



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



Kodowanie danych i algorytmy
Wykład w ramach przedmiotu „Informatyka” (EE-DI)

Dawid Warchoł

Informatyka

Czym nie jest informatyka?

- ▶ *Informatyka nie jest nauką o komputerach*
- ▶ *(choć komputer jest najważniejszym narzędziem pracy informatyka).*

Informatyka

Czym jest informatyka?

- ▶ *Informatyka jest nauką o (automatycznym) przetwarzaniu informacji.*

Czym więc jest informacja?

- ▶ *Informacja to uporządkowane dane.*

Czym więc są dane?

- ▶ *Dane są zbiorami liczb i tekstów (liter, cyfr, symboli).*

Pozycyjne systemy liczbowe

- ▶ System dziesiętkowy
 - ▶ Składa się z dziesięciu cyfr: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.
 - ▶ Podstawowy system, używany na co dzień.
- ▶ System dwójkowy (binarny)
 - ▶ Składa się z dwóch cyfr (bitów): 0, 1.
 - ▶ Używany do zapisu liczb w komputerze.
- ▶ System szesnastkowy (heksadecymalny)
 - ▶ Składa się z szesnastu cyfr: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.
 - ▶ Używany po to, aby przedstawić liczby dwójkowe w sposób bardziej przyjazny dla człowieka.
 - ▶ Liczby szesnastkowe są czytelniejsze od dwójkowych i łatwo z nich przejść do systemu dwójkowego.

Pozycyjne systemy liczbowe

- ▶ Inne systemy liczbowe
 - ▶ Możliwy jest zapis liczb w dowolnym systemie, np. piątkowym, dwudziestoczwórkowym.
 - ▶ Nie mają one jednak szerszego zastosowania.
 - ▶ Wyjątkiem jest system ósemkowy, który czasem jest używany zamiast systemu szesnastkowego do czytelniejszego przedstawienia liczb binarnych.

Zapis liczb dziesiętkowych w systemie dwójkowym

Liczby z lewej strony dzielimy przez 2 i zapisujemy resztę po prawej stronie:

346	0
173	1
86	0
43	1
21	1
10	0
5	1
2	0
1	1
0	

Cyfry z prawej strony kreski
zapisujemy w kolejności **od dołu do góry**:

$$346_{(10)} = 101011010_{(2)}$$

Zapis liczb dwójkowych w systemie dziesiętnym

$$\mathbf{101011010}_{(2)} =$$

$$= 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^8 =$$

$$= 2^1 + 2^3 + 2^4 + 2^6 + 2^8 =$$

$$= 2 + 8 + 16 + 64 + 256 = \mathbf{346}_{(10)}$$

Należy pamiętać, że najmniej znaczące cyfry są zawsze z prawej strony, a więc im przypisujemy mniejsze potęgi.

Zapis liczb dziesiętkowych w systemie szesnastkowym

Liczby z lewej strony dzielimy przez 16 i zapisujemy resztę po prawej stronie:

1789	D (13)
111	F (15)
6	6
0	

Cyfry z prawej strony kreski
zapisujemy w kolejności **od dołu do góry**:

$$1789_{(10)} = 6FD_{(16)}$$

Jak obliczyć resztę z dzielenia przez 16

► Przykład:

$$1789/16 = 111.8125$$

$$0.8125*16 = \underline{13} \text{ (D)}$$

13 jest resztą z dzielenia 1789 przez 16.

13 ma symbol D w systemie szesnastkowym.

Zapis liczb szesnastkowych w systemie dziesiętkowym

$$\mathbf{6FD}_{(16)} =$$

$$= 13 \cdot 16^0 + 15 \cdot 16^1 + 6 \cdot 16^2 =$$

$$= 13 + 240 + 1536 = \mathbf{1789}_{(10)}$$

Należy pamiętać, że najmniej znaczące cyfry są zawsze z prawej strony, a więc im przypisujemy mniejsze potęgi.

Zapis liczb dwójkowych w systemie szesnastkowym

Zamiana liczby $101011010_{(2)}$ na liczbę szesnastkową

- ▶ Krok 1 – grupowanie bitów w czwórki:

1 0101 1010

- ▶ Krok 2 – uzupełnienie zerami bitów z lewej strony (jeśli trzeba):

0001 0101 1010

- ▶ Krok 3 – zamiana każdej czwórki na jednocyfrową liczbę szesnastkową:

0001 0101 1010

1 5 A

$$101011010_{(2)} = 15A_{(16)}$$

Zapis liczb szesnastkowych w systemie dwójkowym

Zamiana liczby $15A_{(16)}$ na liczbę dwójkową

- ▶ Krok 1 – zamiana każdej z cyfr na liczbę dwójkową:

1	5	A
1	0101	1010

- ▶ Krok 2 – złączenie wszystkich bitów:

101011010

$$15A_{(16)} = 101011010_{(2)}$$

Zapis liczb ze znakiem

- ▶ Liczby bez znaku są zawsze dodatnie.
- ▶ Liczby ze znakiem, to liczby, w których określa się, czy są dodatnie, czy ujemne.
- ▶ Do kodowania liczb całkowitych ze znakiem kiedyś używano prostych systemów kodowych: ZM (znak-moduł, ang. sign-magnitude) i U1 (uzupełnień do jedności, ang. one's complement).
- ▶ W nowoczesnych komputerach, poza nielicznymi wyjątkami, stosuje się zapis kodowy U2 (uzupełnień do dwóch, ang. two's complement).

Kodowanie ZM, U1, U2

- ▶ Systemy ZM, U1 i U2 różnią się kodowaniem liczb niedodatnich. Liczby dodatnie koduje się w nich tak samo.
- ▶ Kodując liczbę w systemach ZM, U1 lub U2 musimy z góry określić liczbę bitów, przy użyciu których będą zapisywane liczby.
- ▶ Jeśli zamieniona liczba ma mniej bitów niż ustalono, należy uzupełnić ją z lewej strony:
 - ▶ zerami, w przypadku liczby dodatniej;
 - ▶ jedynkami, w przypadku liczby ujemnej.
- ▶ Tabelki przedstawione na kolejnych slajdach zawierają wszystkie możliwe liczby, które możemy zapisać przy użyciu czterech bitów.

Kodowanie ZM (znak-moduł)

Liczba dziesiętkowa	Kod ZM
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
0	1000
(-1)	1001
(-2)	1010
(-3)	1011
(-4)	1100
(-5)	1101
(-6)	1110
(-7)	1111

Kodowanie U1 (uzupełnień do jedności)

Liczba dziesiętkowa	Kod U1
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
(-7)	1000
(-6)	1001
(-5)	1010
(-4)	1011
(-3)	1100
(-2)	1101
(-1)	1110
0	1111

Kodowanie U2 (uzupełnień do dwóch)

Liczba dziesiętkowa	Kod U2
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
(-8)	1000
(-7)	1001
(-6)	1010
(-5)	1011
(-4)	1100
(-3)	1101
(-2)	1110
(-1)	1111

Kodowanie U2 – przykład 1

Zapisz liczbę -59 w 8-bitowym systemie kodowania U2.

- ▶ Krok 1 - zapisz moduł liczby -59 (czyli 59) w systemie dwójkowym:

111011

- ▶ Krok 2 - dopisz zera z lewej strony, tak aby łącznie było osiem bitów:

00111011

- ▶ Krok 3 - Wykonaj operację negacji na wszystkich bitach liczby (zamiana 0 na 1 i 1 na 0):

11000100

- ▶ Krok 4 - Do liczby dodaj 1 (zgodnie z arytmetyką liczb binarnych):

11000101

$$-59_{(10)} = 11000101_{(U2)}$$

Pomoc do kroku 4 – tabliczka dodawania liczb binarnych

$0 + 0 =$	0
$0 + 1 =$	1
$1 + 0 =$	1
$1 + 1 =$	10

Przykład: $1011 + 1$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + \quad 1 \\ \hline \mathbf{1100} \end{array}$$

Kodowanie U2 – przykład 2

Dana jest liczba 10011001 w 8-bitowym systemie kodowania U2. Zapisz ją w systemie dziesiętnym.

$$\mathbf{10011001}_{(U2)} =$$

$$= 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^6 - 1 \cdot 2^7 =$$

$$= 2^0 + 2^3 + 2^4 - 2^7 =$$

$$= 1 + 8 + 16 - 128 = -\mathbf{103}_{(10)}$$

Kodowanie liczb zmiennoprzecinkowych

- ▶ Do zapisu liczb ułamkowych w pamięci komputera najczęściej stosuje się tzw. liczby zmiennoprzecinkowe (zmiennopozycyjne).
- ▶ System kodowania liczb zmiennoprzecinkowych we współczesnych komputerach określa standard IEEE 754.

Kodowanie zgodne ze standardem IEEE 754

- ▶ Liczbę zmiennoprzecinkową w standardzie IEEE 754 zapisuje się w postaci:

$$-1^Z \cdot M \cdot 2^W$$

gdzie:

- ▶ **Z** – bit określający znak liczby
 - ▶ **M** – bity określające mantysę liczby – liczba ułamkowa z przedziału [1-2)
 - ▶ **W** – bity określające wykładnik liczby (inaczej cecha, pozycja przecinka) – liczba całkowita (może być ujemna)
-
- ▶ Pierwszy bit liczby dotyczy znaku, następne bity określają wykładnik, ostatnie bity tworzą mantysę.
 - ▶ W liczbach 32-bitowych (pojedynczej precyzji) mantysa ma 23 bity, a wykładnik 8 bitów.
 - ▶ W liczbach 64-bitowych (podwójnej precyzji) mantysa ma 52 bity, a wykładnik 11 bitów.

Kodowanie zgodne ze standardem IEEE 754 - przykład

- ▶ Kodowanie przykładowych liczb w standardzie IEEE 754 najlepiej sprawdzić na stronie:

https://calculla.pl/liczby_zmiennoprzecinkowe

- ▶ Dobre przykłady znajdują się również na stronie:

https://eduinf.waw.pl/inf/alg/006_bin/0022.php

Kodowanie tekstów

- ▶ Teksty (inaczej napisy, łańcuchy znakowe, ang. strings) są kodowane w określonych standardach kodowania (np. ASCII, Unikod).
- ▶ Polega to na tym, że każdy znak tekstu (litery, cyfry, znaki interpunkcyjne, białe i inne) ma przypisany inny kod liczbowy.
- ▶ W języku Python obowiązuje system kodowania znaków Unikod (ang. Unicode), a najczęściej jego wariant UTF-8.
 - ▶ UTF-8 jest kodem o zmiennej długości: minimum 8 bitów, maksimum 32 bity.
- ▶ Tablica znaków (i odpowiadających im kodów) systemu UTF-8 jest dostępna pod adresem: <https://www.charset.org/utf-8>

Czym jest algorytm?

- ▶ Algorytm jest instrukcją, ciągiem czynności opisującym wykonanie pewnego zadania.
- ▶ W informatyce algorytmy opisują zadania, które mogą być wykonywane przez program komputerowy.
- ▶ Należy w tym celu zapisać algorytm w ustalonym języku programowania tak, aby mógł go wykonać komputer. Nazywa się to implementacją algorytmu.
- ▶ Algorytmy najczęściej zapisujemy w formie:
 - ▶ pseudokodu (pseudojęzyka),
 - ▶ schematu blokowego.

Pseudokod (pseudojęzyk)

- ▶ Pseudokod jest formą zapisu algorytmu przypominającą język programowania.
- ▶ Taki język nie ma ściśle ustalonej składni.
- ▶ Powinien być mało szczegółowy (ogólny) i zrozumiały dla człowieka.

Przykład algorytmu w pseudokodzie

Algorytm sortowania bąbelkowego:

```
K01: Dla  $j = 1, 2, \dots, n - 1$ :  
      Wykonuj krok K02  
K02:   Dla  $i = 1, 2, \dots, n - 1$ :  
        Jeśli  $d[i] > d[i + 1]$ ,  
          to  $d[i] \leftrightarrow d[i + 1]$   
K03: Zakończ
```

Źródło: https://eduinf.waw.pl/inf/alg/003_sort/0004.php

Schematy blokowe

- ▶ Schemat blokowy jest formą zapisu algorytmu za pomocą bloków połączonych jednokierunkowymi strzałkami.

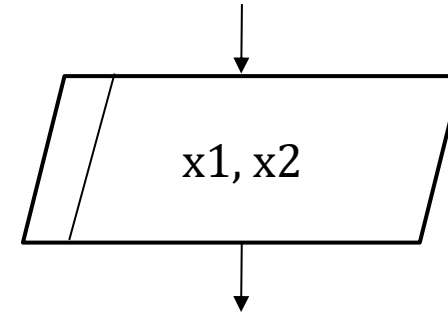
- ▶ Algorytm rozpoczyna się od bloku 

- ▶ Algorytm kończy się na bloku 

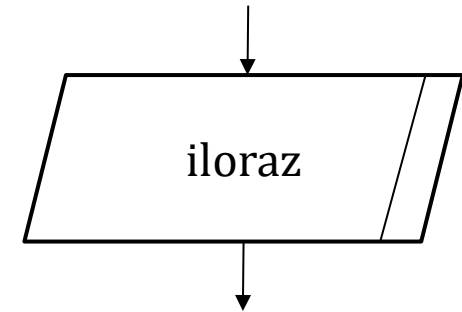
- ▶ Kolejne operacje wykonywane są zgodnie z kierunkiem strzałek.

Schematy blokowe

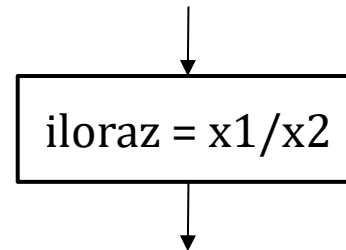
- ▶ Blok wejściowy (wczytywania, pobierania danych):



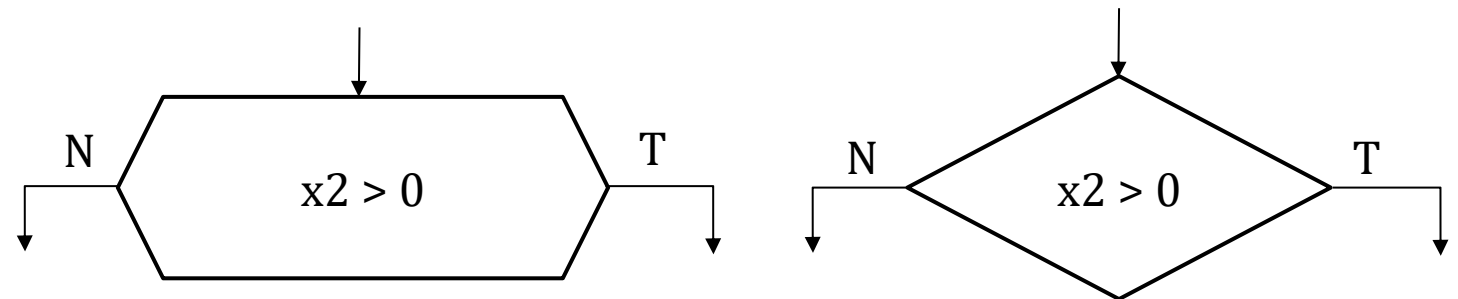
- ▶ Blok wyjściowy (wyświetlania, zapisywania, wysyłania danych):



- ▶ Blok typu polecenie/instrukcja:

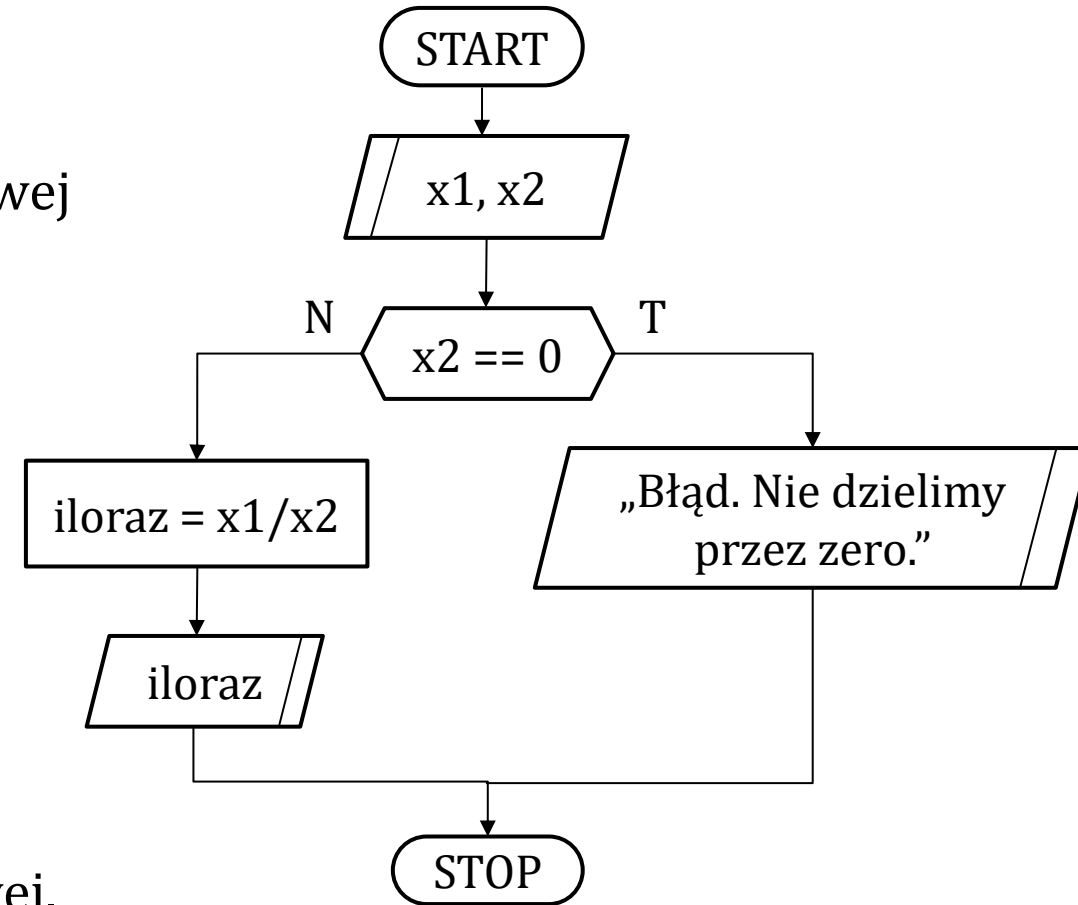


- ▶ Blok warunkowy/decyzyjny:

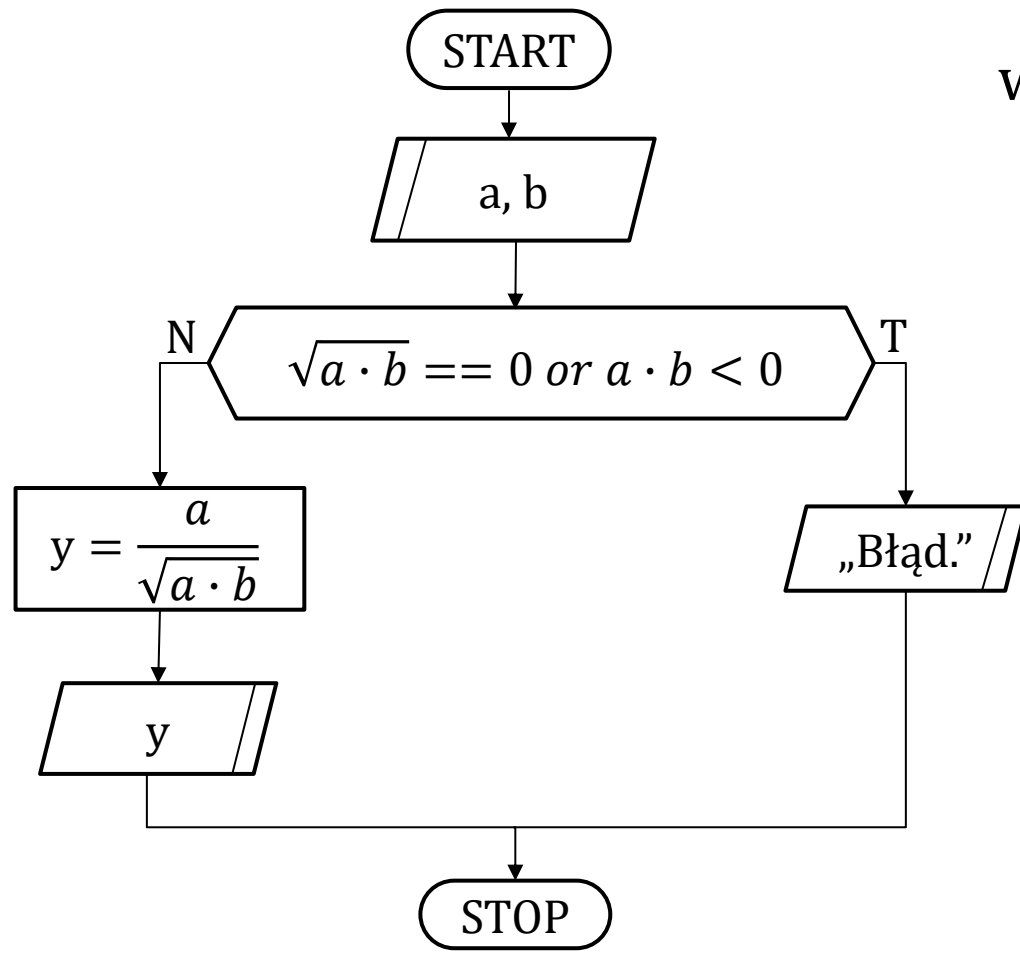


Schematy blokowe

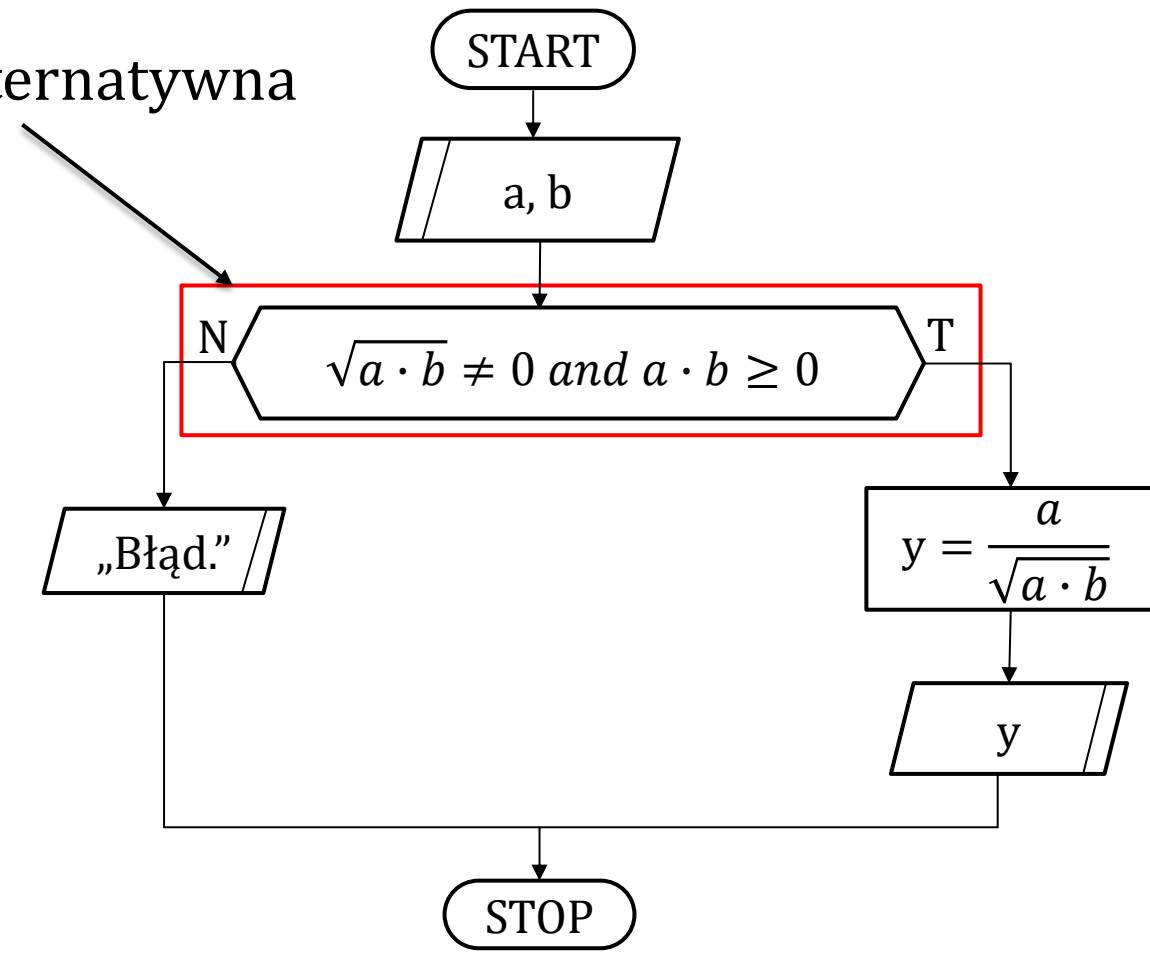
- ▶ **Jak zinterpretować ten algorytm?**
- ▶ Symbol = jest operatorem przypisującym wartość z prawej strony do zmiennej z lewej strony.
- ▶ Symbol == jest operatorem sprawdzającym, czy jedna wartość jest równa drugiej.
- ▶ Słowa i symbole bez cudzysłowu oznaczają nazwy zmiennych.
- ▶ Teksty w cudzysłowie oznaczają dane w formie tekstowej.



Zad. 1. Algorytm obliczający wartość wyrażenia $y = \frac{a}{\sqrt{a \cdot b}}$.



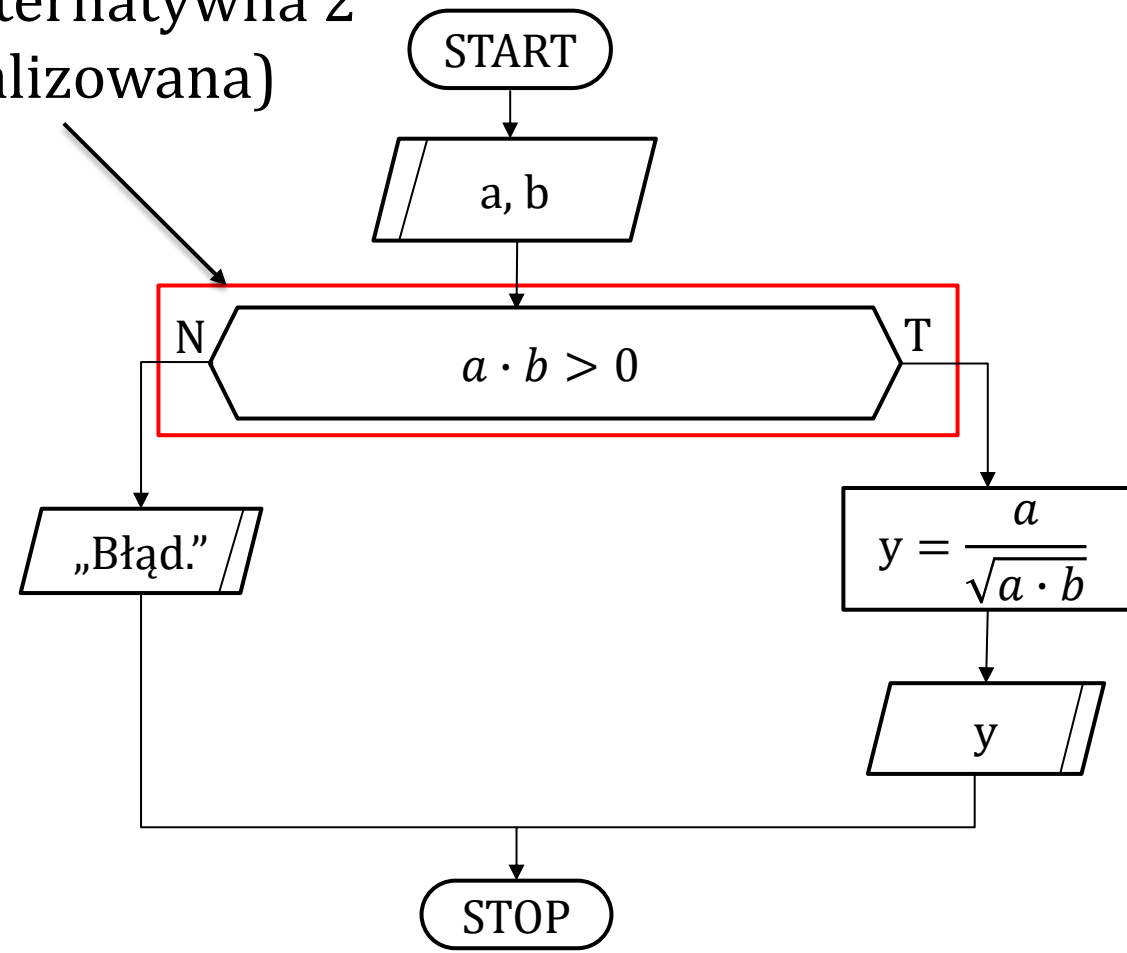
wersja alternatywna



Zad. 1. Algorytm obliczający wartość wyrażenia $y = \frac{a}{\sqrt{a \cdot b}}$.

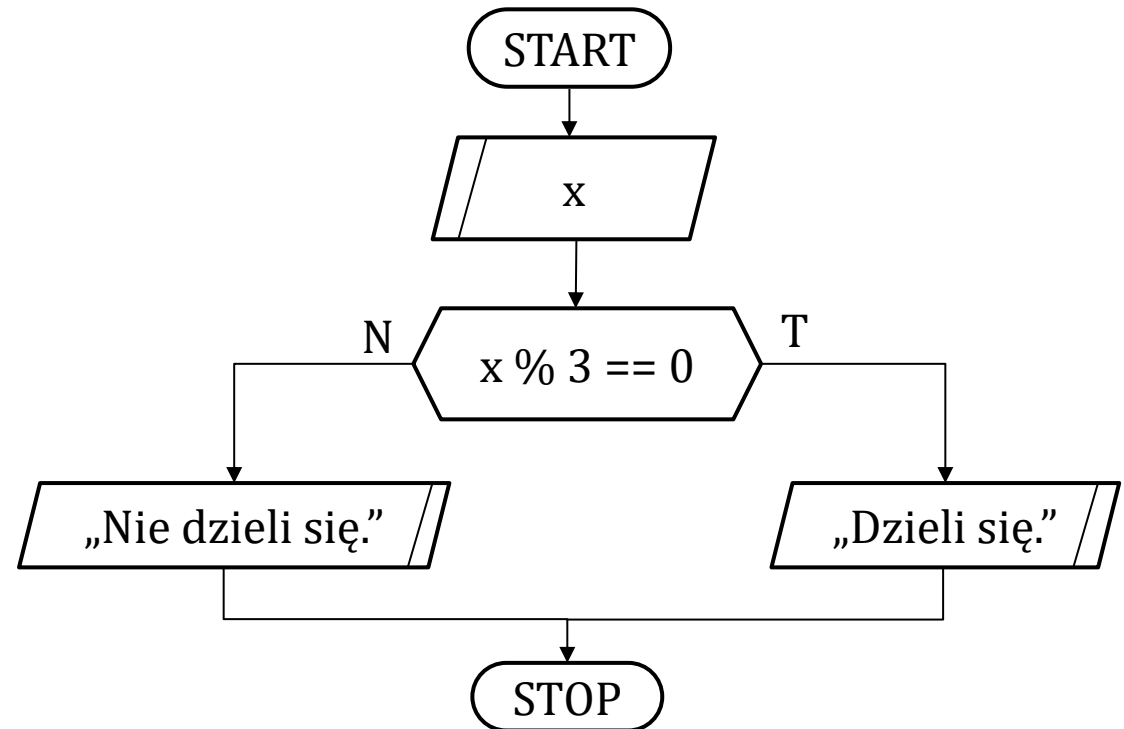
- ▶ Można zauważyć, że wyrażenie: $\sqrt{a \cdot b} \neq 0$ *and* $a \cdot b \geq 0$ jest równoważne wyrażeniu $a \cdot b > 0$.
- ▶ Można więc zapisać schemat blokowy jeszcze prościej. Taki program miałby mniej operacji do wykonania (więc wykonałby się szybciej).

wersja alternatywna 2
(zoptymalizowana)



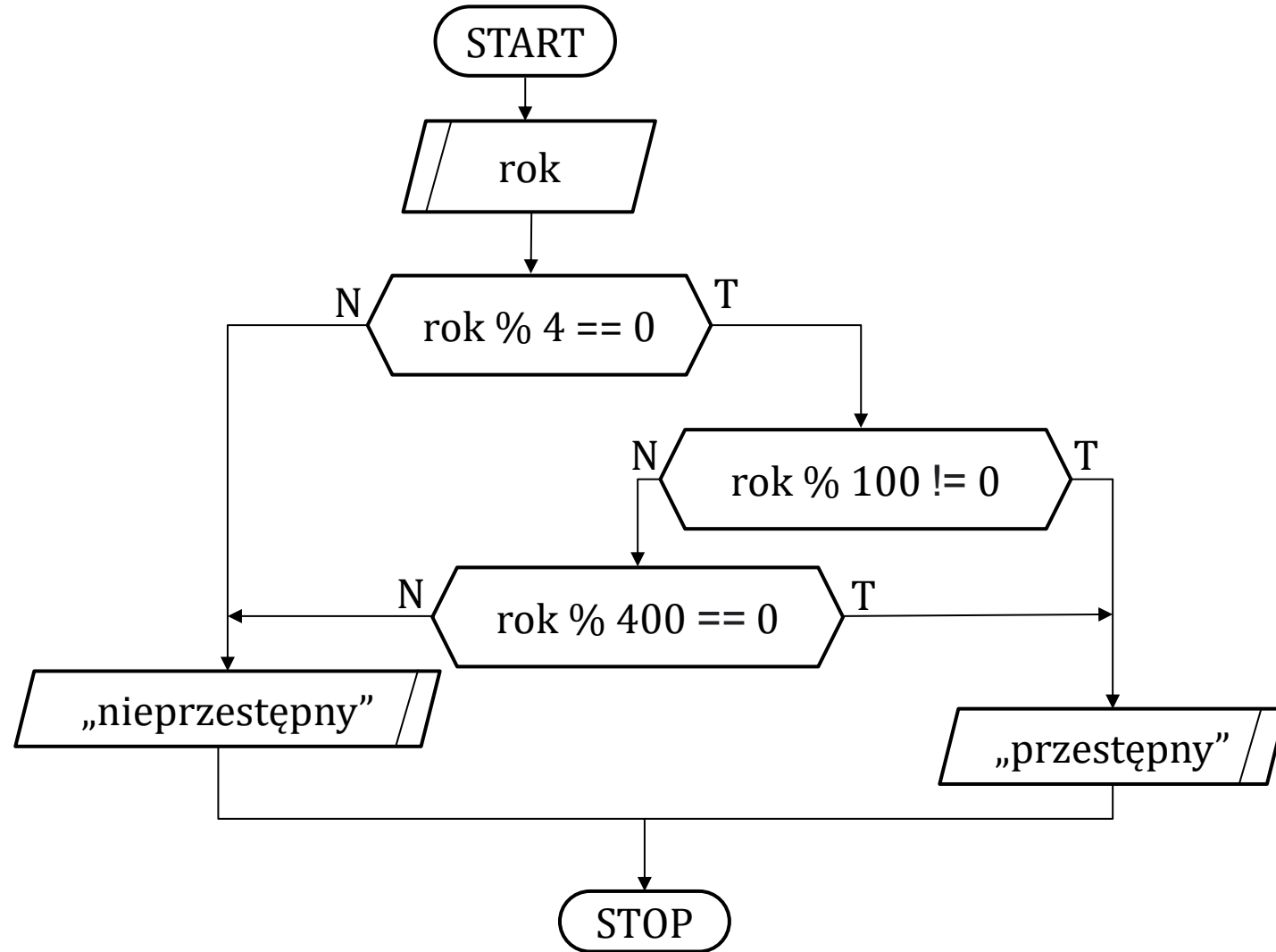
Zad. 2. Algorytm sprawdzający czy dana liczba dzieli się przez 3.

- ▶ Symbol % jest operatorem obliczającym resztę z dzielenia pierwszej liczby przez drugą.
- ▶ Przykład 1: wyrażenie $4 \% 2$ zwróci wynik 0.
- ▶ Przykład 2: wyrażenie $8 \% 3$ zwróci wynik 2.
- ▶ Czasami resztę z dzielenia na algorytmach zapisuje się za pomocą operatora słownego MOD, np. $4 \text{ MOD } 2$ oblicza resztę z dzielenia 4 przez 2. MOD jest skrótem słowa modulo.



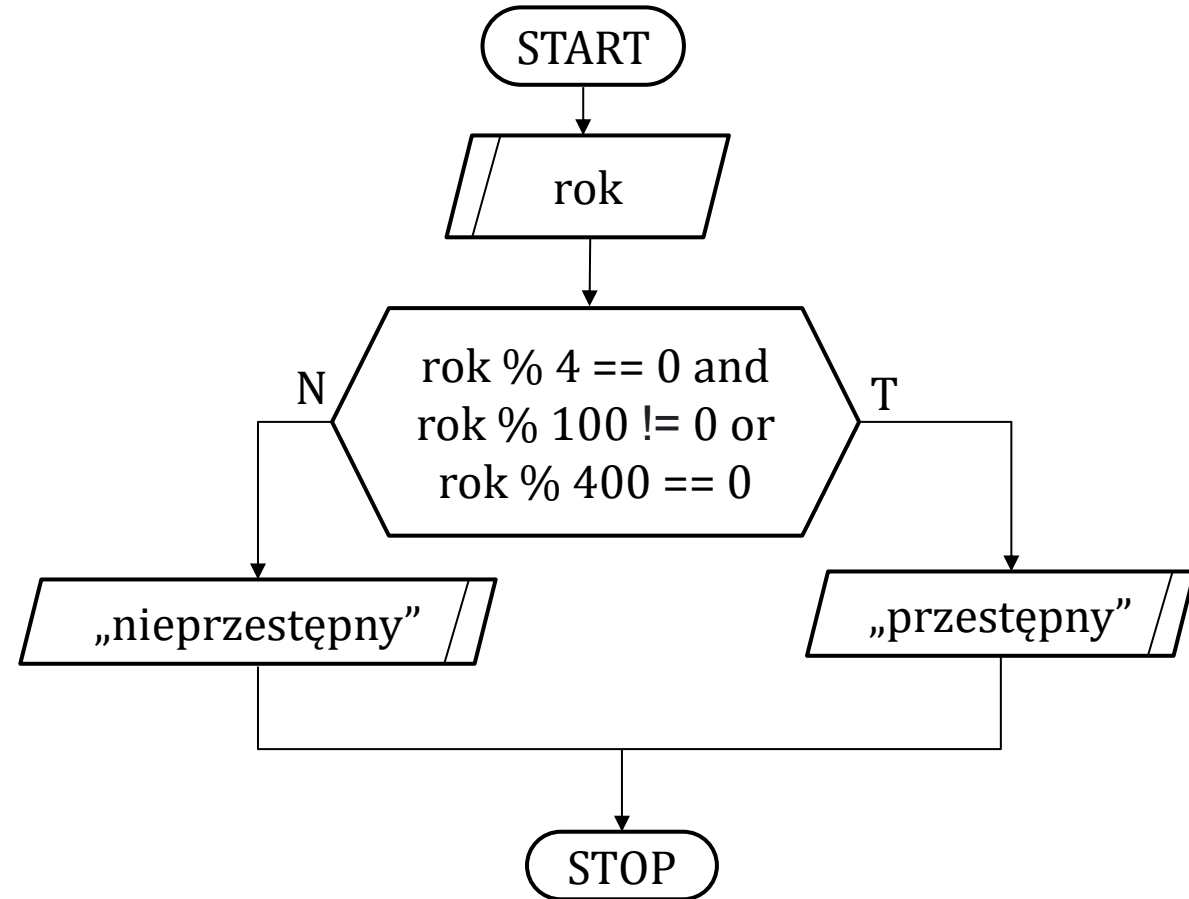
Zad. 3. Algorytm sprawdzający czy dana liczba oznacza rok przestępny.

- ▶ Kiedy rok jest uznawany za przestępny?
- ▶ Kiedy jest podzielny przez 4 oraz niepodzielny przez 100 lub podzielny przez 400.
- ▶ Symbol $\neq$ jest operatorem sprawdzającym, czy pierwsza liczba jest różna od drugiej. Odpowiada on matematycznemu symbolowi $\neq$.



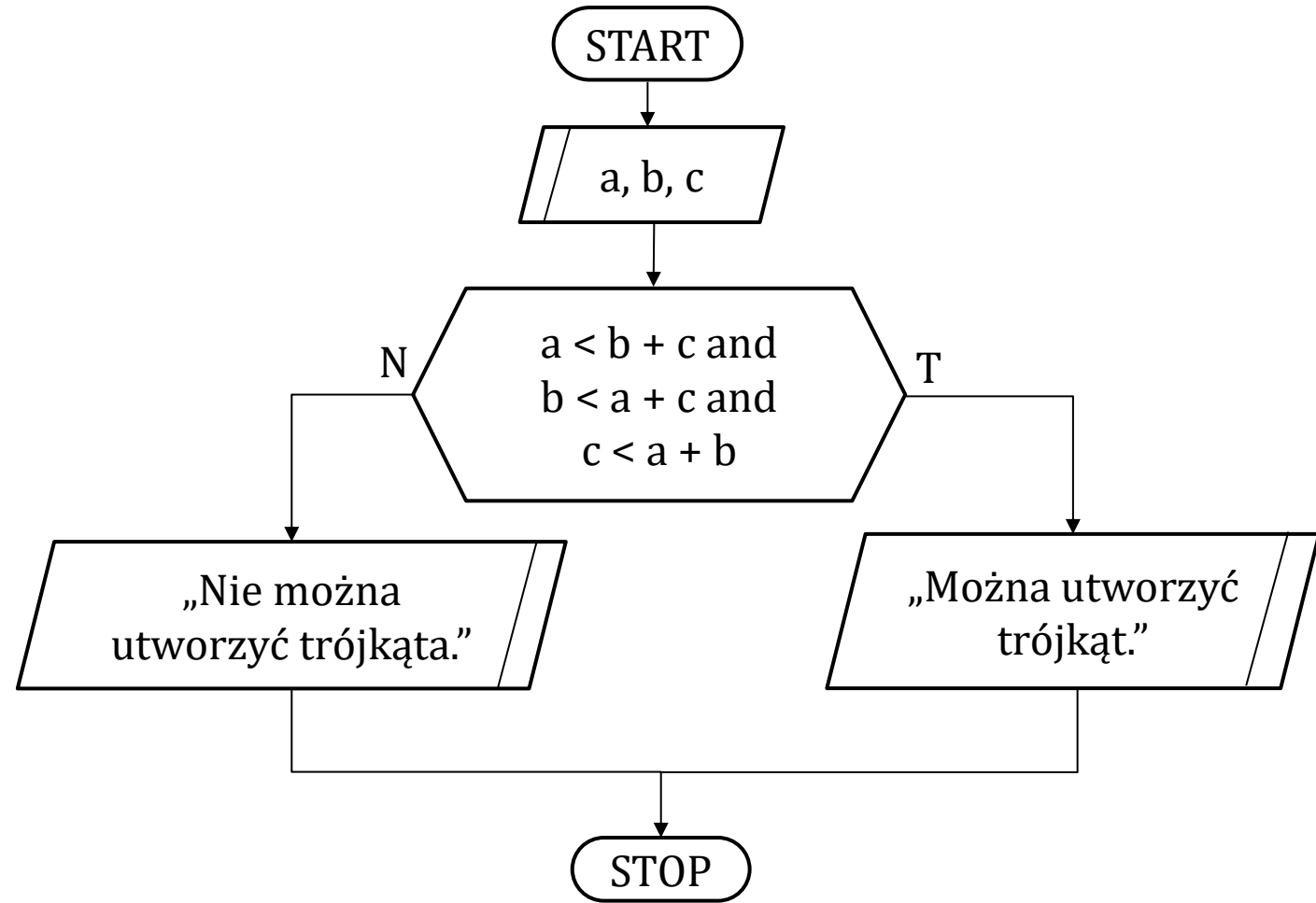
Zad. 3. Algorytm sprawdzający czy dana liczba oznacza rok przestępny – wersja alternatywna.

- ▶ Kiedy rok jest uznawany za przestępny?
- ▶ Kiedy jest podzielny przez 4 oraz niepodzielny przez 100 lub podzielny przez 400.



Zad. 4. Dane są liczby a , b , c . Opracuj algorytm sprawdzający czy mogą one być bokami trójkąta.

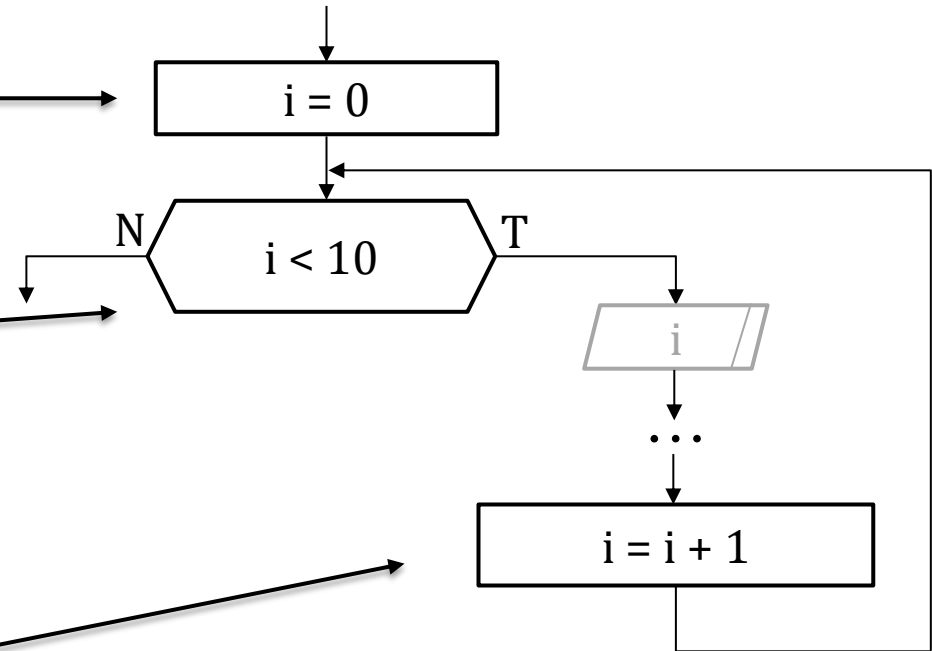
- ▶ Warunek budowy trójkąta – **każdy bok trójkąta musi być mniejszy od sumy dwóch pozostałych boków.**
- ▶ Można dodatkowo (po wczytaniu danych) sprawdzić, czy boki a , b i c mają długości dodatnie. Nie jest to jednak konieczne, bo dodatniość wszystkich boków wynika (matematycznie) z warunku budowy trójkąta.



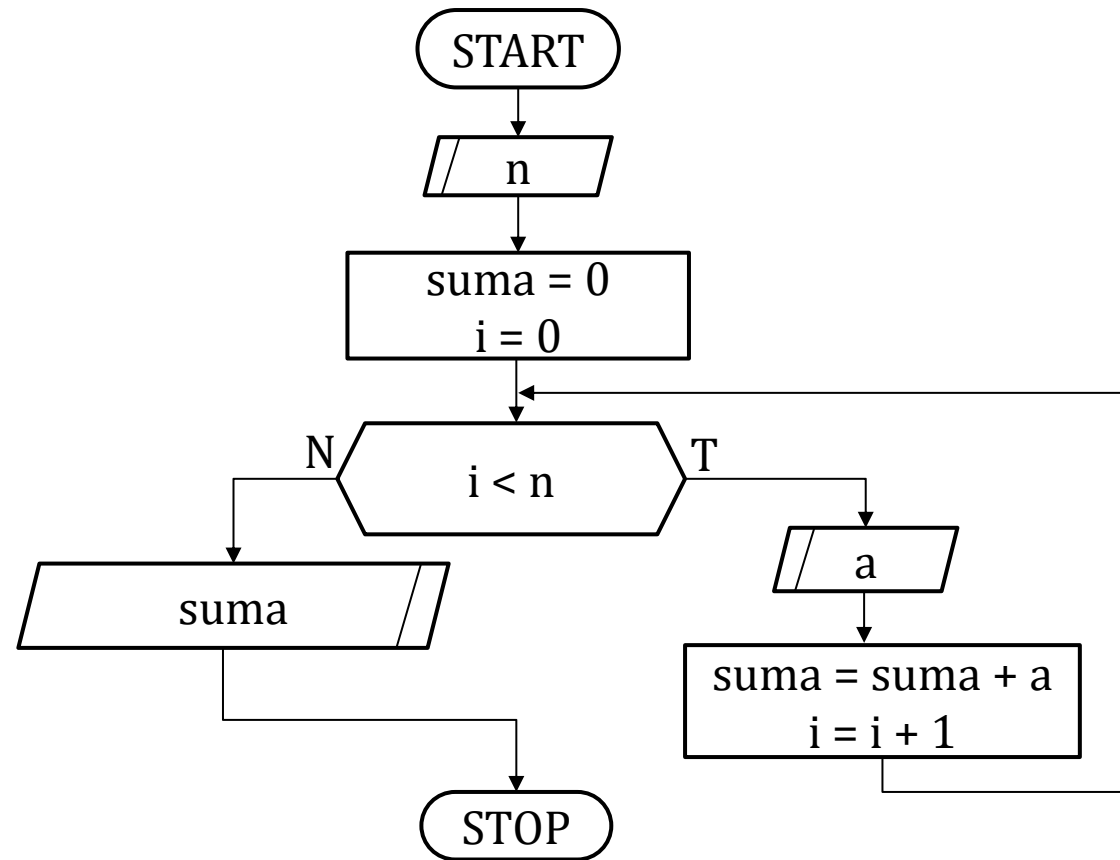
Pętle

- ▶ Pętle służą do wielokrotnego powtarzania operacji.
- ▶ Standardowo pętla powinna mieć licznik, który określa numer aktualnego obiegu (iteracji). Licznik najczęściej będziemy nazywać i .
- ▶ Pętla powinna mieć tzw. warunek kończący. Sprawdza się w nim, czy wykonywać kolejny obieg, czy zakończyć pętlę.
- ▶ Należy pamiętać aby w pętli (najlepiej na końcu) zamieścić operację inkrementacji licznika, czyli zwiększenia jego wartości o 1. W przeciwnym razie pętla nigdy się nie zakończy.

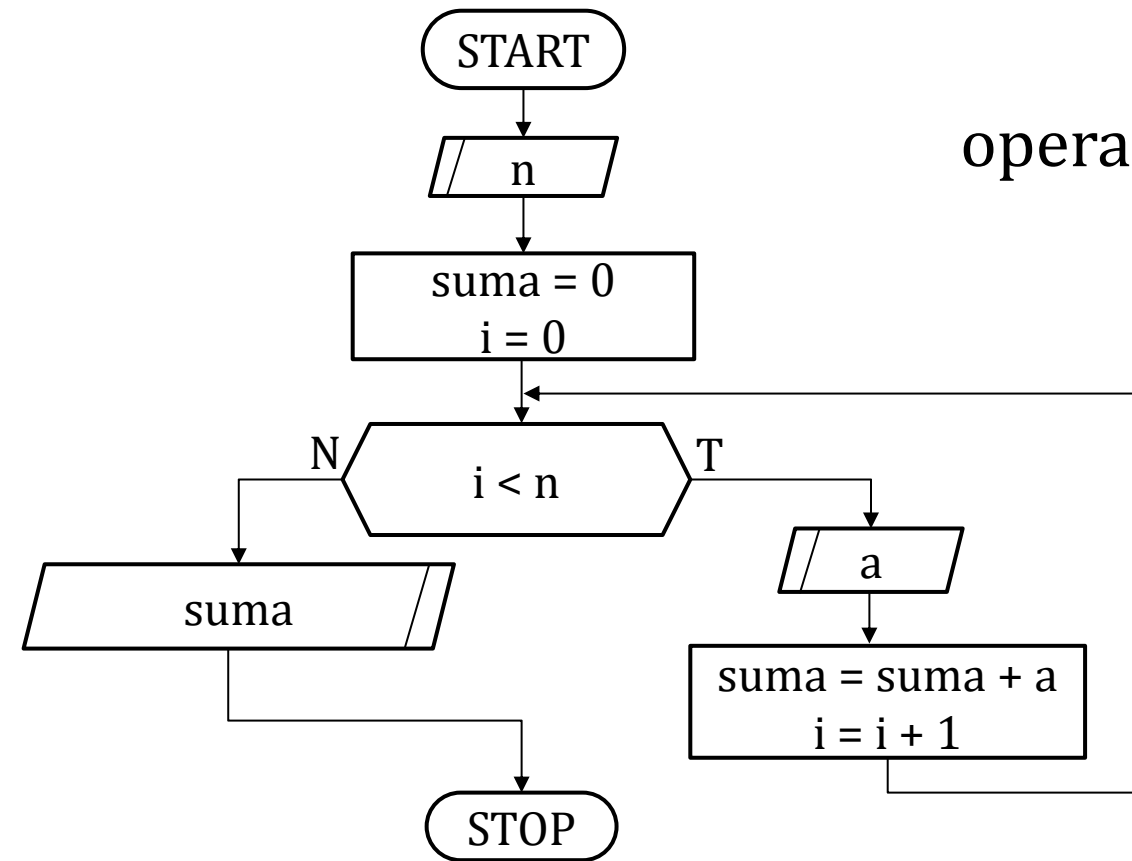
Ogólny schemat pętli



Zad. 5. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający sumę jego elementów.



Zad. 5. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający sumę jego elementów.



operacje przed pętlą

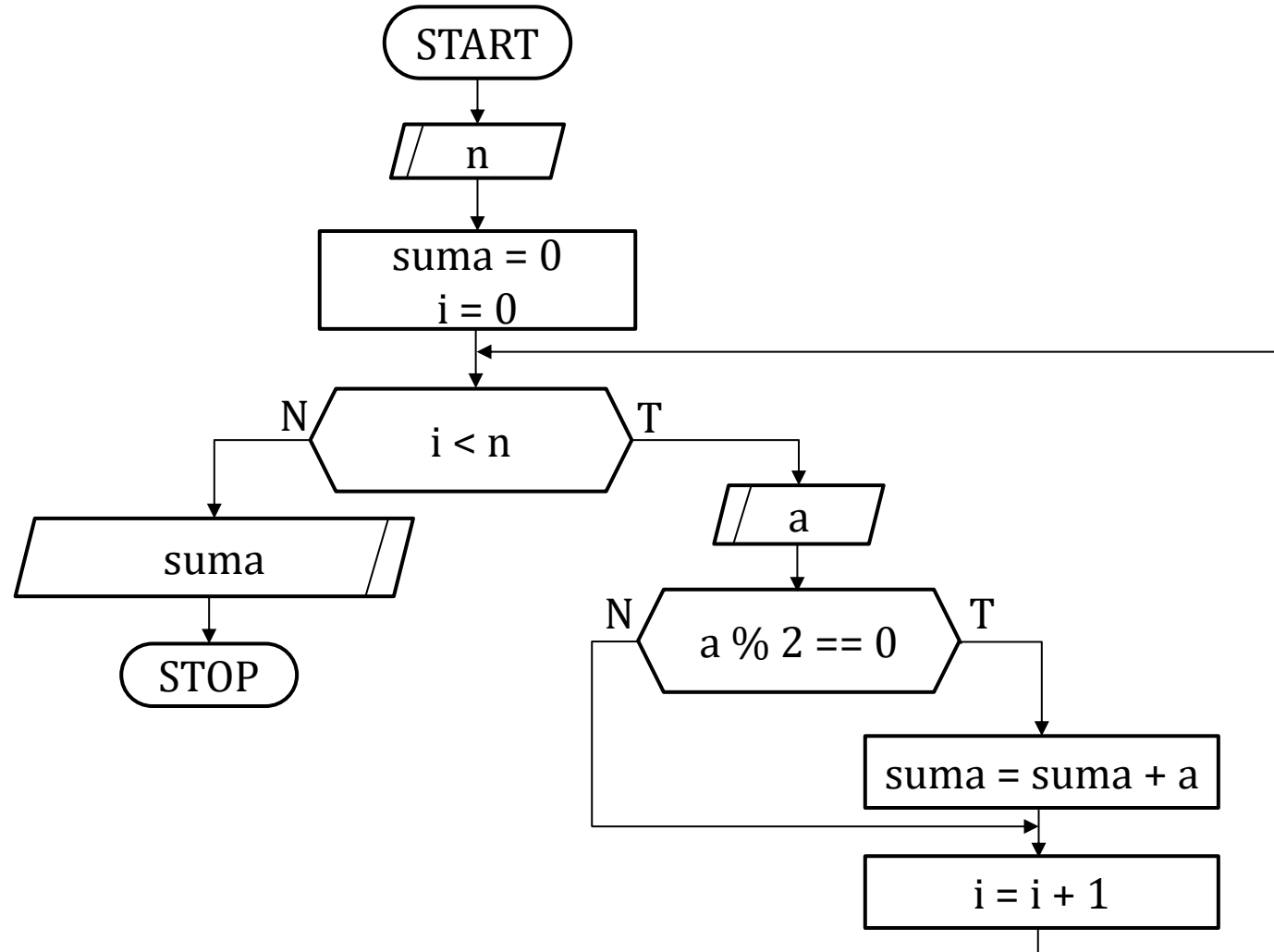
kolejne
iteracje pętli

operacje po pętli

Tabela pamięci dla danych
wejściowych: [4, 5, 3, 0, -2]

n	suma	i	a	wyście
4	0	0		
	5	1	5	
	8	2	3	
	8	3	0	
	6	4	-2	
				6

Zad. 6. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający sumę wszystkich liczb parzystych ciągu.



Zad. 6. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający sumę wszystkich liczb parzystych ciągu.

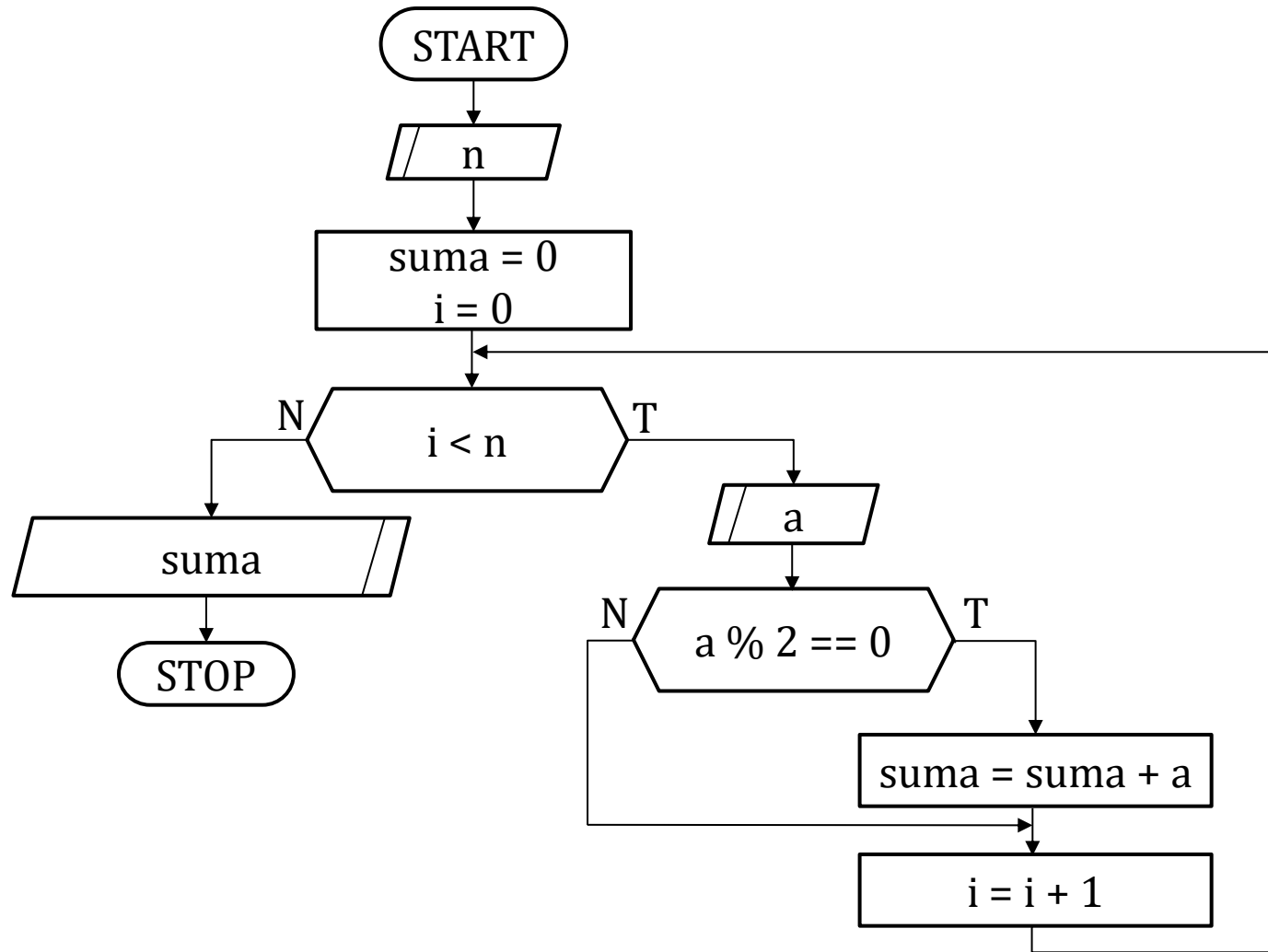
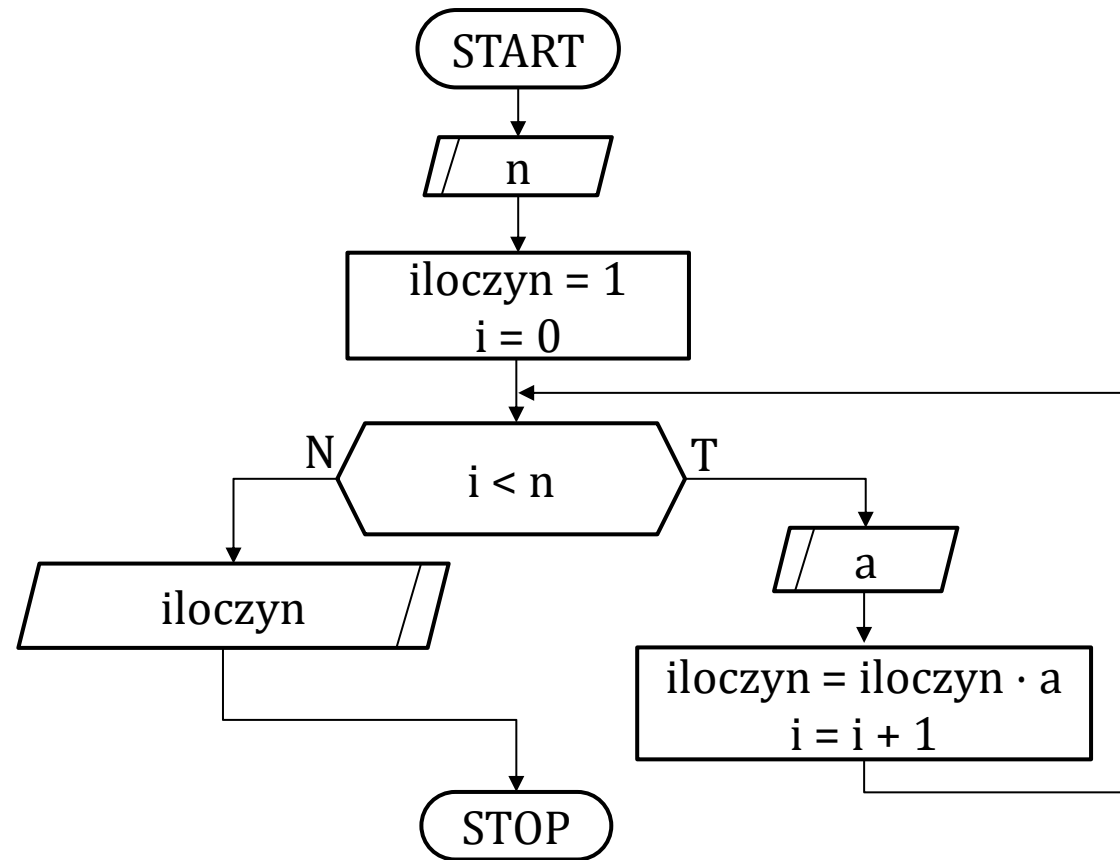


Tabela pamięci dla danych wejściowych: [5, 6, 3, 0, 4, 7]

n	suma	i	a	wyście
5	0	0		
	6	1	6	
		2	3	
	6	3	0	
	10	4	4	
		5	7	
				10

Zad. 7. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający iloczyn jego elementów.



Zad. 7. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający iloczyn jego elementów.

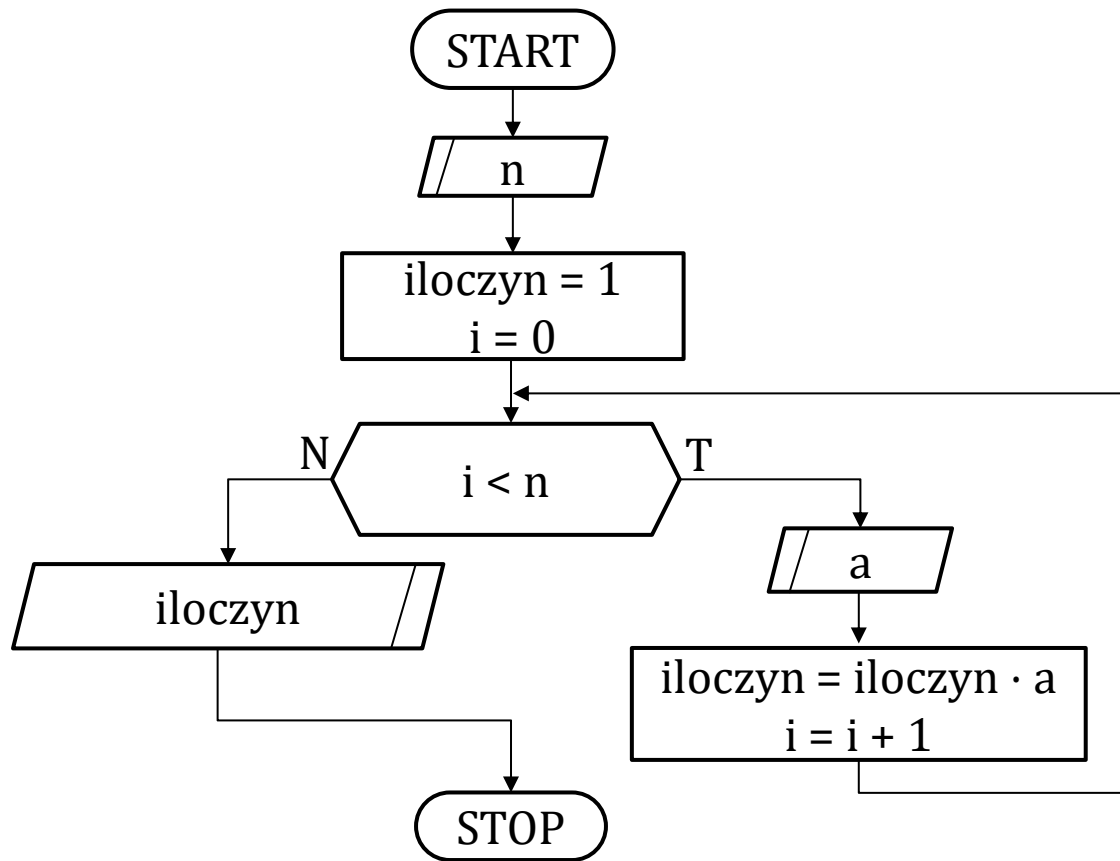
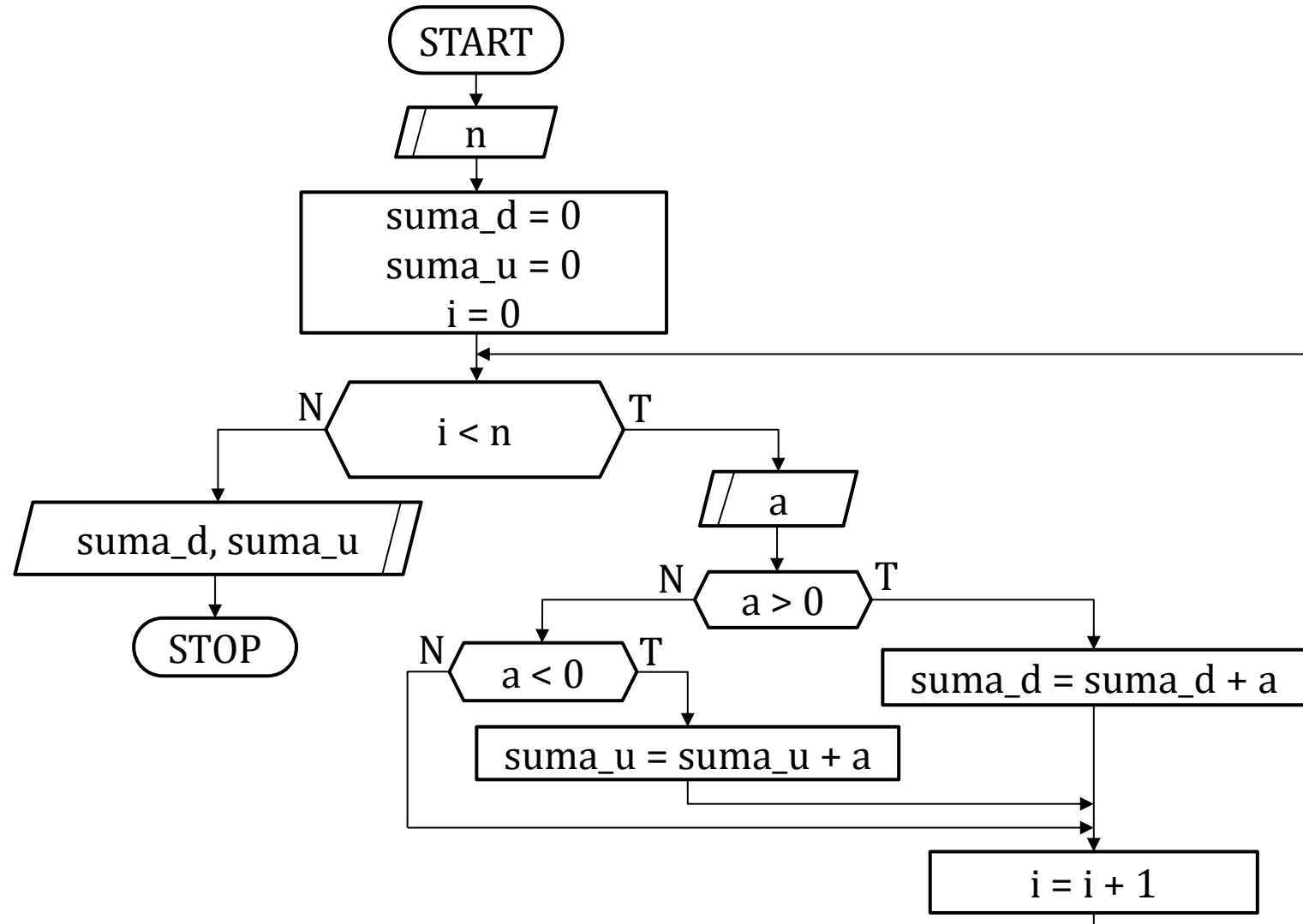


Tabela pamięci dla danych wejściowych: [3, 2, 4, 3]

n	iloczyn	i	a	wyście
3	1	0		
	2	1	2	
	8	2	4	
	24	3	3	
				24

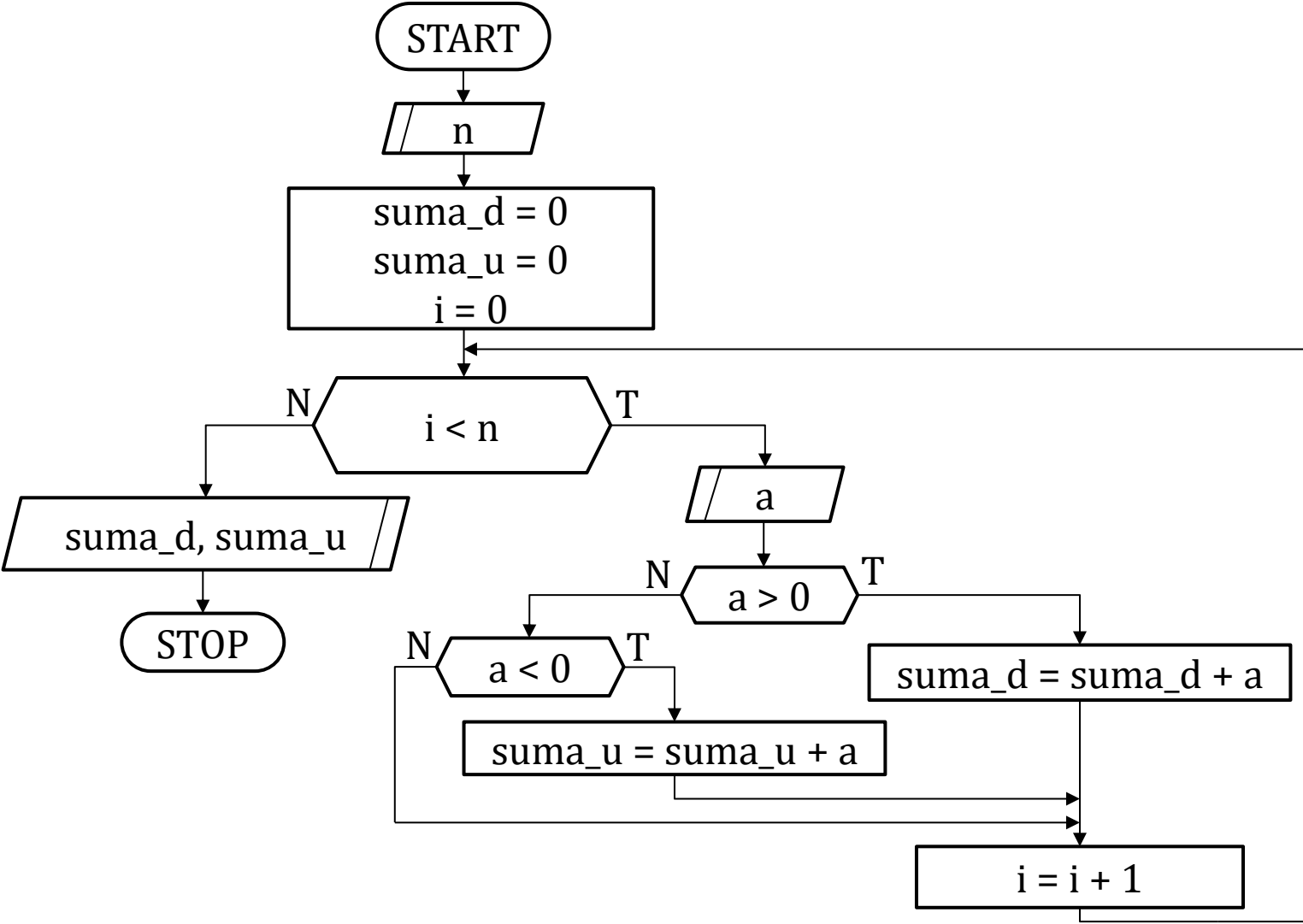
Zad. 8. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb i obliczający sumę liczb dodatnich i sumę liczb ujemnych.



Zad. 8. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i obliczający sumę liczb dodatnich i sumę liczb ujemnych.

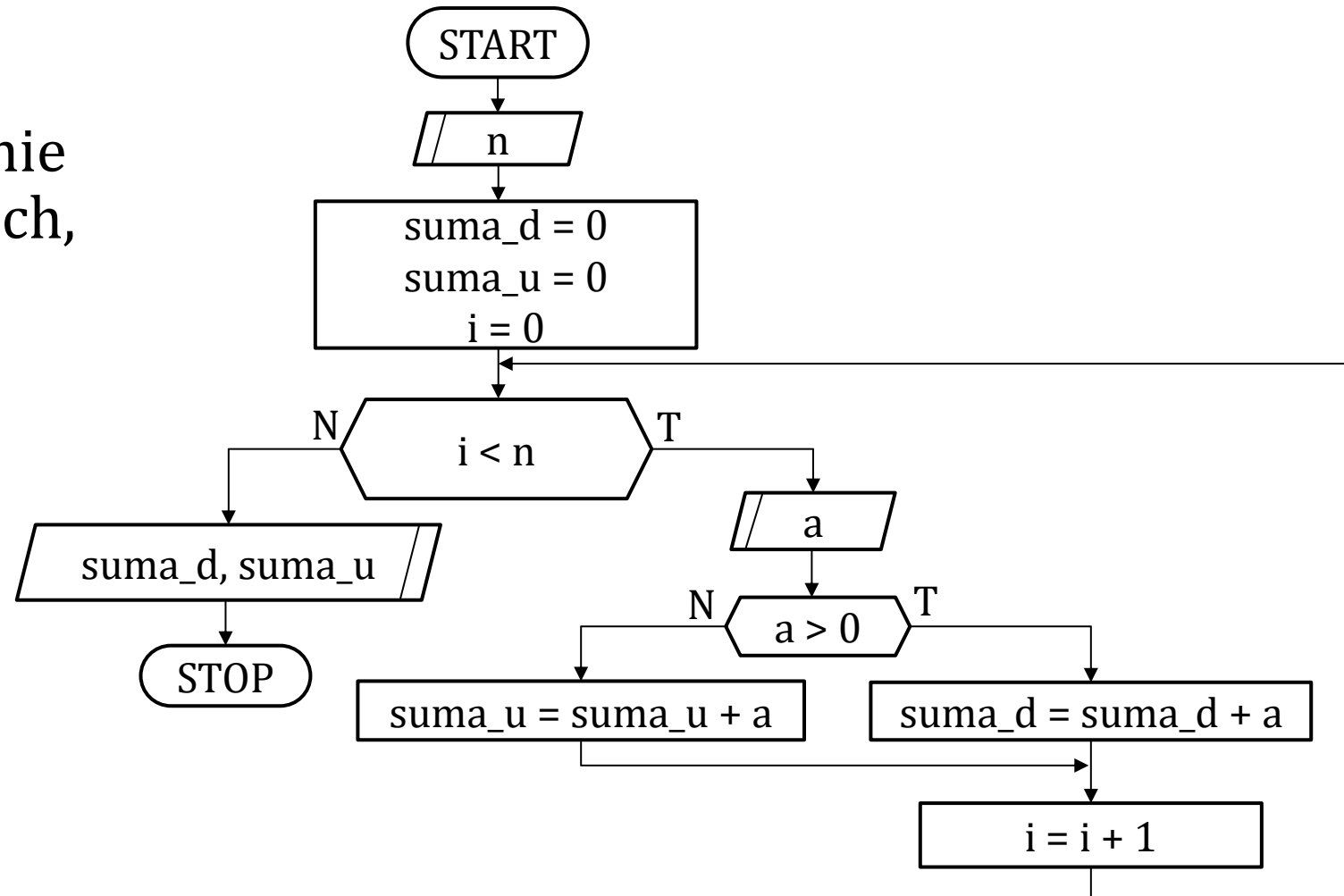
Tabela pamięci dla danych wejściowych: [5, -6, 3, 0, -4, 7]

n	suma_d	suma_u	i	a	wyjście
5	0		0		
		-6	1	-6	
	3		2	3	
			3	0	
		-10	4	-4	
	10		5	7	
					10 -10

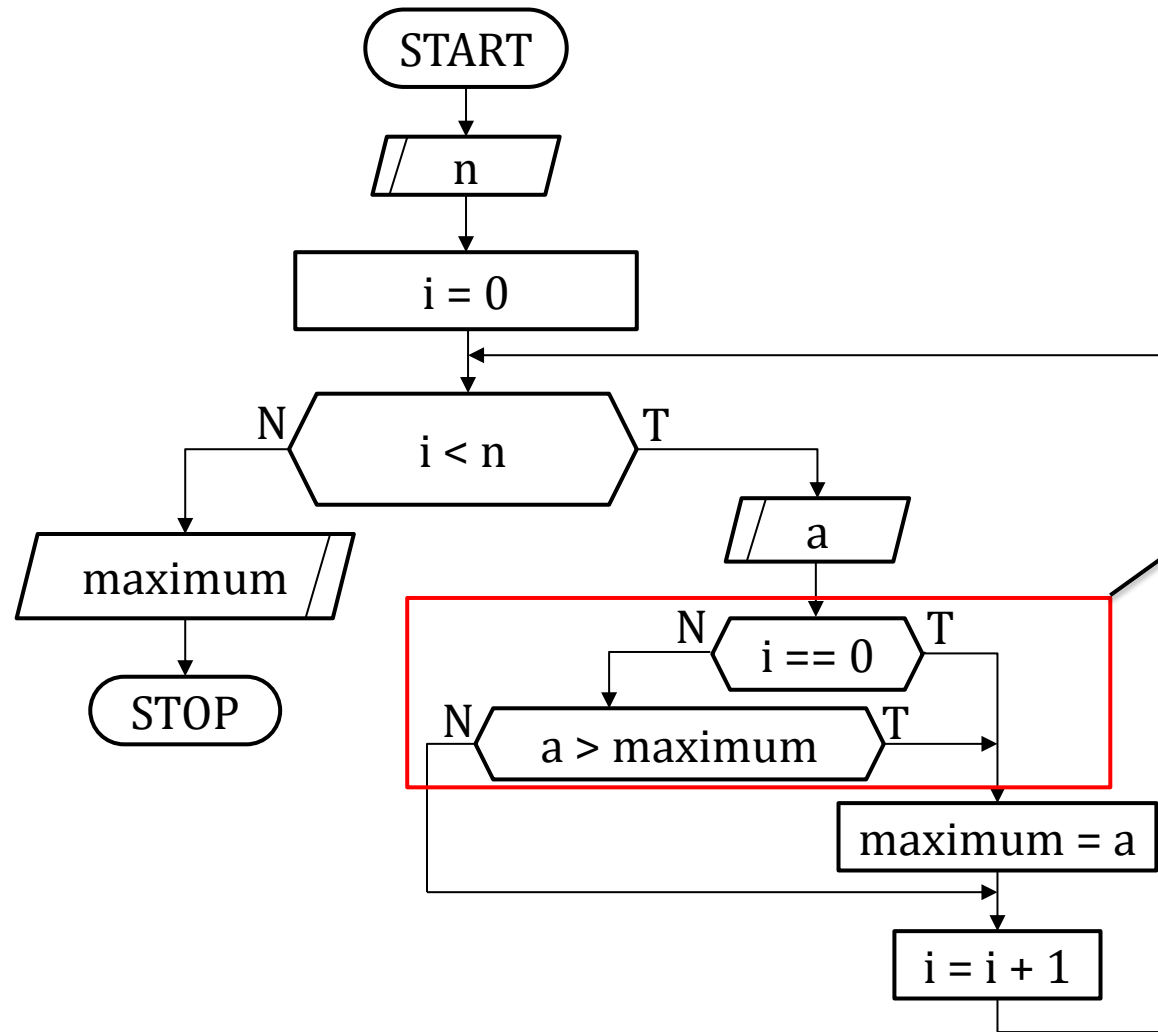


Zad. 8. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i obliczający sumę liczb dodatnich i sumę liczb ujemnych – wersja alternatywna.

- ▶ Zauważmy, że liczba zero nie zmienia wyniku algorytmu, niezależnie od tego, czy zostanie dodana do sumy liczb dodatnich, czy sumy liczb ujemnych ($x + 0 = x$).
- ▶ W związku z tym algorytm można uprościć.

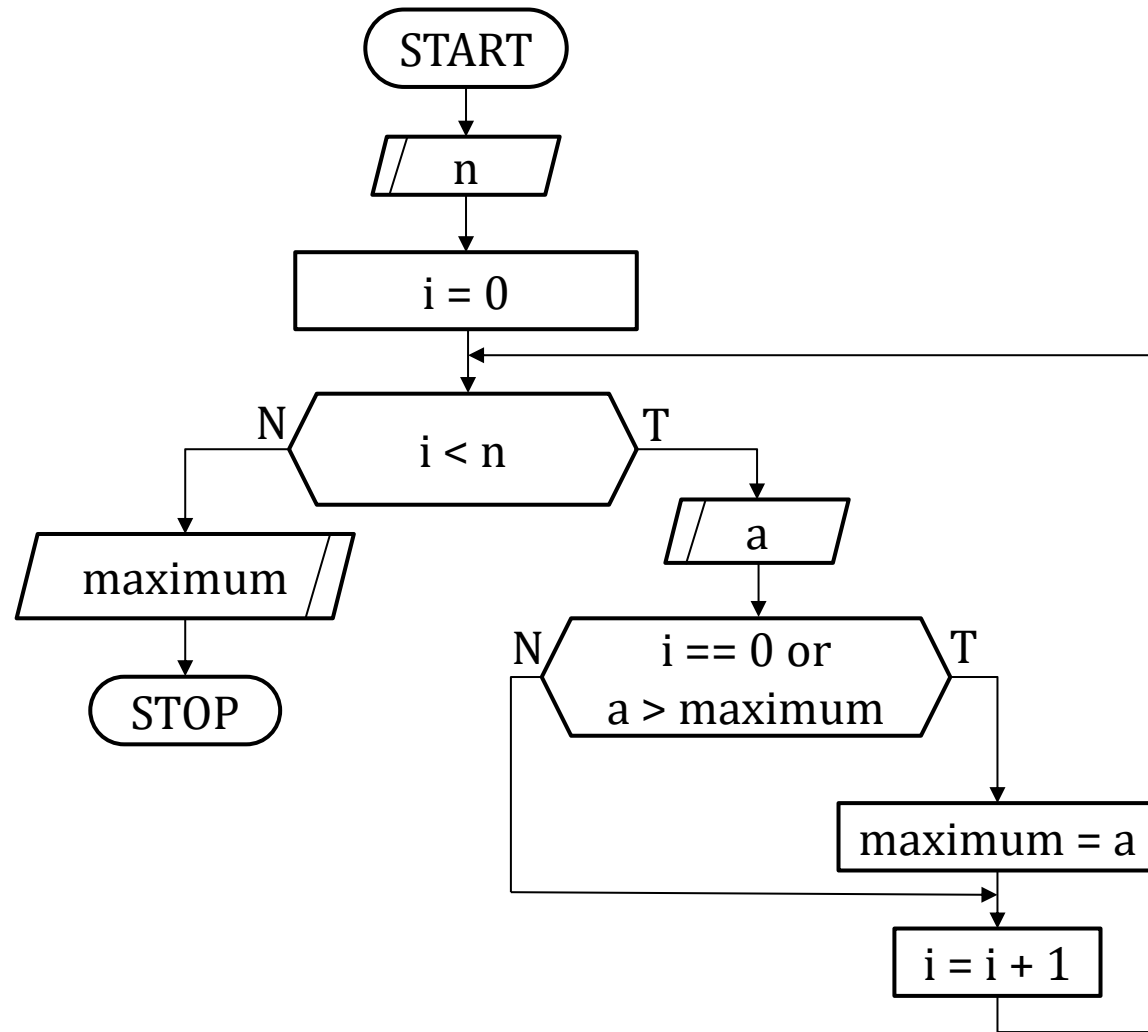


Zad. 9. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i wyznaczający największy wyraz ciągu.

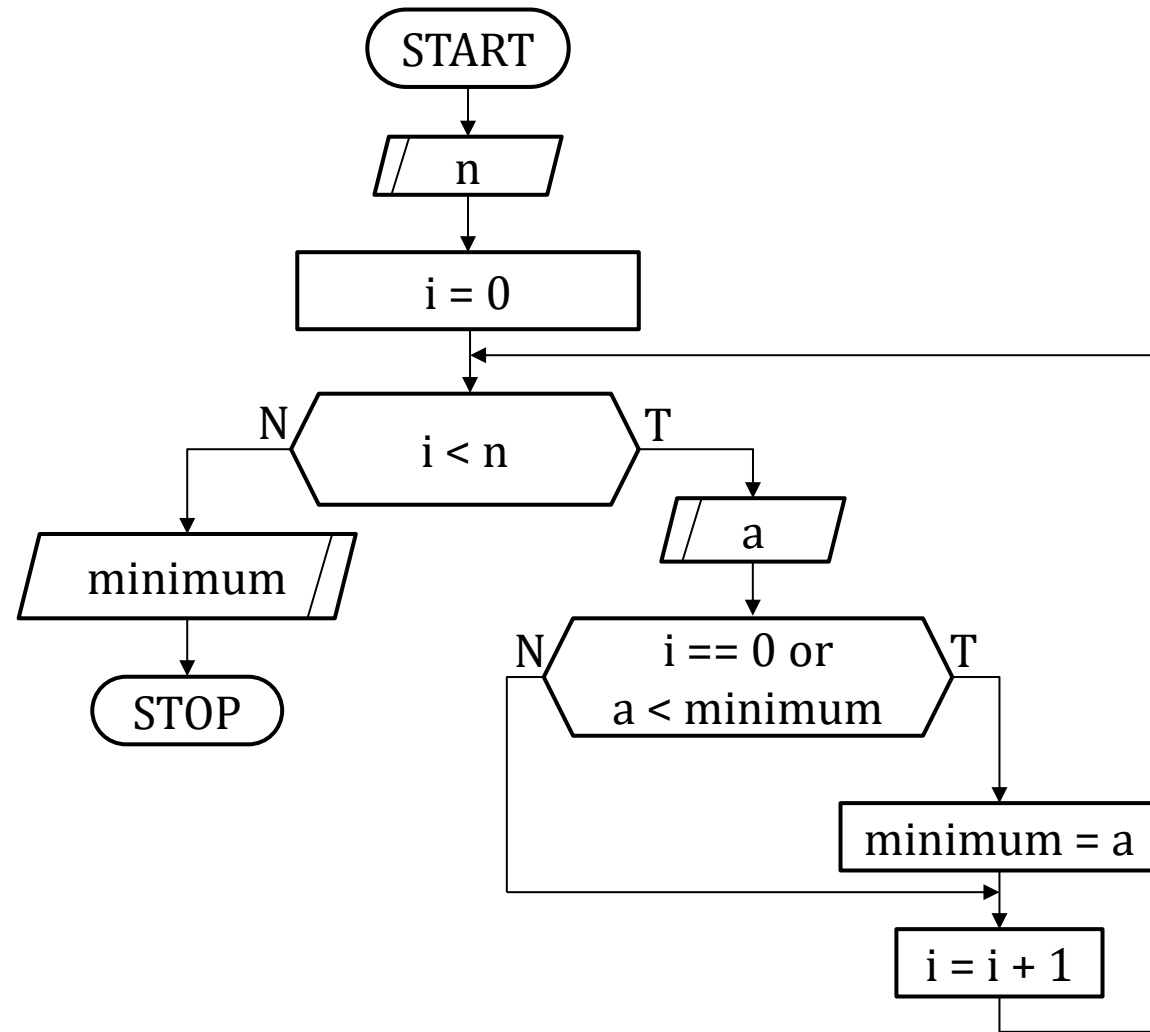


Te dwa bloki można
złączyć w jeden
operatorem
logicznym. Jakim?

Zad. 9. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i wyznaczający największy wyraz ciągu – wersja alternatywna.



Zad. 10. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i wyznaczający najmniejszy wyraz ciągu.



Zad. 10. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i wyznaczający najmniejszy wyraz ciągu.

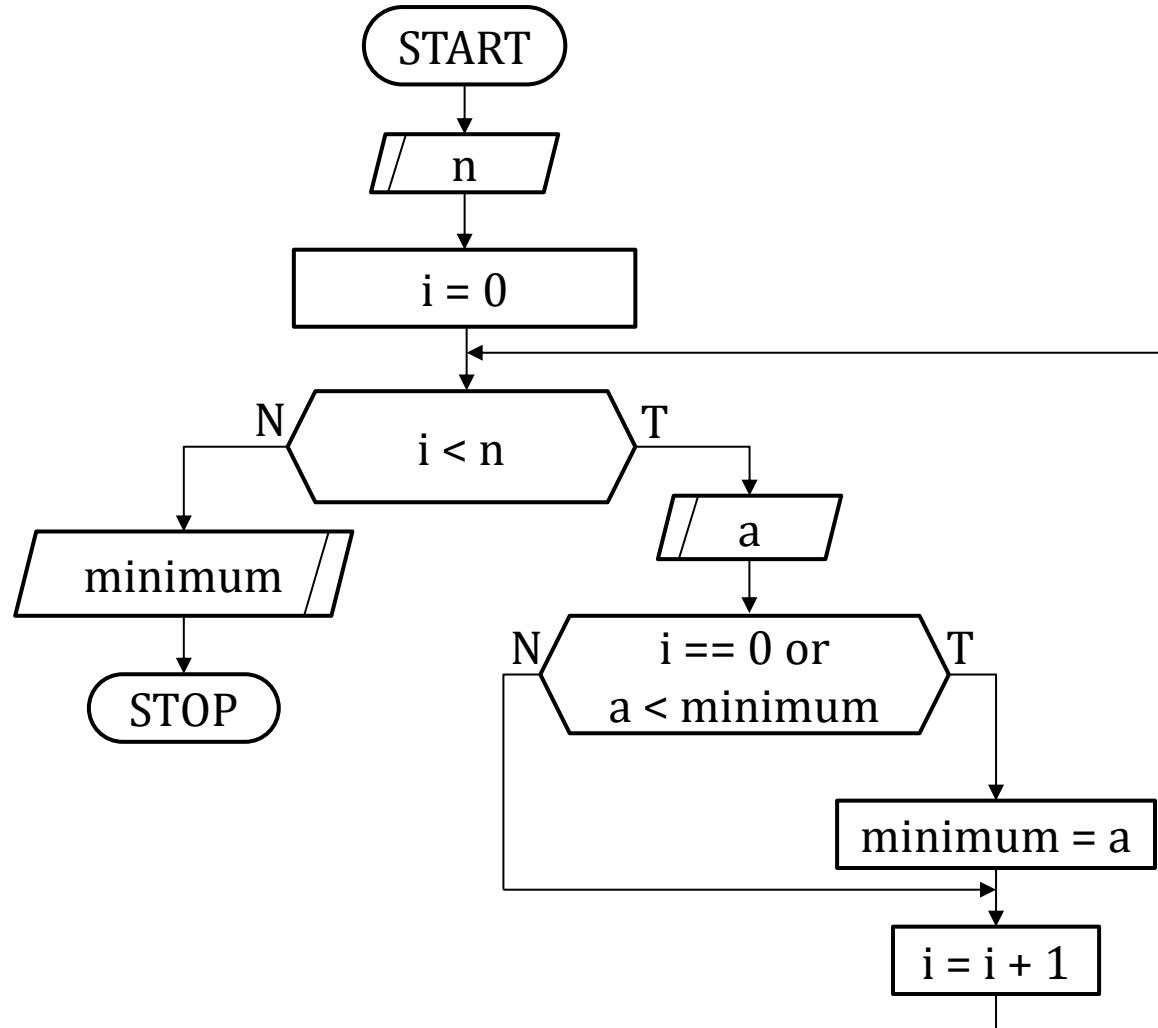


Tabela pamięci dla danych wejściowych: [4, 3, -3, 0, -5]

n	minimum	i	a	wyjscie
4		0		
	3	1	3	
	-3	2	-3	
		3	0	
	-5	4	-5	
				-5

Zad. 11. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i obliczający średnią harmoniczną wszystkich jego elementów.

Wzór na średnią harmoniczną:

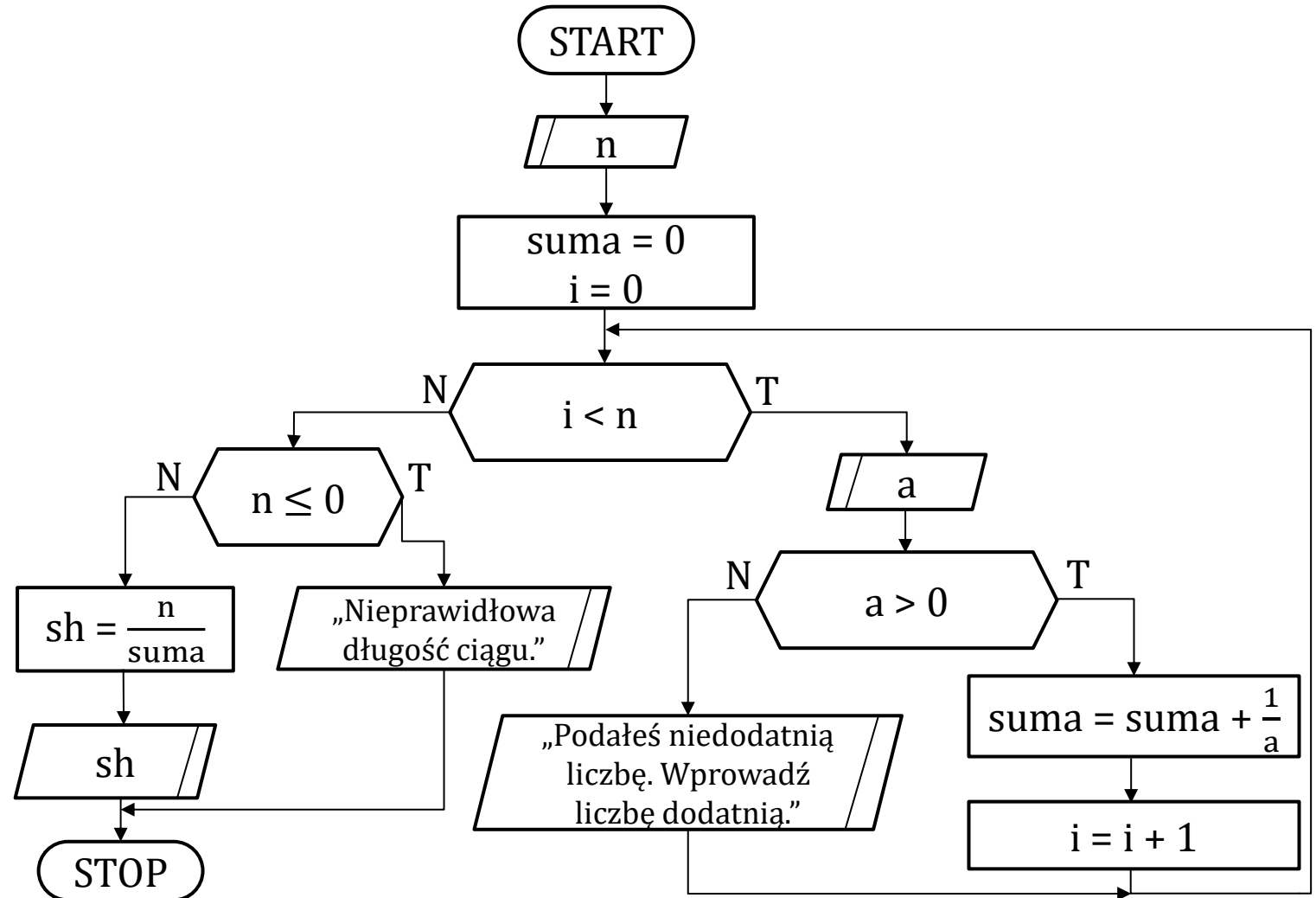
$$sh = \frac{n}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}},$$

gdzie:

n - długość ciągu.

$a_1, a_2, \dots, a_n$ - kolejne wyrazy ciągu.

Uwaga: średnią harmoniczną można obliczyć tylko dla liczb dodatnich.



Zad. 11. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg i obliczający średnią harmoniczną wszystkich jego elementów.

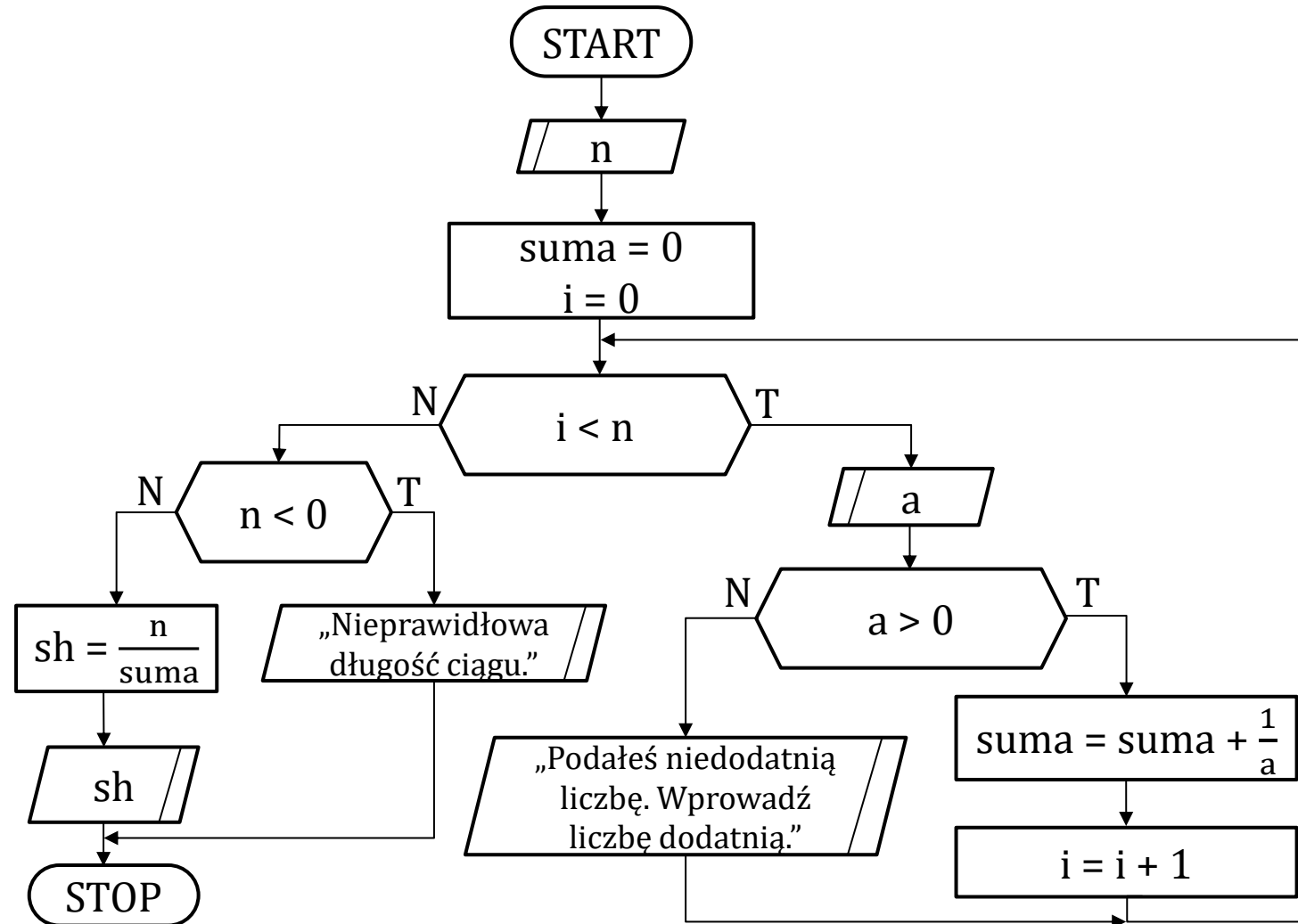


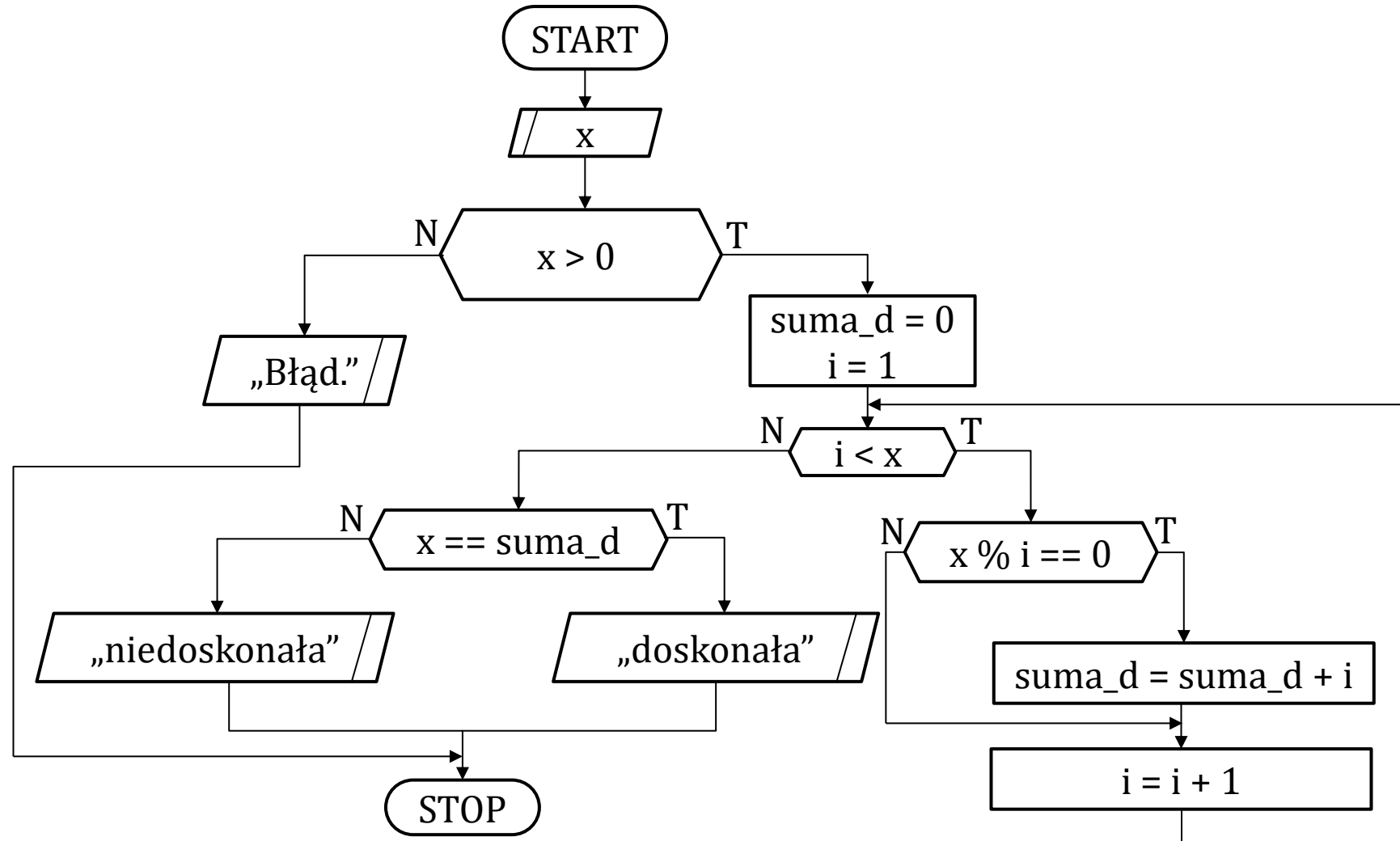
Tabela pamięci dla danych wejściowych: [4, 1, 3, 15, 0, 5]

n	suma	i	a	sh	wyście
4	0	0			
	1	1	1		
	$\frac{4}{3}$	2	3		
	$\frac{21}{15} = \frac{7}{5}$	3	15		
			0		Podałś niedodatnią liczbę...
	$\frac{8}{5}$	4	5		
				$\frac{20}{8} = \frac{5}{2}$	$\frac{5}{2}$

Zad. 12. Algorytm wczytujący liczbę naturalną i sprawdzający czy jest to liczba doskonała.

- ▶ Liczba doskonała – liczba naturalna, która jest sumą wszystkich swych dzielników właściwych.
- ▶ Dzielnik właściwy – liczba, która dzieli daną liczbę bez reszty i jest od niej mniejsza.

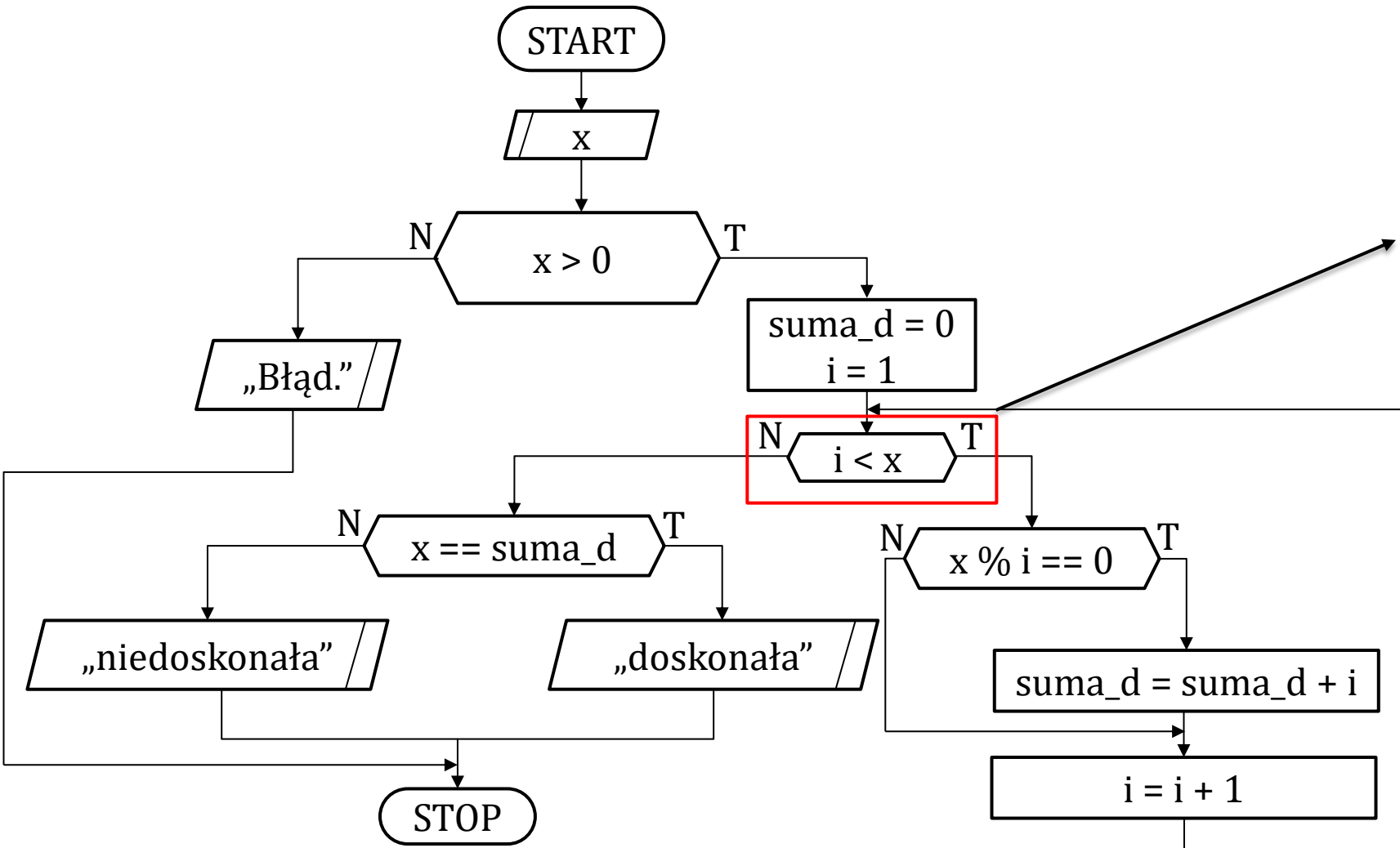
Zad. 12. Algorytm wczytujący liczbę naturalną i sprawdzający czy jest to liczba doskonała.



Zad. 12. Algorytm wczytujący liczbę naturalną i sprawdzający czy jest to liczba doskonała.

Zauważmy, że liczby większe niż $\frac{x}{2}$ nie mogą być dzielnikami właściwymi liczby x .

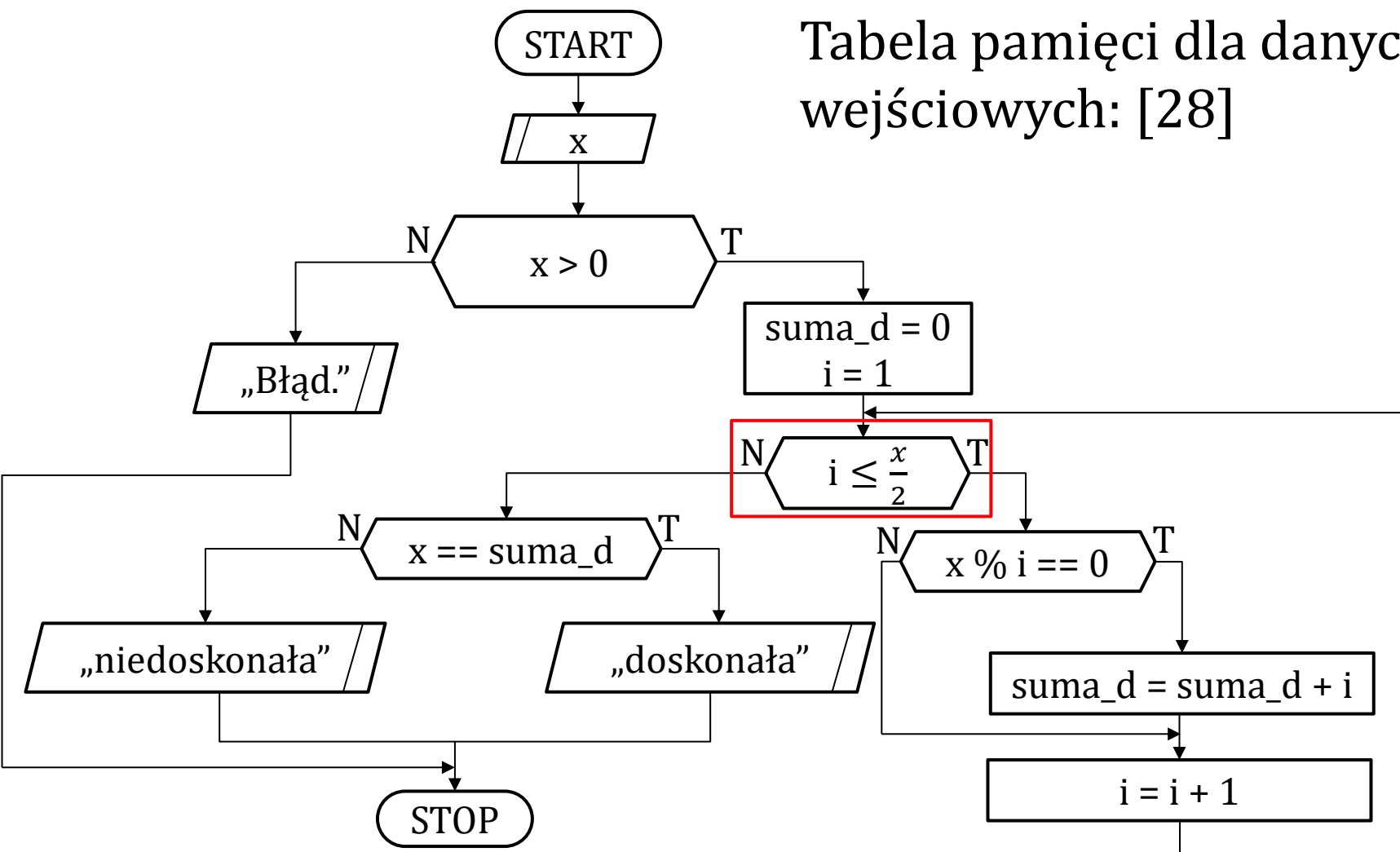
Algorytm można więc zoptymalizować zapisując ten warunek inaczej.



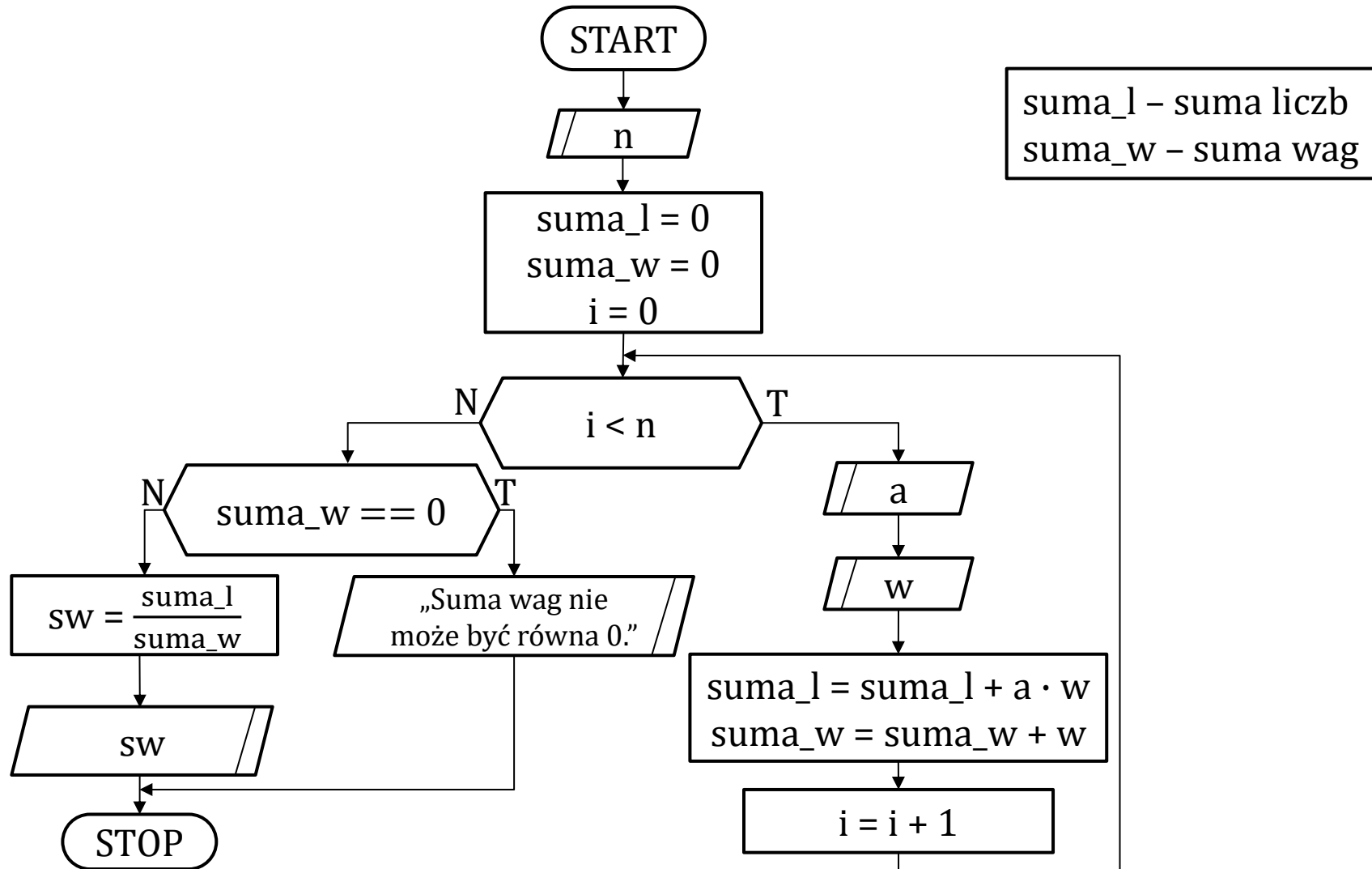
Zad. 12. Algorytm wczytujący liczbę naturalną i sprawdzający czy jest to liczba doskonała – wersja zoptymalizowana.

Tabela pamięci dla danych wejściowych: [28]

x	suma_d	i	wyście
28	0	1	
	1	2	
	3	3	
		4	
	7	5	
		6	
		7	
	14	8	
...	...	...	...
	28	15	
			doskonała



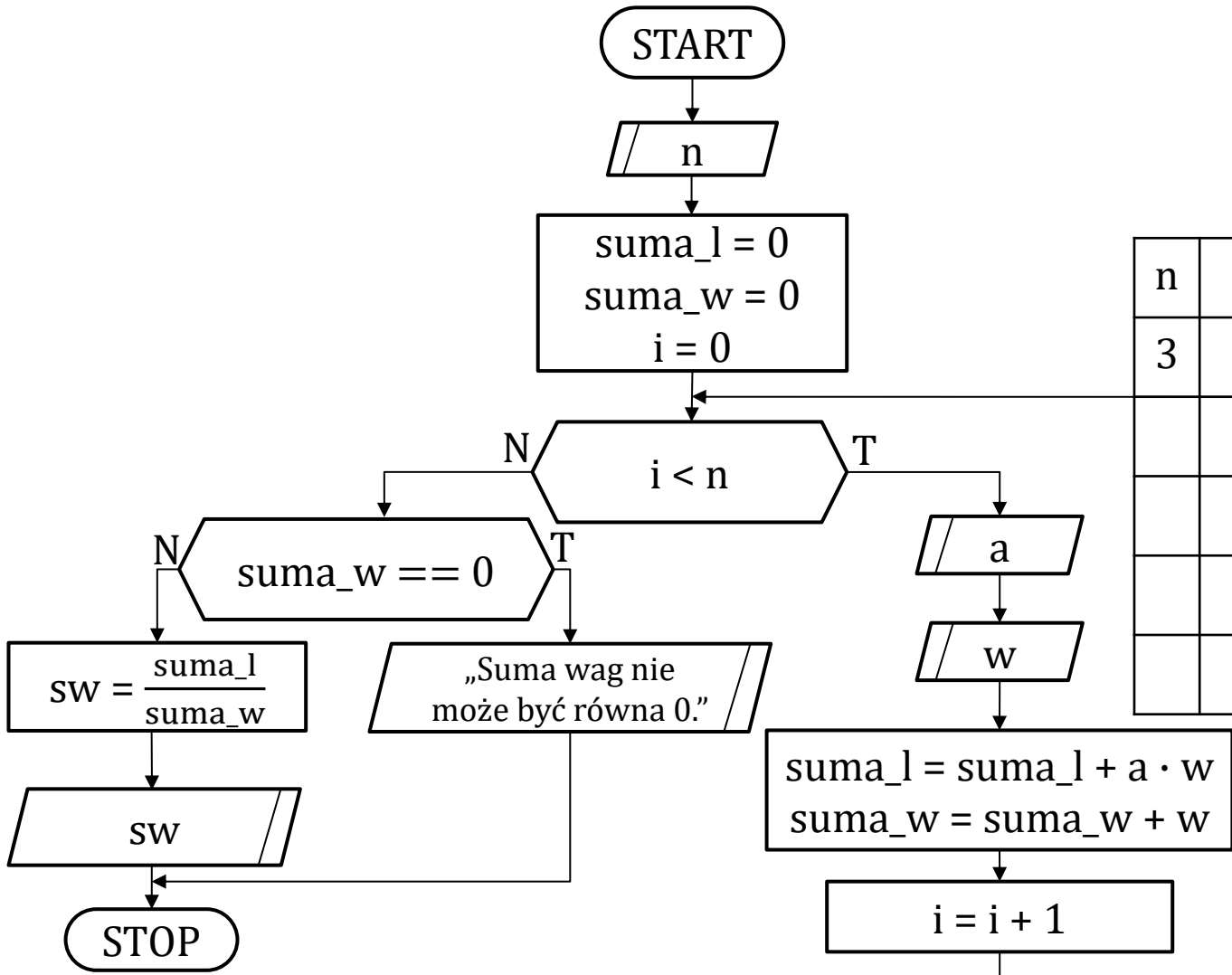
Zad. 13. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb oraz wag i obliczający ważoną średnią arytmetyczną podanych liczb.



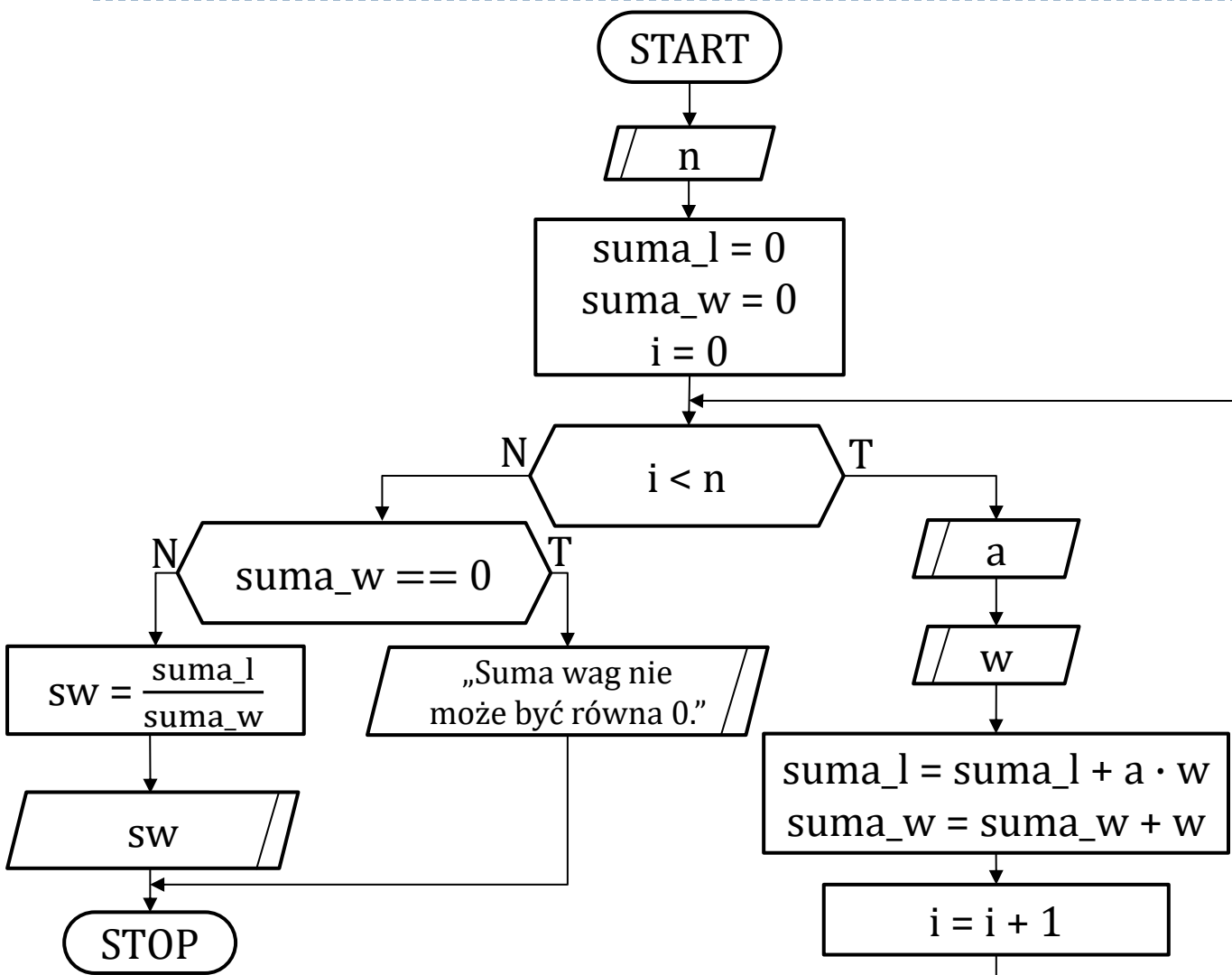
Zad. 13. Algorytm wczytujący n -elementowy ciąg liczb oraz wag i obliczający ważoną średnią arytmetyczną podanych liczb.

Tabela pamięci dla danych wejściowych: [3, 4.5, 3, 4, 5, 3.5, 2]

n	suma_l	suma_w	i	a	w	sw	wyście
3	0	0	0				
	13.5	3	1	4.5	3		
	33.5	8	2	4	5		
	40.5	10	3	3.5	2		
						4.05	4.05



Czy można jeszcze ulepszyć rozwiązanie zad. 13?



- ▶ Czy można jeszcze ulepszyć ten algorytm?
- ▶ Można. Zamiast sprawdzać po wyjściu z pętli, czy suma wag jest równa 0, lepiej sprawdzać, czy waga każdej liczby jest dodatnia podczas jej wczytywania. Wagi ujemne nie mają zbyt wiele sensu.
- ▶ Po wyjściu z pętli warto sprawdzić, czy n jest dodatnie.
- ▶ Jeśli nie jest, to oznacza, że użytkownik nie wprowadził żadnej liczby, a więc suma wag jest zerowa i nastąpi dzielenie przez 0.
- ▶ Zmodyfikuj samodzielnie schemat blokowy zgodnie z powyższymi informacjami.