

СИНТЕЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА АППАРАТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Д. В. Шпаковская, Л. В. Мацевитый

К и е в

Ведущийся в настоящее время учет угля, отгружаемого шахтой для обогатительной фабрики по усредненным показателям (усредненному весу пустых вагонеток, удельному весу угля и объемному заполнению вагонов полезным ископаемым), весьма не точен. Точность учета еще более снижается в условиях, когда вес тары (вагонеток) может меняться в большом диапазоне.

Необходим более точный учет веса полезного ископаемого, отгруженного шахтой ЦОФ-у. Аппаратура автоматического взвешивания полезного ископаемого (ИВА) позволяет определять его чистый вес. Магнитоупругие датчики веса устанавливаются перед разгрузочным пунктом ЦОФ для взвешивания груженой вагонетки и после разгрузочного пункта — для взвешивания пустой. Вычислительное устройство аппаратуры взвешивания производит вычитание веса пустой вагонетки из веса груженой и суммирование чистого веса полезного ископаемого. Алгоритм работы вычислительного устройства следующий:

$$n = \sum_{i=1}^k \frac{1}{l} (P_i - q_i),$$

здесь P — вес груженой вагонетки;

q — вес пустой вагонетки;

l — шаг дискретности;

n — число отгруженных вагонеток.

Величины P и q поступают на вход вычислительного устройства (ВУ) с датчиков веса в виде непрерывных сигналов. Для преобразования P и q в цифровой код в устройстве автоматического взвешивания применяется преобразователь аналог-код, построенный по принципу поразрядного взвешивания. Дискретность преобразования $l = \frac{U_{\max}}{2^m - 1}$ (m — число разрядов преобразователя, а $U_{\max}$ — максимальная величина входного сигнала) определяет чувствительность ВУ аппаратуры взвешивания.

Результат взвешивания груженой вагонетки записывается в регистр ВУ и запоминается. После взвешивания пустой вагонетки и записи величины веса в другой регистр подается команда на вычитание. Чистый вес полезного ископаемого записывается в регистр и оттуда выдается на электромеханический счетчик. Таким образом, при снятии напряжения питания со всего устройства, запись веса полезного ископаемого не теряется.

Перезапись величины веса полезного ископаемого из регистра в электромеханический счетчик производится путем последовательного вычитания «1» из содержимого регистра до получения «0» во всех разрядах. Время перезаписи не превышает 1,3 сек и происходит на частоте 50 герц.

ВУ построено из элементов потенциального типа с одноступенчатой логикой «И-НЕ»:

$$y = \overline{x_1 x_2 \dots x_n} = \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \dots \vee \bar{x}_n.$$

Логическая функция, реализуемая элементом, отвечает условиям полноты, поэтому позволяет строить все ВУ из элементов одного типа. Схема элемента и его условное обозначение приведены на рис. 1, а, 1, б.

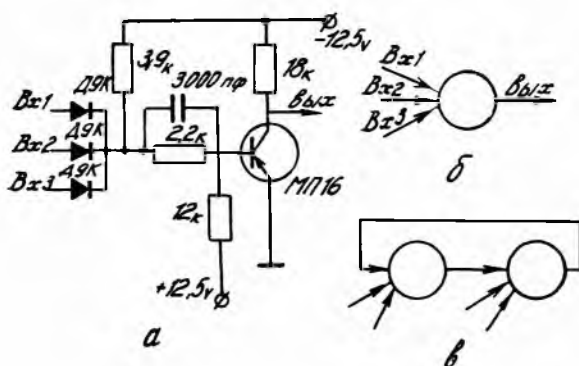


Рис. 1.

Элемент памяти образуется соединением двух элементов, как показано на рис. 1, в. Такое соединение работает как триггер с отдельными входами.

ВУ, рис. 4, состоит из регистров R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , вычитающего устройства автомата управления и автомата распределителя. Вычитающее устройство представляет собой одноразрядный вычитатель, который при помощи автомата распределителя подключается последовательно к разрядам регистров R_1 и R_2 , начиная с младших. Возникающий при вычитании займ запоминается в одноразрядном регистре R_4 . Очередной разряд разности запоминается в одноразрядном регистре R_3 , после чего записывается в соответствующий разряд R_1 . Таким образом, из содержимого регистра R_1 вычитается содержимое регистра R_2 , результат записывается в регистр R_1 . Необходимую для реализации алгоритма последовательность операций задает автомат управления.

