

Výpočet vržených stínů

© 1996-2016 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz

<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



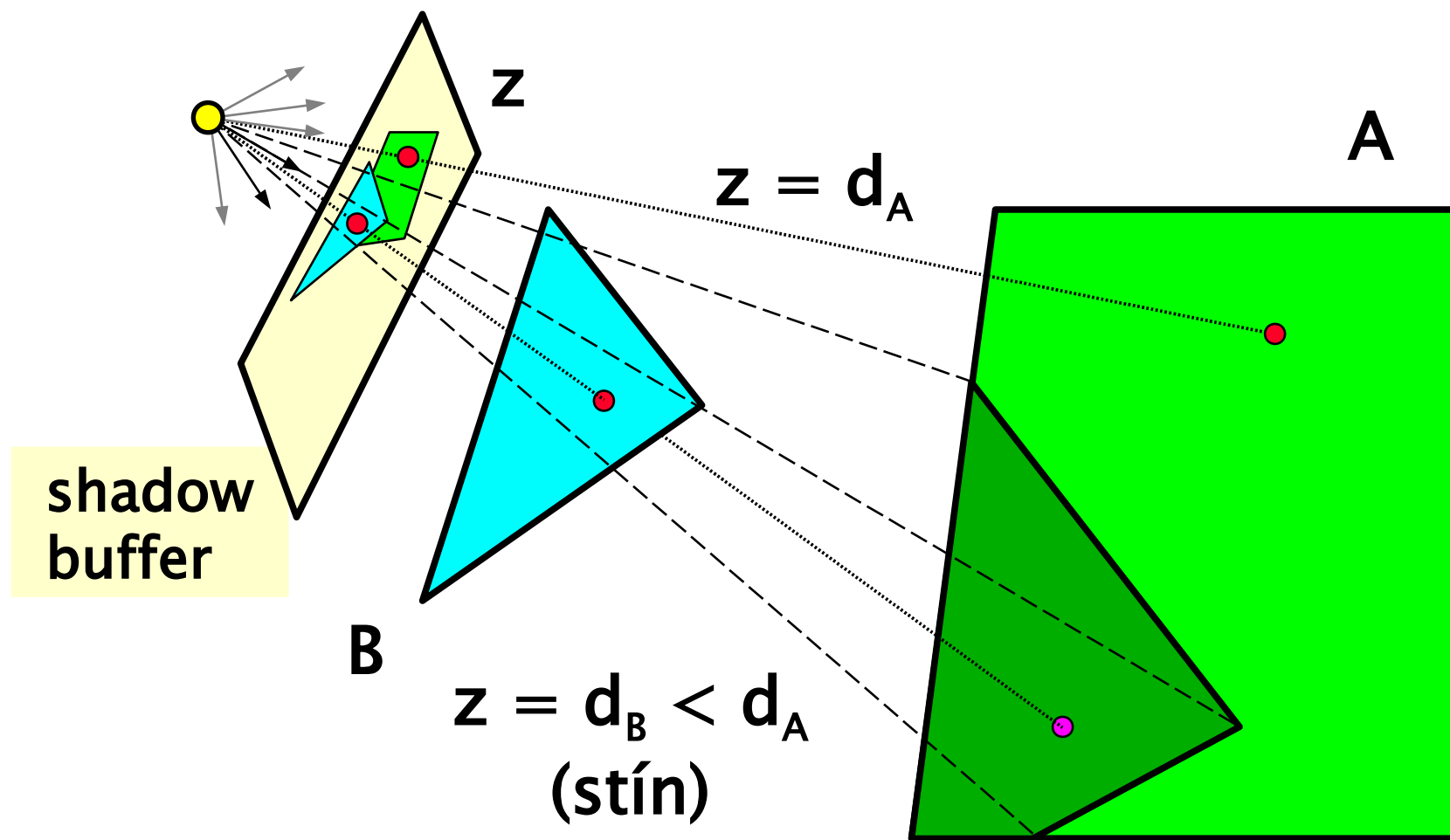
- ♦ **vícenásobný výpočet viditelnosti**
 - viditelnost **z pohledu světelného zdroje**, vhodná reprezentace stínů, běžný výpočet viditelnosti
 - **stínový Z-buffer**
- ♦ **stínová tělesa**
 - reprezentace stínu jako **3D tělesa**, výpočet průniku
 - reprezentace stínů pomocí **BSP**
- ♦ **přímé metody** výpočtu stínů
 - řádkové algoritmy (světlo shora, ..)
 - realistické zobrazovací metody (sledování paprsku)

Stínový Z-buffer (mapa stínů)

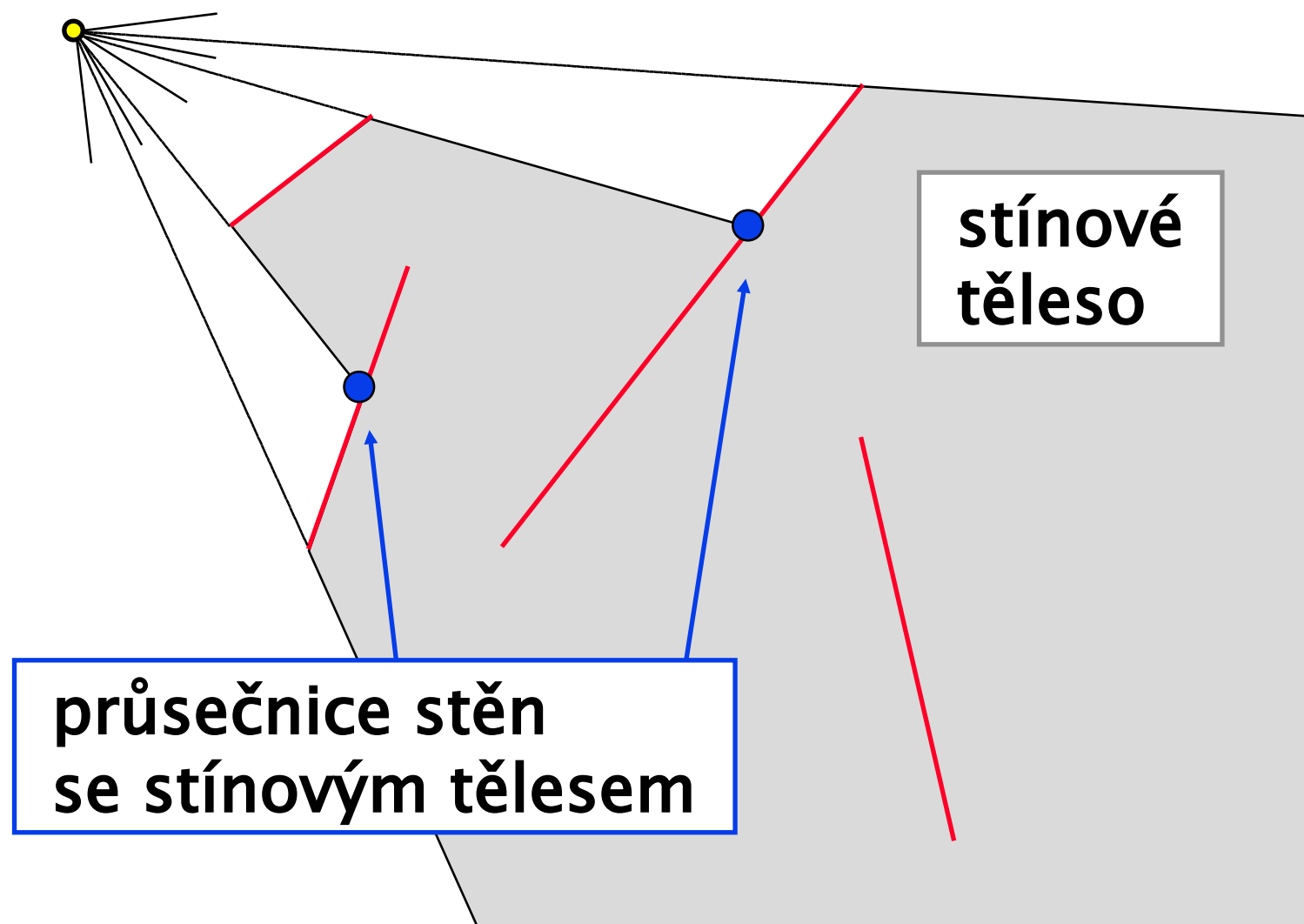


- ❶ **výpočet Z-bufferu z pohledu zdroje světla**
 - stačí počítat pouze hloubky (pole $z[x,y]$)
 - ❷ **běžný výpočet viditelnosti**
 - pixelově orientovaný algoritmus
 - v každém pixelu spočítám jeho vzdálenost od zdroje d .
Po projekci do $z[x,y]$ zjistím vzdálenost z
 - je-li $z < d$, kreslený pixel leží ve stínu (v Z-bufferu byla v tom místě vidět jiná plocha)
- ➔ okolní pixely v $z[x,y]$ \Rightarrow přesnější hranice stínů

Stínový Z-buffer („shadow map“)



Stínová tělesa



Stínová tělesa



Metody reprezentace stínových těles:

- ➔ **soustava mnohostěnů**
 - stačí uchovávat jen boční stěny
 - pořadí kreslených ploch zepředu-do zadu vzhledem ke zdroji světla
 - sjednocení elementárních stínových jehlanů
- ➔ **BSP-reprezentace** stínových těles
 - do BSP-reprezentace scény přidám stěny určené zdrojem světla a osvětlenými hranami ploch



Volumetric shadows

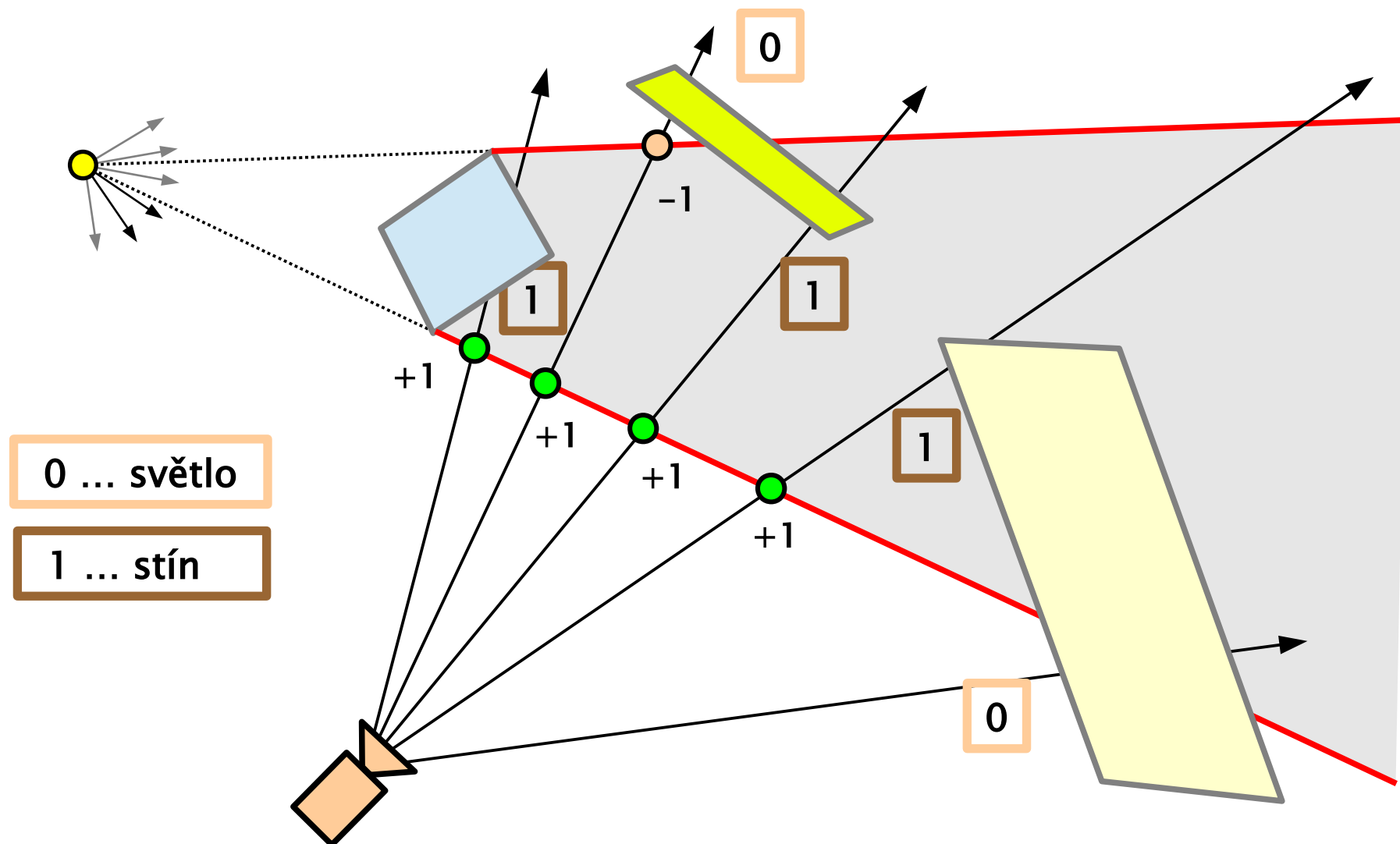
- ♦ každé osvětlené těleso vrhá nekonečný stín (množina zastíněných bodů = „**stínové těleso**“)
- ♦ **boční stěny** stínového tělesa uvažujeme jako neviditelné, virtuální čtyřúhelníky
 - paprsek od kamery k zobrazovanému tělesu se proti takovým stěnám testuje
 - GPU může **virtuální stěny rasterizovat** a „kreslit“ je do šablony (obraz při tom zůstává nezměněn)
- ♦ nakonec **buffer šablony** vyznačuje **osvětlenou** nebo **zastíněnou** část scény
 - tento postup se musí opakovat pro každý světelný zdroj



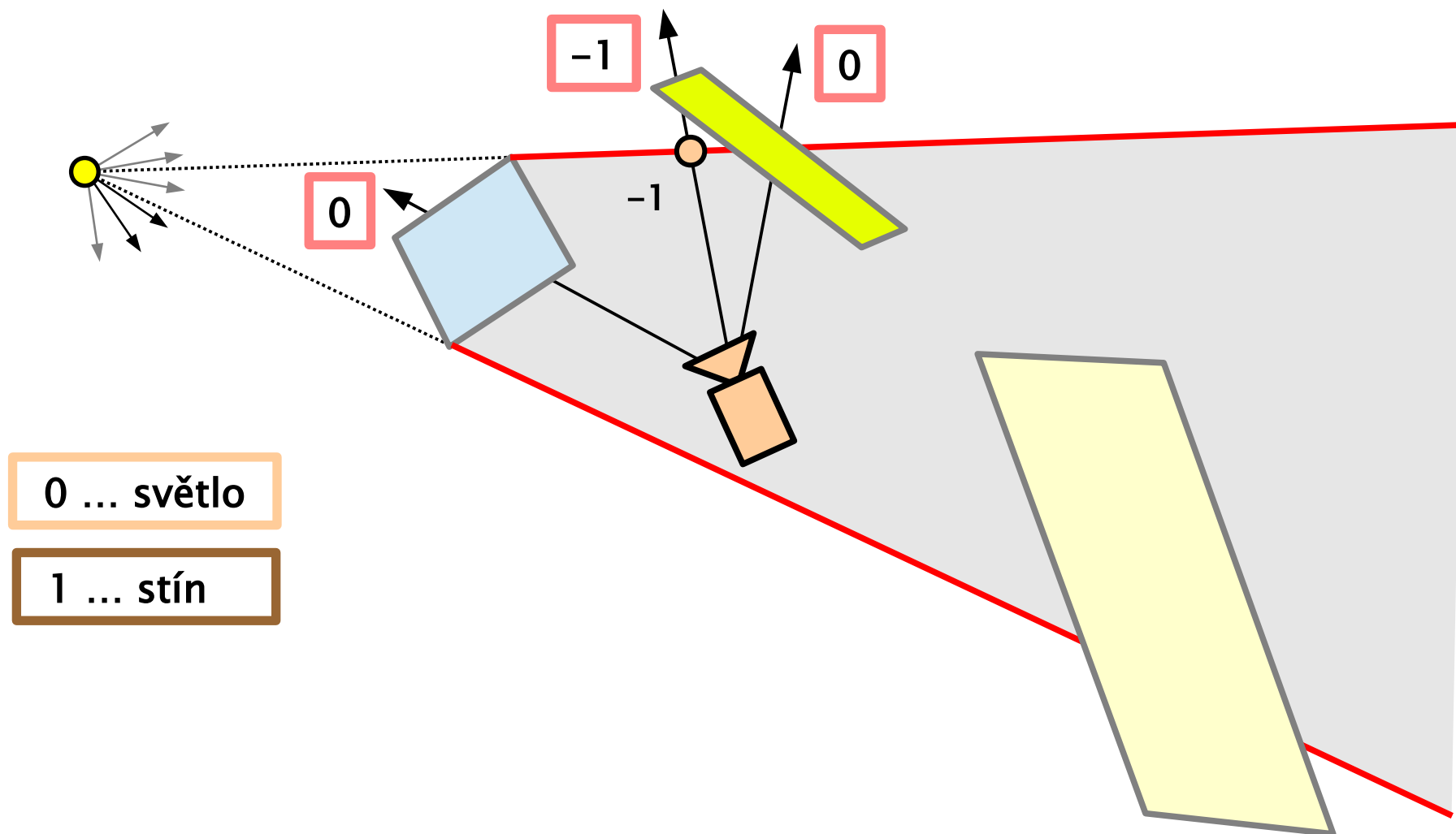
Stínové objemy I

- ♦ společný **první krok** – kreslení celé skutečné scény
 - zapisuje se do depth-bufferu, osvětlení: „ambient”
- ♦ boční stěny stínového tělesa se dělí na **přivrácené** a **odvrácené**
 - při kreslení stínových těles se **nezapisuje do depth-bufferu** (ale k testování viditelnosti se používá)
- ♦ **druhý krok** **kreslí pouze boční stěny stínových** těles:
 - **přivrácené viditelné** stěny **inkrementují** šablonu
 - **odvrácené viditelné** stěny **dekrementují** šablonu
- ♦ **třetí krok** má v šabloně **nulovou hodnotu pro osvětlené části** (přidá se příspěvek světelného zdroje)

Stínové objemy I



Stínové objemy I – selhání

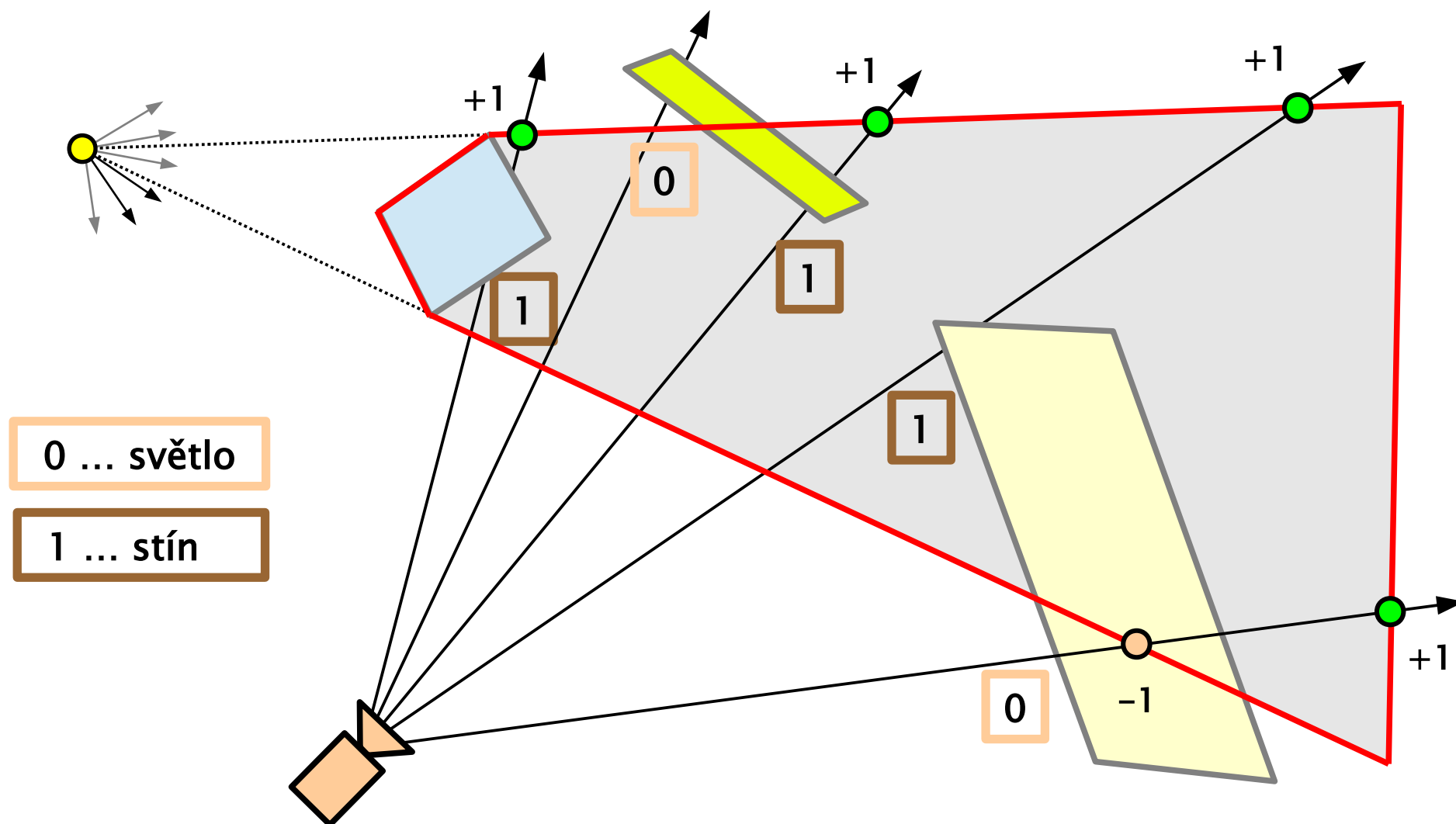




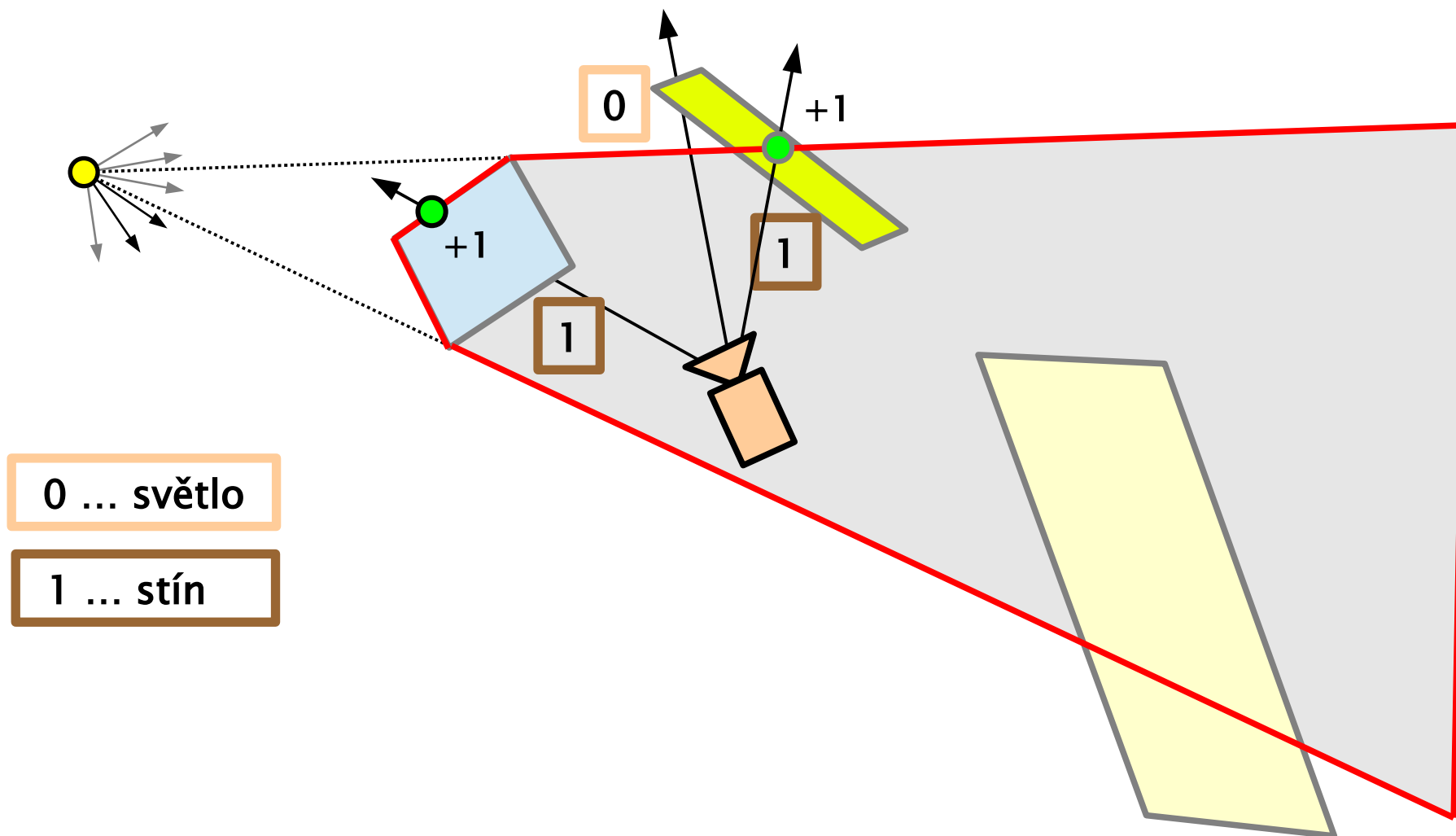
Stínové objemy II

- ♦ **kamera** může být umístěna kdekoli
 - stínová tělesa jsou dokonale uzavřená „**čepičkami**” – jedna je tvořena osvětlenou částí tělesa, druhá leží v nekonečnu
- ♦ **druhý krok** – kreslí se boční stěny stínových těles a obě „čepičky”
 - **přivrácené neviditelné stěny dekrementují šablonu**
 - **odvrácené neviditelné stěny inkrementují šablonu**
- ♦ **třetí krok** má v šabloně **nulovou hodnotu pro osvětlené části** (přidá se příspěvek světelného zdroje)

Stínové objemy II



Stínové objemy II – v pořádku





Vrcholy v nekonečnu

- ♦ boční stěny i zadní čepička potřebují mít vrcholy v **nekonečnu**
 - vzdálenější od kamery než jakékoli jiné objekty
- ♦ průmět vrcholu $[\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{1}]$ do nekonečna: $[\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{0}]$
- ♦ **projekční matice** s hodnotou „**far** = ∞ “:

$$A = \frac{2n}{r-l} \quad B = \frac{r+l}{r-l} \quad C = \frac{2n}{t-b} \quad D = \frac{t+b}{t-b}$$

$$M(n, \infty, r, l, t, b) = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & 0 & 0 \\ -B & -D & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -2n & 0 \end{bmatrix}$$



Průmět do nekonečna

- ♦ projekce **vlastního bodu** (včetně vydělení homogenní složkou):

$$\begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \cdot M = \begin{bmatrix} \frac{x}{z} A - B & \frac{y}{z} C - D & 1 - \frac{2n}{z} \end{bmatrix}$$

- ♦ projekce **nevlastního bodu**:

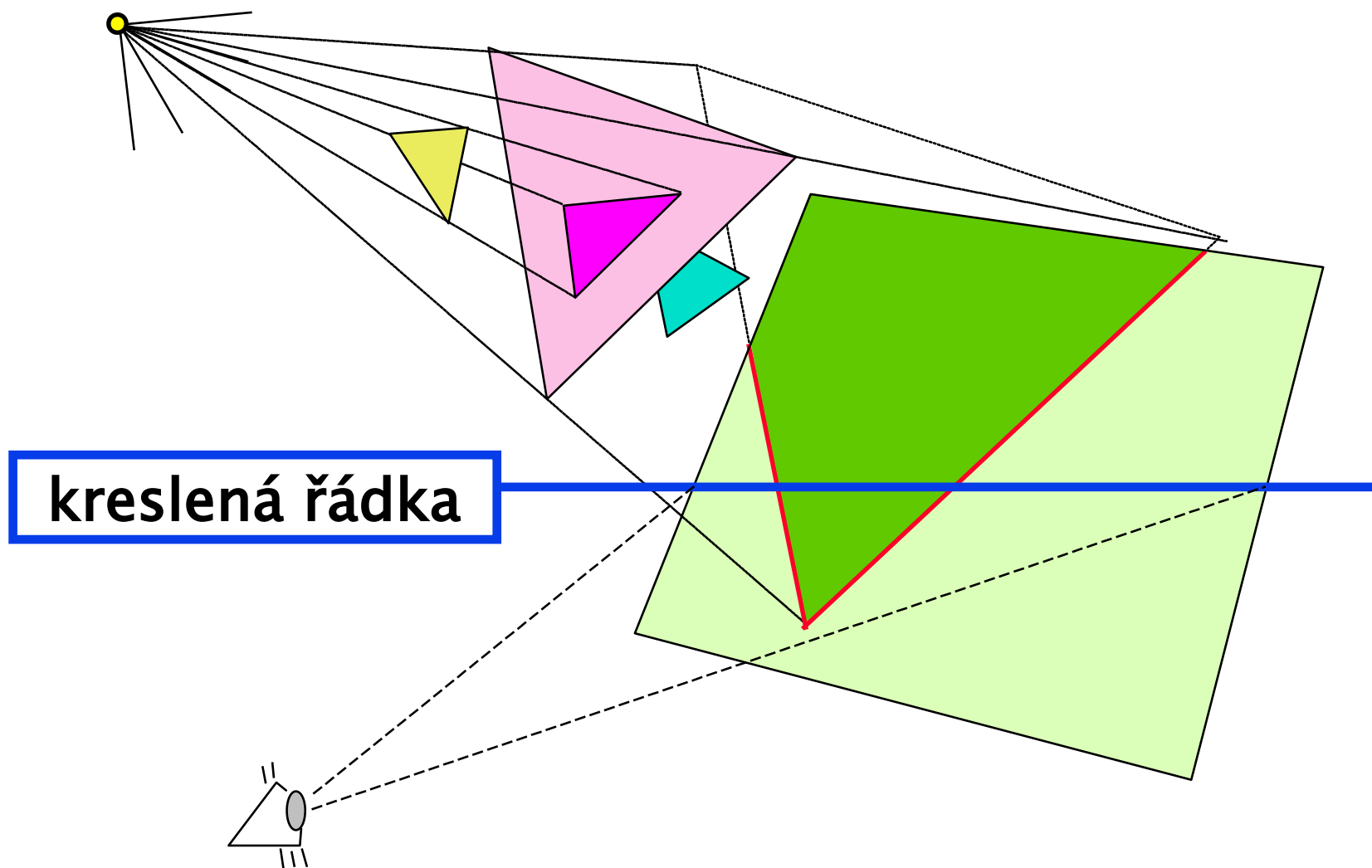
$$\begin{bmatrix} x & y & z & 0 \end{bmatrix} \cdot M = \begin{bmatrix} \frac{x}{z} A - B & \frac{y}{z} C - D & 1 \end{bmatrix}$$

Řádkový algoritmus



- ➔ **osvětlení** scény shora
 - ve směru postupu řádkového rozkladu
- ➔ na **vykreslovanou stěnu** se promítají hrany stěn, které ji mohou zastínit
 - tyto hrany se již zpracovaly (právě se zpracovávají)
 - promítají se pouze osvětlené hrany
- ◆ **další urychlení** (Bouknight a Kelley, 1970)
 - předzpracováním (projekcí ze světelného zdroje) zjistím, které stěny se vůbec mohou stínit

Řádkový algoritmus





Literatura

- **J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes:**
***Computer Graphics, Principles and Practice*,**
745-753
- **Jiří Žára a kol.: *Počítačová grafika*,** principy a
algoritmy, 361-363