

Р.КОСТИНЕВИЧ,
222120, Беларусь, г.Борисов,
ул.Гагарина, 67 - 157,
тел.(01777) 50-146.

В последнее время все больше разных моделей компьютеров стали оснащаться музыкальными сопроцессорами АУ-3-8910/12 или их функциональными аналогами YAMAHA YM 2149 F, позволяющими сильно украсить звуковое сопровождение игровых и других программ всевозможными музыкальными и шумовыми эффектами. "Вектор-06Ц", в котором в качестве трехканального генератора звука используется таймер КР580ВИ53, не имеет возможности регулировать громкость, создавать шумы и различные звуковые эффекты, легко получаемые на АУ-3-8910. Попытки при помощи программных ухищрений добиться регулировки громкости на "Векторе" нельзя назвать успешными, ибо "рожденный ползать летать не может" (это о ВИ53).

Для расширения звуковых возможностей "Вектора" мной была разработана простая, дешевая и надежная система подключения сопроцессора к компьютеру через разъем "ПУ", ко-

МУЗЫКАЛЬНЫЙ СОПРОЦЕССОР АУ-3-8910 НА "ВЕКТОРЕ-06Ц"

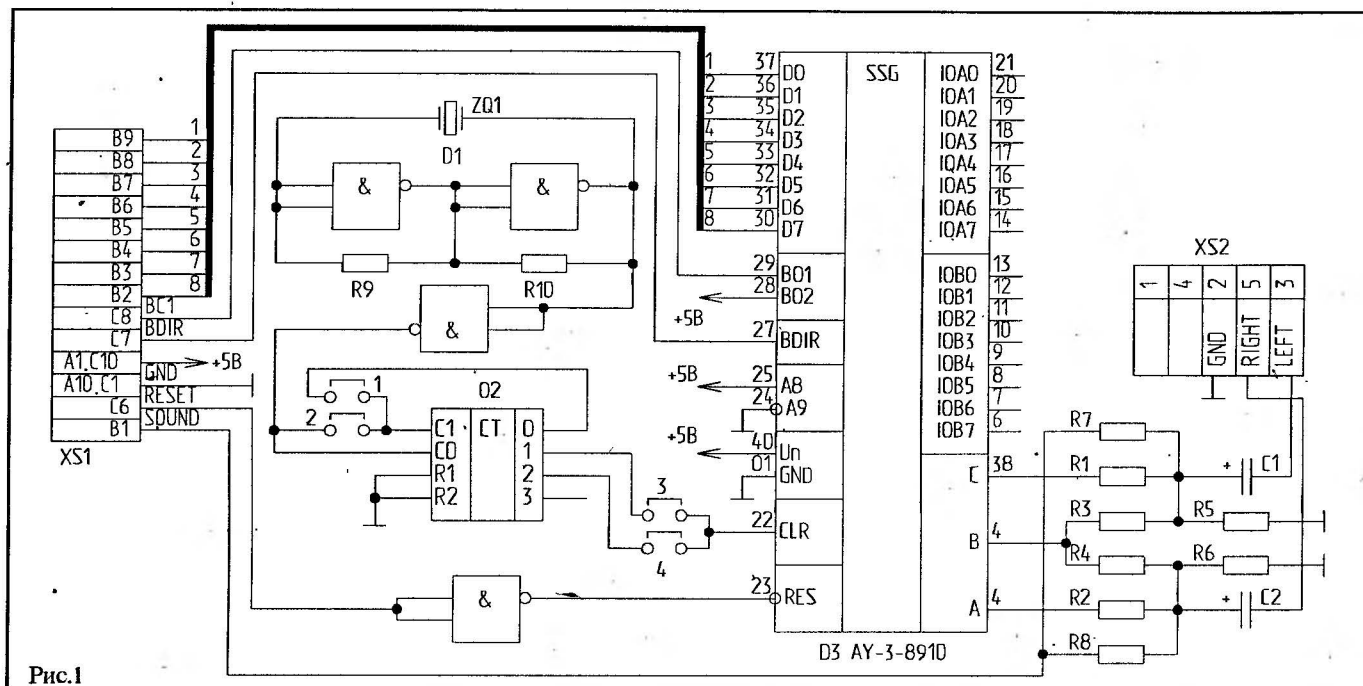


Рис.1

D1 — K555JIA3
D2 — K555IE2, IE5
D3 — AY-3-8910,
YM2149F
R1, R2, R5, R6, R7,
R8 — 10 кОм
R3, R4 — 20 кОм
R9, R10 — 620 Ом
R11 — 5,1 кОм
C1, C2 — 10 мкФ х 6,3 В
ZQ1 — 14,1872 МГц
XS1 — СМП34С-30
XS2 — ОНЦ-КГ-4-5
Линия "SOUND" — с кон-
денсатора С58 на контакт В1
разъема "ПУ", старую связь
обрезать.

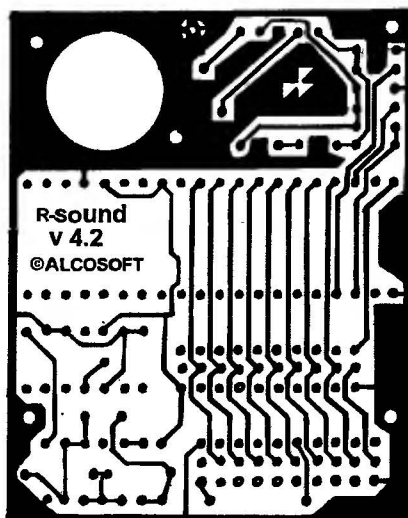


Рис.2а

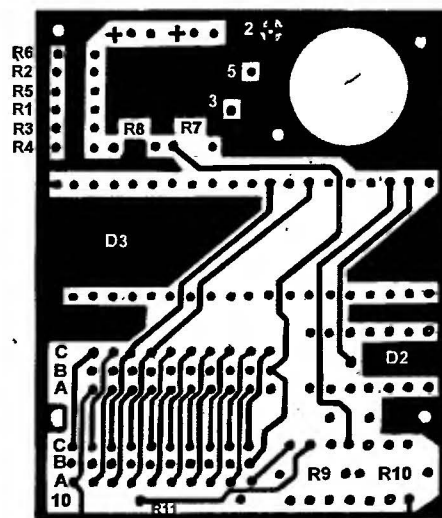


Рис.2б

торая не требует собственного источника питания и легко повторяется.

СХЕМА И КОНСТРУКЦИЯ

Система "R-SOUND" (так я ее назвал) имеет собственный генератор тактовой частоты и место для установки второго гнезда "ПУ", что удобно для пользователей, подключивших к разьему принтер или джойстики, поскольку она совершенно "прозрачна" для этой периферии. Тактовая частота 1,7734 МГц, подаваемая на сопроцессор, позволяет программистам при написании собственных программ использовать блоки данных из программ, написанных для "ZX-SPECTRUM-128" и других компьютеров с AY-3-8910. Частота музыкального тона остается такой же как на компьютере-оригинале, что особенно важно при создании музыкальных редакторов. Система программно не "конфликтует" ни с одним из известных периферийных устройств массового применения (джойстик "ПУ", "УСПИД"-джойстик, принтер) и позволяет в полной мере производить обмен данными между компьютером и сопроцессором, осуществлять программный и аппаратный (нажатие "ВВОД" + "БЛК") сброс программируемого генератора звука, а также пользоваться звуковыми возможностями "родной" ВИС3 через совмещенный аудиовыход. Простота схемы и небольшое количество деталей обеспечивают высокую надежность и малые материальные затраты на ее изготовление.

Теперь на "Векторе-06Ц" можно исполнять довольно серьезные музыкальные партии, используя одновременно 6 каналов вывода звука и один программно-формируемый, четырем из которых можно управлять только по частоте. Три оставшиеся управ-ляются по:

- частоте — каждый канал отдельно (правый, левый, средний);
- громкости — каждый канал отдельно;
- наличие/отсутствию тона — каждый канал отдельно;
- наличие/отсутствию шумов — каждый канал отдельно;
- частоте шума — все каналы вместе;
- частоте изменения амплитуды (огигающей) — все каналы;
- рисунку огигающей (атака, затухание) — все каналы вместе.

Собранное по схеме (рис. 1) из исправных деталей устройство в наладке не нуждается и начинает работать сразу после подключения к ПК при условии, что вы имеете хотя бы одну программу, поддерживающую стандарт "R-SOUND". О программном обеспечении будет сказано ниже.

Плата сопряжения с установленным на ней сопроцессором

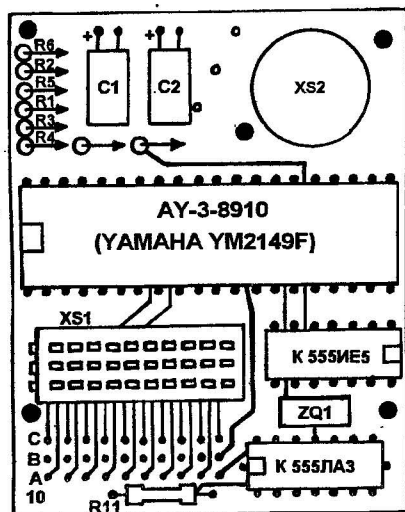


Рис.3

имеет 2 разъема: один — для подключения к гнезду "ПУ", другой — обычное пятиконтактное гнездо для соединения смешанных аналоговых выходов сопроцессора и таймера со стереофоническим усилителем посредством соединительного шнура. Для инвертирования сигнала RESET, формируемого портом ввода/вывода D27 (KPS80BB55A), а также для построения генератора тактовой частоты применена микросхема K555LA3, но возможно применение любой другой функционально аналогичной ТТЛ микросхемы. Рисунок печатной платы (рис.2а, 2б) в таком случае придется слегка изменить. Для совмещения аудиовыходов компьютера и сопроцессора в компьютере необходима небольшая переделка. Следует припаять к любой ножке конденсатора C58 (выход на магнитофон) экранированный провод. Другой его конец надо пустить на контакт B01 разъема "ПУ". Дорожку, идущую к этому контакту — обрезать, тем самым подключив к контакту B01 сразу четыре канала звука вместо одного, как было раньше.

Размещение деталей на плате показано на рис.3. Резисторы R9 и R10 устанавливаются под микросхемой D1 со стороны, обратной расположению остальных деталей. Конденсаторы C1, C2 — любые электролитические емкостью от 1 до 47 мкФ. Все резисторы — МЛТ 0,125. Разъем XS2 тоже устанавливается на плату лицевой стороной обратно расположению других деталей.

Количество программ, ориентированных на систему "R-SOUND", постоянно растет. Не исключено, что пользователи, сами собравшие плату сопряжения сопроцессора с компьютером, захотят попробовать себя в программировании музыки при помощи сопроцессора. Найти литературу, посвященную вопросам программирования AY-3-8910, довольно трудно, поэтому попытаюсь восполнить этот пробел, приведя известные мне проверенные сведения.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ СОПРОЦЕССОРА

Конструкция программируемого генератора звука (ПГЗ) такова, что микропроцессору с помощью команд необходимо только инициализировать выработку звуковых эффектов, после чего и генератор, и управляющий им процессор выполняют возложенные на них задачи независимо друг от друга, до следующего сеанса обмена данными. Именно поэтому его и называют сопроцессором, т.к. процессор и ПГЗ работают параллельно и не мешают друг другу.

Важнейшим элементом сопроцессора является область памяти, состоящая из шестнадцати управляющих регистров, которые доступны как для записи, так и для считывания. При выборе регистра используются только младшие 4 бита данных, поэтому старшие разряды должны находиться в состоянии "0000".

Данные, поступающие в регистры, задают функции генератора: активен/неактивен, включен/выключен канал А, В, С, шум, управление огигающей и т.д.

Шестнадцать регистров разбиты на группы, задающие последовательность выполнения функций генератора и их параметры. Регистры R14 и R15 для программирования звука не используются, их назначение — управление внутренними восьмизарядными портами ввода/вывода и описываться здесь они не будут.

Управление тональными генераторами (Регистры R0...R5)

Каждый из каналов А, В и С снабжен собственным тональным генератором, вырабатывающим прямоугольные импульсы требуемой частоты. Эта частота получается путем деления частоты тактового генератора 1,7734 МГц на 16 с последующим делением полученного результата на двенадцатизарядную величину, соответствующую значению комбинации содержимого регистров грубого (нечетные регистры) и чистого (четные) тона. Четные регистры служат для хранения младшего байта коэффициента деления, нечетные — старших четырех бит. Пары регистров 0-1, 2-3, 4-5 отвечают за частоту тона в каналах А, В и С соответственно.

Таким образом, чтобы вызвать звучание ноты (например, ля первой октавы — 440 Гц), необходимо в регистры грубого и чис-

того тона (возьмем для примера правый канал) R0 и R1 заслать коэффициент деления равный 252 (1773400:16:252=439,83134). Погрешность неизбежна, но на слух ее и Моцарт вряд ли заметил бы.

Управление генератором шума (Регистр R6)

Требуемая частота шумового сигнала получается, во-первых, путем деления частоты тактового генератора 1,7734 МГц на шестнадцать, и во-вторых, последующего деления полученного результата на пятиразрядную величину, размещаемую в пяти младших разрядах регистра R6.

Управление смесителем (Регистр R7)

Регистр R7 является многофункциональным, он управляет тремя смесителями тон/шум и двумя каналами ввода/вывода:

v7 v6 : v5 v4 v3 : v2 v1 v0

Порты IO : Каналы : Каналы :

A B : C B A : C B A

Всегда : : : : :

в "1" : ШУМ : ТОН :

Смесители, как было сказано ранее, объединяют частоты генераторов тона и шума каждого из трех каналов. Управление каналами позволяет добиться следующих комбинаций тона и шума:

- тон выключен, шум выключен (пауза);
- тон включен, шум выключен;
- тон выключен, шум включен;
- и тон, и шум включены.

Задание комбинации программируется в шести младших разрядах регистра R7. Два старших разряда регистра используются для управления портами ввода/вывода и здесь описываться не будут. Управление смесителем осуществляется побитно. Бит, установленный в "ноль", разрешает звучание тона или шума, а установленный в "единицу" — запрещает его.

К примеру, заслав в регистр R7 число E8H (11101000), вы разрешаете звучание тона во всех трех каналах, а шум генерируется только в канале B.

Управление амплитудой (Регистры R8, R9, R10)

Амплитуды сигналов, вырабатываемых каналами A, B и C, задаются содержимым пяти младших разрядов регистров R8, R9 и R10 соответственно. Собственно говоря, громкость сигналов регулируется только четырьмя младшими разрядами регистров, а пятый разряд используется как флаг разрешения/запрета изменения амплитуды сигнала регистрами R1, R12 и R13. Бит, установленный в этом разряде в "1", разрешает управление амплитудой сигнала при помощи генератора огибающей, установленный в "0" — запрещает управление.

Управление генератором огибающей (Регистры R11, R12, R13)

В ПГЗ реализовано два независимых способа создания сложных форм огибающей выходного сигнала. В первом случае программированием регистров R11 и R12 можно изменить частоту огибающей, а во втором — с помощью содержимого регистра R13 — ее форму.

Частота (период) огибающей образуется, во-первых, делением частоты тактового генератора на 256, и во-вторых, делением полученного результата на программируемое шестнадцатиразрядное значение. Эта шестнадцатиразрядная величина образуется объединением содержимого регистров R12 и R11, где R12 содержит старший байт, а R11 — младший байт коэффициента деления генератора огибающей.

Генератор формы огибающей путем деления частоты огибающей на 16 образует и выдает на регулятор амплитуды форму огибающей, представленную шестнадцатью фиксированными уровнями напряжения на один цикл, закодированными в четырехразрядном выходном счетчике. Требуемая форма огибающей получается путем управления этим счетчиком (уменьшение или увеличение содержимого) и задания режима повтора цикла огибающей либо отсутствием такого повтора.

Управление формой и циклом огибающей определяется содержанием четырех младших разрядов регистра R13. Каждый из этих четырех разрядов управляет генератором огибающей.

Регулятор амплитуды посредством своих трех четырехразрядных выходов (по одному на каждый канал) осуществляет амплитудное управление цифро-аналоговыми преобразователями каналов A, B и C, на которые подается от смесителя суммарный сигнал: шум и/или тон.

Зависимость формы выходных сигналов от комбинаций чисел в младших разрядах регистра R13 показана в табл.1. Остальные комбинации являются повторением вышеописанных и никаких новых форм сигнала не вырабатывают.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЛАТЫ "R-SOUND"

На плате сопряжения ПГЗ с компьютером "Вектор-06Ц" находится разъем, предназначенный для подключения к гнезду "ПГУ" компьютера и тем самым обеспечивающий связь между компьютером и сопроцессором при содействии внешнего порта ввода/вывода D27. Программистам эта микросхема известна как порты 5, 6 и 7.

Управление режимами работы сопроцессора (прием/передача, автономная работа) осуществляется при помощи комбинаций состояний двух шин микросхемы: BCI и BDIR. В плате "R-SOUND" для этих сигналов предусмотрены следующие соединения:

- 1-й бит порта 5 — BCI;
- 2-й бит порта 5 — BDIR;
- 3-й бит порта 5 — RESET.

Обмен данными между ПГЗ и компьютером происходит через посредство порта 6. Таким образом, меняя числовые комбинации на выходе пятого порта и производя запись/считывание данных из порта 6, мы можем программировать звук в сопроцессоре и осуществлять программный его сброс. Аппаратный сброс проис-

Табл.1

Разряды регистра R13				ФОРМА СИГНАЛА
v3	v2	v1	v0	
1	0	0	0	Постепенное уменьшение уровня сигнала за один период огибающей от максимального до минимального значения, затем резкий скачок к максимальному уровню с последующим повторением полученной формы сигнала в каждом следующем периоде огибающей.
1	0	0	1	Постепенное уменьшение уровня сигнала за один период огибающей от максимального до минимального значения с последующим удержанием минимального уровня.
1	0	1	0	Постепенное уменьшение уровня сигнала за один период огибающей от максимального до минимального значения, затем в следующем периоде постепенное увеличение уровня сигнала с последующим повторением полученной формы сигнала.
1	0	1	1	Постепенное уменьшение уровня сигнала за один период огибающей от максимального до минимального значения, затем резкий скачок к максимальному уровню и его удержание во всех последующих периодах.
1	1	0	0	Форма сигнала является обратной по отношению к комбинации "1000".
1	1	0	1	Форма сигнала является обратной по отношению к комбинации "1001".
1	1	1	0	Форма сигнала является обратной по отношению к комбинации "1010".
1	1	1	1	Форма сигнала является обратной по отношению к комбинации "1011".

ходит при нажатии и отпускании клавиш "ВВОД" + "БЛК".

ФОРМАТ УПРАВЛЯЮЩИХ СЛОВ

Разумеется, для успешного программирования сопроцессора необходимо предварительно задать управляющее слово для внутреннего порта ввода/вывода компьютера, обеспечив тем самым его работу в том или ином режиме.

Так, последовательность команд

```
MVI A,88H
OUT 4
```

готовит порт для записи данных в сопроцессор, а последовательность

```
MVI A,8AH
OUT 4
```

позволяет в дальнейшем считать информацию из текущего регистра ПГЗ.

В табл. 2 приведен формат управляющих слов, адресуемых сопроцессору через пятый порт и воздействующих на шины BDIR и BCI, тем самым обеспечивая правильную работу компьютера с сопроцессором.

На простейших примерах это выглядит так:

```

; УСТАНОВКА ТЕКУЩЕГО РЕГИСТРА
MVI A,NREG ; Загружаем в аккумулятор номер регистра,
OUT 6      ; выдаем его на шину данных порта 6.
MVI A,6    ; Управляющее слово выбора регистра
OUT 5      ; выдаем в пятый порт,
XRA A      ; обнуляем аккумулятор и гасим
OUT 5      ; строб. Регистр выбран.
; ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В РЕГИСТР
MVI A,DATA ; Загружаем в аккумулятор данные,
OUT 6      ; выставляем их на ШД порта 6.
MVI A,4    ; Управляющее слово записи данных в
; регистр
OUT 5      ; засылаем в порт 5,
XRA A      ; обнуляем аккумулятор и гасим
OUT 5      ; строб. Данные переданы в текущий регистр.
; ЧТЕНИЕ ДАННЫХ ИЗ РЕГИСТРА
MVI A,2    ; Управляющее слово для считывания
; данных
OUT 5      ; из тек. регистра выдаем в порт 5 и
IN 6       ; считываем содержимое регистра из порта 6.
PUSH PSW   ; Помещаем в стек считанные данные,
XRA A      ; обнуляем аккумулятор и
OUT 5      ; гасим управляющий строб.
POP PSW     ; Возвращаем из стека данные.
; СБРОС СОПРОЦЕССОРА
MVI A,8    ; В A — управляющее слово для сброса ПГЗ,
OUT 5      ; отсылаем его в порт 5
XRA A      ; и тут же гасим строб. ПГЗ сбрасывает
OUT 5      ; все регистры в "0" и прекращает работу.
```

Разумеется, вместо команды MVI A,DATA может быть любая другая команда, загружающая аккумулятор либо из памяти, либо из какого-нибудь регистра микропроцессора.

Табл.2

Управляющее слово	Функция сопроцессора
02	Чтение из текущего регистра сопроцессора
04	Запись данных в текущий регистр
06	Выбор регистра
08	Программный RESET (сброс)

Для того чтобы вызвать звук хотя бы в одном канале, необходимо установить громкость в требуемом канале, записать в регистр 7 сопроцессора байт, разрешающий работу этого канала, и в регистры управления тональными генераторами записать двенадцатиразрядное числовое значение для установки высоты звука. Записав в регистр 7 ПГЗ байт, разрешающий звучание и тона, и шума, мы получаем тон+шум. А если захочется звуковых эффектов — запишите в регистр управления амплитудой (R8, R9, R10) байт, задающий громкость, но с единицей в пятом разряде. Тогда, записав в регистры 11, 12 сопроцессора значение частоты и в регистр 13 — формы огибающей, получаем звуковой эффект. В табл. 3 приведены коэффициенты деления тактовой частоты 1,7734 МГц, позволяющие тональным генераторам сопроцессора охватить весь музыкальный диапазон звучания.

На примере многих программ, написанных для компьютера "ZX-SPECTRUM", я убедился, что умелое программирование сопроцессора позволяет достичь ошеломляющих звуковых сочетаний, которые пользователям "Вектора-06П" могли только сниться. "R-SOUND" позволяет вам сыграть на "Векторе" сложнейшие музыкальные партии, украшенные звучанием ударных инструментов и прочими звуковыми эффектами, ограниченными лишь вашей фантазией. Надеюсь, со временем, благодаря вашим усилиям, сопроцессор приживется к "Вектору", так же как он прижился к "Синклеру", "АТМ-Турбо", "ZX-PROFI", "Ориону", "MSX", "ZX-SCORPIO" и ко многим другим компьютерам. Теперь же, когда в кишиневском центре "Компьютер" разработали способ замены микропроцессора КР580ВМ80А на более мощный и популярный Z80, что позволяет использовать обширное программное обеспечение "ZX-SPECTRUM"-совместимых компьютеров, эти надежды становятся еще реальнее. Адаптировать программу для Z80 на "Вектор" теперь не составляет большого труда — в скором времени вы сами в этом убедитесь.

Табл.3

	Суб-контр-октава	Контр-октава	Большая октава	Малая октава	1-я октава	2-я октава	3-я октава	4-я октава
ДО		0D3DH	069FH	034FH	01A8H	00D4H	006AH	0035H
ДО#		0C80H	0640H	0320H	0190H	00C8H	0064H	0032H
РЕ		0BCCH	05E6H	02F3H	0179H	00BDH	005EH	002FH
РЕ#		0B22H	0591H	02C8H	0164H	00B2H	0059H	002CH
МИ		0A82H	0541H	02A0H	0150H	00A8H	0054H	002AH
ФА		09EBH	04FFH	027BH	013DH	009FH	004FH	0028H
ФА#		095DH	04AEH	0257H	012CH	0096H	004BH	0025H
СОЛЬ		08D6H	046BH	0235H	011BH	008DH	0047H	0023H
СОЛЬ#		0857H	042CH	0216H	010BH	0085H	0043H	0021H
ЛЯ		0FBEH	07DFH	03F0H	01F8H	00FCH	007EH	003FH
ЛЯ#		0EDCH	076EH	03B7H	01DCH	00EEH	0077H	003BH
СИ		0E07H	0703H	0382H	01C1H	00E0H	0070H	0038H

Желающие иметь готовые платы "R-SOUND", программное обеспечение и сопутствующую информацию могут получить их, выслав в адрес автора заявку, чистый конверт с марками и обратным адресом.

В заключение хочу поблагодарить Олега Филатова (г.Минск) за помощь в выяснении функций регистров сопроцессора и другие сведения, Олега Бутовича (г.Борисов), Григория Луппова (г.Киров) и других программистов и пользователей — за программную поддержку, разумную критику и дельные советы по улучшению характеристик схемы.

Литература

1. АУ-3-8910 и АУ-3-8912. Краткое руководство. ASTER SOFT Ltd., 1993.