Входной алфавит автомата управления ВУ содержит следующие сигналы:

- h_1 — сигнал прихода груженной вагонетки;
- h_2 — сигнал прихода пустой вагонетки;
- x_1 — сигнал окончания операций взвешивания (преобразования), перезаписи содержимого регистра R_2 в R_1 регистр или вычитания;
- t_1, t_2 — сигналы с частотой 50 герц для записи результата взвешивания в электромеханический счетчик.

Работа автомата управления задается микропрограммой:

1. Если ($h_1 = 1$), то $R_1 := R_2 := R_3 := R_4 := 0$ перейти к пункту 2 ($R_1 := R_2 := R_3 := R_4 := 0$ означает очистку регистров, $y_1 := 1$ — запуск преобразователя аналог-код). В противном случае перейти к пункту 1.
2. Если $x_1 = 1$, то перейти к пункту 3.

Перейти к пункту 2.

3. $R_1 := 'R_2$ ($R_1 := 'R_2$ означает пересылку содержимого R_2 в регистр R_1).

4. Если $x_1 = 1$, то переход к пункту 5. В противном случае перейти к пункту 4.

5. Если $h_2 = 1$, то $y_3 = 1$ ($y_3 = 1$ — запуск преобразователя аналог-код) перейти к пункту 6. В противном случае перейти к пункту 5.

6. Если $x_1 = 1$, то перейти к пункту 7. В противном случае перейти к пункту 6.

7. $R_1 := 'R_1 - 'R_2$ — перейти к пункту 8.

8. Если $x_1 = 1$, то перейти к пункту 9. В противном случае перейти к пункту 8.

9. Перейти к пункту 10.

10. $R_1 := 'R_1 - 1$ ($R_1 = R_1 - 1$ — вычитание из содержимого R_1 единицы), перейти к пункту 11.

11. Если $x_1 = 1$, то перейти к пункту 12. В противном случае перейти к пункту 11.

12. Если $'R_4 = 0$, то $y_6 = 1$ ($y_6 = 1$ означает посылку импульса на электромеханический счетчик), перейти к пункту 9. В противном случае перейти к пункту 1.

По микропрограмме легко построить абстрактный автомат, описывающий автомат управления. Его входной алфавит был приведен выше, а выходной алфавит такой:

y_1 — запуск преобразователя аналог-код для полной вагонетки;

y_2 — выполнение микрооперации; $R_1 := R_2$;

y_3 — запуск преобразователя аналог-код для пустой вагонетки;

y_4 — выполнение микрооперации $R_1 := 'R_1 - 'R_2$;

y_5 — выполнение микрооперации $R_1 := 'R_1 - 1$;

y_6 — импульс, выдаваемый на электромеханический счетчик.

Граф автомата управления приведен на рис. 2, а. Для кодирования состояний этого автомата применяется «соседнее» кодирование, которое обеспечивает отсутствия явления «гонок» [1]. Для кодирования состояний использованы переменные α , β , γ и δ . Развертка четырехмерного куба, используемая для «соседнего» кодирования, приведена на рис. 2, б. Здесь же записаны номера состояний автомата. Исходя из графа автомата и кода его состояний, можно найти функции возбуждения [1]:

$$\lambda_\alpha = \bar{\beta}\bar{\gamma}\bar{\delta}h_1 \vee \bar{\beta}\bar{\gamma}\delta t_1;$$

$$\mu_\alpha = \bar{\beta}\bar{\gamma}\bar{\delta}t_2 \vee \bar{\beta}\bar{\gamma}\delta x_1;$$

$$\lambda_\beta = \alpha\bar{\gamma}\bar{\delta}x_1;$$

$$\mu_\beta = \alpha\bar{\gamma}\bar{\delta}x_1;$$

$$\lambda_\gamma = \alpha\bar{\beta}\bar{\delta}x_1 \vee \alpha\bar{\beta}\bar{\delta}t_2;$$

$$\mu_\gamma = \alpha\bar{\beta}\bar{\delta}t_2;$$

$$\lambda_\delta = \alpha\bar{\beta}\bar{\gamma}t_2 \vee \alpha\bar{\beta}\bar{\gamma}x_1;$$

$$\mu_\delta = \alpha\bar{\beta}\bar{\gamma}h_2 \vee \alpha\bar{\beta}\bar{\gamma}t_2.$$

Микрооперация $R_1 := R_2'$ выполняется при помощи вычитания содержимого регистра R_2 из содержимого (предварительно очищенного) регистра R_1 . При этом перед операцией с каждым разрядом очищается регистр R_4 . Нетрудно убедиться, что такое вычитание эквивалентно пересылке содержимого регистра R_2 в регистр R_1 . Так как вычитание производится последовательно, начиная с младших разрядов, то необходимо

устройство для управления этой операцией. Таким устройством служит автомат-распределитель. Он же используется для работы преобразователя аналог-код, так как из микропрограммы следует, что вычитание и преобразование никогда не выполняются одновременно.

