

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ НУЛЕВИЗАЦИЯ ПОЛИНОМА, ПРЕДСТАВЛЕННОГО В ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ

Резеньков Д.Н.

Ставропольский военный институт связи Ракетных войск
Ставрополь, Россия

Модулярные коды полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ) могут быть использованы для обеспечения отказоустойчивости вычислительных структур цифровой обработки сигналов (ЦОС)

Сохранение работоспособного состояния вычислительного устройства ЦОС во многом определяется быстротой и точностью определения местоположения и глубины ошибки. При этом предпочтение отдается информационной, а не технологической надежности системы, которая может быть достигнута путем специального кодирования, обеспечивающего обнаружение ошибок, возникающих в результате сбоев, отказов элементов системы, и их исправление.

Одним из способов построения процедур поиска и локализации ошибок в модулярных кодах является методы и алгоритмы контроля и коррекции ошибок непозиционного кода ПСКВ, базирующиеся на вычисление позиционных характеристик во временной области [3].

В основу большинства алгоритмов поиска и коррекции ошибок в модулярных кодах положена процедура вычисления позиционной характеристики [1,2,4]. Реализация данного подхода предполагает использование некоторого функционально отношения, однозначно отражающего множество значений модульных характеристик в множество рассматриваемых ошибок E . При этом необходимо, чтобы математическая модель, отражающая данное отношение, при реализации в нейробазисе обеспечивала бы параллельно-конвейерную организацию вычислений.

Наличие одного избыточного основания в процедурах поиска и локализации ошибок модулярных кодов ПСКВ является недостаточным, так как корректирующие способности такого кода не позволяют исправить однократные ошибки по всем основаниям ПСКВ.

Для решения данной проблемы можно провести логическое упрочнение контрольного основания. Однако упрочнение контрольного основания требует значительного расширения диапазона обрабатываемых данных, поскольку специальным представлением вводится погрешность.

Альтернативным путем решения данной проблемы является метод определения правильности $A(z)=a_1(z), \dots, a_2(z), \dots, a_{k+i}(z), \dots, a_{k+r}(z)$ на основе нулевизации,

закрывающейся в переходе от исходного полинома к полиному $(0, 0, \dots, \gamma_{k+1}(z), \dots, \gamma_{k+r}(z))$, помощи преобразований, при которых не имеет место ни один выход за пределу рабочего диапазона системы.

Нулевизация заключается в последовательном вычитании из исходного полинома, представленного в модулярном коде, некоторых минимальных полиномов - констант нулевизации таких [1], что полином $A(z)$ последовательно преобразуется в полином вида $(0, a_2^1(z), a_3^1(z), \dots, a_k^1(z), a_{k+1}^1(z), \dots, a_{k+r}^1(z))$, затем в полином $(0, 0, a_3^2(z), \dots, a_k^2(z), a_{k+1}^2(z), \dots, a_{k+r}^2(z))$, и так далее. Продолжая данный процесс в течении k итераций, получается $(0, 0, \dots, \gamma_{k+1}(z), \dots, \gamma_{k+r}(z))$.

Применение метода нулевизации позволяет последовательно получать наименьший полином, кратный сначала $p_1(z)$, затем полином - кратный $p_1(z) p_2(z)$, и в конечном итоге - кратный рабочему $P_{раб}(z) = \prod_{i=1}^k p_i(z)$.

Основным недостатком метода нулевизации [1] является последовательный характер вычислительного процесса, что и позволяет реализовать его на основе двухслойной нейронной сети. Это обусловлено тем, что константы нулевизации представляют собой наименьшие возможные числа

$$\begin{aligned} M_1(z) &= (a_1^1(z), a_2^1(z), \dots, a_k^1(z), a_{k+1}^1(z), \dots, a_{k+r}^1(z)); \\ M_2(z) &= (0, a_2^2(z), \dots, a_k^2(z), a_{k+1}^2(z), \dots, a_{k+r}^2(z)); \end{aligned} \quad (1)$$

M

$$M_k(z) = (0, 0, \dots, a_k^k(z), a_{k+1}^k(z), \dots, a_{k+r}^k(z)).$$

где $a_j^i(z) = 1, z, z + 1, \dots, z^{osdr_i(z)-1} + \dots + z + 1; i = 1, 2, \dots, k + r; j = 1, \dots, k$.

Решить данную проблему можно за счет отказа от констант нулевизации $M_i(z)$ и перехода к использованию псевдоортогональных полиномов. Если положить условие, что $A(z) \in P_{раб}(z)$, где $P_{раб}(z) = \prod_{i=1}^k p_i(z)$, то $A(z) = a_1(z), a_2(z), \dots, a_k(z)$.

