### 6. Синтез УА

#### 6.1. Общая структура

Обобщенная структура УА с программируемой логикой представлена на рисунке 6.1.

Память микропрограмм (ПМП) организована в виде ПЗУ. В качестве АМК используется счетчик (в случае естественной адресации) или регистр (в случае принудительной адресации). Пуск автомата осуществляется подачей в схему управляющего сигнала**В**, разрешающего подачу тактирующих сигналов на ПМП, останов – подачей управляющего сигнала **А**. Сигнал Сброс или Уст (установка) устанавливает на АМК адрес начальной микрокоманды в микропрограмме. Управляющий сигнал ЧтМК выбирает из ПМП на регистр МК (РМК) очередную МК. Схема формирователя сигналов МО (ФСМО) расшифровывает поле МО и вырабатывает управляющие сигналы, инициирующие выполнение процессором конкретной МК. Формирователь адреса (ФА), сравнивая поле ЛУ в МК с двоичным вектором осведомительных сигналов (x1, x2,…,xn), принимает решение о передаче кода НАна АМК.

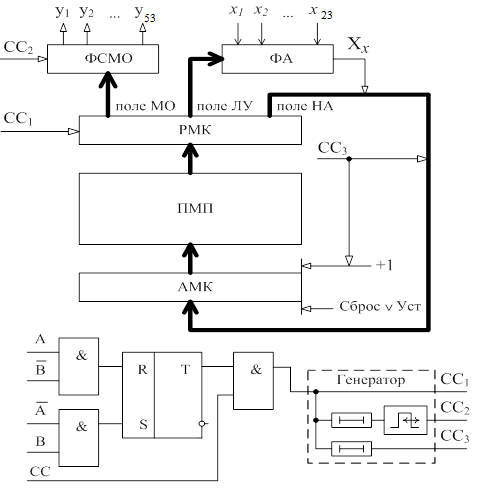


Рисунок 6.1 – Обобщенная структура УА с программируемой логикой

(В – сигнал, запускающий УА, А – сигнал, останавливающий УА)

### 6.2. Адресация микропрограммы

Принцип принудительной адресации МК предполагает единый формат МК типа **М.Х.А**. Причем исполнительный адрес следующей МК определяется в предыдущей МК по правилу



В процессе выполнения микроопераций может измениться значение осведомительного сигнала *xi*, номер которого *i* задан в поле **Х** МК. По окончании выполнения микроопераций и выработки осведомительных сигналов в ОА, рассматриваемая МК инициирует переход к МК, расположенной в ПМК по четному адресу **А**.0, если *xi*= 0. Если *xi*= 1, то переход осуществляется к микрокоманде, расположенной по нечетному адресу **А**.1.

