

A hand holding puzzle pieces with binary code on a blue background. The background is a dark blue gradient with glowing white and light blue lines and a faint pattern of binary code (0s and 1s). The hand is holding several puzzle pieces, one of which is prominently displayed in the center, showing binary code. The puzzle pieces are white with blue outlines and contain binary code. The hand is holding the pieces together, suggesting a connection or assembly.

# Порты ввода/вывода

Языки программирования (часть 1)

# > Порты ввода/вывода

```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

Прикладная программа



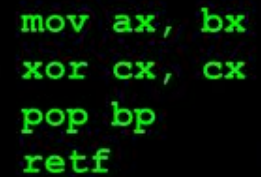
Операционная система



BIOS / UEFI



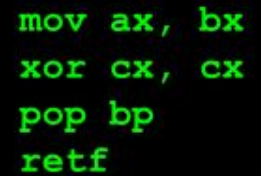
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Используются для взаимодействия с внешними устройствами.
- $2^{16}$  портов по 8 бит.
  - С номерами от 0000 до FFFF.
  - F8–FF — зарезервированы.
  - Соседние 8-битные порты могут группироваться в 16- и 32-битные.


# > Инструкция IN



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Операнды:
  - первый (приёмник) — AL/AX/EAX;
  - второй (источник) — imm8 или DX.
- Читает значение из порта.
  - Второй операнд задаёт номер порта.


# > Инструкция OUT



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Операнды:
  - первый (приёмник) — imm8 или DX;
  - второй (источник) — AL/AX/EAX.
- Записывает значение в порт.
  - Первый операнд задаёт номер порта.

## > Инструкции INS и OUTS

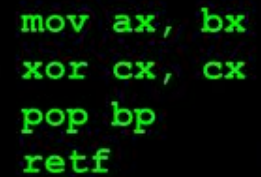


```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Среди строковых команд есть две для работы с портами:
  - INSB/INSW/INSD
  - OUTSB/OUTSW/OUTSD
- Принцип работы — аналогично другим строковым командам.



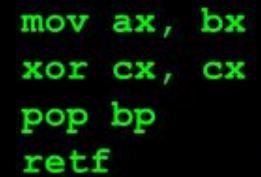
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Внешним устройствам ставятся в соответствие те или иные порты.
  - Для некоторых устройств номера портов фиксированные.
  - Для некоторых — могут изменяться.
- Запись в порт — отправка данных устройству.
- Чтение из порта — приём данных от устройства.

# > Порты ввода/вывода

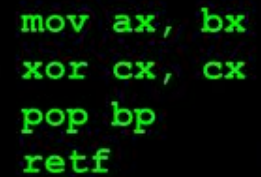


```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

- Пример:
  - Видеоадаптер VGA использует порты с номерами 03B0–03DF.
  - Порты 03C7, 03C8 и 03C9 можно использовать для чтения/изменения используемого набора цветов.



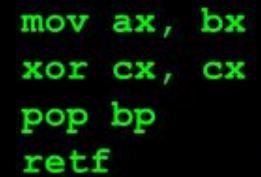
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Изменение цвета номер X (0–255):
  - В порт 3C8 записать номер цвета X.
  - В порт 3C9 последовательно записать
    - красную составляющую (0–63);
    - зелёную составляющую (0–63);
    - синюю составляющую (0–63).

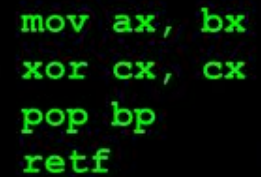
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Получение цвета номер X (0–255):
  - В порт 3C7 записать номер цвета X.
  - Из порта 3C9 последовательно читать
    - красную составляющую;
    - зелёную составляющую;
    - синюю составляющую.

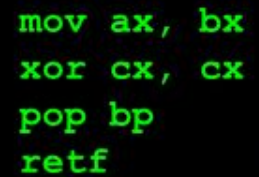
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

- Порты 0040–0043 используются для управления таймерами.
  - Есть три канала таймеров:
    - Канал 0 отвечает за таймер, срабатывающий 18.2 раза в секунду и генерирующий прерывание 08h.
    - Канал 1 отвечает за memory refresh.
    - Канал 2 позволяет управлять встроенным динамиком (пищалкой).

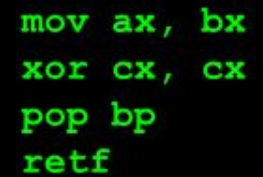
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Порты 0060–0063 используются для управления PPI — Programmable Peripheral Interface.
  - Бит 1 порта 0061 управляет состоянием встроенного динамика:
    - Всего 2 состояния.
  - Изменяя значение этого бита с определённой частотой, можно добиться звука требуемой частоты.

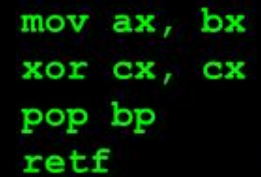
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Для вывода звука можно соединить выход таймера 2 со входом динамика.
  - См. TechHelp -> Speaker control


## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Порты 0330 и 0331 используются для взаимодействия с MPU-401 (если есть такое устройство).
  - Эмулируется NTVDM и DOSBox.
  - Но в NTVDM есть ошибка эмуляции, из-за которой нота начинает звучать только после записи следующего сообщения.

## > MPU-401

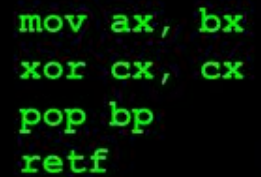