Тогда, согласно китайской теоремы об остатках, полином $A(z)$ можно представить в виде

$$A(z) = (a_1(z), 0, 0, \dots, 0) + (0, a_2(z), 0, \dots, 0) + (0, 0, 0, \dots, a_k(z)). \quad (2)$$

Каждое слагаемое выражения (2) представляет собой

$$(0, 0, \dots, 0, a_i(z), 0, \dots, 0) = a_i(z) B_i^*(z) \text{ mod } P_{раб}(z), \quad (3)$$

где $B_i^*(z)$ - ортогональный базис, безизбыточной системы оснований.

Проведя расширение системы оснований $p_1(z), p_2(z), \dots, p_k(z)$ на r контрольных $p_{k+1}(z), p_{k+2}(z), \dots, p_{k+r}(z)$, представим $a_i(z)B_i^*(z) \bmod P_{\text{раб}}(z)$ в виде

$$\begin{cases} a_1(z)B_1^*(z) \bmod P_{\text{раб}}(z) = (a_1(z), 0, 0, \dots, 0, g_{k+1}^1(z), g_{k+2}^1(z), \dots, g_{k+l}^1(z)); \\ a_2(z)B_2^*(z) \bmod P_{\text{раб}}(z) = (0, a_2(z), 0, \dots, 0, g_{k+1}^2(z), g_{k+2}^2(z), \dots, g_{k+l}^2(z)); \\ \mathbf{M} \\ a_k(z)B_k^*(z) \bmod P_{\text{раб}}(z) = (0, 0, 0, \dots, a_k(z), g_{k+1}^k(z), g_{k+2}^k(z), \dots, g_{k+l}^k(z)). \end{cases} \quad (4)$$

Подставим выражение (4) в равенство (2).

$$\begin{aligned} A(z) = & (a_1(z), 0, 0, \dots, 0, g_{k+1}^1(z), g_{k+2}^1(z), \dots, g_{k+l}^1(z)) + \\ & (0, a_2(z), 0, \dots, 0, g_{k+1}^2(z), g_{k+2}^2(z), \dots, g_{k+l}^2(z)) + \dots + \\ & (0, 0, 0, \dots, a_k(z), g_{k+1}^k(z), g_{k+2}^k(z), \dots, g_{k+l}^k(z)). \end{aligned} \quad (5)$$

Следовательно,

$$\begin{cases} a_{k+l}(z) = \sum_{j=1}^k g_{k+l}^j(z) \bmod p_{k+l}(z), \\ \mathbf{M} \\ a_{k+r}(z) = \sum_{j=1}^k g_{k+r}^j(z) \bmod p_{k+r}(z). \end{cases} \quad (6)$$

Значит, разность полинома $A(z)$ псевдоортогональных форм, полученных согласно (4), задает величину нормированного следа полинома

$$\begin{cases} g_{k+l}(z) = (a_{k+l}(z) - \sum_{j=1}^k g_{k+l}^j(z)) \bmod p_{k+l}(z), \\ g_{k+2}(z) = (a_{k+2}(z) - \sum_{j=1}^k g_{k+2}^j(z)) \bmod p_{k+2}(z), \\ g_{k+r}(z) = (a_{k+r}(z) - \sum_{j=1}^k g_{k+r}^j(z)) \bmod p_{k+r}(z). \end{cases} \quad (7)$$

Рассмотренный метод вычисления позиционной характеристики характеризуется довольно высокой надежностью работы при сравнительно малых затратах на реализацию процедур поиска и определения местонахождения ошибочных разрядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акушский И.Я., Юдицкий Д.М. Машинная арифметика в остаточных классах. -М.:Сов.радио, 1968. -440с.
2. Акушский И.Я., Бурцев В.М. Вычисление позиционной характеристики (ядро) непозиционного кода//Теория кодирования и оптимизации сложных систем. Алма-Ата:Наука, 1977. С.17-25.

3. Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. нейросетевая реализация в ПСКВ операций ЦОС повышенной разрядности/Нейрокомпьютеры: разработка и применение. №5-6, 2004, с.94-101.

4. Червяков Н.И., Сахнюк П.А., Шапошников А.В., Ряднов С.А. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем.-М.: ФИЗМАТЛИТ,2003.-288с.

5. Долгов А.М. Диагностика устройств, функционирующих в системе остаточных классов.-М.:Радио и связь,1982.-64с.