Таблица 6.2 – Результат расстановки адресов

|  |  |
| --- | --- |
| Адрес | МК |
| A0.0 | y0 x1 |
| A0.1 | - |
| A1.0 | y0 x2 |
| A1.1 | y0 x3 |
| A2.0 | y3y4 x5 |
| A2.1 | y1y2 x4 |
| A3.0 | y3y4 x5 |
| A3.1 | y51 x0 |
| A4.0 | y3y4 x5 |
| A4.1 | y0 x7 |
| A5.0 | y7y8y2y6 x23 |
| A5.1 | y0 x5 |
| A6.0 | y0 x2 |
| A6.1 | y0 x5 |
| A7.0 | y0 x6 |
| A7.1 | y5y2y6 x4 |
| A8.0 | y9y10y6 x23 |
| A8.1 | y8y11y2y6 x23 |
| A9.0 | y0 x13 |
| A9.1 | y12 x8 |
| A10.0 | y13y14 x0 |
| A10.1 | - |
| A11.0 | y15 x9 |
| A11.1 | - |
| A12.0 | y0 x10 |
| A12.1 | y53 x0 |
| A13.0 | y16 x0 |
| A13.1 | y17y4 x5 |
| A14.0 | y18y19y20 x0 |
| A14.1 | y0 x5 |
| A15.0 | y21y22 x11 |
| A15.1 | - |
| A16.0 | y23y34y25y26 x12 |
| A16.1 | y0x11 |
| A17.0 | - |
| A17.1 | y16 x0 |
| A18.0 | y0 x18 |
| A18.1 | y0 x14 |
| A19.0 | y16 x0 |
| A19.1 | y27y4 x5 |
| A20.0 | y0 x15 |
| A20.1 | y0 x5 |
| A21.0 | y28y4 x5 |
| A21.1 | y53 x0 |
| A22.0 | y0 x16 |
| A22.1 | - |
| A23.0 | y0 x17 |
| A23.1 | y0 x17 |
| A24.0 | y29y20 x0 |
| A24.1 | y30y20 x0 |
| A25.0 | y31y20 x0 |
| A25.1 | y32y20 x0 |
| A26.0 | y34y35 x11 |
| A26.1 | - |
| A27.0 | y0x16 |
| A27.1 | y0x11 |
| A28.0 | y0x17 |
| A28.1 | y0x17 |
| A29.0 | y36y40y41 x0 |
| A29.1 | y37y40y41 x0 |
| A30.0 | y38y40y41 x0 |
| A30.1 | y39y40y41 x0 |
| A31.0 | y0 x19 |
| A31.1 | y42y43y33 x0 |
| A32.0 | y44 x8 |
| A32.1 | - |
| A33.0 | y13y14 x0 |
| A33.1 | y0x9 |
| A34.0 | y15 x23 |
| A34.1 | - |
| A35.0 | y45 x0 |
| A35.1 | y53 x0 |
| A36.0 | y0x20 |
| A36.1 | y42y14 x0 |
| A37.0 | y45y14 x0 |
| A37.1 | - |
| A38.0 | y47 x5 |
| A38.1 | - |
| A39.0 | - |
| A39.1 | y0 x5 |
| A40.0 | y0 x22 |
| A40.1 | y47y48 x21 |
| A41.0 | - |
| A41.1 | y0 x21 |
| A42.0 | y49 x0 |
| A42.1 | y50 x0 |

#### 6.3. Кодирование поля микроопераций

При вертикально-горизонтальном способе кодирования все множество МО делится на подмножества, однако в каждое подмножество включаются только те МО, которые связаны между собой отношением совместимости по времени исполнения (встречаются вместе хотя бы в одной МК). Для всех этих подмножеств выделяется в операционной части МК одно поле М3, длина которого определяется максимальным количеством МО в подмножествах. Принцип кодирования МО в поле М3 – горизонтальный. Идентифицирующее поле М2 заполняется вертикальным кодом номера подмножества, зафиксированного в поле М3. Отличительной особенностью вертикально-горизонтального способа кодирования является требование несовместимости выделенных подмножеств МО между собой. Удовлетворить этому требованию можно, выделив наиболее часто встречающиеся в МК микрооперации в отдельное подмножество (универсальную группу). Кодирование МО универсальной группы – горизонтальное. Код универсальной группы помещается в поле М1 операционной части МК.

Для более наглядного отображения совместимых микроопераций (МО) построим граф совместимости МО. Данный граф приведен в Приложении А.

Получена универсальная группа:*y6 y2 y25 y40 y42 y20*

Подмножества несовместимых МО, представлены в Таблице 6.3.

Таблица 6.3. Группы несовместимых подмножеств микроопераций

|  |  |
| --- | --- |
| код группы | микрооперация |
| 0001 | y1 y5 y16 y0 |
| 0010 | y7 y8 y9 y10 y11 |
| 0011 | y3 y4 y17 y27 y28 |
| 0100 | y21 y22 y23 y24 y26 |
| 0101 | y12 y13 y14 y45 |
| 0110 | y36 y37 y38 y41 y39 |
| 0111 | y44 y15 y46 y51 y53 |
| 1000 | y19 y30 y32 y47 y48 |
| 1001 | y31 y33 y34 y35 y43 |
| 1010 | y18 y19 y49 y50 y29 |

Количество осведомительных сигналов ЦОУ – 24, что потребует 5 бит в поле МК для логического условия. Кодировать их будет тривиальным позиционным кодом.

