

## 7. Lekcja 6: AS-i

### 7.1. Rys historyczny

Sieć AS-i (*ang. Actuator Sensor Interface*) jest międzynarodowym otwartym<sup>1</sup> standardem komunikacyjnym przeznaczonym głównie do stosowania w zadaniach automatyzacji przemysłowych procesów dyskretnych<sup>2</sup> [5]. Sieć AS-i została opracowana na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku i wprowadzona do praktyki przemysłowej w 1994 roku. Sieć ta została zaprojektowana głównie dla realizacji zadań sterowania binarnego w warstwie obiektowej procesu<sup>3</sup>. W trakcie opracowania założeń technicznych sieci przyjęto, na wzór rozwiązań spotykanych w projektach programistycznych, że sieć będzie charakteryzowała się wysokim stopniem „przyjazności” w stosunku do użytkownika. O stopniu realizacji tej cechy świadczy rosnąca w dużym tempie liczba zastosowań tej sieci zwłaszcza w zautomatyzowanych procesach montażu, pakowania i dystrybucji. Sieć AS-i jest rozwijana przez międzynarodową organizację AS International Association.

### 7.2. Sieć AS-i a model odniesienia ISO/OSI

Sieć AS-i, podobnie jak sieć MODBUS, jest typową siecią o modelu komunikacyjnym typu master-slave. Sieć AS-i jest siecią typu monomaster, co oznacza, że w sieci dopuszczalna jest jedna i tylko jedna jednostka nadrzędna. Jednostka nadrzędna komunikuje się z urządzeniami podrzędnymi w trybie tzw. odpytywania (*ang. polling*). Prawo do odpytywania jednostek podporządkowanych przysługuje tylko i wyłącznie jednostce nadrzędnej. Odpytanie odbywa się w pewnym, stale powtarzanym cyklu (**p. 7.4**) trwającym 5ms dla specyfikacji 2.0 i 10ms dla specyfikacji 2.11. Liczba jednostek podporządkowanych w sieci jest ograniczona i uzależniona od numeru specyfikacji sieci. W sieci o specyfikacji 2.0 maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych wynosi 31, natomiast maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych w sieci o specyfikacji 2.11 wynosi 62. Urządzenia podporządkowane w sensie informacyjnym są pasywne. Oznacza to, że nie mają

---

<sup>1</sup> Pod pojęciem otwartego standardu komunikacyjnego rozumiany jest taki standard, którego specyfikacja jest ogólnie dostępna w domenie publicznej.

<sup>2</sup> Przemysłowy proces dyskretny dotyczy procesu, w którym można wyróżnić skończoną liczbę zdarzeń i stanów.

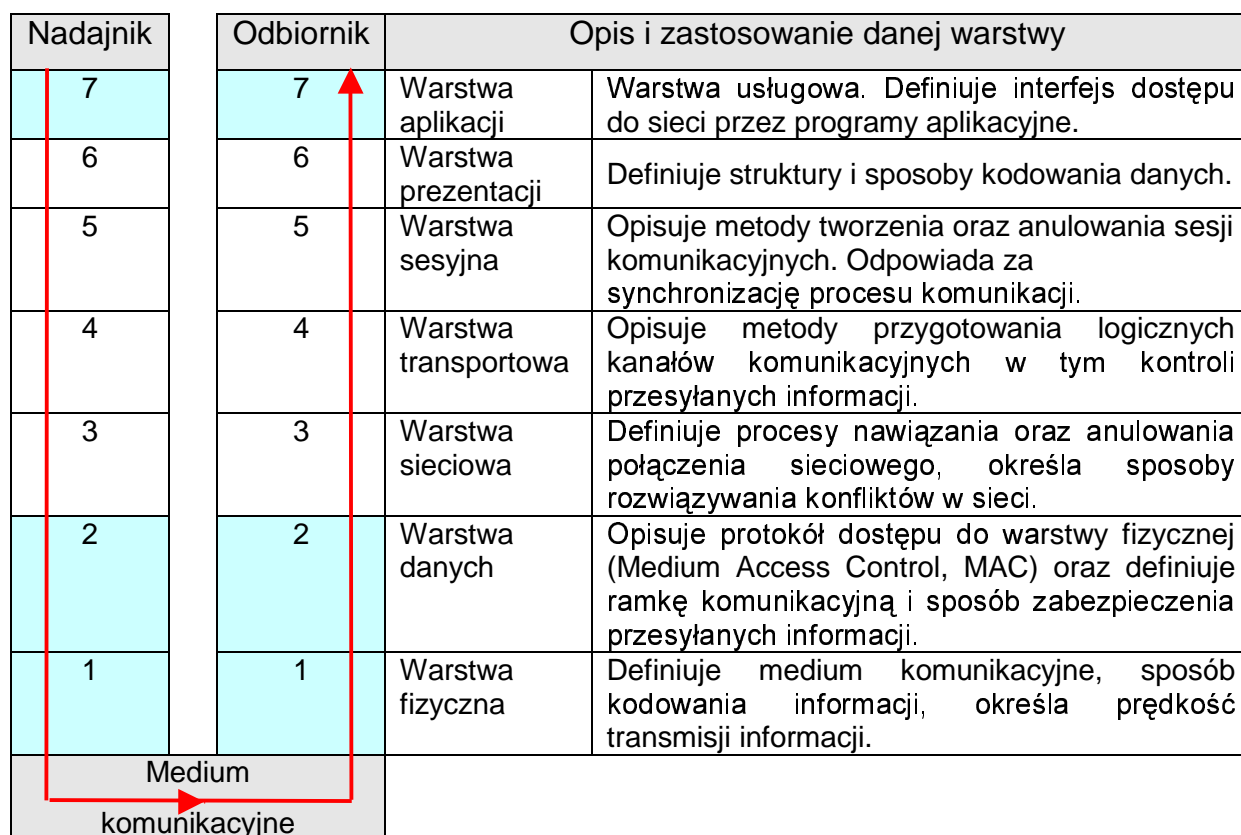
<sup>3</sup> Warstwa obiektowa procesu złożona jest z: urządzeń pomiarowych (sensorów), elementów wykonawczych (aktuatorów) i instalacji technologicznej (komponentów technologicznych).

prawa samodzielnego inicjowania jakichkolwiek transakcji komunikacyjnych. Niemożliwa jest również jakakolwiek bezpośrednia wymiana informacji pomiędzy jednostkami podporządkowanymi. Każda z jednostek podporządkowanych ma swój własny unikalny adres sieciowy. Adres ten pozwala na jednoznaczne rozróżnienie przez jednostkę nadrzędną wszystkich dołączonych do sieci urządzeń podporządkowanych. Adresy urządzeń są liczbami całkowitymi o wartościach z zakresu 1..31 w specyfikacji 2.0 i 1..31 oraz 33..62 w specyfikacji 2.11. Adres 0 jest adresem zarezerwowanym i jest nadawany urządzeniom AS-i w procesie ich wytwarzania. Adres ten należy traktować jako zarezerwowany adres tymczasowy. Adres ten zostanie zmodyfikowany bezpośrednio po dołączeniu urządzenia do sieci. Adres tymczasowy wykorzystywany jest w procesie automatycznego rozpoznawania nowych urządzeń sieciowych przez jednostkę nadrzędną. Lista adresów wszystkich urządzeń sieciowych jest przechowywana w pamięci jednostki nadrzędnej w postaci list adresowych urządzeń. Jednostka ta prowadzi dwie listy adresowe. Pierwsza lista jest tzw. listą konfiguracyjną i zawiera adresy wszystkich urządzeń, które powinny być dołączone do sieci. Lista ta przechowywana jest w sposób trwały w pamięci nieulotnej jednostki nadrzędnej. Druga lista jest listą dynamiczną i zawiera adresy urządzeń, które są rzeczywiście dołączone do sieci. Na podstawie oceny stanu i rodzaju rozbieżności obu list, jednostka nadrzędna podejmuje odpowiednie decyzje. Pozwalają one między innymi na: wykrycie dołączenia nowego urządzenia podporządkowanego do sieci, wykrycie uszkodzeń urządzeń sieciowych, realizację funkcji automatycznego adresowania nowych urządzeń sieciowych itp.

