

Новые микросхемы однократно программируемых ПЗУ

АО «ПКК Миландр»: особенности, характеристики, средства программирования

Тимур ВОЛКОВ
Павел ЛЕОНОВ
Павел ПАСТУХОВ
Виктор САВЕНКОВ
Александр ГРОМОВ
Владимир ТЕНИШЕВ

Несмотря на тенденции к росту информационной емкости запоминающих устройств, появлению их новых технологических исполнений, таких как, например, FRAM, MRAM и другие, на рынке элементной базы по-прежнему востребованы ПЗУ с небольшой информационной емкостью, используемые разработчиками аппаратуры для хранения загрузочных программ, подстроечных кодов и калибровок малого объема информации. Обычно для этого применяются несложные ПЗУ, обладающие невысокой стоимостью и выпускаемые в корпусах небольших габаритов.

Существующие на российском рынке ПЗУ, как правило, изготовлены по устаревшим технологиям, обладают низким быстродействием и большой потребляемой мощностью.

АО «ПКК Миландр» продолжает развивать направление однократно программируемых схем ПЗУ на базе современной технологии пробоя подзатворного диэлектрика (antifuse). Наравне с предыду-

щими разработками, такими как широко известные микросхемы однократно программируемых ПЗУ 1645PT2У, 1645PT3У, 5576PT1У, предприятие разработало и готовит к серийному производству новые решения — микросхемы однократно программируемых постоянных запоминающих устройств (ОППЗУ) с информационной емкостью 2Кх8 (1645PT4Т) и 8Кх8 (1645PT5Т).

Общее описание микросхем

Микросхемы 1645PT4Т, 1645PT5Т созданы по КМОП-технологии с минимальными проектными нормами 0,18 мкм с одним уровнем поликремния и шестью уровнями металлизации. Микросхемы выпускаются в металло-керамических корпусах 405.24-2 (1645PT4Т)

Таблица 1. Назначение выводов микросхем 1645PT4Т в корпусе 405.24-2 и микросхем 1645PT5Т в корпусе 4131.24-3.03

№ вывода корпуса	Обозначение вывода	Назначение вывода	
1	A7	Вход сигнала адреса	
2	A6	Вход сигнала адреса	
3	A5	Вход сигнала адреса	
4	A4	Вход сигнала адреса	
5	A3	Вход сигнала адреса	
6	A2	Вход сигнала адреса	
7	A1	Вход сигнала адреса	
8	A0	Вход сигнала адреса	
9	D0	Вход/выход данных	
10	D1	Вход/выход данных	
11	D2	Вход/выход данных	
12	GND	Общий	
13	D3	Вход/выход данных	
14	D4	Вход/выход данных	
15	D5	Вход/выход данных	
16	D6	Вход/выход данных	
17	D7	Вход/выход данных	
1645PT5T	18	PB3	Вход сигнала разрешения выборки
	19	PB2	Вход сигнала разрешения выборки
	20	nPB1	Вход сигнала разрешения выборки
	18	A12	Вход сигнала адреса
	19	A11	Вход сигнала адреса
	20	nESE	Вход сигнала разрешения выборки
21	A10	Вход сигнала адреса	
22	A9	Вход сигнала адреса	
23	A8	Вход сигнала адреса	
24	Ucc	Питание	

