

УДК 681.327

В.А. АНДРИЕНКО, В.Г. РЯБЦЕВ, Т.Ю. УТКИНА

*Черкаський державний технологічний університет, Україна***МЕТОД И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПУТЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ**

С учетом интенсивности отказов модулей оперативной памяти определяется время проведения профилактических работ запоминающих устройств компьютеров. Приведены аналитические зависимости для расчета момента замещения модулей памяти по их вероятности безотказной работы для различных конфигураций запоминающих устройств. Предлагается программное средство, учитывающее суммарную продолжительность работы компьютера и технические характеристики микросхем памяти, что обеспечивает автоматическую инициализацию выполнения профилактического диагностирования.

діагностування, запам'ятовує пристрій, комп'ютер, модулі пам'яті**Введение**

Надежность работы компьютеризированной информационной системы (КИС) зависит от многих факторов. Ее основы закладываются на этапе проектирования при выборе архитектурных решений и определении требований к элементам, реализующим архитектуру [1, 2]. Но большинство предприятий используют информационную систему, состоящую из типовых компонентов вычислительной техники, основу которых составляет персональный компьютер, и не могут влиять на ее свойства при проектировании.

Для обеспечения требуемой эффективности функционирования при эксплуатации КИС специалисты данных предприятий должны правильно спрогнозировать вероятность выхода из строя персонального компьютера и обеспечить резервы запасных компонентов компьютера, в том числе модулей памяти, для проведения оперативного ремонта и минимизации времени восстановления.

С целью поддержания КИС в работоспособном состоянии и для обеспечения требуемой эффективности функционирования выполняют ее техническое обслуживание, включающее тестовое диагностирование основных компонентов. В современных компьютерах диагностирование полупроводниковой памяти осуществляется при помощи средств BIOS

при включении питания компьютера. Поскольку время диагностирования после включения питания ограничено, существующие тесты не могут обеспечить необходимую надежность работы запоминающих устройств (ЗУ). Никаких дополнительных средств тестирования при поставке компьютера не прилагается.

Применение более эффективных тестов на этапе эксплуатации системы позволит выполнять профилактическое обслуживание, при этом значительные затраты времени будут восприниматься пользователем как вынужденная мера, а предупредительное замещение модулей памяти позволит сохранить высокие показатели надежности запоминающих устройств в течение всего цикла эксплуатации. В связи с этим возникает задача определения суммарного времени работы компьютера, по истечению которого необходимо осуществить профилактическое диагностирование памяти.

Целью данной работы является разработка метода прогнозирования возникновения дефектов и предупреждения их проявления в запоминающих устройствах, а также построение инструментального средства, автоматизирующего регламентирование проведения профилактического диагностирования, что обеспечит повышение надежности работы компьютера в целом.

Методы повышения надежности модулей памяти

В течение срока эксплуатации информационной системы необходимо обеспечить заданный уровень надежности запоминающего устройства. Для достижения поставленной цели требуется осуществлять расчет показателей надежности и применять специальные меры, обеспечивающие их повышение. Высокие показатели надежности запоминающего устройства в течение всего цикла эксплуатации системы можно сохранить, применяя предупредительное замещение модулей памяти. При этом нужно учитывать конфигурацию памяти и применять различные способы замещения модулей памяти.

Если в компьютер установлен только один модуль памяти, то его надежность зависит от интенсивности проявления отказов λ , входящих в него микросхем памяти [3]. Если установить заданную вероятность работоспособного состояния модуля памяти $R1(t)$, тогда можно определить промежуток времени t_1 , по истечению которого надежность уменьшится до минимально допустимого значения. В этом случае дальнейшая эксплуатация модуля недопустима, поэтому нужно осуществить его замещение новым модулем. Такую замену модулей можно осуществлять многократно, при этом достигается требуемая надежность модуля, которая определяется по формуле

$$R(t) := \begin{cases} e^{-\lambda \cdot m \cdot t} & \text{if } (0 < t < t_1) \\ e^{-\lambda \cdot m \cdot (t-t_1)} & \text{if } (t_1 \leq t < 2 \cdot t_1) \\ e^{-\lambda \cdot m \cdot t - (2t)_1} & \text{if } (2 \cdot t_1 \leq t < \infty) \end{cases}$$

Таким образом, благодаря многократной замене модулей, можно обеспечить требуемый уровень надежности на протяжении длительного цикла эксплуатации. Например, как показано на рис. 1, трехкратное замещение обеспечивает вероятность работоспособного состояния модуля после 40000 часов

работы не ниже 0,368, а без замены к этому времени данная величина достигает значения, равного лишь 0,0183.