Komunikacja pomiędzy stacjami oraz definicja zasad transmisji i interfejs w sieci AS-i opisany jest za pomocą warstwowego modelu referencyjnego ISO/OSI<sup>4</sup>. Model ISO/OSI definiuje elementy, strukturę i zadania związane z komunikacją (rys.7.1). W modelu ISO/OSI zostało wyróżnionych siedem warstw. Mają one charakter opcjonalny. Charakterystyczną cechą większości sieci polowych (sieci typu fieldbus), do których zalicza się sieć AS-i, jest to, że nie definiują warstw: sieciowej, transportowej, sesyjnej i prezentacyjnej.

<sup>4</sup>

Open System Interconnection Reference Model - model komunikacyjny zdefiniowany przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji (International Standard Organisation) w 1983 roku



Rys.7.1. Komunikacyjny model odniesienia ISO/OSI

Sieć komunikacyjna AS-i wykorzystuje jedynie warstwę fizyczną, warstwę danych i warstwę aplikacyjną. Implementacja tych warstw w sieci AS-i została przedstawiona na rys. 7.2.

Warstwa	Implementacja w sieci AS-i
Warstwa 7: aplikacyjna	Komunikaty, cykle, profile, adresowanie automatyczne
Warstwa 6: prezentacji	
Warstwa 5: sesyjna	
Warstwa 4: transportowa	
Warstwa 3: sieciowa	
Warstwa 2: danych	Ramka danych, bit startu, bit stopu, zabezpieczenie, przetwarzanie błędów
Warstwa 1: fizyczna	Kable, zasilanie, odprężanie danych, modulacja PE, APM

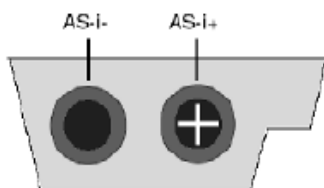
Rys.7.2. Implementacji modelu warstwowego ISO/OSI w sieci AS-i

### 7.3. Warstwa fizyczna sieci AS-i

Warstwa fizyczna definiuje wymagania techniczne dotyczące parametrów medium transmisyjnego, metody kodowania informacji oraz zasilania sieci.

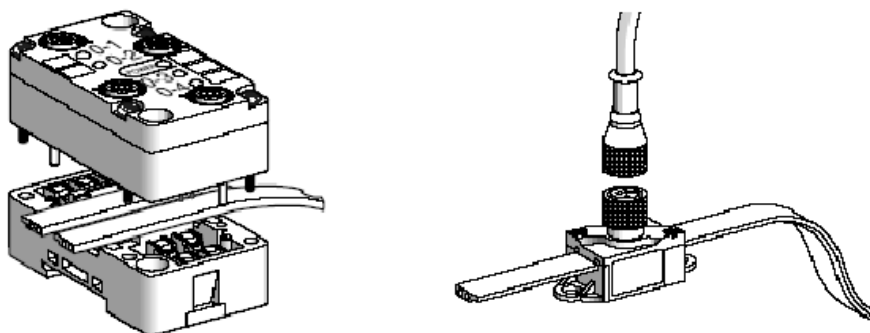
#### 7.3.1. Medium transmisyjne

W sieci AS-i wykorzystywane jest kablowe łącze transmisyjne. Kabel komunikacyjny AS-i jest wykonany w postaci specjalnego profilowanego dwużyłowego nieekranowanego kabla o przekroju żył  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$  (rys. 7.3).



Rys.7.3. Przekrój kabla AS-i.

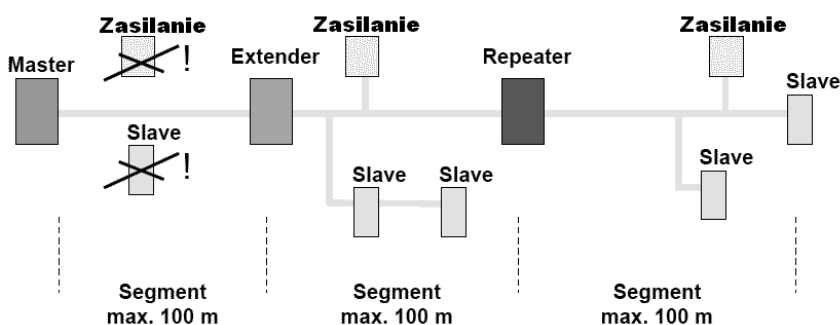
Kabel AS-i łączy wszystkie urządzenia sieciowe. Proces realizacji fizycznych połączeń pomiędzy urządzeniami sieciowymi został w sieci AS-i zaprojektowany w taki sposób, aby zapewnić możliwość bardzo szybkiej realizacji dołączenia lub odłączenia poszczególnych urządzeń. W tym celu urządzenia sieciowe zazwyczaj mają specjalną konstrukcję mechaniczną obudowy (rys. 7.4). Obudowa jest dzielona na dwie części: górną i dolną. Zazwyczaj w dolnej części obudowy znajdują się profilowane prowadnice umożliwiające ułożenie kabla AS-i. Specjalny kształt kabla i prowadnic wyklucza jego błędne ułożenie. Górna część obudowy zawiera dwa ostrza



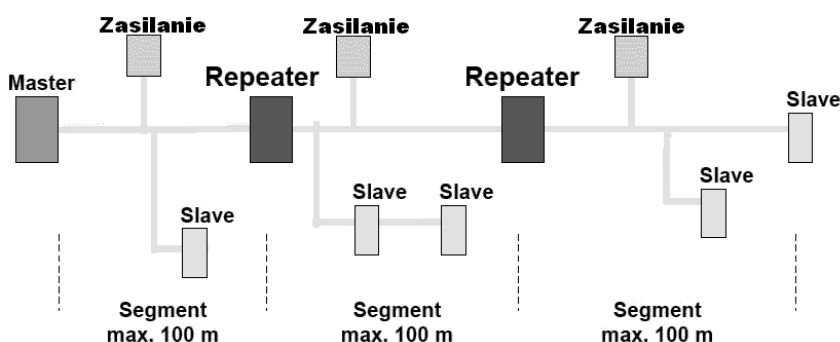
Rys.7.4. Sposób dołączania urządzeń sieciowych do kabla AS-i.

kontaktowe. W czasie skręcania obu części obudowy styki te przecinają izolację kabla i dokonują połączeń elektrycznych z żyłami kabla. Izolacja kabla jest wykonana z materiału zapewniającego szczelność tak wykonanego połączenia na akceptowanym w warunkach przemysłowych poziomie IP65. Przecięcie izolacji kabla w trakcie montażu urządzenia sieciowego nie oznacza jego definitywnego zniszczenia. Po demontażu urządzenia sieciowego nadcięcie izolacji kabla ulega samoregeneracji. W ten sposób możliwe jest wykonywanie wielokrotnych dołączeń urządzeń sieciowych w tym samym miejscu tego samego kabla, co jest istotne zwłaszcza w przypadku konieczności dokonania wymiany uszkodzonego urządzenia. Ponieważ kabel jest nieekranowany oraz prowadzony w postaci równoległej pary przewodów, to jego odporność na zakłócenia elektromagnetyczne nie jest wysoka. Z tego między innymi powodu ograniczona jest łączna długość użytego przewodu do realizacji sieci. Maksymalna długość kabla sieciowego wynosi 100m. W niektórych przypadkach, przy zastosowaniu wzmacniaczy (*ang. repeater*) oraz przedłużaczy (*ang. extender*) możliwe jest wydłużenie sieci do 300m (rys. 7.5).

Rozwiązanie 1: 1 extender + 1 repeater



Rozwiązanie 2: 2 x repeater



Rys.7.5. Możliwości rozszerzenia zasięgu sieci AS-i

Topologia połączeń sieciowych jest dowolna. Możliwa jest topologia magistrali, gwiazdy, drzewa, pierścienia, siatki lub topologie mieszane. Daje to wyjątkową wygodę w projektowaniu i realizacji sieci. Ze względu na ograniczenie długości maksymalnej kabla w sieci AS-i nie występuje konieczność stosowania tzw. terminatorów. Terminatory są specjalnymi urządzeniami dołączanymi na końcach sieci, których głównym zadaniem jest efektywne tłumienie zjawisk odbiciowych w sieci. Terminatory są najczęściej realizowane w postaci dwójników pasywnych o odpowiednio dobranej impedancji. Terminatory stosowane są między innymi w sieciach: MODBUS, CAN, PROFIBUS PA, FOUNDATION FIELDBUS H1.

