Politechnika Wrocławska

Sprawozdanie 3

Ćwiczenie 3. KAMERY CYFROWE

Autorzy: Krzysztof Zalewa, Wiktor Wojnar

Spis treści

1.Wstęp

1.1 Matryce CCD, CMOS

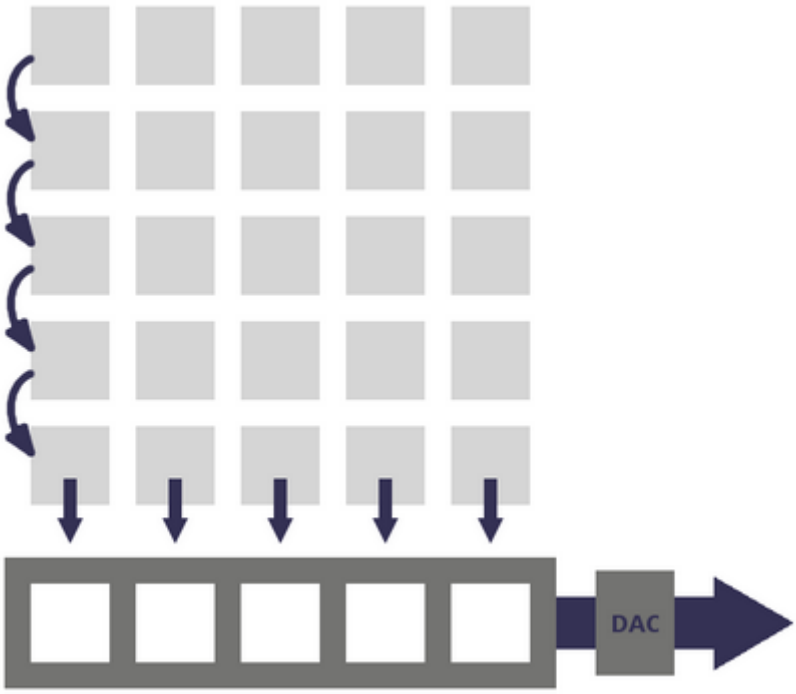
Matryca jest najważniejszą częścią kamery. To ona zamienia światło na sygnał elektryczny. Obecnie dwa najbardziej popularne typy tych matryc to CCD (ang. Charge Coupled Device) i CMOS (ang. complementary metal-oxide-semiconductor)

1.1.1 Budowa

Ogólna zasada działania obu matryc jest taka sama. Są to płytki krzemowe podzielone na odizolowane elektrycznie obszary czyli piksele. Piksele gromadzą w sobie ładunek elektryczny (proporcjonalny do intensywności padającego na nie światła). Różnicą między CCD a CMOS jest sposób odczytu danych z matrycy.

CCD

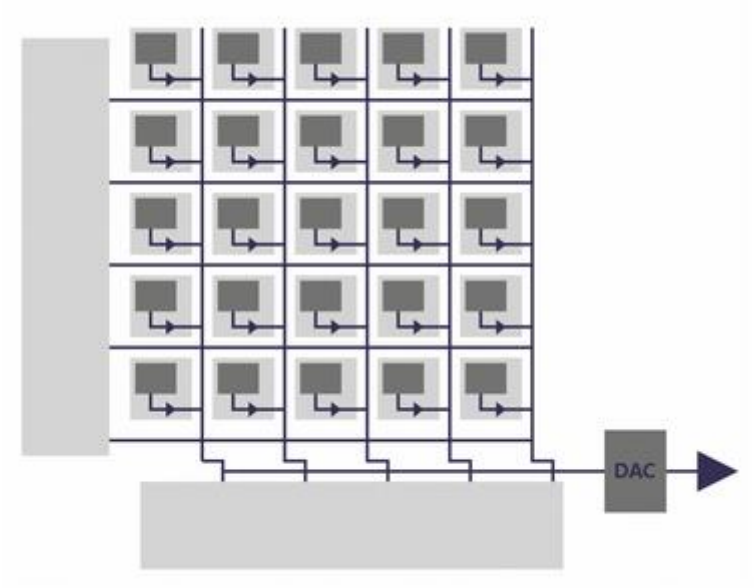
W matrycach typu CCD dane odczytywane są wierszami (Rys. 1). Dane z wiersza zostają przesunięte do kanału odczytu. Następnie wartości ładunków zostają przetworzone na proporcjonalne napięcie. Tak otrzymane napięcie przechodzi przez konwerter A/D. Dane powstałe w wyniku konwersji zostają zapisane w pamięci kamery.



Rysunek 1. Schemat pracy matrycy CCD [1]

CMOS

W przeciwieństwie do matryc CCD, w których występował tylko jeden konwerter ładunku na napięcie, w matrycach CMOS każdy piksel ma własny konwerter (Rys 2). Otrzymane w ten sposób napięcie przechodzi przez konwerter A/D i w ten sposób otrzymywane danych



Rysunek 2. Schemat pracy matrycy CMOS [1]

1.1.2 Wady i zalety

Powierzchnia światłoczuła: W matrycach CMOS występuje więcej elementów niż same piksele (Jak w CCD) dlatego też można ich zmieścić mniej niż w CCD.

Prędkość działania: W matrycy CMOS każdy piksel przekształca światło wejściowe na napięcie co znacznie przyspiesza działanie układu.

Zużycie energii: W matrycy CMOS tranzystory ułożone są w taki sposób że w danym momencie tylko jeden z nich przewodzi prąd. Oznacza to że matryce CMOS zużywają znacznie mniej prądu niż CCD.

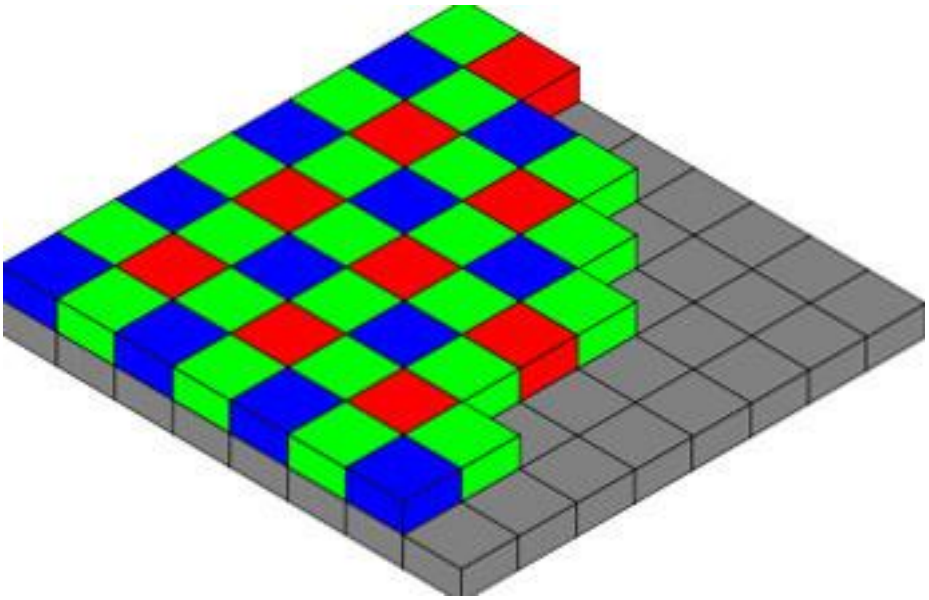
Koszt produkcji: Produkcja matryc CMOS jest prosta i tania (technologia CMOS jest używana nie tylko do produkcji matryc).

Ilość zakłóceń: W matrycach CMOS odległość między fotodiodą a przetwornikiem A/C jest mniejsza niż w CCD więc jest mniejsza szansa na zniekształcenie.

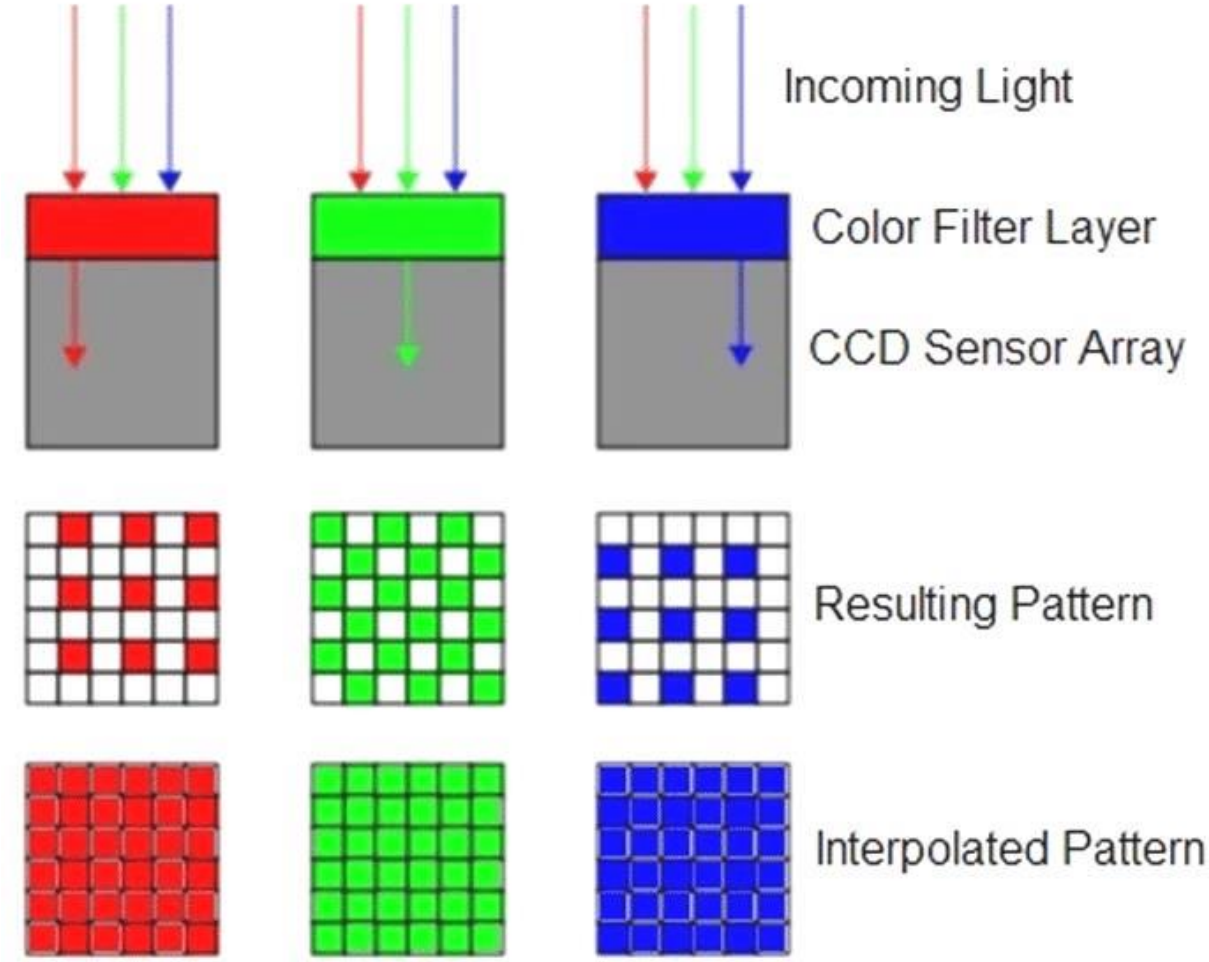
1.2 Kolory cyfrowe

1.2.1 Filtry

Matryce CMOS i CCD same w sobie nie dają informacji o kolorze obrazu. Żeby obraz nie był czarno biały na matrycę nakłada się filtr który przepuszcza tylko światło o wybranej długości fali. Najczęściej używany jest filtr Bayera (siatka Bayera) widoczny na Rysunku 3. Każdy kwadrat przepuszcza tylko jedną z trzech barw RGB. Kwadraty rozmieszczone są w proporcji 1:2:1 (Jest 2 razy więcej kwadratów przepuszczających kolor zielony ponieważ ludzkie oko jest bardzo czułe na ten kolor). Aby utworzyć realistyczny obraz stosuje się interpolację Bayera (Rys 4). Polega ona na szacowaniu informacji dla brakującego koloru na podstawie natężenia światła zmierzonego przez sąsiednie piksele. Jednakże ta metoda nie jest idealna i często w obiektach z wysokim kontrastem dochodzi do rozmazania krawędzi.



Rysunek 3. Filtr Bayera 1[2]



Rysunek 4. Filtr Bayera 2 [3]

1.2.2 De-mozaikowanie

De-mozaikowanie to proces przetwarzania danych zapisanych w pamięci aparatu na obraz. Dwa proste przykłady procedur demozaikowania to:

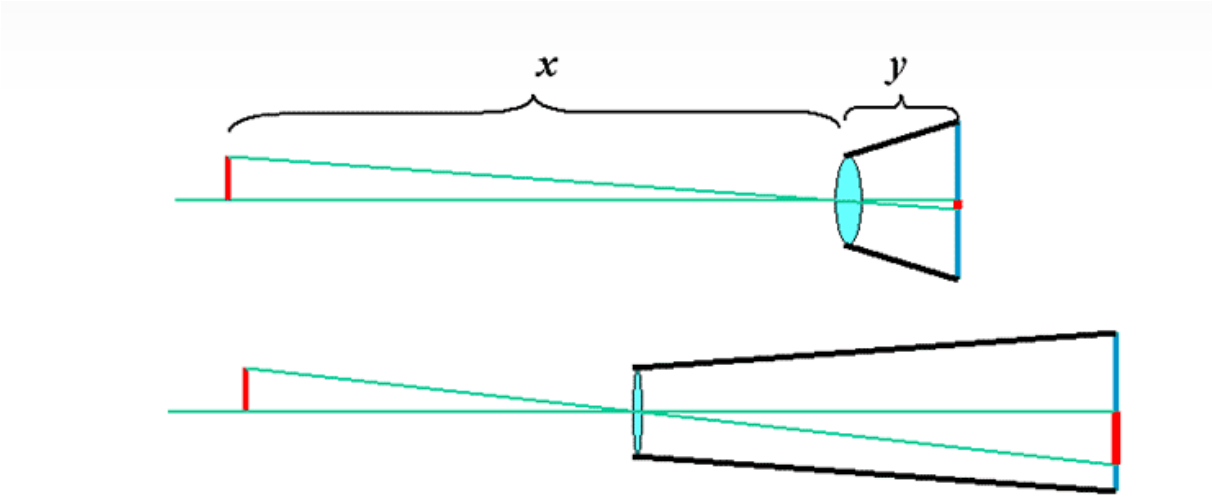
- W pierwszej procedurze jeden punkt zdjęcia odtwarzany jest z natężenia światła zarejestrowanego na 4 sąsiadujących z nim pikseli. Maryca **4x4**, czyli 16 pikselowa daje zdjęcie o rozdzielczości **2x2**.
- W drugiej procedurze jest podobna ale punkty dla tworzenia zdjęcia są brane tak, że część pikseli (poza zupełnie zewnętrznymi) brana jest do demozaikowania kilka razy. Np. natężenie zarejestrowane przez pierwszy (licząc od lewej i od góry) "niebieski" piksel brane jest do odtworzenia kolorów punktów **1, 2 4 i 5**. To daje zdjęcie o rozdzielczości **3x3**.

W praktyce demozaikowanie jest bardziej skomplikowane jednakże szczegóły przebiegu tych procedur są trzymane w ścisłej tajemnicy.

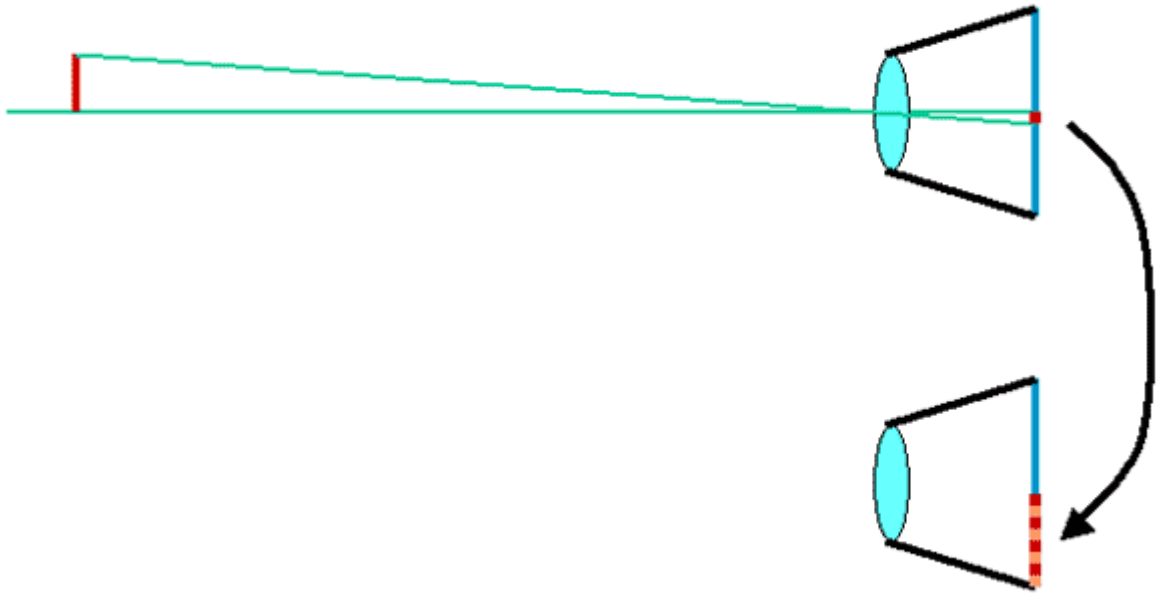
1.2.3 Zoom cyfrowy/optyczny

Zoom optyczny polega na wydłużaniu ogniskowej aparatu (Rys 5). Dzięki temu po przybliżeniu widać wiele szczegółów niewidocznych na zdjęciu nie przybliżonym. Zoom cyfrowy polega na „rozciąganiu” obrazu uzyskanego na matrycy (Rys 6). W tym przypadku aparat wykonuje

normalne zdjęcie, z którego potem wycina odpowiednio powiększony obszar i go rozciąga tak by zapełnił całą przestrzeń. Przy rozciąganiu powstają puste przestrzenie pomiędzy oryginalnymi pikselami które zapełniane są programowo (Na Rys 6 czerwone paski to piksele oryginalnymi, a żółte to piksele wygenerowane). Dlatego też zdjęcia stworzone przy użyciu zooma cyfrowego są gorszej jakości od tych stworzonych za pomocą zooma optycznego



Rysunek 5. Schemat zoomowania optycznego [7]



Rysunek 6. Schemat zoomowania cyfrowego [7]

1.3 HDR

HDR (ang. High Dynamic Range) to technika polegająca na zwiększaniu zakresu tonalnego zdjęć w fotografii cyfrowej. Dzięki niej jesteśmy w stanie na zdjęciu odwzorować obiekty o bardzo różnych jasnościach. HDR polega na wykonaniu kilku lub kilkunastu ekspozycji o tych samych parametrach wartości przesłony i czułości ISO ale różnych czasach ekspozycji. Tak powstałe pliki są na siebie nakładane co daje dobry obraz wynikowy.

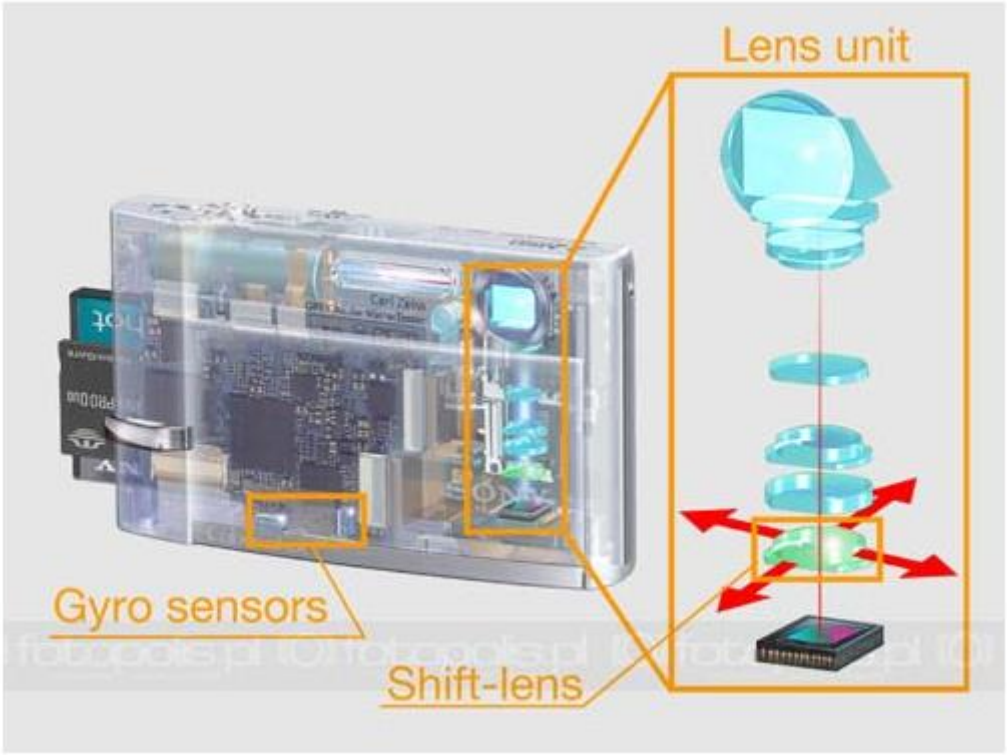
Rysunek 7. Przykład działania HDR [9]

1.5 Stabilizacja drgań

Drgania apartu podczas wykonywania zdjęcia mogą spowodować pogorszenie jakość zdjęcia. By temu zapobiec wiele aparatów wyposażonych jest w system stabilizacji drgań. W takim aparacie zamontowany jest czujnik drgań który wykrywa i przekazuje procesorowi kierunki i wielkości drgań. Następnie system stabilizacji drgań wykonuje odpowiednie działania by drganiom przeciwdziałać. Jest to realizowane na dwa główne sposoby:

- Przesuwanie matrycy – aparat jest wyposażony w system który przesuwa matrycę tak by zniwelować drgania (Rys 8)
- Stabilizacja optyczna – elementem kompensującym drgania jest specjalna soczewka

Rysunek 8. Konstrukcja modelu Pentax K10D [11]



Rysunek 8. obiektyw modelu Sony Cyber-shot T30 [11]

2.Zadanie Laboratoryjne

2.1 Treść zadania

W ramach zadania laboratoryjnego należało napisać program który wykona zdjęcia/filmy z podłączonej kamery USB i zapisze je w pamięci komputera. Program ten miał wykryć kamery USB, połączyć się z wybranym urządzeniem, zarejestrować obraz w formie pojedynczej klatki. W drugiej części zadania należało wybrać jedną z kilku opcji. My wybraliśmy wykrywanie ruchu.

2.2 Opis działania programu

Po włączeniu program wyszukuje wszystkie podłączone kamery. Należy wybrać jedną z nich. Po wybraniu kamery zaczyna się przechwytywanie obrazu i sprawdzanie czy w wideo jest ruch.

2.3 Kod programu

```
import os
import cv2
import ctypes
import numpy as np
from pygrabber.dshow_graph import FilterGraph


def call_analyze_bitmap(frame):
    """
    Calls the C analyze_bitmap function with a given OpenCV RGB frame.

    Args:
        frame (np.ndarray): The OpenCV frame to process (assumes an RGB
frame).

    Returns:
        tuple:
            - bool: True if the previous frame was the same, False otherwise.
            - np.ndarray: The converted frame as an image.
    """
    # Ensure the frame is an RGB image
    if len(frame.shape) != 3 or frame.shape[2] != 3:
        raise ValueError("Input frame must be a 3-channel RGB image.")

    height, width, channels = frame.shape
    if channels != 3:
        raise ValueError("Input frame must have exactly 3 channels (RGB).")

    # Convert the frame to a contiguous array if it's not already
    frame_data = np.ascontiguousarray(frame, dtype=np.uint8)

    # Allocate memory for the converted pixels (output buffer)
```

```
    converted_pixels = np.zeros_like(frame_data, dtype=np.uint8)

    # Call the C function
    result = analyze_bitmap_lib.analyze_bitmap(
        width,
        height,
        frame_data.ctypes.data_as(ctypes.POINTER(ctypes.c_ubyte)),
        converted_pixels.ctypes.data_as(ctypes.POINTER(ctypes.c_ubyte)),
    )

    # Reshape the converted_pixels back into the image format
    converted_image = converted_pixels.reshape((height, width, channels))

    # Return the result and the converted image
    return bool(result), converted_image


def destroy():
    analyze_bitmap_lib.destroy()

def get_available_cameras() :

    devices = FilterGraph().get_input_devices()

    available_cameras = {}

    for device_index, device_name in enumerate(devices):
        available_cameras[device_index] = device_name

    return available_cameras

def select_camera(connected_cameras):
    print("Dostepne kamery:")
    for index, name in connected_cameras.items():
        print(f"{index}: {name}")

    while True:
        try:
            selected_index = int(input("Wybierz kamere: \n>"))
            if selected_index in connected_cameras:
                return selected_index
            else:
                print("Wybrano niepoprawny numer")
        except ValueError:
            print("Wybrano niepoprawny numer")

def main():
    connected_cameras = get_available_cameras()
```

```
    if connected_cameras:
        print("Connected cameras found.")
        selected_camera = select_camera(connected_cameras)
        print(f"You selected Camera {selected_camera}.")
        cap = cv2.VideoCapture(selected_camera)
        if cap.isOpened():
            print("Rozpoczynanie przechwytywania. Nacisnij 'q' by wyjsc")
            while True:
                ret, frame = cap.read()
                if not ret:
                    print("Nie udalo sie wykonac zdjecia")
                    break
                move, converted = call_analyze_bitmap(frame)
                if move:
                    print("Wykryto ruch")
                cv2.imshow(f"Camera {selected_camera}", converted)
                if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
                    break
            cap.release()
            cv2.destroyAllWindows()
        else:
            print(f"Nie udalo sie otwrzyc kamery {selected_camera}.")
    else:
        print("Nie znaleziono kamer.")

if __name__ == '__main__':
    print(os.getcwd())
    # Replace 'analyze_bitmap.dll' with the correct file path on your system
    analyze_bitmap_lib = ctypes.CDLL('./Lab3/libBitmapAnalyzer.dll')

    # Define the function signature for the C function
    analyze_bitmap_lib.analyze_bitmap.argtypes = [
        ctypes.c_int,  # width
        ctypes.c_int,  # height
        ctypes.POINTER(ctypes.c_ubyte),  # currentFrame
        ctypes.POINTER(ctypes.c_ubyte)  # convertedPixels
    ]

    analyze_bitmap_lib.analyze_bitmap.restype = ctypes.c_char  # return type

    main()
```

Plik libBitmapAnalyzer.dll

Library.h

```
#ifndef UNTITLED2_LIBRARY_H
#define UNTITLED2_LIBRARY_H
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>
```

```
#include <string.h>
static unsigned char* previousFrame = NULL;
static int previousHeight, previousWidth;

__declspec(dllexport)
char analyze_bitmap(int width, int height, unsigned char *currentFrame,
unsigned char *convertedPixels);

#endif //UNTITLED2_LIBRARY_H
```

Library.c

```
#include <math.h>
#include "library.h"


void rgbToLab(unsigned char r, unsigned char g, unsigned char b, float *L,
float *a, float *b2) {
    // Normalize RGB values to [0, 1]
    float R = r / 255.0f;
    float G = g / 255.0f;
    float B = b / 255.0f;

    // Convert to linear RGB
    R = (R > 0.04045f) ? pow((R + 0.055f) / 1.055f, 2.4f) : R / 12.92f;
    G = (G > 0.04045f) ? pow((G + 0.055f) / 1.055f, 2.4f) : G / 12.92f;
    B = (B > 0.04045f) ? pow((B + 0.055f) / 1.055f, 2.4f) : B / 12.92f;

    // Convert linear RGB to XYZ
    float X = R * 0.4124564f + G * 0.3575761f + B * 0.1804375f;
    float Y = R * 0.2126729f + G * 0.7151522f + B * 0.0721750f;
    float Z = R * 0.0193339f + G * 0.1191920f + B * 0.9503041f;

    // Normalize for D65 illuminant
    X /= 0.95047f;
    Y /= 1.00000f;
    Z /= 1.08883f;

    // Convert XYZ to Lab
    X = (X > 0.008856f) ? pow(X, 1.0f / 3.0f) : (7.787f * X) + (16.0f /
116.0f);
    Y = (Y > 0.008856f) ? pow(Y, 1.0f / 3.0f) : (7.787f * Y) + (16.0f /
116.0f);
    Z = (Z > 0.008856f) ? pow(Z, 1.0f / 3.0f) : (7.787f * Z) + (16.0f /
116.0f);

    *L = (116.0f * Y) - 16.0f;
    *a = 500.0f * (X - Y);
    *b2 = 200.0f * (Y - Z);
```

```
}

/// Calculate perceptual color difference
float calculateDeltaE(unsigned char r1, unsigned char g1, unsigned char b1,
                      unsigned char r2, unsigned char g2, unsigned char b2) {
    float L1, a1, b1Lab;
    float L2, a2, b2Lab;

    // Convert both colors to Lab
    rgbToLab(r1, g1, b1, &L1, &a1, &b1Lab);
    rgbToLab(r2, g2, b2, &L2, &a2, &b2Lab);

    // Calculate ΔE (Euclidean distance in Lab space)
    return sqrt(pow(L2 - L1, 2) + pow(a2 - a1, 2) + pow(b2Lab - b1Lab, 2));
}



///* Analyzes given bitmap, returns the new table ( comparation), as well as
the boolean whether there was a change;
///  width, height -> image constraints, currentFrame -> pointer to rgb pixel
array;

char analyze_bitmap(int width, int height, unsigned char *currentFrame,
unsigned char *convertedPixels) {

    char hasChanged;

    if (previousFrame == NULL) {
        previousFrame = malloc(sizeof(char) * width * height * 3);
        previousHeight = height;
        previousWidth = width;
        memcpy(convertedPixels,currentFrame,sizeof(char)*width*height);
        return 1;
    } else if (width != previousWidth || height != previousHeight) {
        free(previousFrame);
        previousFrame = malloc(sizeof(char) * width * height * 3);
        previousHeight = height;
        previousWidth = width;
        memcpy(convertedPixels,currentFrame,sizeof(char)*width*height);
        return 1;
    }

    ///Assert malloc successfull
    if (convertedPixels == NULL) {
        return 0;
    }

    ///Declare maximal accepted difference, as well as current diff
```

```
    int maxDiff = width*height/7, diff = 0;

    ///Iterate through pixel array
    for (int i = 0; i < width * height * 3; i += 3) {

        const float MOTION_THRESHOLD = 70.0f;  // Adjust for sensitivity

        /// Updated motion detection logic using perceptual difference
        float pixDiff = calculateDeltaE(
                previousFrame[i], previousFrame[i + 1], previousFrame[i + 2],
                currentFrame[i], currentFrame[i + 1], currentFrame[i + 2]
        );

        if(pixDiff<MOTION_THRESHOLD){
            memcpy(convertedPixels+i, currentFrame+i, sizeof(char)*3*3);
        }
        ///
        else{
            ///Change color of the pixel on red
            convertedPixels[i] = 15; convertedPixels[i+1] =
2;convertedPixels[i+2] = 166;
            diff++;
        }
    }

    if(maxDiff<=diff)
        hasChanged = 1;
    else
        hasChanged = 0;
    return hasChanged;
}


void destroy() {
    free(previousFrame);
}
```

3.Wnioski

Na zajęciach nie udało dokończyć programu. Mimo tego że poprawnie wykrywał urządzenia wykonanie zdjęcia było niemożliwe. Po pracy w domu udało się uzyskać pożądane wyniki

4. Źródła

[1]. https://avicon.pl/dzialalnoscbr/technologie-wizyjne/cmos-ccd/
[2]. https://en.wikipedia.org/wiki/Bayer_filter

[3]. https://www.researchgate.net/figure/a-RGB-color-space-b-a-Bayer-Color-Filter-Array_fig2_311422563
[4]. https://www.optyczne.pl/14.3-artyku%C5%82-CCD_vs_CMOS_Kr%C3%B3tko_o_CMOS.html
[5]. https://avicon.pl/dzialalnoscbr/technologie-wizyjne/cmos-ccd/
[6]. https://www.optyczne.pl/115-s%C5%82ownik-Matryca_filtr%C3%B3w.html
[7]. https://www.fotopolis.pl/warsztat/porady-fotograficzne/4929-abc-fotografii-cyfrowej-cz-11-zoom-cyfrowy-kontra-zoom-optyczny
[8]. https://www.fotoporadnik.pl/demozaikowanie-en.html
[9]. https://www.optyczne.pl/94-s%C5%82ownik-HDR.html
[10]. https://www.fotopolis.pl/warsztat/porady-fotograficzne/4645-abc-fotografii-cyfrowej-cz-2-stabilizacja-drgan-aparatu
[11].