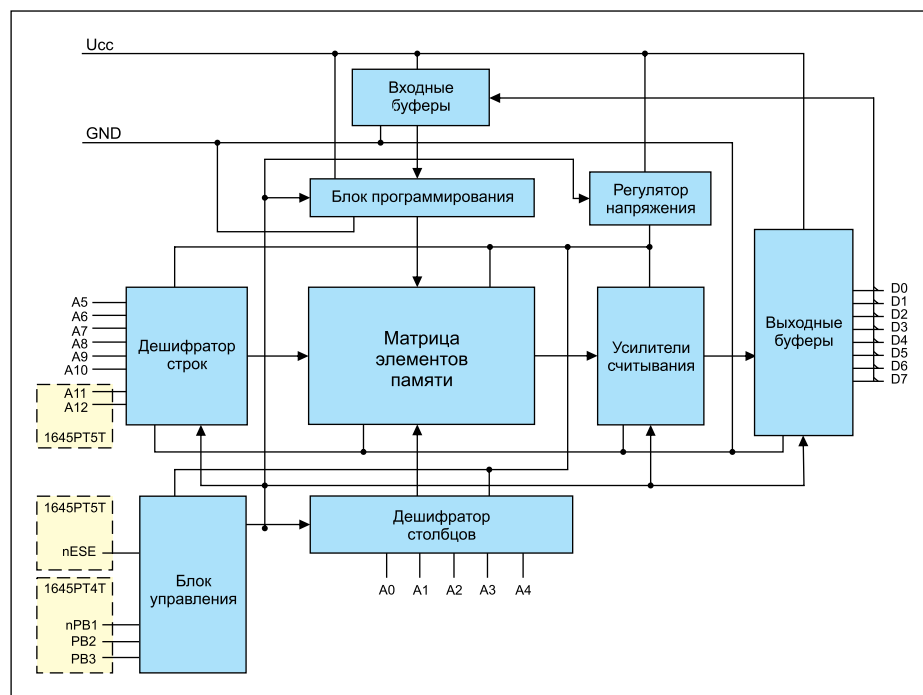


Рис. 1. Структурная схема 1645PT4Т и 1645PT5Т

Таблица 2. Таблица истинности микросхем 1645PT4T

Входы			Входы/Выходы	Режим
nPB1	PB2	PB3	D0–D7	
L	H	H	Выходные данные*	Считывание данных
H	X	X	Состояние высокого импеданса	Хранение данных
X	L	X		
X	X	L		

Таблица 3. Таблица истинности микросхем 1645PT5T

Входы	Выходы	Режим
nESE	D0–D7	
L	Выходные данные*	Считывание данных
H	Состояние высокого импеданса	Хранение данных

Примечания (табл. 2, 3).

H — состояние высокого уровня;

L — состояние низкого уровня;

X — любое состояние высокого или низкого уровня.

*Если микросхема не запрограммирована, на выходах данных напряжение низкого уровня, а если запрограммирована, выходные напряжения в соответствии с записанной информацией.

и 4131.24-3.08 (1645PT5T). Рабочий диапазон напряжения питания и температуры в режиме считывания соответственно $U_{cc} = 4,5\text{--}5,5\text{ В}$, $T = -60\text{...}+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Являясь продолжением линейки однократно программируемых ПЗУ, изделия сохраняют преемственность и так же, как и их предшественники, обладают высокой стойкостью к воздействию специальных факторов и могут работать в условиях космоса. Еще одна, несомненно важная особенность новых устройств — высокий коэффициент программируемости, близкий к 1.

В режиме считывания микросхемы являются асинхронными устройствами со стандартным параллельным интерфейсом, предполагающим установление информации на двунаправленных выводах D0–D7, при изменении сигналов на адресных входах (A0–A12) или на входах разрешения выборки nPB1, PB2, PB3 (1645PT4T) или nESE1 (1645PT5T). Структурная схема и таблица назначения выводов микросхем представлены на рис. 1 и в таблице 1.

Типовые режимы работы инициируются через внутренний командный регистр при соответствующих напряжениях питания U_{cc} :

- хранение ($U_{cc} = 5\text{ В} + 10\%$);
- чтение ($U_{cc} = 5\text{ В} + 10\%$);
- программирование матрицы ($U_{cc} = 3,3\text{ В} + 5\%$);
- запись регистра параметров ($U_{cc} = 3,3\text{ В} + 5\%$).

Командный регистр не занимает адресное пространство памяти и состоит из триггеров, которые хранят информацию, поступающую с шин адреса и данных и необходимую для выполнения команд. Содержимое регистра используется внутренним блоком программирования, который формирует

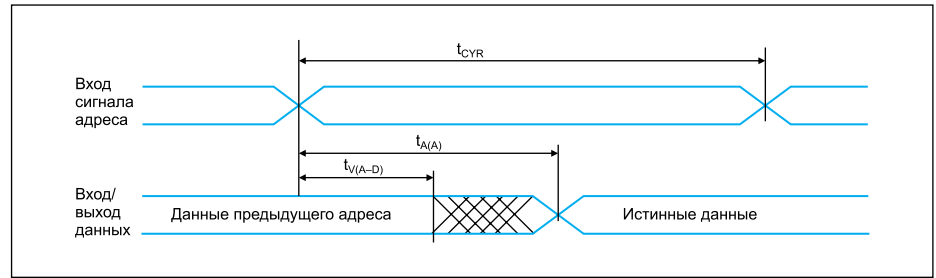


Рис. 2. Временная диаграмма цикла считывания микросхем 1645PT4T, 1645PT5T в режиме выборки по адресу

