

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### Проектування та дослідження комп'ютеризованого вимірювача параметрів руху з цифровими відеозображеннями

#### 1.1 Мета роботи

Зпроектувати та відкалібрувати вимірювач параметрів руху на базі ардуіно та відеокамери OV7670

#### 1.2. Короткі теоретичні відомості

OV7670 є модуль камери з буфером типу FIFO. В даний час він виробляється кількома фірмами і доступний з різним розпинанням. OV7670 забезпечує повномасштабне (full frame) 8-бітове зображення у вікні. OV7670 вміє працювати з різними форматами відео. У роздільній здатності VGA камера забезпечує до 30 кадрів в секунду. Зовнішній вигляд модуля камери OV7670 показано на рис.5.1.



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд відеокамери OV7670

Модуль камери OV7670 включає:

- масив датчиків зображень (дозвіл приблизно 656 x 488 пікселів);
- тактовий генератор;
- процесор обробки сигналів;
- аналого-цифрові перетворювачі;
- генератор тестових шаблонів;
- цифровий сигнальний процесор;
- пристрій для масштабування зображень;
- цифровий відео порт;
- світлодіод та вихід управління стробоскопічним спалахом.

Датчик зображення камери OV7670 керується за допомогою шини SCCB (Serial Camera Control Bus – послідовна шина керування камерою) за протоколом I2C (контакти SIOC, SIOD) з максимальною частотою синхронізації 400 кГц.

Камера використовує такі підтверджуючі сигнали:

- VSYNC: Vertical Sync Output (вихід вертикальної синхронізації (для рядків) – низький рівень під час кадру;
- HREF: Horizontal Reference (горизонтальна синхронізація (для колонок) – високий рівень під час активних пікселів ряду (рядки);
- PCLK: Pixel Clock Output (піксельна синхронізація (тактовий сигнал передачі байта з паралельного порту D0–D7) – незалежний генератор синхронізуючих імпульсів. Дані правильні на фронті, що наростає).

На додаток до цього камера оперує такими сигналами:

- D0-D7: паралельний цифровий 8-бітний відеовихід у форматі YUV/RGB;
- PWDN: Power Down Mode Selection - включення (лог. 0) та вимкнення (лог. 1) камери;
- XCLK: зовнішнє тактування (синхронізація);
- Reset: сигнал скидання.

Камера OV7670 синхронізується за допомогою генератора на 24 МГц. Це забезпечує вихід піксельної синхронізації (PCLK) 24 МГц. Буфер типу FIFO має пам'ять 3 Мбіт. Генератор тестових шаблонів формує шаблон кольірних смуг - з 8 смугами, поступовим зменшенням до сірого кольору (fade-to-gray).

Схема підключення модуля камери OV7670 до плати Arduino Uno представлена на рис.5.2.

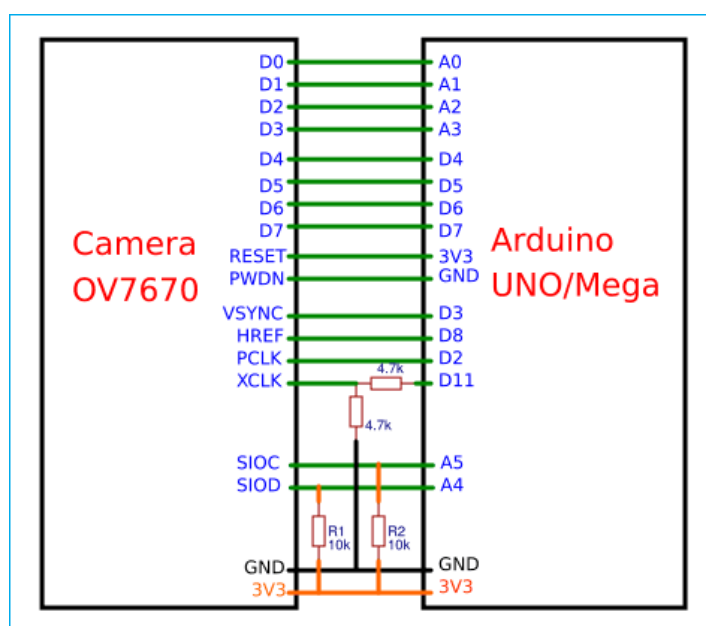


Рисунок 5.2 – Схема підключення модуля камери OV7670 до плати Arduino Uno

## Скетч програми представлений далі в Лістингу 1.

### Лістинг 1 – Скетч програми роботи модуля камери OV7670 на базі Arduino Uno

```
#include <stdint.h>;
#include <avr/io.h>;
#include <util/twi.h>;
#include <util/delay.h>;
#include <avr/pgmspace.h>;

#define F_CPU 16000000UL
#define vga 0
#define qvga 1
#define qqvga 2
#define yuv422 0
#define rgb565 1
#define bayerRGB 2
#define camAddr_WR 0x42
#define camAddr_RD 0x43

/* Registers */
#define REG_GAIN 0x00 /* Gain lower 8 bits (rest in vref) */
#define REG_BLUE 0x01 /* blue gain */
#define REG_RED 0x02 /* red gain */
#define REG_VREF 0x03 /* Pieces of GAIN, VSTART, VSTOP */
#define REG_COM1 0x04 /* Control 1 */
#define COM1_CCIR656 0x40 /* CCIR656 enable */

#define REG_BAVE 0x05 /* U/B Average level */
#define REG_GbAVE 0x06 /* Y/Gb Average level */
#define REG_AECHH 0x07 /* AEC MS 5 bits */
#define REG_RAVE 0x08 /* V/R Average level */
#define REG_COM2 0x09 /* Control 2 */
#define COM2_SSLEEP 0x10 /* Soft sleep mode */
#define REG_PID 0x0a /* Product ID MSB */
#define REG_VER 0x0b /* Product ID LSB */
#define REG_COM3 0x0c /* Control 3 */
#define COM3_SWAP 0x40 /* Byte swap */
#define COM3_SCALEEN 0x08 /* Enable scaling */
#define COM3_DCWEN 0x04 /* Enable downsamp/crop/window */
#define REG_COM4 0x0d /* Control 4 */
#define REG_COM5 0x0e /* All "reserved" */
#define REG_COM6 0x0f /* Control 6 */
#define REG_AECH 0x10 /* More bits of AEC value */
#define REG_CLKRC 0x11 /* Clocl control */
#define CLK_EXT 0x40 /* Use external clock directly */
#define CLK_SCALE 0x3f /* Mask for internal clock scale */
#define REG_COM7 0x12 /* Control 7 */ //REG mean address.
#define COM7_RESET 0x80 /* Register reset */
#define COM7_FMT_MASK 0x38
#define COM7_FMT_VGA 0x00
#define COM7_FMT_CIF 0x20 /* CIF format */
#define COM7_FMT_QVGA 0x10 /* QVGA format */
#define COM7_FMT_QCIF 0x08 /* QCIF format */
#define COM7_RGB 0x04 /* bits 0 and 2 - RGB format */
#define COM7_YUV 0x00 /* YUV */
#define COM7_BAYER 0x01 /* Bayer format */
#define COM7_PBAYER 0x05 /* "Processed bayer" */
#define REG_COM8 0x13 /* Control 8 */
#define COM8_FASTAEC 0x80 /* Enable fast AGC/AEC */
#define COM8_AECSTEP 0x40 /* Unlimited AEC step size */
#define COM8_BFILT 0x20 /* Band filter enable */
#define COM8_AGC 0x04 /* Auto gain enable */
#define COM8_AWB 0x02 /* White balance enable */
#define COM8_AEC 0x01 /* Auto exposure enable */
#define REG_COM9 0x14 /* Control 9- gain ceiling */
#define REG_COM10 0x15 /* Control 10 */
```

```

#define COM10_HSYNC          0x40 /* HSYNC instead of HREF */
#define COM10_PCLK_HB       0x20 /* Suppress PCLK on horiz blank */
#define COM10_HREF_REV      0x08 /* Reverse HREF */
#define COM10_VS_LEAD      0x04 /* VSYNC on clock leading edge */
#define COM10_VS_NEG        0x02 /* VSYNC negative */
#define COM10_HS_NEG        0x01 /* HSYNC negative */
#define REG_HSTART          0x17 /* Horiz start high bits */
#define REG_HSTOP           0x18 /* Horiz stop high bits */
#define REG_VSTART          0x19 /* Vert start high bits */
#define REG_VSTOP           0x1a /* Vert stop high bits */
#define REG_PSHFT           0x1b /* Pixel delay after HREF */
#define REG_MIDH            0x1c /* Manuf. ID high */
#define REG_MIDL            0x1d /* Manuf. ID low */
#define REG_MVFP            0x1e /* Mirror / vflip */
#define MVFP_MIRROR         0x20 /* Mirror image */
#define MVFP_FLIP           0x10 /* Vertical flip */

#define REG_AEW              0x24 /* AGC upper limit */
#define REG_AEB              0x25 /* AGC lower limit */
#define REG_VPT              0x26 /* AGC/AEC fast mode op region */
#define REG_HSYST           0x30 /* HSYNC rising edge delay */
#define REG_HSYEN           0x31 /* HSYNC falling edge delay */
#define REG_HREF            0x32 /* HREF pieces */
#define REG_TSLB            0x3a /* lots of stuff */
#define TSLB_YLAST          0x04 /* UYVY or VYUY - see com13 */
#define REG_COM11           0x3b /* Control 11 */
#define COM11_NIGHT         0x80 /* NIGht mode enable */
#define COM11_NMFR          0x60 /* Two bit NM frame rate */
#define COM11_HZAUTO        0x10 /* Auto detect 50/60 Hz */
#define COM11_50HZ          0x08 /* Manual 50Hz select */
#define COM11_EXP           0x02
#define REG_COM12           0x3c /* Control 12 */
#define COM12_HREF          0x80 /* HREF always */
#define REG_COM13           0x3d /* Control 13 */
#define COM13_GAMMA         0x80 /* Gamma enable */
#define COM13_UVSAT         0x40 /* UV saturation auto adjustment */
#define COM13_UVSWAP        0x01 /* V before U - w/TSLB */
#define REG_COM14           0x3e /* Control 14 */
#define COM14_DCWEN         0x10 /* DCW/PCLK-scale enable */
#define REG_EDGE            0x3f /* Edge enhancement factor */
#define REG_COM15           0x40 /* Control 15 */
#define COM15_R10F0         0x00 /* Data range 10 to F0 */
#define COM15_R01FE         0x80 /*      01 to FE */
#define COM15_R00FF         0xc0 /*      00 to FF */
#define COM15_RGB565        0x10 /* RGB565 output */
#define COM15_RGB555        0x30 /* RGB555 output */
#define REG_COM16           0x41 /* Control 16 */
#define COM16_AWBGAIN       0x08 /* AWB gain enable */
#define REG_COM17           0x42 /* Control 17 */
#define COM17_AECWIN        0xc0 /* AEC window - must match COM4 */
#define COM17_CBAR          0x08 /* DSP Color bar */
/*
* This matrix defines how the colors are generated, must be
* tweaked to adjust hue and saturation.
*
* Order: v-red, v-green, v-blue, u-red, u-green, u-blue
* They are nine-bit signed quantities, with the sign bit
* stored in 0x58. Sign for v-red is bit 0, and up from there.
*/
#define REG_CMATRIX_BASE    0x4f
#define CMATRIX_LEN         6
#define REG_CMATRIX_SIGN    0x58
#define REG_BRIGHT          0x55 /* Brightness */
#define REG_CONTRAS         0x56 /* Contrast control */
#define REG_GFIX            0x69 /* Fix gain control */
#define REG_REG76           0x76 /* OV's name */

```

```

#define R76_BLKPCOR          0x80 /* Black pixel correction enable */
#define R76_WHTPCOR          0x40 /* White pixel correction enable */
#define REG_RGB444           0x8c /* RGB 444 control */
#define R444_ENABLE          0x02 /* Turn on RGB444, overrides 5x5 */
#define R444_RGBX            0x01 /* Empty nibble at end */
#define REG_HAECC1           0x9f /* Hist AEC/AGC control 1 */
#define REG_HAECC2           0xa0 /* Hist AEC/AGC control 2 */
#define REG_BD50MAX          0xa5 /* 50hz banding step limit */
#define REG_HAECC3           0xa6 /* Hist AEC/AGC control 3 */
#define REG_HAECC4           0xa7 /* Hist AEC/AGC control 4 */
#define REG_HAECC5           0xa8 /* Hist AEC/AGC control 5 */
#define REG_HAECC6           0xa9 /* Hist AEC/AGC control 6 */
#define REG_HAECC7           0xaa /* Hist AEC/AGC control 7 */
#define REG_BD60MAX          0xab /* 60hz banding step limit */
#define REG_GAIN              0x00 /* Gain lower 8 bits (rest in vref) */
#define REG_BLUE              0x01 /* blue gain */
#define REG_RED                0x02 /* red gain */
#define REG_VREF              0x03 /* Pieces of GAIN, VSTART, VSTOP */
#define REG_COM1              0x04 /* Control 1 */
#define COM1_CCIR656          0x40 /* CCIR656 enable */
#define REG_BAVE              0x05 /* U/B Average level */
#define REG_GbAVE             0x06 /* Y/Gb Average level */
#define REG_AECHH             0x07 /* AEC MS 5 bits */
#define REG_RAVE              0x08 /* V/R Average level */
#define REG_COM2              0x09 /* Control 2 */
#define COM2_SSLEEP           0x10 /* Soft sleep mode */
#define REG_PID               0x0a /* Product ID MSB */
#define REG_VER               0x0b /* Product ID LSB */
#define REG_COM3              0x0c /* Control 3 */
#define COM3_SWAP             0x40 /* Byte swap */
#define COM3_SCALEEN          0x08 /* Enable scaling */
#define COM3_DCWEN            0x04 /* Enable downsamp/crop/window */
#define REG_COM4              0x0d /* Control 4 */
#define REG_COM5              0x0e /* All "reserved" */
#define REG_COM6              0x0f /* Control 6 */
#define REG_AECH              0x10 /* More bits of AEC value */
#define REG_CLKRC             0x11 /* Clocl control */
#define CLK_EXT               0x40 /* Use external clock directly */
#define CLK_SCALE             0x3f /* Mask for internal clock scale */
#define REG_COM7              0x12 /* Control 7 */
#define COM7_RESET            0x80 /* Register reset */
#define COM7_FMT_MASK         0x38
#define COM7_FMT_VGA          0x00
#define COM7_FMT_CIF          0x20 /* CIF format */
#define COM7_FMT_QVGA         0x10 /* QVGA format */
#define COM7_FMT_QCIF         0x08 /* QCIF format */
#define COM7_RGB              0x04 /* bits 0 and 2 - RGB format */
#define COM7_YUV              0x00 /* YUV */
#define COM7_BAYER            0x01 /* Bayer format */
#define COM7_PBAYER           0x05 /* "Processed bayer" */
#define REG_COM8              0x13 /* Control 8 */
#define COM8_FASTAEC          0x80 /* Enable fast AGC/AEC */
#define COM8_AECSTEP          0x40 /* Unlimited AEC step size */
#define COM8_BFILT            0x20 /* Band filter enable */
#define COM8_AGC              0x04 /* Auto gain enable */
#define COM8_AWB              0x02 /* White balance enable */
#define COM8_AEC              0x01 /* Auto exposure enable */
#define REG_COM9              0x14 /* Control 9- gain ceiling */
#define REG_COM10             0x15 /* Control 10 */
#define COM10_HSYNC           0x40 /* HSYNC instead of HREF */
#define COM10_PCLK_HB         0x20 /* Suppress PCLK on horiz blank */
#define COM10_HREF_REV        0x08 /* Reverse HREF */
#define COM10_VS_LEAD         0x04 /* VSYNC on clock leading edge */
#define COM10_VS_NEG          0x02 /* VSYNC negative */
#define COM10_HS_NEG          0x01 /* HSYNC negative */
#define REG_HSTART            0x17 /* Horiz start high bits */

```

```

#define REG_HSTOP      0x18 /* Horiz stop high bits */
#define REG_VSTART     0x19 /* Vert start high bits */
#define REG_VSTOP     0x1a /* Vert stop high bits */
#define REG_PSHFT     0x1b /* Pixel delay after HREF */
#define REG_MIDH      0x1c /* Manuf. ID high */
#define REG_MIDL      0x1d /* Manuf. ID low */
#define REG_MVFP      0x1e /* Mirror / vflip */
#define MVFP_MIRROR   0x20 /* Mirror image */
#define MVFP_FLIP     0x10 /* Vertical flip */
#define REG_AEW       0x24 /* AGC upper limit */
#define REG_AEB       0x25 /* AGC lower limit */
#define REG_VPT       0x26 /* AGC/AEC fast mode op region */
#define REG_HSYST     0x30 /* HSYNC rising edge delay */
#define REG_HSYEN     0x31 /* HSYNC falling edge delay */
#define REG_HREF      0x32 /* HREF pieces */
#define REG_TSLB      0x3a /* lots of stuff */
#define TSLB_YLAST    0x04 /* UYVY or VYUY - see com13 */
#define REG_COM11     0x3b /* Control 11 */
#define COM11_NIGHT   0x80 /* Night mode enable */
#define COM11_NMFR    0x60 /* Two bit NM frame rate */
#define COM11_HZAUTO  0x10 /* Auto detect 50/60 Hz */
#define COM11_50HZ    0x08 /* Manual 50Hz select */
#define COM11_EXP     0x02
#define REG_COM12     0x3c /* Control 12 */
#define COM12_HREF    0x80 /* HREF always */
#define REG_COM13     0x3d /* Control 13 */
#define COM13_GAMMA   0x80 /* Gamma enable */
#define COM13_UVSAT   0x40 /* UV saturation auto adjustment */
#define COM13_UVSWAP  0x01 /* V before U - w/TSLB */
#define REG_COM14     0x3e /* Control 14 */
#define COM14_DCWEN   0x10 /* DCW/PCLK-scale enable */
#define REG_EDGE      0x3f /* Edge enhancement factor */
#define REG_COM15     0x40 /* Control 15 */
#define COM15_R10F0   0x00 /* Data range 10 to F0 */
#define COM15_R01FE   0x80 /*      01 to FE */
#define COM15_R00FF   0xc0 /*      00 to FF */
#define COM15_RGB565  0x10 /* RGB565 output */
#define COM15_RGB555  0x30 /* RGB555 output */
#define REG_COM16     0x41 /* Control 16 */
#define COM16_AWBGAIN 0x08 /* AWB gain enable */
#define REG_COM17     0x42 /* Control 17 */
#define COM17_AECWIN  0xc0 /* AEC window - must match COM4 */
#define COM17_CBAR    0x08 /* DSP Color bar */

#define CMATRIX_LEN   6
#define REG_BRIGHT    0x55 /* Brightness */
#define REG_REG76     0x76 /* OV's name */
#define R76_BLKPCOR   0x80 /* Black pixel correction enable */
#define R76_WHTPCOR   0x40 /* White pixel correction enable */
#define REG_RGB444    0x8c /* RGB 444 control */
#define R444_ENABLE   0x02 /* Turn on RGB444, overrides 5x5 */
#define R444_RGBX     0x01 /* Empty nibble at end */
#define REG_HAECC1    0x9f /* Hist AEC/AGC control 1 */
#define REG_HAECC2    0xa0 /* Hist AEC/AGC control 2 */
#define REG_BD50MAX   0xa5 /* 50hz banding step limit */
#define REG_HAECC3    0xa6 /* Hist AEC/AGC control 3 */
#define REG_HAECC4    0xa7 /* Hist AEC/AGC control 4 */
#define REG_HAECC5    0xa8 /* Hist AEC/AGC control 5 */
#define REG_HAECC6    0xa9 /* Hist AEC/AGC control 6 */
#define REG_HAECC7    0xaa /* Hist AEC/AGC control 7 */
#define REG_BD60MAX   0xab /* 60hz banding step limit */
#define MTX1          0x4f /* Matrix Coefficient 1 */
#define MTX2          0x50 /* Matrix Coefficient 2 */
#define MTX3          0x51 /* Matrix Coefficient 3 */
#define MTX4          0x52 /* Matrix Coefficient 4 */
#define MTX5          0x53 /* Matrix Coefficient 5 */

```

```

#define MTX6                0x54 /* Matrix Coefficient 6 */
#define REG_CONTRAS        0x56 /* Contrast control */
#define MTXS                0x58 /* Matrix Coefficient Sign */
#define AWBC7              0x59 /* AWB Control 7 */
#define AWBC8              0x5a /* AWB Control 8 */
#define AWBC9              0x5b /* AWB Control 9 */
#define AWBC10             0x5c /* AWB Control 10 */
#define AWBC11             0x5d /* AWB Control 11 */
#define AWBC12             0x5e /* AWB Control 12 */
#define REG_GFI            0x69 /* Fix gain control */
#define GGAIN              0x6a /* G Channel AWB Gain */
#define DBLV               0x6b
#define AWBCTR3           0x6c /* AWB Control 3 */
#define AWBCTR2           0x6d /* AWB Control 2 */
#define AWBCTR1           0x6e /* AWB Control 1 */
#define AWBCTR0           0x6f /* AWB Control 0 */

struct regval_list{
    uint8_t reg_num;
    uint16_t value;
};

const struct regval_list qvga_ov7670[] PROGMEM = {
    { REG_COM14, 0x19 },
    { 0x72, 0x11 },
    { 0x73, 0xf1 },

    { REG_HSTART, 0x16 },
    { REG_HSTOP, 0x04 },
    { REG_HREF, 0xa4 },
    { REG_VSTART, 0x02 },
    { REG_VSTOP, 0x7a },
    { REG_VREF, 0x0a },

    { 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

const struct regval_list yuv422_ov7670[] PROGMEM = {
    { REG_COM7, 0x0 }, /* Selects YUV mode */
    { REG_RGB444, 0 }, /* No RGB444 please */
    { REG_COM1, 0 },
    { REG_COM15, COM15_R00FF },
    { REG_COM9, 0x6A }, /* 128x gain ceiling; 0x8 is reserved bit */
    { 0x4f, 0x80 }, /* "matrix coefficient 1" */
    { 0x50, 0x80 }, /* "matrix coefficient 2" */
    { 0x51, 0 }, /* vb */
    { 0x52, 0x22 }, /* "matrix coefficient 4" */
    { 0x53, 0x5e }, /* "matrix coefficient 5" */
    { 0x54, 0x80 }, /* "matrix coefficient 6" */
    { REG_COM13, COM13_UVSAT },
    { 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

const struct regval_list ov7670_default_regs[] PROGMEM = { //from the linux
driver
    { REG_COM7, COM7_RESET },
    { REG_TSLB, 0x04 }, /* OV */
    { REG_COM7, 0 }, /* VGA */
    /*
    * Set the hardware window. These values from OV don't entirely
    * make sense - hstop is less than hstart. But they work...
    */
    { REG_HSTART, 0x13 }, { REG_HSTOP, 0x01 },
    { REG_HREF, 0xb6 }, { REG_VSTART, 0x02 },
    { REG_VSTOP, 0x7a }, { REG_VREF, 0x0a },

```

```

{ REG_COM3, 0 }, { REG_COM14, 0 },
/* Mystery scaling numbers */
{ 0x70, 0x3a }, { 0x71, 0x35 },
{ 0x72, 0x11 }, { 0x73, 0xf0 },
{ 0xa2, /* 0x02 changed to 1*/1 }, { REG_COM10, 0x0 },
/* Gamma curve values */
{ 0x7a, 0x20 }, { 0x7b, 0x10 },
{ 0x7c, 0x1e }, { 0x7d, 0x35 },
{ 0x7e, 0x5a }, { 0x7f, 0x69 },
{ 0x80, 0x76 }, { 0x81, 0x80 },
{ 0x82, 0x88 }, { 0x83, 0x8f },
{ 0x84, 0x96 }, { 0x85, 0xa3 },
{ 0x86, 0xaf }, { 0x87, 0xc4 },
{ 0x88, 0xd7 }, { 0x89, 0xe8 },
/* AGC and AEC parameters. Note we start by disabling those features,
then turn them only after tweaking the values. */
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP },
{ REG_GAIN, 0 }, { REG_AECH, 0 },
{ REG_COM4, 0x40 }, /* magic reserved bit */
{ REG_COM9, 0x18 }, /* 4x gain + magic rsvd bit */
{ REG_BD50MAX, 0x05 }, { REG_BD60MAX, 0x07 },
{ REG_AEW, 0x95 }, { REG_AEB, 0x33 },
{ REG_VPT, 0xe3 }, { REG_HAECC1, 0x78 },
{ REG_HAECC2, 0x68 }, { 0xa1, 0x03 }, /* magic */
{ REG_HAECC3, 0xd8 }, { REG_HAECC4, 0xd8 },
{ REG_HAECC5, 0xf0 }, { REG_HAECC6, 0x90 },
{ REG_HAECC7, 0x94 },
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP | COM8_AGC | COM8_AEC },
{ 0x30, 0 }, { 0x31, 0 }, //disable some delays
/* Almost all of these are magic "reserved" values. */
{ REG_COM5, 0x61 }, { REG_COM6, 0x4b },
{ 0x16, 0x02 }, { REG_MVFP, 0x07 },
{ 0x21, 0x02 }, { 0x22, 0x91 },
{ 0x29, 0x07 }, { 0x33, 0x0b },
{ 0x35, 0x0b }, { 0x37, 0x1d },
{ 0x38, 0x71 }, { 0x39, 0x2a },
{ REG_COM12, 0x78 }, { 0x4d, 0x40 },
{ 0x4e, 0x20 }, { REG_GFIX, 0 },
/*{0x6b, 0x4a},*/{ 0x74, 0x10 },
{ 0x8d, 0x4f }, { 0x8e, 0 },
{ 0x8f, 0 }, { 0x90, 0 },
{ 0x91, 0 }, { 0x96, 0 },
{ 0x9a, 0 }, { 0xb0, 0x84 },
{ 0xb1, 0x0c }, { 0xb2, 0x0e },
{ 0xb3, 0x82 }, { 0xb8, 0x0a },

/* More reserved magic, some of which tweaks white balance */
{ 0x43, 0x0a }, { 0x44, 0xf0 },
{ 0x45, 0x34 }, { 0x46, 0x58 },
{ 0x47, 0x28 }, { 0x48, 0x3a },
{ 0x59, 0x88 }, { 0x5a, 0x88 },
{ 0x5b, 0x44 }, { 0x5c, 0x67 },
{ 0x5d, 0x49 }, { 0x5e, 0x0e },
{ 0x6c, 0x0a }, { 0x6d, 0x55 },
{ 0x6e, 0x11 }, { 0x6f, 0x9e }, /* it was 0x9F "9e for advance AWB" */
{ 0x6a, 0x40 }, { REG_BLUE, 0x40 },
{ REG_RED, 0x60 },
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP | COM8_AGC | COM8_AEC | COM8_AWB },

/* Matrix coefficients */
{ 0x4f, 0x80 }, { 0x50, 0x80 },
{ 0x51, 0 }, { 0x52, 0x22 },
{ 0x53, 0x5e }, { 0x54, 0x80 },
{ 0x58, 0x9e },

{ REG_COM16, COM16_AWBGAIN }, { REG_EDGE, 0 },

```



```

{ 0x75, 0x05 }, { REG_REG76, 0xe1 },
{ 0x4c, 0 }, { 0x77, 0x01 },
{ REG_COM13, /*0xc3*/0x48 }, { 0x4b, 0x09 },
{ 0xc9, 0x60 }, /*{REG_COM16, 0x38},*/
{ 0x56, 0x40 },

{ 0x34, 0x11 }, { REG_COM11, COM11_EXP | COM11_HZAUTO },
{ 0xa4, 0x82/*Was 0x88*/ }, { 0x96, 0 },
{ 0x97, 0x30 }, { 0x98, 0x20 },
{ 0x99, 0x30 }, { 0x9a, 0x84 },
{ 0x9b, 0x29 }, { 0x9c, 0x03 },
{ 0x9d, 0x4c }, { 0x9e, 0x3f },
{ 0x78, 0x04 },

/* Extra-weird stuff. Some sort of multiplexor register */
{ 0x79, 0x01 }, { 0xc8, 0xf0 },
{ 0x79, 0x0f }, { 0xc8, 0x00 },
{ 0x79, 0x10 }, { 0xc8, 0x7e },
{ 0x79, 0x0a }, { 0xc8, 0x80 },
{ 0x79, 0x0b }, { 0xc8, 0x01 },
{ 0x79, 0x0c }, { 0xc8, 0x0f },
{ 0x79, 0x0d }, { 0xc8, 0x20 },
{ 0x79, 0x09 }, { 0xc8, 0x80 },
{ 0x79, 0x02 }, { 0xc8, 0xc0 },
{ 0x79, 0x03 }, { 0xc8, 0x40 },
{ 0x79, 0x05 }, { 0xc8, 0x30 },
{ 0x79, 0x26 },
{ 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

void error_led(void){
    DDRB |= 32;//make sure led is output
    while (1){//wait for reset
        PORTB ^= 32;// toggle led
        _delay_ms(100);
    }
}

void twiStart(void){
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWSTA) | _BV(TWEN);//send start
    while (!(TWCR & (1 << TWINT)));//wait for start to be transmitted
    if ((TWSR & 0xF8) != TW_START)
        error_led();
}

void twiWriteByte(uint8_t DATA, uint8_t type){
    TWDR = DATA;
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN);
    while (!(TWCR & (1 << TWINT))) {}
    if ((TWSR & 0xF8) != type)
        error_led();
}

void twiAddr(uint8_t addr, uint8_t typeTWI){
    TWDR = addr;//send address
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN); /* clear interrupt to start transmission */
    while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
    if ((TWSR & 0xF8) != typeTWI)
        error_led();
}

void writeReg(uint8_t reg, uint8_t dat){
    //send start condition
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_WR, TW_MT_SLA_ACK);
    twiWriteByte(reg, TW_MT_DATA_ACK);
}

```

```

twiWriteByte(dat, TW_MT_DATA_ACK);
TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
_delay_ms(1);
}

static uint8_t twiRd(uint8_t nack){
    if (nack){
        TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN);
        while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
        if ((TWSR & 0xF8) != TW_MR_DATA_NACK)
            error_led();
        return TWDR;
    }
    else{
        TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN) | _BV(TWEA);
        while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
        if ((TWSR & 0xF8) != TW_MR_DATA_ACK)
            error_led();
        return TWDR;
    }
}

uint8_t rdReg(uint8_t reg){
    uint8_t dat;
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_WR, TW_MT_SLA_ACK);
    twiWriteByte(reg, TW_MT_DATA_ACK);
    TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
    _delay_ms(1);
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_RD, TW_MR_SLA_ACK);
    dat = twiRd(1);
    TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
    _delay_ms(1);
    return dat;
}

void wrSensorRegs8_8(const struct regval_list reglist[]){
    uint8_t reg_addr, reg_val;
    const struct regval_list *next = reglist;
    while ((reg_addr != 0xff) | (reg_val != 0xff)){
        reg_addr = pgm_read_byte(&next->reg_num);
        reg_val = pgm_read_byte(&next->value);
        writeReg(reg_addr, reg_val);
        next++;
    }
}

void setColor(void){
    wrSensorRegs8_8(yuv422_ov7670);
    // wrSensorRegs8_8(qvga_ov7670);
}

void setResolution(void){
    writeReg(REG_COM3, 4); // REG_COM3 enable scaling
    wrSensorRegs8_8(qvga_ov7670);
}

void camInit(void){
    writeReg(0x12, 0x80);
    _delay_ms(100);
    wrSensorRegs8_8(ov7670_default_regs);
    writeReg(REG_COM10, 32); //PCLK does not toggle on HBLANK.
}

void arduinoUnoInut(void) {

```

```

cli();//disable interrupts

/* Setup the 8mhz PWM clock
* This will be on pin 11*/
DDRB |= (1 << 3);//pin 11
ASSR &= ~(_BV(EXCLK) | _BV(AS2));
TCCR2A = (1<< COM2A0) | (1 << WGM21) | (1 << WGM20);
TCCR2B = (1 << WGM22) | (1 << CS20);
OCR2A = 0;//(F_CPU)/(2*(X+1))
DDRC &= ~15;//low d0-d3 camera
DDRD &= ~252;//d7-d4 and interrupt pins
_delay_ms(3000);

//set up twi for 100khz
TWSR &= ~3;//disable prescaler for TWI
TWBR = 72;//set to 100khz

//enable serial
UBRR0H = 0;
UBRR0L = 1;//0 = 2M baud rate. 1 = 1M baud. 3 = 0.5M. 7 = 250k 207 is 9600
baud rate.
UCSR0A |= 2;//double speed aysnc
UCSR0B = (1 << RXEN0) | (1 << TXEN0);//Enable receiver and transmitter
UCSR0C = 6;//async 1 stop bit 8bit char no parity bits
}

void StringPgm(const char * str){
do{
while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0)));//wait for byte to transmit
UDR0 = pgm_read_byte_near(str);
while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0)));//wait for byte to transmit
} while (pgm_read_byte_near(++str));
}

static void captureImg(uint16_t wg, uint16_t hg){
uint16_t y, x;

StringPgm(PSTR("*RDY*"));

while (!(PIND & 8)));//wait for high
while ((PIND & 8)));//wait for low

y = hg;
while (y--){
x = wg;
//while (!(PIND & 256)));//wait for high
while (x--){
while ((PIND & 4)));//wait for low
UDR0 = (PINC & 15) | (PIND & 240);
while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0)));//wait for byte to transmit
while (!(PIND & 4)));//wait for high
while ((PIND & 4)));//wait for low
while (!(PIND & 4)));//wait for high
}
// while ((PIND & 256)));//wait for low
}
_delay_ms(100);
}

void setup(){
arduinoUnoInut();
camInit();
setResolution();
setColor();
writeReg(0x11, 10); //Earlier it had the value:writeReg(0x11, 12); New version
works better for me :) !!!!

```

```

}

void loop(){
    captureImg(320, 240);
}

```

Для роботи з макетом також потрібна допоміжна програма Serial Port Reader. Інтерфейс даної програми представлений на рис.5.3.

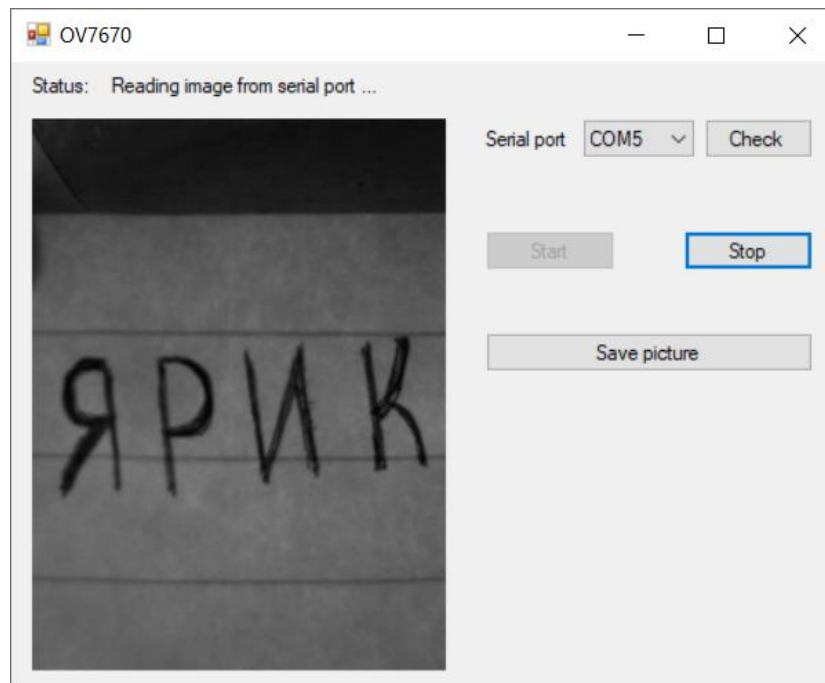


Рисунок 5.3 - Інтерфейс програми Serial Port Reader

В програмі необхідно вказати порт, до якого буде підключений Arduino Uno та натиснути Start\Stop. При бажанні зберегти зображення натиснути Save picture.

### 1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості.

### 1.4. Порядок роботи:

1. Підключити модуль ArduinoUno до відеокамери OV7670 згідно рис.5.2.
2. Написати та відлагодити код роботи для Arduino Uno згідно Лістинг 1.
3. Скачати програму Serial Port Reader.
4. Налаштувати роботи макету для отримання зображень.
5. Зробити мітку на зображенні, зробити протягом 30 секунд 5 знімків.
6. Проаналізувати рух та параметри зображення протягом часу.
7. Оформити звіт та зробити висновки.