Таблица 6.3.1. Коды осведомительных сигналов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| х0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| x2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| x4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| x5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| x6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| x7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| x8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| x9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| x10 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| x11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x12 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| x13 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| x14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| x15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| x16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| x18 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x19 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| x20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| х21 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| х22 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| х23 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Количество адресов равно 42, следовательно, вполе МК для определения адреса потребуется выделить]log2 42[ =6 бит.

Получим следующий формат микрокоманды:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| М1 | | | | | | М2 | | | | М3 | | | | | Х | | | | | A | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |

Рисунок 5.3.1 – Формат МК

Микропрограмма функционирования центрального обрабатывающего устройства приведена в Приложении Б.

**6.4. Разработка принципиальной схемы управляющего устройства**

Память МП имеет размерность 84х26. Для реализации ПМП (MPM) была взята ИМС К155РЕ3. Микросхема представляет собой электрически программируемое посредством пережигания плавких перемычек постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) емкостью 256 бит (32x8). Для реализации ПМП понадобится 3 линейки по 4 микросхемы К155РЕ3.

На адресные входы всех микросхем подаются разряды 6...2 с регистра адреса микрокоманд (РАМК, MIA) – адресация внутри линейки. Старшие адресные разряды (MIA(1:0)) подаются на дешифратор, реализованный в виде комбинационной схемы с помощью логических элементов 2И-НЕ микросхем К155ЛА3 (DD17-DD18). Выходы дешифратора активируют одну из 3 линеек ПМП.

Регистр микрокоманд имеет разрядность 23 бит. Для реализации его в схеме электрической принципиальной использовались 2 регистра К155ИР13 (DD10-DD11). В исходном состоянии по всем адресам и разрядам записан логический ноль. По стробу СС1 данные с памяти микропрограмм поступают на входы регистра микрокоманд (РМК, MIR).

Регистр адреса микрокоманд имеет разрядность 7 бит и для реализации его в схеме используется два 4-разрядных счетчика К155ИЕ7при чем первый тактируется сигналом СС3, а второй – выходом прямого переноса первого. По стробу СС3 в РАМК подаются данные из регистра микрокоманд или значение адреса в РАМК увеличивается на 1, в зависимости от информационного бита-маркера (РАМК[0]).

В качестве формирователя разрешающего сигнала *Хх* использовались два мультиплексора К155КП1. В качестве старшего адресного бита используется бит РМК(5), который подается в прямом и инверсном виде на стробирующие входы мультиплексоров. Сигналы РМКподаются на адресные входы обеих микросхем. Для логического объединения инверсных выходов мультиплексоров для формирования разрешающего сигнала *Хх* загрузки адреса в РАМК используется логический элемент 2И-НЕ одной из микросхем К155ЛА3.

В качестве формирователя сигналов микроопераций использовались 10 микросхем К155ЛЕ1 (для формирования сигналов подмножеств), 2 микросхемы К155ЛИ1 (для формирования сигналов МО УГ) и дешифратор К155ИД3 (для декодирования номера подмножества, разрешающий сигнал – с участием тактового сигнала).

Схема электрическая принципиальная УУ с перечнем элементов представлена на чертеже 2012.М43д.03.

### 6. Определение временных характеристик работы ЦОУ

Временные характеристики работы ЦОУ рассчитываются, исходя из алгоритма функционирования ЦОУ (алгоритма исполнения МК) и схемотехнических особенностей реальных схем, составляющих процессор.