### 7.3.2. Układ zasilania

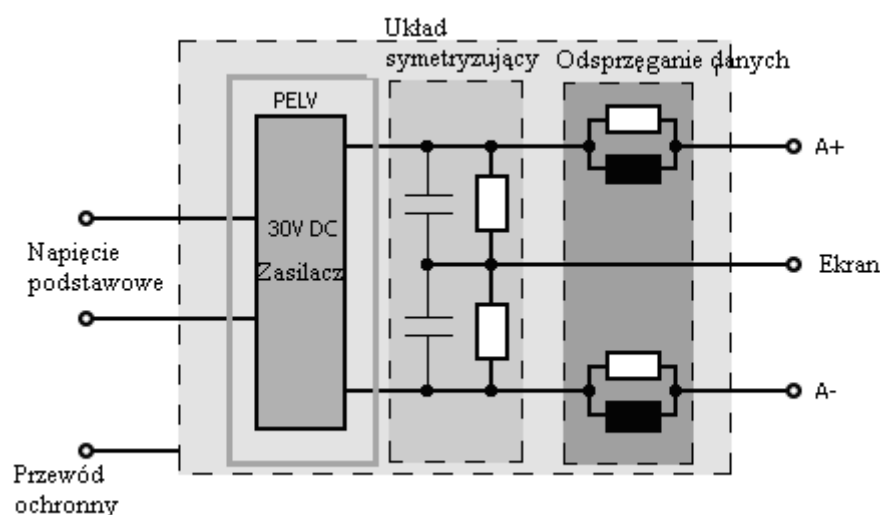
Kabel AS-i służy do jednoczesnego przesyłania informacji i zasilania urządzeń sieciowych. Z tego względu specyfikacja sieci AS-i w warstwie fizycznej definiuje także wymagania na układ zasilania. Zgodnie ze specyfikacją, napięcie na zaciskach zasilacza AS-i wynosi 29,5..31,6V. Napięcie to jest zgodne z odpowiednimi standardami zasilania niskonapięciowego (IEC64, DIN VDE 0100-410, DIN VDE 0106-101, IEC 60364-4-41). Zazwyczaj napięcie znamionowe zasilacza AS-i wynosi 30V, a jego obciążalność znamionowa wynosi 2,4A. W wyniku przepływu prądu przez sieć i skończonej rezystancji kabla AS-i, napięcie na zaciskach urządzeń sieciowych różni się od napięcia na zaciskach zasilacza. Zakłada się, że napięcie na zaciskach urządzeń nie powinno być niższe niż 20V. W przypadku, gdy obciążenie zasilacza przez urządzenia sieciowe jest na tyle duże, że powyższy warunek nie może być dochowany, to stosowane są zasilacze AS-i z dodatkowym wyjściem mocy. To dodatkowe wyjście służy wyłącznie do zasilania stopni końcowych urządzeń sieciowych o dużym poborze mocy (zwykle są to urządzenia wykonawcze). Wyjście to nie służy do przesyłania informacji. Dodatkowe wyjście zasilacza łączone jest z urządzeniami sieciowymi w podobny sposób jak kabel AS-i (rys. 7.4). Zewnętrznie kabel zasilający różni się od kabla AS-i kolorem. Kabel AS-i jest żółty, kabel zasilający jest czarny.

Uwagi:

- a) do jednego segmentu sieci AS-i może być dołączony tylko jeden zasilacz AS-i,
- b) użycie dodatkowego kabla zasilającego jest opcjonalne,
- c) zasilanie sieci AS-i z zasilacza uniwersalnego jest niedopuszczalne.

Układ zasilania AS-i realizuje następujące zadania:

- zasilania sieci,
- separację sygnału AS-i ,
- symetryzację sygnału,
- odprężanie danych.



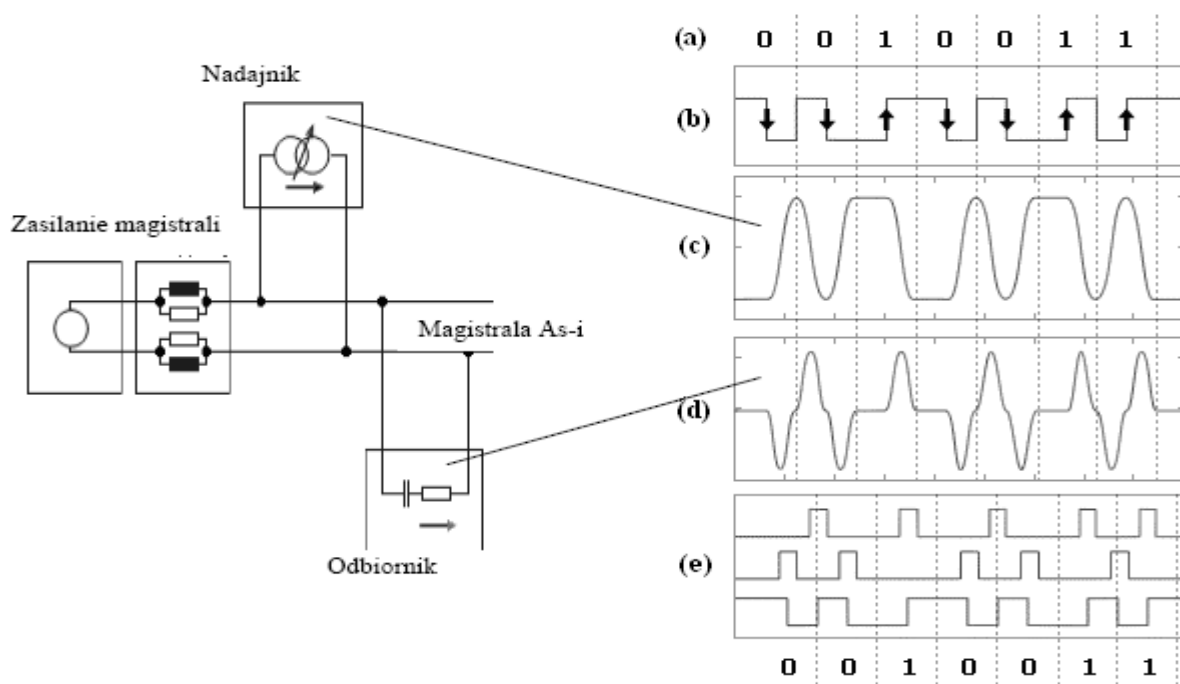
Rys.7.6. Schemat układu zasilania AS-i

Układ symetryzujący pozwala na uniknięcie potrzeby ekranowania kabla AS-i. Efekt tłumienia zakłóceń jest osiągany przez podłączenie końcówki ekranu (rys 7.6) do zacisku uziemienia.

Tak zwany układ odprężania danych składa się z dwóch cewek o indukcyjności  $50 \mu\text{H}$  każda połączonych równolegle z dwoma rezystorami o rezystancji  $39 \Omega$  każdy. W trakcie trwania komunikacji w sieci AS-i, nadajnik informacji generuje zmiany prądu. Zmiany prądu indukują odpowiednie zmiany napięcia w cewkach układów odprężających wszystkich odbiorników. Na podstawie tych zmian odtwarzana jest w sieciowych urządzeniach odbiorczych binarna postać informacji przesyłanej przez nadajnik. W rzeczywistych sieciach AS-i zmiany prądu w czasie transmisji wahają się w granicach  $55..68\text{mA}$ . Zmiany te indukują napięcia o wartości  $\pm 2\text{V}$ .

### 7.3.3. Modulacja sygnału

W sieci AS-i transmisja informacji realizowana jest w paśmie podstawowym. Z uwagi na nienajlepsze właściwości transmisyjne naturalnego kodu binarnego (składowa stała, nieograniczona liczba występujących kolejno elementów „0” i „1”) stosowany jest specjalny sposób kodowania informacji. Do kodowania informacji stosowany jest kod PE (*ang. Phase Encoding*), nazywany też kodem Manchester. Kodowanie to polega na tym, że spadek poziomu sygnału koduje wartość logicznego „0”, a wzrost poziomu sygnału koduje wartość logicznej „1”. Zarówno spadki jak i wzrosty poziomów sygnału przypadają na środkowe części przedziału czasowego przeznaczonego na przesłanie jednego bitu. Zaletą takiego sposobu kodowania jest to, że przesłanie każdego bitu związane jest z co najmniej jedną zmianą poziomu sygnału. Ilustrację sposobu kodowania przedstawiono na rys. 7.7.



