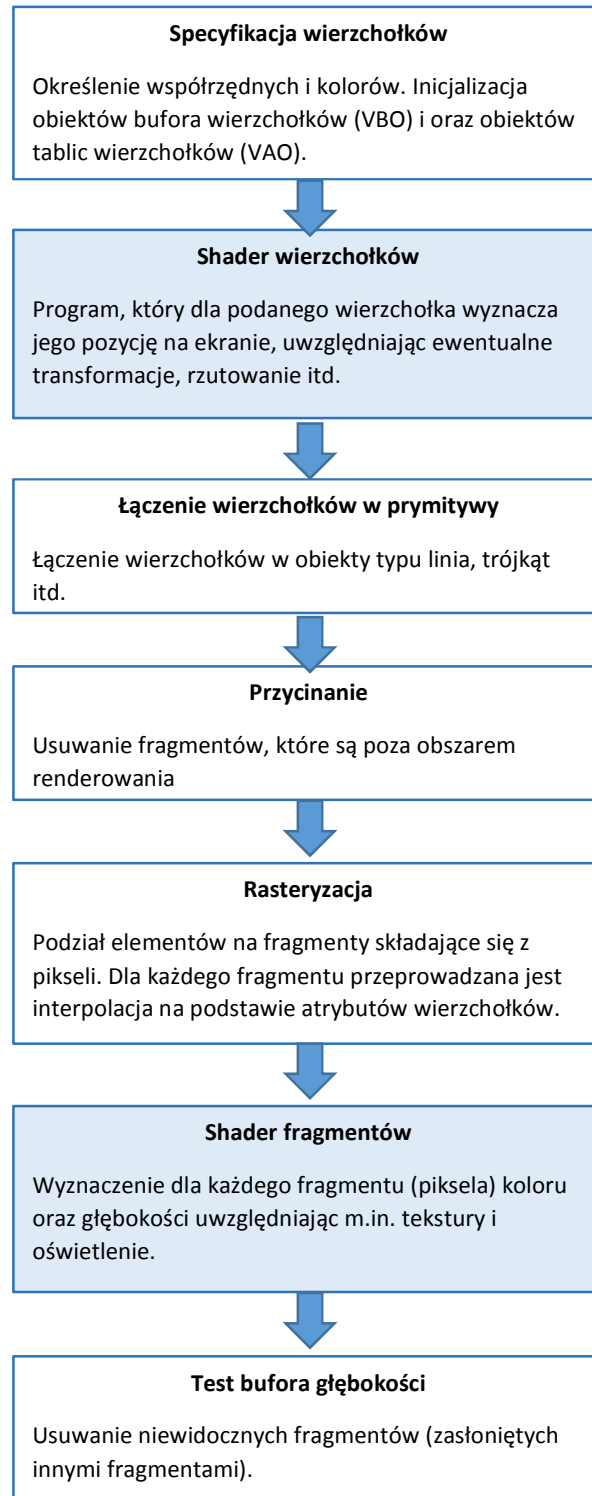


GRAFIKA KOMPUTEROWA

OpenGL

POTOK RENDERINGU

Potok renderingu jest sekwencją operacji wykonywanych w celu wyświetlenia obiektu na ekranie. Jego podstawowe kroki przedstawia poniższy schemat.



BUFORY WIERZCHOŁKÓW (VBO - *vertex buffer object*)

Wierzchołek opisują m.in. następujące atrybuty: współrzędne położenia, kolorów, normalnych, współrzędne tekstury. Dane te przechowywane są w obiektach bufora wierzchołków VBO. W buforze przechowywane są atrybuty jednego typu, np. tylko współrzędne.

Aby utworzyć obiekt bufora wierzchołków należy skorzystać z poniższej funkcji, która generuje jego identyfikator:

```
void glGenBuffers( GLsizei n, GLuint *buffers );
```

n liczba identyfikatorów tworzonych buforów
buffers tablica, w której są przechowywane identyfikatory obiektów buforów

a następnie powiązać wygenerowany identyfikator z określonym rodzajem obiektu:

```
void glBindBuffer( GLenum target, GLuint buffer );
```

target rodzaj bufora, np. GL_ARRAY_BUFFER jeśli chcemy przechowywać atrybuty wierzchołków
buffer identyfikator obiektu

Powyższa funkcja sprawia, że bufor o identyfikatorze `buffer` staje się bieżącym buforem i dalsze operacje będą dotyczyły właśnie jego. Aby zmienić bieżący bufor, należy ponownie wywołać funkcję `glBindBuffer` z odpowiednim identyfikatorem.

Do aktywnego bufora można skopiować dane korzystając z funkcji:

```
void glBufferData( GLenum target, GLsizeiptr size, const GLvoid *data, GLenum usage );
```

target rodzaj bufora, np. GL_ARRAY_BUFFER jeśli chcemy przechowywać atrybuty wierzchołków
size rozmiar magazynu danych
data wskaźnik na źródło danych
usage określa sposób wykorzystania bufora. Przykładowe wartości:
GL_STATIC_DRAW - dane zostaną załadowane raz i używane wiele razy (podczas rysowania)
GL_DYNAMIC_DRAW - dane będą przeładowywane i używane wiele razy

TABLICE WIERZCHOŁKÓW (VAO - *vertex array objects*)

Tablice wierzchołków VAO służą do zdefiniowania sposobu uporządkowania danych przechowywanych w buforach. Tablice te nie przechowują danych wierzchołków, ale informacje o powiązaniu poszczególnych atrybutów z danymi zapisanymi w buforach VBO. W tablicach VAO mogą być przechowywane informacje o wszystkich atrybutach wierzchołków, np. o współrzędnych, kolorach i innych.

Aby utworzyć obiekt tablicy wierzchołków należy skorzystać z poniższej funkcji, która generuje jego identyfikator:

```
void glGenVertexArrays( GLsizei n, GLuint *arrays );
```

n liczba identyfikatorów obiektów tablic wierzchołków
arrays tablica, w której są przechowywane identyfikatory obiektów tablic wierzchołków

Do przełączania się między tablicami wierzchołków (wybierania tablicy) służy funkcja:

```
void glBindVertexArray( GLuint array );
```

array identyfikator tablicy

Po wybraniu tablicy za pomocą powyższej funkcji wszystkie operacje na tablicach, m.in. rysowanie za pomocą funkcji `glDrawArrays` opisanej dalej, będą dotyczyły wybranej tablicy.

Aby określić, jak zorganizowane są dane w tablicy wierzchołków (określić gdzie w tablicy VAO mają się znajdować odniesienia do danych z bieżącego bufora VBO) należy użyć funkcji:

```
void glVertexAttribPointer( GLuint index, GLint size, GLenum type, GLsizei stride, const GLvoid *pointer );
```

index numer atrybutu, $0 \leq \text{index} \leq \text{GL_MAX_VERTEX_ATTRIBS}$
size liczba składowych wektora opisującego pojedynczy wierzchołek (dla danego atrybutu, np. 3 dla współrzędnych x, y, z)
type rodzaj danych atrybutów przechowywanych w tablicy wierzchołków (np. GL_INT, GL_FLOAT)
stride przesunięcie między elementami tablicy (0 oznacza, że kolejne elementy są w buforze bezpośrednio po sobie; odpowiednia wartość większa od zera umożliwia przechowywanie w jednej tablicy danych różnych atrybutów, np. współrzędnych i kolorów)
pointer wskaźnik do pierwszego elementu tablicy

Każda tablica atrybutów określona za pomocą funkcji glVertexAttribPointer musi zostać włączona. Służy do tego funkcja:

```
void glEnableVertexAttribArray( GLuint index );
```

index numer atrybutu, $0 \leq \text{index} \leq \text{GL_MAX_VERTEX_ATTRIBS}$

Po zakończeniu korzystania z tablicy należy ją wyłączyć:

```
void glDisableVertexAttribArray( GLuint index );
```

PRYMITYWY

Serie wierzchołków tworzą prymitywy. Podstawowe prymitywy geometryczne to:

- Punkty GL_POINTS
- Linie GL_LINES
- Łamane GL_LINE_STRIP
- Łamane zamknięte GL_LINE_LOOP
- Trójkąty GL_TRIANGLES
- Paski trójkątów GL_TRIANGLE_STRIP
- Wachlarze trójkątów GL_TRIANGLE_FAN

Mogą być rysowane przy użyciu funkcji

```
void glDrawArrays( GLenum mode, GLint first, GLsizei count );
```

mode rodzaj prymitywu
first indeks startowy w tablicy
count liczba wierzchołków

Powyższa funkcja dotyczy tablicy, która wcześniej została wybrana za pomocą funkcji glBindVertexArray.