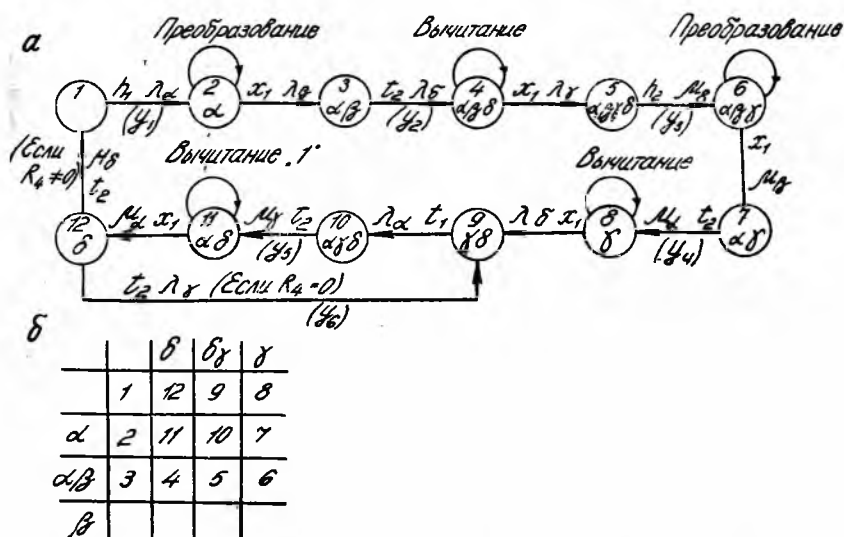


Рис. 2.

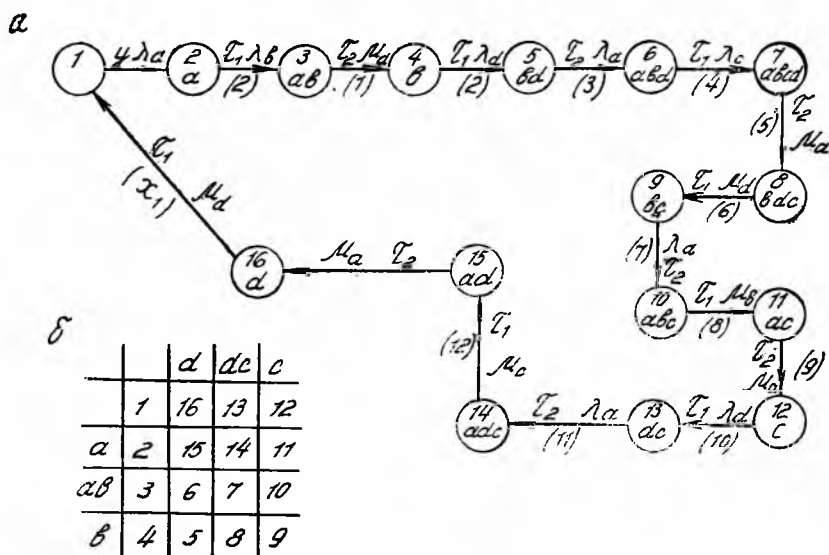


Рис. 3.

Автомат-распределитель представляет собой счетчик на 16 состояний. Переход из первого состояния происходит под действием любого из символов: y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 . Дальнейшие переходы происходят под действием гактирующих сигналов с частотой 7 кГц. При переходе в первое состояние вырабатывается сигнал x_1 , означающий конец операции. Граф автомата-распределителя приведен на рис. 3, а, а коды его состояний — на рис. 3, б.