Rys.7.7. Sposób kodowania informacji w sieci AS-i.

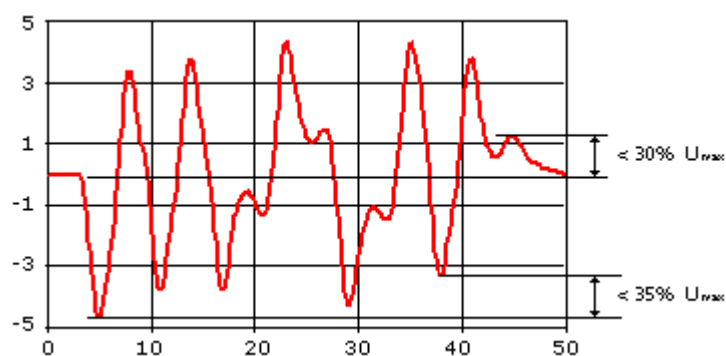
- a) Sekwencja przesyłanych bitów w kodzie binarnym naturalnym
- b) Kodowanie typu Manchester
- c) Nadawany sygnał prądowy
- d) Napięcie na zaciskach odbiornika informacji
- e) Sekwencja bitów odebranych



Na początku informacja zakodowana w naturalnym kodzie binarnym (rys. 7.7 wykres a), kodowana jest zgodnie z regułami kodu PE (rys. 7.7, wykres b). Następnie uzyskany przebieg podawany na filtr dolnoprzepustowy i przekształcany do postaci sygnału prądowego w przetworniku napięciowo-prądowym (rys. 7.7, wykres c). Sygnał prądowy indukuje napięcie na elementach indukcyjnych w układzie odprzegającym zasilacza, co prowadzi do uzyskania naprzemiennej modulacji impulsowej APM (*ang. **A**lternate **P**ulse **M**odulation*) napięcia zasilającego (rys. 7.7, wykres d).

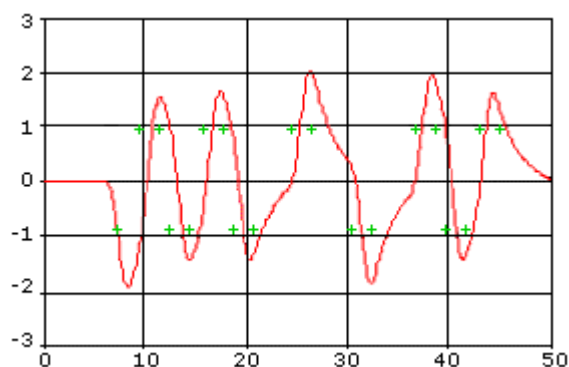
Dla modulacji APM zostały ustalone następujące ograniczenia:

- maksymalne dopuszczalne odchylenie amplitudy wynoszące 35%  $U_{max}$
- dopuszczalne przebiegię wynoszące maksymalnie 30% amplitudy  $U_{max}$



Rys.7.8. Ograniczenia modulacji APM w dziedzinie amplitudy

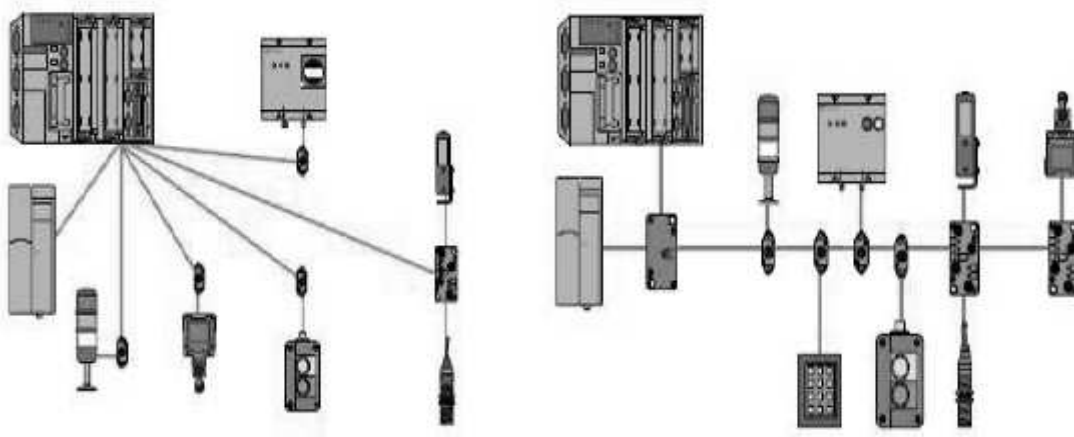
- dopuszczalne odchylenia czasowe zboczy impulsów wynoszące  $(n + 3 \mu s) + 1/-0,5 \mu s$  (mierzone od pierwszego zbocza ujemnego).



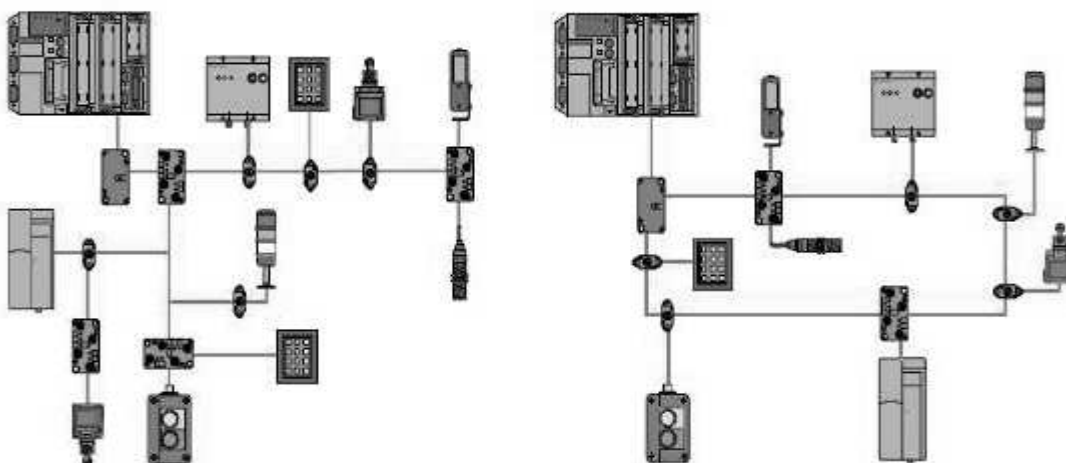
Rys.7.9. Ograniczenia modulacji APM w dziedzinie czasu

#### 7.3.4. Topologia sieci

Sieć AS-i może mieć postać sieci o topologii liniowej (magistralowej), gwiazdowej, drzewiastej, pierścieniowej lub typu punkt do punktu. Dopuszczalne są również topologie mieszane. Przykłady realizacji sieci o różnych topologiach przedstawiono na rys. 7.10 i 7.11. Należy jednak pamiętać, że w przypadku konieczności dostarczenia do pojedynczego węzła sieci prądu o wartości przekraczającej 200 mA wymagane jest zainstalowanie dodatkowego kabla zasilającego (w kolorze czarnym).



Rys.7.10. Przykłady topologii sieci AS-i: z lewej strony- topologia punkt do punktu, z prawej strony- topologia magistrali.



