

УДК 621.391

*Е. П. ВТОРОВ*, канд. техн. наук, *Л. С. ДИДЫК*, *С. Л. ДИДЫК*

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЭС**

---

Постановка задач при проектировании оптимальных алгоритмов диагностирования РЭС зависит от наличия априорной информации, которую можно использовать в начале проектирования.

При известных реакциях РЭС на проверки, представленных в виде табличной диагностической модели [1], в которой отражены реакции в зависимости от состояния  $S_i$  диагностируемого объекта, возникает задача определения избыточной совокупности проверок. Для нахождения избыточной совокупности проверок из числа возможных можно использовать способ, заключающийся в определе-

$\pi_i \backslash S_i$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$\pi_1$	0	1	1
$\pi_2$	0	0	1
$\pi_3$	0	1	1

нии логических функций различных состояний. Запись производится в конъюнктивно-дизъюнктивной форме, а потом преобразуется в дизъюнктивно-конъюнктивную, в дальнейшем используются правила алгебры логики, в первую очередь операции поглощения  $x \vee xy = x$  и склеивания  $xy \vee x\bar{y}$ .

Пусть модель объекта диагностирования представлена в таблице. Тогда вначале определим проверки для попарного различия состояний

$$S_1 : S_2 \rightarrow \pi_1 \vee \pi_3; S_1 : S_3 \rightarrow \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3; S_2 : S_3 \rightarrow \pi_2.$$

Затем найдем конъюнктивно-дизъюнктивную форму различия состояний:  $\Pi_{\Sigma} = (\pi_1 \vee \pi_3)(\pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3) \pi_2$ .

После логического умножения найдем дизъюнктивно-конъюнктивную формулу и избыточные наборы проверок:

$$\begin{aligned} \Pi_{\Sigma} &= \pi_1 \pi_1 \pi_2 \vee \pi_1 \pi_2 \pi_2 \vee \pi_1 \pi_3 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_1 \pi_2 \vee \\ &\vee \pi_3 \pi_2 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_3 \pi_2 = \pi_1 \pi_2 \vee \pi_1 \pi_2 \vee \pi_1 \pi_3 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_1 \pi_2 \vee \\ &\vee \pi_3 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_2 = \pi_1 \pi_2 \vee \pi_1 \pi_3 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_2 = \pi_1 \pi_2 \vee \pi_3 \pi_2. \end{aligned}$$

Таким образом в качестве избыточного набора можно взять проверки  $\pi_1 \pi_2$  или  $\pi_3 \pi_2$ , аналогичные задачи могут быть поставлены и решены для объектов, имеющих модели, отличные от представленной модели.

При известной вероятности нахождения объекта в том или ином состоянии возникает задача определения очередности проверок. Здесь процедура предусматривает следующую проверку объектов, если предыдущая проверка не дала результатов, то диагностика заканчивается. Качество диагностирования оценивается средним временем обнаружения состояния.

Условные вероятности состояний обозначим  $P_i$ , а время для проверки этого состояния  $\tau_i$ . Математическое ожидание времени диагностирования, если проверки проводятся в последовательности, соответствующей их номерам, определяется выражением

$$MP_1(\tau) = P_1 \tau_1 + P_2(\tau_1 + \tau_2) + \dots + P_n(\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n).$$

Для другого алгоритма диагностирования, если он начинается со второй проверки:

$$MP_2(\tau) = P_2 \tau_2 + P_1(\tau_2 + \tau_1) + \dots + P_n(\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n).$$

Разность между математическими ожиданиями времени проверок  $MP_1 - MP_2 = P_2 \tau_1 - P_1 \tau_2$ . Очевидно, что первый алгоритм эффективнее второго, если  $P_2 \tau_1 < P_1 \tau_2$ , т. е. оптимальная последовательность проверок обеспечивается при выполнении следующего условия:

$$\frac{P_1}{\tau_1} > \frac{P_2}{\tau_2} > \dots > \frac{P_n}{\tau_n}.$$

Для рассматриваемого случая можно привести конкретный пример. Пусть время проверок для обнаружения трех состояний объекта и вероятности их обнаружения соответствует следующим наборам:

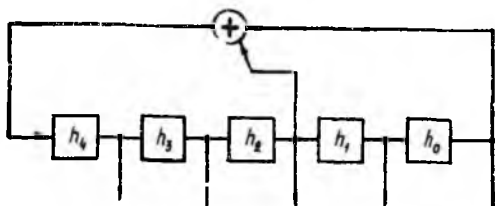
(1; 0,08), (3; 0,15), (4; 0,77). Чтобы определить последовательность проверок, найдем отношения  $\pi_i = \frac{P_i}{T_i}$ :  $\pi_1 \rightarrow 0,08$ ;  $\pi_2 \rightarrow 0,05$ ;  $\pi_3 \rightarrow 0,17$ . Отсюда оптимальная последовательность проверок  $\pi_3 \pi_1 \pi_2$ .

