

# SHADOW TECHNIQUES ON CONTEMPORARY HARDWARE AND THEIR COMPARISON

**Michal Tóth**

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xtothm00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jan Pečiva

E-mail: peciva@fit.vutbr.cz

**Abstract:** This thesis focuses on basic techniques of creating shadows in 3D computer graphics. Two basic techniques are compared – shadow maps and shadow volumes. In response to pros and cons of each approach a new technique is proposed. Our new technique uses fast shadow maps for shading larger areas and precise shadow volumes only on edges of shadows.

**Keywords:** EEICT, 3D graphics, illumination, shadows, OpenGL, shadow volumes, shadow maps

## 1 ÚVOD

Osvětlení a stíny jsou jednou z nejdůležitějších oblastí dnešní počítačové grafiky. Tato práce se zabývá tvorbou tzv. ostrých stínů – stíny tvořené bodovým světlem. Tyto stíny sice nejsou realistické jako měkké stíny a osvětlení globálních osvětlovacích metod, ale mají své využití např. v CAD programech a hrách.

Vycházíme zde ze dvou základních metod tvorby ostrých stínů. Metoda stínové mapy [1] a metoda stínová tělesa [2]. Metoda stínové mapy je rychlá, ale přináší mnoho vizuálně rušivých artefaktů, převážně na hranách stínů. Na druhé straně jsou stínová tělesa, která tvoří na pixel přesné stíny, ale jsou řádově deset až stokrát pomalejší, především kvůli nutnosti vykreslovat celý objem vzniklých stínových těles.

Snahou této práce je navrhnout metodu, která by využívala přesnost stínových těles, ale byla by urychlená pomocí stínových map.

## 2 HYBRIDNÍ METODA

Vedoucí práce Jan Pečiva navrhl prověřit metodu, která kombinuje rychlé stínové mapy a přesná stínová tělesa. Hlavní myšlenka je v použití stínových map na většinu scény a stínových těles pouze na hranách stínů.

Předpokládané urychlení by mělo nastat při vykreslování stínových těles. Stínová tělesa se nebudou muset vykreslovat v celém objemu, ale pouze v označených oblastech na hranách stínů.

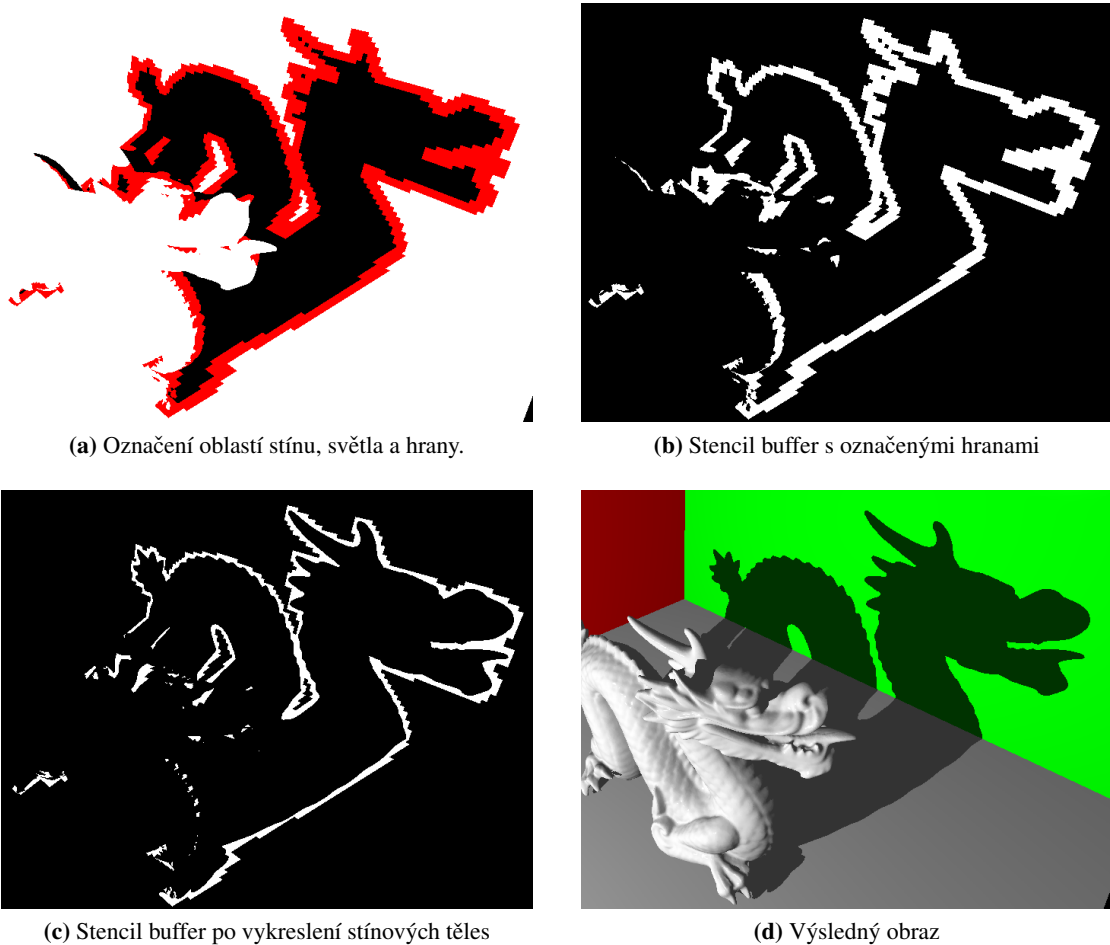
### 2.1 POSTUP VYKRESLENÍ

Metoda vyžaduje tři průchody geometrií a jeden průchod nad obdélníkem v prostoru obrazovky. Jednotlivé fáze jsou vidět na obrázku 1.

- První průchod vytvoří hloubkovou mapu z pohledu světla.
- V druhém průchodu se podle stínové mapy vytvoří tři obrazy. Hrany stínu, obraz bez stínu a obraz se stínem, zvětšeným o jeden texel stínové mapy. Hrana stínu se označuje do stencil

bufferu (obr. 1b), zbylé dva obrazy jsou RGB texturey. Hrana se detekuje čtením okolí ve stínové mapě podobně jako akumuluje okolí metoda PCF [3][4]. Podle okolí se zjistí, zda je pixel kompletně zastíněn/osvětlen, nebo zda leží na hraně (obr. 1a).

- Ve třetím průchodu se vykreslují stínová tělesa tvořená v geometry shaderu. Vykreslují se za použití stencil testu pouze v oblastech okolo hran stínu. To zabrání zbytečnému vykreslování v oblastech, kde není potřeba (obr. 1c).
- Na závěr se do obrazu se zvětšeným stínem doplní světlé části na hranách, které zbyly ve stencil bufferu. (obr. 1d)



**Obrázek 1:** Jednotlivé kroky vykreslení

## 2.2 ZHODNOCENÍ VÝKONNOSTI

Ani po snaze metodu optimalizovat se nepodařilo dosáhnout očekávané urychlení. Urychlení samotné části stínových těles se pohybuje pouze v rozmezí 4-6 %. Přestože stínová tělesa zabírají více než 88 % celkového času na snímek, výsledně nepřinášejí žádné urychlení. Všechny ušetřený čas se spotřebuje na vytváření potřebné stínové mapy a označování hran do stencil bufferu.

Při změření počtu vykreslených fragmentů (OpenGL dotaz `GL_SAMPLES_PASSED`) byl počet redukován 8 až 30-krát v závislosti na pozici kamery. To odpovídá očekávání. Přestože fragmenty neprošly stencil testem, stále je bylo nutné rasterizovat, pouze se nespustil fragment shader.

### 2.3 BUDOUCÍ VYUŽITÍ

Základní koncept rozdělení vykreslovaného obrazu na kompletně zastíněné a nezastíněné oblasti a hraniční stín by mohl být přínosem za předpokladu nalezení metody, která by přesně a rychle fungovala právě v označené hraniční oblasti.

Jako jedna z těchto metod se nabízí kombinace stínové mapy s ukládáním seznamu rovnic přímk stínícího tělesa nebo indexu stínícího trojúhelníku do hraničních pixelů. Tato metoda je zatím teoretická a bude se jí zabývat pokračování této práce.

## 3 ZÁVĚR

V práci byl navržen způsob kombinování stínových těles a stínových map. Hlavním účelem kombinování bylo omezení prostoru, kde se musí vykreslovat stínová tělesa, která jsou oproti stínovým mapám několikanásobně pomalejší, ale nabízí přesné stíny bez artefaktů. Omezení bylo realizováno použitím stencil bufferu a stencil testu, ale nakonec se ukázalo, že stencil test není pro tento účel příliš vhodný a výsledné urychlení bylo minimální.

I když tato konkrétní metoda nepřináší zrychlení, je zde ukázán způsob rozdělení stínu na rychle spočitatelnou oblast uvnitř stínu a na výkonově náročnější hrany.

## REFERENCE

- [1] Lance Williams. Casting curved shadows on curved surfaces. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1978, roč. 12, s. 270-274.
- [2] Franklin C. Crow. Shadow Algorithms for Computer Graphics. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1977, roč. 11, s. 242-248.
- [3] William T. Reeves, David H. Salesint, Robert L. Cook. Rendering Antialiased Shadows with Depth Maps. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1987, roč. 21, s. 283-291.
- [4] Randima Fernando. GPU Gems: Programming Techniques, Tips and Tricks for Real-Time Graphics. 1st edition. Boston, US: Addison-Wesley, 2004. ISBN 0-321-22832-4.