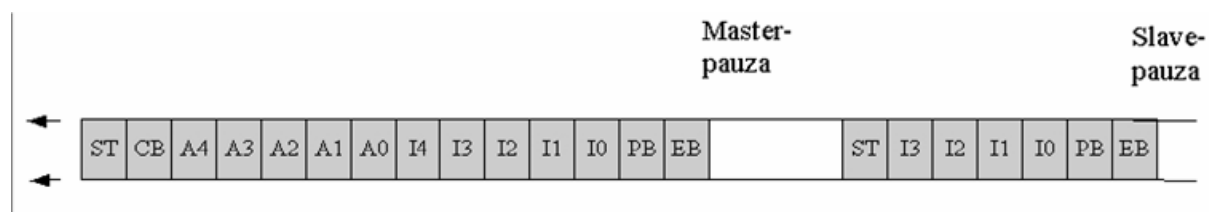
Rys.7.11. Przykłady topologii sieci AS-i: z lewej strony- topologia drzewa, z prawej strony- topologia pierścienia

## 7.4. Warstwa danych sieci AS-i

Jak już wspomniano wyżej, w sieci AS-i przyjęto model komunikacyjny typu master-slave. Wyłączne prawo inicjacji transferów informacji należy w sieci AS-i do jednostki nadrzędnej. Jednostka nadrzędna wysyła w sieć odpowiednio sformatowaną informację zwaną ramką lub telegramem. Informacja ta zawiera między nimi adres jednostki podporządkowanej, do której jest skierowana. Najczęściej informacja ta ma znaczenie rozkazu lub zapytania. Zaadresowane urządzenie podporządkowane interpretuje uzyskaną informację z jednostki nadrzędnej, a następnie udziela odpowiedzi w postaci odpowiednio sformatowanej ramki informacyjnej. Cykl zapytanie-odpowieź nazywany jest również transakcją.

### 7.4.1. Format ramki

Ramka w sieci AS-i jest ramką bardzo małej długości, jeśli porówna się ją z długością ramek spotykanych w innych sieci komunikacyjnych np. z ramką sieci MODBUS czy PROFIBUS. Ramka ta ma ściśle zdefiniowaną strukturę. Składa się z szeregu pól o długości od jednego do kilku bitów. Format ramki jest zależny od tego czy jest to ramka generowana przez urządzenie nadrzędne czy przez urządzenie podrzędne. W pierwszym przypadku ramka liczy 14 bitów, w drugim przypadku ramka liczy 7 bitów. Po zakończeniu przesyłania każdej ramki dodawane są dodatkowe przerwy zwane pauzami. Pauza po wysłaniu ramki przez jednostkę nadrzędną jest równa czasowi trwania transmisji od 3 bitów do 10 bitów informacji (18..60µs), natomiast pauza po wysłaniu ramki przez jednostkę podporządkowaną jest równa czasowi trwania transmisji jednego bitu informacji (6µs). Łącznie, pojedyncza transakcja polega na wymianie 25..32 bitów i trwa od 150..192 µs. W czasie jednej transakcji przesyłane są zaledwie 4 bity danych. Zatem sprawność informacyjna pojedynczej transakcji jest niewielka i wynosi co najwyżej 16%. Format ramki informacyjnej w sieci AS-i jest przedstawiony na rysunku 7.12.

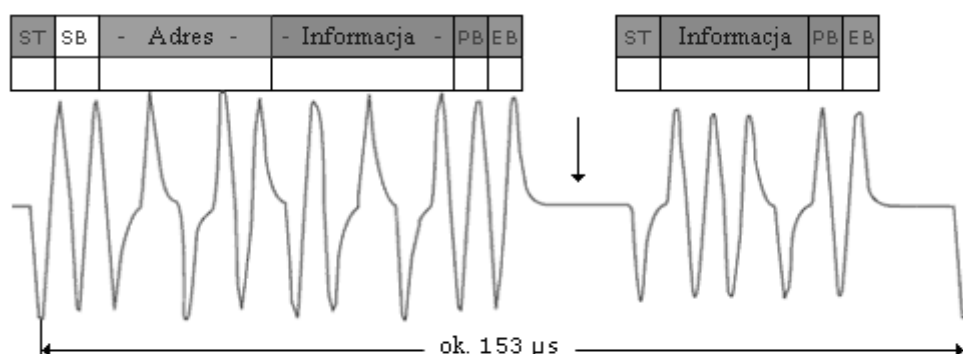


Rys.7.12. Format ramki informacyjnej w sieci AS-i.

Opis rysunku 7.12.:

- ST – bit startu, bit ST zawsze = 0,
- CB – bit sterujący, 0 - transmisja danych lub parametrów, 1 – instrukcja sterująca,
- A0...A4 – adres jednostki podporządkowanej, 01H...1FH
- I0...I4 – bity informacyjne interpretowane zależne od typu transakcji,
- PB – bit parzystości dotyczący całej ramki z wyłączeniem bitów ST i EB; wartość 0 określa parzystą liczbę w ramce '1',
- EB – bit stopu, bit EB zawsze =1

W sieci AS-i przyjęto elementową podstawę czasu równą  $6\mu\text{s}$ , co odpowiada przepływności binarnej równej  $167\text{kb/s}$ . Długość pauzy po wysłaniu ramki przez jednostkę nadrzędną jest zależna od stopnia synchronizacji odbiornika jednostki podporządkowanej. Jeśli urządzenie podporządkowane jest zsynchronizowane, to rozpoczyna nadawanie już po upływie czasu równego transmisji trzech bitów. W przypadku braku synchronizacji wymagane jest wydłużenie pauzy o czas potrzebny na transmisję dodatkowych dwóch bitów. Jeśli jednostka nadrzędna nie otrzyma odpowiedzi w czasie trwania równym czasowi transmisji dziesięciu bitów, to automatycznie przechodzi do realizacji transakcji z następnym urządzeniem podporządkowanym. Czas trwania pauzy po ramce odpowiedzi urządzenia podporządkowanego jest stały i równy czasowi transmisji jednego bitu. Typowy czas trwania pojedynczej transakcji wynosi  $150\mu\text{s}$ . Maksymalny czas trwania pojedynczej transakcji wynosi  $192\mu\text{s}$ . Minimalny czas trwania pojedynczej transakcji bez udzielonej odpowiedzi wynosi  $144\mu\text{s}$ . Jednostka nadrzędna realizuje cykle transakcyjne sekwencyjnie ze wszystkimi dołączonymi do sieci urządzeniami podrzędnymi. Typowy, łączny czas trwania cykli transakcyjnych w sieci złożonej z 31 urządzeń podporządkowanych wynosi ok. 5 ms. Łączny maksymalny czas trwania tej sekwencji w sieci złożonej z 31 urządzeń podporządkowanych wynosi  $6,144\text{ms}$ . Czas trwania jednej sekwencji transakcji sieciowych jest zależny od liczby urządzeń podporządkowanych dołączonych do sieci. Czas ten nazywany jest również czasem dostępu do urządzenia.



Rys. 7.13. Interpretacja graficzna sygnału ramki pakietu przesyłanych bitów w sieci AS-i

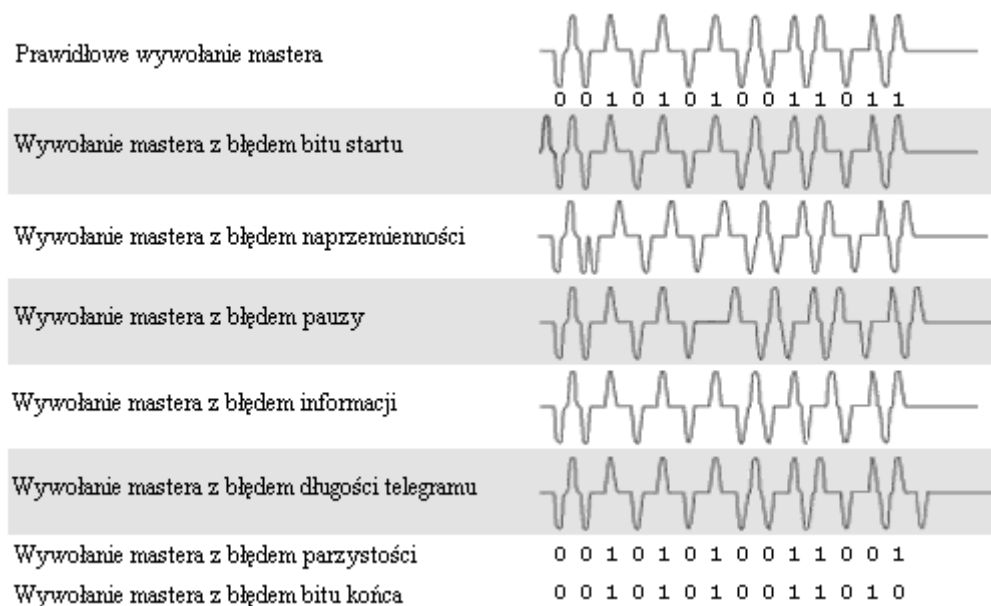
#### 7.4.2. Transmisja danych

W systemach sterowania istotnym problemem jest zapewnienie wysokiej wiarygodności przekazywanych informacji. Kontrola wiarygodności transmitowanych w sieci AS-i ramek jest możliwa dzięki wprowadzeniu mechanizmu kontrolnego bitu parzystości oraz dzięki wprowadzeniu kodowania transmisyjnego PE i modulacji APM. Informacja o wartości składowej zmiennej sygnału APM wykorzystywana jest także do wykrycia stanu braku transmisji.