При выбранном кодировании функции возбуждения автомата-распределителя получили:

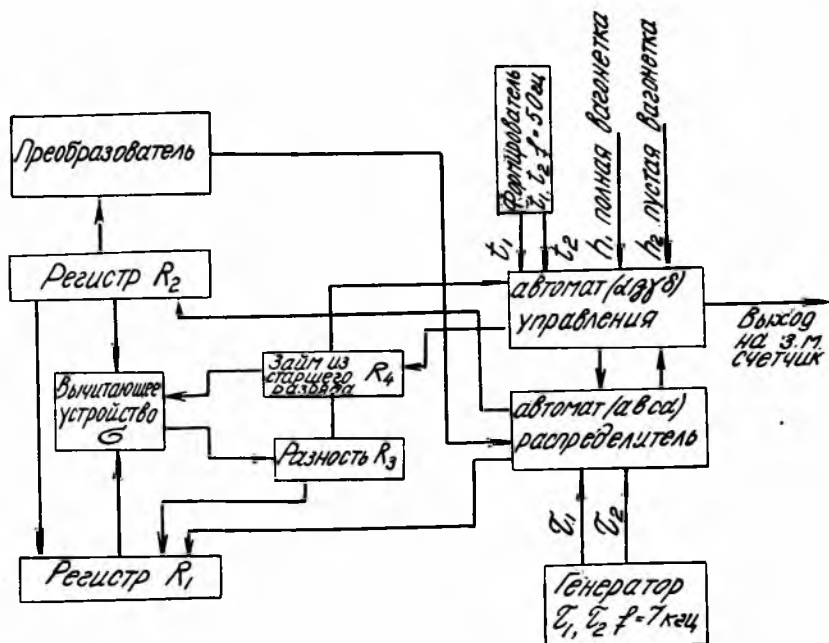


Рис. 4. Блок-схема вычислительного устройства.

$$\lambda_a = \bar{b}\bar{c}\bar{d}y \vee b\bar{c}\bar{d}\tau_2 \vee bc\bar{d}\tau_1 \vee \bar{b}c\bar{d}\tau_2;$$

$$\mu_a = bc\bar{d}\tau_2 \vee bc\bar{d}\tau_2 \vee \bar{b}c\bar{d}\tau_2 \vee \bar{b}c\bar{d}\tau_2;$$

$$\lambda_b = ac\bar{d}\tau_1;$$

$$\mu_b = ac\bar{d}\tau_1;$$

$$\lambda_c = ab\bar{d}\tau_1;$$

$$\mu_c = ab\bar{d}\tau_1;$$

$$\lambda_d = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\tau_1 \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\tau_1;$$

$$\mu_d = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\tau_1 \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\tau_1;$$

n	m	z	y	Σ
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Рис. 5. Табличная запись операции вычитания.

Преобразование аналог-код происходит в тех случаях, когда автомат управления находится в состоянии 2 или 6. Код состояния 2: 1000, а код состояния 6: 1110, поэтому условие выполнения преобразования будет:

$$P = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}.$$

Вычитание производят в тех случаях, когда автомат находится в состоянии 4 или 8, или 11. Код состояния 4: 1101, код состояния 8: 0010, код состояния 11: 1001. Рис. 4. Условие выполнения вычитания:

$$V = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}.$$

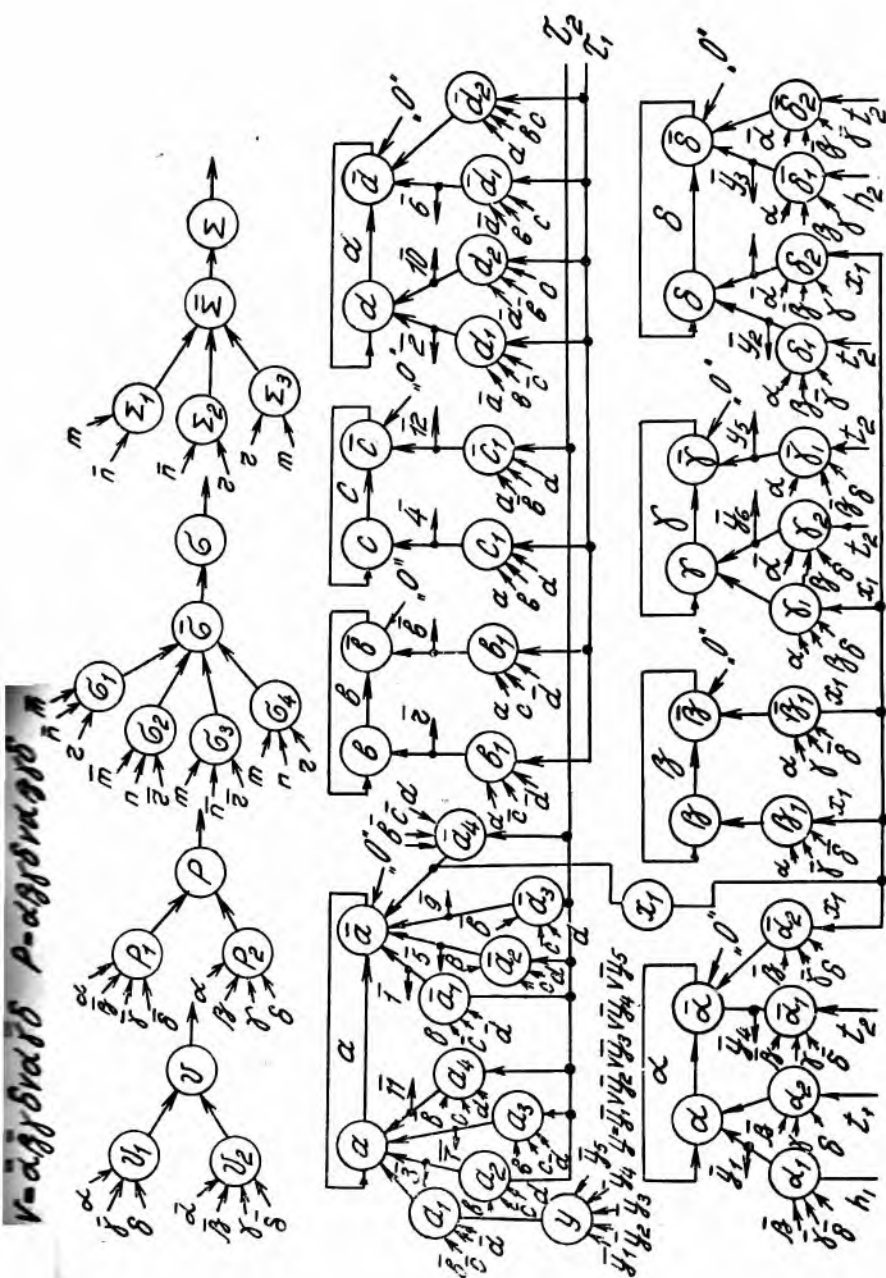


Рис. 6. Функциональная схема вычислительного устройства.

Как было указано выше, в ВУ применяется одноразрядный вычислитель. Пусть n — значение i -го разряда уменьшаемого, m — значение i -го разряда вычитаемого, σ — значение i -го разряда разности, Σ — значение займа из $i + 1$ -го разряда, а r — значение займа из i -го разряда. Таблица истинности функций σ и Σ представлена на рис. 5. По таблице получаем значение функций разности и займа:

$$\begin{aligned}\sigma &= \bar{n}\bar{m}r \vee \bar{n}m\bar{r} \vee n\bar{m}\bar{r} \vee nmr; \\ \Sigma &= \bar{n}\bar{m}r \vee \bar{n}mr \vee \bar{n}m\bar{r} \vee nmr = \bar{n}m \vee mr \vee \bar{n}r;\end{aligned}$$

На рис. 6 приведена схема ВУ аппаратуры взвешивания без схем регистров и некоторых вспомогательных цепей ввиду их простоты и общности. Представлены схемы управляющего автомата, автомата распределителя, схемы получения сигнала преобразования и вычитания схемы одноразрядного вычитателя.

ВУ собрано из элементов потенциального типа, отличается высокой помехоустойчивостью, что облегчает наладку и контроль работы устройства. При сборке ВУ специальной отбраковки деталей не производили. Триоды МП-16 (МП-42), используемые в схеме, проверялись на исправность.

Промышленные испытания аппаратуры автоматического взвешивания полезного ископаемого, перевозимого в вагонетках канатных дорог, проведенные на шахте им. Лутугина, на погрузочном пункте ЦОФ шахты им. Кисилева треста Торезантрацит в декабре 1965 г., показали хорошую работоспособность ВУ и его полное соответствие поставленной задаче.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Мацевитый. Метод синтеза узлов ВЦМ и узлов потенциального типа «Материалы научных семинаров по теоретическим и прикладным вопросам кибернетики» Изд-во КДНТП, 1963.
2. Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной. Синтез схем электронных цифровых машин. Изд-во «Советское радио», М., 1963.