При отсутствии достаточной информации для построения диагностической модели объекта необходимо использовать сигналы, уровень которых соответствует случайному распределению. Такие сигналы позволяют выявить в первую очередь наиболее вероятные дефекты. Необходимость диагностирования РЭС с использованием автоматизированных систем контроля приводит к задаче построения генератора псевдослучайных тестовых наборов, представляемых в виде двоичных последовательностей.

В основу генератора псевдослучайных двоичных последовательностей положена идея кодирования, основанная на отождествлении последовательностей с полиномами и алгебраических операциях над полиномами. Здесь используется сдвиговый регистр [2], отводы от отдельных ячеек которого связаны через сумматор по mod 2 с входом. Номер ячеек с отводами определяется примитивным полиномом  $H(x) = n_{m-1}x^{m-1} + n_{m-2}x^{m-2} + \dots + n_1x + n_0$ . Для каждого контролируемого устройства, имеющего  $m$  входов ( $m$  ячеек сдвигового регистра генератора), выбирается единственный примитивный полином степени  $m$ , коэффициенты которого определены на множестве  $\{0, 1\}$ , позволяющий получить полный набор  $2^m - 1$  последовательностей из  $m$  нулей и единиц. Из набора исключается последовательность, состоящая из одних нулей. Отводы осуществляются от ячеек, номера которых равны степени нулевых членов примитивного полинома. Кроме аппаратурной реализации, возможна программная реализация псевдослучайных последовательностей с использованием системы команд соответствующей микропроцессорной системы. Пусть необходимо построить схему генератора псевдослучайных последовательностей для объектов контроля, имеющих пять входов, используя примитивный полином  $n(x) = x^5 + x^2 + 1$  и написать программу для наблюдения последовательностей, используя систему команд микропроцессора 580ИК80.

Решение заключается в следующем. Генератор состоит из регистра сдвига, включающего пять разрядов по числу выходов генератора, равных числу входов контролируемого объекта. Так как примитивный полином имеет ненулевые коэффициенты при  $x^2$  и  $x^0$ , обратные связи на вход регистра заводятся через сумматор со второй и нулевой ячеек. Схема генератора представлена на рисунке.

При разработке программы наблюдения последовательностей используется мнемокод микропроцессора 580ИК80. Ниже приводится программа наблюдения двоичных последовательностей типа



000 $n_1n_3n_2n_1n_0$  с учетом восьмизарядной шины данных микропроцессора.

Метки	Команды	Комментарий
WZ:	LXI H, SK	Ввод масок M1=00000001 M2=00000101 для выделения необходимых разрядов по адресам (SK) и (SK+1). Ввод по адресу (SK+2) исходного набора 00011111 и в регистр B. Выделение разрядов, подлежащих суммированию, с помощью маски M3.
	LVI M, 01	
	INX H	
	MVI M, 05	
	INX H	
	MVI IF	
	MOV A, M	
	MOV B, M	
	DCX H	
	ANA M	
WR:	MVI C, 04	Вычисление суммы SUM разрядов, подлежащих суммированию, размещение результатов в регистре E.
	DCR C	
	JZ WN	
	RRC,	
	JNC, WR	
WN:	JNRE	Выделение последнего разряда SUM путем маскирования маской M1 (суммирование по под 2).
	JMP WR	
	MOV A, E	
	DCX, H	
	ANA, M	
WW:	MVT C, 04	Перемещение последнего разряда в пятый разряд, получение последовательности 000 $n_4$ 0000, результат перемещается в регистр E, количество шагов в цикле (в данном случае 4) определяется позицией старшего разряда. Извлечение набора из регистра B сдвиг его вправо, сложение с содержимым регистра E. Выделение последовательности в виде 000 $n_4n_3n_2n_1n_0$ маскированием с помощью маски, функцию которой выполняет исходная последовательность. Останов, последовательность наблюдается на термине. Возврат на начало цикла с целью получения новой последовательности.
	RLC	
	DCRC	
	JNZ WW	
	MOV E, A	
	MOV A, B	
	RRC	
	ADD E	
	JNX H	
	JNX H	
	ANA, M	
	HLT	
	пуск	
	JMP WZ	

Таким образом, при известной диагностической модели РЭС, представленной в виде таблицы, отражающей связь между состояниями проверками и реакциями РЭС на проверки, возможна постановка и решение задачи определения оптимального перечня проверок. При известных вероятностях и времени, затраченном на проверки, решается задача определения оптимальной последовательности проверок. Если априорная информация об объекте практически отсутствует, целесообразно проведение случайного поиска, при этом для генерирования псевдослучайных уровней сигналов возможна программная реализация генератора псевдослучайных двоичных последовательностей.

Список литературы: 1. Мозгалевский А. В., Калявин В. П., Костанди Г. Г. Диагностирование электронных систем / Под ред. А. В. Мозгалевского. Л., 1984. 224 с.  
2. Сарвате Д. В., Перели М. Б. Взаимно-корреляционные свойства псевдослучайных и родственных последовательностей // Тр. Ин-та инж. по электротехнике и радиоэлектронике. 1980. Т. 68, № 5. С. 59—90.

Поступила в редколлегию 02.03.90