Przyjmuje się następujące kryteria kontroli wiarygodności ramek transmitowanych z wykorzystaniem modulacji APM:

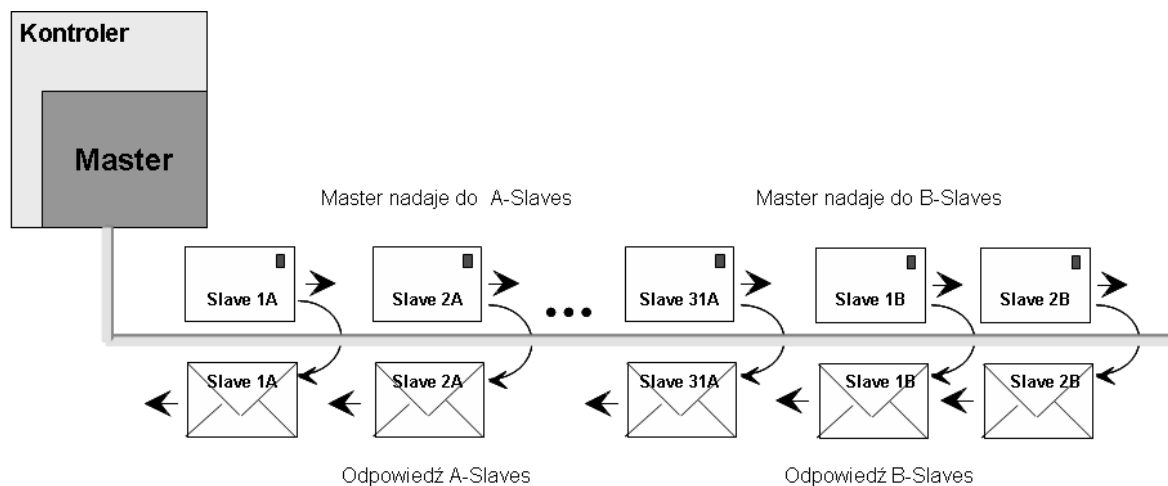
- pierwszy impuls ramki musi być impulsem ujemnym,
- kolejne pary impulsów muszą mieć przeciwną polaryzację,
- odstęp czasowy między sąsiednimi impulsami nie może przekraczać 0,5 okresu zegara taktującego transmisję,
- w drugiej połowie nadawanego bitu (w odniesieniu do nadawanej informacji) musi zawsze wystąpić impuls,
- liczba dodatnich impulsów (bez uwzględnienia bitów ST i EB) musi być parzysta,
- ostatni impuls ramki musi być dodatni,
- bezpośrednio po bicie stopu (EB) nie mogą wystąpić żadne impulsy

Po przekodowaniu informacji z kodu PE na kod binarny, realizowana jest kontrola parzystości odebranej ramki.



Rys.7.14. Przykłady możliwych błędów występujących w czasie transmisji informacji

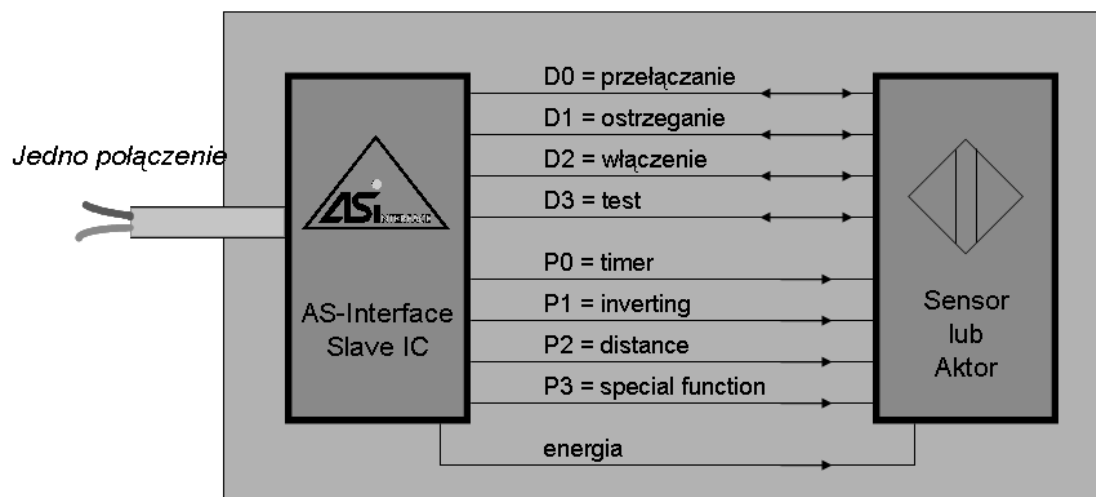
### 7.4.3. Funkcjonalność magistrali



Rys.7.15. Rozszerzona sieć AS-i (62 urządzenia podporządkowane dołączone do jednego urządzenia nadrzędnego)

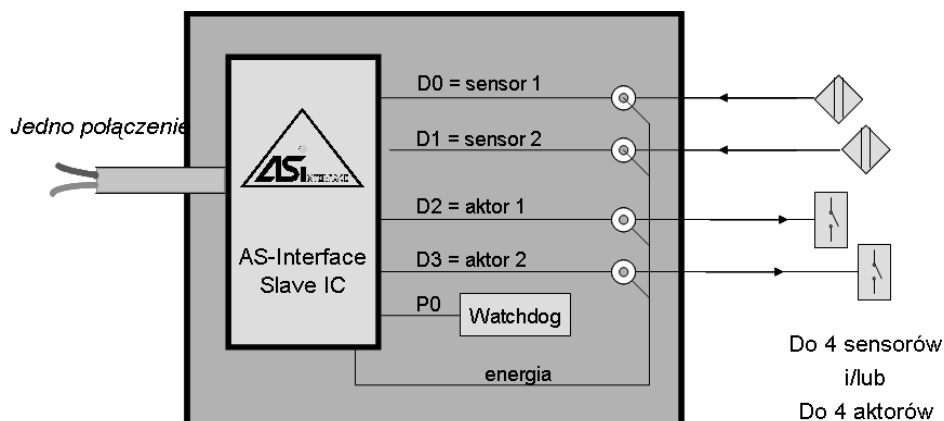
Maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych w sieci AS-i zgodnej ze specyfikacją 2.0 wynosi 31. Specyfikacja 2.11 rozszerza tę liczbę do 62 urządzeń. Z punktu widzenia jednostki nadrzędnej każde urządzenie podrzędne jest widziane jako zespół trzech programowalnych rejestrów 4-bitowych. Pierwszy rejestr jest rejestrem przeznaczonym na przechowywanie danych wejściowych, drugi rejestr jest

rejestr przeznaczonym na przechowywanie danych wyjściowych, trzeci rejestr jest przeznaczony do przechowywania wartości parametrów urządzenia. Rejestr parametrów (rys. 7.16) pozwala na rozszerzenie funkcji urządzenia (konfiguracja, diagnostyka itp.).



Rys.7.16. Profil funkcjonalny urządzenia podporządkowanego sieci AS-i

Warstwa danych sieci AS-i, podobnie jak w sieci CAN, obsługiwana jest sprzętowo. W tym celu produkowane są specjalizowane kontrolery sieci wykonywane najczęściej w postaci układów programowalnych ASIC (*ang. **A**pplication **S**pecific **I**ntegrated **C**ircuit*). Kontrolery te są wbudowywane bezpośrednio do sensorów i urządzeń wykonawczych. Z siecią mogą również współpracować konwencjonalne sensory i elementy wykonawcze. Produkowane są bowiem specjalne aktywne moduły przyłączeniowe sieci AS-i (rys. 7.18) o funkcji rozproszonych modułów wejść/wyjść binarnych. Typowy aktywny moduł przyłączeniowy umożliwia dołączenie do 4 urządzeń.

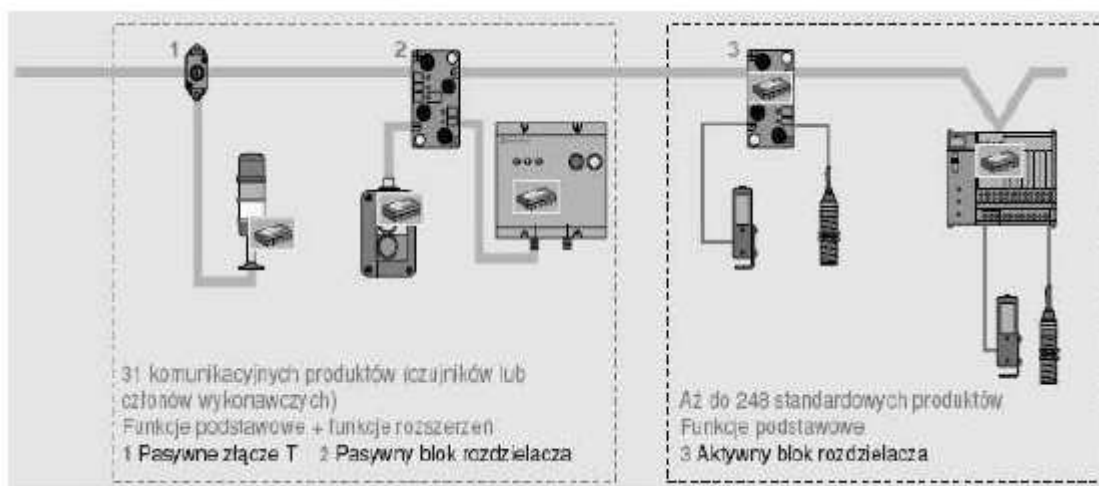


Rys.7.17. Schemat podłączenia konwencjonalnych sensorów i elementów wykonawczych



Rys.7.18. Aktywny moduł przyłączeniowy sieci AS-i z modulem ASIC

Produkowane są również pasywne przyłącza sieci AS-i nazywane przyłączami typu T (rys. 7.19). Przyłącza te nie zawierają kontrolera AS-i. Pozwalają jedynie na rozgałęzienie kabla AS-i w celu uzyskania łatwiejszego dostępu do urządzeń sieciowych.



Rys.7.19. Ilustracja sposobów przyłączania urządzeń podporządkowanych do sieci AS-i.

## 7.5. Warstwa aplikacji sieci AS-i

Warstwa aplikacji sieci AS-i obejmuje zestaw gotowych protokołów, które są wykorzystywane przez aplikacje użytkowe do przesyłania różnego typu informacji w sieci. Do podstawowych zadań warstwy aplikacji w sieci AS-i należą: obsługa komunikatów AS-i, obsługa programów funkcjonalnych jednostek podporządkowanych oraz definiowanie profili funkcjonalnych.



W sieci AS-i każde urządzenie podporządkowane posiada swój własny programowalny adres sieciowy. Ponadto każde urządzenie podporządkowane ma zdefiniowany profil funkcjonalny w postaci odpowiedniego kodu identyfikacyjnego. Adres sieciowy jest przydzielany poszczególnym urządzeniom podporządkowanym w czasie procesu produkcji urządzenia lub w fazie konfiguracji sieci zazwyczaj przy pomocy specjalnego programatora. Fabrycznie nowe urządzenie podporządkowane ma zawsze adres równy 0. Jeśli adres ten nie zostanie zmieniony, a urządzenie dołączone do sieci AS-i, to wówczas jednostka nadrzędna przypisze temu urządzeniu adres tymczasowy według zasady „pierwszy wolny”. Dzięki temu urządzenia bez fizycznie przypisanego adresu mogą być podłączane w dowolnym momencie w dowolnym miejscu sieci AS-i. Ponadto jest rozpoznawane przez jednostkę nadrzędną dzięki swojemu identyfikatorowi określającemu jego profil funkcjonalny. Rozpoznawanie nowo dołączonych urządzeń jest realizowane przez jednostkę nadrzędną w końcowej fazie każdego cyklu sekwencji transakcji.

#### 7.5.1. Komunikaty

W sieci AS-i wyróżniamy dwa rodzaje komunikatów:

- komunikaty proste, w których przesyłane są maksymalnie 4 bity informacji z jednostki nadrzędnej do jednostki podrzędnej (informacja wyjściowa) oraz jednostki podrzędnej do jednostki nadrzędnej (informacja wejściowa),
- komunikaty złożone, w których przesyłane jest więcej niż 4 bity informacji,. Komunikaty złożone składają się z serii wywołań jednostki nadrzędnej i odpowiedzi jednostki podporządkowanej o zdefiniowanej treści.

##### 7.5.1.1. Komunikaty proste

Komunikaty proste dzielimy na cztery grupy:

- wymiana danych lub wymiana parametrów,
- wymiana informacji ze urządzeniem o adresie zerowym,
- polecenia,
- nadawanie.

Strukturę komunikatów prostych przedstawiono na rysunkach:

- wymiana danych lub wymiana parametrów – rys. 7.20.,
- wymiana informacji ze urządzeniem o adresie zerowym – rys. 7.21.,
- polecenia – rys. 7.22. oraz rys. 7.23.,
- nadawanie – rys. 7.24.

Podczas wymiany danych i parametrów wartość bitu sterującego CB przyjmuje wartość 0.

#### Wywołanie mastera

	ST	CB	5 bitów adresu	5 bitów informacji	PB	EB
Wywołanie danych	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 D3 D2 D1 D0	PB	1
Wywołanie danych 1)	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 Sel D2 D1 D0	PB	1
Wywołanie parametru	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	1 D3 D2 D1 D0	PB	1
Wywołanie parametru 1)	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	1 Sel D2 D1 D0	PB	1

1) Rozszerzony tryb adresu

Rys.7.20. Struktura komunikatu prostego typu: wymiana danych lub wymiana parametrów

Dostępne są tylko dwa komunikaty, które mogą być skierowane w stronę urządzenia o adresie zerowym

#### Wywołanie mastera

	ST	CB	5 bitów adresu	5 bitów informacji	PB	EB
Przypisanie adresu:	0	0	0 0 0 0 0	A4 A3 A2 A1 A0	PB	1
Wywołanie polecenia: Zapisywanie: ID1	0	0	0 0 0 0 0	0 ID3 ID2 ID1 ID0	PB	1

Rys.7.21. Struktura komunikatu prostego typu: przypisanie adresu lub zapis kodu ID1

Podczas realizacji polecenia wartość bitu sterującego CB przyjmuje wartość 1.

### Wywołanie mastera

	ST	CB	5 bitów adresu	5 bitów informacji	PB	EB
Wywołanie polecenia:	0	1	A4 A3 A2 A1 A0	C4 C3 C2 C1 C0	PB	1
Wywołanie polecenia: 1)	0	1	A4 A3 A2 A1 A0	C4 Sel C3 C2 C1 C0	PB	1

1) Rozszerzony tryb adresu

Rys.7.22. Struktura komunikatu prostego typu: polecenie

Dostępnych jest siedem możliwych poleceń przedstawionych na rysunku 7.23.

Czynność	Zadanie	Odpowiedź slave'a
Konfiguracja sieci	Wykasowanie adresu	0
	Zresetowanie slave'a	6
Identyfikacja slave'a	Wczytanie konfiguracji We/Wy	Konfiguracja We/Wy
	Wczytanie kodu ID	Kod ID
	Wczytanie kodu ID1	Kod ID1
	Wczytanie kodu ID2	Kod ID2
Diagnostyka	Wczytanie statusu slave'a	Status slave'a

Rys.7.23. Lista poleceń prostych

Komunikat nadawania jest kierowany do wszystkich urządzeń podporządkowanych jednocześnie.

	ST	CB	5 bitów adresu	5 bitów informacji	PB	EB
Nadawanie: Reset	0	1	1 1 1 1 1	1 0 1 0 1	PB	1

Rys.7.24. Struktura komunikatu prostego typu: nadawanie

#### 7.5.1.2. Komunikaty złożone

Komunikaty złożone są wykorzystywane do transmisji informacji o długości przekraczającej 4 bity. Z przypadkiem takim mamy do czynienia np. wówczas, gdy chcemy przesłać w postaci cyfrowej wynik pomiaru wielkości analogowej

przetwornikiem analogowo-cyfrowym o rozdzielczości 12 bitów. W sieci AS-i zdefiniowano pięć odmian komunikatów złożonych CTT (*ang. **Combined Transaction Types***).

