

УДК 681.3.019.3

Т. Е. САРКИСЯН

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ЭВМ ЕС 1045

Подчеркивается необходимость системного подхода при проектировании ЭВМ для обеспечения высоких показателей надежности и ремонтпригодности. Описаны средства обеспечения этих показателей в ЭВМ ЕС 1045.

По мере повышения производительности ЭВМ и расширения области их применения всё большее значение приобретают вопросы повышения надежности работы машины, достоверности решаемых задач и сведения к минимуму непроизводительных потерь машинного времени.

Решение этих задач при разработке ЭВМ требует системного подхода: средства обеспечения высокой надежности должны быть заложены как в структуре самой машины, при разработке технологии изготовления узлов и блоков машины в условиях серийного производства, так и при разработке системы программного обеспечения. Успешное решение рассматриваемых задач во многом зависит также от правильного комплектования машины, условий эксплуатации, квалификации обслуживающего персонала и т. д.

С учетом многолетнего опыта эксплуатации машин Единой системы („Ряд-1“) и машин других семейств разработчиками ЭВМ ЕС 1045 при проектировании предусмотрены достаточно мощные средства повышения характеристик надежности и ремонтпригодности.

В качестве основной элементной базы ЭВМ ЕС 1045 используются микросхемы средней степени интеграции серии 500 с достаточно низкой интенсивностью отказа ($\lambda = 10^{-7} \text{ 1/ч}$).

Для размещения микросхем в качестве базовой конструкции использован ТЭЗ с многослойной печатной платой и возможностью размещения до 60 ИС.

Учитывая практически низкую надежность разъемов, примененных в ЭВМ „Ряд-1“, в ЭВМ ЕС 1045 ТЭЗ подключаются к панелям

с использованием 135 контактных разъемов типа „Янтарь“ повышенной надежности. Связи между ТЭЗ в пределах одной панели выполнены методом накрутки, обеспечивающим низкую величину переходного сопротивления соединения „контактный штырь — провод“, а для межпанельных связей используются плоские высокочастотные кабели.

Вышеперечисленные меры вместе с повышением надежности отдельных компонент машины привели к уменьшению как количества соединений между элементами и узлами машины, так и длин этих соединений, что, в свою очередь, способствовало повышению помехоустойчивости работы ЭВМ.

Повышение помехоустойчивости, следовательно и надежности, ЭВМ ЕС 1045 достигнуто также применением согласованных линий, организацией передачи парафазных сигналов с приемом на дифференциальный элемент 500ЛП115 при длинных связях (межрамные, межстоечные), применением частично экранированных связей в виде витых пар и плоских кабелей, ограничением температурного перепада между приемником и передатчиком, уменьшением импеданса общих цепей питания и схемной земли в пределах ТЭЗ и плат панелей, уменьшением числа одновременно переключаемых ИС, достигаемым благодаря принятой в ЭВМ ЕС 1045 многофазной системе синхронизации.

Для защиты от сетевых помех питание ЭВМ ЕС 1045 осуществлено от специального мотор-генератора. Другим фактором обеспечения требуемой помехоустойчивости на этапе проектирования ЭВМ было правильное определение времени задержки распространения сигнала в цепях передачи информации. При числе каскадов комбинационной части $n \leq 2$ в качестве задержки учитывалось максимальное значение задержки распространения сигнала. Учитывалось и влияние других факторов на время задержки (величина нагрузки, число объединений по входу и выходу, длина связей и т. д.).

Благодаря этим мерам удалось обеспечить устойчивую помехозащищенность ЭВМ ЕС 1045 по электропитанию от помех, возникающих при включении и выключении приборов, используемых во время профилактических и ремонтных работ, и резервных устройств, а также обеспечить нормальное функционирование ЭВМ при изменении напряжений вторичных источников питания на $\pm 5\%$ и при отклонениях частоты задающего генератора на ± 5 мс.

Для обеспечения высокой достоверности функционирования в ЭВМ ЕС 1045 предусмотрена система контроля (дублирование сумматоров, контроль по mod 7 в акселераторе, контроль по модифицированному коду Хемминга основной памяти и контроль по mod 2 в остальных узлах машины), позволяющая обнаружить не менее 95% всех ошибок в центральной части машины.

