Instytut Informatyki Politechniki Śląskiej
Zespół Mikroinformatyki i Teorii Automatów Cyfrowych

Rok akademicki	Rodzaj studiów*: SSI/NSI/NSM	Przedmiot:	Grupa	Sekcja
2019/2020	**SSI**	**Języki Asemblerowe**	**3**	**6**
Data oddania: dd/mm/rrrr	**02.12.2019**	**Prowadzący**:	**AO**	

Raport końcowy projektu

Temat projektu

Nakładanie gradientu na bitmapę.

Autor:	Tomasz Skowron inf sem 5

Założenia projektu

1. **Napisać główną część aplikacji konsolowej w języku C/C++.**
2. **Napisać algorytm do nakładania gradientu na bitmapę w C/C++ oraz Assemblerze.**
3. **W programie będzie możliwość wyboru funkcji (C lub Assembler).**
4. **W programie będzie możliwość wyboru ilości wykorzystanych wątków. (domyślnie maksymalna dostępna)**
5. **W programie będzie można wybrać kolor do nałożenia.**
6. **W programie dostępny będzie wybór ścieżek do plików we/wy**

Projekt zakłada stworzenie aplikacji, której główna część jest napisana w C/C++ oraz bibliotek napisanych w asm i C/C++ wykonujących takie samo przetworzenie na bloku danych wykorzystując wady i zalety odpowiednio asm i C/C++ do modyfikacji wykonania tego algorytmu. Program będzie spełniał założenia z punktów 1-6 przedstawione wyżej.

Założenia części głównej.

Część główna programu będzie realizowała wczytywanie i zapisywanie do pliku, analizę nagłówka pliku, wczytywanie parametrów oraz zautomatyzowane testowanie czasów działania programu. Testowanie będzie polegało na wykonaniu przetwarzania bitmapy w ilości wątków od 1:64 i wygenerowanie pliku z czasami wykonania w kolejności 1 wątek, 2 wątki…,64 wątki. Program główny będzie również odpowiedzialny za dynamiczne podlinkowanie bibliotek C/C++ oraz asm.

Założenia biblioteki w C/C++.

Biblioteka napisana w języku C/C++ będzie realizowała funkcję transformującą dane surowe w formacie RGB na takie, które będą spełniały założenia projektu. Będzie to, zatem nakładanie gradientu na bitmapę.

Założenia biblioteki w asm.

Biblioteka napisana w języku asm będzie realizowała funkcję transformującą dane surowe w formacie RGB na takie, które będą spełniały założenia projektu. Będzie to, zatem nakładanie gradientu na bitmapę.

Biblioteki dynamiczne – opis funkcji

Biblioteka w języku C/C++

Realizuje wyłącznie jedną funkcję, której kod przedstawiono poniżej:

```
DLLEXPORT void TransformBMP(unsigned char RGradient, unsigned char GGradient, unsigned
char BGradient, int width, int height, void* data)
{
	int remainder = (width * 3) % 4;
	unsigned char * temp = (unsigned char*)data;
	unsigned char CDR = RGradient;
	unsigned char CDG = GGradient;
	unsigned char CDB = BGradient;
	int divisor = 0;
	int max = ((width*3)+remainder)*height;
	int row = 1;
	int counter=0;
	for (int i = 0; i < max; i += 3)
	{

		CDR = RGradient * (width - divisor) / width;//factor
		CDG = GGradient * (width - divisor) / width;//factor
		CDB = BGradient * (width - divisor) / width;//factor

		divisor == width ?  divisor = 0 : 0;
		divisor += 1;
		temp[i] = (temp[i]+(CDB*(256 - temp[i])) / 256);
		temp[i + 1] = (temp[i+1]+(CDG*(256 - temp[i + 1])) / 256);
		temp[i + 2] = (temp[i + 2]+(CDR*(256 - temp[i + 2])) / 256);
		counter++;
		if (counter == width)//at each row end, i+=remainder
		{
			counter = 0;
			i += remainder;
		}
	}
	return;
}
```

Funkcja ta jest idealnym przykładem na teoretyczną i praktyczną realizację gradientu, albowiem w jasny sposób przedstawia wzór określający kolejne wartości pikseli. Linie opatrzone komentarzami factor odpowiadają za obliczenie siły dokładanego koloru w zależności od jego położenia. Linie w których do zmiennej temp[…] przypisywane są wartości odpowiadają za normalizację dodawanego składnika koloru, tak aby nie doszło do przepełnienia poza zakres 0-255.

Biblioteka napisana w asm wersja nr 1

Biblioteka w asemblerze realizuje 4 funkcje, które wspólnie odpowiadają za przetwarzanie bloku danych.

GetByte

Realizuje zadanie zgodnie z opisem w komentarzu, czyli pobiera n-ty bajt z rejestru xmm0 z zakresu 0-Fh który to zakres odczytuje ze stosu i przenosi go do rejestru al.

```
;Leave byte index 0h-Fh and the byte value from xmm0 will be put to al
GetByte proc byteIndex:qword
mov rbx,00FFh;make mask
mov rax, byteIndex
mov rdx,08h
sub rax,rdx
mov byteIndex,rax
jnb highbyte
add rax,rdx
mov rdx,8h
mul rdx
mov rcx,rax
mov byteIndex, rbx
shl rbx,cl
movq xmm15,xmm0
movd rax,xmm15
and rax, rbx
shr rax, cl
mov rbx,0h
movq xmm15,rbx
ret
highbyte:
movhlps xmm15,xmm0
mov rdx,8h
mul rdx
mov rcx,rax
mov byteIndex, rbx
shl rbx,cl
movd rax,xmm15
and rax, rbx
shr rax, cl
mov rbx,0h
movq xmm15,rbx
ret
GetByte endp
```

SetByte

Realizuje zadanie zgodnie z opisem w komentarzu, czyli pobiera n-ty bajt z zakresu 0-Fh który to zakres odczytuje ze stosu i wartość tego bajtu, następnie umieszczając go na n-tej pozycji w rejestrze xmm1

```
;Leave byte index 0h-Fh and the byte value, the value will replace current value in
xmm1 on byteindex-th position
SetByte proc byteIndex:qword, value:qword
mov rbx,00FFh;make mask
mov rax, byteIndex
mov rdx,08h
sub rax,rdx
mov byteIndex,rax
jnb highbyte
add rax,rdx
```

```
mov rdx,8h
mul rdx
mov rcx,rax
mov byteIndex, rbx
shl rbx,cl
movq xmm15,xmm1
movd rax,xmm15
and rax, rbx
mov rbx,0h
movq xmm14,rax
xorps xmm15,xmm14
mov rax,0h
movq xmm14,rbx
movq xmm14,rax
xorps xmm15,xmm14
mov rax,value
shl rax,cl
movq xmm14,rax
orps xmm15,xmm14
movq xmm1,xmm15
mov rbx,0h
movq xmm15,rbx
ret
highbyte:
movhlps xmm15,xmm1
mov rdx,8h
mul rdx
mov rcx,rax
mov byteIndex, rbx
shl rbx,cl
movd rax,xmm15
and rax, rbx
mov rbx,0h
movq xmm14,rax
xorps xmm15,xmm14
mov rax,0h
movq xmm14,rbx
movq xmm14,rax
xorps xmm15,xmm14
mov rax,value
shl rax,cl
movq xmm14,rax
orps xmm15,xmm14
movlhps xmm1,xmm15
mov rbx,0h
movq xmm15,rbx
ret
SetByte endp
```

GetColorValue

Oblicza nową wartość piksela na podstawie poprzedniej. Informacje o obecnym pikselu pobiera ze stosu zgodnie z definicją funkcji. Wartość wyjściową pozostawia w rax.

```
;calculate new value of a pixel
;value to be returned is stored int rax
GetColorValue proc _width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
local outValue:qword
mov rax,0h
mov outValue,rax
mov rbx,0h
mov rdx,0h
mov outValue,rax
```

```
;CDR = 200 * (this->width - divisor) / this->width; below
mov rax,_width
mov rbx,_divisor
sub rax,rbx
mov rbx,0h
mov rbx,color
mul rbx
mov rbx,0h
mov rbx,_width
mov rdx,0h
div rbx
mov outValue,rax
;temp[i]=(CDR*(256 - temp[i])) / 256;
mov rax,100h
mov rbx,currentVal
sub rax,rbx
mov rbx,outValue
mul rbx
mov rbx,100h
div rbx
mov rbx,0h
mov rbx,currentVal
add rax,rbx
ret
;value to be returned is stored int rax
GetColorValue endp
```

TransformBMP

Główna funkcja biblioteki w asm. Odpowiada za kolejne wykonywanie pozostałych funkcji i przesuwanie wskaźnika na dane. Zarządza też warunkiem stopu.

```
TransformBMP proc
RGradient:byte,GGradient:byte,BGradient:byte,_width:dword,_height:dword,data:qword
local returnptr: qword
local cdr:byte;current red factor
local cdg:byte;current green factor
local cdb:byte;current blue factor
local counter: qword;counter for loop
local remainder: qword;allignment remainder for read offset
local divisor: qword;algorithm divisor
local pixelsLeft: qword;pixels left in a row
local rowLoopsCount: qword;contains how many rowloops should be done, which equals to
how many rows are in the data block
local registerTempPtr: qword;contains pointer to last read bytes to register
;initialize locals
mov counter, 0h
mov remainder, 0h
mov divisor,0h
mov rowLoopsCount,0h
mov registerTempPtr,0h
vzeroall

mov RGradient,cl
mov GGradient,dl
mov BGradient,r8b
mov _width,r9d

;int remainder = (width * 3) % 4;
mov rax,0h
mov rbx,0h
```

```
mov rcx,0h
mov rdx,0h
mov eax,_width
mov rbx,3h
mul rbx
mov rbx,4h
div rbx
mov remainder,rdx
mov rax,0h
mov rbx,0h
mov rcx,0h
mov rdx,0h

;unsigned char CDR = RGradient;
mov al,Rgradient
mov cdr,al

;unsigned char CDG = GGradient;
mov al,GGradient
mov cdg,al

;unsigned char CDB = BGradient;
mov al,BGradient
mov cdb,al

;algorithm

;for each row
mov rax,0h
mov eax, _height
mov rowLoopsCount, rax
       rowsloop:
       vzeroall
       mov rax,0h
       mov rbx,0h
       ;do stuff with those rows
       mov rax, 0h
       mov eax, _width
       mov pixelsLeft, rax
              registerloop:

                     ;calculate pointer offset from original data //
ptr=data+(3*divisor)+3*((height-rowloopscount)*width+remainder)
                     mov rax,divisor
                     mov rbx,3h
                     mul rbx
                     mov rcx,0h
                     mov rcx,rax;3*divisor to rcx
                     mov rax,0h
                     mov eax,_height
                     mov rbx,rowLoopsCount
                     sub rax,rbx
                     mov rbx,0h
                     mov ebx,_width
                     mul rbx;now (height-rlc)*width in rax
                     mov rbx,remainder
                     add rax,rbx
                     mov rbx,3h
                     mul rbx
                     add rax,rcx
                     mov rbx,rax;mov rax to rbx
                     mov rax,data
```

```
                    add rbx,rax;rbx contains pointer to current block of data to be
put into xmm0
                    mov rax,0h ;late 3->0
                    add rbx,rax
                    movdqu xmm0, xmmword ptr [rbx]
                    mov registerTempPtr,rbx
                    ;here is hardcoded algorithm for one vector analysis && edit
;-----------------------0THPIXEL-----------------------------------
       ;-------------------------GREEN0-----------------------------------------
              ;0th byte
              mov rax,0h;nth byte
              push rax
              call GetByte;proc byteIndex:qword
              pop rbx;cleanup
              mov rbx,0h
              ;get pixel.color value
              mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
              ;push needed stuff onto stack
              push rax;currentVal got from getByte
              mov rax,0h
              mov al,GGradient;color factor now
              push rax;color
              mov rax,divisor
              push rax;divisor
              mov rax,0h
              mov eax,_width
              push rax;_width
              ;get new value
              call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
              pop rbx;cleanup
              pop rbx;cleanup
              pop rbx;cleanup
              pop rbx;cleanup
              mov rbx,0h
              push rax;value
              mov rax,0h;nth byte
              push rax
              call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
              pop rbx;cleanup
              pop rbx;cleanup
              mov rbx,0h
       ;-------------------------GREEN0-END-------------------------------------
       ;-------------------------RED1-------------------------------------------
              ;1th byte
              mov rax,1h;nth byte
              push rax
              call GetByte;proc byteIndex:qword
              pop rbx;cleanup
              mov rbx,0h
              ;get pixel.color value
              mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
              ;push needed stuff onto stack
              push rax;currentVal got from getByte
              mov rax,0h
              mov al,RGradient;color factor now
              push rax;color
              mov rax,divisor
              push rax;divisor
              mov rax,0h
              mov eax,_width
              push rax;_width
```

```
            ;get new value
            call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
            push rax;value
            mov rax,1h;nth byte
            push rax
            call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
      ;-------------------------RED1-END-----------------------------------
      ;-------------------------BLUE2--------------------------------------
            ;2th byte
            mov rax,2h;nth byte
            push rax
            call GetByte;proc byteIndex:qword
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
            ;get pixel.color value
            mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
            ;push needed stuff onto stack
            push rax;currentVal got from getByte
            mov rax,0h
            mov al,BGradient;color factor now
            push rax;color
            mov rax,divisor
            push rax;divisor
            mov rax,0h
            mov eax,_width
            push rax;_width
            ;get new value
            call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
            push rax;value
            mov rax,2h;nth byte
            push rax
            call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
      ;-------------------------BLUE2-END-----------------------------------
            ;sub 1 from pixelsleft
            mov rax,pixelsLeft
            mov rbx,1h
            sub rax,rbx
            mov pixelsLeft,rax
            ;check if there are more pixels in this row?
            cmp rax,0h
            jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
            ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
            mov rax,0h
            mov rbx,0h
```

```
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset0;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset0:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;------------------------0THPIXEL-END---------------------------------

;------------------------1THPIXEL-------------------------------------
        ;-------------------------GREEN3----------------------------------------
                ;3th byte
                mov rax,3h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,GGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,3h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
;-------------------------GREEN3-END-----------------------------------
        ;-------------------------RED4------------------------------------
                ;4th byte
                mov rax,4h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
```

```
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,RGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,4h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------RED4-END-----------------------------------
        ;-------------------------BLUE5--------------------------------------
                ;5th byte
                mov rax,5h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,BGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,5h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE5-END----------------------------------
                ;sub 1 from pixelsleft
```

```
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
                mov rax,0h
                mov rbx,0h
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset1;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset1:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;------------------------1THPIXEL-END---------------------------------

;------------------------2THPIXEL-------------------------------------
        ;--------------------------GREEN6----------------------------------------
                ;6th byte
                mov rax,6h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,GGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,6h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
```

```
	;-------------------------GREEN6-END-----------------------------------
	;-------------------------RED7-----------------------------------------
		;7th byte
		mov rax,7h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,RGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,7h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------RED7-END-------------------------------------
	;-------------------------BLUE8----------------------------------------
		;8th byte
		mov rax,8h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,BGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
```

```
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,8h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------BLUE8-END-----------------------------------
		;sub 1 from pixelsleft
		mov rax,pixelsLeft
		mov rbx,1h
		sub rax,rbx
		mov pixelsLeft,rax
		;check if there are more pixels in this row?
		cmp rax,0h
		jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
		;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
		mov rax,0h
		mov rbx,0h
		mov rax,divisor
		mov rbx,0h
		mov ebx,_width
		sub rax,rbx
		cmp rax,0h
		jnz noDivisorReset2;pixel n at the end of etiquete
		mov rax,0h
		mov divisor,rax

		noDivisorReset2:;pixel n at the end of etiquete
		;divisor += 1;
		mov rax,divisor
		mov rbx,1h
		add rax,rbx
		mov divisor,rax
;-----------------------2THPIXEL-END---------------------------------

;-----------------------3THPIXEL-------------------------------------
	;-------------------------GREEN9----------------------------------------
		;9th byte
		mov rax,9h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,GGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
```

```
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,9h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
;-------------------------GREEN9-END-----------------------------------
	;-------------------------RED10-----------------------------------------
		;10th byte
		mov rax,0Ah;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,RGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,0Ah;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------RED10-END-------------------------------------
	;-------------------------BLUE11----------------------------------------
		;11th byte
		mov rax,0Bh;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,BGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
```

```
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Bh;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE11-END----------------------------------
                ;sub 1 from pixelsleft
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
                mov rax,0h
                mov rbx,0h
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset3;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset3:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;------------------------3THPIXEL-END---------------------------------

;------------------------4THPIXEL-------------------------------------
        ;-------------------------GREEN12---------------------------------------
                ;12th byte
                mov rax,0Ch;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,GGradient;color factor now
                push rax;color
```

```
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Ch;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------GREEN12-END-----------------------------------
        ;-------------------------RED13-----------------------------------------
                ;13th byte
                mov rax,0Dh;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,RGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Dh;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------RED13-END-------------------------------------
        ;-------------------------BLUE14----------------------------------------
                ;14th byte
                mov rax,0Eh;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
```

```
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,BGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,0Eh;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;--------------------------BLUE14-END----------------------------------
		;sub 1 from pixelsleft
		mov rax,pixelsLeft
		mov rbx,1h
		sub rax,rbx
		mov pixelsLeft,rax
		;check if there are more pixels in this row?
		cmp rax,0h
		jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
		;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
		mov rax,0h
		mov rbx,0h
		mov rax,divisor
		mov rbx,0h
		mov ebx,_width
		sub rax,rbx
		cmp rax,0h
		jnz noDivisorReset4;pixel n at the end of etiquete
		mov rax,0h
		mov divisor,rax

		noDivisorReset4:;pixel n at the end of etiquete
		;divisor += 1;
		mov rax,divisor
		mov rbx,1h
		add rax,rbx
		mov divisor,rax
;-----------------------4THPIXEL-END---------------------------------

	;-----------------RESTORE-15th-byte----------------------------
		;15th byte
		mov rax,0Fh;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
```

```
            pop rbx;cleanup
            push rax;value
            mov rax,0Fh;nth byte
            push rax
            call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
        ;-----------------BYTE-15-RESTORED-NOW-------------------------

            mov rbx,registerTempPtr
            movdqu xmmword ptr [rbx],xmm1
        jmp registerloop



        rowended:
;move data a little bit so it fits remainder
mov rax,data
mov rbx,remainder
add rax,rbx
mov data,rax
;
mov rax,0h;zero the divisor
mov divisor,rax
mov rax,rowLoopsCount
mov rbx,1h
sub rax,rbx
mov rowLoopsCount,rax
cmp rax,0h
jnz rowsloop


;end of algorithm
ENDapp:
ret
TransformBMP endp

END
;-------------------------------------------------------------------------
```

Ogólną ideę działania TransformBMP przedstawia poniższy opis. Szczegóły są zawarte w komentarzach w kodzie.

- Pętla dla każdego rzędu
  - Pętla dla każdego segmentu (5 pikseli)
    - Obliczenie offsetu (blok danych jest jednolity; obarczony wyrównaniem do 4 bajtów, inwersją licznika {zliczamy w dół w programie}, co nie sprzyja skorzystaniu z większości typów adresowania) {ptr=data+(3*divisor)+3*((height-rowloopscount)*width+remainder)+3}
    - Pobranie wektora z offsetu
    - Dla każdego z 5 pobranych do wektora wartości
      - Wyłuskanie bajtu wartości r,g,b
      - Obliczenie nowej wartości
      - Wstawienie do wektora nie zaburzając reszt
      - Zapisanie wektora do pamięci
      - Sprawdzanie warunków końca pętli rejestowej
      - Sprawdzenie warunku końca danych.

TransformBMP opiera swoje działanie w większości na rejestrach rax, rbx, rcx, rdx, r8, r9, xmm0,xmm1, pozostałe rejestry są potrzebne do zachowania wartości tymczasowych. Ponadto program używa kilku zmiennych przechowujących wartości tymczasowe liczników i zapamiętujące wartości kolorów, wysokości, szerokości.

Wykorzystane instrukcje wektorowe:

- movq
- movhlps
- movlhps
- xorps
- orps
- vzeroall
- movdqu

Biblioteka napisana w asm wersja nr 2

Funkcje SetByte, GetByte oraz GetColovalue pozostają niezmienione.

Zmiany zostały dokonane w funkcji TansformBMP.
Polegały na zamianie idei wyciągania kolejnych pikseli z wektorów i ich analizy, po której następowało przygotowanie nowego wektora i jego zapis.

W wersji 2-giej zastosowano operacje równoległe, które w założeniu powinny przyśpieszyć działanie programu. Algorytm pozostaje niezmieniony, a jedynie zmodyfikowany by w konkretnych momentach programu wykonywał równolegle od 1 do 16 operacji. Niektóre operacje muszą być przeprowadzane osobno, jak przygotowanie wektora xmm11, który zawiera kolejne wartości zależne od położenia piksela na obrazie.

Szczegółowe omówienie realizacji algorytmu zajęłoby zbyt wiele czasu, dlatego należy się skupić na idei jaka przyświecała zrównolegleniu tego procesu. Na przykładzie algorytmu napisanego w C/C++ wyznaczamy, że
$temp[i]=temp[i]+(G_i*((width-divisor_i)/width)*(256-temp[i]))/256$
gdzie i oznacza i-ty bajt. G_i jest to odpowiedni gradient dla danego bajtu. $divisor_i$ jest to odpowiedni dzielnik dla danych bajtów z danego piksela. Algorytm umieszcza w sposób szeregowy część $(G_i*((width-divisor_i)/width)$ w rejestrze xmm12, część $(256-temp[i])$ w rejestrze xmm11, a następnie dokonuje wymnożenia (po zastosowaniu wcześniej konwersji byte to dword). Po wymnożeniu wykonywana jest konwersja z dword na single-precision floating point, po której następuje dzielenie przez 256. Wynik tego działania, po konwersji w dół (manualnej ze względu na brak rozszerzenia AVX512) jest dodawany do poprzedniej wartości analizowanego obszaru pamięci i zapisywany. W trakcie mnożenia przetwarzane są 4 bajty na raz, zaś przy dodawaniu 16.

Kod programu został umieszczony poniżej (bez funkcji niezmienionych):

```
TransformBMP proc
RGradient:byte,GGradient:byte,BGradient:byte,_width:dword,_height:dword,data:qword
local returnptr: qword
local cdr:byte;current red factor
local cdg:byte;current green factor
local cdb:byte;current blue factor
local counter: qword;counter for loop
local remainder: qword;allignment remainder for read offset
local divisor: qword;algorithm divisor
local pixelsLeft: qword;pixels left in a row
local rowLoopsCount: qword;contains how many rowloops should be done, which equals to
how many rows are in the data block
local registerTempPtr: qword;contains pointer to last read bytes to register
local maxChar: byte
;initialize locals

mov counter, 0h
mov remainder, 0h
mov divisor,0h
mov rowLoopsCount,0h
mov registerTempPtr,0h
mov maxChar,00FFh
vzeroall

mov RGradient,cl
mov GGradient,dl
mov BGradient,r8b
mov _width,r9d

;int remainder = (width * 3) % 4;
```

```
mov rax,0h
mov rbx,0h
mov rcx,0h
mov rdx,0h
mov eax,_width
mov rbx,3h
mul rbx
mov rbx,4h
div rbx
mov remainder,rdx
mov rax,0h
mov rbx,0h
mov rcx,0h
mov rdx,0h

;unsigned char CDR = RGradient;
mov al,Rgradient
mov cdr,al

;unsigned char CDG = GGradient;
mov al,GGradient
mov cdg,al

;unsigned char CDB = BGradient;
mov al,BGradient
mov cdb,al

;algorithm

;for each row
mov rax,0h
mov eax, _height
mov rowLoopsCount, rax
       rowsloop:
       vzeroall
       mov rax,0h
       mov rbx,0h
       ;do stuff with those rows
       mov rax, 0h
       mov eax, _width
       mov pixelsLeft, rax
              registerloop:

                     ;calculate pointer offset from original data //
ptr=data+(3*divisor)+3*((height-rowloopscount)*width+remainder)
                     mov rax,divisor
                     mov rbx,3h
                     mul rbx
                     mov rcx,0h
                     mov rcx,rax;3*divisor to rcx
                     mov rax,0h
                     mov eax,_height
                     mov rbx,rowLoopsCount
                     sub rax,rbx
                     mov rbx,0h
                     mov ebx,_width
                     mul rbx;now (height-rlc)*width in rax
                     mov rbx,remainder
                     add rax,rbx
                     mov rbx,3h
                     mul rbx
                     add rax,rcx
```

```
                    mov rbx,rax;mov rax to rbx
                    mov rax,data
                    add rbx,rax;rbx contains pointer to current block of data to be
put into xmm0
                    mov rax,0h ;late 3->0
                    add rbx,rax
                    movdqu xmm0, xmmword ptr [rbx]
                    mov registerTempPtr,rbx
                    ;here is hardcoded algorithm for one vector analysis && edit

                    mov rax,pixelsLeft
                    sub rax,5h
                    jb special

                    ;save last pixel
                    mov rax,0FH
                    push rax
                    call GetByte
                    pop rbx
                    mov r8b,al;LAST BYTE IN r8b
                    movdqu xmm13,xmm1;Gradients to xmm13

                    xorps xmm1,xmm1
                    ;prepare xmm register with: RG*(width-divisor)*/width
                    ;px1
                    mov rax,0h
                    mov eax,_width
                    mov rbx,divisor
                    sub rax,rbx
                    mov r9,rax;save (width-divisor)
                    mov rbx,0h
                    mov bl,RGradient
                    mul rbx
                    mov rbx,0h
                    mov ebx,_width
                    div rbx
                    push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                    ;setbyte push value, then push index
                    mov rbx,0h
                    push rbx
                    call SetByte
                    pop rbx
                    pop rbx
                    mov rax,r9;restore (width-divisor)
                    mov rbx,0h
                    mov bl,GGradient
                    mul rbx
                    mov rbx,0h
                    mov ebx,_width
                    div rbx
                    push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                    ;setbyte push value, then push index
                    mov rbx,1h
                    push rbx
                    call SetByte
                    pop rbx
                    pop rbx
                    mov rax,r9;restore (width-divisor)
                    mov rbx,0h
                    mov bl,BGradient
                    mul rbx
                    mov rbx,0h
```

```
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,2h
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
;take care of divisor
mov rax,divisor;increment divisor
inc rax;increment divisor
mov divisor,rax;increment divisor

;px2
mov rax,0h
mov eax,_width
mov rbx,divisor
sub rax,rbx
mov r9,rax;save (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,RGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,3h
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
mov rax,r9;restore (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,GGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,4h
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
mov rax,r9;restore (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,BGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,5h
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
;take care of divisor
```

```
                        mov rax,divisor;increment divisor
                        inc rax;increment divisor
                              mov divisor,rax;increment divisor

;px3
                        mov rax,0h
                        mov eax,_width
                        mov rbx,divisor
                        sub rax,rbx
                        mov r9,rax;save (width-divisor)
                        mov rbx,0h
                        mov bl,RGradient
                        mul rbx
                        mov rbx,0h
                        mov ebx,_width
                        div rbx
                        push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                        ;setbyte push value, then push index
                        mov rbx,6h
                        push rbx
                        call SetByte
                        pop rbx
                        pop rbx
                        mov rax,r9;restore (width-divisor)
                        mov rbx,0h
                        mov bl,GGradient
                        mul rbx
                        mov rbx,0h
                        mov ebx,_width
                        div rbx
                        push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                        ;setbyte push value, then push index
                        mov rbx,7h
                        push rbx
                        call SetByte
                        pop rbx
                        pop rbx
                        mov rax,r9;restore (width-divisor)
                        mov rbx,0h
                        mov bl,BGradient
                        mul rbx
                        mov rbx,0h
                        mov ebx,_width
                        div rbx
                        push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                        ;setbyte push value, then push index
                        mov rbx,8h
                        push rbx
                        call SetByte
                        pop rbx
                        pop rbx
                        ;take care of divisor
                        mov rax,divisor;increment divisor
                        inc rax;increment divisor
                        mov divisor,rax;increment divisor

                        ;px4
                        mov rax,0h
                        mov eax,_width
                        mov rbx,divisor
                        sub rax,rbx
                        mov r9,rax;save (width-divisor)
```

```
mov rbx,0h
mov bl,RGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,9h
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
mov rax,r9;restore (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,GGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,0Ah
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
mov rax,r9;restore (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,BGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,0Bh
push rbx
call SetByte
pop rbx
pop rbx
;take care of divisor
mov rax,divisor;increment divisor
inc rax;increment divisor
mov divisor,rax;increment divisor

;px5
mov rax,0h
mov eax,_width
mov rbx,divisor
sub rax,rbx
mov r9,rax;save (width-divisor)
mov rbx,0h
mov bl,RGradient
mul rbx
mov rbx,0h
mov ebx,_width
div rbx
push rax ;RG*(push width-divisor)/width
;setbyte push value, then push index
mov rbx,0Ch
push rbx
```

```
                    call SetByte
                    pop rbx
                    pop rbx
                    mov rax,r9;restore (width-divisor)
                    mov rbx,0h
                    mov bl,GGradient
                    mul rbx
                    mov rbx,0h
                    mov ebx,_width
                    div rbx
                    push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                    ;setbyte push value, then push index
                    mov rbx,0Dh
                    push rbx
                    call SetByte
                    pop rbx
                    pop rbx
                    mov rax,r9;restore (width-divisor)
                    mov rbx,0h
                    mov bl,BGradient
                    mul rbx
                    mov rbx,0h
                    mov ebx,_width
                    div rbx
                    push rax ;RG*(push width-divisor)/width
                    ;setbyte push value, then push index
                    mov rbx,0Eh
                    push rbx
                    call SetByte
                    pop rbx
                    pop rbx
                    ;take care of divisor
                    mov rax,divisor;increment divisor
                    inc rax;increment divisor
                    mov divisor,rax;increment divisor

                    movdqu xmm12,xmm1 ;(width-height)/width to xmm12
                    xorps xmm1,xmm1

                    ;prepare xmm register with (256-temp[i])
                    VPBROADCASTB xmm1,maxChar
                    vpsubb xmm2,xmm1,xmm0
                    movdqu xmm11,xmm2
                    xorps xmm2,xmm2
                    xorps xmm1,xmm1
                    ;256-temp[i] in xmm11
                    ;1st 4 bytes
                    vpmovzxbd xmm1,xmm11
                    vpmovzxbd xmm2,xmm12
                    vpmulld xmm2,xmm1,xmm2;in xmm2 there is (RG*(width-
divisor)/width)*(256-temp[i]) for 1st 4 bytes
                    VPBROADCASTB xmm9,maxChar
                    vpmovzxbd xmm1,xmm9
                    VCVTDQ2PS xmm3,xmm1;to single precision
                    VCVTDQ2PS xmm4,xmm2
                    vdivps xmm4,xmm4,xmm3;divide all stuff by 256
                    VCVTPS2DQ xmm5,xmm4;back to integer
                    ;convert dwords to bytes
                    movq xmm6,xmm5
                    psrldq xmm6,1h
                    pslldq xmm6,1h
                    pxor xmm5,xmm6
```

```
                    psrldq xmm6,3h
                    por xmm5,xmm6
                    movhlps xmm6,xmm5
                    movq xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,0Ch
                    psrldq xmm6,0Ch
                    pxor xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,2h
                    por xmm5,xmm6
                    psrldq xmm7,1h
                    por xmm5,xmm7
                    movq xmm10,xmm5;move 1st 4 bytes to xmm10
                    pxor xmm1,xmm1
                    pxor xmm2,xmm2
                    pxor xmm3,xmm3
                    pxor xmm4,xmm4
                    pxor xmm5,xmm5
                    pxor xmm6,xmm6
                    pxor xmm7,xmm7
                    pxor xmm9,xmm9

                    ;2nd 4 bytes
                    psrldq xmm11,4h
                    psrldq xmm12,4h
                    psrldq xmm13,4h
                    vpmovzxbd xmm1,xmm11
                    vpmovzxbd xmm2,xmm12
                    vpmulld xmm2,xmm1,xmm2;in xmm2 there is (RG*(width-
divisor)/width)*(256-temp[i]) for 1st 4 bytes
                    VPBROADCASTB xmm9,maxChar
                    vpmovzxbd xmm1,xmm9
                    VCVTDQ2PS xmm3,xmm1;to single precision
                    VCVTDQ2PS xmm4,xmm2
                    vdivps xmm4,xmm4,xmm3;divide all stuff by 256
                    VCVTPS2DQ xmm5,xmm4;back to integer
                    ;convert dwords to bytes
                    movq xmm6,xmm5
                    psrldq xmm6,1h
                    pslldq xmm6,1h
                    pxor xmm5,xmm6
                    psrldq xmm6,3h
                    por xmm5,xmm6
                    movhlps xmm6,xmm5
                    movq xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,0Ch
                    psrldq xmm6,0Ch
                    pxor xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,2h
                    por xmm5,xmm6
                    psrldq xmm7,1h
                    por xmm5,xmm7
                    pslldq xmm5,4h
                    pslldq xmm5,8h
                    psrldq xmm5,8h
                    por xmm10,xmm5;move 1st 4 bytes to xmm10
                    pxor xmm1,xmm1
                    pxor xmm2,xmm2
                    pxor xmm3,xmm3
                    pxor xmm4,xmm4
                    pxor xmm5,xmm5
                    pxor xmm6,xmm6
                    pxor xmm7,xmm7
```

```
                    pxor xmm9,xmm9

                    ;3rd 4 bytes
                    psrldq xmm11,4h
                    psrldq xmm12,4h
                    psrldq xmm13,4h
                    vpmovzxbd xmm1,xmm11
                    vpmovzxbd xmm2,xmm12
                    vpmulld xmm2,xmm1,xmm2;in xmm2 there is (RG*(width-
divisor)/width)*(256-temp[i]) for 1st 4 bytes
                    VPBROADCASTB xmm9,maxChar
                    vpmovzxbd xmm1,xmm9
                    VCVTDQ2PS xmm3,xmm1;to single precision
                    VCVTDQ2PS xmm4,xmm2
                    vdivps xmm4,xmm4,xmm3;divide all stuff by 256
                    VCVTPS2DQ xmm5,xmm4;back to integer
                    ;convert dwords to bytes
                    movq xmm6,xmm5
                    psrldq xmm6,1h
                    pslldq xmm6,1h
                    pxor xmm5,xmm6
                    psrldq xmm6,3h
                    por xmm5,xmm6
                    movhlps xmm6,xmm5
                    movq xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,0Ch
                    psrldq xmm6,0Ch
                    pxor xmm7,xmm6
                    pslldq xmm6,2h
                    por xmm5,xmm6
                    psrldq xmm7,1h
                    por xmm5,xmm7
                    pslldq xmm5,4h
                    pslldq xmm5,8h
                    psrldq xmm5,4h
                    por xmm10,xmm5;move 1st 4 bytes to xmm10
                    pxor xmm1,xmm1
                    pxor xmm2,xmm2
                    pxor xmm3,xmm3
                    pxor xmm4,xmm4
                    pxor xmm5,xmm5
                    pxor xmm6,xmm6
                    pxor xmm7,xmm7
                    pxor xmm9,xmm9

                    ;4th 4 bytes
                    psrldq xmm11,4h
                    psrldq xmm12,4h
                    psrldq xmm13,4h
                    vpmovzxbd xmm1,xmm11
                    vpmovzxbd xmm2,xmm12
                    vpmulld xmm2,xmm1,xmm2;in xmm2 there is (RG*(width-
divisor)/width)*(256-temp[i]) for 1st 4 bytes
                    VPBROADCASTB xmm9,maxChar
                    vpmovzxbd xmm1,xmm9
                    VCVTDQ2PS xmm3,xmm1;to single precision
                    VCVTDQ2PS xmm4,xmm2
                    vdivps xmm4,xmm4,xmm3;divide all stuff by 256
                    VCVTPS2DQ xmm5,xmm4;back to integer
                    ;convert dwords to bytes
                    movq xmm6,xmm5
                    psrldq xmm6,1h
```

```
pslldq xmm6,1h
pxor xmm5,xmm6
psrldq xmm6,3h
por xmm5,xmm6
movhlps xmm6,xmm5
movq xmm7,xmm6
pslldq xmm6,0Ch
psrldq xmm6,0Ch
pxor xmm7,xmm6
pslldq xmm6,2h
por xmm5,xmm6
psrldq xmm7,1h
por xmm5,xmm7
pslldq xmm5,4h
pslldq xmm5,8h
por xmm10,xmm5;move 1st 4 bytes to xmm10
pxor xmm1,xmm1
pxor xmm2,xmm2
pxor xmm3,xmm3
pxor xmm4,xmm4
pxor xmm5,xmm5
pxor xmm6,xmm6
pxor xmm7,xmm7
pxor xmm9,xmm9

vpaddb xmm1,xmm10,xmm0
mov rax,0h
mov al,r8b
push rax
mov rax,0Fh
push rax
call SetByte
pop rbx
pop rbx

pxor xmm10,xmm10
pxor xmm11,xmm11
pxor xmm12,xmm12
pxor xmm13,xmm13

;on register loop end
;sub 5 pixels from pixels left
mov rax,0h
mov rax, pixelsLeft
mov rbx,5h
sub rax,rbx
mov pixelsLeft,rax

;check if there are more pixels in this row?
cmp rax,0h
jna rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
mov rax,0h
mov rbx,0h
mov rax,divisor
mov rbx,0h
mov ebx,_width
sub rax,rbx
cmp rax,0h
jnz noDivisorReset;pixel n at the end of etiquete
mov rax,0h
mov divisor,rax
```

```
noDivisorReset:;pixel n at the end of etiquete


		mov rbx,registerTempPtr
		movdqu xmmword ptr [rbx],xmm1

	jmp registerloop

	special:
	;-----------------------0THPIXEL-------------------------------------
	;-------------------------GREEN0---------------------------------------
		;0th byte
		mov rax,0h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,GGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,0h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------GREEN0-END-----------------------------------
	;-------------------------RED1-----------------------------------------
		;1th byte
		mov rax,1h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,RGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
```

```
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,1h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------RED1-END-----------------------------------
        ;-------------------------BLUE2--------------------------------------
                ;2th byte
                mov rax,2h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,BGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,2h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE2-END-----------------------------------
                ;sub 1 from pixelsleft
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
```

```
		mov rax,0h
		mov rbx,0h
		mov rax,divisor
		mov rbx,0h
		mov ebx,_width
		sub rax,rbx
		cmp rax,0h
		jnz noDivisorReset0;pixel n at the end of etiquete
		mov rax,0h
		mov divisor,rax

		noDivisorReset0:;pixel n at the end of etiquete
		;divisor += 1;
		mov rax,divisor
		mov rbx,1h
		add rax,rbx
		mov divisor,rax
	;-----------------------0THPIXEL-END---------------------------------
;-----------------------1THPIXEL-------------------------------------
	;-------------------------GREEN3----------------------------------------
		;3th byte
		mov rax,3h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,GGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,3h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------GREEN3-END-----------------------------------
	;-------------------------RED4------------------------------------------
		;4th byte
		mov rax,4h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
```

```
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,RGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,4h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------RED4-END-----------------------------------
        ;-------------------------BLUE5--------------------------------------
                ;5th byte
                mov rax,5h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,BGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,5h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE5-END----------------------------------
```

```
                ;sub 1 from pixelsleft
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
                mov rax,0h
                mov rbx,0h
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset1;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset1:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;------------------------1THPIXEL-END---------------------------------

;------------------------2THPIXEL-------------------------------------
        ;--------------------------GREEN6----------------------------------------
                ;6th byte
                mov rax,6h;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,GGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,6h;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
```

```
		mov rbx,0h
	;-------------------------GREEN6-END-----------------------------------
	;-------------------------RED7-----------------------------------------
		;7th byte
		mov rax,7h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,RGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,7h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------RED7-END-------------------------------------
	;-------------------------BLUE8----------------------------------------
		;8th byte
		mov rax,8h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,BGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
```

```
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,8h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------BLUE8-END-----------------------------------
		;sub 1 from pixelsleft
		mov rax,pixelsLeft
		mov rbx,1h
		sub rax,rbx
		mov pixelsLeft,rax
		;check if there are more pixels in this row?
		cmp rax,0h
		jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
		;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
		mov rax,0h
		mov rbx,0h
		mov rax,divisor
		mov rbx,0h
		mov ebx,_width
		sub rax,rbx
		cmp rax,0h
		jnz noDivisorReset2;pixel n at the end of etiquete
		mov rax,0h
		mov divisor,rax

		noDivisorReset2:;pixel n at the end of etiquete
		;divisor += 1;
		mov rax,divisor
		mov rbx,1h
		add rax,rbx
		mov divisor,rax
	;-----------------------2THPIXEL-END--------------------------------

;-----------------------3THPIXEL-------------------------------------
	;-------------------------GREEN9---------------------------------------
		;9th byte
		mov rax,9h;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,GGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
```

```
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,9h;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------GREEN9-END-----------------------------------
	;-------------------------RED10----------------------------------------
		;10th byte
		mov rax,0Ah;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,RGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
		push rax;divisor
		mov rax,0h
		mov eax,_width
		push rax;_width
		;get new value
		call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		push rax;value
		mov rax,0Ah;nth byte
		push rax
		call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
		pop rbx;cleanup
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
	;-------------------------RED10-END-----------------------------------
	;-------------------------BLUE11----------------------------------------
		;11th byte
		mov rax,0Bh;nth byte
		push rax
		call GetByte;proc byteIndex:qword
		pop rbx;cleanup
		mov rbx,0h
		;get pixel.color value
		mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
		;push needed stuff onto stack
		push rax;currentVal got from getByte
		mov rax,0h
		mov al,BGradient;color factor now
		push rax;color
		mov rax,divisor
```

```
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Bh;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE11-END----------------------------------
                ;sub 1 from pixelsleft
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
                mov rax,0h
                mov rbx,0h
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset3;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset3:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;-----------------------3THPIXEL-END---------------------------------

;-----------------------4THPIXEL-------------------------------------
        ;-------------------------GREEN12---------------------------------------
                ;12th byte
                mov rax,0Ch;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,GGradient;color factor now
```

```
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Ch;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------GREEN12-END-----------------------------------
        ;-------------------------RED13-----------------------------------------
                ;13th byte
                mov rax,0Dh;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,RGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Dh;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------RED13-END-------------------------------------
        ;-------------------------BLUE14----------------------------------------
                ;14th byte
                mov rax,0Eh;nth byte
                push rax
                call GetByte;proc byteIndex:qword
```

```
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                ;get pixel.color value
                mov rbx,rax;hide currentValue in rbx
                ;push needed stuff onto stack
                push rax;currentVal got from getByte
                mov rax,0h
                mov al,BGradient;color factor now
                push rax;color
                mov rax,divisor
                push rax;divisor
                mov rax,0h
                mov eax,_width
                push rax;_width
                ;get new value
                call GetColorValue;proc
_width:qword,_divisor:qword,color:qword,currentVal:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
                push rax;value
                mov rax,0Eh;nth byte
                push rax
                call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
                pop rbx;cleanup
                pop rbx;cleanup
                mov rbx,0h
        ;-------------------------BLUE14-END-----------------------------------
                ;sub 1 from pixelsleft
                mov rax,pixelsLeft
                mov rbx,1h
                sub rax,rbx
                mov pixelsLeft,rax
                ;check if there are more pixels in this row?
                cmp rax,0h
                jz rowended ;if no more pixels in this row jump to next row
                ;divisor == width ?  divisor = 0 :false;
                mov rax,0h
                mov rbx,0h
                mov rax,divisor
                mov rbx,0h
                mov ebx,_width
                sub rax,rbx
                cmp rax,0h
                jnz noDivisorReset4;pixel n at the end of etiquete
                mov rax,0h
                mov divisor,rax

                noDivisorReset4:;pixel n at the end of etiquete
                ;divisor += 1;
                mov rax,divisor
                mov rbx,1h
                add rax,rbx
                mov divisor,rax
;-----------------------4THPIXEL-END---------------------------------

        ;-----------------RESTORE-15th-byte----------------------------
                ;15th byte
                mov rax,0Fh;nth byte
                push rax
```

```
            call GetByte;proc byteIndex:qword
            pop rbx;cleanup
            push rax;value
            mov rax,0Fh;nth byte
            push rax
            call SetByte;byteIndex:qword, value:qword
            pop rbx;cleanup
            pop rbx;cleanup
            mov rbx,0h
      ;-----------------BYTE-15-RESTORED-NOW-------------------------

            mov rbx,registerTempPtr
            movdqu xmmword ptr [rbx],xmm1


      rowended:
;move data a little bit so it fits remainder
mov rax,data
mov rbx,remainder
add rax,rbx
mov data,rax
;
mov rax,0h;zero the divisor
mov divisor,rax
mov rax,rowLoopsCount
mov rbx,1h
sub rax,rbx
mov rowLoopsCount,rax
cmp rax,0h
jnz rowsloop


;end of algorithm
ENDapp:
ret
TransformBMP endp

END
;-------------------------------------------------------------------------
```

W tej wersji funkcji transformBMP (poza tymi z wersji nr 1) użyto następujących instrukcji wektorowych:

- vpbroadcastb
- vpsubb
- movdqu
- xorps
- vpmovzxbd
- vpmulld
- vcvtdq2ps
- vdivps
- pslrdq
- pslldq

Opis struktury danych wejściowych/testowych

Program działa na danych zapisanych w formacie .bmp i zmienia wyłącznie surowe dane, nagłówek pozostaje nienaruszony.

Poniżej został zaprezentowany kod odpowiadający za odczyt nagłówka ze struktury BMP:

```
////https://solarianprogrammer.com/2018/11/19/cpp-reading-writing-bmp-images/
#pragma pack(push,1)
struct BMPFileHeader {
	uint16_t file_type{ 0 };
	uint32_t file_size{ 0 };
	uint16_t reserved1{ 0 };
	uint16_t reserved2{ 0 };
	uint32_t offset_data{ 0 };
};
#pragma pack(pop)

#pragma pack(push,1)
struct BMPInfoHeader {
	uint32_t size{ 0 };
	int32_t width{ 0 };
	int32_t height{ 0 };
	uint16_t planes{ 1 };
	uint16_t bit_count{ 0 };
	uint32_t compression{ 0 };
	uint32_t size_image{ 0 };
	int32_t x_pixels_per_meter{ 0 };
	int32_t y_pixels_per_meter{ 0 };
	uint32_t colors_used{ 0 };
	uint32_t colors_important{ 0 };
};
#pragma pack(pop)

#pragma pack(push,1)
struct BMPColorHeader {
	uint32_t red_mask{ 0x00ff0000 };         // Bit mask for the red channel
	uint32_t green_mask{ 0x0000ff00 };       // Bit mask for the green channel
	uint32_t blue_mask{ 0x000000ff };        // Bit mask for the blue channel
	uint32_t alpha_mask{ 0xff000000 };       // Bit mask for the alpha channel
	uint32_t color_space_type{ 0x73524742 }; // Default "sRGB" (0x73524742)
	uint32_t unused[16]{ 0 };                // Unused data for sRGB color space
};
#pragma pack(pop)
```

Ten fragment kodu został stworzony na podstawie:

```
////https://solarianprogrammer.com/2018/11/19/cpp-reading-writing-bmp-images/
```

Opis parametrów programu.

Program przyjmuje pliki wejściowe i wyjściowe za pomocą parametrów z linii poleceń. Nie zostały zaimplementowane pełne zabezpieczenia przed niepoprawnymi parametrami. Program ogranicza jedynie zakres ilości wątków. Program nie odpowiada za niepoprawnie podane ścieżki do plików, ani nieprawidłowe wartości kolorów RGB do nałożenia.

Program przyjmuje następujące parametry, po których musi nastąpić zawsze wartość w postaci liczby naturalnej lub ciągu znaków:

-act -> parametr po którym zaleca się podać wartość 0. Jeśli został zdefiniowany jako pierwszy to program nie wykona testów szybkości działania opartych o kolejne zwiększanie liczby wątków dla przetwarzania bitmapy. Wykona za równo testy dla asm, jak i C/C++ i zapisze do plików kolejne wyniki przy rosnącej liczbie wątków.

-t -> parametr po którym należy podać wartość z zakresu 1-64, który określi ile wątków chcemy użyć. Przy komputerze na którym sprzętowo udostępniono 8 wątków każda wartość powyżej ograniczenia sprzętowego była bardziej kosztowna niż wywołanie 8 wątków. Wykres zostanie zaprezentowany w dalszej części sprawozdania.

-r -> parametr oczekuje wartość R gradientu, zakres od 0-255

-g -> parametr oczekuje wartość G gradientu, zakres od 0-255

-b -> parametr oczekuje wartość B gradientu, zakres od 0-255

-i -> parametr oczekuje podania ścieżki do pliku wejściowego

-o -> parametr oczekuje podania ścieżki do pliku wyjściowego

-A1C0 -> parametr oczekuje podania wartości 1 lub 0 w zależności od tego czy chcemy wykonać dllkę w asm, czy C/C++. Dla asm należy podać 1, dla C należy podać 0.

Wyniki pomiarów czasowych wykonania programu.

Wersja 1

Dla języka C/C++ otrzymano. Wyniki są kolejno dla 1, 2…. 64 wątków.

0.107422
0.054526
0.051868
0.035843
0.031509
0.032510
0.041651
0.043182
0.035951
0.041382
0.036535
0.032926
0.038313
0.033744
0.036129
0.041908
0.036636
0.036393
0.041000
0.036125
0.038876
0.040416
0.040328
0.035047
0.039577
0.039221
0.039622
0.058646
0.040966
0.038382
0.040709
0.047581
0.040607
0.042031
0.047019
0.044185
0.041097
0.048217
0.048136
0.046688
0.045976
0.053524
0.047913
0.047774
0.045885

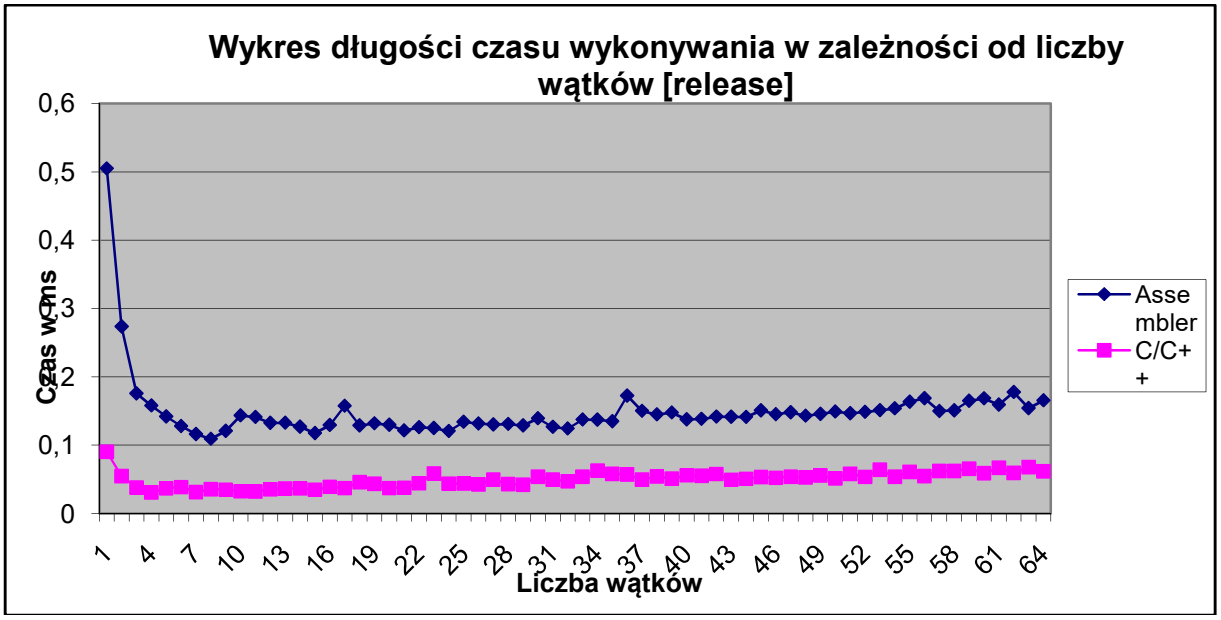
0.050474
0.056143
0.051749
0.060375
0.053184
0.056333
0.061288
0.057547
0.058326
0.072884
0.060980
0.059547
0.068253
0.066411
0.056842
0.056205
0.059920
0.057739
0.062121

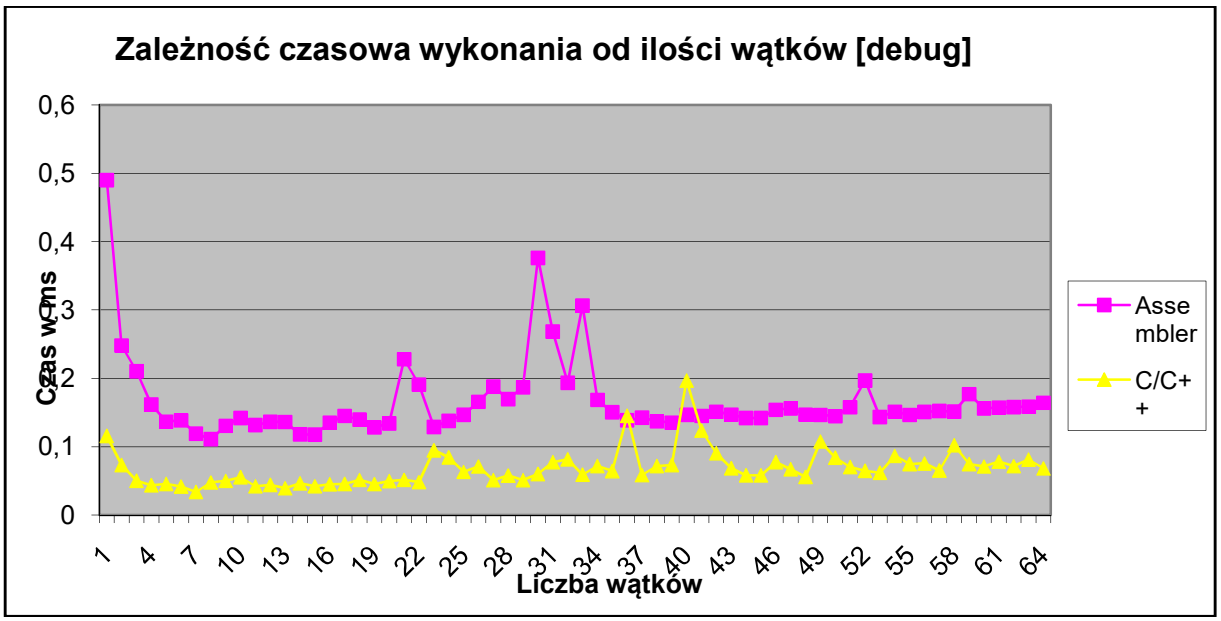
Dla języka asm otrzymano. Wyniki są kolejno dla 1, 2…. 64 wątków.

0.481928
0.251234
0.167308
0.158923
0.139788
0.122606
0.117521
0.112771
0.132386
0.137262
0.132558
0.130683
0.152552
0.126329
0.121700
0.123514
0.129431
0.135764
0.124095
0.166609
0.129063
0.121898
0.126601
0.120049
0.149467
0.211417
0.156639
0.147438

0.135582
0.125199
0.147939
0.159808
0.132574
0.151895
0.156100
0.135021
0.134181
0.130754
0.131938
0.139337
0.147971
0.145254
0.135937
0.129829
0.131912
0.145359
0.153391
0.143006
0.143694
0.144520
0.148220
0.190979
0.171175
0.151425
0.171177
0.216911
0.209241
0.159551
0.181883
0.163580
0.169020
0.144439
0.169060
0.160245

Wykresy przedstawione poniżej obrazują prędkość działania obu algorytmów.





Przy różnych wielkościach bitmap trend zmian był zachowany i analogiczny do zaprezentowanych na wykresach.

Wersja 2

Po wykonaniu programu w wersji nr 2 otrzymano następującą tabelę dla wesji debug:

Liczba wątków	Assembler	C/C++
1	0,254251	0,162081
2	0,132222	0,075027
3	0,093862	0,04673
4	0,070984	0,042482
5	0,076463	0,045185
6	0,068954	0,034969

7	0,07543	0,033113
8	0,057641	0,056621
9	0,073287	0,050463
10	0,075002	0,046579
11	0,069574	0,043552
12	0,070161	0,043194
13	0,071799	0,053424
14	0,073257	0,040763
15	0,077107	0,040831
16	0,069083	0,044694
17	0,083856	0,045841
18	0,074343	0,054343
19	0,103412	0,041049
20	0,073852	0,046142
21	0,081746	0,053745
22	0,073636	0,053682
23	0,091851	0,047255
24	0,085403	0,048329
25	0,074806	0,046584
26	0,07485	0,055905
27	0,084234	0,055193
28	0,079688	0,064092
29	0,079344	0,064009
30	0,081877	0,073208
31	0,072682	0,044171
32	0,084682	0,051879
33	0,078007	0,056495
34	0,086721	0,053352
35	0,080308	0,049731
36	0,085613	0,058809
37	0,08574	0,058371
38	0,09168	0,065328
39	0,085616	0,05435
40	0,09553	0,061093
41	0,086262	0,056183
42	0,093595	0,063903
43	0,0927	0,054446
44	0,08219	0,061928
45	0,092299	0,060411
46	0,086358	0,066648
47	0,091842	0,066513
48	0,090798	0,063343
49	0,097143	0,068039
50	0,090592	0,06404
51	0,104196	0,06167
52	0,097358	0,063444
53	0,087069	0,060124
54	0,107313	0,071159
55	0,098778	0,067478
56	0,10013	0,069394
57	0,097121	0,06466
58	0,102342	0,070988
59	0,095649	0,068506
60	0,090776	0,073874

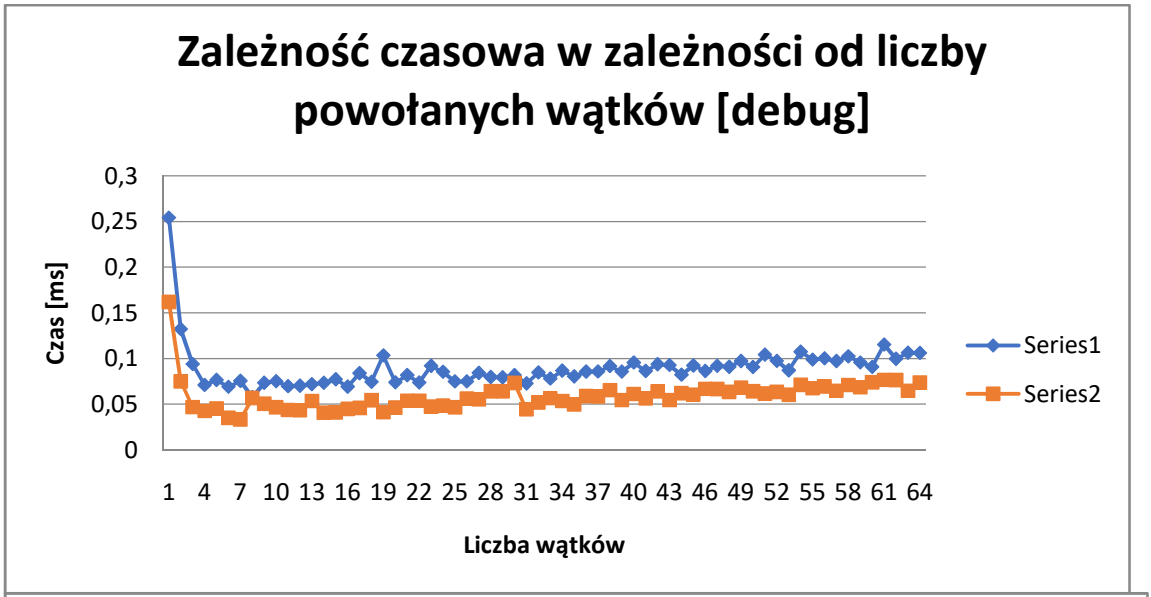
61	0,115218	0,076481
62	0,099636	0,076259
63	0,106331	0,064535
64	0,10604	0,073579

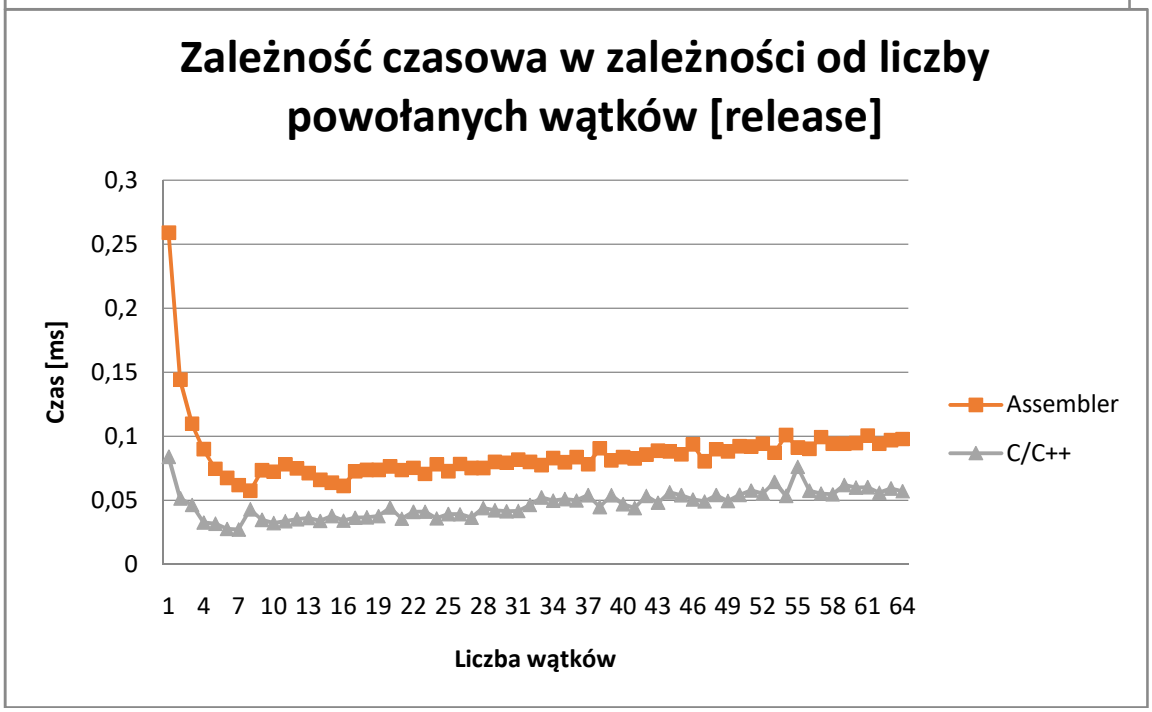
Dla wersji release otrzymano:

Liczba wątków	Assembler	C/C++
1	0,258955	0,084063
2	0,144105	0,05151
3	0,109777	0,046365
4	0,089808	0,03256
5	0,074528	0,031682
6	0,067422	0,027553
7	0,061757	0,027108
8	0,057326	0,042997
9	0,073341	0,034636
10	0,07223	0,032209
11	0,077984	0,03362
12	0,074744	0,035102
13	0,071162	0,036148
14	0,065792	0,033818
15	0,06358	0,037697
16	0,061185	0,034009
17	0,072489	0,036324
18	0,07363	0,036712
19	0,073571	0,037527
20	0,076348	0,044293
21	0,073524	0,035588
22	0,075282	0,04093
23	0,070535	0,041093
24	0,077959	0,035801
25	0,072629	0,039133
26	0,078225	0,03904
27	0,075127	0,036301
28	0,075108	0,043833
29	0,079806	0,042142
30	0,079229	0,041353
31	0,081729	0,041614
32	0,079907	0,046266
33	0,077399	0,052189
34	0,082877	0,049732
35	0,079545	0,050883
36	0,083686	0,04983
37	0,078031	0,053976
38	0,090477	0,044704
39	0,080996	0,054017
40	0,083621	0,046886
41	0,082584	0,043804
42	0,085583	0,053386
43	0,088587	0,048049
44	0,088046	0,056176
45	0,08576	0,053923
46	0,093484	0,050588
47	0,08038	0,049077
48	0,089768	0,054062

49	0,088132	0,049468
50	0,092156	0,054198
51	0,091796	0,057601
52	0,094216	0,055128
53	0,087008	0,064363
54	0,100932	0,053505
55	0,091058	0,076117
56	0,090119	0,057502
57	0,099213	0,05532
58	0,094055	0,054585
59	0,094191	0,061915
60	0,094613	0,05996
61	0,100521	0,060198
62	0,094105	0,055895
63	0,096873	0,059207
64	0,097785	0,057035

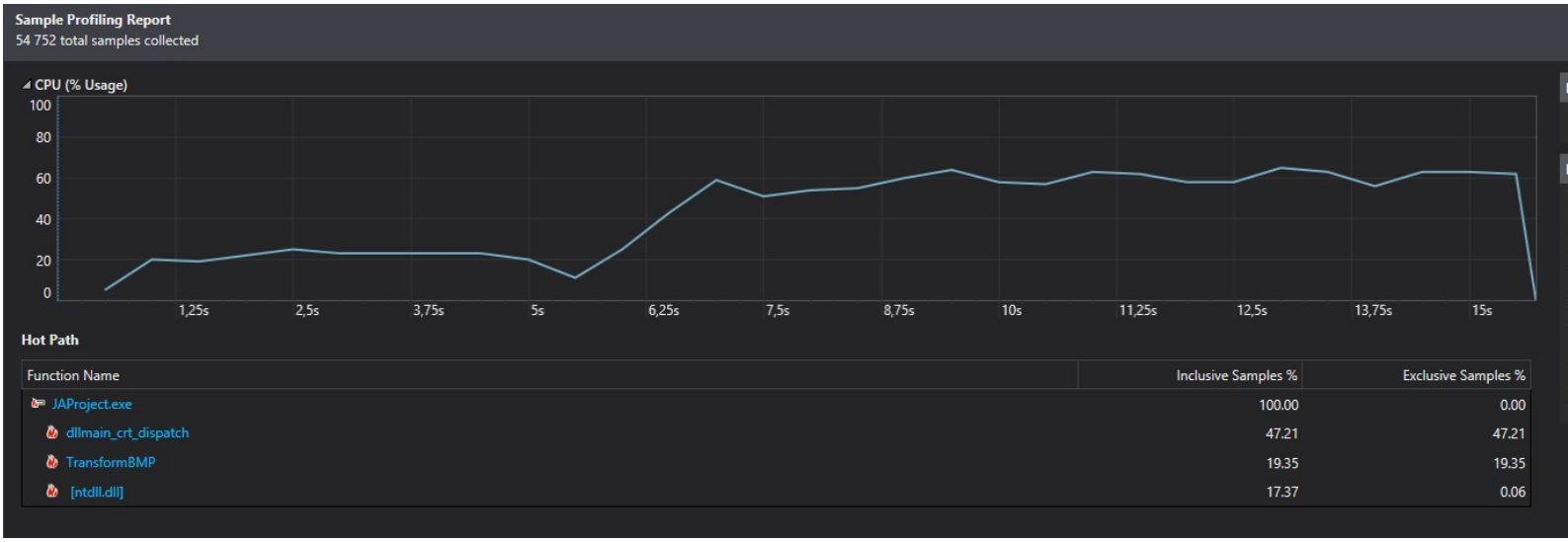
Co obrazują poniższe wykresy:





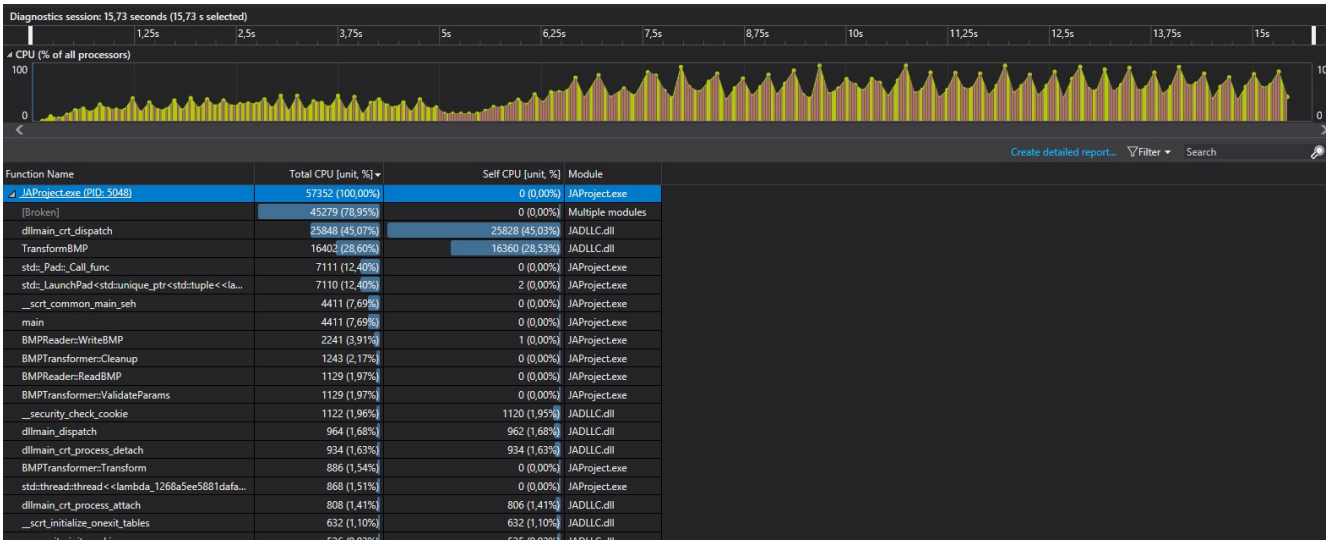
Zaobserwowano 2 krotne przyspieszenie programu kosztem około 1,5krotnie dłuższego kodu.

Analiza działania programu z wykorzystaniem profiler'a VS2017.



Wykorzystując profiler 2017 dokonano pomiarów działania programu w trybie testowym.

Na podstawie niniejszego wykresu jesteśmy w stanie zauważyć widoczny wzrost w użyciu procesora w okolicy 5-tej sekundy. Zważając na wykresy czasów wykonania dllek asm i C/C++ oraz na kolejność testów (najpierw c++, następnie asm) wnioskujemy, że właśnie w tym momencie program zaczął wykonywać program w wersji asm.



Z powyższego wykresu możemy zobaczyć różnice w użyciu procesora dla poszczególnych funkcji. Widoczne jest, że funkcja

Instrukcja obsługi programu JAproject.exe

Program jest aplikacją konsolową i nie posiada żadnego interfejsu graficznego. Wszelkie wywołania programu muszą zawierać w linii poleceń parametry, których znaczenie i sposób użycia został przedstawiony w sekcji opis parametrów programu.

Przykładowe wywołania:

Bez testów
-r 200 -g 100 -b 10 -A1C0 1 -t 1 -i /Image/bmpx.bmp -o /Image/bmpxout.bmp

Z testami
-act 0 -r 200 -g 100 -b 10 -A1C0 1 -t 1 -i /Image/bmpx.bmp -o /Image/bmpxout.bmp

Program wymaga obecności bibliotek JADLL.dll oraz JADLLC.dll w tym samym folderze co uruchamiany program. Program nie jest zabezpieczony przed błędnymi ścieżkami i błędnie umiejscowionymi plikami .dll.

Wnioski

Podczas wykonywania tego projektu można było wysunąć wiele interesujących wniosków i nauczyć się pracy z asemblerem. Efektem ubocznym pracy nad wynikowym programem była również nauka współpracy z plikami bmp oraz konfigurowaniem środowiska pod biblioteki dynamiczne. To ostatnie, czyli linkowanie dynamiczne wydaje się być najbardziej przydatnym i istotnym z punktu widzenia zastosowania w przyszłości albowiem jest niezwykle wygodne i zdecydowanie przewyższa linkowanie statyczne pod względem wypuszczania aplikacji. Sam asembler i pisanie bibliotek w asemblerze, zdecydowanie warte docenienia, nie jest tak powszechne jak zastosowanie bibliotek z rozszerzeniem dll. Ponadto godnym zauważenia jest przewaga asemblera nad innymi językami pod względem przejrzystości wykonywanych operacji. Jednym z cenniejszych doświadczeń, które można było przeanalizować jest wyzbycie się na czas pracy w asemblerze pojęcia typu zmiennej. Podczas pracy z biblioteką napisaną w C/C++ pojawił się problem przepełniania wartości pikseli przez używanie wskaźnika na char zamiast na unsigned char. Ten błąd nie mógł się pojawić w bibliotece w asm, co sprawiło, że to właśnie ona poprawnie działała jako pierwsza i generowała optycznie ładny i płynny gradient.

Literatura

https://www.felixcloutier.com/x86/
https://software.intel.com/sites/default/files/managed/39/c5/325462-sdm-vol-1-2abcd-3abcd.pdf
https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/debugger/x64-architecture
https://software.intel.com/en-us/articles/introduction-to-x64-assembly
http://linasm.sourceforge.net/docs/instructions/index.php
https://solarianprogrammer.com/2018/11/19/cpp-reading-writing-bmp-images/