

Ба 240896

ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С.ПОПОВА

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

АКАДЕМИЯ НАУК БССР

МИНСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БелНИИИТИ Госплана БССР

УП МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ
Microelectronics-90

16-18 октября 1990 г.

Материалы конференции

Том 4

240896

Бел. 2005

Минск СССР

Минск
1990

НАДЕЖНОСТЬ ИЗБЫТОЧНЫХ МИКРОСХЕМ ПАМЯТИ, УСТОЙЧИВЫХ К ДВОЙНЫМ ОШИБКАМ

П. П. УРГАНОВИЧ
(г. Минск, СССР)

Одно из направлений в современных методах обеспечения надежности микросхем запоминающих устройств (ЗУ) заключается в размещении на кристалле ЗУ избыточных логических и запоминающих элементов, посредством которых осуществляется замена или нейтрализация дефектных либо отказавших элементов [1].

В теоретических и практических исследованиях большое внимание уделяется использованию кодов, позволяющих корректировать одиночные и двойные ошибки в кодовых словах. Иногда двойную ошибку удобно рассматривать как две одиночные ошибки в одной строке накопителя. В таких случаях эффективно может быть использован аддитивный код [2, 3]. Оценим надежность микросхем ЗУ, в которых корректируются одиночные и двойные ошибки в кодовых словах. Следует заметить, что в отдельных случаях целесообразно (с точки зрения аппаратных затрат) корректировать не все двойные ошибки, а лишь наиболее часто возникающие, т.е. часть Q ($Q < 1$) из двойных.

Рассматриваемая далее модель базируется на следующих известных положениях: распределение отказов является статистически независимым и подчиняется закону Пуассона. Кроме того, полагаем, что интенсивность отказов одиночных элементов памяти ($\Phi\Pi$) λ_1 накопителя и интенсивность отказов одиночных столбцов λ_c накопителя определяется площадью на кристалле, занимаемой соответственно накопителем и дешифратором столбцов.

Введем два параметра: β_n - избыточность накопителя и β_λ - избыточность логических схем обрамления на кристалле (не всегда $\beta_n = \beta_\lambda$). Для безизбыточной микросхемы справедливо $-\lambda = \lambda_1 + \lambda_c + \lambda_d$; λ - общая интенсивность отказов, λ_d - интенсивность всех типов отказов, за исключением одиночных и столбцовых. Для избыточного кристалла $-\lambda_n = \lambda_1 \beta_n + (\lambda_c + \lambda_d) \beta_\lambda$, т.е. $\lambda_{1u} = \beta_n \lambda_1$, $\lambda_{cu} = \beta_\lambda \lambda_c$.

Полагаем, что в строке накопителя хранится одно кодовое слово. ЗУ будет находиться в функционально безотказном состоянии в следующих независимых случаях: 1) отказов нет; 2) имеется в накопителе не более двух отказавших столбцов, других отказов нет;

3) в любой из строк накопителя - не более двух отказавших ЭП, других отказов нет; 4) возникли отказ одного столбца и одиночные отказы ЭП, распределенные таким образом, что в любой из строк накопителя будет не более двух отказавших ЭП; других отказов нет. Проанализируем каждую из отмеченных ситуаций. В первом случае вероятность $P_0(t)$ безотказной работы ЗУ вычисляется легко:

$$P_0(t) = \exp(-\lambda_u t). \quad (1)$$

Вероятность $P_2(t)$ наступления второго события при условии коррекции част: (Q) двойных ошибок из общего числа возможных ошибок этого вида вычисляется по формуле, имеющей следующий окончательный вид:

$$P_2(t) = P_0(t) \left[\lambda_{cu} t + Q(\lambda_{cu} t)^2 / 2 \right]. \quad (2)$$

Поскольку отказы одиночных ЭП могут появиться с одинаковой вероятностью в любой из строк, то наступление третьего события рассматриваем относительно одной из F строк накопителя. Для этого проанализируем величину $\lambda_{iu} : \lambda_{iu} / F = \lambda'_{iu}$. Произведя вычисления, аналогичные положенным в основу соотношения (2), имеем формулу для вычисления вероятности $P_1(t)$ наступления события 3) для всего кристалла:

$$P_1(t) = P_0(t) \left[\lambda_{iu} t + Q(\lambda'_{iu} t)^2 / 2 \right]^F.$$

Анализ показал, что в инженерных расчетах может быть с достаточной точностью использована аппроксимация последнего выражения:

$$P_1(t) \approx P_0(t) \left[\lambda_{iu} t + (1+Q)(\lambda_{iu} t)^2 / 2 \right]. \quad (3)$$

К наиболее точному результату при вычислении вероятности наступления четвертой ситуации приводит использование соотношения вида:

$$P_{ic}(t) = P_0(t) \lambda_{cu} t \sum_{\xi=1}^F \left[(\lambda_{iu} t)^\xi \prod_{i=0}^{\xi-1} \left(\frac{F-i}{F+i} \right) (1 - \xi \frac{1-Q}{F}) / \xi! \right],$$

которое может быть упрощено для инженерных расчетов:

$$P_{ic}(t) \approx P_0(t) \lambda_{iu} \lambda_{cu} t^2. \quad (4)$$

Таким образом, общее выражение для определения вероятности безотказной работы избыточной микросхемы памяти примет вид:

$$P(t) = P_0(t) \left[1 + At + Bt^2 \right], \quad (5)$$

где $A = \lambda_{cu} + \lambda_{iu}$, $B = Q \lambda_{cu}^2 / 2 + (1+Q) \lambda_{iu}^2 / 2 + \lambda_{iu} \lambda_{cu}$.

Анализ соотношения (5) показывает, что при относительно малых

(близких к единице) значениях β_n и β_λ (на практике обычно $\beta_n = 1, 1+1, 5$, $\beta_\lambda = 1, 05+1, 40$), значения λ_n и λ могут отличаться на один или несколько десятков процентов. Это означает, что значения вероятности безотказной работы безыбыточного ЗУ и вероятности, вычисленной по (1), примерно одинаковы. В соответствии с этим выражение, стоящее в квадратных скобках формулы (5), показывает, во сколько раз увеличивается вероятность безотказной работы ЗУ при использовании кодов, исправляющих одиночные и двойные ошибки в кодовом слове, по сравнению с тем же параметром для безыбыточного ЗУ.

Проанализируем далее снижение интенсивности отказов за счет нейтрализации части из них кодом. Известно, что в общем случае $\lambda(t) = -dR(t)/R(t)dt$, т.е. фактическое значение интенсивности отказов (обозначим его $\lambda''_n(t)$) в избыточном ЗУ - в данном случае этот параметр соответствует интенсивности некорректируемых отказов - есть дифференциал по t выражения (5), отнесенный к (5). Произведя необходимые преобразования, получим, например, для $t=0$: $\lambda''_n = \lambda_n - \lambda_{ni} - \lambda_{ci}$. При увеличении t значение $\lambda''_n(t)$ возрастает. Физический смысл последнего равенства ясен: чем выше значения λ_{ni} и λ_{ci} относительно λ_n , т.е. чем больше относительная площадь накопителя и дешифратора столбцов на кристалле ЗУ, тем значительнее снижение интенсивности некорректируемых ошибок.

Рассмотренная модель и сделанные выводы позволяют производить априорную оценку и оптимизацию показателей надежности и качества микросхем ЗУ уже на этапе их проектирования.