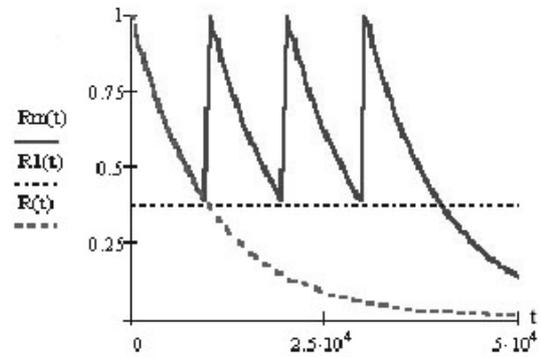


Рис. 1. Вероятность безотказной работы модуля памяти при использовании метода многократного замещения

Если в устройстве установлено два одинаковых модуля памяти, число микросхем в которых $a = b$, и каждый раз меняются модули памяти, установленные на одной и той же позиции, то надежность устройства определяется по формуле:

$$R_{mod}(t) := \begin{cases} e^{-t \cdot \lambda \cdot m} & \text{if } (0 < t < tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot a} \cdot e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot b} & \text{if } (tm \leq t < 2tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot a} \cdot e^{-(t-2tm) \cdot \lambda \cdot b} & \text{if } (2tm \leq t < 3tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot a} \cdot e^{-(t-3tm) \cdot \lambda \cdot b} & \text{if } (3tm \leq t < \infty) \end{cases}$$

Здесь $m = a + b$ — число микросхем памяти в устройстве;

tm — время профилактической замены модулей памяти.

Если два модуля меняться поочередно, то надежность устройства определяется по формуле:

$$R_{mod}(t) := \begin{cases} e^{-t \cdot \lambda \cdot m} & \text{if } (0 < t < tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot a} \cdot e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot b} & \text{if } (tm \leq t < 2tm) \\ e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot b} \cdot e^{-(t-2tm) \cdot \lambda \cdot a} & \text{if } (2tm \leq t < 3tm) \\ e^{-(t-2tm) \cdot \lambda \cdot a} \cdot e^{-(t-3tm) \cdot \lambda \cdot b} & \text{if } (3tm \leq t < \infty) \end{cases}$$

Надежность работы устройства при различных видах замещения двух модулей показана на рис. 2.

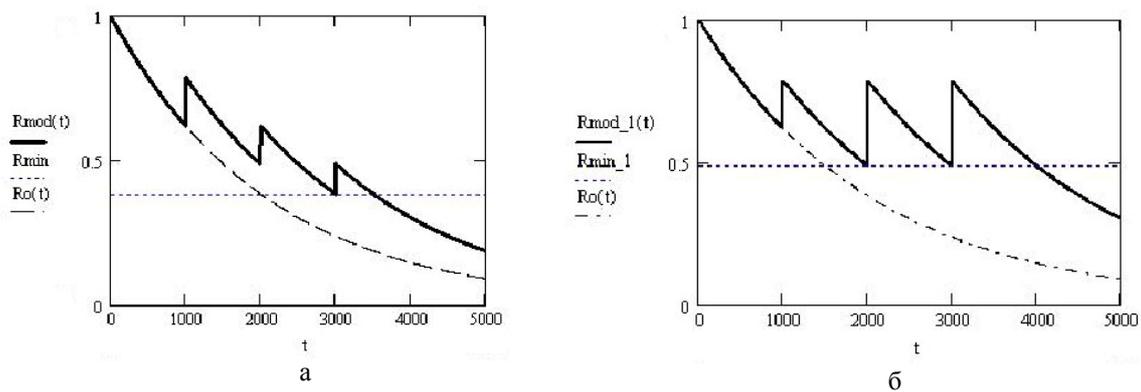


Рис. 2. Вероятность безотказной работы устройства, содержащего два модуля:
а – при замене модуля, установленного на одной и той же позиции,
б – два модуля заменяются поочередно

На рис. 2, а видно, что если многократно заменять модули памяти, установленные на одной и той же позиции материнской платы, то через 3000 часов работы вероятность безотказной работы устройства достигнет значения 0,384, а при поочередной смене модулей – 0,49, т.е. в 1,276 раза выше.

Если память состоит из нескольких модулей, то обычно модули меняются поочередно.

Например, надежность работы устройства, содержащего всего m микросхем по c микросхем в каждом модуле, при такой замене вычисляется по формуле:

$$R_{\text{mod}}(t) := \begin{cases} e^{-t \cdot \lambda \cdot m} & \text{if } (0 < t < tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot (m-c)} \cdot e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot c} & \text{if } (tm \leq t < 2tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot (m-2c)} \cdot e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot c} \cdot e^{-(t-2tm) \cdot \lambda \cdot c} & \text{if } (2tm \leq t < 3tm) \\ e^{-t \cdot \lambda \cdot (m-3c)} \cdot e^{-(t-tm) \cdot \lambda \cdot c} \cdot e^{-(t-2tm) \cdot \lambda \cdot c} \cdot e^{-(t-3tm) \cdot \lambda \cdot c} & \text{if } (3tm \leq t < \infty) \end{cases}$$

Надежность работы ЗУ, состоящего из 4-х модулей по 4 микросхемы в каждом, при поочередной смене модулей показана на рис. 3.

Надежность безотказной работы запоминающего устройства через 3000 часов работы снижается до 0,236, а при замене модулей достигается значение 0,341, затем оно возрастает до 0,487, т.е. становится в 2 раза выше.

Слишком частая смена модулей может привести к нарушению соединений между ламелями модулей памяти и контактами сокетов материнской платы компьютера, поэтому следует ограничивать число допустимых замен модулей для каждой сокет, что определяет общий срок безотказной работы ЗУ.

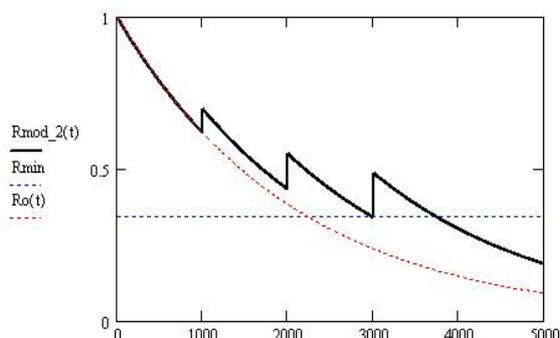


Рис. 3. Надежность работы устройства при поочередной смене модулей памяти

На рис. 3 видно, что каждая последующая замена дает больший эффект. Без замены модулей вероят-

Метод регламентирования проведения профилактического диагностирования

Если пользователем установлена минимально допустимая вероятность работоспособного состоя-

ния ЗУ, равная $Rmin(0)$, тогда необходимо определить промежутки времени tm , по истечению которых необходимо выполнять профилактическое диагностирование и производить замещение модулей памяти. Если ЗУ состоит из n модулей по c микросхем в каждом, то для поочередной замены модулей необходимо выполнить вычисления согласно следующего выражения:

```

tm := | koef ← -ln(Rmin(0))
      | t1 ←  $\frac{koef}{\lambda \cdot m}$ 
      | sum1 ← t1
      | i ← 1
      | while i < z
      |   | i ← i + 1
      |   | ti ←  $t_1 + \frac{c}{m} \cdot \sum_{j=1}^{i-1} t_j$  if (2 ≤ i ≤ n)
      |   | ti ←  $t_1 + \frac{c}{m} \cdot \sum_{j=1}^n t_{i-j}$  if (n + 1 ≤ i ≤ z)
      |   | sumi ← sumi-1 + ti
      | return t

```

где z – число замен модулей памяти.

Предлагаемый метод определения времени проведения профилактического диагностирования и замены модулей памяти реализован в программе MemPrognosis.exe, внешний вид главного меню и результаты работы которой приведены на рис. 4.

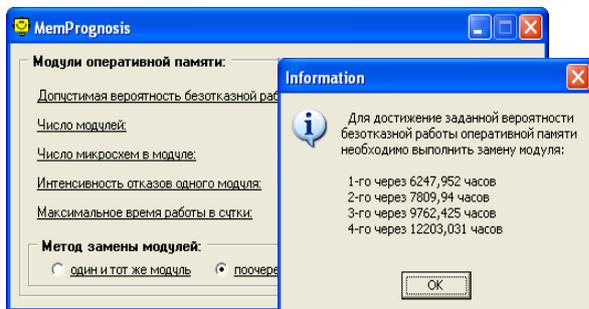


Рис. 4. Результаты прогнозирования времени замены модулей памяти

Для тестового примера рекомендуется выполнить четыре замены модулей памяти после 6248, 7810, 9762, 12203 часов работы компьютера соответственно.

Для сокращения трудоемкости профилактических работ рекомендуется выполнять многоверсионное диагностирование ЗУ [4].

Выводы

Предлагаемый метод выполнения регламентных работ позволяет обеспечить заданный уровень надежности запоминающего устройства за счет выполнения упреждающей замены модулей памяти.

Литература

1. Харченко В.С., Токарев В.И. Проектирование отказоустойчивых и живучих компьютерных систем управления на основе концепции “ЗМ” // Вісник технологічного університету Поділля. – 2003. – № 3. – С. 29-32.
2. Харченко В.С., Тарасенко В.В. Технологія розробки відмовостійких цифрових пристроїв на ПЛІС з використанням диверсних моделей вводу і тестування // Радіоелектроніка й інформатика. – 2002. – № 3. – С. 71-74.
3. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. – 604 с.
4. Andrienko V.A., Kolpakov I.A., Ryabtsev V.G. A lot of the versions for diagnosing microcircuits memory devices of critical computer control systems // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Workshop. Odessa: KNURE, 2005. – P. 115-118.

Поступила в редакцию 15.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Златкин, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы.