

GBX BIOS (C)2026 SUMMER PARTY EDITION

MEMORY TEST : 65536 BYTES OK



РЕПЛИКИ КОМПЬЮТЕРОВ ПРОШЛОГО

...и зачем они нам в 2026 году

DEVICE 01 : РАДИО-86РК OK

DEVICE 02 : ZX SPECTRUM / Эльф OK

DEVICE 03 : INTEL 80386 OK

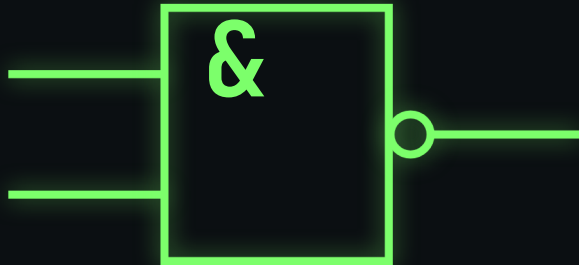
DEVICE 04 : GIGATRON TTL OK

Евгений Варнаков • Яндекс • t.me/varnakov_ru

GBX SUMMER PARTY • ЯНДЕКС МУЗЕЙ • 2026 • PRESS ANY KEY ■

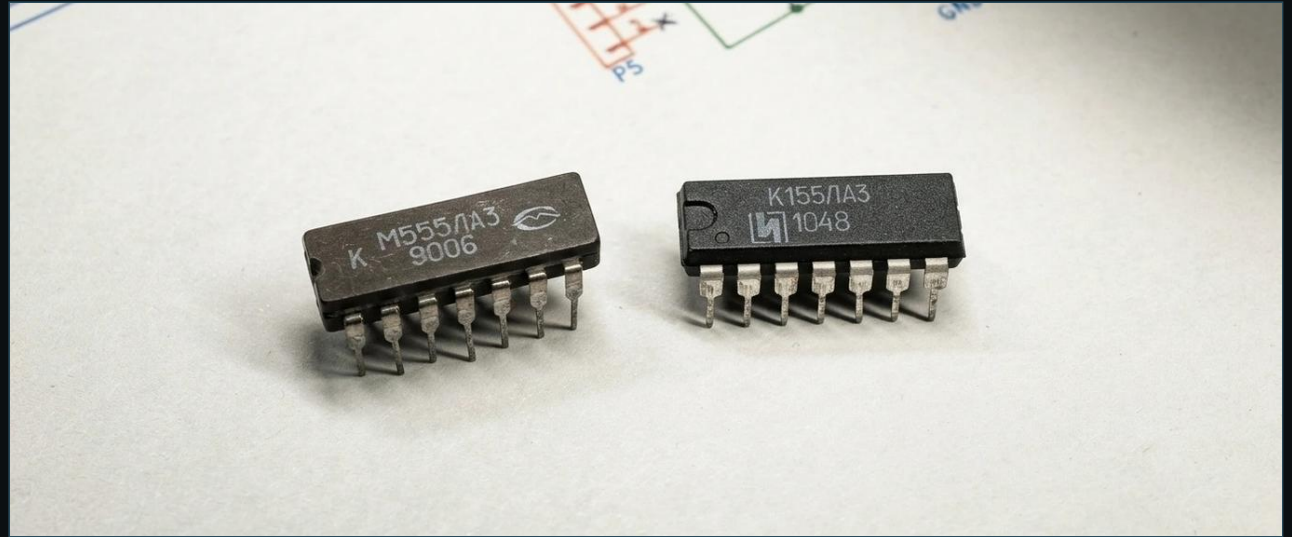
Это вентиль. 2И-НЕ.

Один из кирпичиков, из которых сложен любой компьютер — от калькулятора до дата-центра.



7400 · у нас — К155ЛА3

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

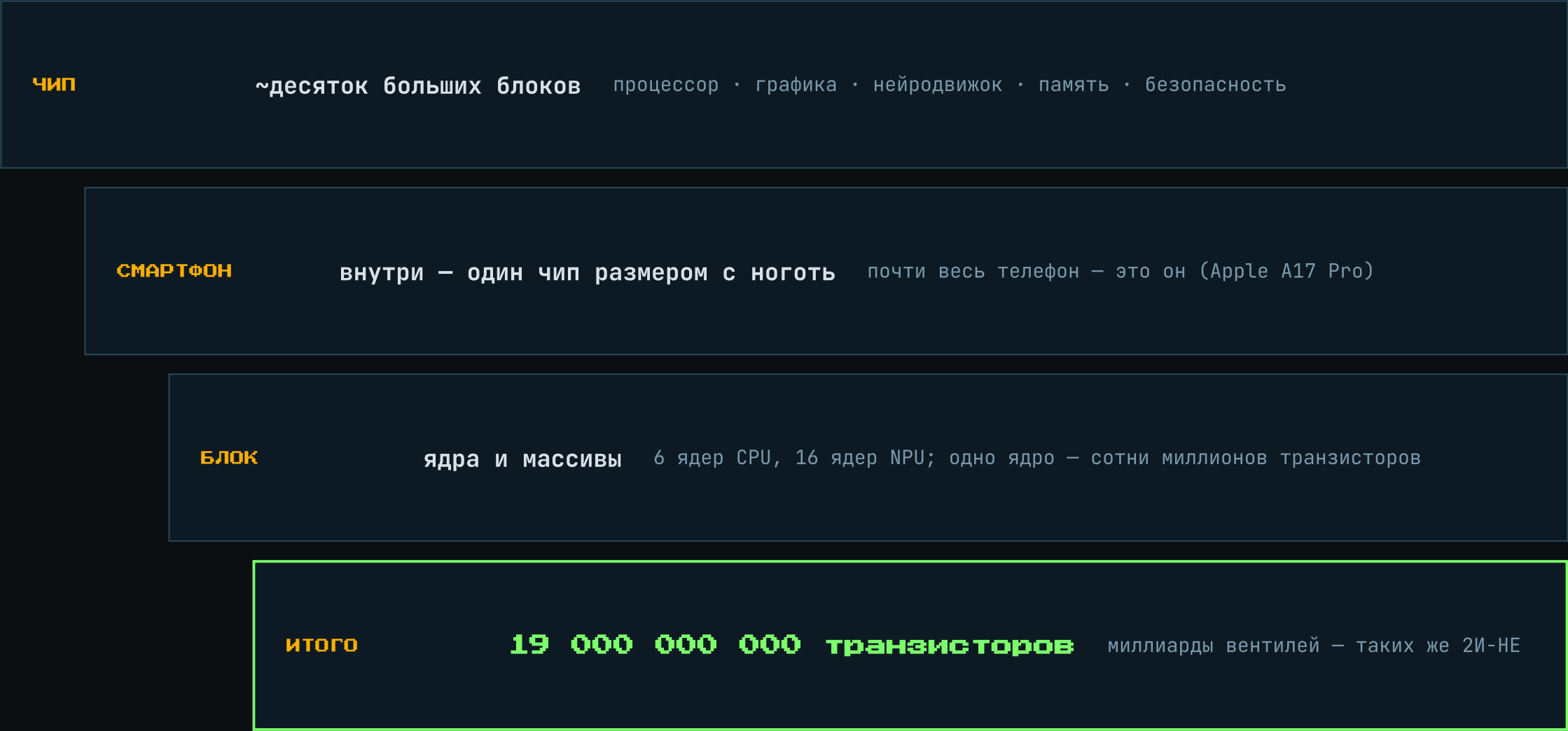


K155ЛА3

- **Что он делает** на выходе «0» только когда на обоих входах «1». Вся логика мира строится из этого
- **Почему думаем вентилями** вентиль — понятная единица логики: схему читают по вентилям, не разбирая каждый транзистор
- **Тогда при чём транзисторы** вентили бывают разные — И, ИЛИ, НЕ, — а транзистор один на всех, транзисторы — объём. Внутри 2И-НЕ их около четырёх

Из такой логики построены все цифровые схемы.

Сколько транзисторов у вас в кармане?



Непонятно что внутри? Мне тоже. Всю эту пирамиду целиком не удержит в голове ни один человек на Земле.

История абстракций...

1945	Лампы	ENIAC: 18 000 радиоламп. Каждую связь инженер прослеживал руками
1947	Транзистор	Тот же ключ — твердотельный: меньше, холоднее, надёжнее
1958	Интегральная схема	Множество транзисторов на одном кристалле. Это чип
1969	Калькуляторы	Чипы и схемы становятся универсальными: под каждую модель не нужно делать свои чипы, а схему можно переиспользовать
1971	Микропроцессор	Intel 4004: 2 300 транзисторов, 10 000 нм. Родился из четырех калькуляторов Busicom, которые подарили его Intel.

...и её современная вершина

1974	Микроконтроллер	Процессор, память и периферия — на одном кристалле
закон	Мура	Удвоение транзисторов → от микрон к нанометрам
2023	Современный SoC	Apple A17 Pro: 19 000 000 000 транзисторов, 3 нм
сегодня	Языки высокого уровня, ООП, нейросети	Ассемблер и вентили не видны. Всю цепочку не держит в голове никто

Каждая ступень мощнее — и непонятнее, и менее познаваема одним человеком.

ДВА ПОЛЮСА СЛОЖНОСТИ

19 000 000 000

транзисторов в чипе смартфона

— против —

~20 000

транзисторов в логике Радио-86РК

29 микросхем $\approx$ 5 000 вентиляй $\approx$ 20 000 транзисторов

Подумайте: разница в сложности — миллион раз. И второй можно понять целиком — от нажатия клавиши до пикселя.

Пожалуй, последний класс компьютеров, доступный полному пониманию.

Два пути к домашнему компьютеру

```
C:\> type notes.txt
```

- **Запад** рынок быстро сформировал продукт — и стал его продавать: с 1977-го Apple II, PET, TRS-80 берут готовыми
- **DIY Kit** Altair 8800, единицы энтузиастов
- **Apple-1** Возняк хотел раздавать схемы даром — продавать платы уговорил Джобс
- **У нас — радио-культура** радиокружки, журналы, радиопром: людей с паяльником — миллионы, каждый школьник хотел собрать радиоприемник
- **В дефиците информация** схем компьютеров просто не было. Направление открыл Микро-80
- **Покупали и у нас** например, БК-0010 (1986) — но дорого и дефицитно
- **Живучесть** массовый самосбор у нас жил до середины 90-х; на Западе массовым не стал и угас к началу 80-х



Commodore PET, TRS-80, Apple II — «Trinity 1977»

Три способа увидеть старую платформу



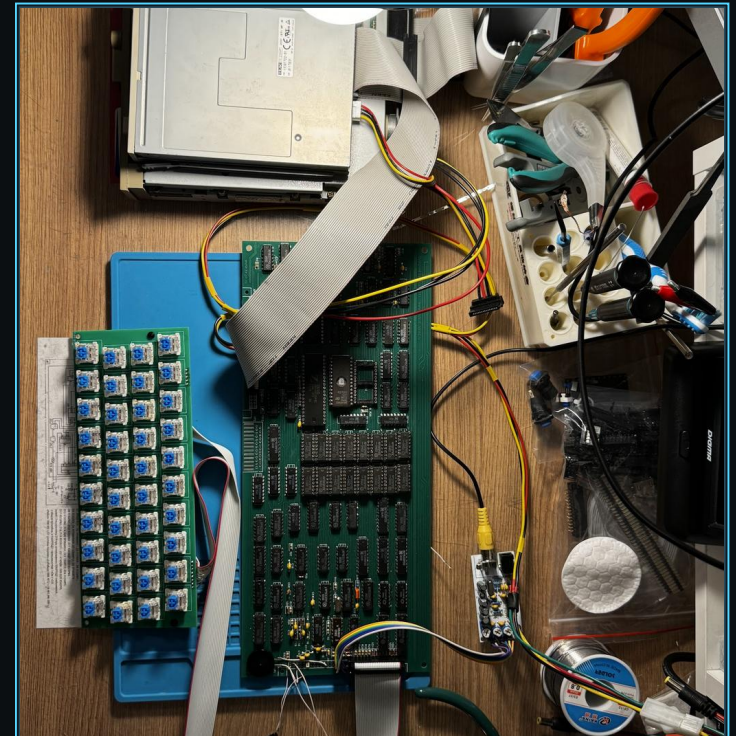
РЕСТАВРАЦИЯ

Починить конкретный исторический экземпляр — с его биографией. Музейный путь.



ЭМУЛЯЦИЯ

Просто ещё одна программа на твоём ноутбуке. Свернул окошко — и Спектрум растворился. И дискету не вставить.



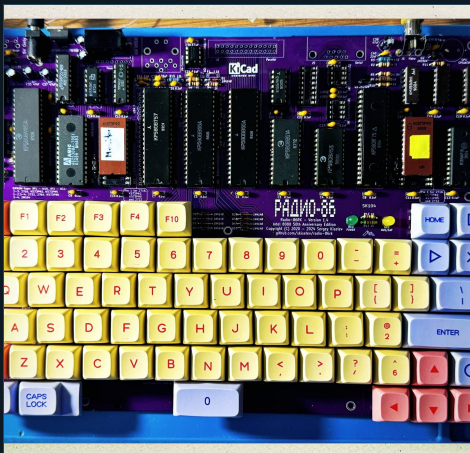
РЕПЛИКАЦИЯ

Собрать машину заново из современных деталей:

- физическое устройство на столе
- аутентичный софт на настоящем железе
- заметное усилие — и ценность победы

Мой путь — к репликам через оба других пути.

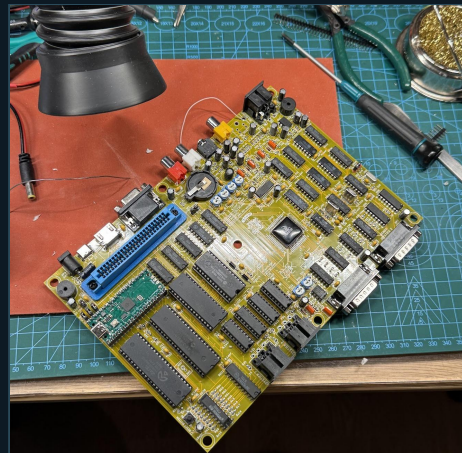
Четыре машины — четыре грани



РАДИО-86РК

1986

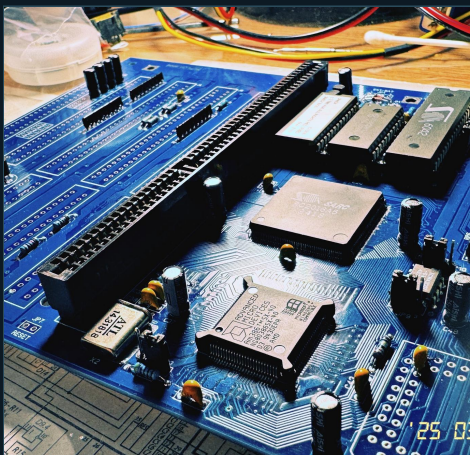
грань: понятность



ZX SPECTRUM / Эльф

1982 → 1995 → ...

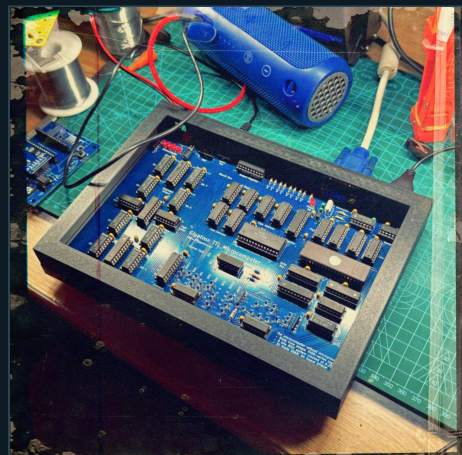
грань: реверс и живучесть



INTEL 80386

1985

грань: возможное невозможное

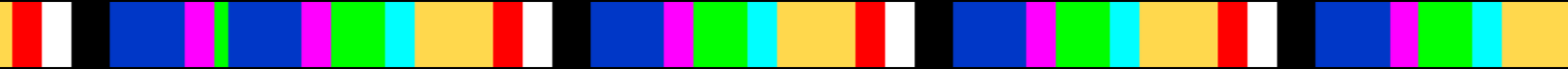


GIGATRON TTL

2018

грань: изобретение заново

Все четыре собраны руками — за последние три года. И у каждой — своя история.



БЛОК 01 / 04

РАДИО-86РК

грань: **понятность**

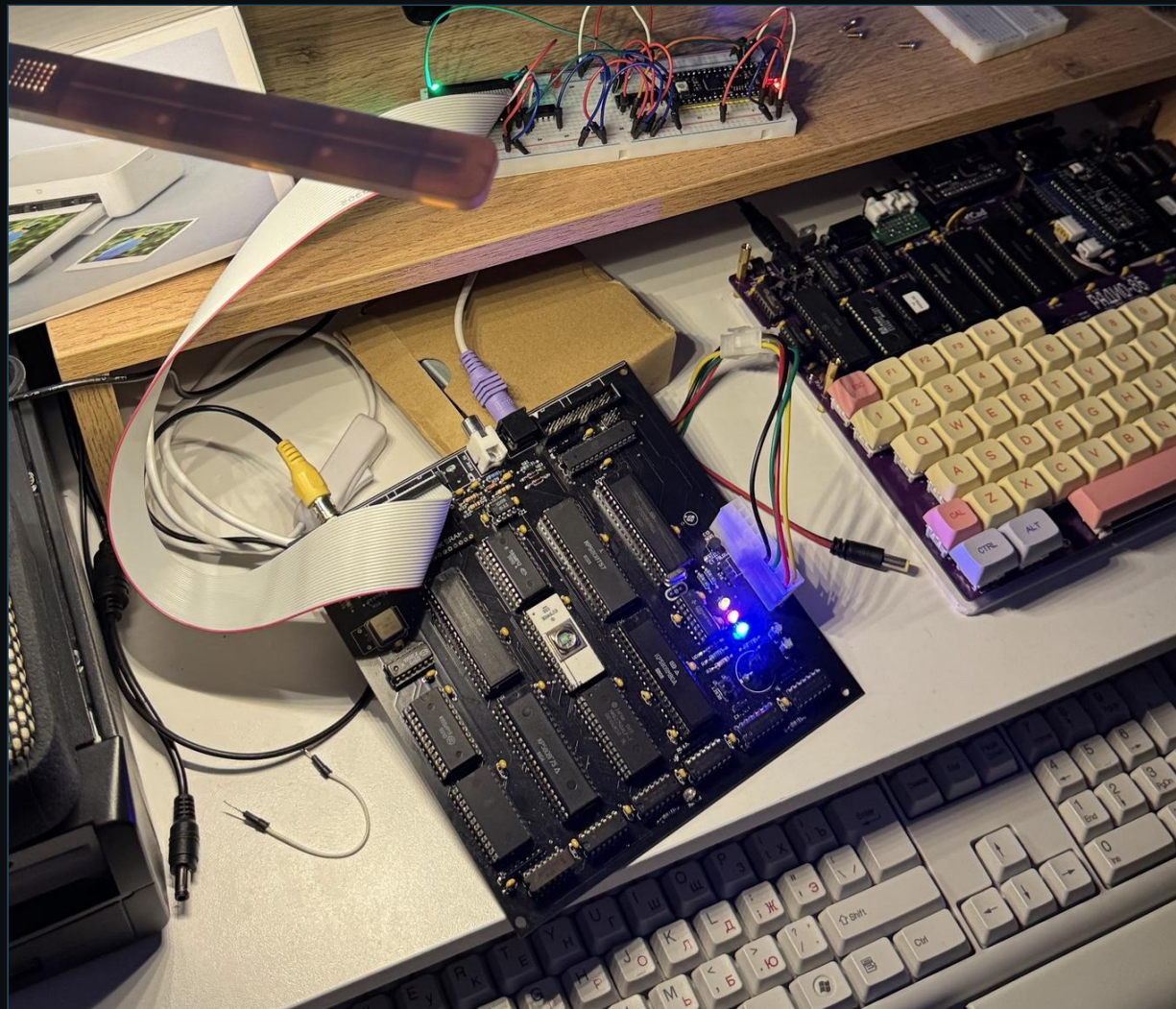
...почему-то я начал именно с неё

LOAD "RKS6" █

Почему именно она

```
C:\> type notes.txt
```

- Её у меня не было Спектрум дома был, РК — никогда. Пробел, который хотелось закрыть. Погонять историческую платформу
- Подобраться к Спектруму вернуться к машинам детства, немного в ностальгию, немного — сделать еще что-то для платформы
- «Она же проще» более ранняя, журнальная — значит, соберётся легко. Оказалось — нет



Моя первая РК — жива и работает

Компьютер из журнала

C:\> type notes.txt

■ **Схема в печати** журнал «Радио», №4-6 за 1986 — собери сам

■ **29 микросхем** процессор — клон Intel 8080 (KP580BM80A)

■ **Тираж журнала** 1 200 000 экземпляров — схему увидела вся страна

■ **Детали** доставали на предприятиях и «по знакомству»; в магазинах — простейшее, и то редко

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

ал ЧТЕНИЕ формируется на микропроцессоре. Д6, но и наоборот. ПДП D2 при передаче символов на экранной области контроллер дисплея. При этом учитываются особенности микропроцессора и контроллера дисплея. Сигнал на выходе DBIN процессора активен (уровень логической 1) только при чтении данных на выходе MEMW контроллера логического 0) — в момент считывания байта из экранной ОЗУ в контроллер дисплея. Сигналом элементом. D5.1 ируется сигнал ЧТЕНИЕ. Резистор мент для формирования уровня логической 1 на выходе 7 элемента в то время, когда выход контроллера находится в высокоом состоянии.

ВЫБОРА ПАМЯТИ УСТРОЙСТВА А-ВЫВОДА

фратор адреса выполнен на элементах D11, D5.3, D10.4 и D4.3. Смысл от состояния линий 15 шины адреса на одном из микросхем D11 формируются логического 0, позволяющие выделить, к какой группе ячеек происходит обращение. Таким образом, адресное пространство процессора (64 Кбайт) оказывается разделенным на 8 блоков размером 8 Кбайт каждый. На выходе D5.3 и D10.4 при обращении к ячейкам ОЗУ с адресами от 0000H — 3FFFH и 4000H — 7FFFH формируется сигнал логической 1.

ли с выходов 4—7 дешифраторов используются для выбора одной из четырех БИС: D20, D14, D8. Следует заметить, что сигнал логической 1 на выходе 7 используется также и для микросхем ПЗУ D17, т.е. один и тот же сигнал служит как для выбора контроллера ПЗУ, так и ПЗУ, в зависимости от того, что из ПЗУ информация считывается, а в контроллере ПЗУ она только записывается при чтении последнего.

Так как после сброса микропроцессор начинает выполнять программу с команды, расположенной по адресу 0000H, в ПЗУ хранящую управляющую программу МОНИТОР, отведены адреса начиная с F800H, в компьютер введен блок начального запуска. На выходе триггера D13.2 в момент прихода сигнала СБРОС появляется уровень логического 0, который запускает работу дешифратора D11 и через элемент D4.3 поступает на вход С5 микросхемы ПЗУ D17, что и обеспечивает чтение первой команды на ПЗУ — команды безусловного перехода на начало МОНИТОРА. После выполнения этой команды на шине адресов появляется код адреса следующей команды, старший разряд которого равен 1. Появление высокого уровня на линии A15 переводит триггер D13.2 в исходное состояние, в результате чего в дальнейшем дешифратора адресов происходит обычный образ.

ОЗУ

ОЗУ РК выполнено на микросхемах памяти динамического типа K565PY3 (D22—D29). Особенности этих микросхем — временное мультиплексирование адресов и необходимость периодической регенерации хранимой в них информации. Код адреса заносится в адресный регистр микросхем через входы A0—A6 последовательно: сначала поступают коды семи младших, а затем семи старших разрядов адреса, сопровождаемые соответствующими сигналами выборки строки (RAS) и столбца (CAS). Адреса мультиплексируются микросхем D18 и D19, на входы которых с адресной шины поступают разряды A0—A13 кода адреса. В зависимости от уровня сигнала на входе V этих мультиплексоров, на входы A0—A6 микросхем D22—D29 поступают сигналы либо с линий A0—A6, либо с линий A7—A13 шины адресов.

Для формирования сигналов, управляющих работой динамической памяти, служит узел, собранный микросхем D16 и элементов D4.4, D9.5, D10.2 и D10.3. На входы C1 и C2 сдвигающего регистра D16 поступает сигнал ОЗС тактового генератора. При отсутствии сигнала на входе управления сигналами ЧТЕНИЕ и ЗАПИСЬ на вход V2 регистра D16 с элемента D4.4 поступает высокий логический уровень, обуславливающий его работу в режиме параллельного приема данных. При необходимости ЧТЕНИЯ из ОЗУ

Рис. 3

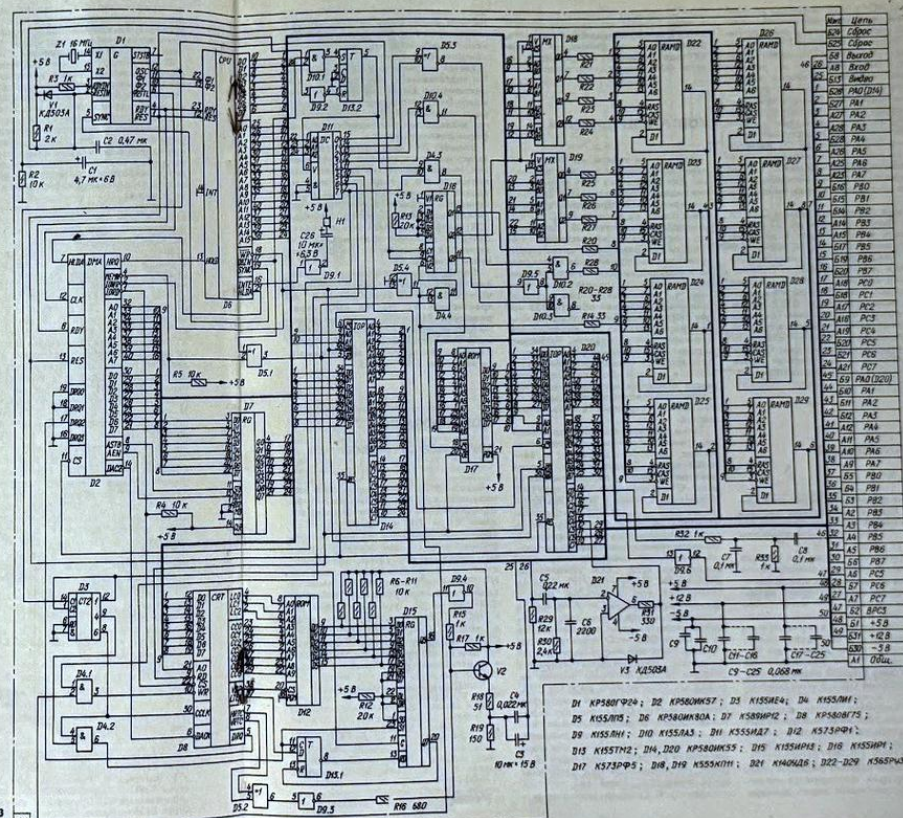


Рис. 2 в «Радио», 1986, № 4.

РАДИО № 5, 1986 г.

РАДИО № 5, 1986 г.

33

«Радио» №5, 1986 — схема ОЗУ РК

Микро-80: с чего всё началось

1970-е

Инженеры МИЭМ Зеленко и Попов одержимы микропроцессорами — но в СССР их не достать

1978

Чужая посылка по ошибке приходит в МИЭМ: внутри — первые КР580ИК80. Прибирают к рукам

1979–80

Зеленко, Попов и Панов собирают Микро-80: ~200 микросхем, несколько плат. Работает!

1980

Показывают замминистра радиопрома → их не приняли всерьёз

1982–83

«Радио» печатает цикл статей и полную схему — первую в СССР. Собирают немногие — но собирают

→ 1986

Редакцию заваливают письмами «упростите!» — ответом станет РК-86



Сергей Попов за первым экземпляром «Микро-80»

«Ребята, хватит заниматься ерундой. Персонального компьютера не может быть. Могут быть персональный автомобиль, персональная пенсия, персональная дача. ЭВМ — это 100 квадратных метров площади, 25 человек персонала и 30 литров спирта ежемесячно!»

— Н. В. Горшков, замминистра радиопромышленности СССР, 1980

Возняку в НР отказали пять раз — вышла Apple. Нашим отказало министерство — вышел журнал. Схема даром: вышло как Возняк и хотел.

1985: страна поворачивает к компьютерам

```
C:\> type notes.txt
```

- **Вторая грамотность** академик Ершов, 1981: «программирование – вторая грамотность». Идея завоёвывает умы
- **Государство** 1985: курс на информатизацию – в школах появляется предмет информатики
- **Инертность развития, не глупость** в 1980-м «ПК не может быть», в 1985-м ПК – приоритет
- **Запад в это время** IBM PC (1981), Apple II в каждой школе, появляются Macintosh, Amiga, AT, 386 – наше отставание огромно и очевидно
- **Тайминг РК** схема выходит в 1986-м – ровно на гребне волны. Микро-80 был диковинкой, РК попала в своё время



Урок информатики, вторая половина 1980-х – глазами Nano Banana

Open source по-советски

ВНИМАНИЮ

РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ,

СОБИРАЮЩИХ

«Радио-86РК»

По мере выхода в свет номеров журнала с описанием радиолюбительского компьютера «Радио-86РК» в редакцию начали поступать письма, в которых читатели сообщали о замеченных ими неточностях и ошибках. Внимательное изучение этих писем показало, что не все из того, о чем пишут читатели, действительно и может сказаться на работе компьютера. Тем не менее, учитывая, что среди заинтересовавшихся «Радио-86РК» немало «начинающих» (в области микропроцессорной техники), редакция попросила его разработчиков Д. Горшкова, Г. Зеленко, Ю. Озерова и С. Попова подготовить полный список поправок, которые необходимо (или желательно) внести в описание компьютера. Для удобства они сгруппированы по номерам журнала. Итак...

...«Радио», № 5, с. 31—34

На принципиальной схеме компьютера (с. 32—33) верхний (по схеме) вывод элемента D4.1 должен быть обозначен номером 2, нижний — номером 1. Транзистор V2 — любой из серии KT315. Вывод 8 элемента D5.3 ошибочно снабжен знаком инверсии. В действительности же, он — прямой (см. обозначения остальных элементов микросхемы D5). Сигнал PC5 (с выхода C5 микросхемы D14) должен подниться к контакту A20 разъема (а не B20, как показано на схеме).

Как показал опыт работы с компьютерами, собранными по описанию в журнале, емкость конденсатора C3 желательно увеличить до 33...47 мкФ, а конденсатор C5 — подобрать, контролируя форму сигнала на выходе OY D21.

В тексте описания (с. 31) сказано, что сигнал WR поступает на соответствующий вход микросхемы D17. На самом же деле, как видно из схемы, этой связи микропроцессора D6 с микросхемой D17 нет. Не соответствуют действительности и указание на то, что в компьютере предусмотрена возможность обращения из программ на Бейсике к расположенной в МОНИТОРЕ подпрограмме формирования звуковых сигналов (с. 34). Из-за неудовлетворительного качества формируемого звукового сигнала авторы отказались от внесения этой подпрограммы в таблицу стандартных подпрограмм МОНИТОРА (см. «Радио», 1986, № 8).

...«Радио», № 6, с. 26—28

В табл. 1 (с. 26) неправильно указаны коды символов F1—F4. В действительности клавиши F1 соответствуют код 00H, F2 — 01H, F3 — 02H, F4 — 03H.

В табл. 2 (с. 27) необходимо внести исправления в ячейки с адресами 0122H и 0123H: в них должно быть записано значение F5H. Кроме того, необходимо заменить содержимое ячеек в соответствие с приводимой табл. 1 и дополнить

таблицу кодов содержимым ячеек, расположенных по адресам 03D0H—03FFH (табл. 2).

Относительно числа светодиодов на плате клавиатуры. При разработке учитывалась возможность использования этого узла устройства и в других компьютерах, поэтому на печатной плате предусмотрена установка четырех светодиодов. В «Радио-86РК» светодиоды V1 и V3 не используются.

...«Радио», № 7, с. 26—28

К сказанному о процессе отладки компьютера следует добавить, что при работе диагностической программы (с. 27, табл. 2) предусмотрена возможность контроля временной диаграммы работы O3Y. В основной цикл работы этой программы введены команды записи и чтения содержимого ячейки O3Y, расположенной по адресу 0000H. При контроле на вход внешней синхронизации осциллографа подает сигнал с вывода 15 дешифратора D11 и после запуска программы для работы в автоматическом режиме, не нажимая ни одну из клавиш «СС», «УС», «РУС/ЛАТ», убеждаются в соответствии временной диаграммы работы O3Y изображенной на рис. 9 (с. 28).

В заключение — два совета. Один из них — тем, у кого нет микросхемы K573РФ1 (D12). Вместо нее можно использовать K573РФ2 или K573РФ5. Для этого печатные проводники, идущие к выводам 18—21 микросхемы D12, необходимо перерезать и соединить со следующими цепями: вывод 18 — с выводом 35 микросхемы D8, вывод 21 — с шиной питания +5 В, выводы 19 (старший разряд адреса) и 20 — с общим проводом. В этом случае используется только половина ячеек O3Y (1 Кбайт).

Второй совет — тем, кто уже собрал и отладил компьютер. Интерпретатор языка Бейсик, описанный в «Радио», 1985, № 1—3, можно использовать и для работы на «Радио-86РК». Следует только учесть, что новый верхний адрес свободной области O3Y — 35FFH (при объеме O3Y 16К) и 75FFH (32К). Кроме того, не будут работать операторы CLS, PILOT, LINE, CUR, OUT и встроенная функция INP(X). Все остальные операторы и встроенные функции интерпретатора будут работать в соответствии с приведенным в указанных номерах журнала описанием.

ИНТЕРПРЕТАТОР ЯЗЫКА БЕЙСИК СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ «РАДИО-86РК» БУДЕТ ОПУБЛИКОВАН В БЛИЖАЙШЕМ НОМЕРЕ ЖУРНАЛА.

C:\> type notes.txt

- Многолетний цикл публикаций статьи как от авторов РК, так и других инженеров
- Ошибки в схеме журнал печатал исправления — «патчи» выходили номерами
- Доработки читателей радиолюбители присылали улучшения — их публиковали
- «Бумажный репозиторий» схема + прошивка в открытом доступе у всей страны — можно почитать и сегодня
- Наследие тяга к доработкам — черта платформы до сих пор

Волна после РК

```
C:\> type notes.txt
```

- **Заводские клоны** «Микроша», «Апогей БК-01», «Партнёр 01.01», «Криста» – промышленность подхватила жанр
- **Многие считают**, что для серийного выпуска платформа была неудачной
- **Совместимость**, увы, по большей части частичная – но удачные машины были
- **Другие журналы** – «Моделист-конструктор» печатает «Специалист» (1987), «ЮТ» – ЮТ-88; «Радио» продолжит «Орионом-128»
- **В классы и кружки** на базе РК делали учебные машины – для многих это первый компьютер



«Микроша» (ЛЭМЗ, 1987) – серийный потомок РК

Жанр жив

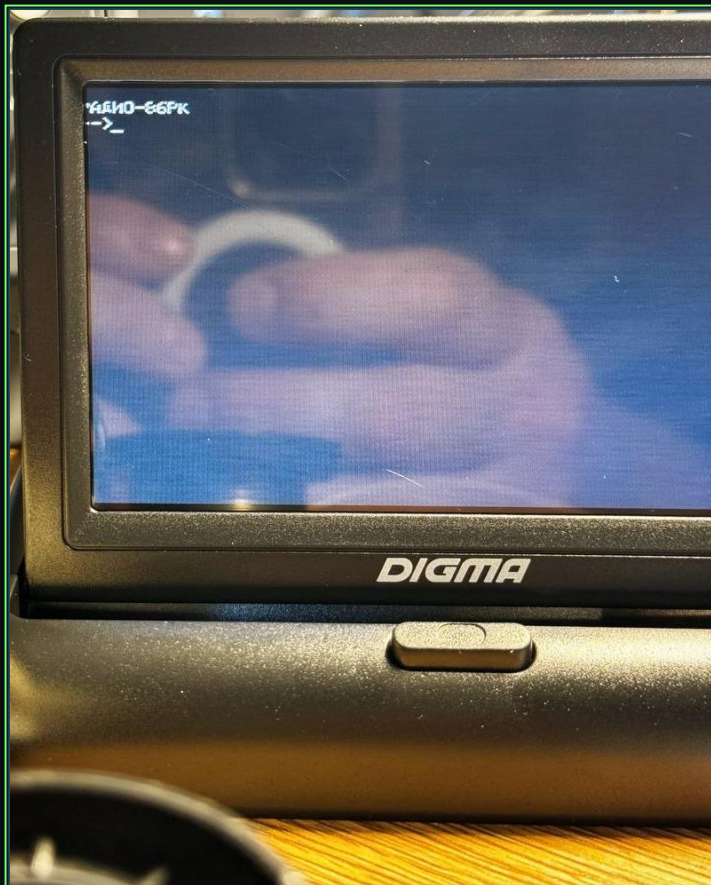
```
C:\> type notes.txt
```

- **Сообщество** живые телеграм-каналы: архитектура, тонкости кода под i8080, оптимизация — сам оттуда черпаю
- **Новые машины** клоны на Z80 и 8085; клон Киселева — 18 микросхем, RS-232, моноблок, одно питание (2020)
- **Переосмысления** расширения графики, цвет, звук, SD вместо магнитофона
- **Интернет-магазины и маркетплейсы** конструктор РК можно заказать практически как пиццу



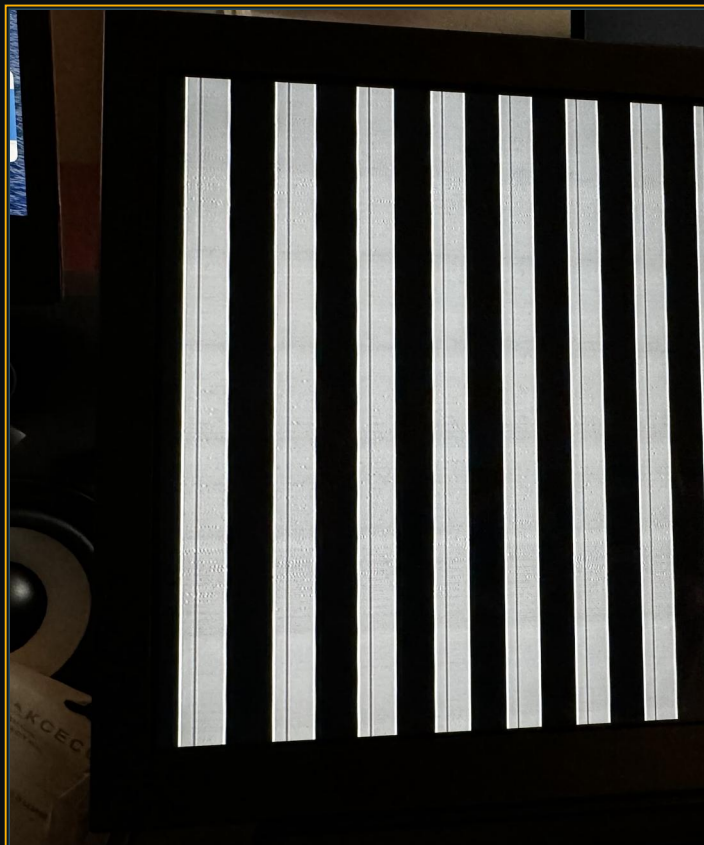
Клон РК Сергея Киселева — жанр продолжается

Любимые странности



«РАДИО»

Развёртка нестандартная — многие современные мониторы съедают первый символ. Машина сама сократила себе имя.



МАТРАС

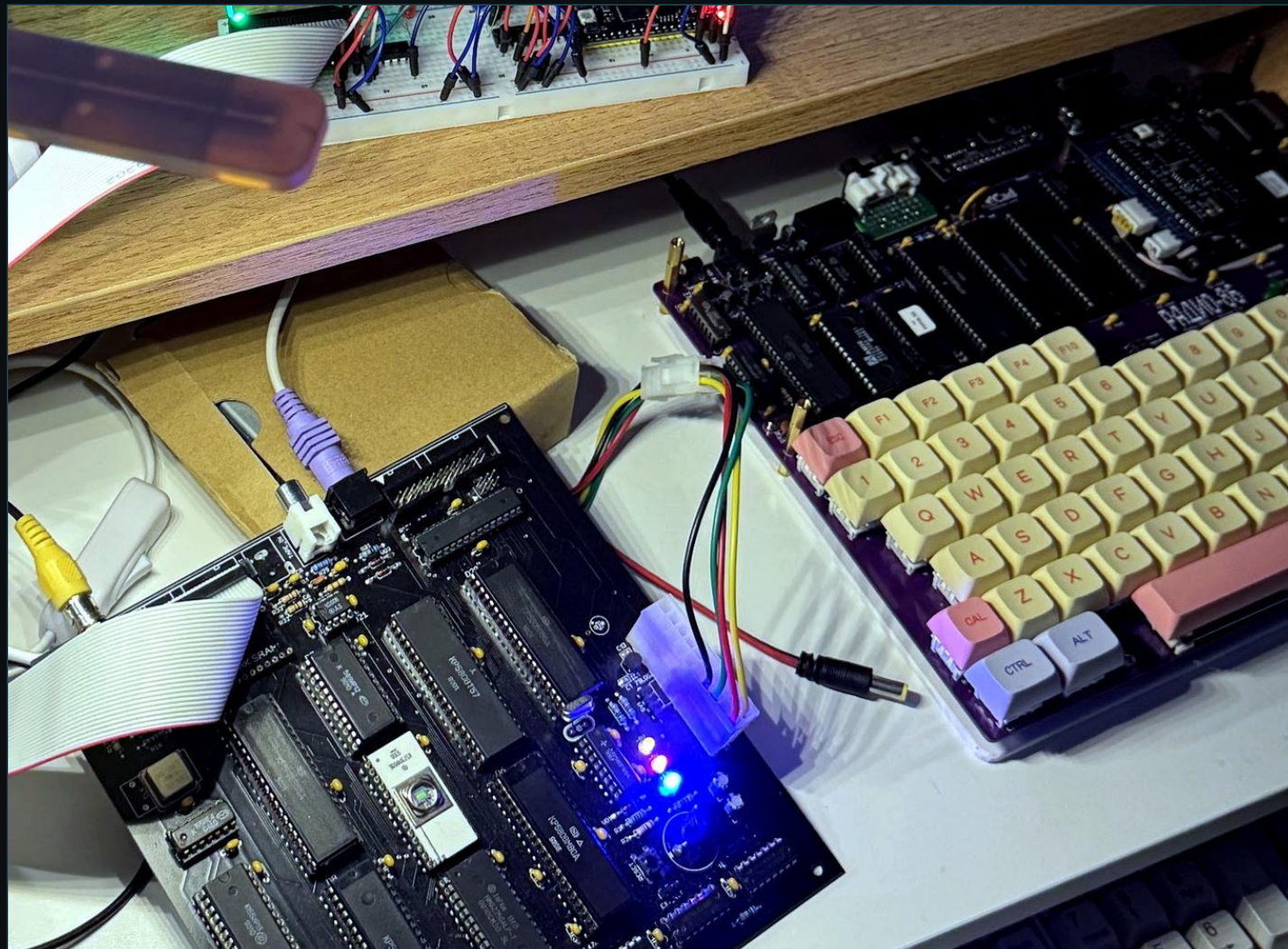
При отладке произошёл сбой видеоконтроллера и появился спектрумовский «матрас». Кто знает — оценит



ТОЛЬКО ЗАГЛАВНЫЕ

Строчных букв нет совсем — ни в знакогенераторе, ни в мониторе. ВСЁ ТЕКСТ ВЫГЛЯДИТ ВОТ ТАК.

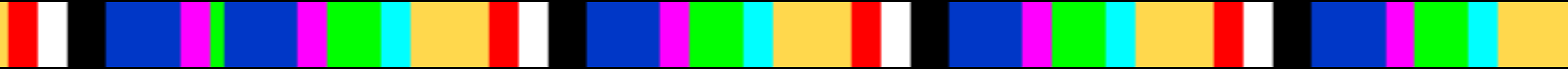
Три клона спуста



Две из трёх моих РК — недавнее фото

```
C:\> type notes.txt
```

- **Три штуки** классическая «синяя», «черная» на статической памяти, клон Киселева в моноблоке — я много писал про них в своём Телеграм-канале
- **Хрупкость** «не работает мелочь — не работает вообще всё». Самая сложная в отладке
- **Развиваю периферию** SD-адаптер, патченный монитор, свой джойстик-контроллер на Pi Pico — для машины, у которой джойстиков не было. Это оказалось интересно



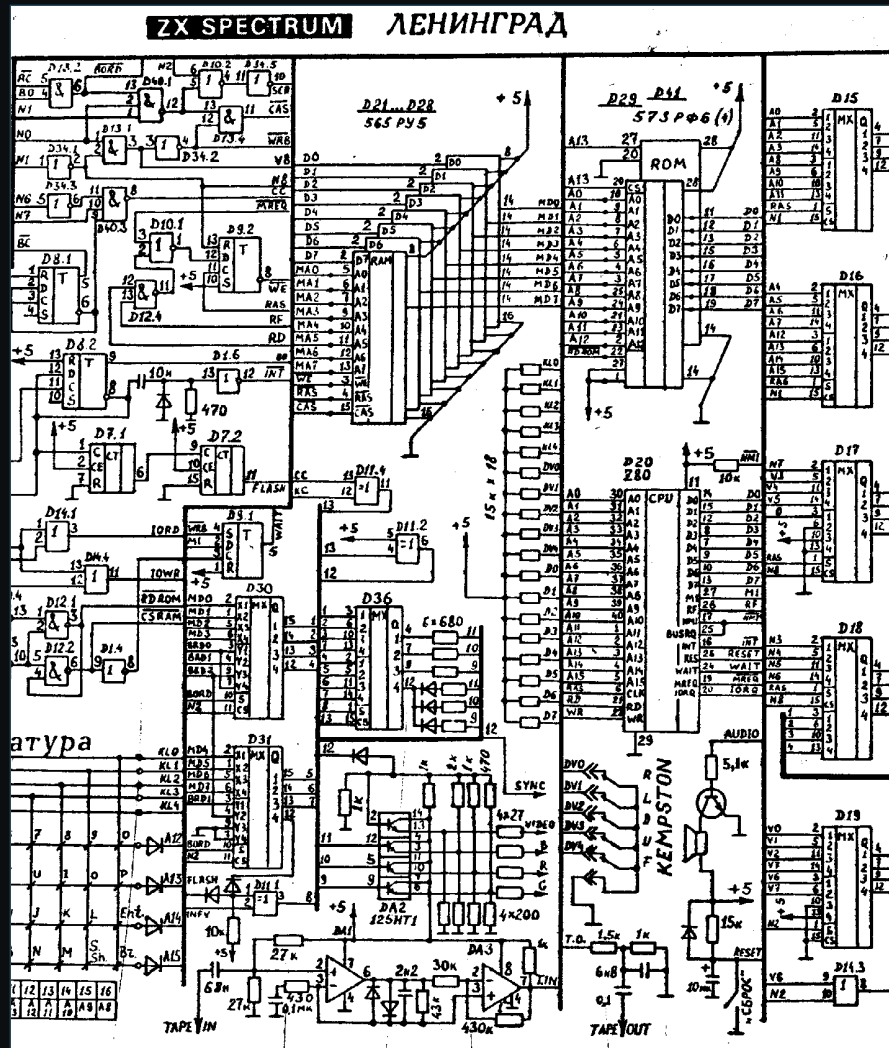
БЛОК 02 / 04

ZX SPECTRUM / Эльф

грань: реверс, популярность и живучесть

LOAD "SPECCY" █

Когда дома был Спектрум



Принципиальная схема «Ленинграда»

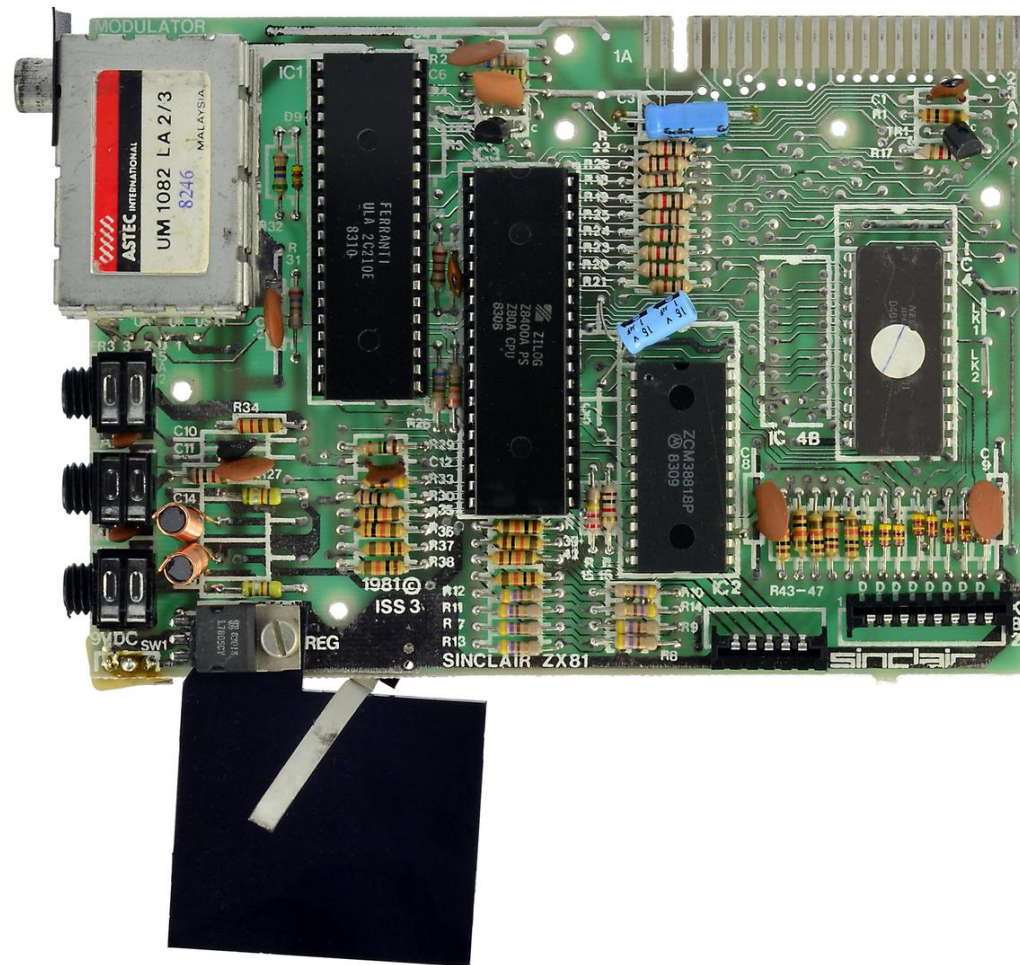
C:\> type notes.txt

- **Отец-инженер** собрал Спектрум, когда я был в восьмом классе. Это был «Ленинград»
- **Странные ощущения** после БК-0010, клонов PDP-11 и даже IBM PC он выглядел непохоже и сюрреалистично
- **Собирал** коллекцию игр и языков — интернета не было · ломал игры, делал бесконечные жизни · писал свои на Бейсике и Ассемблере · даже делал на нём школьные рефераты
- **Целая эпоха** — позже дома появились ещё несколько самодельных Спеков и АТМ
- **Дань эпохе** — взять и не собрать «Ленинград» сам я просто не мог

ULA: вся логика — в один чип

C:\> type notes.txt

- **Ferranti ULA** заказная микросхема: всё «обязочное» железо в одном корпусе — удешевить схему
- **Арифметика Синклера** ZX80 — 21 микросхема → ZX81 — 4 → Spectrum — тоже ULA + больше ОЗУ + цвет
- **Итог** без ULA не было бы дешёвого массового домашнего компьютера



Плата ZX81: вся машина — четыре микросхемы. Крупная слева — та самая ULA Ferranti

Клэшинг: фирменный глюк Спектрума

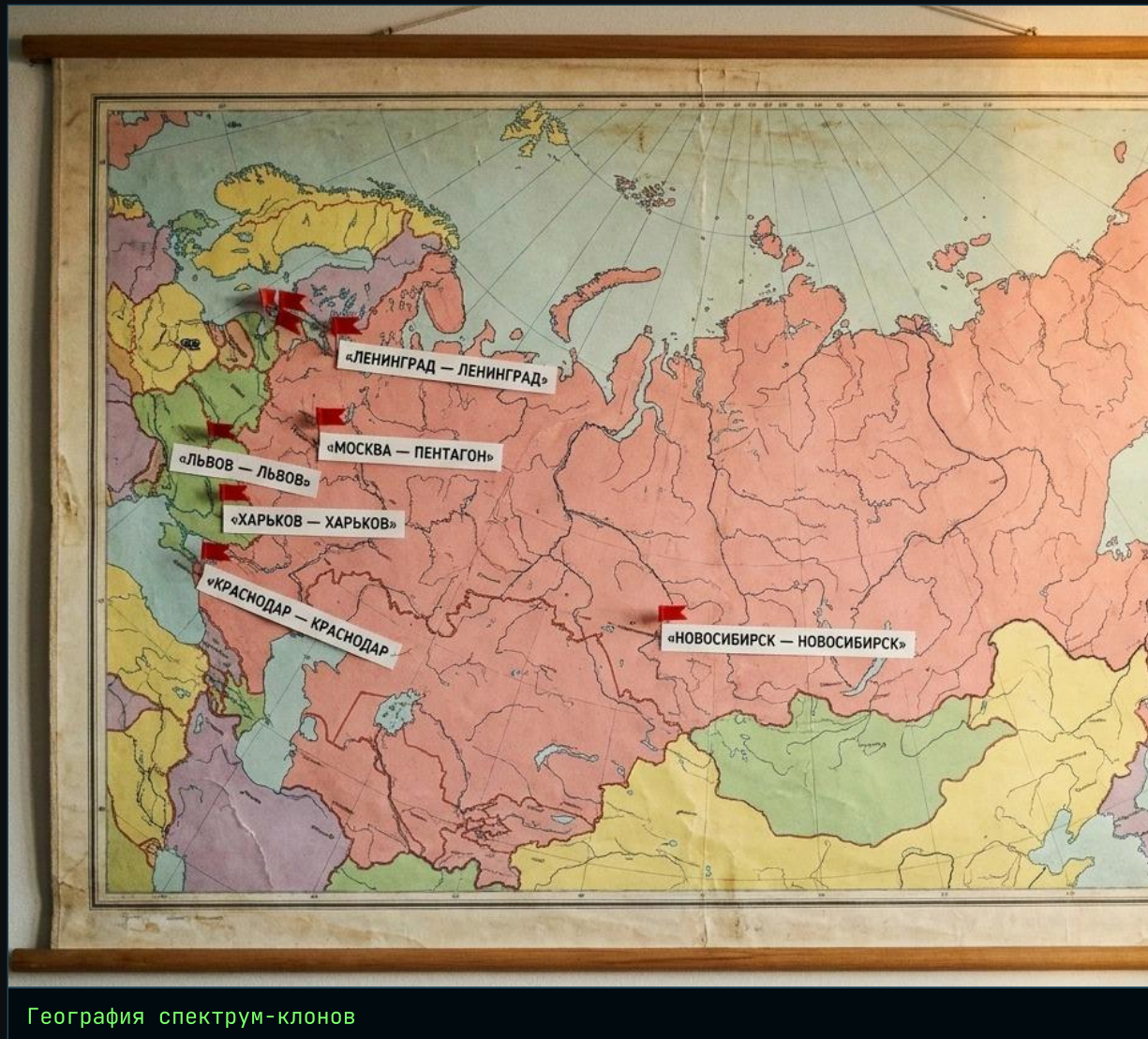
```
C:\> type notes.txt
```

- **Экономия** цвет хранится не попиксельно, а знаками 8×8 — так экономится память
- **Клэшинг** спрайт заходит в чужую клетку — и перекрашивается: столкновение цветов
- **Фирменный стиль** самая узнаваемая визуальная черта Спектрума — сначала боролись, потом полюбили



Altered Beast (1988) — зомби перекрашивается, войдя в клетку героя

Семь городов реверсят один чип



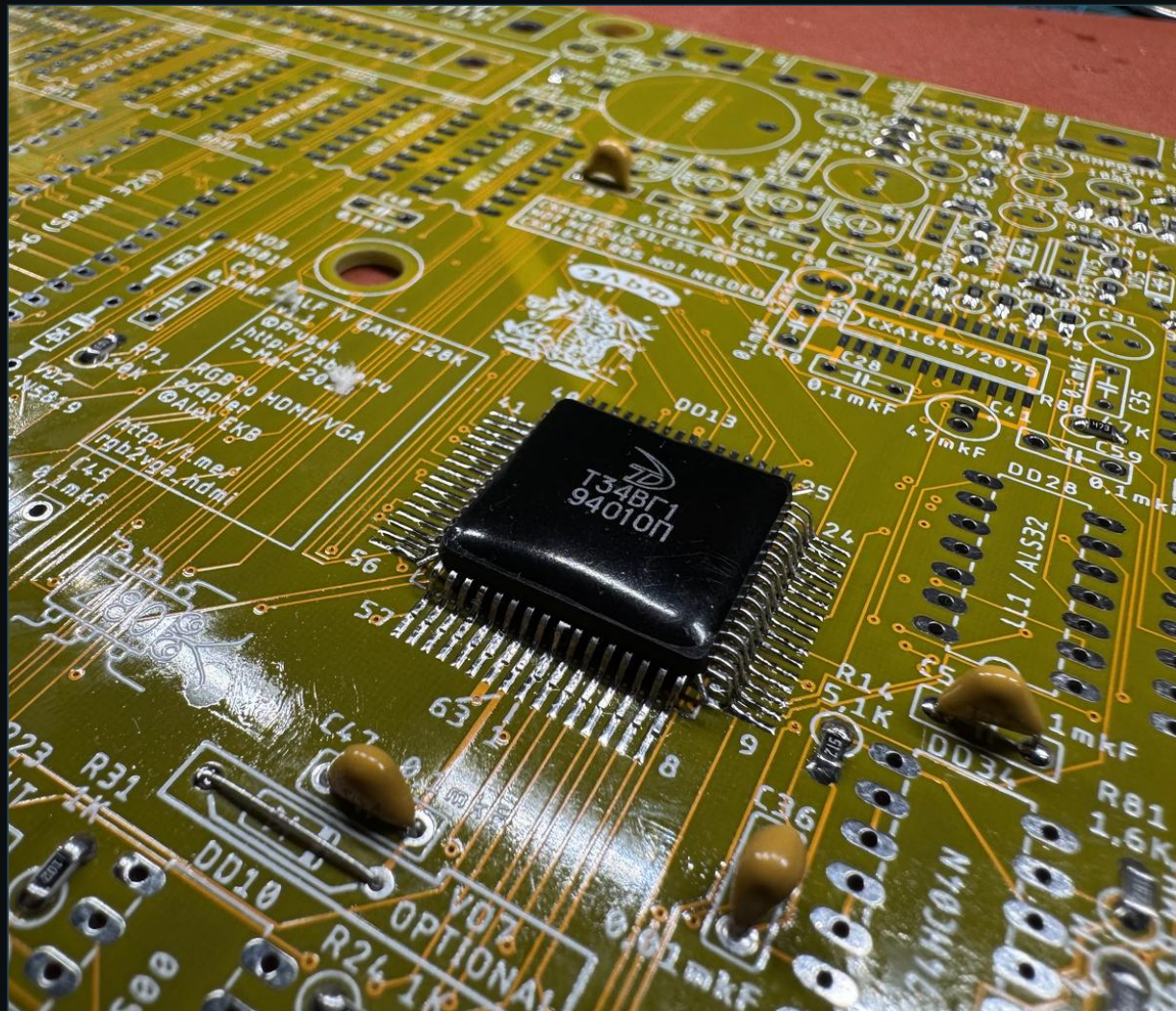
C:\> type notes.txt

- **Советские инженеры** в совершенно разных местах и учреждениях параллельно работают над одним и тем же реверсом
- **Города** — Львов, Каунас, Ленинград, Москва, Новосибирск, Харьков, Краснодар
- **Легенда** Львов, 1985: Спектр «на два часа», осциллограммы с ног ULA. Дословно не подтверждается — но что-то такое определённо было
- **Вся история советского Спектрума** состоит из таких полудокументированных баек
- **Доступность** простые микросхемы, возможность изготовления плат, схему было более-менее реально собрать
- **Даже было** — «со всех предприятий начали пропадать РУ5 — срывались госзаказы»

T34BG1: своя ULA

```
C:\> type notes.txt
```

- **Свой чип** — «ULA» на базовом матричном кристалле — рассыпуху снова собрали в корпус
- **Назначение** — удешевление для промышленного производства. То же, что и за 10 лет до этого сделал сам Синклер
- **Истории** две взаимоисключающие версии происхождения — сам по себе штрих эпохи
- **1-я:** заказчик — Didaktik, Чехословакия — советский чип на экспорт
- **2-я:** чип был оригинальной разработкой НИИТТ на основе схемы одного из первых отечественных клонов — «Балтика»
- **Совместимость** неполная: часть программ сбоила из-за неточности реверса — как и у других клонов

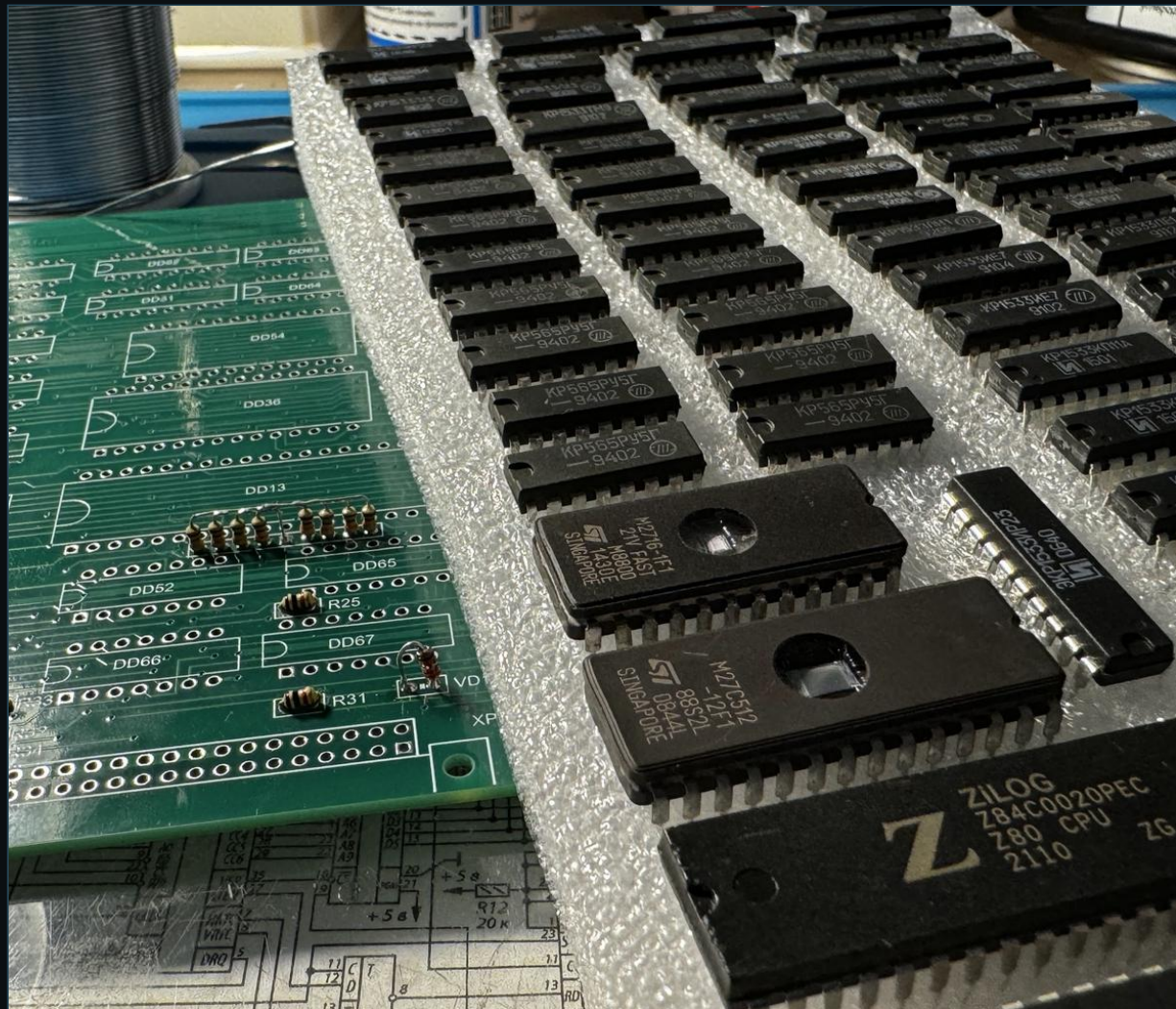


T34BG1 на плате Эльфа

Ленинград, Пентагон, Скорпион

```
C:\> type notes.txt
```

- **Ленинград** — старт и дань прошлому
- **Пентагон-128** — второй мой Спектрум — собран для Муромского кибер-музея, был на «Демодуляции-2024»
- **Scorpion ZS-256** — было интересно посмотреть на навороченный спектр, историческое развитие платформы, которой не видел в прошлом — HDD, HDMI, SD, USB. Ждет корпус
- **Эльф** — практически случайно возник интерес, стало любопытно, как ощущается такой форм-фактор и захотелось оригинальную «приставку»
- **Буду собирать ZX Evo 1010** — интересный форм-фактор, всё в малом объеме



Пентагон — плата и комплект рассыпухи перед сборкой

ALF TV Game: Спектрум-приставка

LIVE

C:\> type notes.txt

■ **Брест, «Цветотрон», 1995** Спектрум без клавиатуры: два джойстика, картриджи. «ALF» на корпусе – маскировка под заграничную консоль

■ **Мой новодел** достаточно точная реплика реального заводского изделия; HDMI – честно, через Pi Pico: старые игры на современном TV

■ **Почему не взлетел в прошлом** без клавиатуры бесполезен как ПК · картриджей ~10 и дорогие · вышел поздно, а в 1995-м уже был ...



Эльф (ALF TV Game) – Спектрум-приставка с картриджами



ДЛЯ СРАВНЕНИЯ

Денди — играют все!

17 декабря 1992

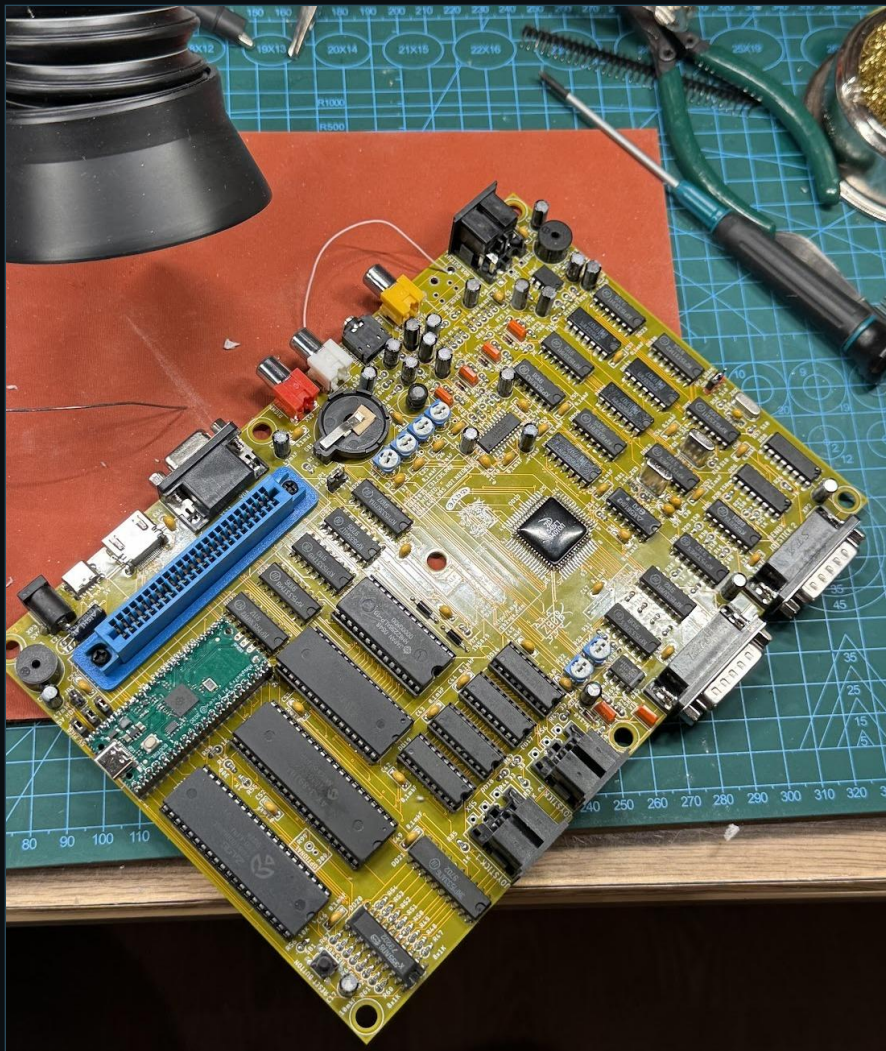
тайваньский клон Famicom

~70% рынка к 1994-му

Все и так знают, чем это кончилось.



Эльф-128 2023: открытый новодел



Плата реплики «Эльф»

```
C:\> type notes.txt
```

- **Проект** ведется на сайте zxbyte.ru; линия реплик: 2015 → 2016 → «Эльф-128К» (2023)
- **Open Source** выложено всё: схема, разводка платы, гербер-файлы для заказа, прошивки картриджей
- **Больше оригинала** 03У 128К вместо 48К · встроенный PAL-кодер · музыкальный AY-3-8910
- **Джойстики** подходят и оригинальные, и от Денди — проблема контроллеров снята
- **Совместимость** заводские картриджи и игры оригинала работают — это реплика, а не фантазия по мотивам

Платформа живее всех живых



NedoOS

```
C:\> type notes.txt
```

- **FPGA-клоны** ZX Spectrum Next собрал £723 000 на Кикстартере; ZX-Uno, MiSTer, Sizif – Спектрум переизобретают на новой элементной базе
- **ZX Evolution** российская плата от NedoPC: живёт с 2009-го, вокруг неё целая своя экосистема
- **NedoOS** операционка для Спектрумов: свежая ревизия – 12 января 2026
- **«Крокодил»** новодельный проект – зелёная плата, за которой выстраиваются групповые закупки
- **Периферия 2020-х** DivMMC + esxDOS – SD-карта вместо магнитофона; Wi-Fi-модемы – Спектрум ходит в интернет
- **yr gb** конкурс Яндекса по играм под ZX – прямо на этой площадке уместно
- **Спорт** демопати и конкурсы: Спектрум стал спортивной платформой

БЛОК 03 / 04

INTEL 80386

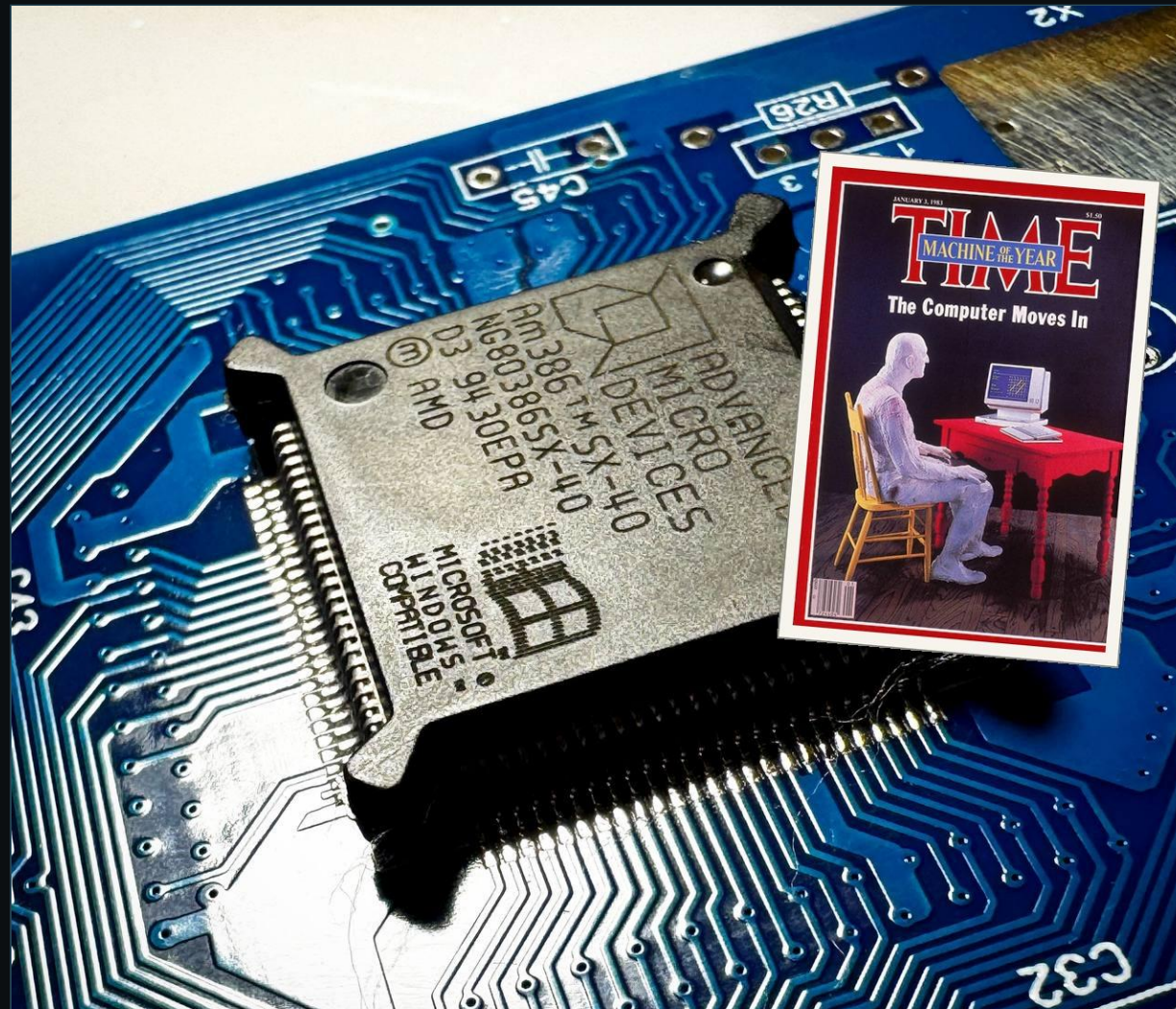
грань: возможное невозможное

LOAD "386" █

Фундамент, на котором мы сидим

```
C:\> type notes.txt
```

- 17 октября 1985 первый 32-битный x86 — архитектура IA-32
- 21 год на конвейере снят с производства только в 2007-м
- Прямой потомок x86-64 в вашем ноутбуке вырос отсюда (если конечно там не ARM)
- На моей плате вот такой процессор — и да, он от AMD!



Am386SX-40 в пластиковом QFP — и «Машина года», Time, январь 1983

Архитектура, которая съела всё

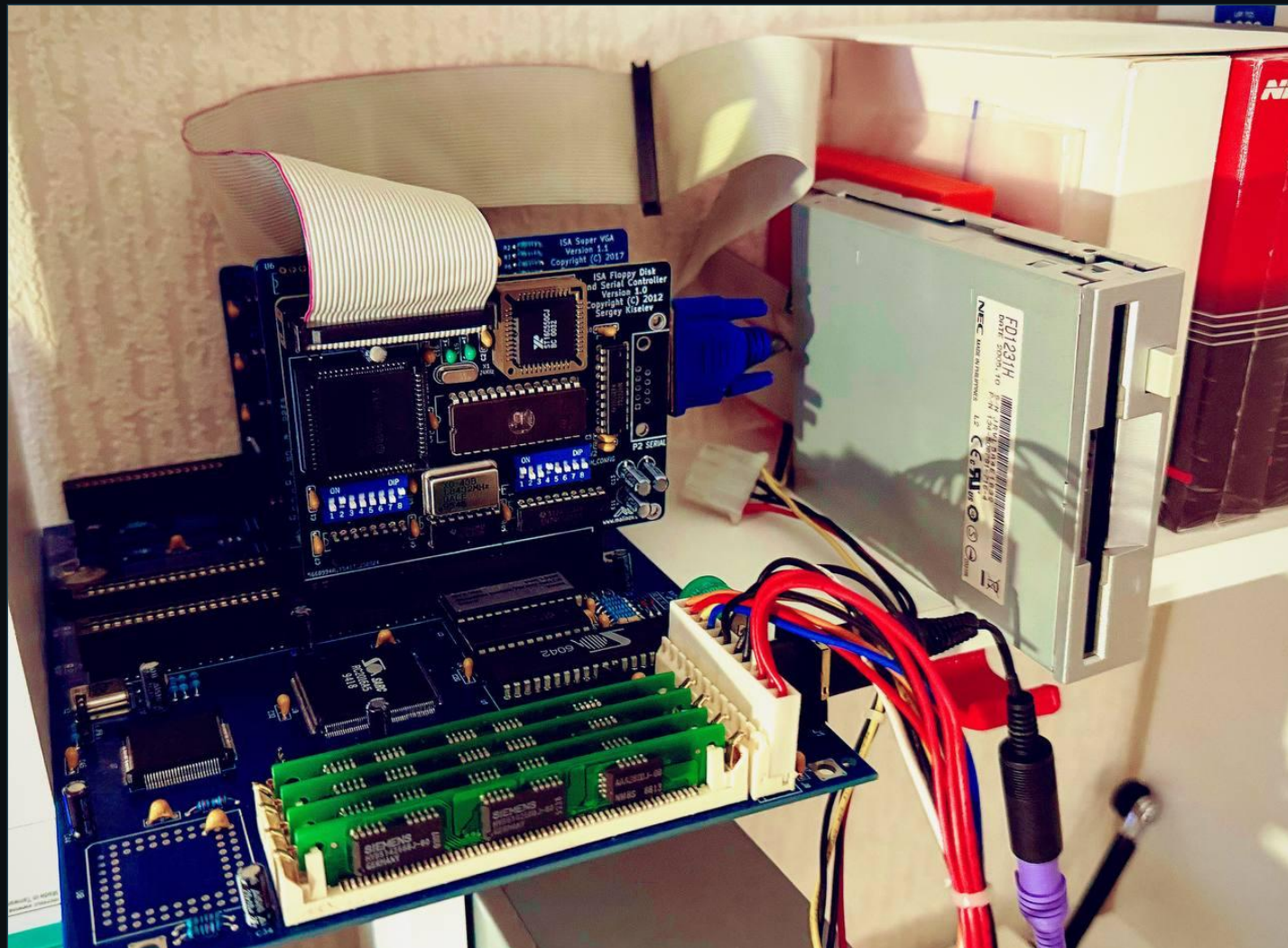
```
C:\> type notes.txt
```

- **Победа** в 90-х PC вытесняет всех — Amiga, Atari, DEC, Спектрумы: многообразие схлопывается в один стандарт
- **Почему** открытая архитектура — сотни производителей · апгрейд по частям · масштаб и маркетинг
- **Парадокс** победив всех, PC съел и собственное прошлое: 16-битный софт эпохи 386 современная машина не запускает
- **Итог** эпоха 386 закрылась изнутри — и стала заманчивым уголком ретро внутри победившей архитектуры



Полночь 24 августа 1995: расхватывают Windows 95. За другими так не стояли

Собрать PC руками



Мой самосбор: M396F-Replica, память с Авито

C:\> type notes.txt

- **Зачем** попробовать еще одну платформу, спортивный интерес: «а смогу ли я?» — и «неужели так вообще можно?»
- **В 80-90-х** PC — заводское, промышленное. Собрать казалось фантастикой
- **Проекты сегодня** реверс материнки M396F · Есть проект Киселева с переосмыслением этой материнки, надо присмотреться
- **Курьезное** — есть проект, в котором энтузиасты собрали 386 на breadboard, без пайки!
- **Моё «ощущение ретро» кончается где-то на 486** на дальнейших Пентиумах я уже работал — и это была уже другая романтика
- **Открытая архитектура** помогает и тут: можно все недостающие детали найти на Авито

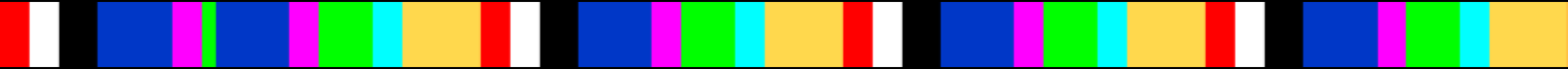
Принц Персии на самоделке

```
C:\> type notes.txt
```

- **Почему он** пиксельный MCGA-порт, игра лично для меня ассоциируется с PC и той эпохой
- **Один человек, годы** Джордан Мекнер писал его в одиночку — так делались игры той эпохи
- **Игры той эпохи** создают особенное ощущение, MCGA выглядел магически за счёт огромного числа цветов при всё ещё крупных пикселях. Игры долго делались в таком разрешении — Monkey Island, Duck Tales, Alone In the Dark.



Prince of Persia (1989) на моём 386



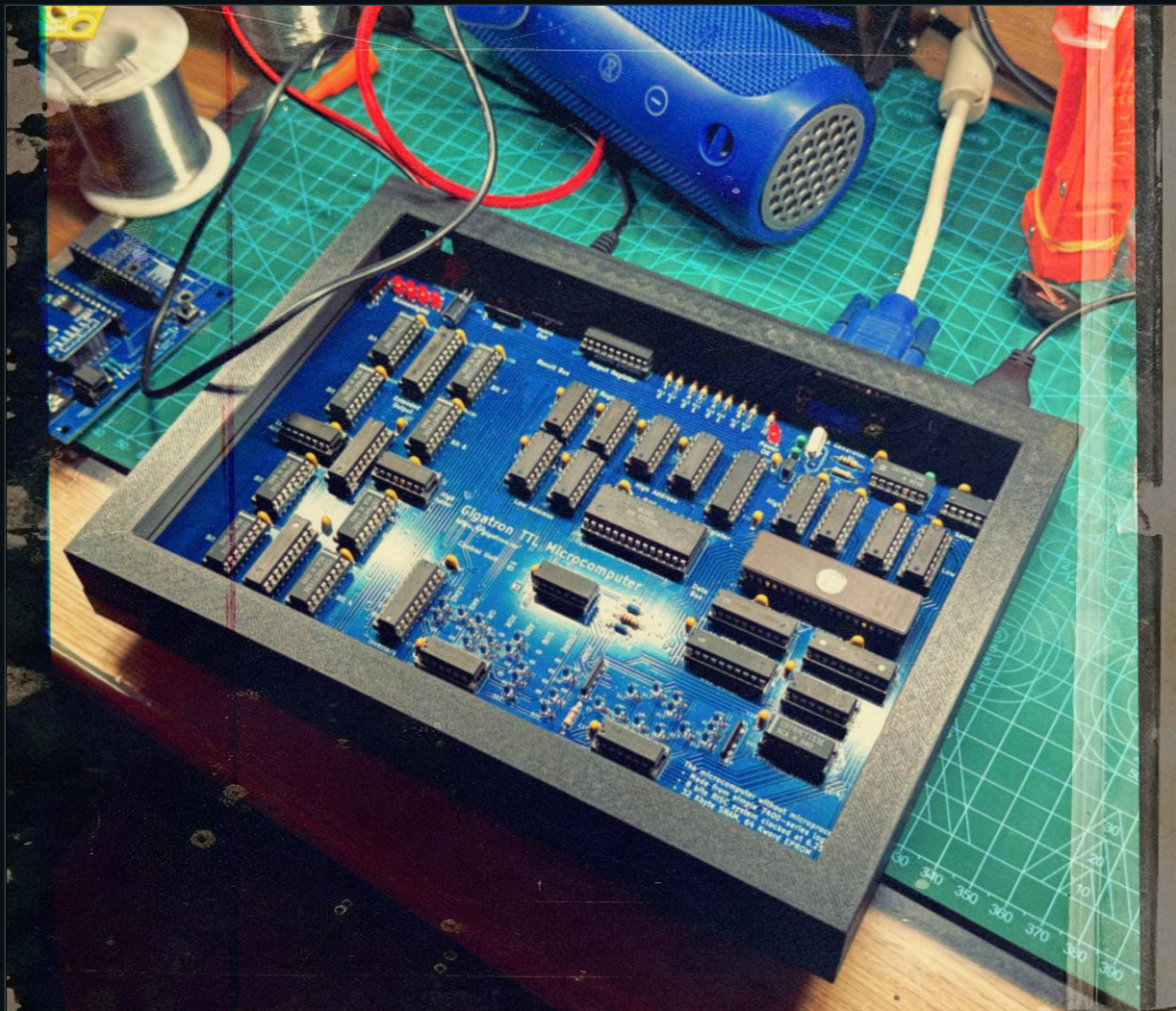
БЛОК 04 / 04

GIGATRON TTL

грань: изобретение заново

LOAD "GIGATRON" █

Новая машинка по старым правилам



Собранный Гигатрон

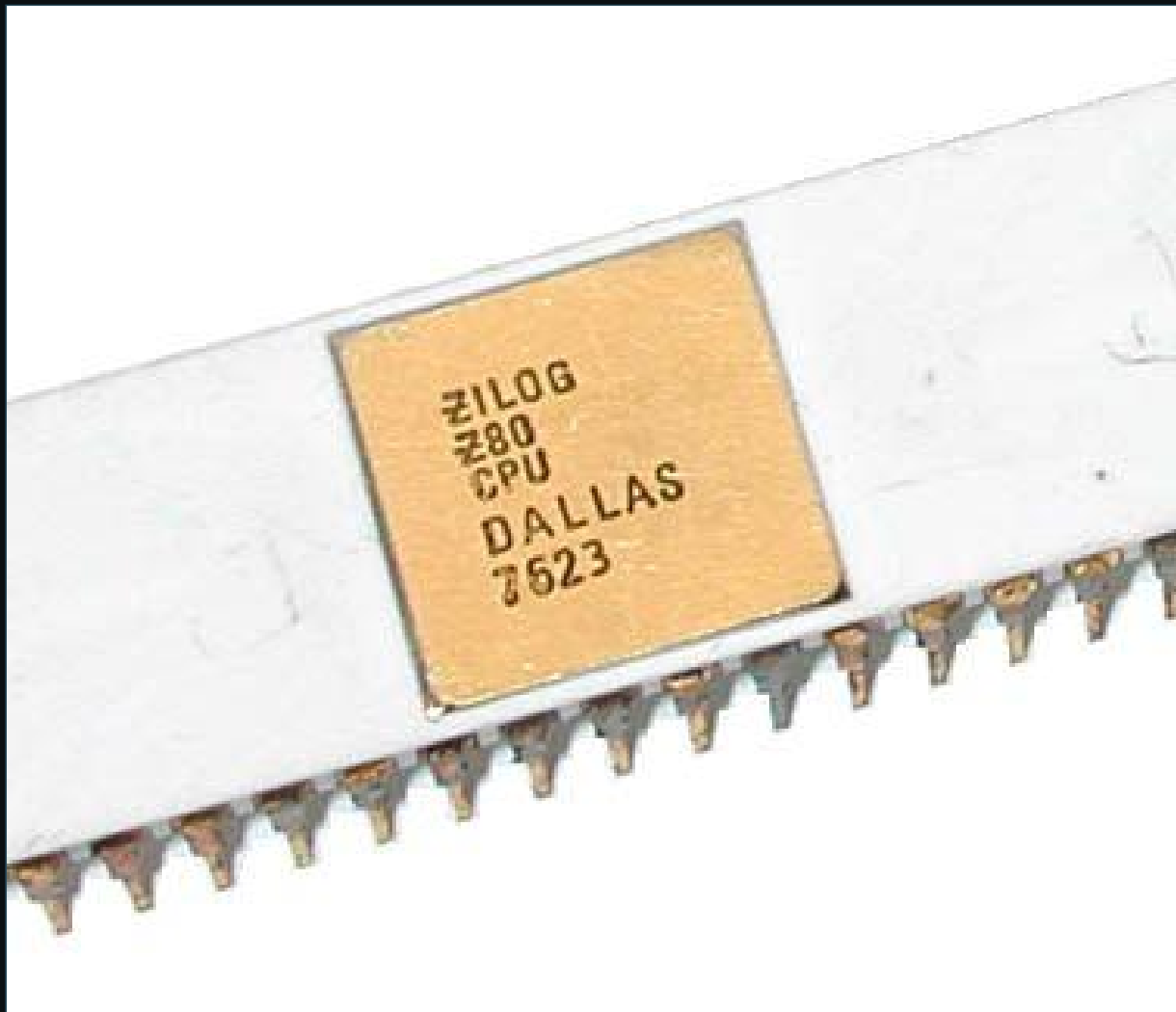
```
C:\> type notes.txt
```

- **Голландия, 2018** Marcel van Kervinck и Walter Belgers. Не реплика — новый компьютер в логике «первой волны» Home PC
- **Всё открыто** схемы и прошивки опубликованы под BSD, мануал; кит продавался за €99.95
- **Для начинающих** крайне детальная инструкция по поэтапной сборке и наладке
- **Расширения** от сообщества — память, ускоренная загрузка, подключение клавиатуры, ускорение видео
- **Ретро ли он?** разработке почти десять лет. Но TTL-технологии с тех пор не сдвинулись ни на шаг — он вне времени
- **TTL 7400** работающие на базовой тактовой частоте 6,25 МГц... Угадайте, какой в нём процессор?

Всё есть. Процессора — нет

```
C:\> type notes.txt
```

- **ОЗУ, ПЗУ, периферия** всё продаётся — бери и собирай
- **А процессор?** современные от ПК — сложные, требуют точной обвязки, не для домашней лаборатории
- **Z80 — последний герой** сегодня ему 50 лет (выпущен в июле 1976)
- **48 лет на конвейере** Last Time Buy — июнь 2024
- **ОК, а если не Z80?** ...

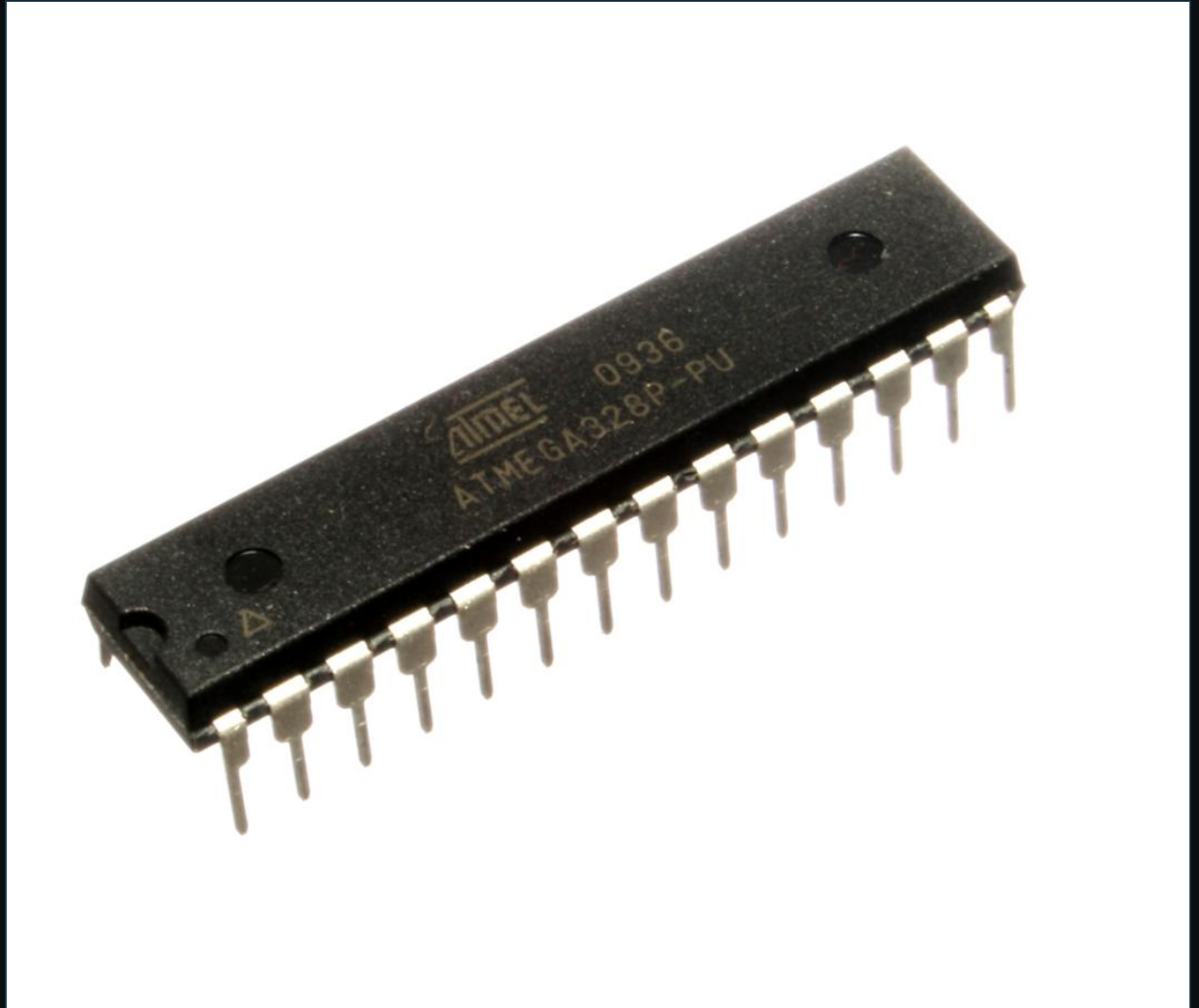


Zilog Z80 (1976) — последний из могикан, 48 лет на конвейере

...микроконтроллеры!

```
C:\> type notes.txt
```

- **И это классно** живые, дешёвые, продаются везде
- **Стойте...** внутри уже есть память, флеш и периферия — снаружи ничего не нужно
- **Значит** ни ОЗУ, ни ПЗУ, ни обвязки не надо... и получается у нас —



ATmega328 — сердце будущей Arduino

...Arduino!

```
C:\> type notes.txt
```

- **И это классно** живые, дешёвые, продаются везде
- **Стойте...** внутри уже есть память, флеш и периферия — снаружи ничего не нужно
- **Значит** ни ОЗУ, ни ПЗУ, ни обвязки не надо... и получается у нас —



Arduino Uno — «просто помигать диодом»

...Arduino!

```
C:\> type notes.txt
```

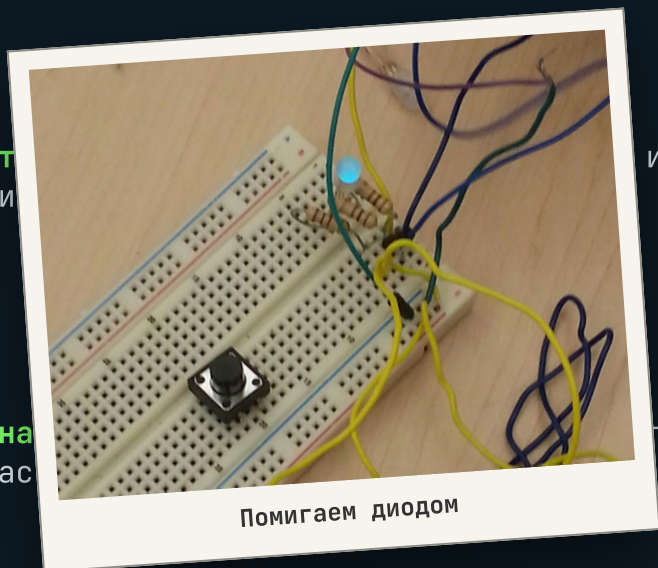
- И это классно живые, дешёвые, продаются везде

- Ст
пери

и

- Зна
у нас

получается



Помигаем диодом



Arduino Uno – «просто помигать диодом»

...Arduino!

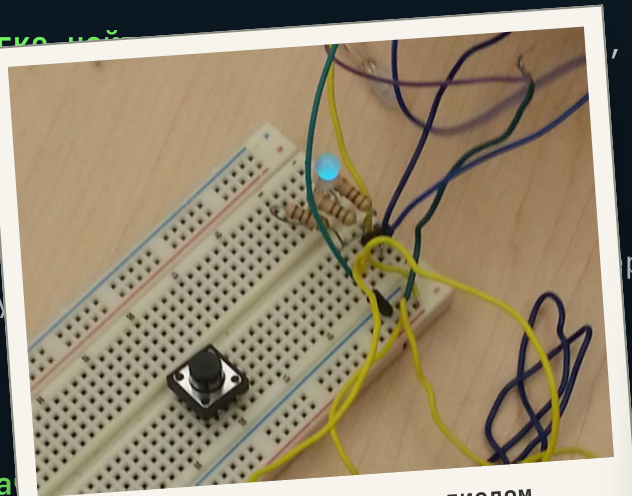
```
C:\> type notes.txt
```

- И это классно живые, дешёвые, продаются везде

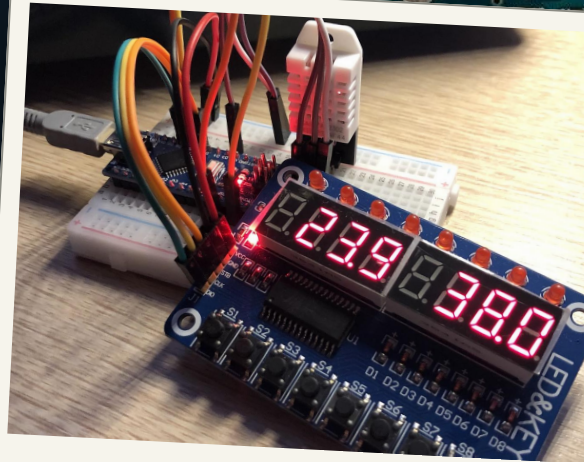
- Легко найти публ...

- Но, снаружи

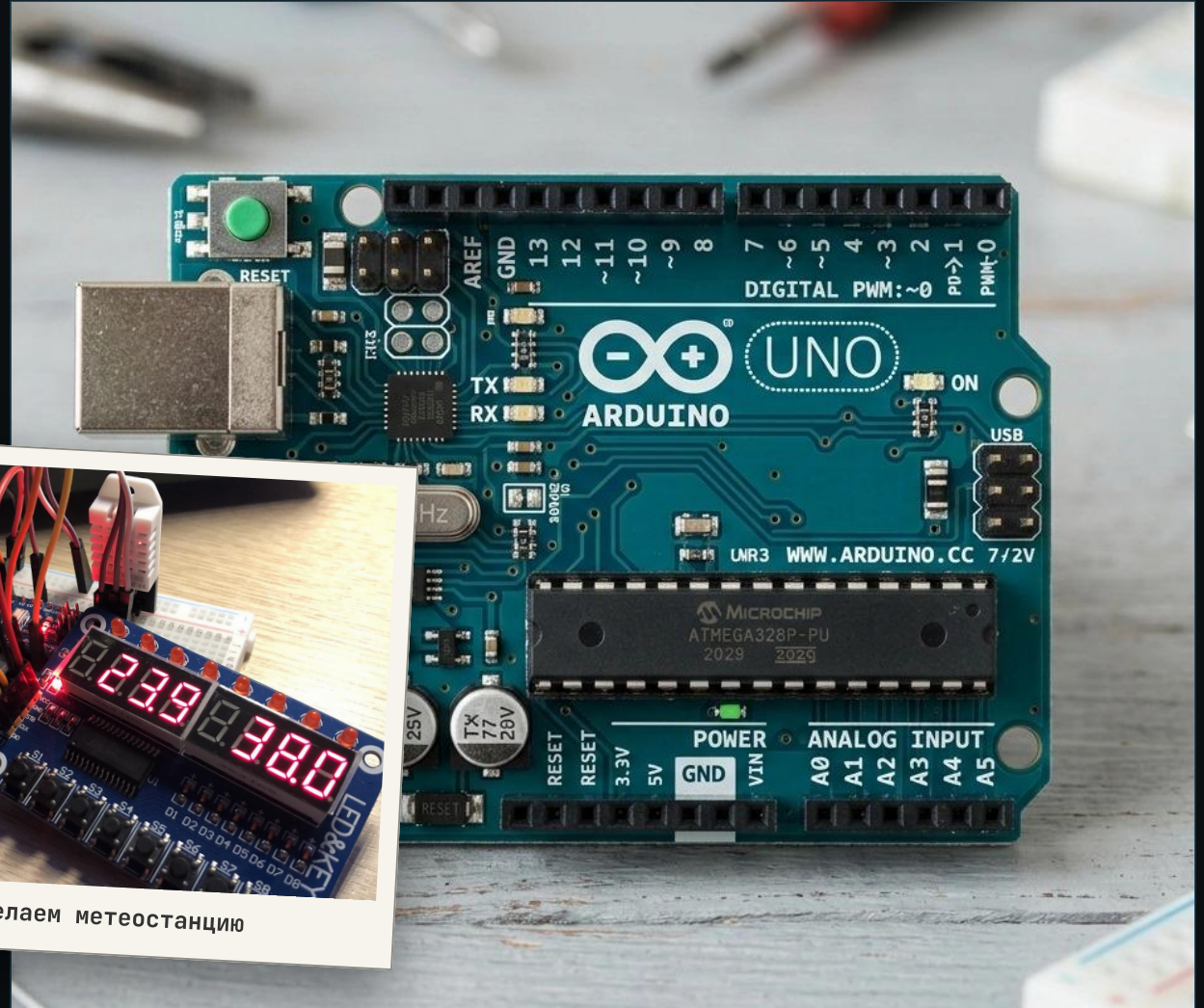
- Знаю у нас



Что ж, тогда помигаем диодом



...сделаем метеостанцию



Arduino Uno — один из самых массовых devboard'ов

...Arduino!

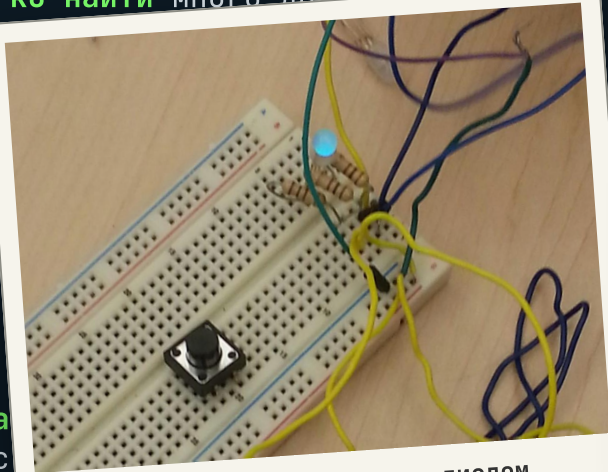
```
C:\> type notes.txt
```

- И это классно живые, дешёвые, продаются везде

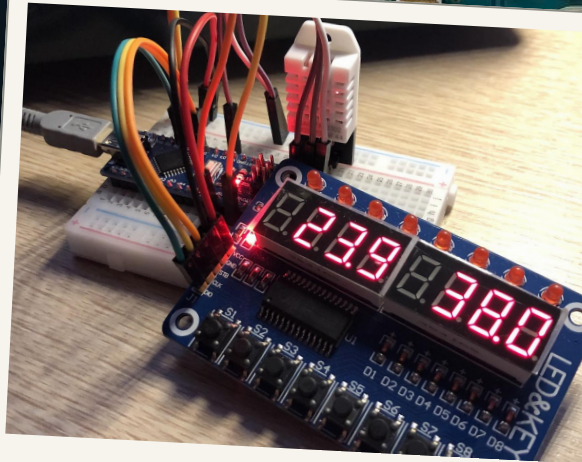
- Легко найти много документов, публ

- Но, снаружи

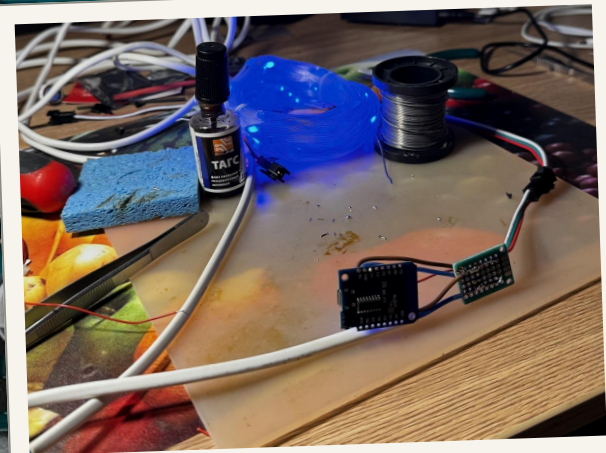
- Знаю у нас



Что ж, тогда помигаем диодом



...сделаем метеостанцию

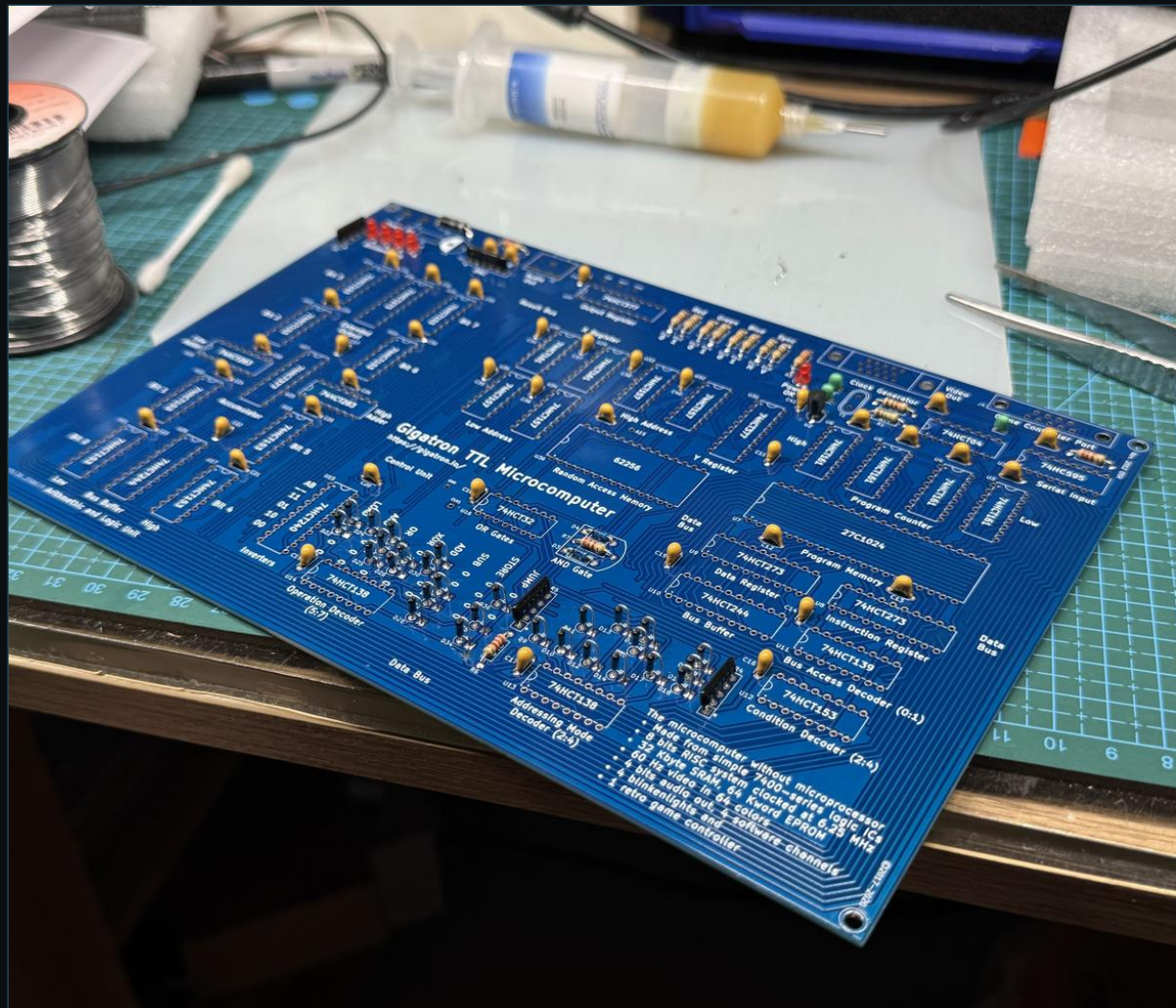


...или даже что-то для умного дома

Arduino Uno — один из самых массовых devboard'ов

Компьютер-платформа, давая удобные интерфейсы, замыкается в себе.

Спуститься ниже микроконтроллера



Плата Гигатрона крупным планом: регистры и АЛУ корпусами

```
C:\> type notes.txt
```

- **TTL 7400** работающие на базовой тактовой 6,25 МГц. Самые базовые – как вентиль 7400, который был в начале
- **Заменить процессор?** Да, собрать его самим: регистры, счётчики, АЛУ – всё складывается из этих кубиков
- **Без 74181** даже готовое АЛУ-в-корпусе не взяли – сложили из простейших
- **36-37 корпусов** 930 вентиляй и – целый работающий компьютер с видеокартой

Аркады 70-х: компьютеры без процессора

C:\> type notes.txt

- **Аркады 70-х** мощные автоматы — вся логика на рассыпухе, процессоров нет
- **1975** Возняк проектирует Breakout из 44 микросхем — был обещан бонус за минимализм
- **Ответ Atari** «мечта — но невозможно ни отладить, ни запустить в производство». Через год выйдут 6502 и Z80, всё упростится
- **И Гигатрон** сорок лет спустя идёт ровно тем же путём



Atari Breakout (1976), рекламный флаер — прототип из 44 микросхем собрал Возняк

Компьютер без процессора эмулирует процессор



WozMon и BASIC Возняка на экране Гигатрона

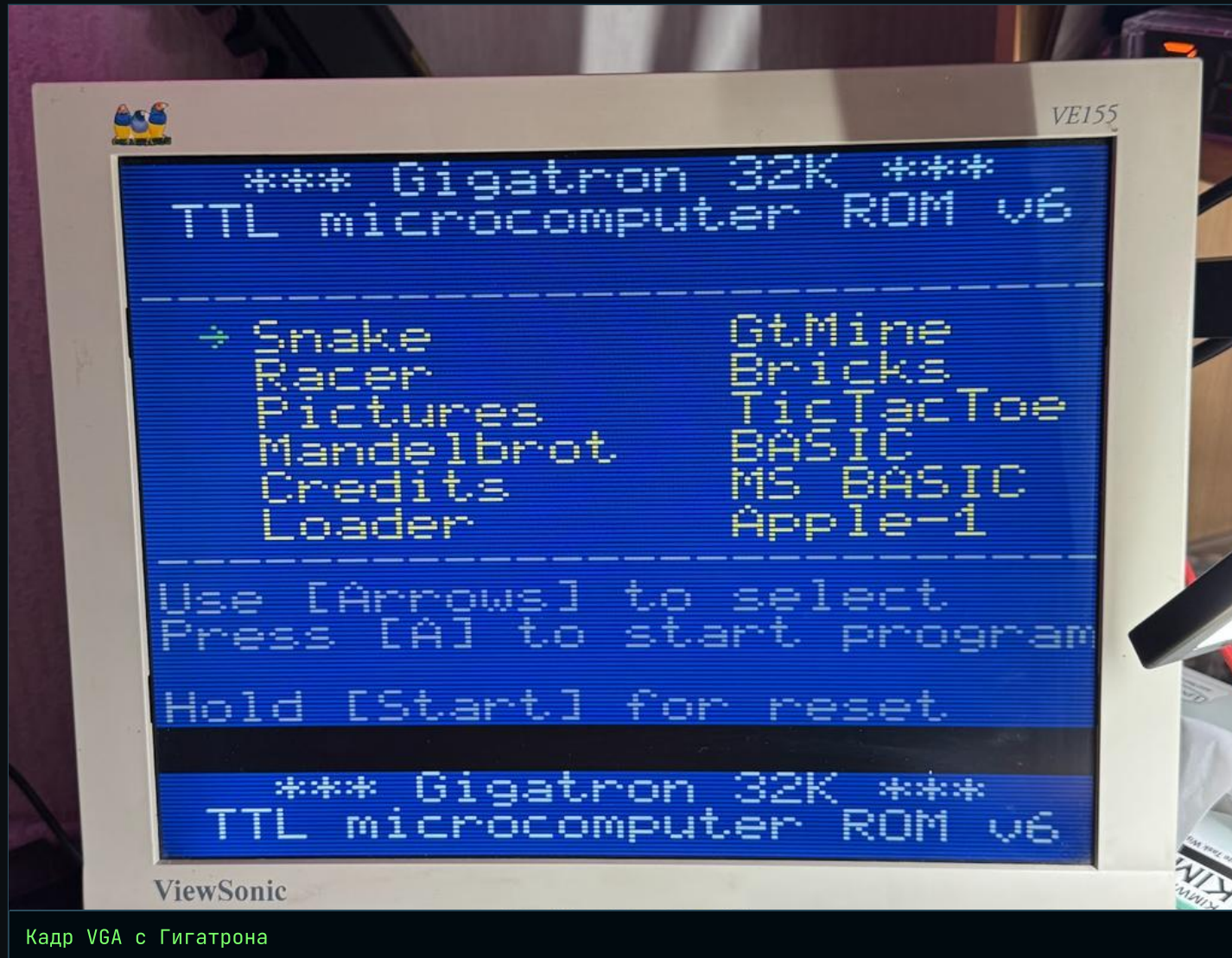
```
C:\> type notes.txt
```

- **RISC-архитектура** аппаратно всего 8 инструкций
- **vCPU** — расширенная система команд за счёт интерпретации микрокодом из ПЗУ, коды инструкций — адреса подпрограмм
- **Эмулятор 6502** аналогичный принцип — и Гигатрон работает как CPU Apple-1, Apple II, Commodore
- **WozMon и BASIC** запускает монитор и бейсик, написанные Возняком

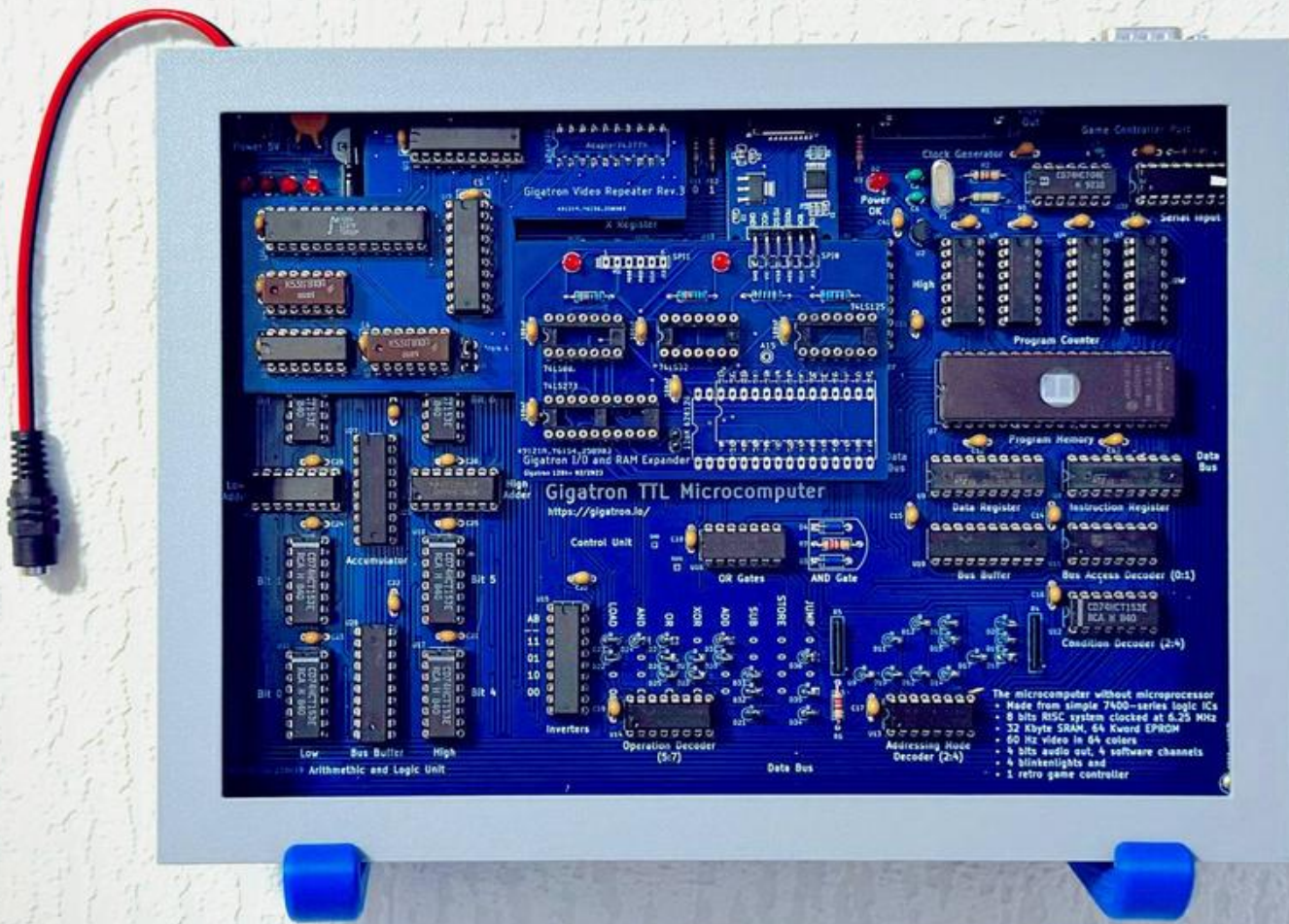
Race the beam

C:\> type notes.txt

- **Видеочипа нет** схема еще и рисует экран программно — строку за строкой. Приём тех же аркад 70-х
- **Всё на виду** регистры — корпусами, АЛУ — рядом: легко видно, где сейчас что происходит
- **Шина наружу** адрес, данные, управление — дорожками по плате: любой такт машины ловится щупом осциллографа
- **Легко изучить** работу компьютера на примере простой реализации.



Кадр VGA с Гигатрона



Вот он — Gigatron TTL

Висит на стене, как картина. Мотивирует на новые идеи и проекты

Дотянуть до современности

Каждую машину можно дотянуть почти до современности — мостом из стандартов, которые ещё на ходу: SD · VGA · PS/2 · HDMI.

РАДИО-S6PK

→ SD-карта вместо магнитофона · VGA · джойстик на Pi Pico

ЭЛЬФ / СПЕКТРУМ

→ HDMI через Малину · SD и HDD · USB-клавиатура

INTEL 386

→ CompactFlash вместо винчестера

GIGATRON

→ изначально VGA, расширения для PS/2 + SD

Сложную периферию делает микроконтроллер. Вот где Arduino наконец к месту.

Линия не прерывается

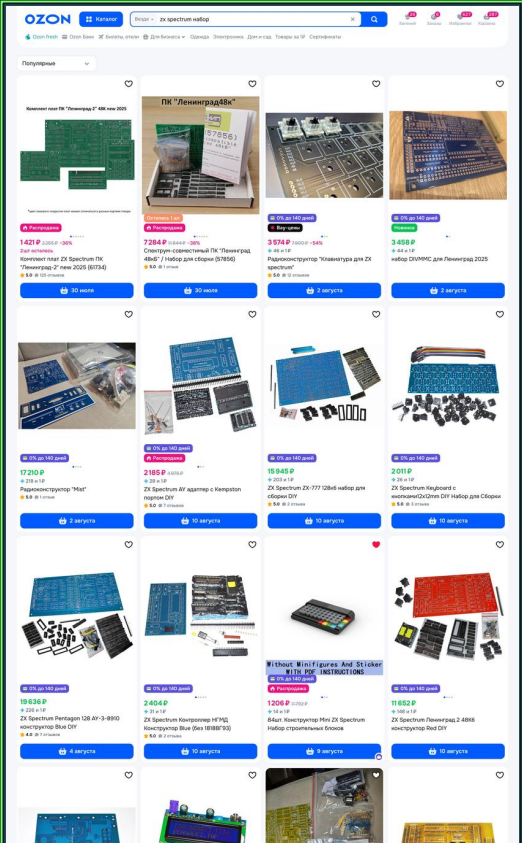
```
C:\> type notes.txt
```

- 1986 → 2026 журнал «Радио» → форумы и чаты. Некоторым форумам по двадцать лет — живы
- Ожидание думал, это путь одинокого воина
- Но нашел интересное сообщество; помощь; обсуждения; живые проекты
- И возможность сделать что-то для этого от себя



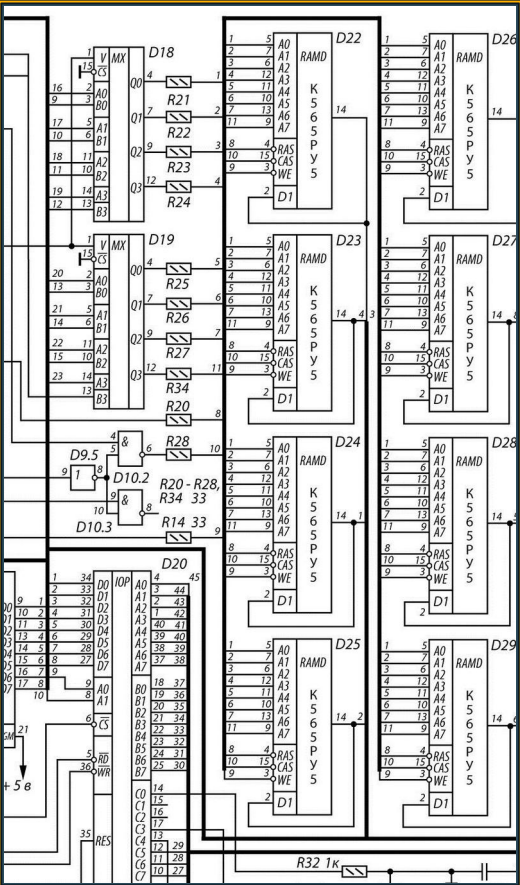
«Демодуляция-2024» — Стенд Муромского Кибер-музея с репликами в работе

Четыре честных ответа



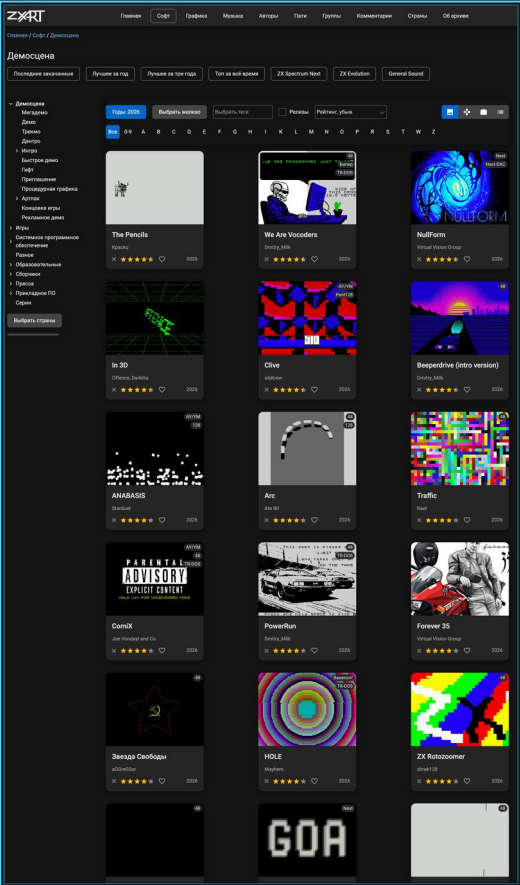
РЕАЛЬНО И ДОСТУПНО

Конструкторы, открытые схемы и платы: жанр живёт «по кнопке», а не в закрытых коллекциях.



ПОНЯТЕН ЦЕЛИКОМ

Один человек – вся система. Антидот от десятков слоёв абстракций.



МИР ЖИВОЙ

Новый софт каждый год, демопати, конкурсы, открытые задачи.



ИГРЫ ЖИВЫ

На ретро реально написать целую игру в одиночку – доказано победителями конкурса Яндекса.

Это последние компьютеры, которые один человек может понять
целиком – и собрать заново.

...а на них до сих пор можно в одиночку написать целую игру.

Евгений Варнаков · t.me/varnakov_ru

READY. ■



varnakov.ru