

# Antyaliasing w 1 milisekundę

Krzysztof Kluczek

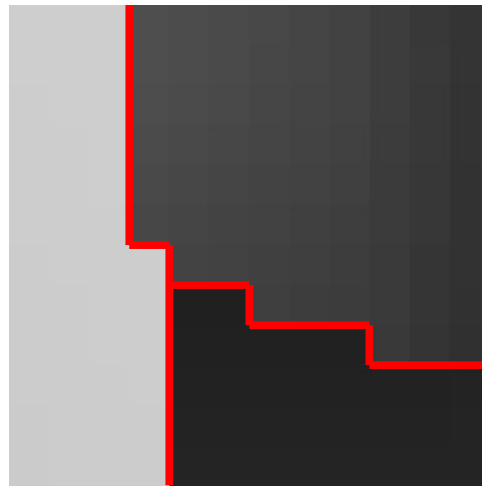
# Zasada działania

- Założenia:
  - Metoda bazująca na Morphological Antialiasing (MLAA)
  - wejście: obraz wyrenderowanej sceny
  - wyjście: zantyaliasowany obraz
  - Krótki czas działania (~1ms na GeForce 260 przy 1024x768)
  - Działanie pod DirectX 9 (Shader Model 3.0)
  - Ograniczenie długości antyaliasowanych krawędzi

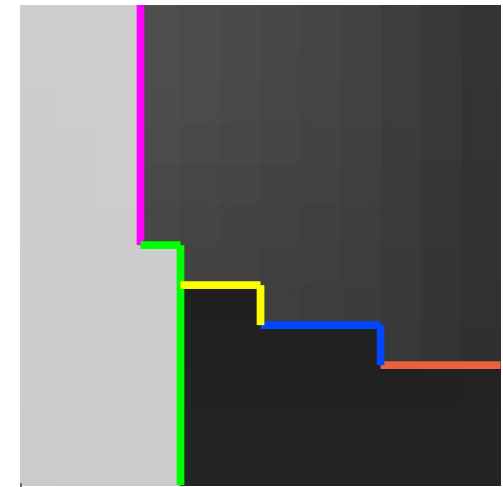
# Zasada działania



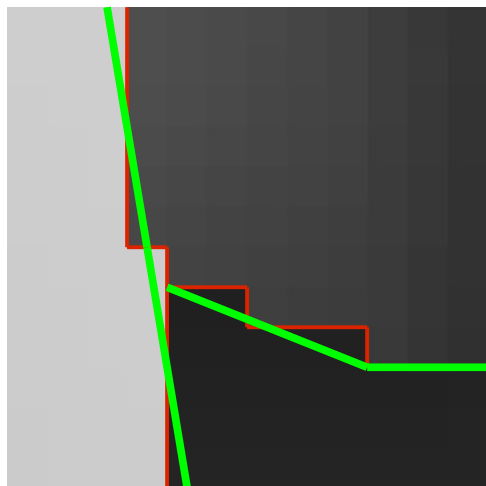
1. Obraz wyjściowy



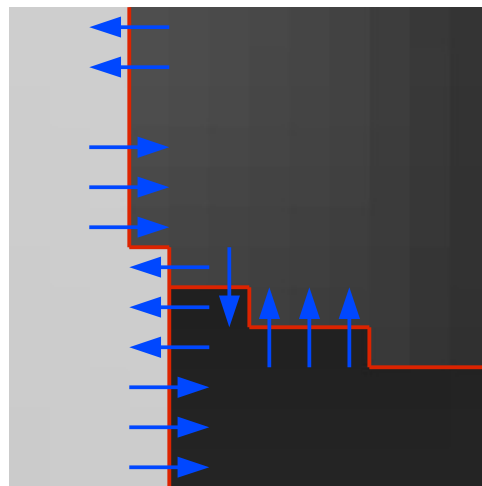
2. Detekcja krawędzi



3. Detekcja L-kształtów



4. Rekonstrukcja krawędzi

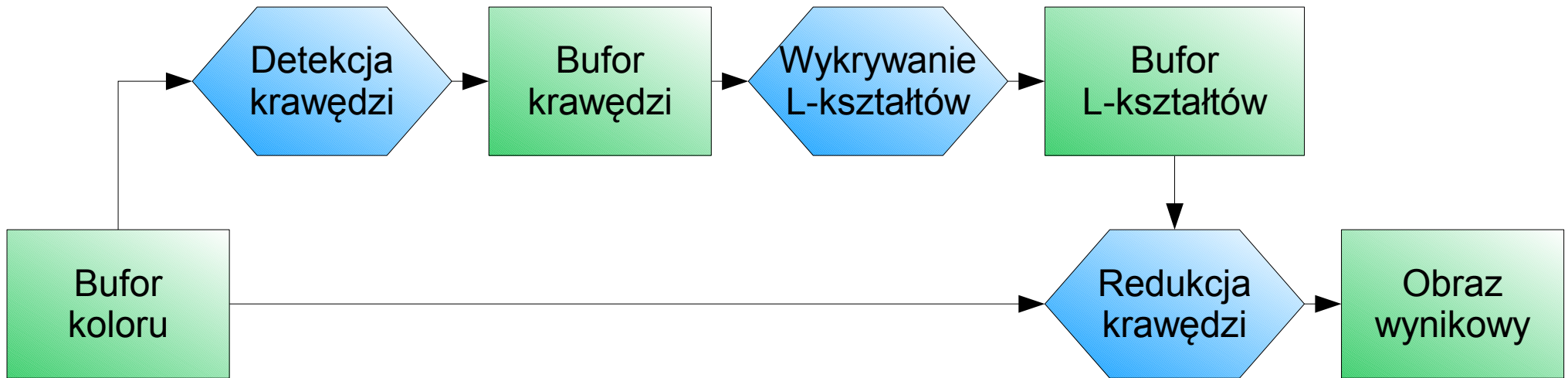


5. Wyznaczenie wag mieszania



6. Obraz wynikowy

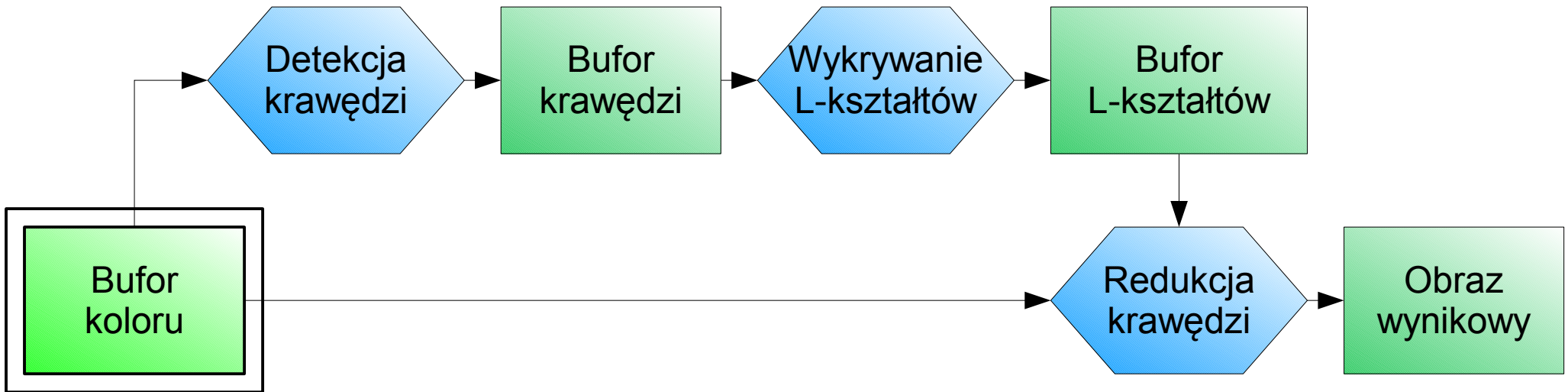
# Zasada działania



- Potok przetwarzania

Trzy pełnoekranowe przebiegi z pośrednimi rendertargetami – algorytm w trzech pixel shaderach

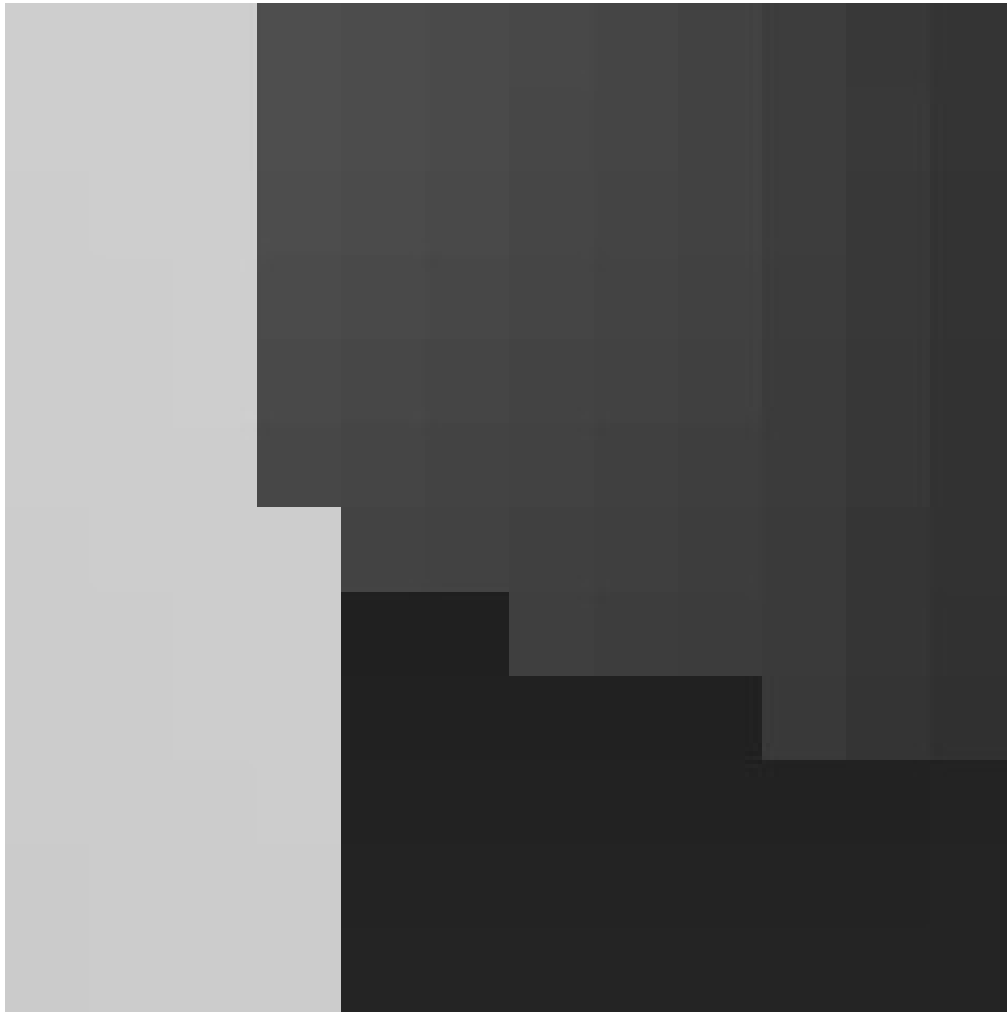
# Zasada działania



- Bufor koloru

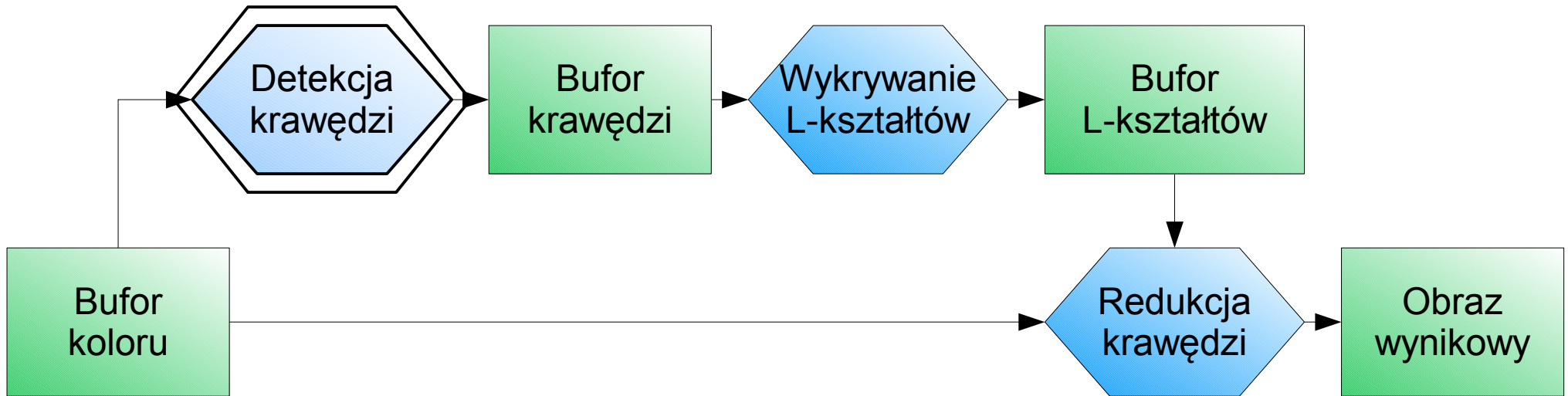
Obraz, który ma być antyaliasowany.

# Bufor koloru



- Obraz wyrenderowanej sceny (przed efektami postprocess)

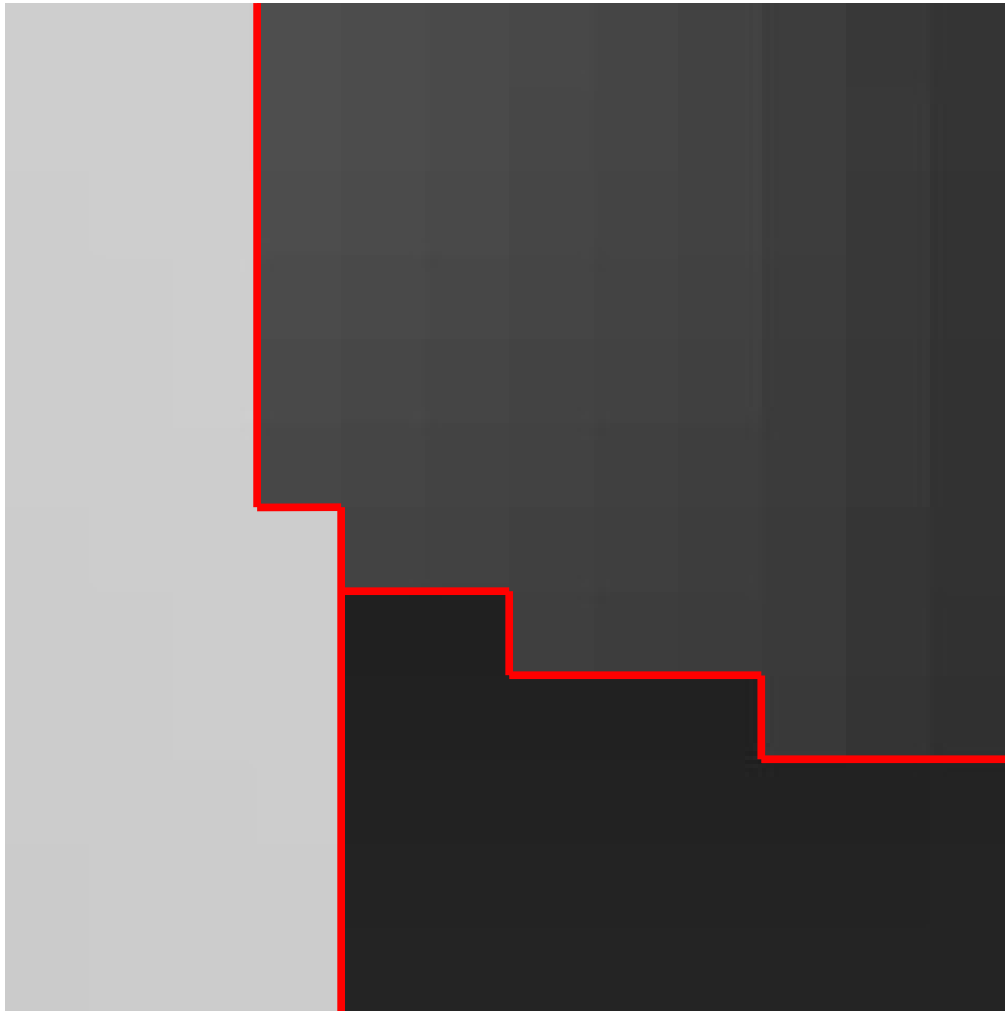
# Zasada działania



- **Detekcja krawędzi**

określenie, czy krawędź przebiega pomiędzy sąsiadującymi pikselami

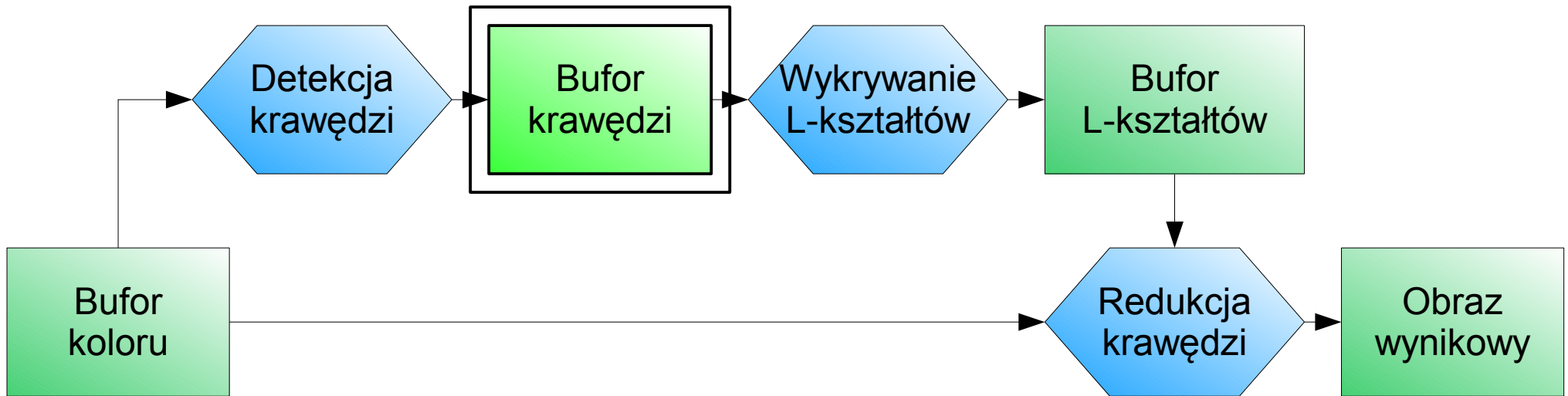
# Detekcja krawędzi



- Decyzja o istnieniu krawędzi na podstawie koloru (możliwość wykorzystania również Z-bufora i informacji o normalnych)
- Liczona jest różnica koloru po obu stronach krawędzi
- Jeżeli ważona suma różnic kanałów RGB jest większa od zadanego progu – mamy krawędź



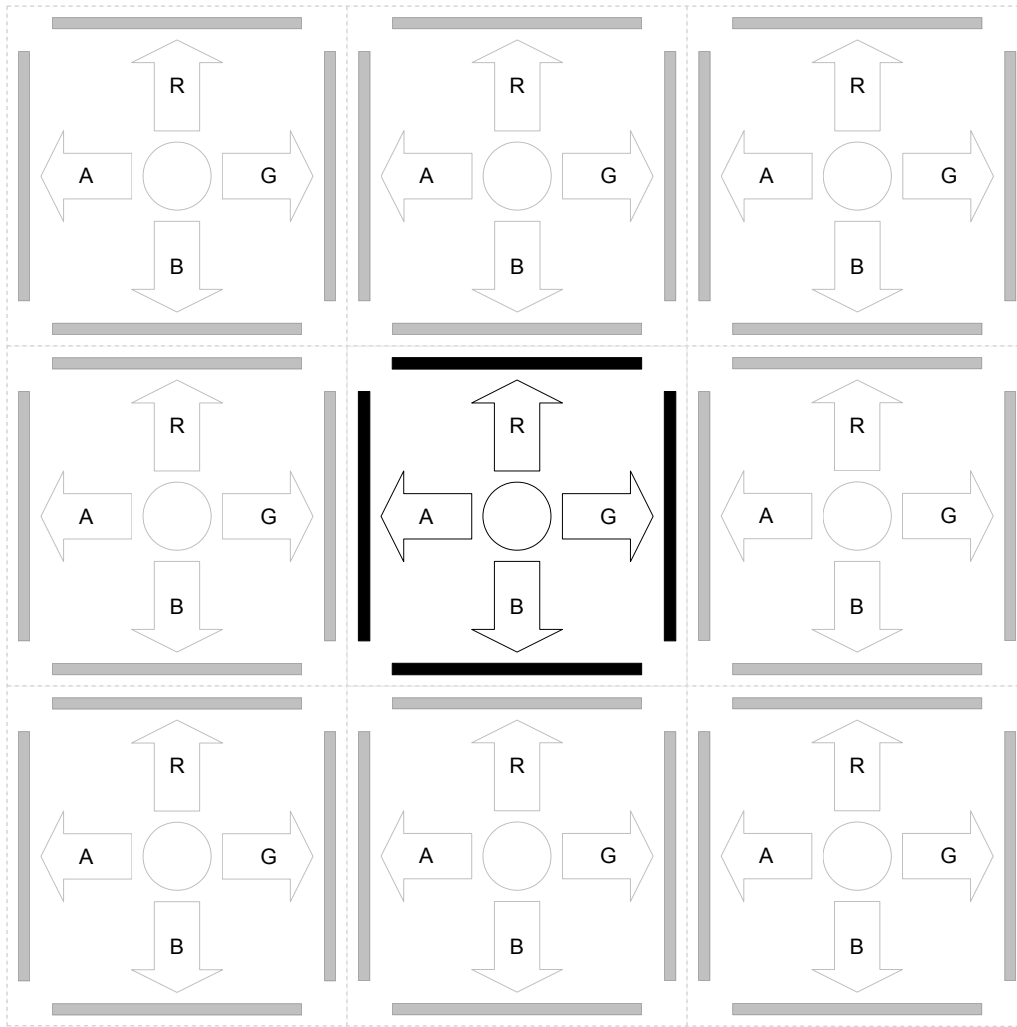
# Zasada działania



- Bufor krawędzi

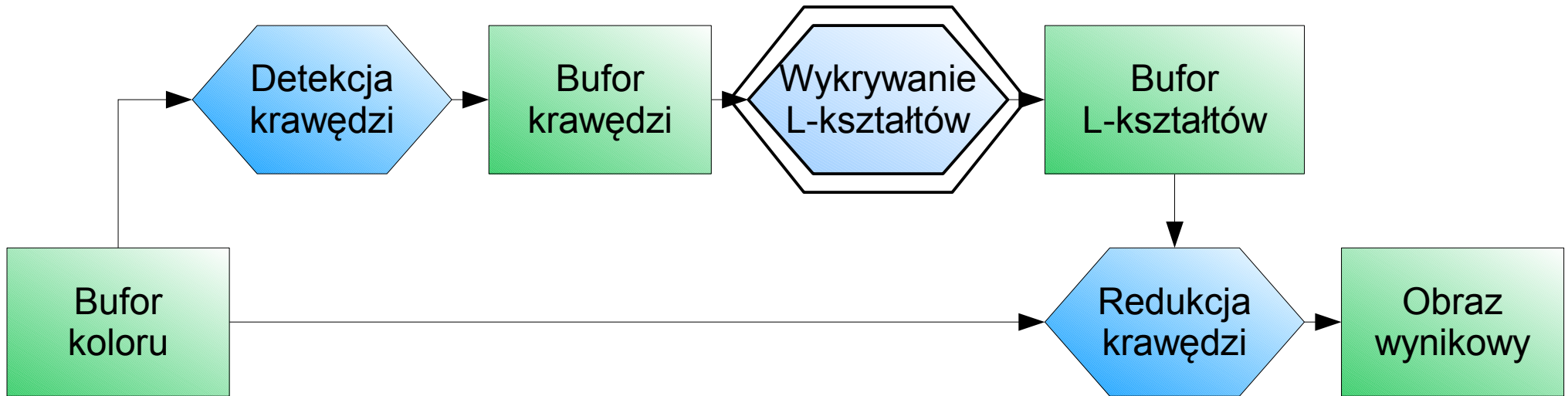
Dla każdego piksela kanały ARGB kodują informację o istnieniu krawędzi piksela z jego sąsiadami

# Bufor krawędzi



- Informacja o otaczających krawędziach dla każdego piksela
- Informacje nadmiarowe (każda krawędź trzymana w dwóch miejscach) – przydatne w kolejnych przebiegach
- Znaczenie RGBA:
  - R – krawędź u góry
  - G – krawędź na prawo
  - B – krawędź u dołu
  - A – krawędź na lewo
- 0 – brak krawędzi  
255 – jest krawędź

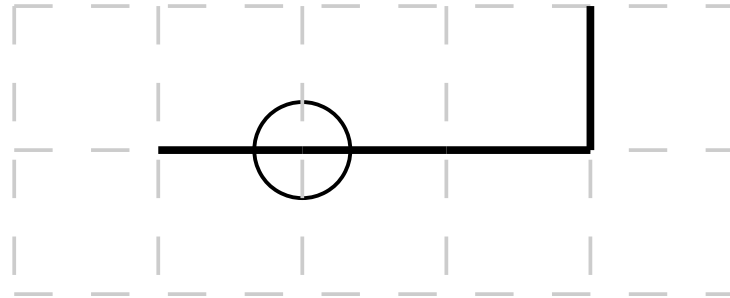
# Zasada działania



- **Wykrywanie L-kształtów**

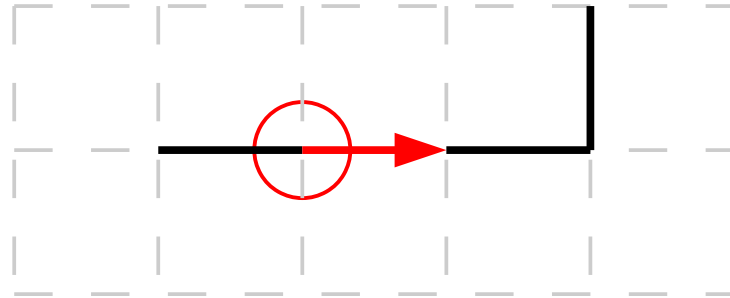
Na tym etapie wykrywane są ciągi krawędzi tworzące kształt litery L (L-kształty)

# Bufor L-kształtów



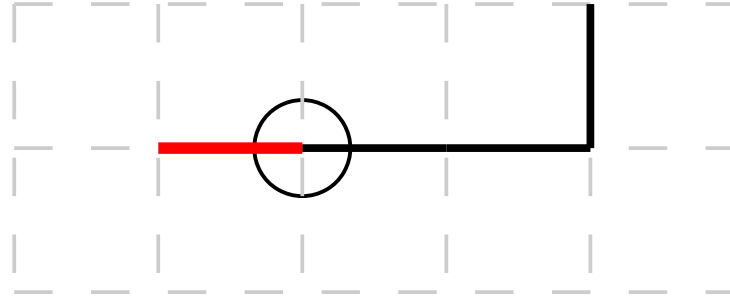
- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym punktem zaczepienia z określonym kierunkiem
  - Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia
  - Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu
  - Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok
  - Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok

# Bufor L-kształtów



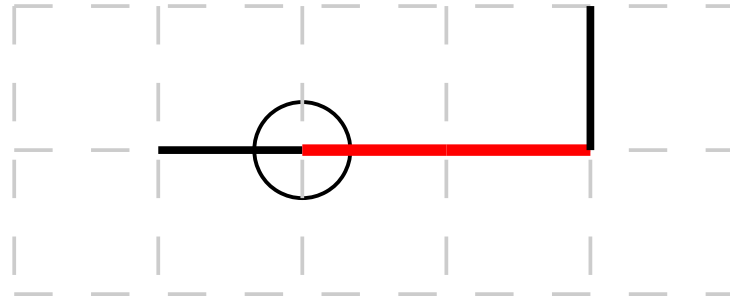
- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym **punktem zaczepienia** z określonym **kierunkiem**
  - Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia
  - Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu
  - Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok
  - Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok

# Bufor L-kształtów



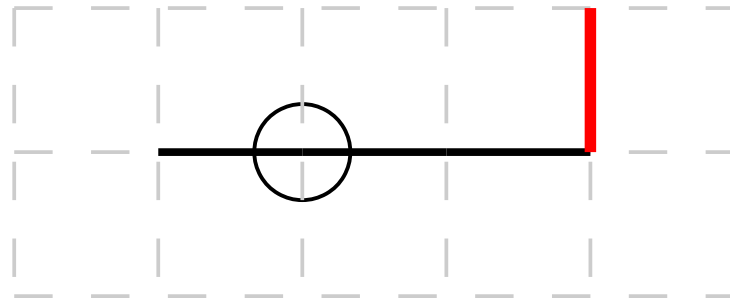
- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym punktem zaczepienia z określonym kierunkiem
  - **Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia**
  - Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu
  - Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok
  - Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok

# Bufor L-kształtów



- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym punktem zaczepienia z określonym kierunkiem
  - Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia
  - **Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu**
  - Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok
  - Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok

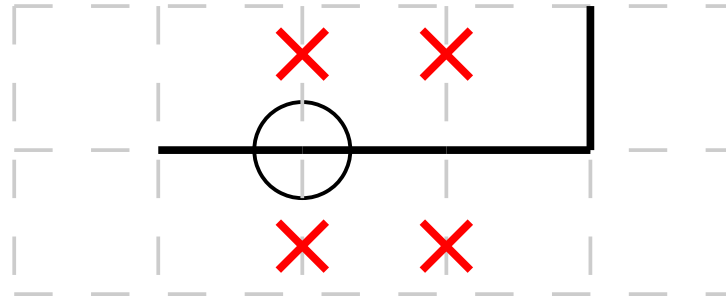
# Bufor L-kształtów



- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym punktem zaczepienia z określonym kierunkiem
  - Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia
  - Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu
  - **Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok**
  - Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok

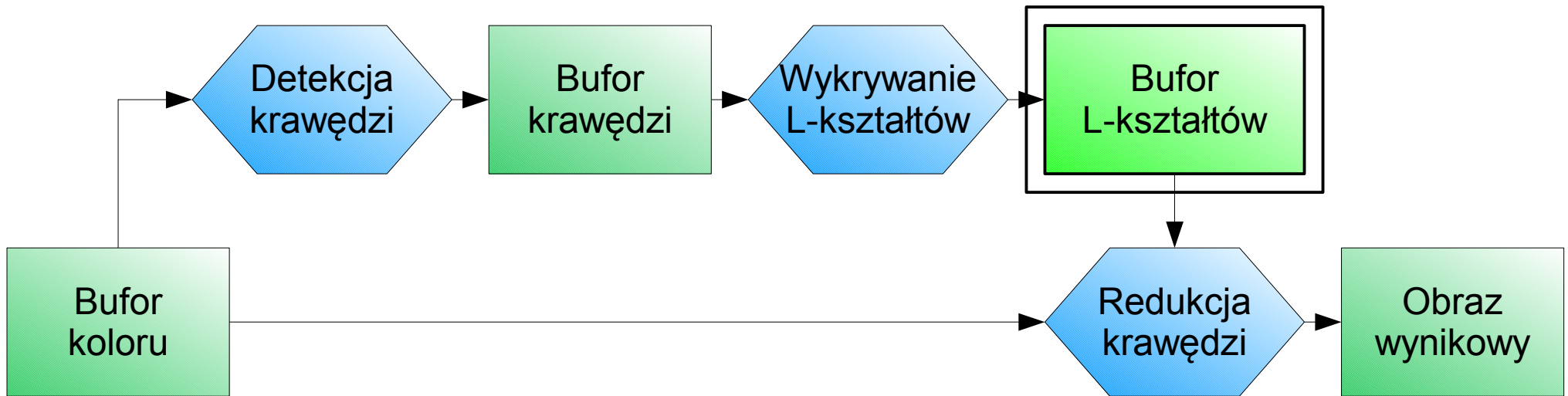


# Bufor L-kształtów



- L-kształt jest to
  - Ciąg krawędzi z określonym punktem zaczepienia z określonym kierunkiem
  - Obowiązkowa jedna krawędź przed punktem zaczepienia
  - Za punktem pewna (być może zerowa) liczba ciągłych krawędzi zgodnych z kierunkiem L-kształtu
  - Opcjonalnie zakończona krawędzią odchodzącą w bok
  - **Krawędzie wewnętrzne nie mają krawędzi odchodzących w bok**

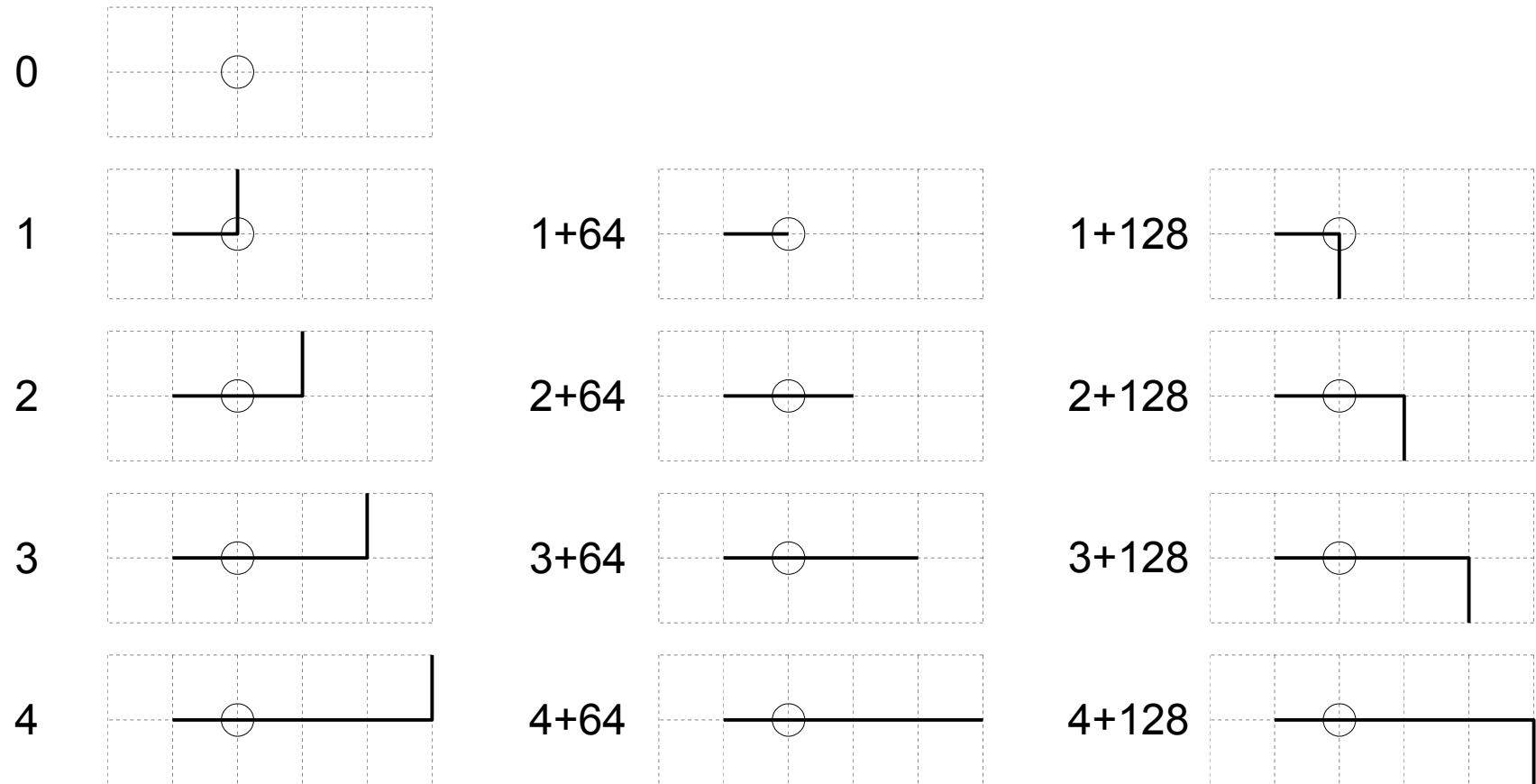
# Zasada działania



- Bufor L-kształtów

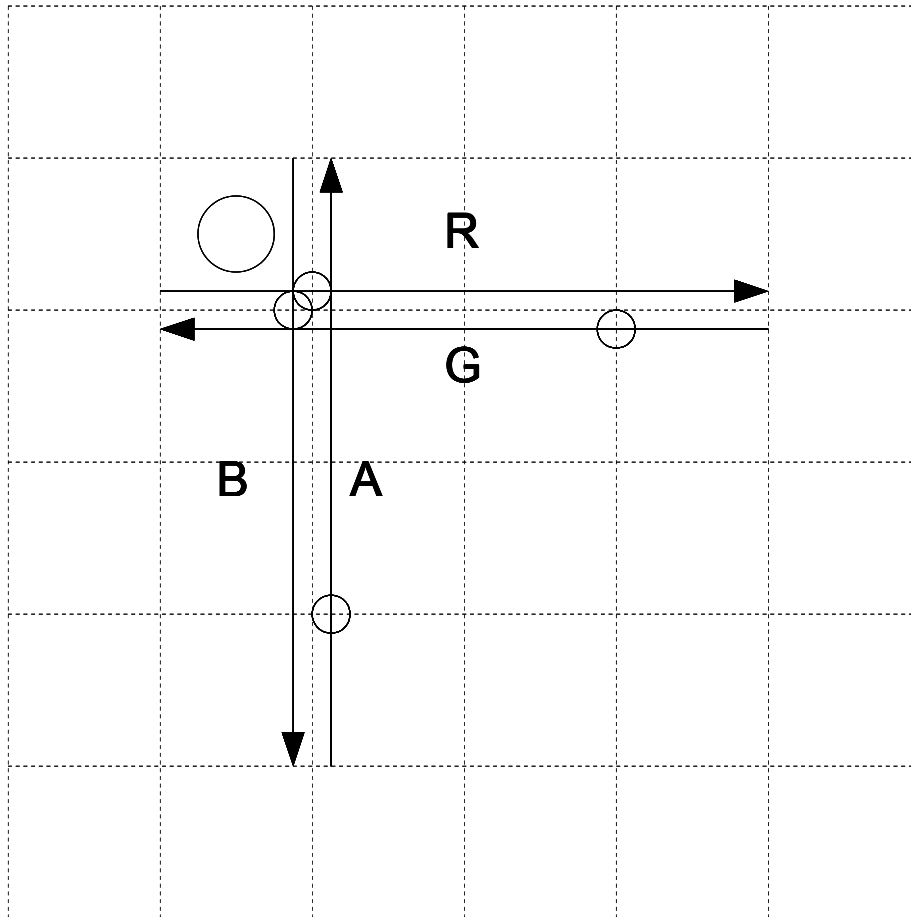
Każdy piksel bufora koduje informację o czterech potencjalnych L-kształtach w danym miejscu

# Bufor L-kształtów



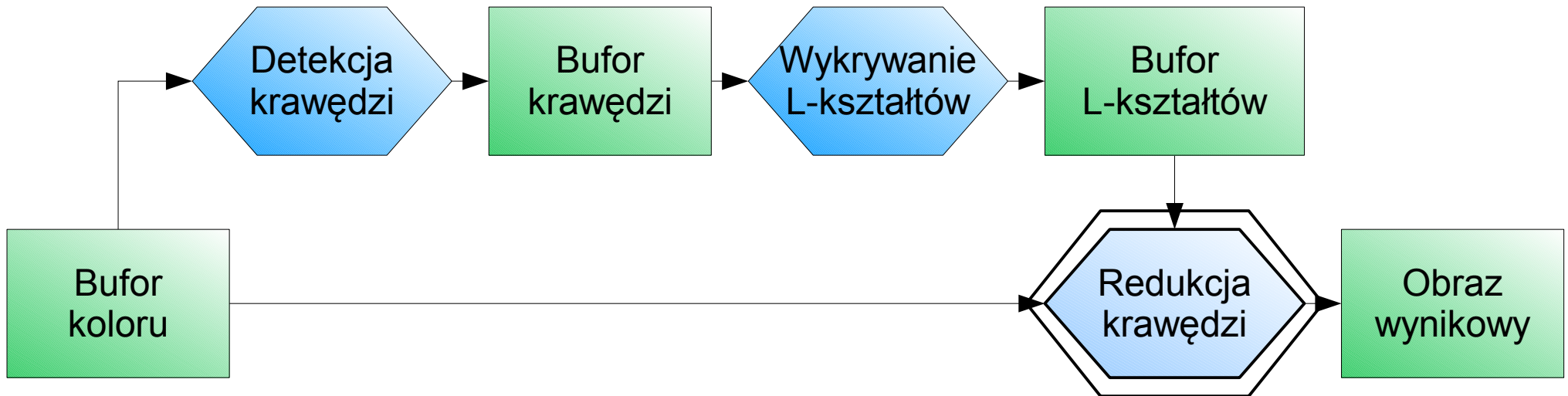
- W zakresie 0-255 pojedynczego kanału rendertargetu zakodowana jest pełna informacja o długości, kierunku i zakończeniu L-kształtu

# Bufor L-kształtów



- W każdym teksele rendertargetu przechowywana jest informacja o czterech L-kształtach w okolicy tekseła
- Położenie czterech L-kształtów wybrane jest tak, by móc je jednocześnie wyznaczyć na podstawie niewielkiej liczby próbek bufora krawędzi
- Każda składowa koduje jeden L-kształt. Punkty zaczepienia i kierunki L-kształtów kodowanych w danym teksele (szare koło) przedstawia rysunek.

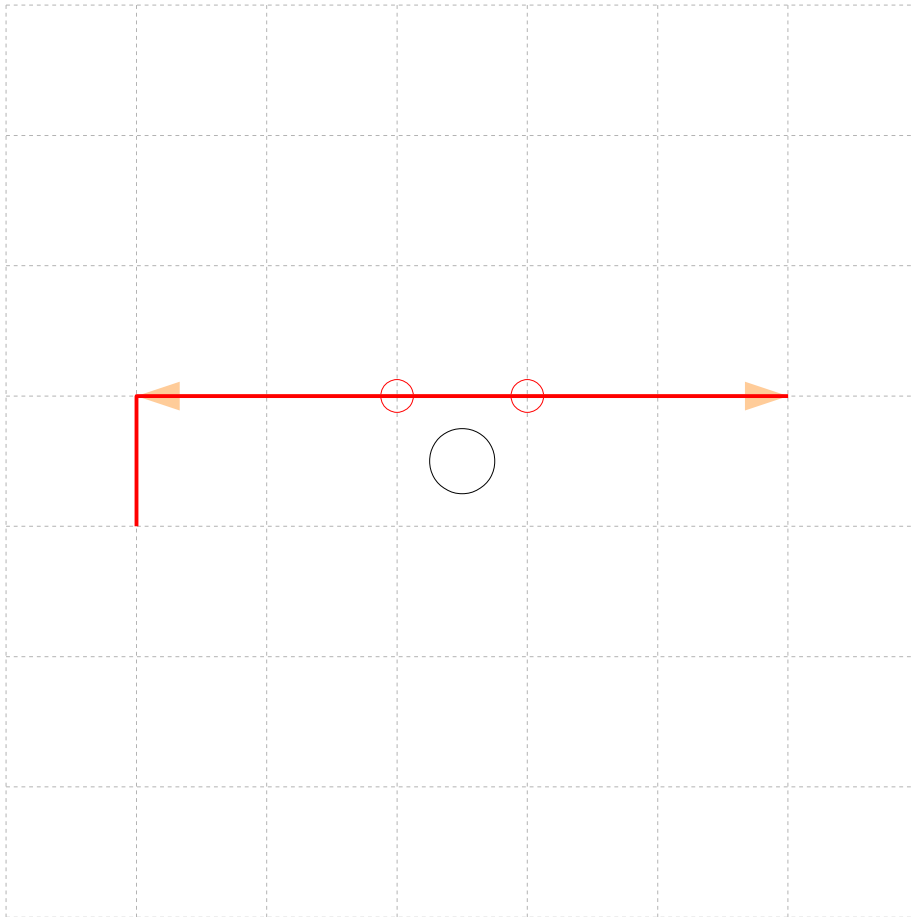
# Zasada działania



- Redukcja krawędzi

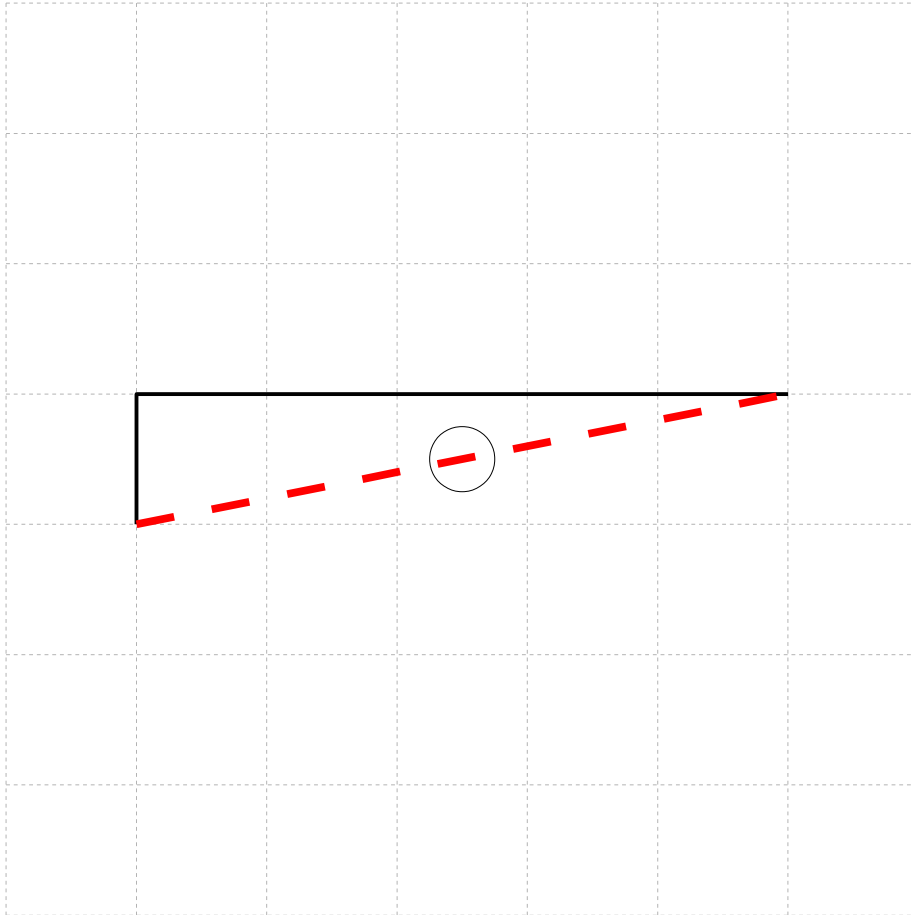
Krawędzie obrazu sceny są rekonstruowane bazując na informacji o L-kształtach, a następnie odpowiednio rozmywane

# Redukcja krawędzi



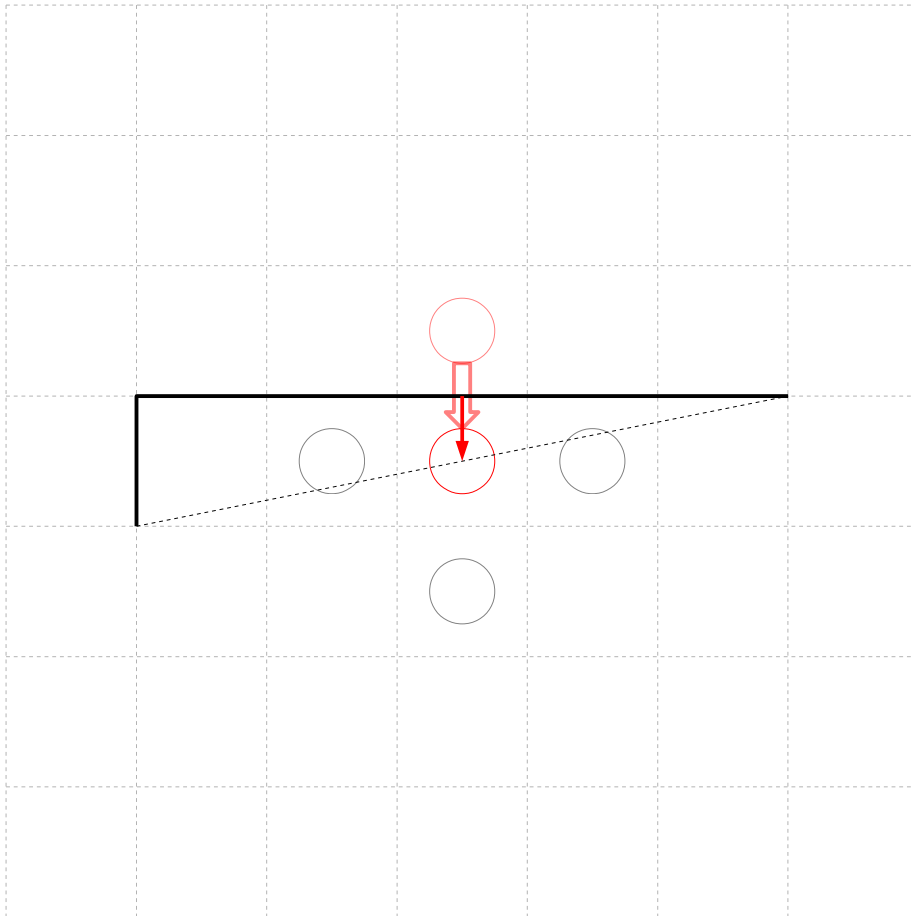
- Odczytywana jest informacja o dwóch L-kształtach (małe koła)
- Wyznaczana jest zrekonstruowana krawędź na podstawie pozycji końcowych odpowiednich L-kształtów
- Jeżeli krawędź zachodzi na analizowany piksel, domieszkowany jest kolor z drugiej strony krawędzi

# Redukcja krawędzi



- Odczytywana jest informacja o dwóch L-kształtach (małe koła)
- Wyznaczana jest zrekonstruowana krawędź na podstawie pozycji końcowych odpowiednich L-kształtów
- Jeżeli krawędź zachodzi na analizowany piksel, domieszkowany jest kolor z drugiej strony krawędzi

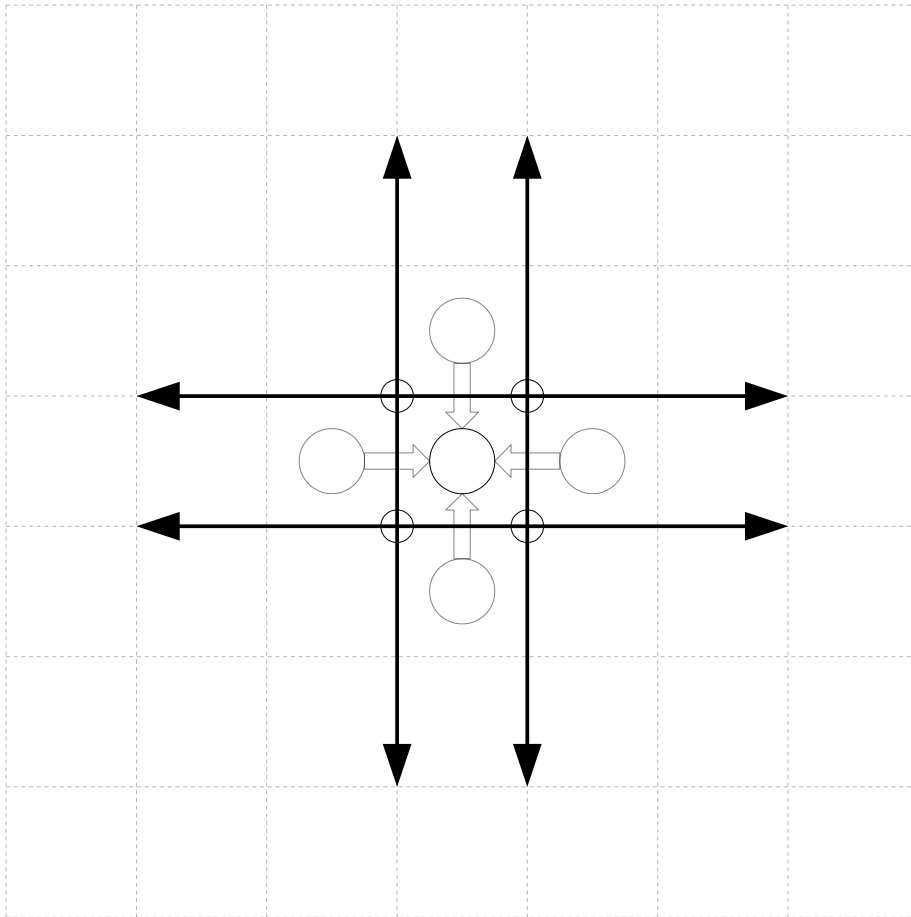
# Redukcja krawędzi



- Odczytywana jest informacja o dwóch L-kształtach (małe koła)
- Wyznaczana jest zrekonstruowana krawędź na podstawie pozycji końcowych odpowiednich L-kształtów
- **Jeżeli krawędź zachodzi na analizowany piksel, domieszkowany jest kolor z drugiej strony krawędzi**

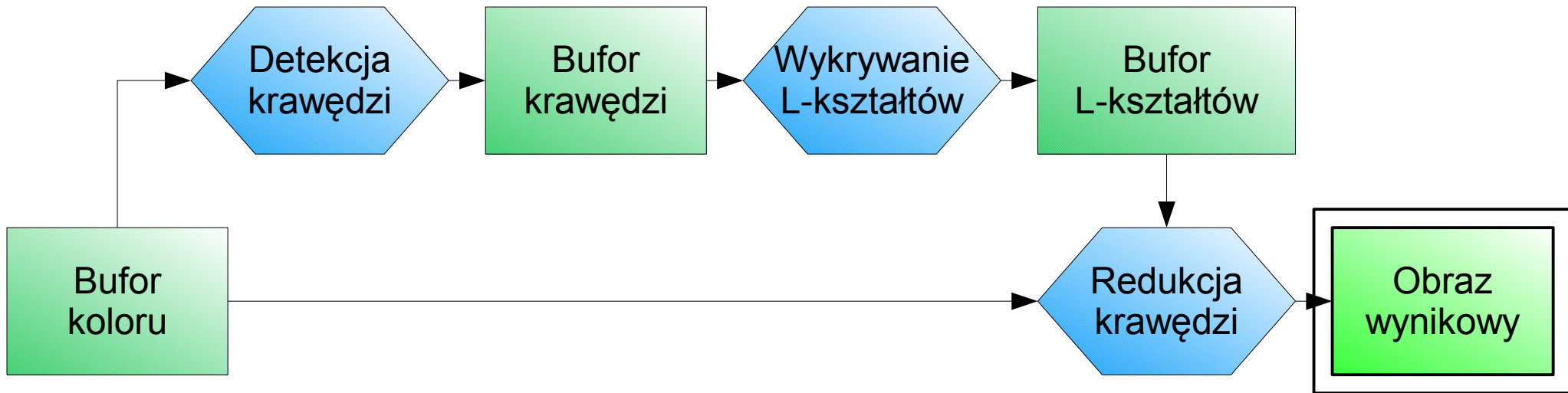


# Redukcja krawędzi



- Jednocześnie rekonstruowane są 4 przyległe krawędzie na podstawie 8 otaczających L-kształtów
- W przypadku wykrycia zachodzącej krawędzi, kolory sąsiednich pikseli są domieszkowane do koloru piksela

# Zasada działania



- **Obraz wynikowy**

Po etapie redukcji krawędzi produkowany jest finalny zantyaliasowany obraz

# Podsumowanie

- Zalety:
  - Prosta integracja (działanie jako postprocess)
  - Wysoka wydajność
  - Wsparcie dla DirectX 9
- Wady:
  - Brak obsługi długich krawędzi
  - Brak rekonstrukcji obiektów mniejszych niż 1 piksel

Prezentacja demo

Pytania?