

УДК 004.3

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ, КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Бобылев В.Р.

Рассматривается аппаратная реализация устройства. Приводится описание структурной схемы, а также функциональной на примере пульта проверки.

Многokратное возрастание количества задач, возлагаемых на системы управления (СУ), сопровождается усложнением не только аппаратной архитектуры устройств, но и алгоритмической, позволяющей компенсировать погрешности, вызванные нелинейной работой электронных компонентов. Тем не менее, многозадачность диктует свои требования к разрабатываемым устройствам, одним из которых является универсальность. Преимущества подобных устройств неоспоримы и экономически целесообразны, т.к. значительно снижают расходование денежных средств, сохраняя при этом, многофункциональность.

Таким образом, актуальной задачей, стоящей перед инженерами, занимающимися созданием цифровых устройств, является разработка универсальных устройств, способных функционировать, как с новым, так и с устаревшим аналоговым оборудованием.

Одним из подобных устройств выступает универсальный вычислительный модуль (УВМ), построенный по принципу неоднородной децентрализованной структуры с резервированием. Он является полностью цифровым устройством, который предполагает использование современной, универсальной и специализированной элементной базы, типа микропроцессоров и микроконтроллеров, способных значительно расширить концептуальные возможности систем управления и уменьшить их габариты и вес.

УВМ, построенному по принципу неоднородной децентрализованной структуры с резервированием, присуща более высокая степень модульности. При такой архитектуре каждый узел устройства принимает собственное решение. Таким образом, конечное поведение УВМ определяется совокупностью решений всех отдельных узлов, что указывает на отсутствие единого центрального объекта собирающего данные и принимающего единое решение. Однако в отличие от обычных децентрализованных систем, в УВМ, каждый функциональный узел получает информацию об исправности всей системы и в случае полного, либо частичного выхода из строя, одного из составных частей, принимается общее решение о распределении его обязанностей между собой. Подобное действие способствует сохранению работоспособности всего устройства без значительной потери быстродействия, что, несомненно, является важным фактором работы любой системы управления.

В данной работе описывается структурная схема УВМ и рассматривается его применение в составе контрольно-проверочной аппаратуры (пульта проверки). Приводится функционирование и конструктивные особенности пульта, анализ эффективности УВМ в его составе, а также сферы применения.

1 Структурная схема УВМ

Как видно из рисунка 1, УВМ состоит из четырех основных функциональных узлов, каждый из которых обладает условной автономностью. Они построены с использованием микропроцессорных электронных компонентов выполняющих штатные задачи, но при этом параллельно контролирующие исправность друг друга. В случае полного, либо частичного выхода из строя одного из функциональных элементов, препятствующего оптимальной работе модуля, принимается решение о частичном, либо полном исключении неисправного узла из состава работы модуля и распределении его полномочий между исправными элементами, что позволит сохранить полную работоспособность в составе СУ. Контроль производительности составных функциональных узлов рассчитывается по следующим формулам:

$$t_{\text{общ}} = n \cdot t_o, \quad (1)$$

где $t_{\text{общ}}$ – общее время, затрачиваемое функциональным узлом, мс;

n – число операций выполняемых в данный момент;

t_o – время выполнения одной операции, мс.

$$Q = \frac{t_{\text{зан}} + t_{\text{вып}_o} \cdot t_{\text{вып}_в}}{t_{\text{вып}_в} \cdot t_{\text{общ}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где Q – производительность функционального узла, %;

$t_{\text{зан}}$ – время, в течение которого узел был занят, мс;

$t_{\text{вып}_o}$ – время выполнения одной операции узлом, мс;

$t_{\text{вып}_в}$ – время выполнения предыдущей операции, мс;

$t_{\text{общ}}$ – общее время затрачиваемое функциональным узлом, мс.

Кроме того, в зависимости от приоритетов работы, ведомый узел может стать ведущим и наоборот. Это позволит выполнять сложные вычисления, либо обработку собранных общих данных менее загруженным в данный момент функциональным элементом и, тем самым, сохранить необходимое быстродействие.

Резервные линии необходимы для перенаправления информационного потока от неисправного электронного элемента к исправным, сохраняя тем самым, целостность УВМ.

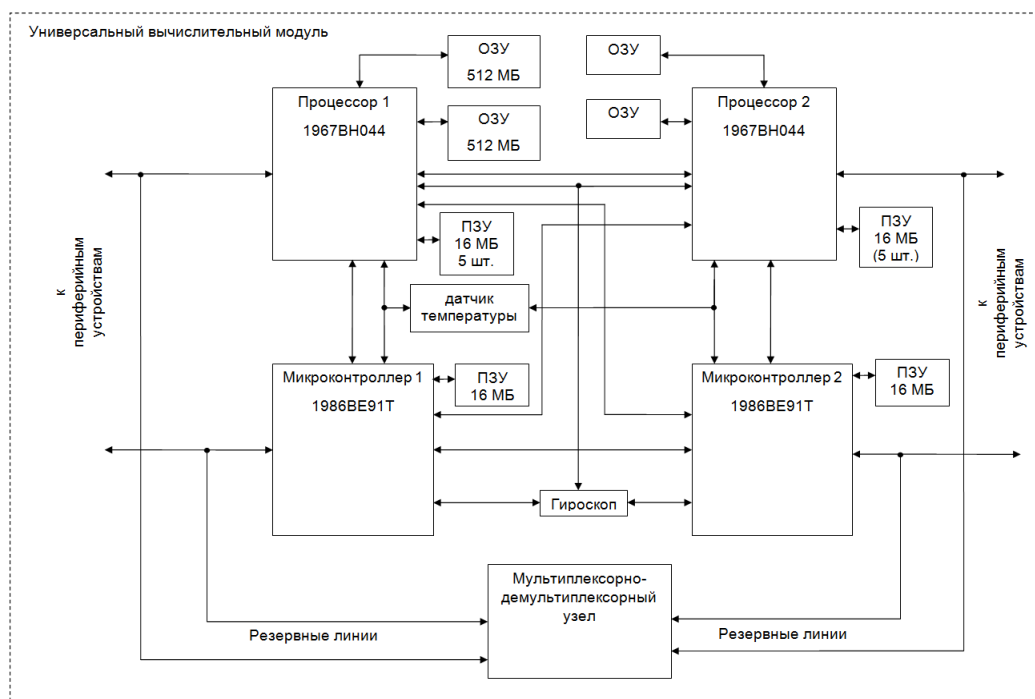


Рисунок 1 – Структурная схема мультипроцессорной реализации УВМ

2 Применение УВМ в составе пульта проверки (ПП)

На рисунке 2 представлена функциональная схема пульта проверки, в котором применен УВМ. Он представляет собой портативное устройство имитирующее работу динамической следящей системы, в котором управляемая величина воспроизводит произвольно изменяющееся задающее воздействие и преобразует его в цифровой код для дальнейшей выдачи на дисплей. Т. е. пульт проверки имитирует работу двух соединенных между собой синусно-косинусных вращающихся трансформаторов (СКВТ) служащих для получения переменного напряжения, представляющего собой функцию угла поворота ротора α , т. к. данное напряжение пропорционально $\sin \alpha$, $\cos \alpha$ или самому углу поворота ротора [1].

Пульт проверки состоит из следующих составных модулей:

- вычислительного модуля, служащего для сбора, обработки данных с периферийных устройств и выдачи их на дисплей, а также для управления модулями входящих в состав пульта;
- формирователя, служащего для формирования сигнала возмущающего воздействия;
- модуля питания и сопряжения, служащего для организации питания пульта и контроля таких параметров, как короткое замыкание и температура, а также для сопряжения проверяемых изделий.

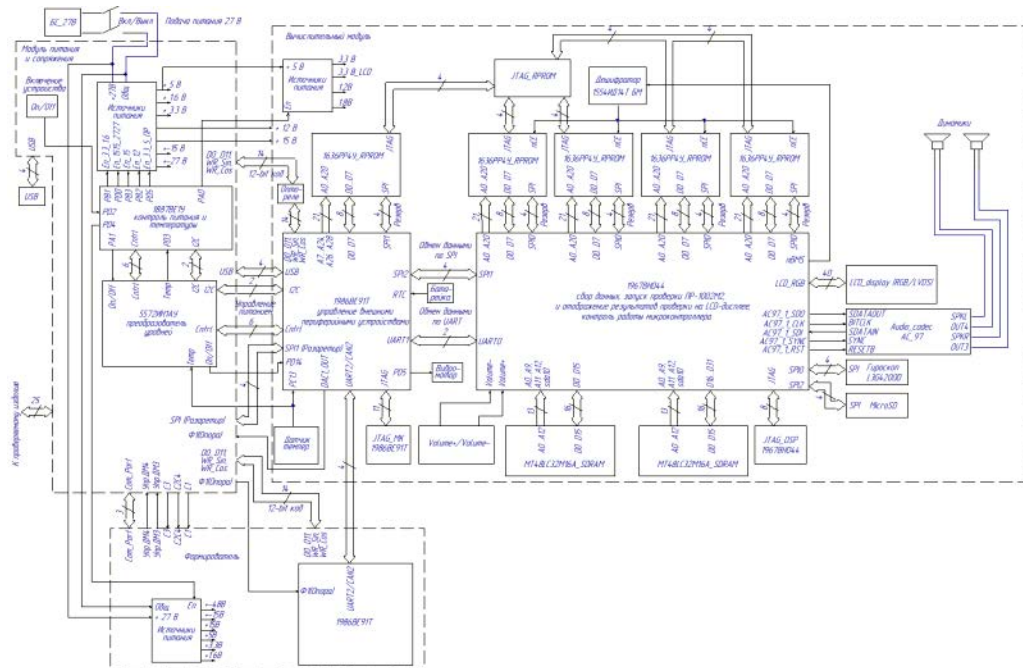


Рисунок 2 – Функциональная схема пульта проверки с однопроцессорным УВМ

3 Принцип работы пульта проверки

Перед началом проверки вычислительный модуль проводит внутренний самоконтроль всех функциональных узлов. В случае неисправности, на дисплей выводится информация об ошибке, с указанием неисправного узла и происходит перераспределение полномочий между исправными функциональными узлами, позволяющее продолжить штатную работу пульта.

По команде вычислительного модуля проверяемое изделие формирует возмущающие воздействия в виде аналоговых сигналов, напряжением $U_{эф} = 36В$, которые поступают на формирователь, позволяя ему начать имитацию работы динамической следящей системы. Полученные углы передаются от проверяемого изделия по линии SPI на вычислительный модуль для отображения на дисплее. Если в процессе проверки произошел внешний обрыв цепей, то на дисплее высветится сообщение об ошибке с указанием конкретной неисправности.

Все результаты в процессе работы передаются на вычислительный модуль для обработки и формирования протокола проверки. Распечатать протокол возможно при помощи подключенного принтера через USB-кабель.

4 Конструктивные особенности пульта проверки

Пульт проверки представляет собой портативное устройство с сенсорным TFT-дисплеем. Обмен между вычислительным модулем и дисплеем осуществляется по LVDS, либо RGB линиям, что дает возможность применения практически любой номенклатуры экрана, в которой предусмотрен обмен по этим линиям. Клеммы для подключения проверяемых изделий и периферии, а также кнопка включения и разъем питания расположены на задней панели пульта (рисунок 4).

На рисунке 3 представлен общий вид пульта проверки.

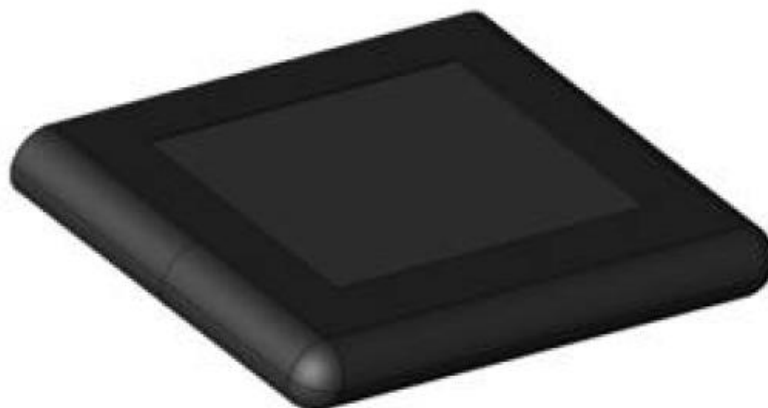


Рисунок 3 – Внешний вид пульта проверки



Рисунок 4 – Задняя панель пульта проверки

5 Анализ эффективности УВМ на примере работы следящей системы

Как известно, следящие системы относятся к системам регулирования, работающим по замкнутому циклу, которые осуществляют поворот некоторой оси, называемой исполнительной осью, на некоторый угол так, чтобы в каждый момент времени этот угол был равен углу поворота другой оси, называемой командной осью [2].

На основании этого, в системе моделирования VisSim v.6.0, была разработана модель цифровой следящей системы, работающая с использованием следующих методов аппаратно-программных обратных связей:

- метод повышения быстродействия и параметрической устойчивости применением разночастотных обратных связей;
- метод повышения точности применением дополнительных измерительных каналов [3].

На рисунке 5 представлена модель следящей системы. Полученный угол (результат работы следящей системы) по шине данных передается на УВМ для обработки и принятия решения о качестве принятых параметров. Параллельная работа функциональных узлов позволит производить одновременный анализ угла

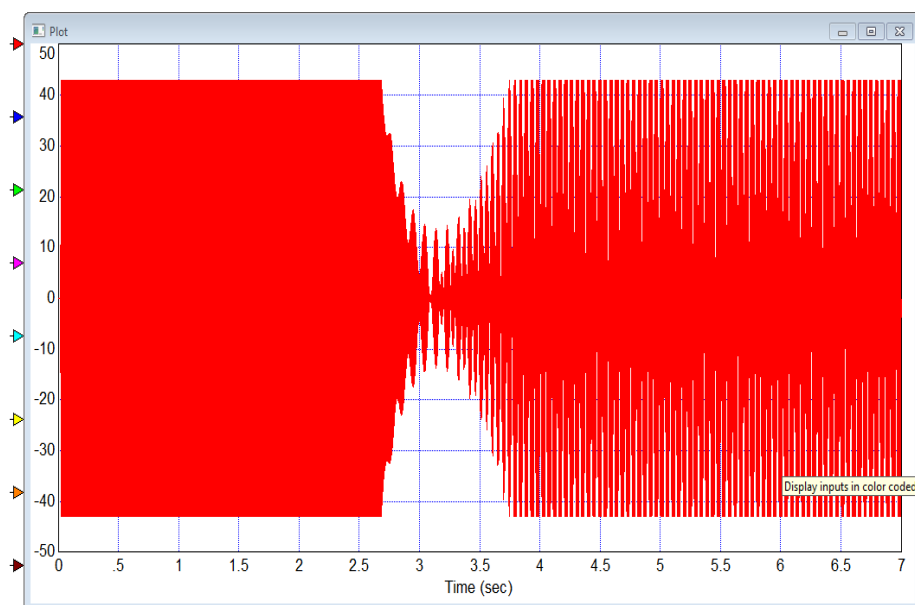


Рисунок 7 – Результат моделирования следящей системы с потерей параметрической устойчивости

Чтобы подобной ситуации не возникло, каждый функциональный узел УВМ оперативно отслеживает и контролирует свою производительность, а также считывает информационные данные об ошибках, либо неисправностях других узлов, тем самым получая возможность мгновенно распределить обязанности неисправной составляющей единицы, для сохранения параметрической устойчивости и работоспособности системы в целом.

6 Сферы применения универсального вычислительного модуля

Универсальный вычислительный модуль может быть применен практически в любой сфере. Например, спутниковая связь, сотовая связь, бортовые системы управления, контрольно-проверочная аппаратура и т. д. На рисунке 8, представлены приблизительные сферы применения УВМ.

Использование УВМ позволит существенно повысить быстродействие и точность работы систем управления при сохранении их работоспособности и параметрической устойчивости, в случае выхода из строя одного или нескольких функциональных узлов. Ниже приведены достоинства и недостатки универсального вычислительного модуля.

Достоинства:

- минимизация вероятности возникновения проблем, связанных с производительностью и потерей быстродействия работы систем, т.к. вся нагрузка равномерно распределяется между всеми составными узлами, даже при возникновении неисправности одного из них;

- больше автономности и контроля над ресурсами, т.к. каждый узел контролирует не только свою производительность, но и работу других функциональных узлов;

- возможность автоматической смены ведущего звена, что обеспечивает повышенную функциональность и выполнения более широкого класса задач;
- повышение запаса вычислительной мощности.

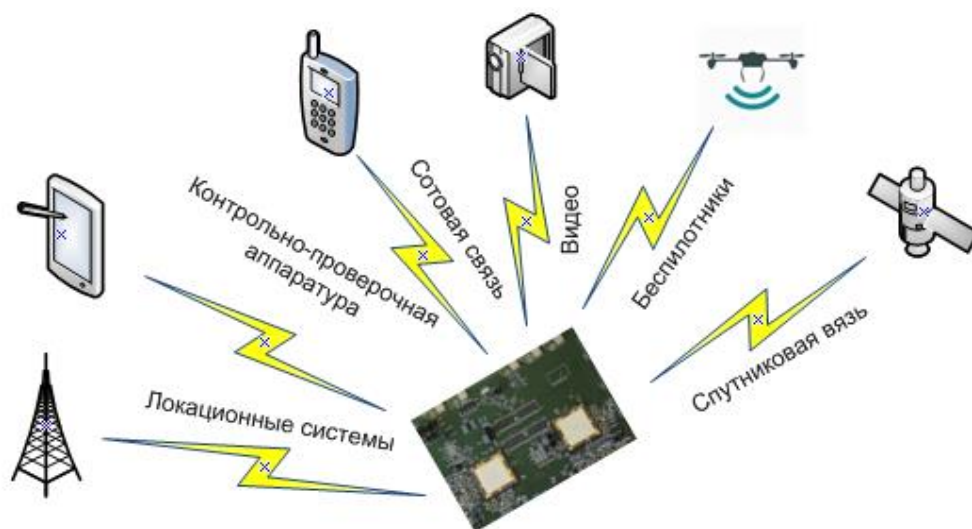


Рисунок 8 – Сферы применения УВМ

Недостатки:

- усложнение архитектуры программного обеспечения;
- в отдельных случаях, появляется необходимость более детальной проработки законов системы управления;
- необходимость дополнительной корректировки расчетов.

Исходя из вышесказанного, применение УВМ позволит создать ряд решений, которые могут быть применены, в том числе и при разработке приборов адаптации бортовых систем управления и автоматизированных систем контроля.

В частности:

- цифровые имитаторы системы автоматического слежения;
- вычислители для следящих систем.

Литература:

1 *Васильев К.К.* Теория автоматического управления (следающие системы): Учебное пособие – 2-е изд. – Ульяновск, 2001. – 98 с.

2 *Доронин С.В.* Теория автоматического управления и регулирования: Учебное пособие – Хабаровск: Изд. ДВГУПС, 2005. – 125 с.

3 *Бобылев В.Р., Вилесов А.В., Трусков В.П.* Методы аппаратно-программных обратных связей для повышения быстродействия и точности цифровых систем автоматического слежения на базе микроконтроллеров. // Известия ТулГУ. Технические науки, 2018. – Вып. 5. – С. 32-45.