

Rozdział 9 Funkcja przerwania FBs-PLC

9.1 Zasada działania i struktura funkcji przerwania

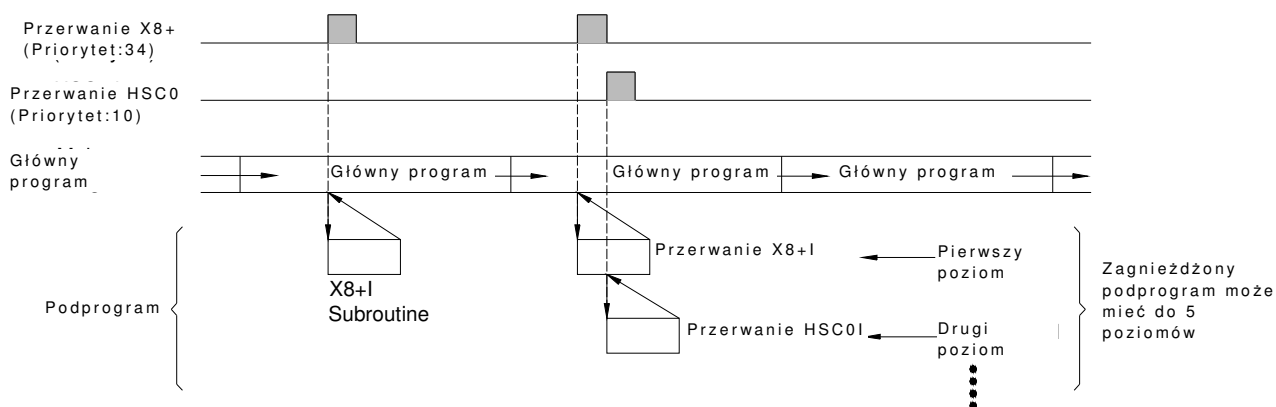
FBs-PLC przeznaczony jest do realizacji wielu zadań. Na przykład do obsługi programu użytkownika zawierającego 20 tysięcy słów, przechwycenia lub zaktualizowania statusu 512 punktów We / Wy, obsługi 5 portów komunikacyjnych, itd. Jednakże zadania te mogą być wykonywane tylko jedno po drugim z uwagi na dostępność tylko jednego CPU. Dlatego też, PLC realizuje zadania po kolei. Po zakończeniu realizacji wszystkich zadań, PLC powróci do realizacji pierwszego zadania rozpoczynając tym samym nowy cykl roboczy. Czas realizacji każdego cyklu roboczego nazywa się „czasem skanowania” PLC. Szybkość realizacji CPU jest bardzo duża w porównaniu do szybkości reakcji wykonywanej przez człowieka. PLC jest w stanie ukończyć duży cykl roboczy w przeciągu kilku milisekund (ms). W ten sposób PLC może sprostać wymaganiom stawianym przez większość praktycznych zadań związanych ze sterowaniem.

Opisana metoda sterowania w wielu przypadkach okazuje się wystarczająca. Niemniej jednak, w przypadku niektórych zastosowań wymagających szybkiej odpowiedzi (takich jak sterowanie pozycjonowaniem), opóźnienie czasu skanowania pociągnie za sobą powiększenie błędu. W takich okolicznościach, spełnienie wymagań dotyczących precyzji możliwe jest jedynie przy zastosowaniu funkcji „przerwania”.

Funkcja ta oznacza odpowiedź w postaci przerwania na sygnał z CPU podczas normalnego cyklu skanowania w momencie, gdy wymagana jest szybka odpowiedź. Po otrzymaniu takiego żądania, CPU natychmiast zatrzyma operację skanowania w celu zrealizowania zadań serwisowych przed powrotem (tzw. „powrót z przerwania” lub RTI) do miejsca, w którym nastąpiło przerwanie i wznowi przerwane skanowanie.

Zadania serwisowe do wykonania podczas okresu przerwania nazywane są procedurą serwisową podczas przerwania, która składa się z serii kodów drabinkowych. Procedura (w obszarze podprogramu) rozpoczyna się instrukcją LBL z zastrzeżoną nazwą znacznika (patrz rozdział 9.3). Ponieważ procedura znajduje się w obszarze podprogramu, nie zostanie ona zrealizowana w ramach normalnego cyklu skanowania PLC (PLC stale skanuje obszar głównego programu, nie podprogramu).

W normalnych warunkach, CPU realizuje procedurę serwisową w przeciągu kilkuset mikrosekund. W przypadku wystąpienia większej ilości przerw w jednym momencie (na przykład 49 źródeł przerwania FBs-PLC), zrealizowane zostanie tylko przerwanie o najwyższym priorytecie. Pozostałe przerwania będą realizowane według przydzielonych priorytetów. W konsekwencji zaistnieć może opóźnienie rzędu kilkuset mikrosekund lub nawet kilku milisekund. W związku z tym, w przypadku struktury funkcji o wielu przerwaniach, każdemu przerwaniu nadawany jest priorytet uzależniony od jego wagi. W przypadku, gdy przy realizacji procedury serwisowej podczas przerwania przez PLC pojawi się żądanie przerwania o niższym priorytecie, CPU zaczeka na realizację aktualnego podprogramu i dopiero wówczas zaakceptuje nowe żądanie. W przypadku, gdy nowe żądanie będzie miało wyższy priorytet niż aktualnie realizowana procedura, CPU zatrzyma ją w celu zrealizowania procedury o wyższym priorytecie, po czym powróci do poprzedniej procedury. Taki rodzaj przerwania nazywa się „przerwaniem zagnieżdżonym”. Poniżej przedstawione zostały przykłady pojedynczych przerw oraz przerwania zagnieżdżonego:

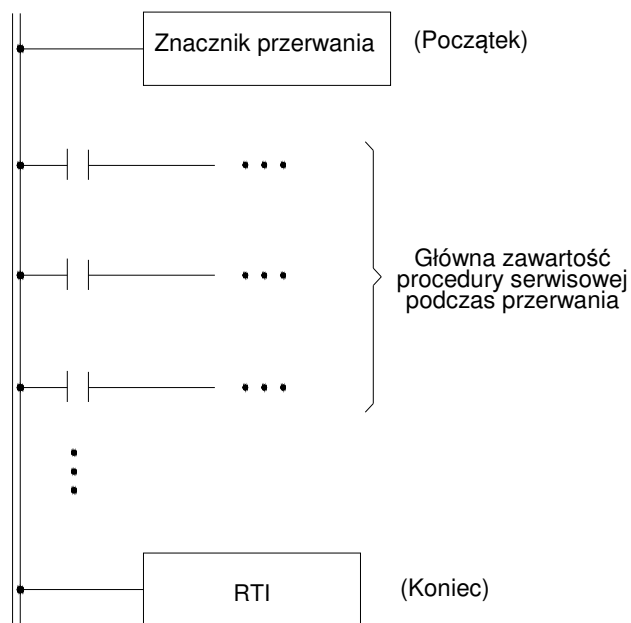


9.2 Struktura i zastosowanie procedury serwisowej podczas przerwania

Pomimo, że funkcje „przerwania” i „przywołania” mają swoje podprogramy, to metody ich przywoływania (w celu przejścia do podprogramu) są różne. Kiedy komenda CALL [FUN67] jest realizowana przez przywołanie w głównym programie, CPU zrealizuje podprogram ze znacznikiem o nazwie przyporządkowanej przez komendę CALL. Po realizacji komendy RTS (powrotu z podprogramu), CPU powróci do głównego programu.

Przywołanie „przerwania”, zamiast komend software’owych, realizowane jest przez sygnał przerwania sprzętowego wysyłany do CPU. CPU zidentyfikuje źródło przerwania i automatycznie przejdzie do „procedury serwisowej podczas przerwania” ze znacznikiem odpowiednim dla danego podprogramu. Po realizacji komendy RTI (powrót z przerwania) nastąpi powrót do głównego programu. W związku z tym, nie ma odpowiedniego kodu drabinkowego odpowiadającego przerwaniu w obszarze głównego programu.

Jak wspomniano wcześniej, procedura serwisowa podczas przerwania musi znajdować się w obszarze podprogramu. Struktura procedury przedstawiona jest na schemacie po prawej, na którym widnieje początek i koniec głównej struktury procedury serwisowej. Początek struktury stanowi znacznik przerwania (opis w kolejnym rozdziale). Koniec stanowi komenda RTI [FUN69], której zadaniem jest poinformowanie CPU o zakończeniu realizacji podprogramu i konieczności przejścia do miejsca, w którym nastąpiło przerwanie; patrz instrukcja FUN69 (RTI). Pomiędzy początkiem a końcem zawarta jest główna struktura procedury serwisowej podczas przerwania informującej CPU o czynnościach do zrealizowania w momencie pojawienia się przerwania.



Linie zasilającą podprogramu oznaczono podwójną linią w celu odróżnienia jej od linii zasilającej głównego programu (pojedyncza linia).

9.3 Źródło przerwania, znacznik i priorytet FBs-PLC

Jak opisano w poprzednim rozdziale, każdej procedurze serwisowej podczas przerwania powinien być przypisany unikalny znacznik przerwania. Istnieje 49 znaczników przerwania określanych jako „słowa zarezerwowane dla przerwania”, które mogą być wykorzystane w obszarze podprogramu FBs-PLC. Znaczniki te są dedykowane poszczególnym procedurom, dlatego też nie mogą być użyte w przypadku normalnego podprogramu.

Wszystkie znaczniki przerwania (słowa zarezerwowane dla przerwania) charakteryzują się przyrostkiem „I”. Na przykład, znacznikiem przerwania dla szybkiego licznika HSC0 powinien być „HSC0I”, natomiast znacznikiem dla X0+, „X0+I”. Poniżej przedstawiono znaczniki przerwania i ich priorytety dla 49 źródeł przerwania FBs-PLC.

Poniższa tabela przedstawia źródła przerwania wraz z nazwami ich znaczników. W celu zachowania zgodności z poprzednimi wersjami narzędzia do programowania, oprócz HSC/HST załączono także nazwy znaczników ze starszych wersji (nazwy w nawiasie). Preferowane są nowe nazwy znaczników (nazwy HSTAI, 1MSI~100MSI, X0+I~X15-I mają wyższy priorytet).

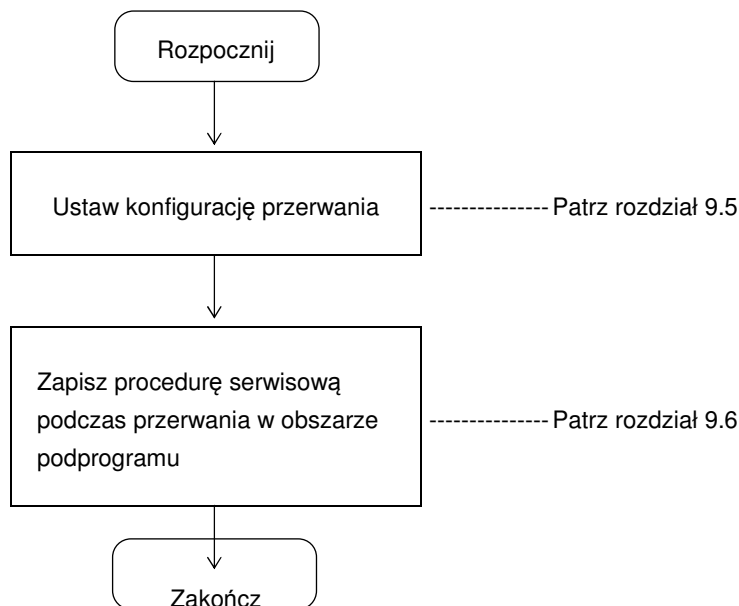
(Priorytet przerwania jest odwrotnie proporcjonalny do wartości priorytetu)

Źródło przerwania	Priorytet	Znacznik przerwania	Warunek przerwania	Uwagi
Szybki timer	1	HSTAI (ATMRI)	Synchronizacja HSTA do (CV=PV)	Brak przerwania w przypadku pracy jako timer cykliczny
Wewnętrzna stała czasowa	2	1MSI (1MS)	Jedno przerwanie co 1ms	Dozwolony jest jeden rodzaj przerwania stałej czasowej (patrz rozdział 9.5.2). W związku z tym, rzeczywista liczba przerwania wynosi 42.
	3	2MSI (2MS)	Jedno przerwanie co 2ms	
	4	3MSI (3MS)	Jedno przerwanie co 3ms	
	5	4MSI (4MS)	Jedno przerwanie co 4ms	
	6	5MSI (5MS)	Jedno przerwanie co 5ms	
	7	10MSI (10MS)	Jedno przerwanie co 10ms	
	8	50MSI (50MS)	Jedno przerwanie co 50ms	
HSC / HST	9	100MSI (100MS)	Jedno przerwanie co 100ms	HSC0~HSC3 skonfigurowane jako szybkie liczniki oznaczone są HSC0I~HSC3I, a HSC0~HSC3 skonfigurowane jako szybkie timery oznaczone są HST0I~HST3I.
	10	HSC0I/HST0I	Zliczanie/Synchro. HSC0/HST0 do (CV=PV)	
	11	HSC1I/HST1I	Zliczanie/Synchro. HSC1/HST1 do (CV=PV)	
	12	HSC2I/HST2I	Zliczanie/Synchro. HSC2/HST2 do (CV=PV)	
PSO	13	HSC3I/HST3I	Zliczanie/Synchro. HSC3/HST3 do (CV=PV)	
	14	PSO0I	Zakończono wysyłanie impulsu PSO0	
	15	PSO1I	Zakończono wysyłanie impulsu PSO1	
	16	PSO2I	Zakończono wysyłanie impulsu PSO2	
	17	PSO3I	Zakończono wysyłanie impulsu PSO3	

Źródło przerwania	Priorytet	Znacznik przerwania	Warunek przerwania	Uwagi	
Przerwanie na zewnętrznym wejściu sprzętowym lub software'owym szybkim timerze	18	X0+I (INT0)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X0	Wejście zliczające i wejście sterujące szybkiego licznika software'owego HSC4 ~ HSC7 wdrożone przez funkcję przerwania mogą być oznaczone jako którekolwiek z wejść spośród X0~X15. Dlatego też, priorytet przerwania dla szybkiego licznika zależy od wykorzystywanego wejścia.
	19	X0-I (INT0-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X0	
	20	X1+I (INT1)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X1	
	21	X1-I (INT1-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X1	
	22	X2+I (INT2)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X2	
	23	X2-I (INT2-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X2	
	24	X3+I (INT3)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X3	
	25	X3-I (INT3-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X3	
	26	X4+I (INT4)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X4	
	27	X4-I (INT4-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X4	
	28	X5+I (INT5)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X5	
	29	X5-I (INT5-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X5	
	30	X6+I (INT6)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X6	
	31	X6-I (INT6-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X6	
	32	X7+I (INT7)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X7	
	33	X7-I (INT7-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X7	
	34	X8+I (INT8)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X8	
	35	X8-I (INT8-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X8	
	36	X9+I (INT9)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X9	
	37	X9-I (INT9-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X9	
	38	X10+I (INT10)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X10	
	39	X10-I (INT10-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X10	
	40	X11+I (INT11)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X11	
	41	X11-I (INT11-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X11	
	42	X12+I (INT12)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X12	
	43	X12-I (INT12-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X12	
	44	X13+I (INT13)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X13	
	45	X13-I (INT13-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X13	
	46	X14+I (INT14)		Przerwanie gdy 0→1 (·) w X14	
	47	X14-I (INT14-)		Przerwanie gdy 1→0 (·) w X14	
48	X15+I (INT15)	Przerwanie gdy 0→1 (·) w X15			
49	X15-I (INT15-)	Przerwanie gdy 1→0 (·) w X15			

9.4 Realizacja przerwania w FBs-PLC

Zastosowania funkcji przerwania w synchronizacji wewnętrznej, zewnętrznym wyjściu, HSC/HST i PSO są identyczne. Z uwagi na to, że zastosowania HSC/HST i PSO zostały opisane w innych rozdziałach, w niniejszym rozdziale zaprezentowano jedynie przykłady synchronizacji wewnętrznej i wejścia zewnętrznego.



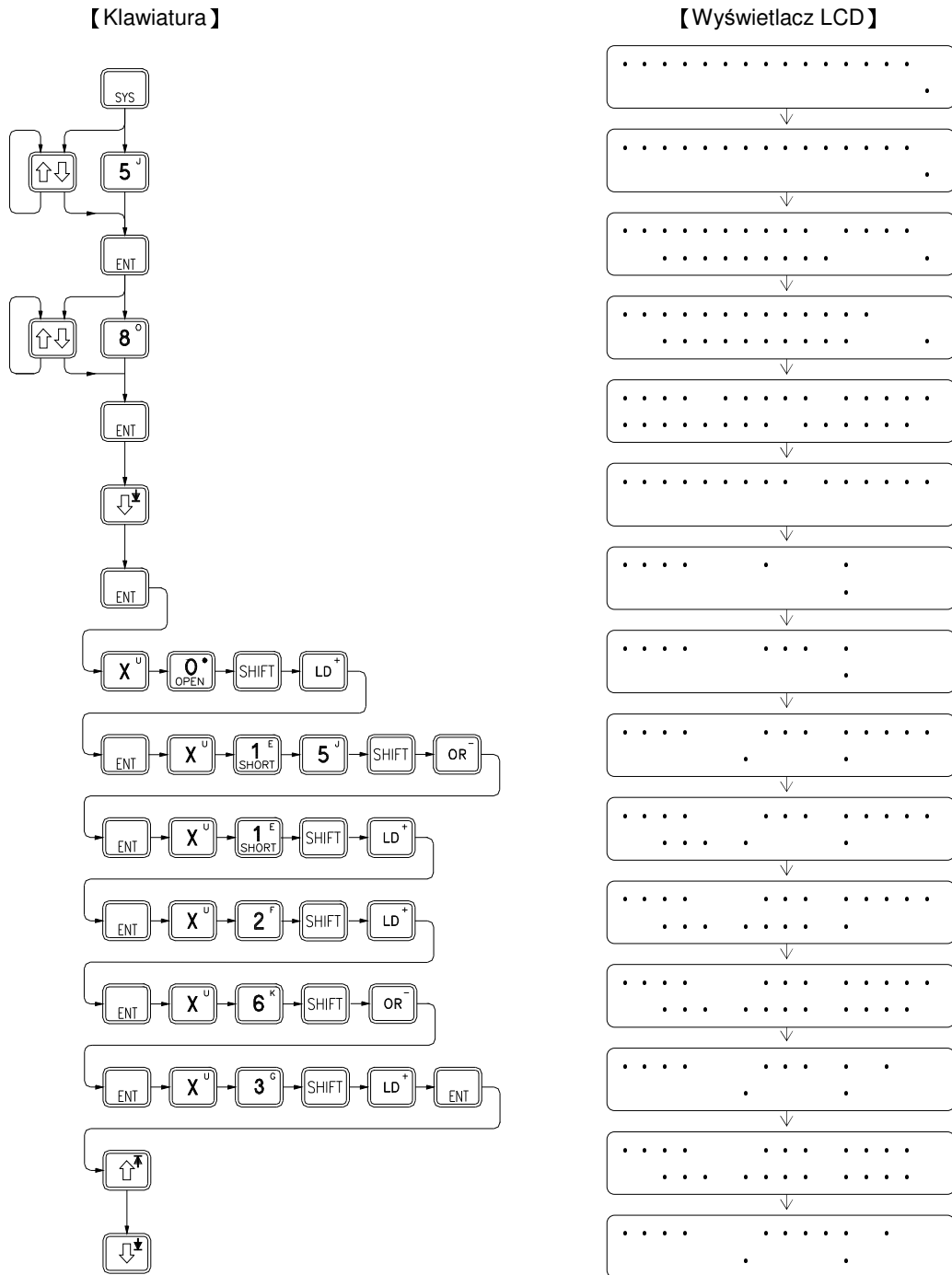
9.5 Konfiguracja przerwania

Konfiguracja przerwania ma na celu określenie tego, czy konkretne przerwanie zostanie zastosowane czy nie.

Konfiguracje przerwania można podzielić na konfiguracje związane i niezwiązane z We / Wy. HSTA, HSC/HST, PSO i zewnętrzne wejście związane są z We / Wy i powinny być zrealizowane za pomocą funkcji konfiguracji narzędzia do programowania, WinProLadder lub FP-08. Narzędzie do programowania automatycznie zrealizuje przerwanie w urządzeniu po zakończeniu konfiguracji.

Konfiguracja przerwania wewnętrznej stałej czasowej (1MSI~100MSI) związana z We / Wy nie jest wymagana. Słowa zarezerwowane dla przerwania występujące przed podprogramem serwisowym podczas przerwania znajdujące się w obszarze podprogramu oznaczają, że planowane jest przerwanie. W przypadku wystąpienia kilku przerwania, przerwanie 1MSI~100MSI mogą być sterowane za pomocą młodszego bajtu B0~B7 w specjalnym rejestrze R4162.

9.5.1 Konfiguracja przerwania za pomocą FP-08



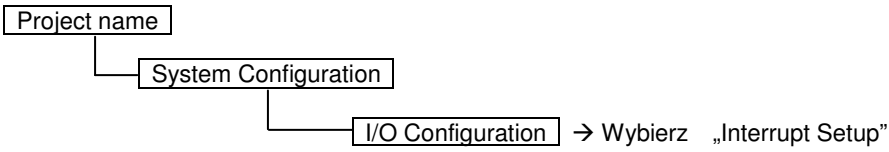
- Instrukcja zewnętrznego przerwania ma 16 wspólnych szybkich wejść X0~X15 z instrukcjami HSC i SPD. W związku z tym, nie można skonfigurować wszystkich wejść wykorzystywanych przez HSC lub SPD.

Uwaga: Instrukcja SPD do operacji wykrywania szybkości może wykorzystać tylko 8 wejść X0~X7.

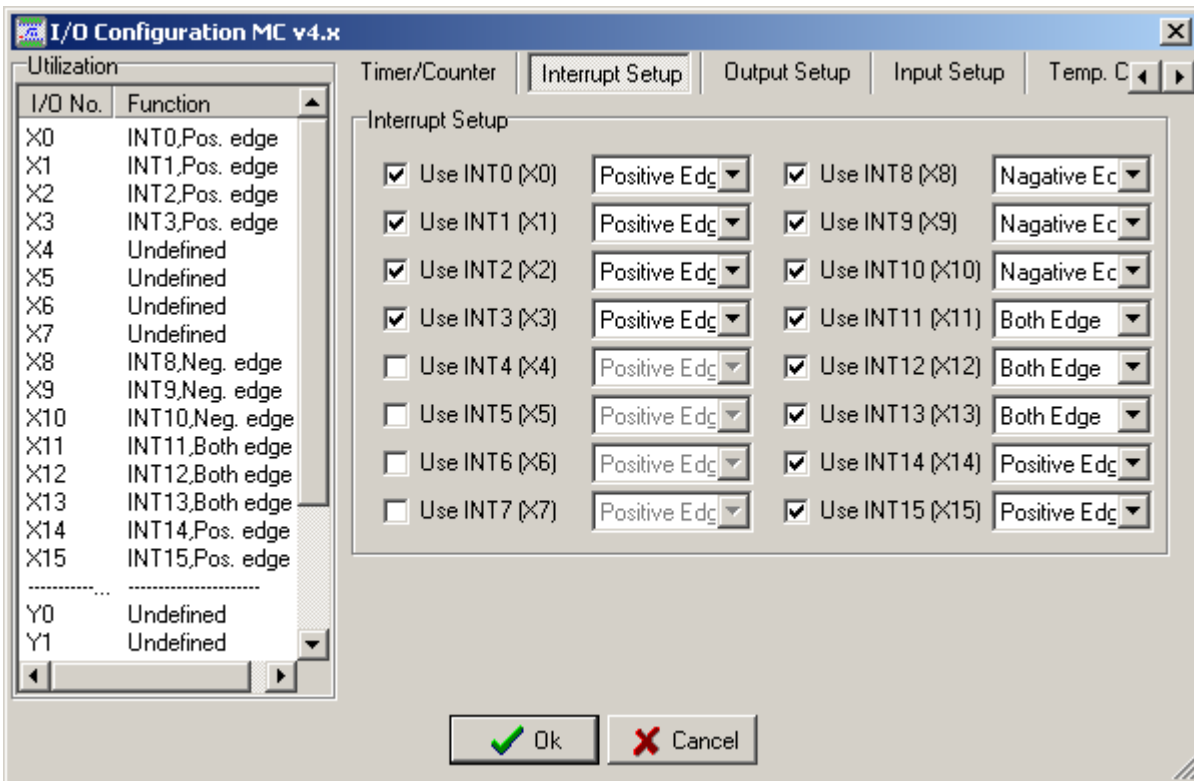
- Po określeniu konfiguracji przerwania, jej zmiana przy PLC w trybie RUN nie będzie możliwa. Jednakże komenda EN [FUN145] i DIS [FUN146] z FBs-PLC jest w stanie dynamicznie włączyć/wyłączyć funkcję przerwania HSC i HSTA przy PLC w trybie RUN. Patrz opis obu instrukcji.

9.5.2 Konfiguracja przerwania za pomocą WinProladder

W oknie Project Windows kliknąć opcję „I/O Configuration”:



Po pojawieniu się okna „Interrupt Setup” użytkownik może wybrać odpowiednią funkcję przerwania.



9.5.3 Konfiguracja przerwania wewnętrznej stałej czasowej za pomocą R4162

Pojawienie się słów zarezerwowanych dla przerwania wewnętrznej stałej czasowej (8 rodzajów, 1MSI~100MSI) oznacza, że planowane jest przerwanie, które może być zamaskowane za pomocą 8 bitów młodszego bajtu w rejestrze R4162 (patrz schemat poniżej):

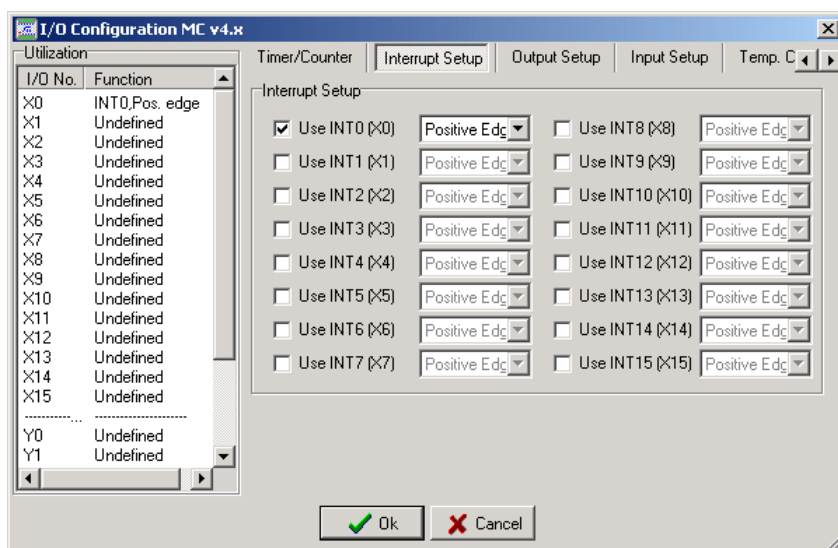
R4162: {	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
	100MS	50MS	10MS	5MS	4MS	3MS	2MS	1MS

- Kiedy status bitu =0: Włącz funkcję przerwania stałej czasowej (nie zamaskowana)
- Kiedy status bitu =1: Wyłącz funkcję przerwania stałej czasowej (zamaskowana)

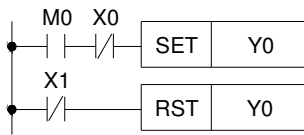
- Jeżeli status jednego spośród bitów B0~B7 wynosi 0, to FBs-PLC włączy funkcję przerwania dla bitu o najkrótszej stałej czasowej i wyłączy pozostałe. Jeżeli zawartość R4162 będzie stanowić 00H, to żadna z funkcji przerwania stałej czasowej nie zostanie zamaskowana. Jednakże, w przypadku gdy wszystkie podprogramy przerwania stałej czasowej 1ms i 2ms~100ms pojawią się w obszarze podprogramu, jedynie przerwanie stałej czasowej 1ms zostanie zrealizowane. Pozostałe operacje przerwania pozostaną niezrealizowane.
- Użytkownik może dynamicznie zmieniać stałą czasową i przerwę lub włączać funkcję przerwania za pomocą programu drabinkowego w celu zmiany wartości R4162 w każdej chwili przy PLC w trybie RUN.
- Wartością domyślną R4162 jest 0; w takim przypadku funkcja przerwania stałej czasowej 1ms~100msnie będzie maskowana. Dopóki którykolwiek podprogram obsługujący funkcję przerwania stałej czasowej będzie znajdował się z obszarze podprogramu, będzie on realizowany w sposób okresowy.
- Z uwagi na to, że do realizacji każdego przerwania przez CPU wymagany jest długi czas, to im krótsza stała czasowa, tym więcej wymaga ona przerw i tym więcej czasu potrzebuje na to CPU. W związku z tym, aby uniknąć zmniejszenia wydajności CPU, zastosowanie te powinno mieć miejsce tylko w przypadkach, gdy jest to niezbędne.

9.6 Przykłady procedury przerwania

- Przykład 1** Precyzyjne sterowanie pozycją za pomocą przełącznika (konfiguracja X0 jako wejście przerywane zboczem narastającym)
 X0 : Czujnik pozycji
 X1 : Wyłącznik awaryjny
 Y0 : Silnik

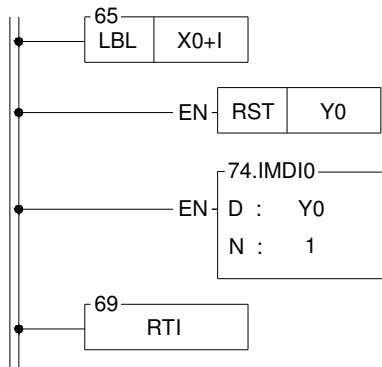


【Główny program】



- Jeżeli M0 (start) zmieni się z 0→1, silnik zostanie włączony.

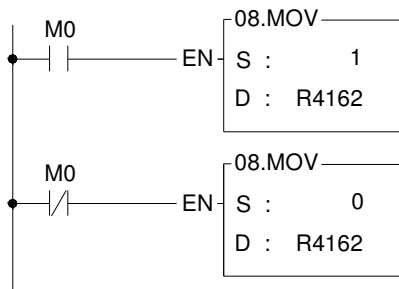
【Podprogram】



- Jeżeli czujnik X0 wykryje zbliżającą się pozycję, tj. X0 zmieni się z 0→1, sprzęt automatycznie zrealizuje podprogram z funkcją przerwania.
- Po zmianie Y0 na 0, silnik zostanie niezwłocznie zatrzymany.
- Szybkie wysłanie Y0 umożliwi zmniejszenie opóźnienia spowodowanego czasem skanowania
- Wdrożenie instrukcji szybkiego wejścia/wyjścia do podprogramu z funkcją przerwania umożliwia spełnienie wymagania dotyczącego precyzyjnego sterowania w czasie rzeczywistym.

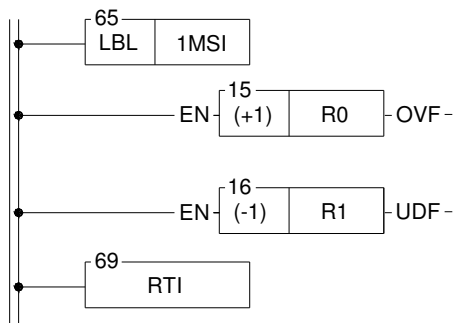
Przykład 2 Przerwanie wewnętrznej stałej czasowej 1ms

【Główny program】



- Kiedy M0=1, przerwanie synchronizacji 1ms jest wyłączone (maskowanie synchronizacji 1ms)
- Kiedy M0=0, przerwanie synchronizacji 1ms jest włączone

【Podprogram】

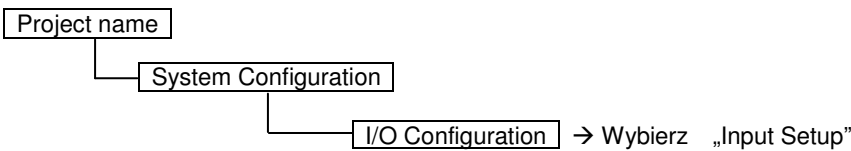


- Po rozpoczęciu przerwania stałej czasowej 1ms, system automatycznie zrealizuje podprogram z funkcją przerwania co każde 1ms.
- R0 wykorzystywany jest jako timer cykliczny zliczający w górę dla każdej stałej czasowej 1ms
- R1 wykorzystywany jest jako timer cykliczny zliczający w dół dla każdej stałej czasowej 1ms

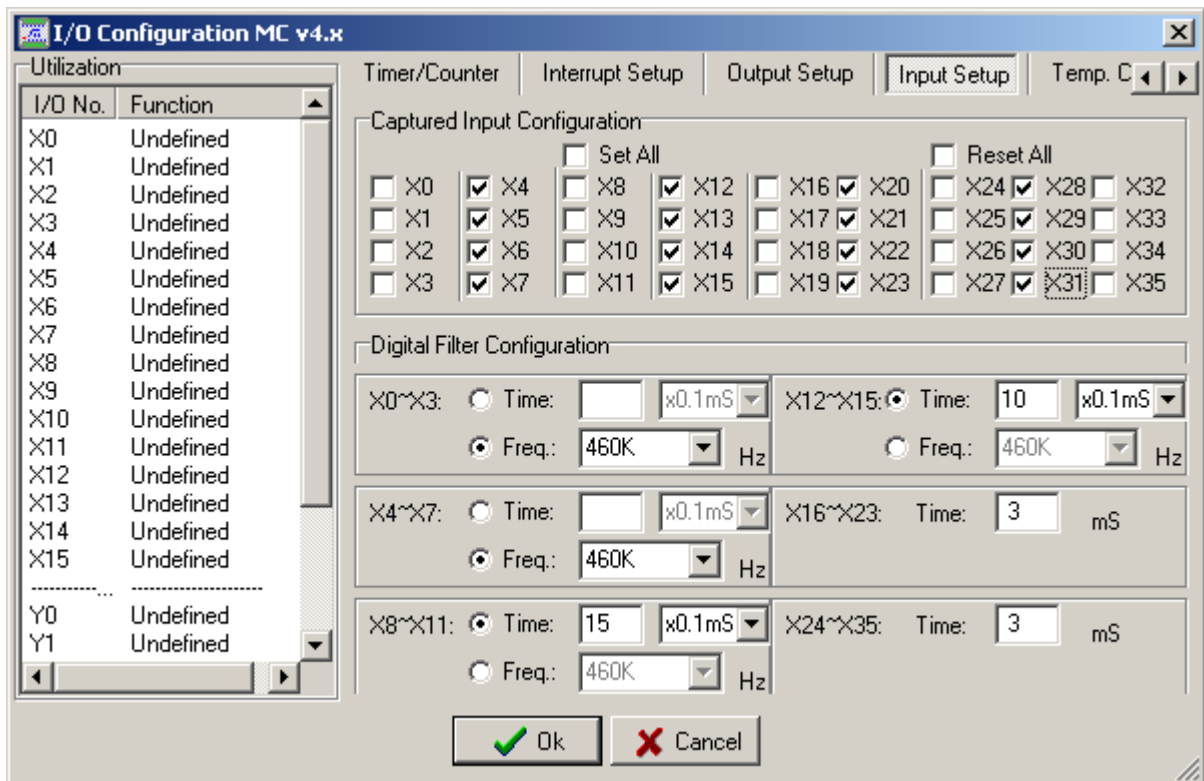
9.7 Wejście przechwytyjące i filtr cyfrowy

W przypadku wielu zastosowań użytkownik może ustawić wejście przerywające w celu zapobiegnięcia utracie sygnału. Ponadto, może też ustawić wejście przechwytyjące do przechwytywania przejściowego sygnału wejściowego w czasie krótszym niż czas jednego skanowania PLC. Ustawianie wejścia przechwytyjącego jest bardzo proste.

W oknie Project Windows kliknąć opcję „I/O Configuration”:

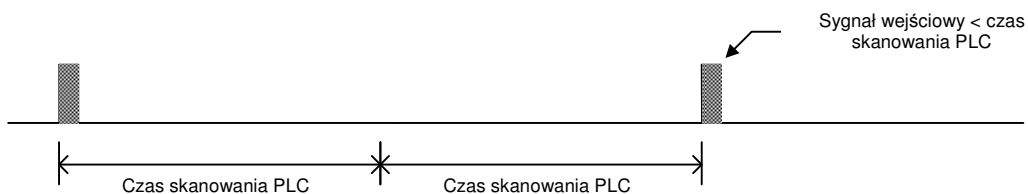


Po pojawieniu się okna „Interrupt Setup” użytkownik może ustawić dowolne wejście przechwytyjące.



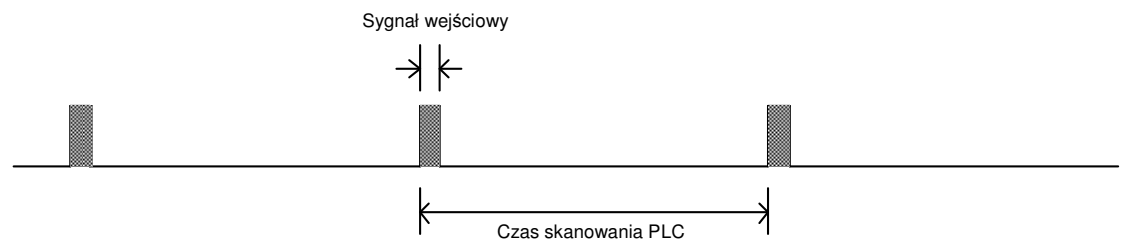
Przykład_1

Jeżeli wejście zostanie skonfigurowane jako przechwytyjące i wykorzystane do zliczania, to aby zliczanie przebiegło prawidłowo, długość sygnału wejściowego musi być dłuższa niż 2-krotny czas skanowania. Na przykład, jeżeli częstotliwość wejściowa wynosi 50Hz, to czas skanowania PLC musi być mniejszy niż 10 ms.



Przykład 2

Wejście przechwytyjące może przyjąć sygnał wejściowy o długości poniżej 1 czasu skanowania PLC.

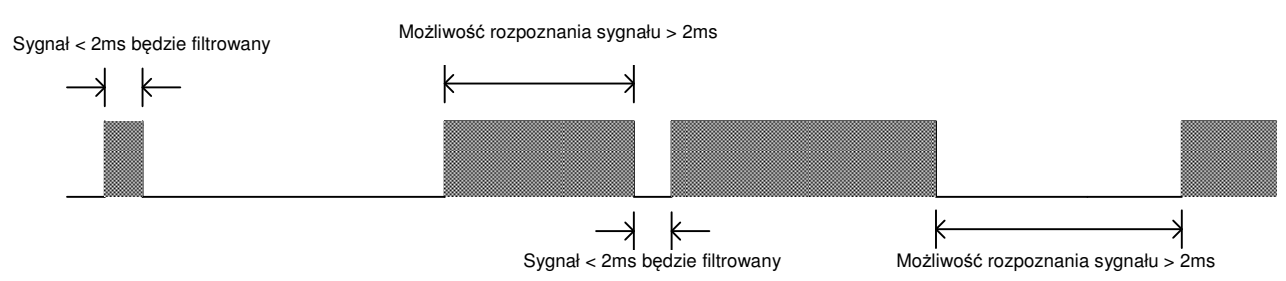


Jednostka główna PLC serii FBs obsługuje funkcję wejścia przechwytyjącego oraz dodatkowo funkcję cyfrowego filtrowania wejść X0~X35. Istnieje 6 grup wejść cyfrowych { (X0~X3), (X4~X7), (X8~X11), (X12~X15), (X16~X23), (X24~X35) } umożliwiających ustawienie funkcji filtrowania.

Istnieją 2 metody filtrowania cyfrowego: częstotliwościowa i czasowa. Filtrowanie dla czterech pierwszych grup wejść cyfrowych (X0~X15) może być częstotliwościowe lub czasowe. Filtrowanie częstotliwościowe umożliwia wybór 8 opcji w zakresie 14kHz~1.8MHz, natomiast czasowe umożliwia wybór wartości w zakresach 1~15×1ms lub 1~15×0.1ms. Dwie ostatnie grupy wejść cyfrowych (X16~X35) obsługują jedynie filtrowanie czasowe w zakresie 1~15×1ms.

Przykład 1

Jeżeli czas filtrowania wynosi 2ms, a czas włączenia lub wyłączenia jest mniejszy niż 2ms, to sygnał WŁ lub WYŁ zostanie utracony.



Przykład 2

Jeżeli częstotliwość filtrowania wynosi 28kHz, a częstotliwość wejściowa jest większa niż 28kHz, to sygnał wejściowy zostanie utracony.