Промежуток времени, достаточный для реализации процессором любой МК, называется тактом. Другими словами, такт – это период синхросерии, обеспечивающей стабильную работу операционного устройства (ОУ). Так как любое ОУ, в том числе и проектируемое ЦОУ, состоит из управляющего устройства (управляющего автомата) и обрабатывающего блока (операционного автомата), такт операционного устройства в случае последовательной работы УУ и ОБ определяется по формуле:

,

где − время срабатывания управляющего устройства,

− время срабатывания обрабатывающего блока, определяемое по времени исполнения самой длительной МО.

Расчетное значение тактовой частоты определяется величиной F=1/TОУ.

Рабочая частота FР выбирается из гостированного ряда частот {F} при условии, что FР≤0,8F.

Временная диаграмма работы ОУ с учетом реальных задержек в схемах этого устройства может быть правильно построена, если учесть следующие временные соотношения:

, где − максимальное время выборки слова из ПМП;

, где − время, необходимое для записи слова в РМК;

, где − время срабатывания ФСМО (схема этого устройства и время срабатывания зависит от используемого способа кодирования МО), − суммарное время срабатывания всех схем, включенных в ФА;

, где − время исполнения в ОБ *k*-ой микрооперации (в случае синхронизации с постоянным тактом);

; , где − время срабатывания регистра АМК (РАМК) в случае принудительной адресации МК, − время срабатывания счетчика АМК (СчАМК) при естественной адресации;

, где − цикл выборки слова из ПЗУ, на основе которого построена ПМП.

Воспользовавшись справочной литературой получили такие значения

 = 65 нс

 = 40 нс

= 35 нс

Значение  выбирается в предположении, что самая длительна операция это операция СчАК:=СчАК+2, так как СчАК имеет 27 разрядов, следовательно состоит из 7-ми регистров К155ИЕ7,

 = 7\*35 = 245 нс

 = 35 нс

= 65 + 40 + 35 +245 +35 = 420 нс

Рассчитаем значение тактовой частоты F=1/TОУ = 0,0024 \* 1000 МГц

Рабочая частота FР выбирается из гостированного ряда частот {F} при условии, что FР≤0,8F.

Fp = 0.8 \* 2.4 МГц = 1,9 МГц

По ГОСТу самая приближённая частота Fp = 1 МГц

На рисунке 6.1 приведена временная диаграмма процесса исполнения МК

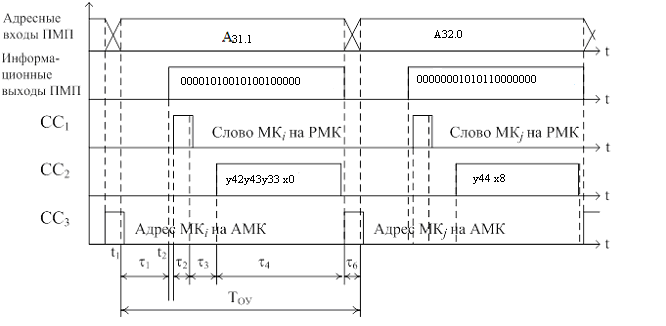
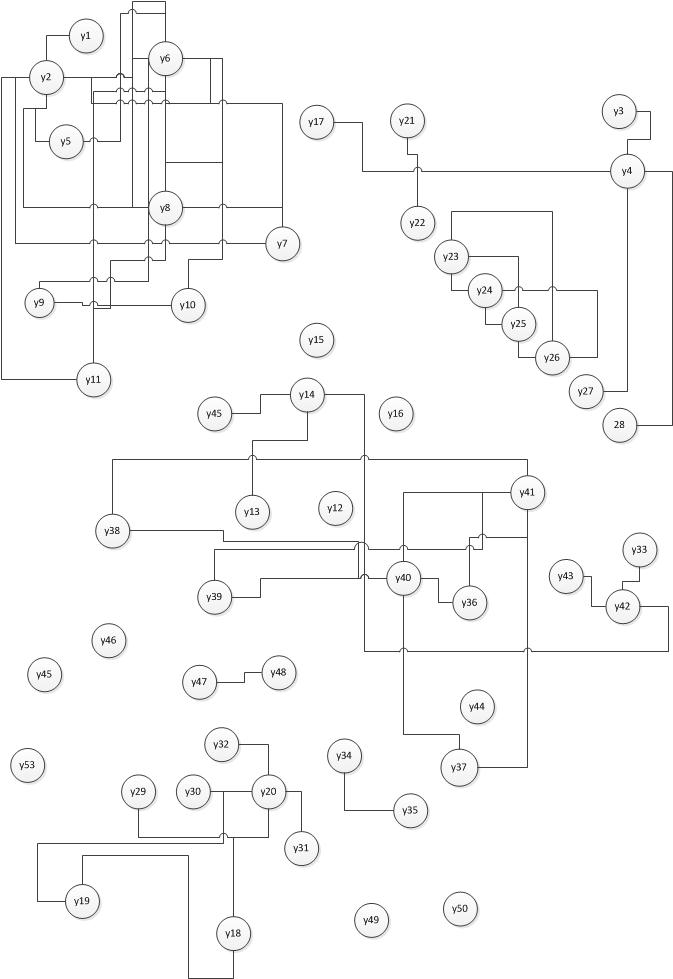


