

Научная статья

УДК 621.9.067

doi 10.34216/2587-6147-2021-2-52-84-87

**Владимир Викторович Романов**

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

wwr52@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5776-4787>

## ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИЕЙ

**Аннотация.** В данной статье приводится анализ логических функций управления промышленным роботом с элементами искусственного интеллекта. Исходные условия производственной ситуации дополнены компонентами, позволяющими существенно упростить математический аппарат управляющей программы. В результате минимизации получены очевидные для понимания условия реализации задачи управления. Выведенные выражения удобно использовать не только в производственных условиях, но и в учебном процессе. Данная задача включена в лабораторный цикл по дисциплине «Управление процессами и системами в машиностроении».

**Ключевые слова:** робот, управление, минимизация, карта Карно, логическая функция, датчики, токарная операция

**Для цитирования:** Романов В. В. Оптимизация алгоритма управления роботизированной токарной операцией // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 84–87. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-84-87>.

Original article

**Vladimir V. Romanov**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

## OPTIMISATION OF THE ALGORITHM FOR CONTROLLING A ROBOTIC TURNING OPERATION

**Abstract.** This article provides an analysis of the logical functions of industrial robot control with elements of artificial intelligence. The initial conditions of the production situation are supplemented with components that make it possible to significantly simplify the mathematical apparatus of the control program. As a result of minimisation, the conditions for the implementation of the control task are clear for understanding. The derived expressions are convenient to use not only in production conditions, but also in the educational process. This task is included in the laboratory cycle on the discipline “Process and system management in mechanical engineering”.

**Keywords:** robot, control, minimisation, Karnaugh map, logic function, sensors, turning operation

**For citation:** Romanov V. V. Optimization of the algorithm for controlling a robotic turning operation. *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;2(52):84–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-84-87>.

Современный уровень развития вычислительной техники позволяет создавать технологические комплексы с различным набором функций. При наличии соответствующих интерфейсов сопряжения представляется возможной разработка таких систем управления, которые могут расширить или даже в корне изменить набор типовых функций ранее разработанных устройств.

Наиболее перспективными в условиях ГАП могут быть роботы, оснащенные средствами осязания или, что еще лучше, средствами распознавания образов. Распознавание образов – достаточно сложная задача, и она может решаться с различной степенью детализации. Это могут быть системы технического зрения (СТЗ), а мо-

гут быть достаточно простые тактильные средства осязания. На кафедре технологии машиностроения КГУ ведутся работы в обоих направлениях. В статье рассмотрен пример задачи, впервые поставленной в работе профессора Ю. С. Шарина [1, с. 134]. Однако полученные в данной работе результаты путем некоторых дополнительных допущений в значительной степени могут быть оптимизированы.

Постановка задачи: пусть восемь типовых валов в произвольном порядке поступают по лотку (рис. 1). Робот обслуживает два токарных станка, один – с патроном для большого диаметра, другой – с патроном для малого диаметра. Робот должен самостоятельно решить, в какой станок осуществить загрузку детали и сообщить системе программного управления (УЧПУ) станка номер технологии или

передать в УЧПУ текст управляющей программы. Задача распознавания образов решается посредством тактильных датчиков, выполненных в виде концевых выключателей. Определим число датчиков робота и место их расположения.

Очевидно, что для распознавания деталей достаточно четырех датчиков, обозначим их  $a, b, c, d$ . Каждый датчик настроен на два параметра:  
 – большой диаметр –  $a, b, c, d$ ;  
 – малый диаметр –  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ .

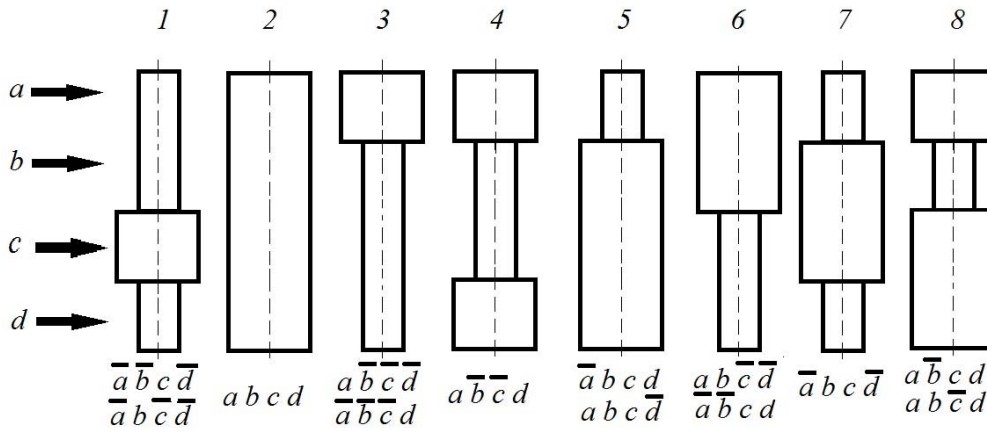


Рис. 1. Типы распознаваемых валов

Определим кодовую комбинацию состояний датчиков, которую можно поставить в соответствие типоразмеру. Все детали разобьем на симметричные и несимметричные. Для несимметричных деталей комбинация зависит от их положения в лотке:

- деталь 1 имеет комбинации  $\bar{a} \bar{b} c \bar{d}$  или  $\bar{a} b \bar{c} \bar{d}$ ;
- деталь 2 –  $a b c d$ ;
- деталь 3 –  $a \bar{b} \bar{c} \bar{d}$  или  $\bar{a} \bar{b} \bar{c} d$  и т. д.

Исходя из положений алгебры логики для четырех конфигураций ступеней, каждая из которых может быть представлена двумя состояниями, всего комбинаций может быть представлено  $n = 2^4 = 16$ . Все комбинации представлены в табл. 1.

1. Определим распределение деталей по группам. К большому диаметру отнесем детали 2, 4, 8; к малому диаметру – детали 1, 7. Детали 3, 5, 6 могут быть загружены с большим и малым диаметром. Пусть по требованиям процесса они должны быть отнесены к группе большого диаметра.

2. Составим алгоритм загрузки для станка с патроном большого диаметра. Для этого проведем логическое сложение конституэнтов соответствующих деталей. Если деталь несимметрична, берем оба конституэнта (мы не знаем, как будет лежать деталь в лотке):

$$P_{\text{БД}} = abcd + a\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + a\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}bcd + abc\bar{d} + ab\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}cd + a\bar{b}cd + ab\bar{c}d. \tag{1}$$

Таблица 1

Комбинации состояний

№ комбинации	Кодировка	№ вала	Действие
1	$\bar{a} \bar{b} \bar{c} \bar{d}$	Не используется в работе [1]	
2	$\bar{a} \bar{b} c \bar{d}$	1	
3	$\bar{a} \bar{b} c d$	6	Реверс
4	$\bar{a} \bar{b} \bar{c} d$	3	Реверс
5	$a \bar{b} \bar{c} \bar{d}$	3	
6	$a \bar{b} c \bar{d}$	Не используется в работе [1]	
7	$a \bar{b} c d$	8	
8	$a \bar{b} \bar{c} d$	4	
9	$a b \bar{c} \bar{d}$	6	
10	$a b c \bar{d}$	5	Реверс
11	$a b c d$	2	
12	$a b \bar{c} d$	8	Реверс
13	$\bar{a} b \bar{c} \bar{d}$	1	Реверс
14	$\bar{a} b c \bar{d}$	7	
15	$\bar{a} b c d$	5	
16	$\bar{a} b \bar{c} d$	Не используется в работе [1]	

Срабатывание реагирующего органа  $P_{БД}$  дает роботу сигнал для загрузки станка с патроном большого диаметра.

1. Минимизация логической формулы управления (1), выполненная в работе [1], дала результат:

$$P_{БД} = a\bar{b}\bar{c} + \bar{b}d + ab + bcd; \quad (2)$$

2. Алгоритм загрузки станка с патроном малого диаметра:

$$P_{МД} = \bar{a}\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} + \bar{a}bc\bar{d}; \quad (3)$$

после преобразования в работе [1]:

$$P_{МД} = [\bar{a}\bar{d}(b+c)]; \quad (4)$$

3. Несимметричные детали при неправильной ориентации перед загрузкой необходимо повернуть на  $180^\circ$ :

$$P_{РОТ} = (\bar{a}bcd + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}cd); \quad (5)$$

после преобразования в работе [1]:

$$P_{РОТ} = (\bar{a}b\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}d + abcd + ab\bar{c}d). \quad (6)$$

Минимизированные в работе [1] логические функции управления (2), (4) и (6) являются не оптимальными и весьма сложными для практической реализации. Метод непосредственного упрощения, примененный в этой работе, является неочевидным и малоцелесообразным. Наилучшие результаты минимизации достигаются путем применения карт Карно, или (иное название) диаграмм Вейча (рис. 2) [2, с. 25; 3, с. 13]. После подстановки единичных констант из формулы (1) получим рабочую карту, которую дополним выражениями ( $1^*$  и  $1^{**}$ ) (табл. 2), а именно:  $\Delta P_{БД} = a\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d$ .

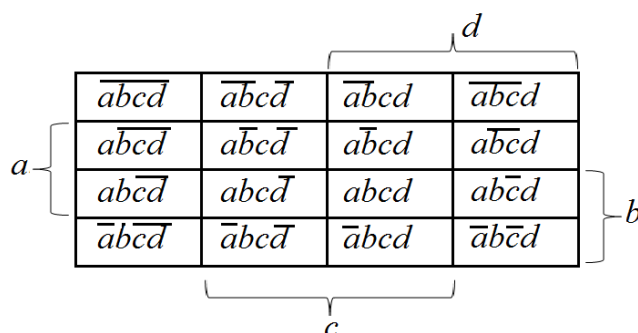


Рис. 2. Эталонная карта Карно для четырех переменных

Таблица 2  
Пример рабочей карты Карно для функции  $P_{БД}$

		1	1
1	$1^*$	1	1
1	1	1	1
		1	$1^{**}$

Очевидно, что такое описание соответствует валу № 9 с конфигурациями  $\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}$  или  $\bar{a}\bar{b}\bar{c}d$  (рис. 3).

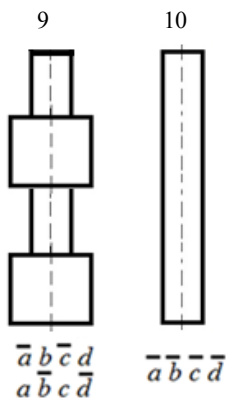


Рис. 3. Дополнение набора валами № 9 и № 10

В соответствии со свойствами карты Карно после анализа контуров № 1 и № 2 получаем минимизированное выражение (рис. 4).

Анализ контуров № 1 и № 2 показывает, что минимизированное выражение примет вид:

$$P_{БД} = a + d, \quad (7)$$

что вполне естественно, так как к большому диаметру относится вал, у которого хотя бы один торец имеет большой диаметр.

Аналогично рассуждая и дополнив номенклатуру валов еще одним валом № 10 (см. рис. 3), составим карту Карно (рис. 5a) и получим логическую функцию управления роботом при загрузке станка с патроном малого диаметра:

$$P_{МД} = \bar{a} \cdot \bar{d}, \quad (8)$$

т. е. оба торца детали должны быть малого диаметра.

Перепишем логическую функцию управления «Вал большого диаметра, требующий ротации» с учетом добавления вспомогательных валов.

$$P_{РОТ} = (\bar{a}bcd + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}b\bar{c}d).$$

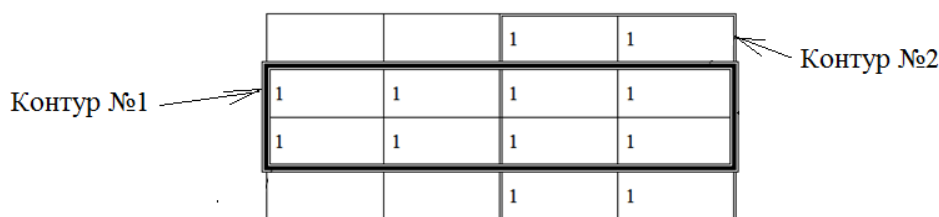


Рис. 4. Выделение контуров для минимизации

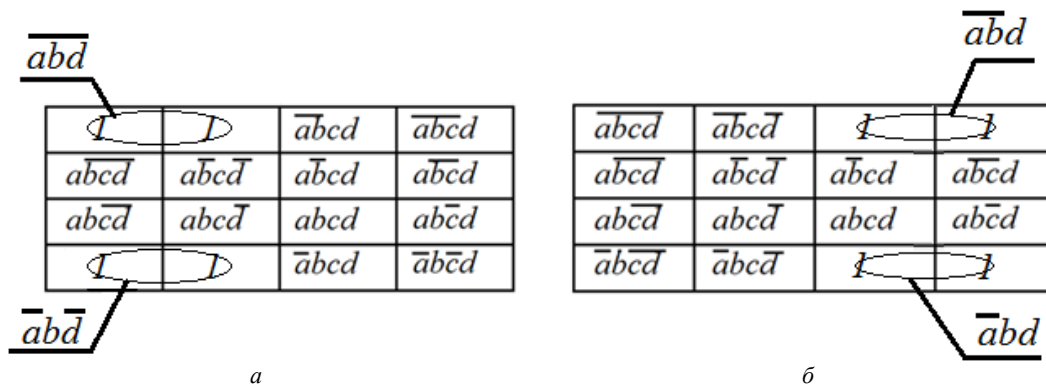


Рис. 5. Рабочая карта Карно:  
а – для функции  $P_{мд}$ ; б – для функции  $P_{рот}$

Заполним рабочую карту Карно (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Рабочая карта Карно для функции  $P_{рот}$

		1	1
		1	1*

После минимизации условие ротации вала (поворот на 180°) примет вид (см. рис. 5б):

$$P_{рот} = \bar{a} \cdot d. \tag{9}$$

### ВЫВОДЫ

1. Использование карт Карно и добавление недостающих конфигураций валов позволило получить очевидные и полностью минимизированные выражения.

2. Использование полученных выражений значительно упрощает программирование систем управления и позволяет исключить из системы распознавания ненужные для решения задачи датчики  $b$  и  $c$ .

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. М. : Машиностроение, 1986. 176 с.
2. Гольденберг Л. М., Малев В. А., Малько Г. Б. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Задачи и управления : учеб. пособие для вузов. М. : Радио и связь, 1992. 226 с.
3. Булева алгебра и логические элементы : методические указания по дисциплине «Дискретная математика» для студентов заочной формы обучения специальностей 230201 «Информационные системы и технологии» и 230102 «Автоматизированные системы обработки информации и управления» / сост. Никищенко С. А., Смышляев В. А., Припутников А. П. Самара : СамГАПС, 2004. 20 с.

### REFERENCES

1. Sharin Yu. S. Tekhnologicheskoe obespechenie stankov s CHPU. M. : Mashinostroenie, 1986. 176 s.
2. Gol'denberg L. M., Malev V. A., Mal'ko G. B. Cifrovye ustrojstva i mikroprocessornye sistemy. Zadachi i upravleniya : ucheb. posobie dlya vuzov. M. : Radio i svyaz', 1992. 226 s.
3. Buleva algebra i logicheskie elementy : metodicheskie ukazaniya po discipline "Diskretnaya matematika" dlya studentov zaочноj formy obucheniya special'nostej 230201 "Informacionnye sistemy i tekhnologii" i 230102 "Avtomatizirovannye sistemy obrabotki informacii i upravleniya" / sost. Nikishchenkov S. A., Smyshlyayev V. A., Priputnikov A. P. Samara : SamGAPS, 2004. 20 s.

Статья поступила в редакцию 09.03.2021  
Принята к публикации 27.05.2021