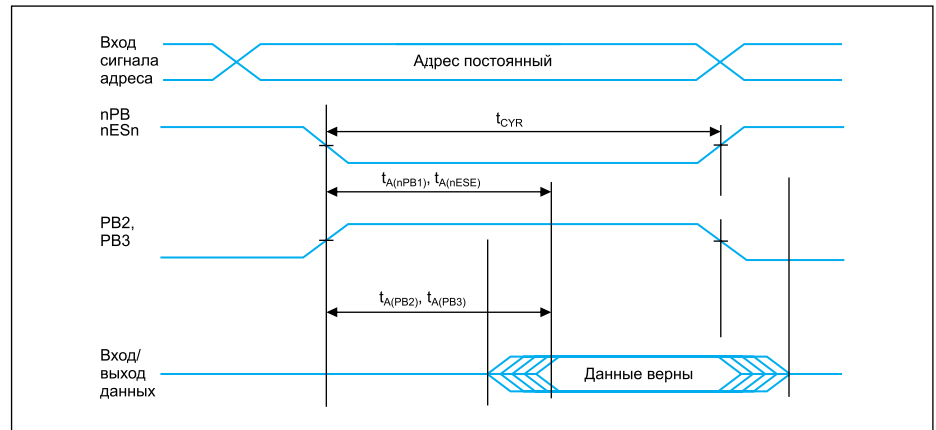


Рис. 3. Временная диаграмма цикла считывания микросхем по управляющим сигналам nPB1, PB2, PB3 (1645PT4T) и nESE (1645PT5T)

последовательность операций при программировании.

В процессе тестирования для проверки функционирования каждой микросхемы и контроля их статических и динамических параметров используются тестовые строки и столбцы (отдельные от основной матрицы элементы памяти), программирование которых проводится при выполнении тестовых последовательностей.

Режимы хранения и чтения

Режимы хранения и чтения ПЗУ обеспечиваются управляющими сигналами nPB1, PB2, PB3 (для 1645PT4T) и nESE (для 1645PT5T) в соответствии с таблицами истинности (табл. 2, 3) и временными диаграммами на рис. 2, 3.

В режиме хранения выходы D0–D7 находятся в состоянии высокого импеданса. В режиме считывания на выходах данных устанавливается состояние логического нуля при считывании из незапрограммированной ячейки памяти или логической единицы при считывании из запрограммированной ячейки.

Ячейка памяти с непробитым подзатворным диэлектриком считается незапрограммированной, а с пробитым подзатворным диэлектриком — запрограммированной.

Значения основных параметров микросхем представлены в обобщенной таблице 4.

Разработанные микросхемы могут работать как с ТТЛ входными уровнями $U_{IL} = 0\text{--}0,8\text{ В}$ и $U_{IH} = 2\text{--}U_{cc}\text{ В}$, так и с КМОП входными уровнями $U_{IL} = 0\text{--}0,2\text{ В}$ и $U_{IH} = U_{cc}\text{--}U_{cc}\text{--}1\text{ В}$. В последнем случае максимальный ток потребления хранения I_{CCS} уменьшается до 5 мА,

Таблица 4. Значения основных электрических параметров микросхем

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, $^{\circ}\text{C}$
		не менее	не более	
Выходное напряжение низкого уровня, В	U_{OL}	—	0,5	+25 +125 –60
Выходное напряжение высокого уровня, В	U_{OH}	2,4	—	
Выходной ток низкого уровня в состоянии «Выключено», мА	I_{OZL}	–5	5	
Выходной ток высокого уровня в состоянии «Выключено», мА	I_{OZH}	–5	5	
Ток потребления в режиме хранения, мА	I_{CCS}	—	15	
Динамический ток потребления, мА	I_{OCC}	—	50	
Время выборки данных по адресу, нс	$t_{A(A)}$	—	70	
Время выборки по сигналу nPB1, PB2, PB3 (1645PT4T), нс nESE (1645PT5T), нс	$t_{A(nPB1)}, t_{A(PB2)}, t_{A(PB3)}$ $t_{A(nESE)}$	—	45	
Время циклов считывания и записи, нс	t_{CYR}, t_{CYW}	70	—	

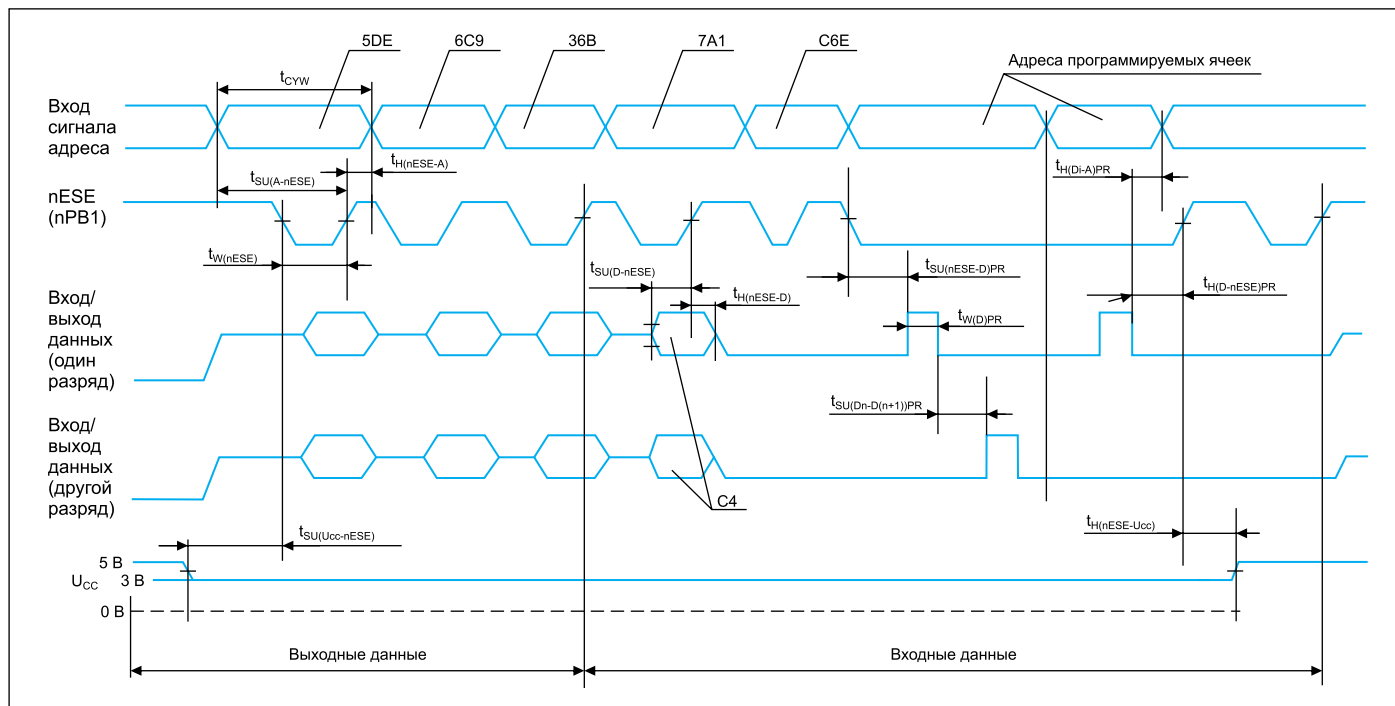


Рис. 4. Временная диаграмма цикла записи. Управление по сигналу nPB1 (для микросхем 1645PT4T) или по сигналу nESE (для микросхем 1645PT5T)

а максимальный динамический ток потребления I_{OCC} снижается до 40 мА.

Временные диаграммы цикла асинхронного считывания микросхем 1645PT4T, 1645PT5T представлены на рис. 2, 3.

Режимы программирования и записи регистра параметров

Перевод микросхем в режим программирования производится выполнением следующих операций:

- снижением напряжения питания микросхемы до значений $3,3 \text{ В} \pm 5\%$. При этом уровни логической единицы на входах микросхем также не должны превышать значение $3,3 \text{ В} \pm 5\%$;
- подачей по параллельному интерфейсу на выходы микросхемы последовательности командных циклов, описываемых ниже.

При выполнении указанных процедур начинает работать внутренний умножитель напряжения, с выхода которого снимается высокое напряжение, необходимое для пробоя диэлектрика элементов памяти.

Режимы «Чтение» и «Программирование матрицы» зависят от состояния регистра параметров `reg_param`, в котором хранятся текущие значения `T1`, `T0`, `tune[3:0]` (`reg_param[5:0] = {T1, T0, tune[3:0]}`).

Значения `T1`, `T0` определяют выбор массива памяти: `{T1, T0} = 10` — основная память, `00` — тестовые столбцы, `11` — тестовые строки.

Значения `tune[3:0]` определяют выбор настроек внутренней временной диаграммы для обеспечения необходимых запасов в режиме чтения с учетом последующего изменения внешних факторов (температура, специальные факторы).

При включении питания устанавливается режим считывания данных, что гарантирует отсутствие случайного изменения содержимого памяти при переходных процессах питания. В этом режиме не требуется дополнительных команд для получения данных на выходе. Микросхема будет находиться в режиме считывания, пока содержимое командного регистра не изменится.

Запись командных последовательностей (специфичных данных по определенным адресам) инициирует другие режимы работы микросхемы.

При подаче командной последовательности программирования (после снижения напряжения питания до уровня $3,3 \text{ В} + 5\%$) микросхема переходит в режим программирования. Операция программирования инициируется шестью циклами на шине памяти. Дальнейший процесс программирования производится с использованием внешнего интерфейса, на адресные входы подаются сигналы адреса в соответствии с адресным кодом, а на входы данных поочередно (побитно) — информационные сигналы в соответствии с записываемым информационным кодом. Программирование может осуществляться в любой последовательности по любому адресу. Временные диаграммы режима записи команд для инициализации режима программирования

Таблица 5. Командные последовательности

Командные последовательности	Циклы на шине памяти													
	Первый		Второй		Третий		Четвертый		Пятый		Шестой		Седьмой	
	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data	Addr	Data
Программирование матрицы	11'h5DE	output	11'h6C9	output	11'h36B	out-> input	11'h7A1	8'hC4	11'h05E	8'h00	PA	PD	XXX	in-> output
Запись регистра параметров	11'h51E	output	11'h236	output	11'h75D	out-> input	11'h40D	8'h1F	11'h3F2	8'h00	RP	XX	XXX	in-> output

Примечания.

1. X — значение U_{IL} или U_{IH} .

2. P_A — адрес программируемой ячейки памяти; P_D — данные, программируемые в ячейку памяти P_A ; R_P — данные, записываемые в регистр параметров (`reg_param[5:0] = A[5:0]`).

3. Значения приведены в шестнадцатеричном виде.

