

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ АППАРАТНОГО КОНТРОЛЯ ЭВМ

Н. П. БАЙДА, В. М. РАЗИН, В. М. ТАНАСЕЙЧУК

(Представлена научным семинаром
кафедры вычислительной техники)

Под эффективностью системы аппаратного контроля ЭВМ понимается условная вероятность обнаружения схемой контроля ошибки, если она произошла [1].

Эффективность аппаратного контроля зависит от эффективности математического метода, положенного в основу контроля, и от схемного воплощения этого метода, т. е.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \cdot \mathcal{E}_c, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_m$ — вероятность обнаружения ошибки данным методом контроля, если она произошла; $\mathcal{E}_c$ — вероятность обнаружения ошибок в схеме контроля, реализующей принятый метод контроля.

Эффективность метода контроля в общем случае можно вычислять по формуле

$$\mathcal{E}_m = \frac{S_0}{N_0}, \quad (2)$$

где S_0 — количество различных ошибок в контролируемой схеме, которые обнаруживаются при абсолютно надежной схеме контроля;

N_0 — максимально возможное количество различных ошибок в контролируемой схеме.

Эффективность схемного воплощения метода контроля можно вычислять по формуле

$$\mathcal{E}_c = \frac{S_k}{N_k}, \quad (3)$$

где S_k — количество различных ошибок в схеме контроля, которые обнаруживаются при контроле; N_k — максимально возможное количество различных ошибок в схеме контроля.

Вопросы расчета эффективности контроля для различных методов контроля в настоящее время мало разработаны.

Произведем расчет эффективности для наиболее распространенного метода — контроля по модулю.

Предположим, что для рассматриваемой схемы выполняются следующие условия:

— появление в каждом разряде 1 или 0 — равновероятно;

- сбои в различных разрядах схемы независимы друг от друга;
- вероятности сбоев в нуле и единице одинаковы для всех однотипных элементов схемы и не меняются с течением времени.

При этих допущениях можно считать, что ошибки распределены по биномиальному закону, т. е. вероятность появления j -кратной ошибки P_j определяется из следующего соотношения:

$$P_j = C_n^j P_t^j (1 - P_t)^{n-j}, \quad (4)$$

где

P_t — вероятность появления ошибки в одном разряде машины за время прогнозирования t ;

n — количество независимых разрядов в ЭВМ;

j — кратность ошибки.

Расчет условных вероятностей обнаружения ошибок кратности j ($\mathcal{E}_j$) для различных вычетов приведен в [1]. Суммарную эффективность метода контроля по модулю можно рассчитать как средневзвешенное значение величин $\mathcal{E}_j$ (частичных эффективностей) с учетом вероятностей появления ошибок кратности j , т. е.

$$\mathcal{E}_m = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \mathcal{E}_j}{\sum_{j=1}^m P_j}. \quad (5)$$

Обычно ограничиваются $m=3$, так как $P_{m>3} \approx 0$. Эффективность контроля по модулю

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \cdot \mathcal{E}_c \approx \mathcal{E}_m, \quad (6)$$

потому что почти все ошибки в схеме контроля обнаруживаются.

Если ЭВМ состоит из n блоков и каждый блок n_i имеет схему аппаратного контроля с эффективностью контроля $\mathcal{E}_i$, то эффективность системы аппаратного контроля всей ЭВМ можно вычислить по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (7)$$

где

$P_i = 1 - e^{-x_i t}$ — вероятность появления ошибок в i -м блоке;

x_i — суммарная интенсивность отказов и сбоев в i -м блоке*;

t — рабочее время машины после профилактики. По формуле приближенных вычислений

$$e^{-xt} \approx 1 - xt, \quad (8)$$

причем, если $xt \leq 0,045$, то $\delta \leq 0,1\%$.

Тогда формула (7) преобразуется следующим образом:

$$\mathcal{E} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (1 - e^{-x_i t}) \cdot \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e^{-x_i t})} \approx$$

* Как показано в [2], интенсивность сбоев (λ_c) в ЭВМ подчиняется закону Пуассона, так же как и интенсивность отказов (λ_0). Поэтому можно рассматривать величину $x = \lambda_0 + \lambda_c$ как суммарную интенсивность отказов и сбоев.

$$\approx \frac{\sum_{i=1}^n x_i t \cdot \Theta_i}{\sum_{i=1}^n x_i t} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \Theta_i}{\sum_{i=1}^n x_i}. \quad (9)$$

Если все блоки ЭВМ построены из однотипных элементов, имеющих суммарную интенсивность отказов и сбоев χ_0 , то

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \Theta_i}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \chi_0 \Theta_i}{\sum_{i=1}^n l_i \chi_0} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \Theta_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (10)$$

где l_i — количество элементов модулей в i -м блоке.

Предложенная методика может быть применена для расчета эффективности аппаратного контроля с использованием различных кодов (Хемминга, циклических, $AN+B$ и т. д.).

В остальных случаях вычисления производятся по формуле (1).

Если для контроля работы блока используются различные методы контроля, то общую эффективность схемы аппаратного контроля блока можно определить, используя методы теории вероятностей, по формуле:

$$\Theta_{\delta i} = \Theta_{i1} + \Theta_{i2} | \Theta_{i1} + \Theta_{i3} | \cup \Theta_{i1}, \Theta_{i2} + \dots + \Theta_{ip} / \cup \Theta_{i1}, \Theta_{i p-1}. \quad (11)$$

где

m — число различных методов контроля, примененных в схеме аппаратного контроля i -го блока;

Θ_{ip} — эффективности различных методов контроля, примененных для контроля работы i -го блока;

$\Theta_{ip} / \cup \Theta_{i1}, \Theta_{i p-1}$ — частичная эффективность p -го метода (условная вероятность обнаружения p -м методом ошибки, при условии, что она обнаруживается другими методами с вероятностью $\cup \Theta_{i1}, \Theta_{i p-1}$).

Используя предложенную методику расчета эффективности контроля, можно, исходя из заданной эффективности системы аппаратного контроля всей ЭВМ, задаваться такими величинами Θ для отдельных блоков, чтобы при подстановке в формулу (7) получилась величина

$$\Theta \geq \Theta_{\text{доп}},$$

где $\Theta_{\text{доп}}$ — величина эффективности системы аппаратного контроля ЭВМ, которая задается в техническом задании на разработку или выбирается, исходя из требования к надежности и достоверности вычислений ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Д. Путинцев. Аппаратный контроль управляющих цифровых вычислительных машин. «Советское радио», М., 1966.
2. О. В. Щербakov. Об оценке случайных сбоев в цифровых вычислительных машинах. Изв. АН СССР, Техническая кибернетика, № 3, 1964.