Architektura (arytmetyka) komputerów - systemy uzupełnieniowe

Przemek Błaśkiewicz

23 października 2024

Definicje

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$

Definicje

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$
- $X + \overline{X} = \mathsf{Q} \stackrel{df}{=} \{\beta - 1, \beta - 1, \ldots, \beta - 1\}$

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$
- $X + \overline{X} = \mathsf{Q} \stackrel{df}{=} \{\beta - 1, \beta - 1, \ldots, \beta - 1\}$
- **odwrotność** arytmetyczna: $\widetilde{X} + X = 0 \Leftrightarrow -X = \widetilde{X}$

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$
- $X + \overline{X} = \mathrm{Q} \stackrel{df}{=} \{\beta - 1, \beta - 1, \ldots, \beta - 1\}$
- **odwrotność** arytmetyczna: $\widetilde{X} + X = 0 \Leftrightarrow -X = \widetilde{X}$

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$
- $X + \overline{X} = \mathrm{Q} \stackrel{df}{=} \{\beta - 1, \beta - 1, \ldots, \beta - 1\}$
- **odwrotność** arytmetyczna: $\widetilde{X} + X = 0 \Leftrightarrow -X = \widetilde{X}$

$$-X = \overline{X} - Q = \overline{X} + \widetilde{Q}$$

Liczba $X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})$ w podstawie β.

- **dopełnienie:** $\overline{X} = \{\overline{x_{k-1}}, \ldots, \overline{x_0}, \ldots, \overline{x_{-m}}\}$: $\overline{x_i} = \beta - 1 - x_i$
- $X + \overline{X} = \mathrm{Q} \stackrel{df}{=} \{\beta - 1, \beta - 1, \ldots, \beta - 1\}$
- **odwrotność** arytmetyczna: $\widetilde{X} + X = 0 \Leftrightarrow -X = \widetilde{X}$

$$-X = \overline{X} - Q = \overline{X} + \widetilde{Q}$$

$$X - Y = X + \overline{Y} - Q = X + \overline{Y} + \widetilde{Q}$$

Reprezentacja

- liczby dodatniej: taka sama jak w syst. naturalnym

System uzupełnieniowy

Reprezentacja

- liczby dodatniej: taka sama jak w syst. naturalnym
- liczby ujemnej: przez uzupełnienie do bazy R:

$$\widetilde{X} = R - X$$

System uzupełnieniowy

Reprezentacja

- liczby dodatniej: taka sama jak w syst. naturalnym
- liczby ujemnej: przez uzupełnienie do bazy R:

$$\widetilde{X} = R - X$$

Reprezentacja

- liczby dodatniej: taka sama jak w syst. naturalnym
- liczby ujemnej: przez uzupełnienie do bazy R:

$$\widetilde{X} = R - X$$

System uzupełnieniowy **pełny**:

- $R = Q + ulp$
- $\widetilde{0} = R - 0 \rightarrow$ nie ma "-0"
- R nie ma reprezentacji

Reprezentacja

- liczby dodatniej: taka sama jak w syst. naturalnym
- liczby ujemnej: przez uzupełnienie do bazy R:

$$\widetilde{X} = R - X$$

System uzupełnieniowy **pełny**:

- $R = Q + ulp$
- $\widetilde{0} = R - 0 \rightarrow$ nie ma "-0"
- R nie ma reprezentacji

System uzupełnieniowy **niepełny**:

- $R = Q$
- $\widetilde{0} = Q - 0 = Q \rightarrow$ dwa zera!

Dopełnienie liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X =$$

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X = R - \overline{X} - Q = \overline{X} + (R - Q),$$

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X = R - \overline{X} - Q = \overline{X} + (R - Q),$$

czyli

$$\widetilde{X} = \overline{X} + \begin{cases} 1 & \text{s.u. pełny } (R = Q + ulp) \\ 0 & \text{s.u. niepełny } (R = Q) \end{cases}$$

Dopełnienie liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X = R - \overline{X} - Q = \overline{X} + (R - Q),$$

czyli

$$\widetilde{X} = \overline{X} + \begin{cases} 1 & \text{s.u. pełny } (R = Q + ulp) \\ 0 & \text{s.u. niepełny } (R = Q) \end{cases}$$

Ostatecznie (ponownie) odejmowanie można zapisać jako:

$$X - Y = X + \widetilde{Y} = X + \overline{Y} + (R - Q) =$$

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X = R - \overline{X} - Q = \overline{X} + (R - Q),$$

czyli

$$\widetilde{X} = \overline{X} + \begin{cases} 1 & \text{s.u. pełny } (R = Q + ulp) \\ 0 & \text{s.u. niepełny } (R = Q) \end{cases}$$

Ostatecznie (ponownie) odejmowanie można zapisać jako:

$$X - Y = X + \widetilde{Y} = X + \overline{Y} + (R - Q) = X + \overline{Y} + \widetilde{Q}$$

Dopełnienie liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X > 0$. Pamiętając, że $\overline{X} = Q - X$:

$$\widetilde{X} = R - X = R - \overline{X} - Q = \overline{X} + (R - Q),$$

czyli

$$\widetilde{X} = \overline{X} + \begin{cases} 1 & \text{s.u. pełny } (R = Q + ulp) \\ 0 & \text{s.u. niepełny } (R = Q) \end{cases}$$

Ostatecznie (ponownie) odejmowanie można zapisać jako:

$$X - Y = X + \widetilde{Y} = X + \overline{Y} + (R - Q) = X + \overline{Y} + \widetilde{Q} \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

Wartość liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$
wartość X : $-(\overline{X} + ulp)$

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$
wartość X : $-(\overline{X} + ulp)$

System niepełny: $\widetilde{X} = Q - X = \overline{X}$

Wartość liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$
wartość $X: \ -(\overline{X} + ulp)$

System niepełny: $\widetilde{X} = Q - X = \overline{X}$
wartość $X: \ -(\overline{X})$

Wartość liczby w syst. uzupełnieniowym

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$
wartość $X: \ -(\overline{X} + ulp)$

System niepełny: $\widetilde{X} = Q - X = \overline{X}$
wartość $X: \ -(\overline{X})$

Weźmy $X < 0$. Z definicji: $\widetilde{X} = R - X$.

System pełny: $\widetilde{X} = (Q + ulp) - X = Q - X + ulp = \overline{X} + ulp$
wartość X : $-(\overline{X} + ulp)$

System niepełny: $\widetilde{X} = Q - X = \overline{X}$
wartość X : $-(\overline{X})$

Zatem z ogólnego wzoru na wartość liczby: $\sum_{i=-m}^{k-1} x_i \beta^i$ ...

Wartość liczby w systemie U1, U2

$$X = [x_{k-1} - \beta \cdot \phi(x_{k-1})]\,\beta^{k-1} + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i \beta^i + (1-\delta)\cdot\phi(x_{k-1})\beta^{-m}$$

$$\phi(x) = \frac{1}{2}\left(1 + \mathrm{sgn}(2x_{k-1} + 1 - \beta)\right) = \begin{cases} 0 & \text{dla } 2x_{k-1} < \beta \\ 1 & \text{dla } 2x_{k-1} \geqslant \beta \end{cases}$$

Czyli "wzór" na to, czy liczba jest dodatnia, czy ujemna.

Wartość liczby w systemie U1, U2

$$X = [x_{k-1} - \beta \cdot \phi(x_{k-1})]\,\beta^{k-1} + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i\beta^i + (1-\delta)\cdot\phi(x_{k-1})\beta^{-m}$$

$$\phi(x) = \frac{1}{2}\,(1 + \operatorname{sgn}(2x_{k-1} + 1 - \beta)) = \begin{cases} 0 & \text{dla } 2x_{k-1} < \beta \\ 1 & \text{dla } 2x_{k-1} \geqslant \beta \end{cases}$$

Czyli "wzór" na to, czy liczba jest dodatnia, czy ujemna.

- U2: $(1-\beta) = 0, \beta = 2, \phi(x_{k-1}) = x_{k-1}$:

$$-x_{k-1}2^{k-1} + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i\beta^i$$

$$X = [x_{k-1} - \beta \cdot \phi(x_{k-1})]\, \beta^{k-1} + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i \beta^i + (1-\delta) \cdot \phi(x_{k-1}) \beta^{-m}$$

$$\phi(x) = \frac{1}{2}\left(1 + \operatorname{sgn}(2x_{k-1} + 1 - \beta)\right) = \begin{cases} 0 & \text{dla } 2x_{k-1} < \beta \\ 1 & \text{dla } 2x_{k-1} \geqslant \beta \end{cases}$$

Czyli "wzór" na to, czy liczba jest dodatnia, czy ujemna.

- U2: $(1-\beta) = 0, \beta = 2, \phi(x_{k-1}) = x_{k-1}$:

$$-x_{k-1} 2^{k-1} + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i \beta^i$$

- U1: $(1-\beta) = 1, \beta = 2, \phi(x_{k-1}) = x_{k-1}$:

$$-x_{k-1}(2^{k-1} - 2^{-m}) + \sum_{i=-m}^{k-2} x_i \beta^i$$

Dodawanie

Niech:
$X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})_\beta$,
$Y = (y_{k-1}, y_{k-2}, \ldots, y_1, y_0, \ldots, y_{-m})_\beta$.

Dodawanie

Niech:
$X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})_\beta$,
$Y = (y_{k-1}, y_{k-2}, \ldots, y_1, y_0, \ldots, y_{-m})_\beta$.

Wtedy mamy

$$x_i \pm y_i \pm c_i = s_i \pm \beta c_{i+1},$$

Dodawanie

Niech:
$X = (x_{k-1}, x_{k-2}, \ldots, x_1, x_0, \ldots, x_{-m})_\beta$,
$Y = (y_{k-1}, y_{k-2}, \ldots, y_1, y_0, \ldots, y_{-m})_\beta$.

Wtedy mamy

$$x_i \pm y_i \pm c_i = s_i \pm \beta c_{i+1},$$

gdzie $S = (s_{k-1}, s_{k-2}, \ldots, s_1, s_0, \ldots, s_{-m})_\beta$ jest sumą (różnicą), a c_i kolejnymi przeniesieniami.

$$x_i \pm y_i \pm c_i = s_i \pm \beta c_{i+1},$$

$$x_i \pm y_i \pm c_i = s_i \pm \beta c_{i+1},$$

Dla ustalenia uwagi weźmy $\beta = 2$. Wtedy $\phi(x) = x$. Wartością liczby X jest:

$$|X| = -x_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} x_i 2^i.$$

Dodawanie/odejmowanie binarne

$$x_i \pm y_i \pm c_i = s_i \pm \beta c_{i+1},$$

Dla ustalenia uwagi weźmy $\beta = 2$. Wtedy $\phi(x) = x$. Wartością liczby X jest:

$$|X| = -x_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} x_i 2^i.$$

Policzmy $X \pm Y = \ldots$

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$

Dodawanie binarne - korekta i nadmiar

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$

Dodawanie binarne - korekta i nadmiar

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$

Dodawanie binarne - korekta i nadmiar

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 1$ - OK!

Dodawanie binarne - korekta i nadmiar

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0, c_k = 1$ - źle!

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0, c_k = 1$ - źle!
- oba operandy dodatnie: $x_{k-1} + y_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 0$

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0, c_k = 1$ - źle!
- oba operandy dodatnie: $x_{k-1} + y_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 0$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 1$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 0$ - źle!

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1$, $c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0$, $c_k = 1$ - źle!
- oba operandy dodatnie: $x_{k-1} + y_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 0$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 1$, czyli $s_{k-1} = 1$, $c_k = 0$ - źle!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 0$, czyli $s_{k-1} = 0$, $c_k = 0$ - OK

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \to c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \to c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \to c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1$, $c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0$, $c_k = 1$ - źle!
- oba operandy dodatnie: $x_{k-1} + y_{k-1} = 0 \to c_k = 0$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 1$, czyli $s_{k-1} = 1$, $c_k = 0$ - źle!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 0$, czyli $s_{k-1} = 0$, $c_k = 0$ - OK

Dodawanie binarne - korekta i nadmiar

$$S = -s_{k-1}R + \sum_{i=-m}^{k-1} s_i 2^i \underbrace{+c_k(2^k - R)}_{\text{korekta}} + \underbrace{[s_{k-1} + c_k - (x_{k-1} + y_{k-1})]}_{\text{nadmiar}} R$$

- oba operandy różne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 1$
  - wynik dodatni: $s_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 1$
  - wynik ujemny: $s_{k-1} = 1 \rightarrow c_k = 0$
- oba operandy ujemne: $x_{k-1} + y_{k-1} = 2 \rightarrow c_k = 1$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 3$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 1$ - OK!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 2$, czyli $s_{k-1} = 0, c_k = 1$ - źle!
- oba operandy dodatnie: $x_{k-1} + y_{k-1} = 0 \rightarrow c_k = 0$
  - jeśli $c_{k-1} = 1$, to $x_i + y_i + c_i = 1$, czyli $s_{k-1} = 1, c_k = 0$ - źle!
  - jeśli $c_{k-1} = 0$, to $x_i + y_i + c_i = 0$, czyli $s_{k-1} = 0, c_k = 0$ - OK