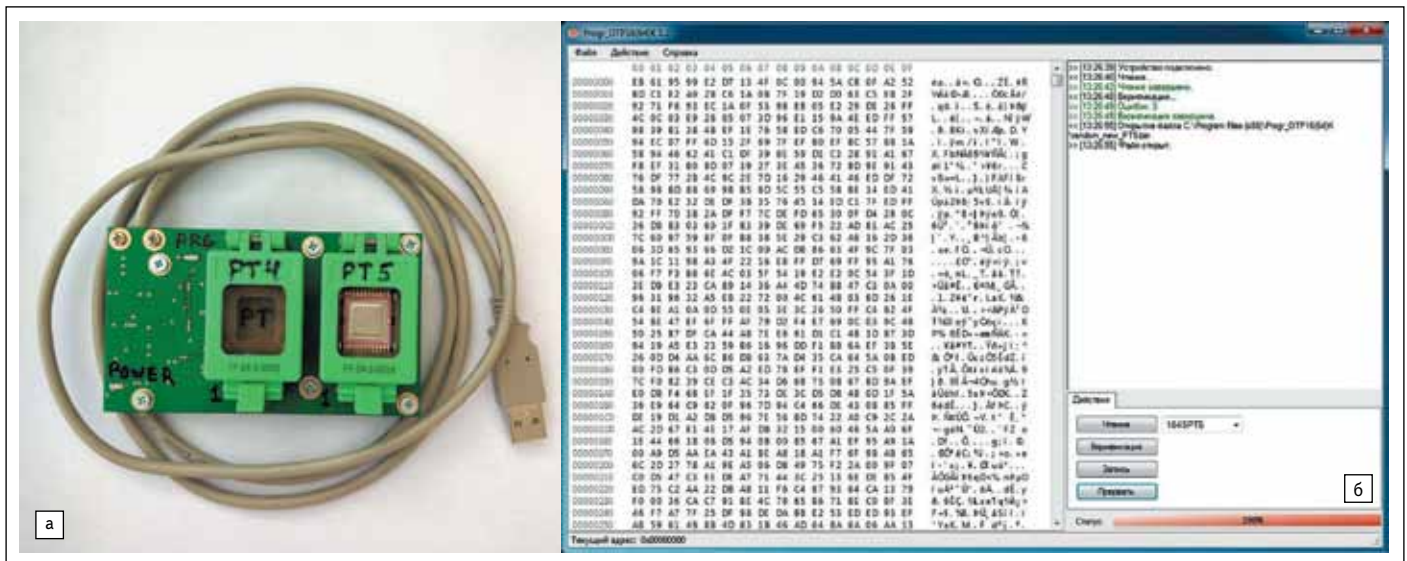


Рис. 5. а) Программатор; б) среда программирования

и непосредственно режима программирования представлены на рис. 4. Значения времен установления и удержания сигналов в цикле записи команд инициализации режима программирования составляют порядка 30 нс, значения времен установления и удержания сигналов в режиме программирования — порядка 5–10 мс. Максимальное время программирования байта информации не превышает 100 мс. В таблице 5 приведены необходимые циклы для входа в этот режим.

По завершении седьмого цикла любой командной последовательности микросхема переходит в режим хранения/чтения. Для прерывания командной последовательности и досрочного перехода в режим хранения/чтения достаточно подать любой цикл, не отвечающий требованиям заданной последовательности.

После операции программирования следует выполнить проверку записи данных путем считывания по запрограммированному адресу. Допускается сначала произвести программирование всех необходимых адресов, а затем выполнить проверку считыванием по этим же адресам. В случае когда прочитанные данные не совпали с записываемыми, следует повторить операцию программирования. «Единица» по данным означает ячейку с «пробитым» (antifuse) диэлектриком, а «ноль» — с «непробитым», повторную запись можно проводить только для «непробитых» ячеек, то есть во входных данных следует устанавливать «1» только в разрядах, которые не запрограммировались во время предыдущих попыток.

После завершения алгоритма программирования для возврата микросхемы в режим считывания необходимо перевести сигнал nPB1 (для микросхем 1645PT4T) или nESE (для микросхем 1645PT5T) в состояние высокого уровня.

Средства программирования

Программирование микросхем осуществляется с помощью USB-программатора, разработанного в АО «ПКК Миландр» и позволяющего также проводить чтение и верификацию микросхем. Программатор обеспечивает формирование всех необходимых для программирования сигналов и питающих напряжений и является универсальным устройством, способным программировать любую из микросхем 1645PT4T или 1645PT5T. Программируемая микросхема устанавливается в контактирующее устройство, расположенное на программаторе. Для 1645PT4T и 1645PT5T применяются отдельные беспутниковые контактирующие устройства — то есть в отличие от многих других устройств не требующие помещения микросхем в «спутники-носители». Программатор имеет кабель с разъемом для подключения к USB-порту компьютера. Питание осуществляется от того же USB-порта компьютера. Для управления программатором используется собственное ПО, разработанное в АО «ПКК Миландр» и поставляемое в комплекте с программатором. Внешний вид программатора и интерфейс пользовательской программы представлены на рис. 5.

Наличие простого интерфейса программирования и внутреннего умножителя напряжения позволяет выполнять программирование не только посредством описанного программатора, но и внутрисхемно или с помощью самостоятельно разработанного устройства. В поставляемой в составе комплекта технической документации «Инструкции по программированию» представлена вся необходимая информация по процессу программирования.