

9. Shumilova G. P., Gotman A. D., Startseva T. B. Short-term forecasting of electrical using artificial neural networks // Electricity, 1999, № 10. P. 6-12 С.
10. Benn A. I., Farmer D. U. Comparative predictive model of the electrical load. – М: Energoatomizdat, 1987. – 200 С.
11. Gursky S. Kaliev Adaptive time series forecasting in the electric power industry. – Мinsk.: Science and technology, 1983. – 271 С.
12. Gupta P. K. Interval daily forecasting of loads with the use of meteorological information. // In the book. Comparative predictive model of the electrical load. – М: Energoatomizdat, 1987. – P. 39-50 С.
13. Galushkin A. I. Theory of neural networks. – М: IPRRGR, 2000. – 416 С.

Стаття надійшла до редакції 12.12.2013 р.

УДК 517.1

М. П. Матвієнко, канд. техн. наук (Конотопський інститут Сумського державного університету)

ПРО ОДИН "РУЧНИЙ" МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЛМ

M. P. Matviienko, cand. of tech. sciences (Konotop Institute of Sumy State University)

ABOUT A «MANUAL» DESIGN METHOD OF AUTOMATION SYSTEMS WITH THE USE OF PLA

Розглянуто один "ручний" метод проектування систем автоматики з застосуванням програмуємих логічних матриць (ПЛМ), який оснований на шести етапах проектування (від алгоритму роботи системи до її побудови і програмування), використовуючи теорію автоматів і комп'ютерну логіку. Застосування методу продемонстровано на конкретному прикладі.

Ключові слова: проектування, алгоритм, метод, система, математична модель, канонічні рівняння, програмуємі логічні матриці (ПЛМ).

Рассмотрен один "ручной" метод проектирования систем автоматики с применением программируемых логических матриц (ПЛМ), основанный на шести этапах проектирования (от алгоритма работы системы к ее построению и программирования), используя теорию автоматов и компьютерную логику. Применение метода продемонстрировано на конкретном примере.

Ключевые слова: проектирование, алгоритм, метод, система, математическая модель, канонические уравнения, программируемые логические матрицы (ПЛМ).

Considered a "manual" method of design automation systems using programmable logic arrays (PLA), which is based on the six stages of designing (on the algorithm of the system before its construction and programming), using automata theory and computer logic. Application of the method is demonstrated on a concrete example.

Keywords: design, algorithms, methods, systems, mathematical model, the canonical equation programmable logic array (PLA).

Вступ. Розвиток систем автоматизації пов'язаний з використанням різних методів їх проектування і застосуванням різної елементної бази. Проте, для побудови простих і надійних систем автоматики, доцільно розпочинати із алгоритму їх роботи, заданого у вигляді математичних моделей (абстрактний і структурний синтез автоматів), застосувавши при цьому і ПЛМ, з конкретними етапами при проектуванні системи.

Мета роботи – показати можливість ефективного, простого, поетапного проектування різноманітних простих і надійних систем автоматики із застосуванням "ручного" методу заснованого на структурному синтезі теорії автоматів, з використанням автоматів Мура, комп'ютерної логіки і програмованих логічних матриць (ПЛМ).

Викладення матеріалу. Для ефективного і простого проектування надійних систем автоматики необхідно його здійснювати поетапно (науково обгрунтовано), показуючи в якій послідовності і що необхідно робити на кожному етапі проектування для побудови надійної системи. Такий підхід дає можливість спростити весь етап проектування, підвищити його ефективність, спростити апаратну частину системи при проектуванні, підвищивши її надійність. Виходячи із цього, етапи проектування таких систем мають наступний зміст.

Перший етап проектування.

На першому етапі проектування, на основі словесного або іншого способу задання алгоритму роботи системи [1], будують її абстрактну математичну модель роботи, яку задають, як правило, у вигляді графа автомата Мура [1,2]. Для цього, дугам математичної моделі присвоюють значення вхідних змінних, а станам системи – значення вихідних змінних.

Другий етап проектування.

На другому етапі проектування, використовуючи отриману на першому етапі абстрактну математичну модель роботи системи у вигляді автомата Мура, визначають кількість елементів пам'яті, яку необхідно застосувати до моделі, щоб відтворити їх, шляхом відповідного кодування [2,3]. Якщо в якості елементів пам'яті використовують RS – тригера, то їх кількість знаходять із виразу $N = \log_2 Q$, де Q – кількість станів абстрактної математичної моделі

роботи системи. Для кодування станів абстрактної математичної моделі роботи системи, без урахування її діагностування, як правило, використовують двійковий нормальний код [3, 4]. Тобто, кожному стану системи присвоюють відповідне двійкове значення коду.

Третій етап проектування.

На третьому етапі проектування систем автоматики, по побудованій на другому етапі структурній математичній моделі роботи системи, будують таблицю її переходів – виходів, у якій закладені функції роботи системи при переході її із одного стану у другий, функції, які виробляє система при управлінні зовнішнім об'єктом.

Четвертий етап проектування.

На четвертому етапі проектування, користуючись побудованою на третьому етапі таблицею переходів – виходів, знаходять канонічні рівняння роботи системи автоматики. В канонічні рівняння роботи системи входять рівняння управління елементами пам'яті, вибраними на другому етапі проектування (функції переходів), а також рівняння управління, які виробляє система при управлінні зовнішнім об'єктом [5]. На даному етапі проектування виконують також і мінімізацію отриманих канонічних рівнянь, застосовуючи для цього відповідні методи (Карно, Вейча, тощо).

П'ятий етап проектування.

На п'ятому етапі проектування вибирають необхідну (необхідні) ПЛМ, з урахуванням кількості входів-виходів, числа кон'юнкторів і диз'юнкторів, які необхідні для реалізації канонічних рівнянь роботи системи [6]. До входів вибраної (вибраних) ПЛМ підключають входні змінні, які задані в алгоритмі роботи системи (перший етап проектування), а її (їх) виходи – до входів елементів пам'яті, які реалізують функції переходів в канонічних рівняннях роботи системи (четвертий етап проектування). Одні із виходів елементів пам'яті підключають до входів вибраної (вибраних) ПЛМ. До інших виходів ПЛМ підключають об'єкти управління, на які надходять сигнали від проектуємої системи управління.

Шостий етап проектування.

На шостому етапі проектування відбувається програмування вибраної (вибраних) ПЛМ. Згідно отриманих канонічних рівнянь роботи системи присвоюємо номера кон'юнкторів їх термам. Якщо в якості ПЛМ вибрана мікросхема K556PT1, то при програмуванні кон'юнкторів змінну x_i , яка входить в кон'юнкцію прямим значенням програмують "1", якщо інверсним – "0", а якщо не входить зовсім, то – "*", що означає переплавлення перемички. При програмуванні диз'юнкторів належність k_j до даної функції позначають в

таблиці знаком "А", а його відсутність позначають знаком "*", що означає перепалювання перемички. Високий рівень активності виходу програмується "1", а низький – "0". На всіх невикористаних входах і виходах мікросхеми K556PT1 перемички перепалюються. Результати програмування представляють у вигляді відповідної таблиці програмування [7].

Реалізацію етапів проектування системи автоматизації розглянемо при її побудові з використанням мікросхеми серії K556PT1 і RS – тригерів. Для спрощення розгляду метода проектування, у якості прикладу використаємо абстрактну модель системи автоматизації, яка приведена на рис. 1.

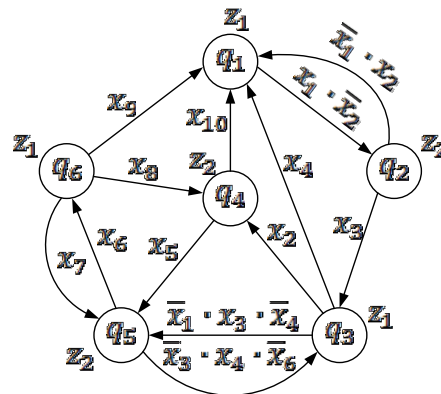


Рис. 1. Алгоритм роботи системи автоматичного управління:

x_1, \dots, x_{10} – вхідні змінні системи; z_1, z_2 – сигнали, які видає система на об’єкт управління; q_1, \dots, q_6 – абстрактні позначення станів, в яких перебуває система при управлінні

Побудову даної системи необхідно виконати таким чином, щоб її схема управління була з низьким рівнем активності для вихідної функції z і високим – для решти функцій.

Використовуючи другий етап проектування перетворюємо абстрактну модель системи у структурну. Щоб забезпечити реалізацію шести станів q_1, \dots, q_6 абстрактної моделі системи необхідно в структурній моделі мати згідно з формулою $n = \lceil \log_2 6 \rceil = 3$ три елементи пам’яті, які можуть задовільняти реалізацію восьми станів: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 111. В нашому випадку для кодування станів абстрактної моделі системи використаємо кодові стани: $q_1 \rightarrow 000$; $q_2 \rightarrow 001$; $q_3 \rightarrow 010$; $q_4 \rightarrow 011$; $q_5 \rightarrow 110$; $q_6 \rightarrow 101$. В результаті цього структурна модель системи матиме вигляд, на рис. 2.

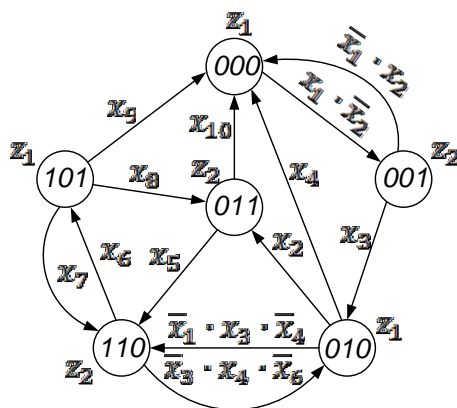


Рис. 2. Структурна модель системи автоматизації

Використовуючи третій етап проектування системи будуюмо відмічену таблицю переходів – виходів автомата Мура. В рядки таблиці заносимо вхідні змінні роботи системи, а в стовпчики – закодовані стани роботи системи та значення її вихідних функцій.

Таблиця 1. Відмічена таблиця переходів автомата Мура

q_j	z_k	z_1	z_2	z_1	z_2	z_2	z_1
x_i	q_j	000	001	010	011	110	101
$x_1 \cdot \bar{x}_2$		001	—	—	—	—	—
$\bar{x}_1 \cdot x_2$		—	000	—	—	—	—
x_3		—	010	—	—	—	—
x_4		—	—	000	—	—	—
x_2		—	—	011	—	—	—
$\bar{x}_1 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4$		—	—	110	—	—	—
$\bar{x}_3 \cdot x_4 \cdot \bar{x}_6$		—	—	—	—	010	—
x_5		—	—	—	110	—	—
x_6		—	—	—	—	—	110
x_7		—	—	—	—	—	110
x_8		—	—	—	—	—	011
x_9		—	—	—	—	—	000
x_{10}		—	—	—	000	—	—

На четвертому етапі проектування системи автоматики, користуючись табл. 1, отримаємо канонічні рівняння роботи схеми, які матимуть наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
z_1 &= \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3 \vee y_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_3 ; \\
z_1 &= \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_3 \vee \bar{y}_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \vee y_1 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3 ; \\
\varphi_1^1 &= \bar{x}_1 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3 \vee x_5 \cdot y_2 ; \\
\varphi_1^0 &= \bar{x}_3 \cdot x_4 \cdot \bar{x}_6 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3 \vee x_9 \cdot \bar{y}_2 ; \\
\varphi_2^1 &= x_3 \cdot \bar{y}_3 \vee x_6 \cdot y_1 \vee x_7 \cdot y_1 \vee x_8 \cdot y_3 ; \\
\varphi_2^0 &= x_4 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_3 \vee x_{10} \cdot \bar{y}_1 ; \\
\varphi_3^1 &= x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \vee x_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot y_2 ; \\
\varphi_3^0 &= \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \vee x_3 \cdot \bar{y}_1 \vee x_5 \cdot y_2 \vee x_6 \cdot y_1 \vee x_7 \cdot y_1 \vee x_9 \cdot \bar{y}_2 ,
\end{aligned}$$

де $\varphi_1^1, \varphi_2^1, \varphi_3^1$ і $\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0$ – функції включення і виключення відповідно першого, другого і третього елементів пам'яті структурної моделі системи; $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3$ – сигнали на виходах першого, другого і третього елементів пам'яті, які відповідають логічним сигналам “1” і “0” відповідно; z_1, z_2 – сигнали управління, які видає система.

Функція φ_1 відповідає елементу кода розміщеного зліва, а φ_3 – справа.

Як помітно із отриманих рівнянь, їх мінімізація не потрібна, тому переходимо до п'ятого етапу проектування системи, де необхідно вибрати відповідну ПЛМ. Виходячи з канонічних рівнянь роботи, ПЛМ повинна відповідати наступним даним. Кількість кон'юнкторів у ній повинно бути не менше 2, диз'юнкторів не менше 8, вхідних змінних не менше 12. Таким властивостям відповідає ПЛМ, мікросхема серії K556PT1, яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації восьми функцій і 48 кон'юнкторів.

До входів вибраної ПЛМ підключають вхідні змінні, які задані в алгоритмі роботи системи, а її виходи – до входів елементів пам'яті ($\varphi_1^1, \varphi_2^1, \varphi_3^1$ і $\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0$), які реалізують функції переходів в канонічних рівняннях роботи системи (див. рис.3). Одні із виходів елементів пам'яті підключають до входів вибраної ПЛМ (y_1, y_2, y_3). До інших виходів ПЛМ підключають об'єкт управління, на який надходять сигнали (z_1, z_2) від проектуємої системи управління.

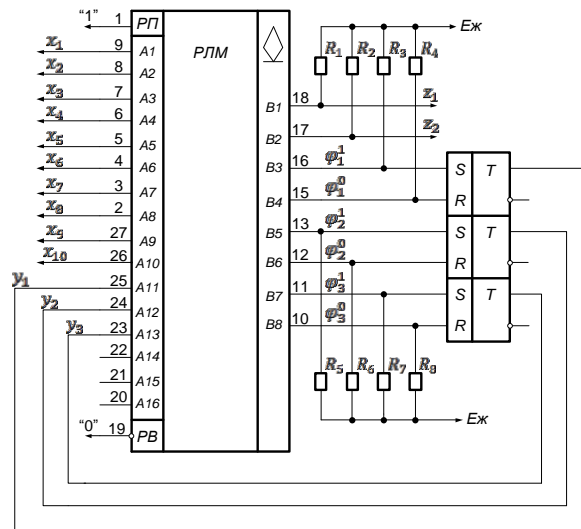


Рис. 3. Схема автоматизації, що реалізує канонічні рівняння роботи системи

Користуючись шостим етапом проектування переходимо до програмування канонічних рівнянь роботи системи, отриманих на п'ятому етапі. Для цього у функціях $z_1, z_2, \varphi_1^1, \varphi_1^0, \varphi_2^1, \varphi_2^0, \varphi_3^1, \varphi_3^0$ присвоюємо номери кон'юнкторів наступним чином :

$$\begin{aligned}
 k_1 &= \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_3; k_2 = \bar{y}_1 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3; k_3 = y_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_3; k_4 = \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_3; \\
 k_5 &= \bar{y}_1 \cdot y_2 \cdot y_3; k_6 = y_1 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3; k_7 = \bar{x}_1 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3; k_8 = x_5 \cdot y_2; \\
 k_9 &= \bar{x}_3 \cdot x_4 \cdot \bar{x}_6 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_3; k_{10} = x_9 \cdot \bar{y}_2; k_{11} = x_3 \cdot \bar{y}_3; k_{12} = x_6 \cdot y_1; \\
 k_{13} &= x_7 \cdot y_1; k_{14} = x_8 \cdot y_3; k_{15} = x_4 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_3; k_{16} = x_{10} \cdot \bar{y}_1; \\
 k_{17} &= x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2; k_{18} = x_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot y_2; k_{19} = \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2; \\
 k_{20} &= x_3 \cdot \bar{y}_1; k_{21} = x_5 \cdot y_2; k_{22} = x_6 \cdot y_1; k_{23} = x_7 \cdot y_1; k_{24} = x_9 \cdot \bar{y}_2.
 \end{aligned}$$

Перед програмуванням канонічних рівнянь роботи в мікросхемі K556PT1 [7], будемо таблицю і заносимо до неї вхідні і вихідні змінні, а також отримані вище кон'юнктори канонічних рівнянь роботи системи.

Таблиця 2. Програмування в ПЛМ канонічних рівнянь роботи системи

		Кон'юнктори												Рівень активності									
		Вхідна змінна												0	0	1	1	1	1	1	1		
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	y_1	y_2	y_3	Вихідна функція								
k	1	Номер програмуємого входу												z_1	z_2	φ_1^1	φ_1^0	φ_2^1	φ_2^0	φ_3^1	φ_3^0		
		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k_1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	0	A	*	*	*	*	*	*	*	*	
k_2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	1	0	A	*	*	*	*	*	*	*	*	
k_3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	0	1	A	*	*	*	*	*	*	*	*	
k_4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	1	*	A	*	*	*	*	*	*	*	
k_5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	1	1	*	A	*	*	*	*	*	*	*	
k_6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	1	1	*	A	*	*	*	*	*	*	*	
k_7	0	*	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*	*	*	*	*	
k_8	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	A	*	*	*	*	*	
k_9	*	*	0	1	*	0	*	*	*	*	*	1	0	*	*	*	*	A	*	*	*	*	
k_{10}	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*	0	*	*	*	*	A	*	*	*	*	
k_{11}	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	A	*	*	*	
k_{12}	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	A	*	*	*	
k_{13}	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
k_{14}	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	A	*	*	*	
k_{15}	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	0	*	0	*	*	*	*	*	*	A	*	*	
k_{16}	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*	*	
k_{17}	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*	
k_{18}	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*
k_{19}	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A
k_{20}	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A
k_{21}	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A
k_{22}	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A
k_{23}	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A
k_{24}	*	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A

На невикористаних входах A_{14}, \dots, A_{16} з номерами кон'юнктерів k_1, \dots, k_{24} перемички перепалюються.

Висновки

В статті для розроблення ефективних, простих і надійних систем автоматики запропонований "ручний" метод проектування систем автоматики із застосуванням ПЛМ, який оснований на шести етапах (від алгоритму роботи до побудови системи і її програмування) з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки. Реалізацію запропонованого проектування розглянуто на прикладі.

Список використаних джерел

1. Matvienko M.P. Komp'juterna logika / M.P. Matvienko – K.: Lira, 2012. – 286 s.
2. Baranov S. I. Sintez mikroprogrammnyh avtomatov / S. I. Baranov – Leningrad: Jenergija, 1979. – 232 s.
3. Zhabin V.I. Prikladna teorija cifrovih avtomativ / V.I. Zhabin, I.A. Zhukov, I.A. Klimenko, V.V. Tkachenko – K.: V-ctvo NAU, 2007. – 364s.
4. Zhabin V.I. Cifrovi avtomati. Praktikum / V.I. Zhabin, V.V. Tkachenko – K.: VEK+, 2004. – 160 s.
5. Matvienko M.P., Rozen V.P. Komp'juterna shemotehnika / M.P. Matvienko, V.P. Rozen – K.: Lira, 2013. – 189 s.
6. Ugrjumov E. P. Cifrovaja shemotehnika / E. P. Ugrjumov – SPB.: BHV-Peterburg, 2001. – 528 s.
7. Otrasevoj standart. OST 11.340.915-82. Mikroshemy interal'nye serii 556(556RT1, 556RT2), R556(R556RT1, R556RT2) / Rukovodstvo po primeneniju OKP. 623 000. – 51 s.