному способу можно осуществить с помощью программного пакета LabVIEW компании National Instruments совместно с операционной системой Linux.

В пакете LabVIEW используется графический язык программирования «G», который оперирует знакомыми каждому инженеру понятиями: функциональный блок, соединение, диа-

грамма и т.п. В итоге появляется возможность быстро и наглядно решать достаточно сложные задачи программирования, не углубляясь в языки ассемблера и «С».

По оценкам специалистов у разработчиков программ на LabVIEW сроки программирования сокращаются в 5-7 раз, при этом имеется возможность компилировать графические блок-диаграммы непосредственно в машинный код, обеспечивая высокую скорость выполнения программ.

Рассмотрим задачу разработки управляющих программ для автоматизированной системы НК, использующей новую технологию по описанному выше способу. Такая система должна содержать следующие составные части:

- блок формирования тестового сигнала;
- измерительные преобразователи (датчики);
- каналы аналогово-цифровых преобразователей (АЦП);
- блок управления и обработки сигнала отклика.

Основной задачей блока формирования тестового сигнала является получение возмущающего воздействия определенного вида в зависимости от того, какую диагностическую технологию предполагается применять.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Рассмотрим в качестве примера основные этапы разработки управляющей программы, предназначенной для управления работой несколькими каналами АЦП, с реализацией отображения информации средствами пакета LabVIEW.

Все разрабатываемые программы в пакете LabVIEW называются виртуальными приборами (ВП). Разработка ВП начинается с его лицевой панели, которая должна обеспечить воз-

Измерительные преобразователи должны преобразовывать электрический сигнал в тестовое воздействие и обратно, поскольку практически всегда обрабатываются параметры сигнала отклика электрического сигнала.

Каждый канал АЦП осуществляет конверсию аналогового электрического сигнала в цифровую форму, удобную для дальнейшей работы блока управления и обработки сигнала отклика. Кроме управления процессом измерения этот блок предназначен для анализа выходного сигнала отклика с интерпретацией результатов в визуальной форме.

Блок управления можно реализовать либо на микроконтроллере, либо на персональном компьютере. Второй вариант предпочтительнее для систем НК и ТД, использующих новые диагностические технологии, поскольку позволяет быстро изменять как управляющие программы, так и программы обработки.

Пакет LabVIEW позволяет управлять формированием тестового сигнала, работой электрофизических преобразователей, работой каналов АЦП, анализировать и интерпретировать результаты в удобной визуальной форме.

можность управления прибором и визуальное отображение измерительной информации.

Вариант лицевой панели ВП для управления каналами АЦП показан на рисунке 1. Верхний ряд окон лицевой панели отображает установки АЦП.

Окно «Диапазон» предназначено для выбора диапазона измеряемого сигнала в вольтах (обычно этих диапазонов работы не менее 4-5). При этом изменяется коэффициент усиления

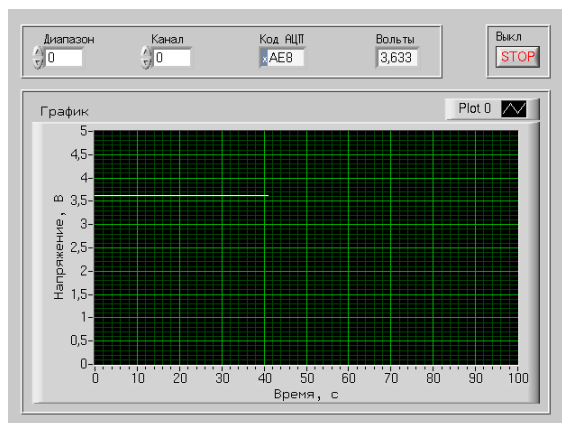


Рис.1. Лицевая панель ВП, предназначенного для управления каналами АЦП

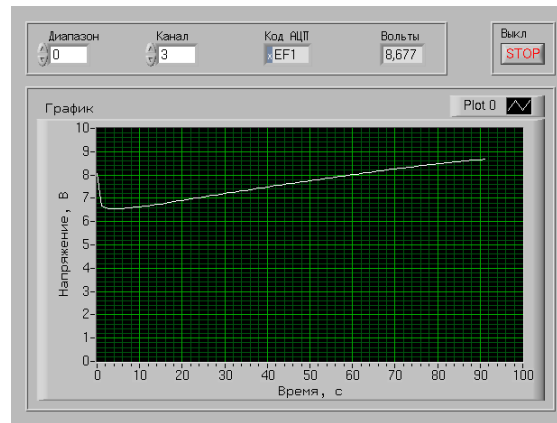


Рис.2. Переходные процессы, вызванные переключением на канал с высоким импедансом

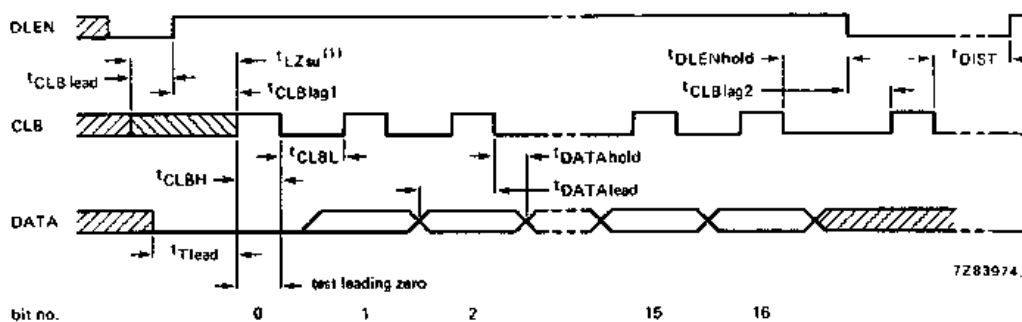


Рис.3. Временная диаграмма работы шины управления СЧ SAA1057

входного усилителя АЦП по напряжению.

Следующее окно «Канал» позволяет выбирать отображаемый канал АЦП и менять его при необходимости контроля измерений по другим каналам.

Окно «Код АЦП» показывает величину измеряемого напряжения на выходе АЦП для заданного канала в шестнадцатеричном формате, а окно «Вольты» – эту же величину в десятичном формате.

Зависимость напряжения выбранного канала АЦП от времени представлена в окне «График» (на рисунке 1 показан пример измерения напряжения аккумулятора, используемого для калибровки каналов АЦП).

При переключении ВП на канал измерения с высоким импедансом, необходимо учитывать переходные процессы, чтобы получить достоверный результат. Рисунок 2 демонстрирует переходные процессы, вызванные переключением на канал №3 с высоким импедансом.

Кнопка «Выкл» предназначена для остановки процесса измерения напряжения какого-либо канала и используется для выбора нового канала измерения, другого диапазона работы АЦП, а также изменения масштаба по осям абсцисс и ординат осциллограммы «График».

При разработке лицевой панели соответ-

ствующие элементы в виде терминалов автоматически появляются на блок-диаграмме, которая представляет собой блочную структуру разрабатываемой управляющей программы.

Полная структура программы управления работой нескольких каналов АЦП для платы сбора данных PCI-1002L компании ICP DAS приведена в [6]. Данная плата поставляется с драйверами устройства как для Windows, так и для Linux. Однако библиотечные модули для пакета LabVIEW поставляются только под Windows. Поэтому при разработке данной программы использованы библиотечные модули, разработанные автором данной статьи [7].

Рассмотрим также общий подход по созданию программной оболочки универсального программатора с помощью пакета LabVIEW на примере программирования синтезатора частоты (СЧ) SAA1057, временная диаграмма работы трехпроводной шины управления которого приведена на рисунке 3.

Установка высокого уровня сигнала OLEN активирует микросхему СЧ SAA1057 для дальнейшей возможности его программирования.

Сигнал CLB предназначен для тактирования процесса записи данных, управляющее слово которых DATA записывается в память СЧ.



Рис.4. Фрагмент лицевой панели программатора СЧ

Фрагмент лицевой панели ВП, предназначенного для программирования СЧ SAA1057, показан на рисунке 4.

При построении лицевой панели ВП программатора СЧ для наглядности процесса программирования использован массив индикаторов булевского типа. Включенные (светлые) индикаторы имитируют логическую единицу, выключенные (темные) – логический ноль, а серые индикаторы не задействованы.

### **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

Проблема разработки управляющих программ для систем неразрушающего контроля, использующих новые диагностические технологии, может быть успешно решена с помощью программного пакета LabVIEW компании National Instruments, который позволяет значительно упростить процесс программирования этих систем и существенно уменьшить время на их разработку.

Рассмотренные примеры использования LabVIEW при составлении программ управления работой несколькими измерительными каналами АЦП и общий подход по созданию программной оболочки универсального программатора могут быть использованы при разработке различных автоматизированных измерительных систем, в том числе и систем неразрушающего контроля, использующих новые диагностические технологии.

### **Список литературы**

1. Клюев В.В. Контроль и диагностика в призме безопасности // Журнал «Авиапанорама». – 2008, №5.

2. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

Управляющие сигналы OLEN, CLB и информационный сигнал DATA программирования параметров СЧ получают построчным считыванием булевского массива и отправкой этих данных в цифровые порты вывода.

Более подробную информацию по обработке различных сигналов и работе с другими функциями пакета LabVIEW можно найти в приведенной литературе [8-9].

<http://www.invotecs.ru/spravka/nk&diag.html> (дата обращения 30.01.2012).

3. Сердюк Г.Б., Усатенко В.Г., Сазонов С.Н. Способ отбраковки потенциально ненадежных и нестабильных микросхем // Патент Украины №1056. 1994. Бюл. №3.

4. Сазонов С.Н. Устройство для контроля полупроводниковых изделий по вторым производным вольт-амперных и вольт-кулонных характеристик // Патент России №2460083. 2012. Бюл. №24.

5. Сазонов С.Н. Способ контроля дефектности изделий и устройство для его реализации // Решение о выдаче патента. Заявка №2011115644 от 3.04.2012.

6. Сазонов С.Н. Программа аналогового ввода ai\_soft.vi // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012617395 от 16.08.12.

7. Сазонов С.Н. Библиотека динамической компоновки libP1002ai.so // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012616537 от 20.07.12.

8. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учебное пособие [под ред. В.П.Федосова]. – М.: ДМК Пресс, 2007.

9. Суранов А.Я. LabVIEW 8.2: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007.