При возникновении сбоя вычислительный процесс в ЭВМ ЕС 1045 может быть продолжен или восстановлен благодаря разработанным и включенным в состав машины средствам восстановления. К этим

средствам относятся: коды коррекции одиночных и обнаружения двойных ошибок в основной памяти; автоматическое аппаратно-микропрограммное повторение 179 (из 183) команд процессора; повторение команд ввода-вывода с записью данных, уточняющих место и условия возникновения ошибки.

Некоторые устройства управления и внешние устройства во время выполнения цепочки команд обеспечивают:

- автоматическое многократное повторение команды ввода-вывода без прерывания ввода-вывода или процедур программного восстановления;

- автоматическое выключение неисправных блоков и буферной памяти, а при необходимости всей буферной памяти, при этом машина остается работоспособной, но (в зависимости от количества выключенных блоков) несколько снижается производительность центрального процессора [1];

- расширенная регистрация состояния машины, облегчающая организацию дальнейших процедур по восстановлению работоспособности машины; в ЭВМ ЕС 1045 при расширенной регистрации записываются данные о состоянии более чем четырех тысяч триггеров, для чего в основной памяти выделена область, объемом 672 *байта*.

В ЭВМ ЕС 1045 предусмотрена также возможность переписи регистрации из памяти пульта управления на кассетную магнитную ленту для последующего анализа путем распечатки регистрации с помощью программы SEREP после восстановления работоспособности ЭВМ или же на другую ЭВМ.

Благодаря предусмотренным в ЭВМ ЕС 1045 аппаратным средствам восстановления вместе с программными средствами восстановления упрощается обслуживание ЭВМ, и по предварительным оценкам примерно в два раза сокращается количество перезагрузок операционной системы из-за случайных ошибок.

Для локализации неисправностей в ЭВМ как во время эксплуатации, так и во время наладки в условиях серийного производства разработаны аппаратные и программные средства диагностики. Благодаря достаточно однородной структуре центральной части и применению принципа постепенного расширения тестируемого оборудования создалась возможность небольшим объемом аппаратных средств блока диагностики охватить микродиагностикой свыше 95% аппаратуры ЭВМ ЕС 1045 со средней точностью локализации 2,4 ТЭЗ. Среднее время локализации неисправности по результатам испытаний составляет порядка 5 *мин*.

С целью повышения эффективности проверки работоспособности в ЭВМ ЕС 1045 автоматизирована процедура периодической профилактической проверки путем прогона программных тестов и тестов микродиагностики с автоматическим переключением уровней питающих напряжений на $\pm 5\%$.

Переключение уровней питающих напряжений выполняется посредством системы автоматического контроля и диагностики электропитания (АСКДЭ) по командам блока диагностики. Посредством АСКДЭ выполняется также автоматическое измерение и контроль величин выходных напряжений вторичных источников питания, локализация места и типа неисправностей (перегрев, останов вентиляторов и т. д.) с выдачей звукового и светового аварийных сигналов [2].

Рассмотренные выше средства дополняются рядом других аппаратных (резервирование на уровне первого и второго каналов ввода-вывода при обращении к устройствам управления накопителями на магнитных лентах и магнитных дисках, а также на уровне некоторых типов внешних устройств, наличие достаточного ЗИП и т. д.) и программных средств (комплект неавтономных тестов устройств, работающих под управлением ОС ЕС; тест-секции, работающие под управлением тест-монитора для всех устройств; программа обработки прерываний от схем контроля и ошибок каналов ввода-вывода и др.).

Благодаря комплексному решению вопроса удалось обеспечить высокие показатели эксплуатационной надежности и ремонтпригодности ЭВМ ЕС 1045.

Л и т е р а т у р а

1. *Мирумян А. А., Саркисян Т. Е.* К вопросу оценки производительности ЭВМ с буферной памятью. „Вопросы радиоэлектроники“, сер. ЭВТ, 1979, вып. 10.
2. *Погосян А. А. и др.* Автоматическая система контроля и диагностики электропитания ЭВМ ЕС 1045. „Вопросы радиоэлектроники“, сер. ЭВТ, 1974, вып. 10..

Статья поступила в редакцию 19. 03. 79