МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

по дисциплине «Архитектура ЭВМ»

Тема: «Подсистема прерываний ЭВМ. Сигналы и их обработка.»

Выполнил: Наумов Алексей ИС-142

Проверил: ассистент кафедры ВС Курзин А.С.

Новосибирск 2023

Цель работы:

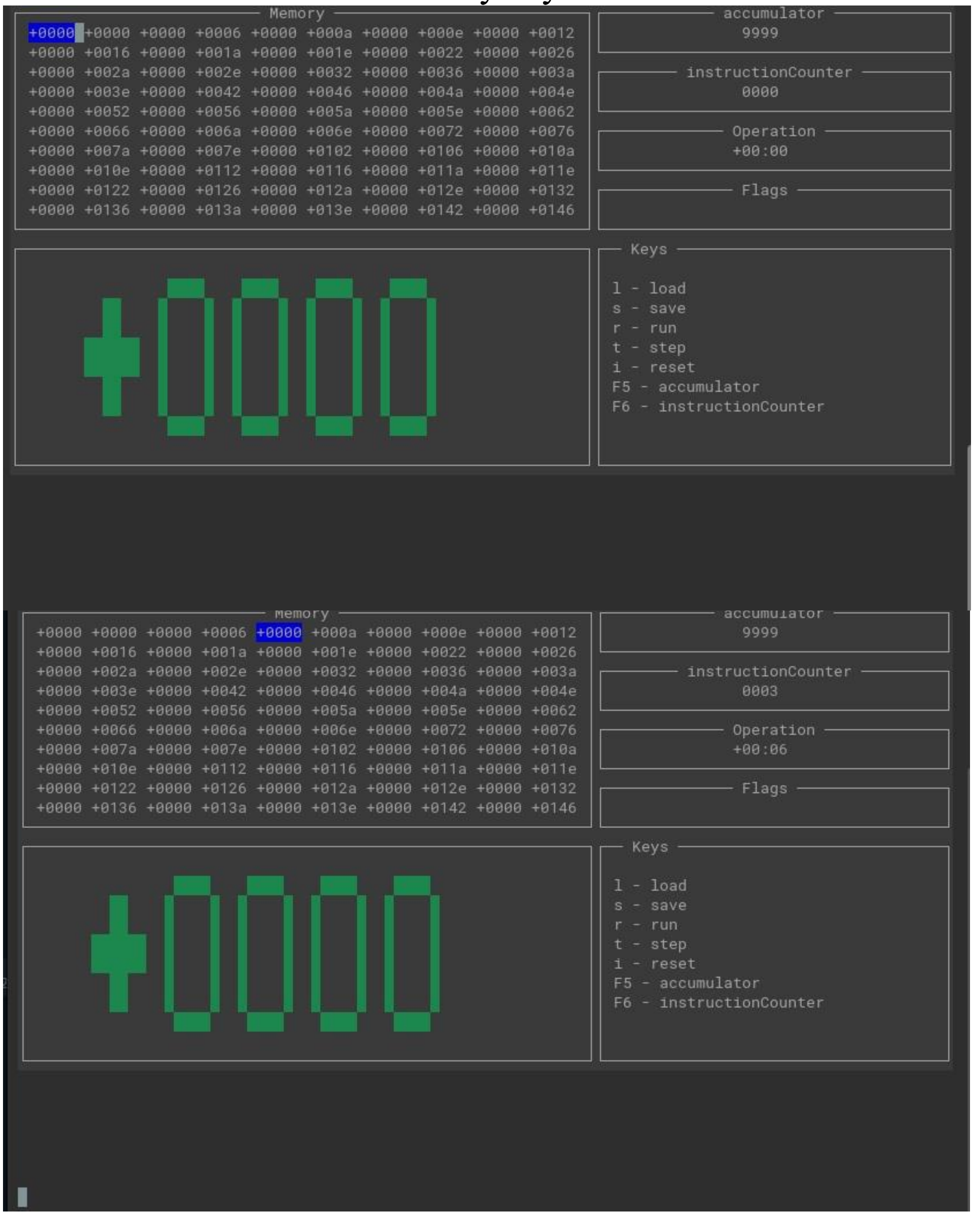
Изучить принципы работы подсистемы прерываний ЭВМ. Понять, как обрабатываются сигналы в Linux. Реализовать обработчик прерываний в модели Simple Computer. Доработать модель Simple Computer, создав обработчик прерываний от внешних устройств «системный таймер» и «кнопка».

Задание на лабораторную работу:

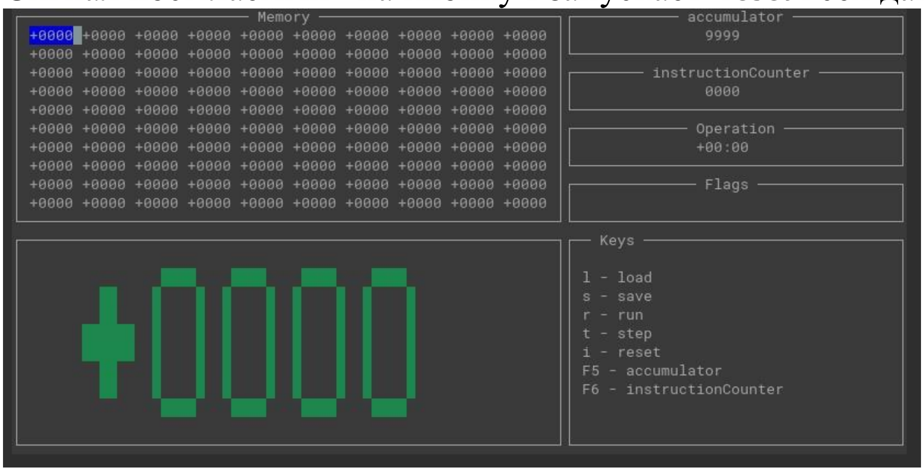
1. Прочитайте главу 6 практикума по курсу «Организация ЭВМ и систем». Изучите страницу `man` для функций `signal`, `setitimer`.
2. Доработайте консоль Simple Computer. Создайте обработчик прерываний от системного таймера так, чтобы при каждом его срабатывании при нулевом значении флага «игнорирование сигналов системного таймера» значение регистра “instructionCounter” увеличивалось на 1, а при поступлении сигнала SIGUSR1 состояние Simple Computer возвращалось в исходное. Обработка нажатых клавиш осуществляется только в случае, если сигналы от таймера не игнорируются.

Результат:

Сигнал посылаемый на кнопку R увеличивает instructionCounter.



Сигнал посылаемый на кнопку I запускает reset всех данных в ячейках.



Обработка прерываний

Прерывание (interrupt) - это сигнал, заставляющий ЭВМ менять обычный порядок выполнения команд процессором.

Возникновение подобных сигналов обусловлено такими *событиями*, как:

- завершение операций ввода-вывода.
- истечение заранее заданного интервала времени.
- попытка деления на нуль.
- сбой в работе аппаратного устройства и др.
- **Обработчик прерываний** - программа обработки прерывания, являющаяся частью ОС, предназначенная для выполнения ответных действий на условие, вызвавшее прерывание.
  Предположим, что в момент поступления сигнала прерывания от некоторого источника программа А находится в решении. В результате управление автоматически передается обработчику прерываний. После завершения обработки управление может быть снова передано в ту точку программы А, где ее выполнение было прервано.

```c
#include "signals.h"
#include "term_gui.h"
#include "prototype.h"

int
sig_handle_reset () //сброс
{
  sc_memoryInit ();
  sc_regInit ();
  sc_regSet (FLAG_IGNORE, 1);
  alarm (0);
  return 0;
}

int
sig_handle_alarm ()//запуск таймера
{
  g_drawboxes ();
  int value;
  sc_countGet (&value);
  sc_countSet (value + 1);
  int x = (value + 1) / 10;
  int y = (value + 1) % 10;
  g_highlightmemory (x, y);
  g_drawbcbox ();
  alarm (1);
  sc_regSet (FLAG_IGNORE, 0);
  return 0;
}

int
sig_set () // считывает сигналы
{
  signal (SIGUSR1, sig_handle_reset);
  signal (SIGALRM, sig_handle_alarm);
  return 0;
}
```

Main.c

```c
#include "bc.h"
#include "readkey.h"
#include "prototype.h"
#include "term.h"
#include "term_gui.h"
#include "signals.h"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

int
main ()
{
  sc_memoryInit ();
  for (int i = 3; i < 100; i += 2)
    {
      sc_memorySet (i, i * 2);
    }
  sc_regInit ();
  sc_regSet (FLAG_IGNORE, 1);
  sc_accumSet (9999);
  sc_countSet (0);
  sig_set ();

  rk_mytermsave ();
  rk_mytermregime (0, 0, 1, 0, 1);
  mt_clrscr ();
  g_interface ();
  rk_mytermrestore ();
  mt_clrscr ();
  return 0;
}
```

Prototype.c

```c
#include "prototype.h"

int sc_memory[MEMSIZE];
int sc_register;
int sc_accum;
int sc_count;

int
sc_memoryInit () //инициализирует массив из 100 элементов
{
  memset (sc_memory, 0, MEMSIZE * sizeof (sc_memory[0]));
  return 0;
}

int
sc_memorySet (int address,
              int value) // устанавливает значение блока памяти
{
  if (address < 0 || address >= MEMSIZE)
    {
      BIT_SET (sc_register, FLAG_WRONG_ADDRESS);
      return ERR_WRONG_ADDRESS;
    }
  sc_memory[address] = value;
  return 0;
}

int
sc_memoryGet (
    int address, // gets the value of [address] memory unit and
    int *value) //получает значение блока памяти и возвращет его в переменную
{
  if (address < 0 || address >= MEMSIZE)
    {
      BIT_SET (sc_register, FLAG_WRONG_ADDRESS);
      return ERR_WRONG_ADDRESS;
    }
  *value = sc_memory[address];
  return 0;
}

int
sc_memorySave (char *filename) //сохраняет память в бинарный файл
{
  FILE *f = fopen (filename, "wb");
  if (!f)
    {
      return 1;
    }
  fwrite (sc_memory, sizeof (int), sizeof (sc_memory) / sizeof (int), f);
  fclose (f);
  return 0;
}

int
sc_memoryLoad (char *filename) //загружает оперативную память из файла
{
  FILE *f = fopen (filename, "rb");
  if (!f)
    {
      return 1;
    }
```

```
  fread (sc_memory, sizeof (int), sizeof (sc_memory) / sizeof (int), f);
  fclose (f);
  return 0;
}

int
sc_regInit (void) //инициализирует регистр флагов с 0
{
  sc_register = 0;
  return 0;
}

int
sc_regSet (
    int reg,
    int value) //устанавливает значение регистра флага #define-s используются
               //для номера регистров, если неверный номер регистра то ошибка
{
  if (reg < 0 || reg > 5)
    {
      return ERR_WRONG_FLAG;
    }
  if (!value)
    {
      BIT_DEL (sc_register, reg);
      return 0;
    }
  if (value != 1)
    {
      BIT_SET (sc_register, FLAG_OVERFLOW);
      return ERR_WRONG_VALUE;
    }
  BIT_SET (sc_register, reg);
  return 0;
}

int
sc_regGet (
    int reg,
    int *value) //получает значение флага, если неверный регистр то ошибка
{
  if (reg < 0 || reg > 5)
    {
      return ERR_WRONG_FLAG;
    }
  *value = BIT_GET (sc_register, reg);
  return 0;
}

int
sc_commandEncode (
    int command, int operand,
    int *value) //кодирует команду с определенным номером и операндом
                // помещает результат в значение, если он неправильный
                // или операнд - ошибка, значение не меняется.
{
  // commands list: 0x10, 0x11, 0x20, 0x21, 0x30, 0x31, 0x32, 0x33, 0x40, 0x41,
  // 0x42, 0x43, 0x51, 0x52, 0x53, 0x54, 0x55, 0x56, 0x57, 0x58, 0x59, 0x60,
  // 0x61, 0x62, 0x63, 0x64, 0x65, 0x66, 0x67, 0x68, 0x69, 0x70, 0x71, 0x72,
  // 0x73, 0x74, 0x75, 0x76
  if (((command > 0x76) || (command < 0x10))
      || ((command > 0x11) & (command < 0x20))
      || ((command > 0x21) & (command > 0x30))
```

```
      || ((command > 0x33) & (command < 0x40))
      || ((command > 0x43) & (command < 0x51)))
    {
      sc_regSet (FLAG_WRONG_COMMAND, 1);
      return ERR_WRONG_COMMAND;
    }
  if (operand < 0 || operand > 127)
    {
      sc_regSet (FLAG_WRONG_OPERAND, 1);
      return ERR_WRONG_OPERAND;
    }
  int encoded = 0b0000000000000000 | command;
  encoded <<= 7;
  encoded |= operand;
  *value = encoded;
  return 0;
}

int
sc_commandDecode (int value, int *command,
                  int *operand) // декодирует значение как комнаду sc, если
                                // декодировавние невозможно устанавливает
                                // команду error и возвразает ошибку.
{
  if ((value & (1 << 14)) != 0)
    {
      sc_regSet (FLAG_WRONG_COMMAND, 1);
      return ERR_WRONG_COMMAND;
    }
  *command = (value >> 7);
  value -= (*command << 7);
  *operand = value;
  return 0;
}

int
sc_accumSet (int value)
{
  sc_accum = value;
  return 0;
}

int
sc_accumGet (int *value)
{
  *value = sc_accum;
  return 0;
}

int
sc_countSet (int value)
{
  sc_count = value;
  return 0;
}

int
sc_countGet (int *value)
{
  *value = sc_count;
  return 0;
}
```

Prototype.h

```
#pragma once

#include <inttypes.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

#define MEMSIZE 100

// флаги
#define FLAG_WRONG_COMMAND 16
#define FLAG_WRONG_OPERAND 8
#define FLAG_WRONG_ADDRESS 4
#define FLAG_DIV_BY_ZERO 2
#define FLAG_OVERFLOW 1

// ошибки
#define ERR_WRONG_ADDRESS -1
#define ERR_WRONG_FLAG -2
#define ERR_WRONG_VALUE -3
#define ERR_WRONG_COMMAND -4
#define ERR_WRONG_OPERAND -5

// битовые операции
#define BIT_SET(X, Y) X = X | (1 << (Y - 1))
#define BIT_DEL(X, Y) X = X & (~(1 << (Y - 1)))
#define BIT_GET(X, Y) X >> (Y - 1) & 0x1

int sc_memoryInit (); // инициализация массива из 100 элементов

int sc_memorySet (int address,
                  int value); // устанавливает значение блока памяти

int sc_memoryGet (int address, int *value); // получает значение блока памяти и
                                            // возвращает его в значение var

int sc_memorySave (char *filename); // сохраняет память в бинарный файл

int sc_memoryLoad (char *filename); // загружает оперативную память из файла

int sc_regInit (void); // инициализирует регистр флагов с нуля

int sc_regSet (
    int reg,
    int value); //устанаввливает флаг значение регистра #define-s используется
                // для номеров регистров если неверный номер - то ошибка.

int sc_regGet (
    int reg,
    int *value); //получает значение флага, если неправильный регистр то ошибка

int sc_commandEncode (
    int command, int operand,
    int *value); // кодирует команду с определенным номером и  операндом
                 // помещает результат в значение если он неправильная  команда
                 // или операнд - ошибка, значение не меняется

int sc_commandDecode (int value, int *command,
                      int *operand); // декодирует значение как команду sc если
                                     // декодировние невозможно  устанавливает
                                     // команду ошибки и возвращает ошибку.
```

```
int sc_accumGet (int *value);

int sc_accumSet (int value);

int sc_countSet (int value);

int sc_countGet (int *value);
```

bc.c

```c
#include "bc.h"

int
bc_printA (char *str)
{
  ssize_t len = strlen (str) * sizeof (char);
  write (STDOUT_FILENO, "\E(0", 3);
  if (write (STDOUT_FILENO, str, len) != len)
    {
      return -1;
    }
  write (STDOUT_FILENO, "\E(B", 3);
  return 0;
}

int
bc_box (int x1, int y1, int x2, int y2)
{
  for (int i = 0; i < x2; i++)
    {
      for (int j = 0; j < y2; j++)
        {
          mt_gotoXY (x1 + i, y1 + j);
          if (i == 0 && j == 0)
            {
              bc_printA ("l");
            }
          else if (i == 0 && j == y2 - 1)
            {
              bc_printA ("k\n");
            }
          else if (i == x2 - 1 && j == 0)
            {
              bc_printA ("m");
            }
          else if (i == x2 - 1 && j == y2 - 1)
            {
              bc_printA ("j\n");
            }
          else if ((i == 0 || i == x2 - 1)
                   && (j > 0 && j < y2)) // horizontal line
            {
              bc_printA ("q");
            }
          else if ((i > 0 && i < x2)
                   && (j == 0 || j == y2 - 1)) // vertical line
            {
              bc_printA ("x");
            }
          else
            {
              write (STDOUT_FILENO, " ", sizeof (char));
            }
        }
    }
  return 0;
}

int
bc_printbigchar (int *big, int x, int y, enum colors fgcolor,
                 enum colors bgcolor)
{
```

```
  mt_setbgcolor (bgcolor);
  mt_setfgcolor (fgcolor);
  for (int i = 0; i < 8; i++)
    {
      for (int j = 0; j < 8; j++)
        {
          mt_gotoXY (x + i, y + j);
          short value;
          bc_getbigcharpos (big, i, j, &value);
          if (!value)
            {
              write (STDOUT_FILENO, " ", sizeof (char));
            }
          else
            {
              bc_printA ("a");
            }
        }
      write (STDOUT_FILENO, "\n", sizeof (char));
    }
  mt_setbgcolor (GREY);
  mt_setfgcolor (LIGHT_GREY);
  return 0;
}

int
bc_setbigcharpos (int *big, int x, int y, short int value)
{
  if (x < 0 || x > 7 || y < 0 || y > 7 || value > 1 || value < 0)
    {
      return 1;
    }
  int part = x / 4;
  x %= 4;
  if (value)
    {
      big[part] |= (1 << (8 * x + y));
    }
  else
    {
      big[part] &= ~(1 << (8 * x + y));
    }
  return 0;
}

int
bc_getbigcharpos (int *big, int x, int y, short int *value)
{
  if (x < 0 || x > 7 || y < 0 || y > 7)
    {
      return -1;
    }
  short int part = x / 4;
  x %= 4;
  if (big[part] & (1 << (8 * x + y)))
    {
      *value = 1;
    }
  else
    {
      *value = 0;
    }
  return 0;
```

```
}

int
bc_bigcharwrite (int fd, int *big, int count)
{
  for (int i = 0; i < count * 2; i++)
    {
      if (write (fd, &big[i], sizeof (int)) == -1)
        {
          return 1;
        }
    }
  return 0;
}

int
bc_bigcharread (int fd, int *big, int need_count, int *count)
{
  for (*count = 0; (*count < need_count * 2); *count += 1)
    {
      if (read (fd, &big[*count], sizeof (int)) == -1)
        {
          return 1;
        }
    }
  return 0;
}
```

bc.h

```
#pragma once

#include "term.h"

int bc_printA (char *str);
int bc_box (int x1, int y1, int x2, int y2);
int bc_printbigchar (int *big, int x, int y, enum colors fgcolor,
                     enum colors bgcolor);
int bc_setbigcharpos (int *big, int x, int y, short int value);
int bc_getbigcharpos (int *big, int x, int y, short int *value);
int bc_bigcharwrite (int fd, int *big, int count);
int bc_bigcharread (int fd, int *big, int need_count, int *count);
```

term.c

```c
#include "term.h"

int
mt_clrscr (void) // очищает экран и перемещает курсор в верхний левый угол
{
  if (write (STDOUT_FILENO, CLEAR, strlen (CLEAR))
      < sizeof (char) * strlen (CLEAR))
    {
      return -1;
    }
  return 0;
}

int
mt_gotoXY (
    int x,
    int y) // перемещает курсор к введенным координатам (x, y) = (row, col)
{
  char go[30];
  sprintf (go, "\E[%d;%dH", x, y);
  if (write (STDOUT_FILENO, go, strlen (go)) < sizeof (char) * strlen (go))
    {
      return -1;
    }
  return 0;
}

int
mt_getscreensize (int *rows, int *cols) // получает размер экрана терминала
                                        // (количество строк и столбцов)
{
  struct winsize ws;
  if (ioctl (1, TIOCGWINSZ, &ws))
    {
      return -1;
    }
  *rows = ws.ws_row;
  *cols = ws.ws_col;
  return 0;
}

int
mt_setfgcolor (enum colors color) // устанавливает цвет фона для всех строк и
                                  // столбцов всего терминала
{
  char foreground[30];
  sprintf (foreground, "\E[38;5;%dm", color);
  if (write (STDOUT_FILENO, foreground, strlen (foreground))
      < sizeof (char) * strlen (foreground))
    {
      return -1;
    }
  return 0;
}

int
mt_setbgcolor (enum colors color) //устанавливает цвет фона только для
                                  //предстоящих символов
{
  char background[30];
  sprintf (background, "\E[48;5;%dm", color);
  if (write (STDOUT_FILENO, background, strlen (background))
```

```
      < sizeof (char) * strlen (background))
    {
      return -1;
    }
  return 0;
}
```

term.h

```
#pragma once

#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/ioctl.h>
#include <unistd.h>

#define CLEAR "\E[H\E[2J"
#define RESETCOLOR "\033[0m"
#define RESETCOLORF "\033[39m"

enum colors
{
  LIGHT_GREY = 247,
  GREY = 237,
  BLACK = 16,
  RED = 124,
  GREEN = 41,
  BLUE = 20,
  YELLOW = 184,
};

int mt_clrscr (void); // очищает экран и перемещает курсор в верхний левый угол
int mt_gotoXY (
    int x,
    int y); // перемещает курсор к введенным координатам (x, y) = (row, col)
int mt_getscreensize (int *rows, int *cols); //получает размер экрана терминала
                                             //(количество строк и столбцов)
int mt_setfgcolor (enum colors color); // устанавливает цвет фона для всех и
                                       // столбцов всего терминала
int mt_setbgcolor (enum colors color); // устанавливает цвет фона только для
                                       // предстоящих символов
```

term_gui.h

```
#pragma once

#include <sys/param.h>

#define BC_X 15
#define BC_START 8
#define BC_STEP 8
#define X_START 2
#define Y_START 3
#define Y_STEP 6

int g_memorybox ();
int g_accumbox ();
int g_counterbox ();
int g_operationbox ();
int g_flagbox ();
int g_bcbox (int *big);
int g_flags (char **val);
int g_static ();
```

Makefile

```
DIRGUARD = @mkdir -p $(@D)

all: bin/simplecomputer
.PHONY: bin/simplecomputer
bin/simplecomputer: src/main.c bin/lib.a
    $(DIRGUARD)
gcc -Wall -Wextra -I src -o $@ $^ -lm

bin/lib.a: obj/bc.o obj/prototype.o obj/term.o obj/term_gui.o
    $(DIRGUARD)
ar rcs $@ $^

obj/%.o: src/%.c
    $(DIRGUARD)
gcc -Wall -Wextra -c -o $@ $< -lm

test: bin/test
.PHONY: bin/test
bin/test: test/*.c bin/lib.a
    $(DIRGUARD)
gcc -Wall -Wextra -I src -MMD -I thirdparty -o $@ $^ -lm
```

readkey.h

```
#pragma once

enum keys
{
  KEY_S,
  KEY_L,
  KEY_R,
  KEY_T,
  KEY_I,
  KEY_F5,
  KEY_F6,
  KEY_UP,
  KEY_DOWN,
  KEY_RIGHT,
  KEY_LEFT,
  KEY_ENTER,
  KEY_ESCAPE,
  KEY_DEFAULT,
};

int rk_readkey (enum keys *key);
int rk_mytermsave (void);
int rk_mytermrestore (void);
int rk_mytermregime (int regime, int vtime, int vmin, int echo, int sigint);
```

readkey.c

```
#include "readkey.h"
#include "term.h"
#include <string.h>
#include <termios.h>
#include <unistd.h>

struct termios current, backup;

int
rk_readkey (enum keys *key)
{
  char buff[16];
  int numRead;
  if (tcgetattr (STDOUT_FILENO, &backup) != 0)
    {
      return -1;
    }
  if (rk_mytermregime (0, 0, 1, 0, 1) != 0)
    {
      return -1;
    }
  numRead = read (STDOUT_FILENO, buff, 15);
  buff[numRead] = '\0';
  if (strcmp (buff, "l") == 0)
    {
      *key = KEY_L;
    }
  else if (strcmp (buff, "s") == 0)
    {
      *key = KEY_S;
    }
  else if (strcmp (buff, "r") == 0)
    {
      *key = KEY_R;
    }
```

```
  else if (strcmp (buff, "q") == 0)
    {
      *key = KEY_ESCAPE;
    }
  else if (strcmp (buff, "t") == 0)
    {
      *key = KEY_T;
    }
  else if (strcmp (buff, "i") == 0)
    {
      *key = KEY_I;
    }
  else if ((strcmp (buff, "\n") == 0) || (strcmp (buff, "\r") == 0))
    {
      *key = KEY_ENTER;
    }
  else if ((strcmp (buff, "\E[15~") == 0) || (strcmp (buff, "\E[[E") == 0))
    {
      *key = KEY_F5;
    }
  else if (strcmp (buff, "\E[17~") == 0)
    {
      *key = KEY_F6;
    }
  else if (strcmp (buff, "\E[A") == 0)
    {
      *key = KEY_UP;
    }
  else if (strcmp (buff, "\E[B") == 0)
    {
      *key = KEY_DOWN;
    }
  else if (strcmp (buff, "\E[C") == 0)
    {
      *key = KEY_RIGHT;
    }
  else if (strcmp (buff, "\E[D") == 0)
    {
      *key = KEY_LEFT;
    }
  if (tcsetattr (STDOUT_FILENO, TCSANOW, &backup) != 0)
    {
      return -1;
    }
  return 0;
}

int
rk_mytermsave ()
{
  return tcsetattr (STDOUT_FILENO, TCSANOW, &current);
}

int
rk_mytermrestore ()
{
  return tcsetattr (STDOUT_FILENO, TCSANOW, &backup);
}

int
rk_mytermregime (int regime, int vtime, int vmin, int echo, int sigint)
{
  if (tcgetattr (STDOUT_FILENO, &current))
```

```
    {
      return 1;
    }
  if (regime)
    {
      current.c_lflag |= ICANON;
    }
  else
    {
      current.c_lflag &= ~ICANON;
    }
  if (echo)
    {
      current.c_lflag |= ECHO;
    }
  else
    {
      current.c_lflag &= ~ECHO;
    }

  if (sigint)
    {
      current.c_lflag |= ISIG;
    }
  else
    {
      current.c_lflag &= ~ISIG;
    }
  current.c_cc[VTIME] = vtime;
  current.c_cc[VMIN] = vmin;
  return tcsetattr (STDOUT_FILENO, TCSANOW, &current);
}
```

Signals.c

```c
#include "signals.h"
#include "term_gui.h"
#include "prototype.h"

int
sig_handle_reset () //сброс
{
  sc_memoryInit ();
  sc_regInit ();
  sc_regSet (FLAG_IGNORE, 1);
  alarm (0);
  return 0;
}

int
sig_handle_alarm ()//запуск таймера
{
  g_drawboxes ();
  int value;
  sc_countGet (&value);
  sc_countSet (value + 1);
  int x = (value + 1) / 10;
  int y = (value + 1) % 10;
  g_highlightmemory (x, y);
  g_drawbcbox ();
  alarm (1);
  sc_regSet (FLAG_IGNORE, 0);
  return 0;
}

int
sig_set () // считывает сигналы
{
  signal (SIGUSR1, sig_handle_reset);
  signal (SIGALRM, sig_handle_alarm);
  return 0;
}
```

Term_gui.c

```c
#include "term_gui.h"
#include <unistd.h>
#include<signal.h>

int
g_writeflags (char **val)
{
  int flag = 0;
  sc_regGet (1, &flag);
  char F = flag == 1 ? 'F' : ' ';
  sc_regGet (2, &flag);
  char D = flag == 1 ? 'D' : ' ';
  sc_regGet (4, &flag);
  char A = flag == 1 ? 'A' : ' ';
  sc_regGet (8, &flag);
  char O = flag == 1 ? 'O' : ' ';
  sc_regGet (16, &flag);
  char C = flag == 1 ? 'C' : ' ';
  sc_regGet (32, &flag);
  char I = flag == 1 ? 'I' : ' ';
```

```
  char buff[24] = { 0 };
  sprintf (buff, "%c  %c  %c  %c  %c  %c\0", F, D, A, O, C, I);
  *val = buff;
  return 0;
}

int
g_drawborders (void)
{
  bc_box (1, 1, 12, 63);
  mt_gotoXY (0, 28);
  write (STDOUT_FILENO, " Memory ", 8 * sizeof (char));
  bc_box (1, 64, 3, 39);
  mt_gotoXY (1, 77);
  write (STDOUT_FILENO, " accumulator ", 13 * sizeof (char));
  bc_box (4, 64, 3, 39);
  mt_gotoXY (4, 73);
  write (STDOUT_FILENO, " instructionCounter ", 20 * sizeof (char));
  bc_box (7, 64, 3, 39);
  mt_gotoXY (7, 78);
  write (STDOUT_FILENO, " Operation ", 11 * sizeof (char));
  bc_box (10, 64, 3, 39);
  mt_gotoXY (10, 79);
  write (STDOUT_FILENO, " Flags ", 7 * sizeof (char));
  bc_box (13, 1, 12, 63);
  bc_box (13, 64, 12, 39);
  mt_gotoXY (13, 67);
  write (STDOUT_FILENO, " Keys ", 7 * sizeof (char));
  char *str[7] = { "l - load",
                   "s - save",
                   "r - run",
                   "t - step",
                   "i - reset",
                   "F5 - accumulator",
                   "F6 - instructionCounter" };
  for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
      mt_gotoXY (15 + i, 66);
      write (STDOUT_FILENO, str[i], strlen (str[i]));
    }
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_drawaccumbox (void)
{
  mt_gotoXY (2, 80);
  char buff[5];
  int val;
  sc_accumGet (&val);
  sprintf (buff, "%04d", val);
  write (STDOUT_FILENO, buff, 5 * sizeof (char));
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_drawflagbox (void)
{
  mt_gotoXY (11, 78);
  char *val;
  g_writeflags (&val);
```

```
  write (STDOUT_FILENO, val, 24 * sizeof (char));
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_drawbcbox ()
{
  int big[18][2] = {
    { 0x4242423C, 0x3C424242 }, // 0
    { 0x48506040, 0x40404040 }, // 1
    { 0x2042423C, 0x7E020418 }, // 2
    { 0x3840423C, 0x3C424040 }, // 3
    { 0x7E424478, 0x40404040 }, // 4
    { 0x3E02027E, 0x3C424040 }, // 5
    { 0x3E02423C, 0x3C424242 }, // 6
    { 0x2040407E, 0x10101010 }, // 7
    { 0x3C42423C, 0x3C424242 }, // 8
    { 0x7C42423C, 0x3C424040 }, // 9
    { 0x66663C18, 0x66667E7E }, // A
    { 0x3E66663E, 0x3E666666 }, // B
    { 0x0202423C, 0x3C420202 }, // C
    { 0x4444443E, 0x3E444444 }, // D
    { 0x3E02027E, 0x7E020202 }, // E
    { 0x1E02027E, 0x02020202 }, // F
    { 0x7E181800, 0x0018187E }, // +
    { 0x7E000000, 0x7E }        // -
  };
  int address, val;
  sc_countGet (&address);
  char buff[6];
  g_getunit (address, &buff);
  int *digit = malloc (2 * sizeof (int));
  for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
      int k = 0;
      switch (buff[i])
        {
        case '0':
          k = 0;
          break;
        case '1':
          k = 1;
          break;
        case '2':
          k = 2;
          break;
        case '3':
          k = 3;
          break;
        case '4':
          k = 4;
          break;
        case '5':
          k = 5;
          break;
        case '6':
          k = 6;
          break;
        case '7':
          k = 7;
          break;
        case '8':
```

```
          k = 8;
          break;
        case '9':
          k = 9;
          break;
        case 'a':
          k = 10;
          break;
        case 'b':
          k = 11;
          break;
        case 'c':
          k = 12;
          break;
        case 'd':
          k = 13;
          break;
        case 'e':
          k = 14;
          break;
        case 'f':
          k = 15;
          break;
        case '+':
          k = 16;
          break;
        default:
          k = 17;
          break;
        }
      digit[0] = big[k][0];
      digit[1] = big[k][1];
      bc_printbigchar (digit, BC_X, BC_START + i * BC_STEP, GREEN, GREY);
    }
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_loadmemory (void)
{
  bc_box (6, 20, 3, 26);
  mt_gotoXY (6, 24);
  write (STDOUT_FILENO, " Load from \n", strlen (" Load from \n"));
  char buff[20][1];
  mt_gotoXY (7, 21);
  for (int i = 0; i < 20; i++)
    {
      mt_gotoXY (7, 21 + i);
      read (STDOUT_FILENO, buff[i], 1);
      if (buff[i][0] == '\n')
        {
          break;
        }
      mt_gotoXY (7, 21);
      write (STDERR_FILENO, buff, strlen (buff));
    }
  buff[strlen (buff) - 1][0] = '\0';
  if (sc_memoryLoad (buff) != 0)
    {
      bc_box (6, 20, 3, 26);
      mt_gotoXY (6, 24);
      mt_setbgcolor (RED);
```

```
      write (STDOUT_FILENO, " Fail! \n", strlen (" Fail! \n"));
    }
  else
    {
      bc_box (6, 20, 3, 26);
      mt_gotoXY (6, 24);
      mt_setbgcolor (GREEN);
      write (STDOUT_FILENO, " Success! \n", strlen (" Success! \n"));
    }
  mt_setbgcolor (GREY);
  read (STDOUT_FILENO, NULL, 1);
  g_drawboxes ();
  return 0;
}

int
g_savememory (void)
{
  bc_box (6, 20, 3, 26);
  mt_gotoXY (6, 24);
  write (STDOUT_FILENO, " Save to \n", strlen (" Save to \n"));
  char buff[20][1];
  mt_gotoXY (7, 21);
  for (int i = 0; i < 20; i++)
    {
      mt_gotoXY (7, 21 + i);
      read (STDOUT_FILENO, buff[i], 1);
      if (buff[i][0] == '\n')
        {
          break;
        }
      mt_gotoXY (7, 21);
      write (STDERR_FILENO, buff, strlen (buff));
    }
  buff[strlen (buff) - 1][0] = '\0';
  sc_memorySave (buff);
  bc_box (6, 20, 3, 26);
  mt_gotoXY (6, 24);
  mt_setbgcolor (GREEN);
  write (STDOUT_FILENO, " Success! \n", strlen (" Success! \n"));
  mt_setbgcolor (GREY);
  read (STDOUT_FILENO, NULL, 1);
  g_drawboxes ();
  return 0;
}

int
g_setmemory (int x, int y)
{
  bc_box (6, 20, 3, 26);
  mt_gotoXY (6, 24);
  write (STDOUT_FILENO, " Set memory value to \n",
         strlen (" Set memory value to \n"));
  char buff[5][1];
  mt_gotoXY (7, 21);
  for (int i = 0; i < 4; i++)
    {
      mt_gotoXY (7, 21 + i);
      read (STDOUT_FILENO, buff[i], 1);
      if (buff[i][0] == '\n')
        {
          break;
        }
```

```
      mt_gotoXY (7, 21);
      write (STDERR_FILENO, buff, strlen (buff));
    }
  buff[4][0] = '\0';
  int val = atoi (buff);
  sc_memorySet (x * 10 + y, val);
  g_drawboxes ();
  return 0;
}

int
g_getunit (int address, char *buff)
{
  int val, command, operand;
  sc_memoryGet (address, &val);
  char temp[6];
  int err = sc_commandDecode (val, &command, &operand);
  sprintf (temp, " %02x%02x", command, operand);
  if (err == ERR_WRONG_COMMAND)
    {
      temp[0] = '-';
    }
  else if (err == 0)
    {
      temp[0] = '+';
    }
  strcpy (buff, temp);
  return 0;
}

int
g_highlightmemory (int x, int y)
{
  g_drawmemorybox ();
  int address = x * 10 + y;
  char buff[6];
  g_getunit (address, &buff);
  mt_gotoXY (X_START + x, Y_START + y * Y_STEP);
  mt_setbgcolor (BLUE);
  write (STDERR_FILENO, buff, 6 * sizeof (char));
  mt_setbgcolor (GREY);
  return 0;
}

int
g_drawoperationbox (void)
{
  mt_gotoXY (8, 79);
  int address;
  sc_countGet (&address);
  char buff[6];
  g_getunit (address, &buff);
  char result[7];
  sprintf (result, "%c%c%c:%c%c", buff[0], buff[1], buff[2], buff[3], buff[4]);
  write (STDOUT_FILENO, result, 7 * sizeof (char));
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_drawcounterbox (void)
{
  mt_gotoXY (5, 80);
```

```
  char buff[5];
  int val;
  sc_countGet (&val);
  sprintf (buff, "%04d", val);
  write (STDOUT_FILENO, buff, 5 * sizeof (char));
  mt_gotoXY (33, 0);
  return 0;
}

int
g_drawmemorybox (void)
{
  int k = 0;
  for (int i = X_START; i < 12; i++)
    {
      for (int j = Y_START; j < 63; j += Y_STEP)
        {
          mt_gotoXY (i, j);
          char buff[6];
          g_getunit (k++, &buff);
          write (STDERR_FILENO, buff, 6 * sizeof (char));
        }
    }
  return 0;
}

int
g_drawboxes ()
{
  g_drawmemorybox ();
  g_drawaccumbox ();
  g_drawcounterbox ();
  g_drawoperationbox ();
  g_drawflagbox ();
  g_drawbcbox ();
  return 0;
}

int
g_interface ()
{
  mt_setbgcolor (GREY);
  g_drawborders ();
  int exit = 0, x = 0, y = 0, frame = 0;
  while (!exit)
    {
      g_drawboxes ();
      int count, flag;
      sc_countGet (&count);
      x = count / 10;
      y = count % 10;
      g_highlightmemory (x, y);
      enum keys key = KEY_DEFAULT;
      rk_readkey (&key);
      switch (key)
        {
        case KEY_Q:
          exit++;
          break;
        case KEY_UP:
          x--;
          break;
        case KEY_DOWN:
```

```
          x++;
          break;
        case KEY_LEFT:
          y--;
          break;
        case KEY_RIGHT:
          y++;
          break;
        case KEY_L:
          g_loadmemory ();
          break;
        case KEY_S:
          g_savememory ();
          break;
        case KEY_I:
          raise (SIGUSR1);
          x = 0, y = 0;
          g_drawboxes ();
          break;
        case KEY_ENTER:
          g_setmemory (x, y);
          break;
        case KEY_R:
          sc_regGet (FLAG_IGNORE, &flag);
          sc_regSet (FLAG_IGNORE, !flag);
          if (flag == 0)
            alarm (1);
          else
            alarm (0);
          break;
        default:
          break;
        }
      if (frame == 5)
        {
          g_drawborders ();
          frame = 0;
        }
      if (x == -1)
        {
          x = 9;
        }
      if (y == -1)
        {
          y = 9;
        }
      sc_countSet (x * 10 + y);
      frame++;
    }
  return 0;
}
```