Рисунок 6.1 – Временная диаграмма исполнения МК (МКi🡪 МКj) Приложение А. Граф совместимости МО



Приложение Б. Микропрограмма функционирования ЦОУ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Микропрограмма | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | М1 | | | | | | М2 | | | | | М3 | | | | | | Х | | | | | | A | | | | | |
|  | МК | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| A0.0 | y0 x1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| A0.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A1.0 | y0 x2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| A1.1 | y0 x3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| A2.0 | y3y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A2.1 | y1y2 x4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A3.0 | y3y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A3.1 | y51 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| A4.0 | y3y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| A4.1 | y0 x7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| A5.0 | y7y8y2y6 x23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| A5.1 | y0 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| A6.0 | y0 x2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| A6.1 | y0 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A7.0 | y0 x6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| A7.1 | y5y2y6 x4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A8.0 | y9y10y6 x23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A8.1 | y8y11y2y6 x23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A9.0 | y0 x13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| A9.1 | y12 x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A10.0 | y13y14 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| A10.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A11.0 | y15 x9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| A11.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A12.0 | y0 x10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| A12.1 | y53 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A13.0 | y16 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A13.1 | y17y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| A14.0 | y18y19y20 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| A14.1 | y0 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A15.0 | y21y22 x11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A15.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A16.0 | y23y34y25y26 x12 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| A16.1 | y0x11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A17.0 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A17.1 | y16 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A18.0 | y0 x18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| A18.1 | y0 x14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| A19.0 | y16 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A19.1 | y27y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A20.0 | y0 x15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| A20.1 | y0 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| A21.0 | y28y4 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A21.1 | y53 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A22.0 | y0 x16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| A22.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A23.0 | y0 x17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| A23.1 | y0 x17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| A24.0 | y29y20 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A24.1 | y30y20 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A25.0 | y31y20 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A25.1 | y32y20 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A26.0 | y34y35 x11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| A26.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A27.0 | y0x16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| A27.1 | y0x11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| A28.0 | y0x17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| A28.1 | y0x17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| A29.0 | y36y40y41 x0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A29.1 | y37y40y41 x0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A30.0 | y38y40y41 x0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A30.1 | y39y40y41 x0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A31.0 | y0 x19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| A31.1 | y42y43y33 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A32.0 | y44 x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| A32.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A33.0 | y13y14 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| A33.1 | y0x9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| A34.0 | y15 x23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| A34.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A35.0 | y45 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A35.1 | y53 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A36.0 | y0x20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| A36.1 | y42y14 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| A37.0 | y45y14 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| A37.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A38.0 | y47 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A38.1 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A39.0 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A39.1 | y0 x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| A40.0 | y0 x22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A40.1 | y47y48 x21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| A41.0 | - |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| A41.1 | y0 x21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| A42.0 | y49 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| A42.1 | y50 x0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |