

А. Ю. Черняк

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЯ-2 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ С ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКОЙ В ПЗУ

В компьютерных системах, предназначенных для автоматизации научных исследований и АСУТП, самым надежным и дешевым способом хранения программ является их "зашивка" в ПЗУ. Разработка такого программного обеспечения на языке Ассемблера чрезвычайно трудоемка, поэтому желательно применение языков программирования высокого уровня.

Система программирования Модуля-2 позволяет создавать надежное, удобочитаемое, гибкое и мобильное программное обеспечение, работающее без поддержки операционной системы. Целью работы являлась адаптация системы для разработки программ, размещаемых в ПЗУ.

В Модуле-2 программа состоит из отдельно компилируемых модулей. Компилятор размещает каждый модуль в трех последовательно расположенных участках памяти:

Область данных (глобальные, переменные)	Заполненные данные (символьные константы, описатели массивов и т. д.)	Рабочий код модуля
---	---	-----------------------

Анализ конструкций языка и испытания в имитаторе ПЗУ показали, что две последние области памяти не подвергаются модификации в процессе работы программы (косвенным подтверждением этого является возможность рекурсивного вызова процедур). Глобальные переменные модифицируются программой, но средств для их предварительной инициализации в Модуле-2 нет. Следовательно, каждый модуль может быть разделен на область данных в ОЗУ и резидентную часть (заполненные данные и рабочий код), которую можно разместить в ПЗУ. Для поддержки работы программы предназначено ядро системы, которое также поддается разделению на область данных в ОЗУ и резидентную часть в ПЗУ.

Штатный редактор связей размещает модули в памяти друг за другом, при этом области ОЗУ и ПЗУ последовательно чередуются:

Вектора прерываний	Ядро		Модуль 1		...	Модуль к		Стек	Регистры внешних устройств
	данные	код	данные	код		данные	код		

Для размещения программной поддержки в ПЗУ необходимо разделить область данных и резидентную часть для каждого модуля и ядра системы и скомпоновать программу в другой последовательности:

Область данных (ОЗУ)					Резидентная часть (ПЗУ)				Регистры внешних устройств	
Вектора прерываний	Глобальные переменные				стек	ядро	модуль 1	...		модуль к
	ядро	модуль 1	...	модуль к						

Глобальные переменные модулей первоначально "вручную" размещались в ОЗУ с помощью задания физического адреса в тексте программы. Два приема упрощают этот довольно трудоемкий процесс: группировка переменных в записи и замена глобальных переменных локальными за счет введения новой процедуры. В настоящее время завершается модификация редактора связей для разделения и отдельной компоновки резидентной части и данных.

Модернизация ядра для выделения переменных и введения команд их инициализации осуществляется достаточно просто. Специально разработанная утилита преобразует скомпонованную рабочую программу в формат, удобный для "зашивки" в ПЗУ, и обеспечивает ее связь с модернизированным ядром.

В Воронежском государственном университете на языке программирования Модуль-2 разработаны две системы на базе микроЭВМ "Электроника-60" с программной поддержкой в ПЗУ: система автоматического тестирования средств вычислительной техники и система для ядерной спектрометрии в стандарте КАМАК.

Первая система осуществляет управление процессом электротермотренировки 32 микроЭВМ в технологическом цикле их производства (загрузку и смену тестов, контроль за их работой, выдачу справочной информации оператору и документирование). Программа написана в виде одного модуля, содержащего 41 процедуру, включая драйверы пультавого терминала, АЦПУ и линии связи с тестируемым ЭВМ. Управляющая программа размещается в четырех, а тестовое обеспечение — в 20 микросхемах К573РФ2.

Вторая система обслуживает 4096-канальный анализатор, АЦПУ, графопостроитель, НМЛ, графический и символьный дисплей и канал связи с ЭВМ верхнего уровня и позволяет производить сбор, накопление и предварительную обработку ядерно-спектрометрической информации. Программное обеспечение состоит из 18 модулей: драйверов внешних устройств, модулей символьного и числового ввода-вывода, модулей отображения и обработки спектра, обработчика ошибок и монитора. Программное обеспечение размещается в восьми микросхемах К573РФ2 или в двух микросхемах К573РФ4.

Относительно легкая разработка, надежная работа и простота модификации обеих систем доказывает преимущества применения Модуль-2 для разработки встроенных систем с программной поддержкой в ПЗУ.