

## 9. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОДАВАННЯ ТА ВІДНІМАННЯ ЧИСЕЛ ІЗ ПЛАВАЮЧОЇ КОМИ (ПДП ПЛК)

### 9.1. Структура ПДВ ПЛК

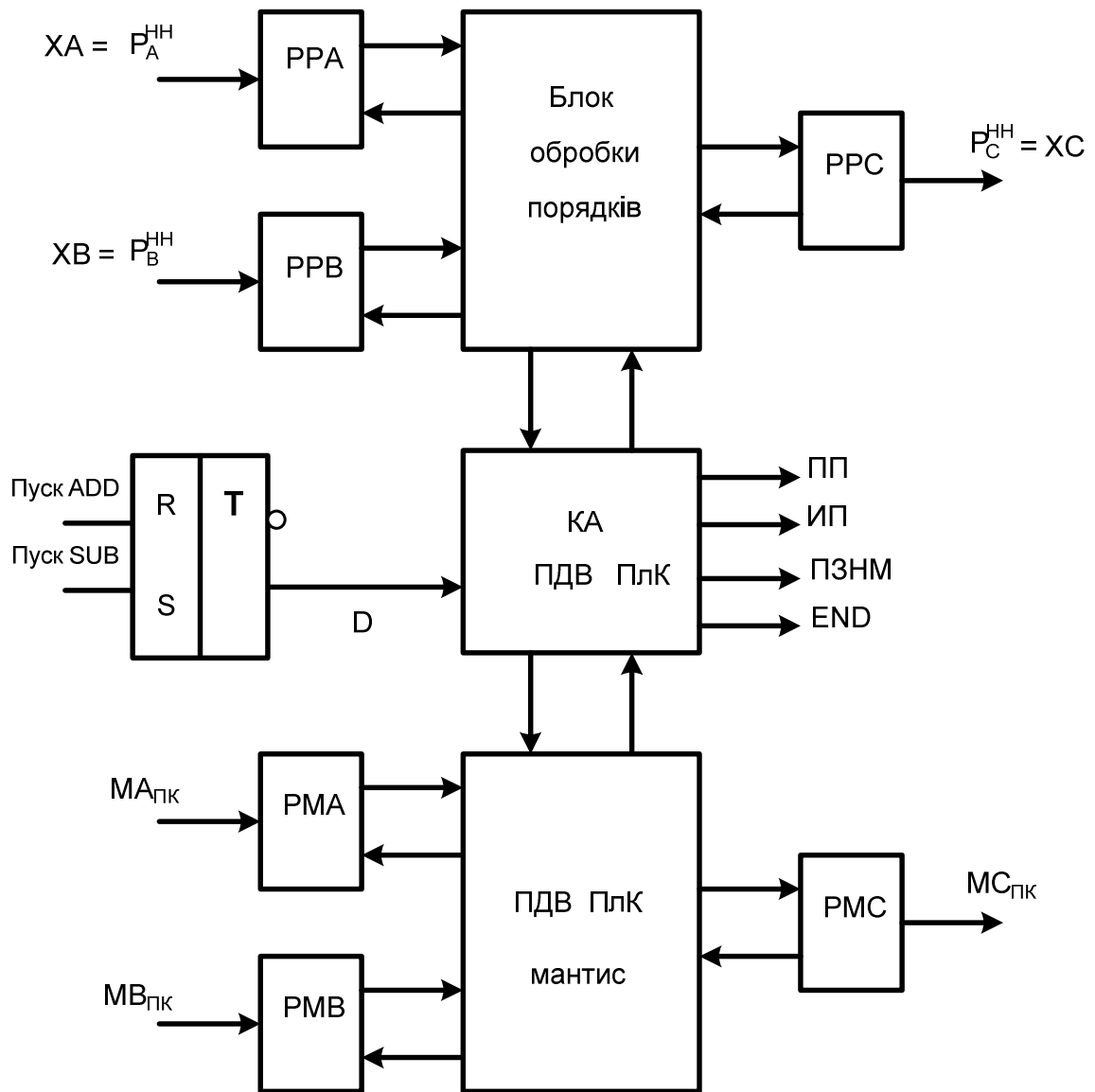


Рисунок 9.1 - Узагальнена структурна схема ПДВ ПЛК

**Примітки.** PPA, PPB, PPC - відповідно регістри характеристик чисел у кодах із негативним (НН) або позитивним (ПН) нулем; PMA, PMB, PMS - відповідно регістри мантис у прямому коді  $MA_{ПЛК}$ ,  $MB_{ПЛК}$  і  $MS_{ПЛК}$ ; ПП - ознака переповнення; ІП - ознака зникнення порядку; ПЗНМ - ознака зникнення мантиси; КА ПДВ ПЛК - керуючий автомат ПДВ ПЛК; Пуск ADD, Пуск SUB - імпульсні сигнали запуску операції додавання або віднімання чисел із плаваючою комою  $A_{ПЛК}$  і  $B_{ПЛК}$ ; XA і XB - відповідно характеристика  $A_{ПЛК}$  і  $B_{ПЛК}$ ; XC - характеристика результату операції.

**9.2. Цифрова діаграма ПДВ ПЛК при виконанні операції  
додавання чисел  $S_{ПЛК} = (A_{ПЛК} + B_{ПЛК})$**

**9.2.1. Цифрова діаграма етапу “вирівнювання порядків  $A_{ПЛК}$  і  $B_{ПЛК}$ ”**

$P_A^{HH}$	$MA_{ПЛК}$	$P_B^{HH}$	$MB_{ПЛК}$	Обробка порядків
1	2	3	4	5
① 1 0 1	① 1 0 0 0 0	① 0 1 0	① 1 1 0 1 0	$P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 1 0 1}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 1 0}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 1 0}$ $(+I)^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 0 0}$ <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; margin-left: 10px;">1</div> <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 1 1}$ $\boxed{1} \boxed{\textcircled{1} 0 1 1}$ <p align="center"><math>(P_B + I)^{HH}</math></p> $P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 1 0 0}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 0 1}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 1 1}$ $(+I)^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 0 0}$ <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; margin-left: 10px;">1</div> <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 1 0 0}$ $\boxed{1} \boxed{\textcircled{1} 1 0 0}$ <p align="center"><math>(P_B + I)^{HH}</math></p> $P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 0 1 1}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 0 0}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 0}$
		① 0 1 1	① 0 1 1 0 1	$P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 1 0 0}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 0 1}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 1 1}$ $(+I)^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 0 0 0}$ <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; margin-left: 10px;">1</div> <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 1 0 0}$ $\boxed{1} \boxed{\textcircled{1} 1 0 0}$ <p align="center"><math>(P_B + I)^{HH}</math></p> $P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 0 1 1}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 0 0}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 0}$
		① 1 0 0	① 0 0 1 1 0	$P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 1}$ $+$ $\overline{P_B^{HH}} = \boxed{\textcircled{0} 0 1 1}$ <hr/> $\boxed{1} \boxed{\textcircled{0} 0 0 0}$ <p align="center">NS = 0 (<math>P_A &gt; P_B</math>)</p> $P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{1} 1 0 0}$

		$\begin{array}{c} \textcircled{1}101 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{c} \textcircled{1}00011 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} (+1)^{HH} = \begin{array}{c} \boxed{\textcircled{1}000} \\ \boxed{1} \end{array} \\ \hline \begin{array}{c} \boxed{1} \boxed{\textcircled{0}101} \\ \boxed{\textcircled{1}101} \\ (P_B + 1)^{HH} \end{array} \\ \hline P_A^{HH} = \boxed{\textcircled{1}101} \\ + \\ P_B^{HH} = \boxed{\textcircled{0}010} \\ \hline \begin{array}{c} \boxed{0} \boxed{\textcircled{1}111} \\ \boxed{\textcircled{0}111} \\ -1 = (-0)^{HH} \\ P_A = P_B = P_C \end{array} \end{array}$
$\boxed{\textcircled{1}101}$	$\boxed{\textcircled{0}10000}$	$\boxed{\textcircled{1}101}$	$\boxed{\textcircled{1}00011}$	Код результату після завершення етапу "Вирівнювання порядків"

**9.2.2. Приклад цифрової діаграми блоку мантис на основі SM/SUB при виконанні операції додавання чисел ( $C_{ПК} = (A_{ПК} + B_{ПК})$ )**

Вихідні дані	DM	SM	SUB <sub>AB</sub>	SUB <sub>BA</sub>	MC	NC
$D = 0$ (ADD = 1) $MA_{ПК} = \textcircled{0}, 10000$ $MB_{ПК} = \textcircled{1}, 00011$	1	-	$\begin{array}{r} \boxed{\textcircled{0}, 10000} \\ - \\ \boxed{\textcircled{0}, 00011} \\ \hline \boxed{\textcircled{0}, 01101} \end{array}$ $MA > MB$ $(\omega = 1)$	-	$\textcircled{0}, 01101$	NC=NA

**9.2.3. Цифрова діаграма операції ( $A_{ПК} + B_{ПК}$ ) етапу "нормалізація мантиси результату"**

Вихідні дані	ННВПР	ННВЛ	Нормалізація $MC_{ПК}$	Обробка порядку $P_C^{HH}$
$MC_{ПК} = \textcircled{0}, 01101$ $P_C^{HH} = P_A^{HH} = P_B^{HH} = \textcircled{1}101$ $(P_A = P_B = P_C = +110)$	1	0	$\begin{array}{c} \leftarrow \\ MC_{ПК} = \boxed{\textcircled{0}, 01101} \\ \leftarrow \\ \overline{MC}_{ПК}^H = \textcircled{0}, 11010 \end{array}$	$\begin{array}{r} P_C^{HH} = \boxed{\textcircled{1}101} \\ (-1)^{HH} = \boxed{\textcircled{0}110} \\ \boxed{1} \\ \hline \begin{array}{c} \boxed{1} \boxed{\textcircled{0}100} \\ \boxed{\textcircled{1}100} \\ P_C^{HH} = (P_C - 1)^{HH} \end{array} \end{array}$
Код результату після завершення операції $C_{ПК} = A_{ПК} + B_{ПК}$			$MC_{ПК}^H = \textcircled{0}, 11010$	$P_C^{HH} = \textcircled{1}100$

## 10. Пристрій множення (MUL) чисел із плаваючою комою ( $C_{ПлК} = A_{ПлК} * B_{ПлК}$ )

### 10.1. Структура пристрою MUL чисел із ПлК

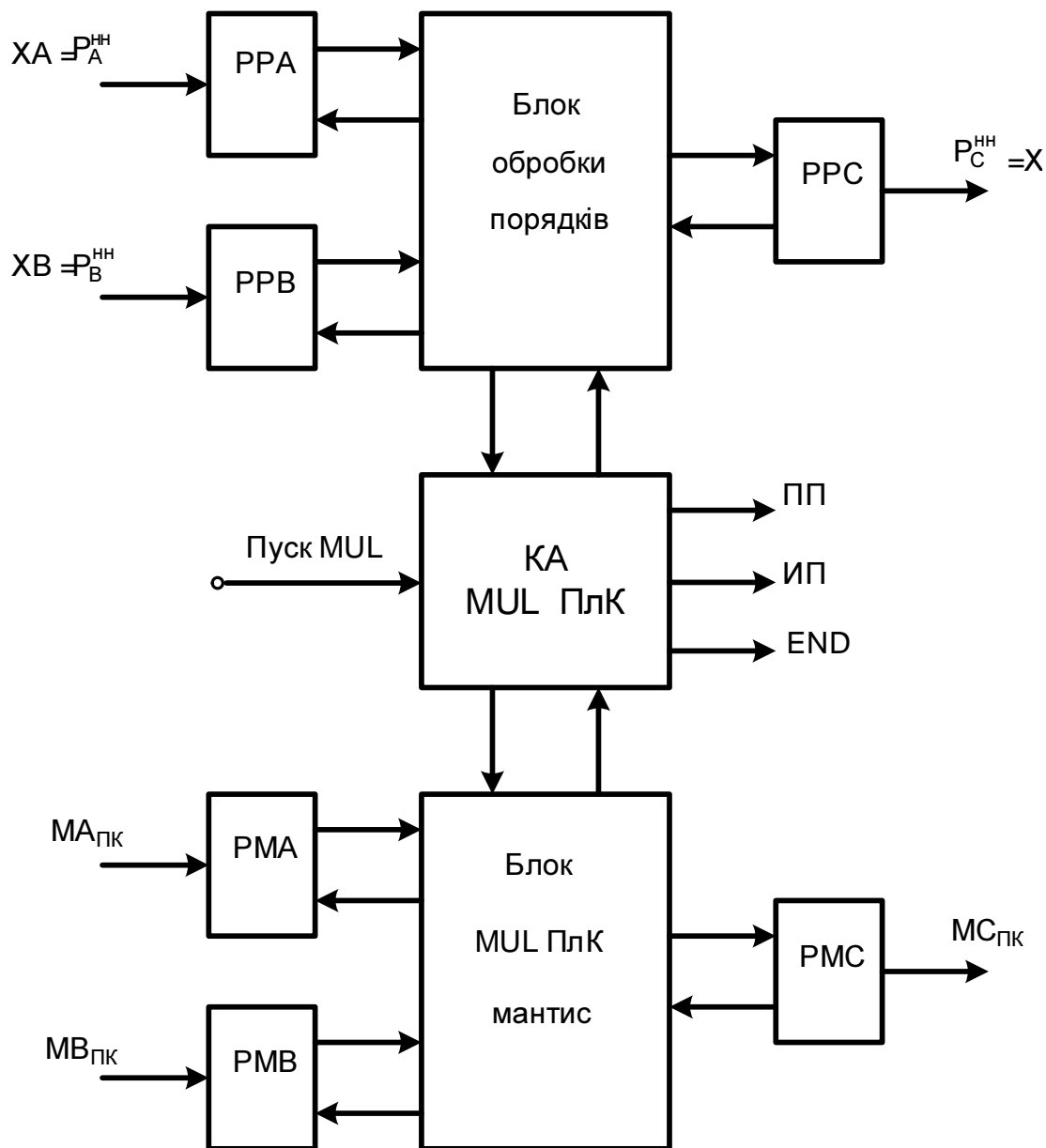


Рисунок 10.1 - Структура пристрою множення чисел із плаваючою комою

## 10.2. Цифрова діаграма множення чисел із ПЛК

### 10.2.1. Визначення порядку добутку ( $P_C^{HH} = (P_A + P_B)^{HH}$ )

Початкові дані	Обчислення суми порядків	Код порядку добутку $P_C^{HH}$
$P_A^{HH} = \textcircled{0}100$ $P_B^{HH} = \textcircled{1}010$ $MA_{ПК} = \textcircled{0}101$ $MB_{ПК} = \textcircled{1}110$	$P_A^{HH} = \textcircled{0}100$ $P_B^{HH} = \textcircled{1}010$ <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">1</div> <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> $S = \textcircled{0}\textcircled{1}111$ $\rightarrow \textcircled{0}111 = (P_A + P_B)^{HH}$  $ПП = \textcircled{0} \oplus \textcircled{1} = 0$	$(P_A + P_B)^{HH} = \textcircled{0}111 = (-0)^{HH}$

### 10.2.2. Обчислення добутку мантис: $MC_{ПК} = MA_{ПК} * MB_{ПК}$ (за способом "А")

MC <sub>ПК</sub>	MB <sub>ПК</sub>	MA <sub>ПК</sub>
$\textcircled{\pm} 654321$ $\textcircled{0} 000 \textcircled{000}$ $\textcircled{0} 110$ <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> $\textcircled{0} 110 \textcircled{000}$ $\rightarrow$ $\textcircled{0} 011 \textcircled{000}$ $\rightarrow$ $\textcircled{0} 001 \textcircled{100}$ $, 110$ <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> $\textcircled{0} 111100$ $\rightarrow$ $\textcircled{0} 011 \textcircled{110}$ $\textcircled{1} 011$ NC	$\textcircled{\pm} 321$ $\textcircled{0} 101$ $\downarrow$ <span style="color: red;">PMB(1) = 1</span>  $\textcircled{0} 010$ $\downarrow$ <span style="color: red;">PMB(1) = 0</span>  $\textcircled{0} 001$ $\downarrow$ <span style="color: red;">PMB(1) = 1</span> NB = 0	$\textcircled{\pm} 321$ $\textcircled{1} 110$ $\downarrow$ NA = 1  <span style="color: green;">Примітка:</span> NC = NA $\oplus$ NB = 0 $\oplus$ 1 = 1 <span style="color: red;">MC<sub>ПК</sub> <math>\approx</math> <math>\textcircled{1}011</math></span>

### 10.2.3. Нормалізація мантиси результату операції множення чисел: $C_{ПК} = A_{ПК} * B_{ПК}$

Вихідні дані	Нормалізація мантиси	Корекція порядку
$P_C^{HH} = \textcircled{0}111$ $MC_{ПК} = \textcircled{1} \textcircled{0}11$ <span style="color: red;">НВПР = 1</span>	$\leftarrow$ $MC_{ПК} = \textcircled{1}011$ $\leftarrow$ $MC_{ПК}^H = \textcircled{1}110$	$P_C^{HH} = (P_C - 1)^{HH} = P_C^{HH} + (-1)^{HH} + 1$ $P_C^{HH} = \textcircled{0}111$ $(-1)^{HH} = \textcircled{0}110$ <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">1</div> <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> $S = \textcircled{0}\textcircled{1}110$ $\rightarrow \textcircled{0}110 = (P_C - 1)^{HH}$
Код результату після завершення етапу "Нормалізація мантиси результату":		$P_C^{HH} = \textcircled{0}110$ $MC_{ПК} = \textcircled{1}110$

## 11. Пристрій ділення (DIV) чисел із плаваючою комою ( $A_{ПлК} / B_{ПлК} = D_{ПлК} (C_{ПлК})$ )

### 11.1. Структура пристрою DIV чисел із плаваючою комою

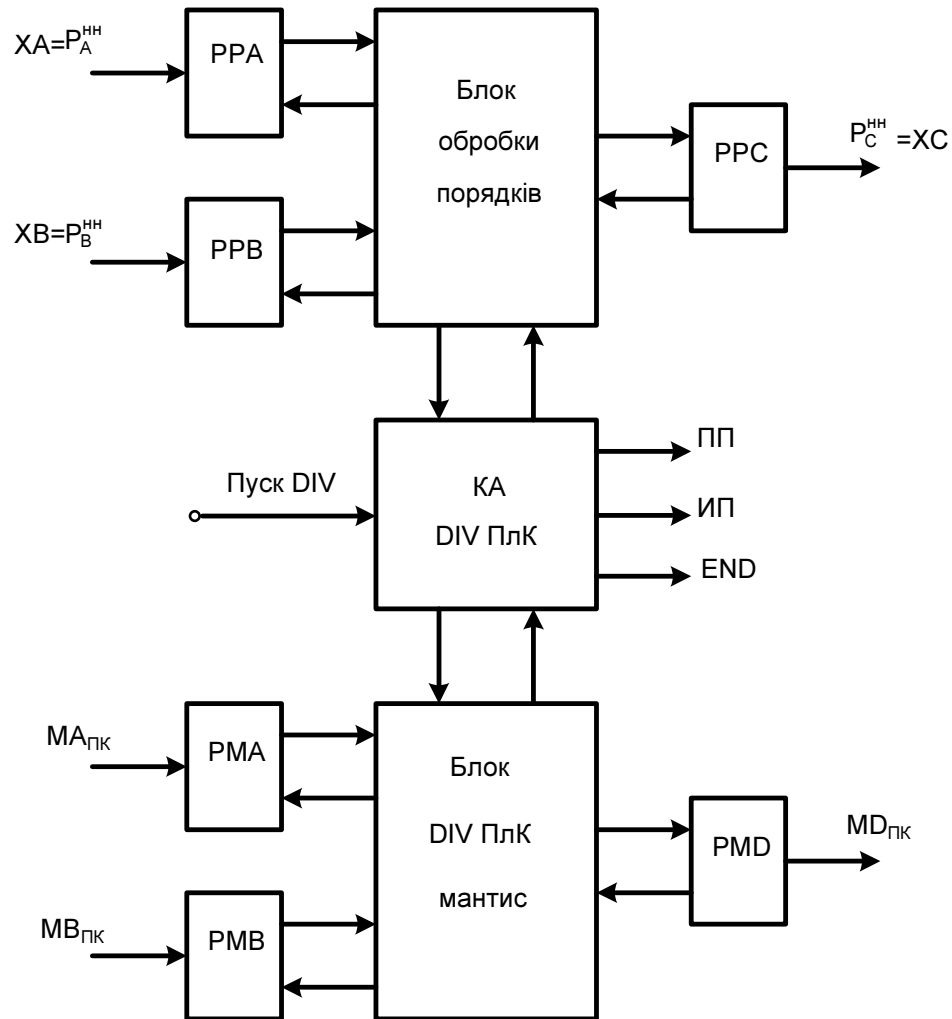


Рисунок 11.1 - Структура пристрою ділення чисел із ПлК

### 11.2. Цифрова діаграма ділення чисел із ПлК

#### 11.2.1. Визначення порядку частки ( $P_D^{HH} = (P_A - P_B)^{HH}$ )

Початкові дані	Обчислення різниці порядків	Код порядку частки $P_D^{HH}$
$P_A^{HH} = \textcircled{0} 1 0 1$ $P_B^{HH} = \textcircled{0} 0 1 1$ $MA_{ПлК} = \textcircled{0} 1 0 1 1$ $MB_{ПлК} = \textcircled{1} 1 1 0 1$	$P_A^{HH} = \textcircled{0} 1 0 1$ $\overline{P_B^{HH}} = \textcircled{1} 1 0 0$ $S = \begin{array}{ c } \hline \textcircled{1} \textcircled{0} 0 0 1 \\ \hline \textcircled{1} 0 0 1 \\ \hline \end{array}$ $(P_A - P_B)^{HH}$	$(P_A - P_B)^{HH} = \textcircled{1} 0 0 1$

11.2.2. Обчислення мантиги частки  $MD_{ПК} = MA_{ПК} / MB_{ПК}$  (за способом "а")

$\leftarrow MD_{ПК}$	$MA_{ПК} \leftarrow$	$MB_{ПК}$
$\oplus 5, 4 3 2 1$	$\oplus 4 3 2 1$	$\oplus 4 3 2 1$
	$\oplus 1 0 1 1$ $\oplus 0 0 1 1$ } Пробне віднімання <hr/> $\oplus 1 1 1 0$ $\oplus 1 1 0 0$ , 1 1 0 1 <hr/> $\oplus 1 0 0 1$ $\oplus 0 0 1 0$ $\oplus 0 0 1 1$ <hr/> $\oplus 0 1 0 1$ $\oplus 1 0 1 0$ $\oplus 0 0 1 1$ <hr/> $\oplus 1 1 0 1$ $\oplus 1 0 1 0$ $\oplus 1 1 0 1$ <hr/> $\oplus 0 1 1 1$	$\oplus 1 1 0 1$   MB   =   MA   =   MB   <sub>ПР</sub> = , 1101 + 24 = A <sub>5</sub> (d <sub>5</sub> = 0) ← = A <sub>5</sub> =   MB   = A <sub>4</sub> (d <sub>4</sub> = 1) ← = A <sub>4</sub> =   MB   <sub>ПР</sub> = A <sub>3</sub> (d <sub>3</sub> = 1) ← = A <sub>3</sub> =   MB   <sub>ПР</sub> = A <sub>2</sub> (d <sub>2</sub> = 0) ← = A <sub>2</sub> =   MB   = A <sub>1</sub> =, MC (залишок)

Контроль операції ділення мантиги:

$$MA = MD \times MB + MC =$$

$$= (,1101) \times (,1101) + (,0111) = (13/16) \times (13/16) + (7/16) = 11/16 = ,1011.$$

11.2.3. Результат операції ділення чисел із ПК

Початкові дані	Код нормалізованої мантиги частки	Характеристика частки
$P_D^{HH} = \oplus 0 0 1$ $MD_{ПК} = 1 0, 1 1 \oplus 1$ НВПР = 0; НВЛ = 0	$MD_{ПК} = \oplus 1 1 0 1$	$XD = P_D^{HH} = \oplus 0 0 1$