```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- MPU — MIDI Processing Unit.
- MIDI:
  - 16 каналов (канал 10 — перкуссия);
  - один из 128 инструментов в каждом.
- В режиме UART MP-401 просто передаёт поступающие данные на устройство воспроизведения.



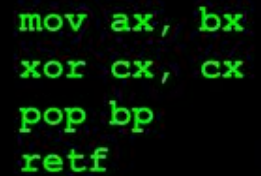
## > MPU-401



```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

- Порт 0331 — управляющий:
  - используется для отправки команд и определения готовности MPU-401 к приёму/передаче данных/команд.
- Порт 0330 — порт данных:
  - используется для передачи данных (MIDI-сообщений).

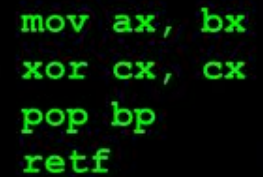
## > MPU-401



```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

- Сброс устройства:
  - отправить команду FFh в порт 331.
- Переключение в режим UART:
  - отправить команду 3Fh в порт 331.
- Воспроизведение звуков:
  - посылать MIDI-сообщения в порт 330.

# > MIDI-сообщения



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

Байт статуса	Байты данных	Описание
1000nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvv	Note Off
1001nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvv	Note On
1100nnnn	0pppppppp	Program Change

nnnn — номер канала

kkkkkkkk — номер клавиши (ноты)

vvvvvvvv — сила (скорость) нажатия/отпускания

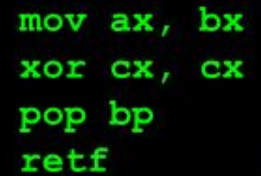
pppppppp — номер программы (инструмента)

# > MIDI-сообщения

```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

Нота	Октава										
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
C#	1	13	25	37	49	61	73	85	97	109	121
D	2	14	26	38	50	62	74	86	98	110	122
D#	3	15	27	39	51	63	75	87	99	111	123
E	4	16	28	40	52	64	76	88	100	112	124
F	5	17	29	41	53	65	77	89	101	113	125
F#	6	18	30	42	54	66	78	90	102	114	126
G	7	19	31	43	55	67	79	91	103	115	127
G#	8	20	32	44	56	68	80	92	104	116	---
A	9	21	33	45	57	69	81	93	105	117	---
A#	10	22	34	46	58	70	82	94	106	118	---
B	11	23	35	47	59	71	83	95	107	119	---

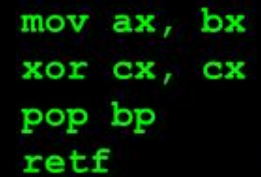
## > MPU-401



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Бит 6 порта 330h равен 0, когда MPU-401 готов принимать данные.
  - Нужно дождаться этого перед отправкой MIDI-сообщения.
- Бит 7 порта 330h равен 0, когда MPU-401 хочет передать данные.
  - Нужно считывать данные перед продолжением работы.

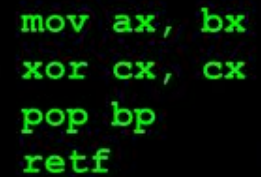
## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx
xor cx, cx
pop bp
retf
```

- Для большинства устройств взаимодействие намного сложнее.
  - С ними приходится общаться через контроллер шины, к которой они подключены (ISA, PCI и т.п.).
  - Само устройство может содержать сотни т.н. регистров и поддерживать десятки различных режимов работы.

## > Порты ввода/вывода



```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

- Для большинства устройств взаимодействие намного сложнее.
  - Драйвер — набор процедур, реализующих взаимодействие с устройством.
  - ОС определяет, какие процедуры должен содержать драйвер.



> Вопросы?

```
mov ax, bx  
xor cx, cx  
pop bp  
retf
```