Typowymi urządzeniami wykorzystującymi komunikaty złożone są:

- przetworniki analogowe do pomiaru wartości wielkości mechanicznych, termodynamicznych, elektrycznych, itp.
- analogowe urządzenia wykonawcze sterujące położeniem, kątem, obrotem, prędkością, itp.,
- urządzenia sieciowe wymagające transferu znacznej ilości parametrów w fazie uruchomienia lub podczas normalnej pracy,
- urządzenia sieciowe dostarczające dane diagnostyczne,
- skanery, panele przyciskowe, wyświetlacze.

#### Wywołanie mastera

	ST	CB	5 bitów adresu	5 bitów informacji	PB	EB
1-sze wywołanie danych	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 Sel 0 0 1 0 0	PB	1
2-gie wywołanie danych	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 Sel 0 0 7 0 6	PB	1
3-cie wywołanie danych	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 Sel 0 0 5 0 4	PB	1
4-te wywołanie danych	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 Sel 0 0 3 0 2	PB	1

#### Odpowiedź slave'a

ST	4 bity informacji	PB	EB
0	0 0 E7 E6	PB	1
0	0 1 E5 E4	PB	1
0	1 0 E3 E2	PB	1
1	1 1 E1 E0	PB	1

Rys.7.25. Struktura transakcji złożonej, typ 3 (CTT3), profil S-7.A.A.

Profile urządzeń określają typy urządzeń uczestniczących w wymianie złożonych komunikatów AS-i.

Profil urządzenia	Typ komunikatu	Profil mastera	Zastosowanie
S-7.3	CTT1	M3	16 bitów wejściowych lub wyjściowych
S-7.4	CTT1	M3	Złożone urządzenia polowe
S-7.5.5	CTT2	M4	Połączenie urządzeń polowych
S-7.A.5	CTT2	M4	Połączenie urządzeń polowych
S-B.A.5	CTT2	M4	Urządzenia polowe
S-7.A.7	CTT3	M4	4 We/4 Wy w rozszerzonym trybie adresu
S-7.A.A	CTT3	M4	8 We/8 Wy w rozszerzonym trybie adresu
S-7.A.8	CTT4	M4	16 bitów wejściowych w rozszerzonym trybie adresu
S-7.A.9	CTT4	M4	Podwójny kanał 16 bitów wejściowych w rozszerzonym trybie adresu
S-6.0	CTT5	M4	16 szybkich bitów wejściowych i wyjściowych

Rys.7.26. Typy komunikatów złożonych

### 7.5.2. Profile

W sieci AS-i profil urządzenia podporządkowanego określa:

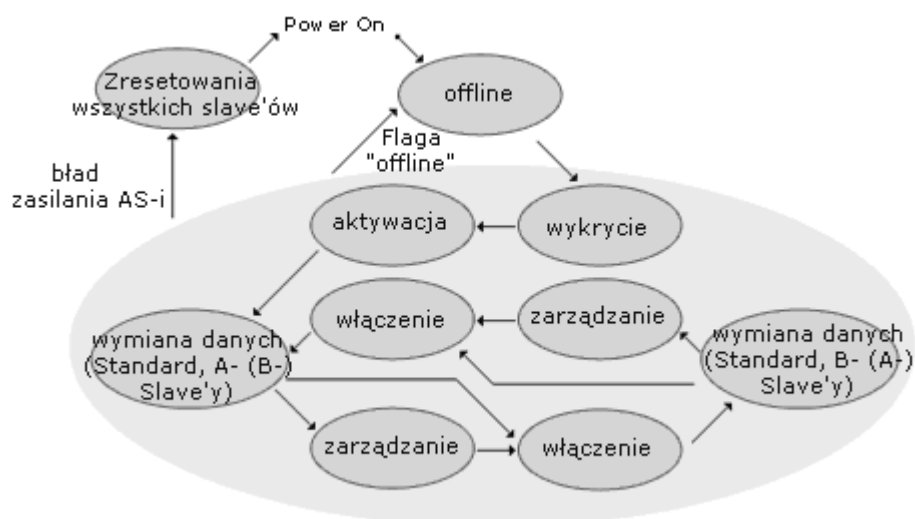
- treść informacji przekazywanej przez bity danych,
- czy zostały użyte parametry, jeśli tak - to ich ważność,
- który tryb adresowania został użyty,
- czy zewnętrzny bit błędu może być umieszczony w rejestrze statusu,
- który typ komunikatu złożonego został zaimplementowany.

### 5.5.3. Przepływ informacji w sieci AS-i

W sieci AS-i wyróżniane są fazy wymiany informacji i zarządzania siecią. Podczas fazy wymiany informacji następuje sekwencyjna realizacja komunikatów prostych i złożonych, natomiast w fazie zarządzania mogą być wymieniane komunikaty acykliczne, takie jak:

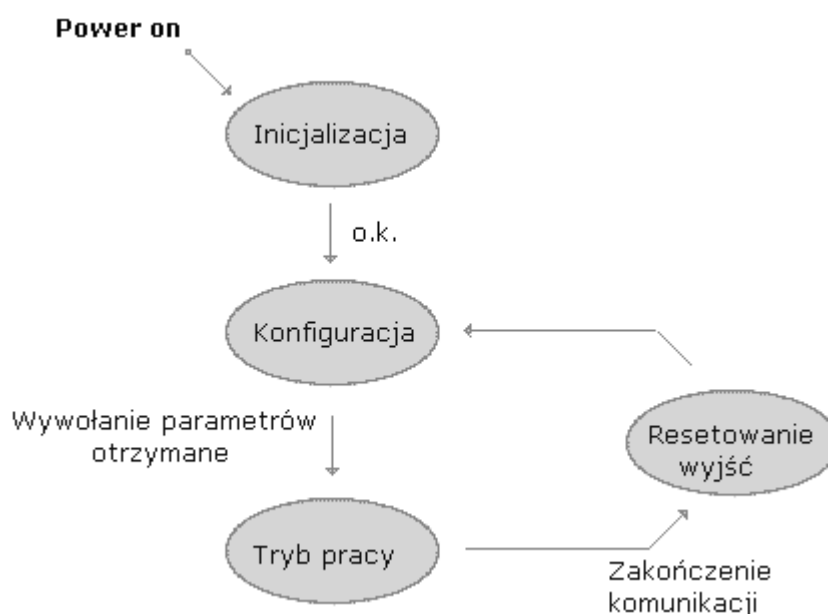
- transfer parametrów,
- polecenia (włączając komunikację ze urządzeniem o adresie zerowym),
- wywołania diagnostyczne,
- nadawanie.

Aby nie wydłużyć czasu trwania cyklu, podczas każdej fazy zarządzania jest wysyłany tylko jeden pojedynczy komunikat. Jeśli jest to konieczne, możliwe jest podzielenie sekwencji na kilka cykli.



Rys.7.27. Diagram przepływu informacji w urządzeniu nadrzędnym

W przypadku, gdy urządzenia sieciowe A i B (specyfikacja rozszerzona) mają te same adresy sieciowe, to faza wymiany informacji różni się od fazy zarządzania. W tym przypadku w fazie wymiany informacji następuje komunikacja z urządzeniem sieciowym A, natomiast w fazie zarządzania komunikacja z urządzeniem B.



Rys.7.28. Diagram przepływu informacji w urządzeniu podrzędnym

### **7.7. Bezpieczna sieć AS-i**

Sieć AS-i została pierwotnie zaprojektowana do wymiany krótkich informacji binarnych. Nie wyklucza to możliwości przesyłania dłuższych ciągów danych (np. wartości cyfrowych wielkości analogowych). W praktyce stawiany jest problem, czy możliwe jest wykorzystanie sieci AS-i do przesyłania istotnych dla bezpieczeństwa personelu i procesu sygnałów pochodzących z wyłączników bezpieczeństwa. Obecnie do przesyłania tego typu sygnałów stosowane muszą być specjalne systemy niezależne od systemów sieciowych.

W sieci AS-i dostępne są urządzenia podporządkowane o wysokim stopniu bezpieczeństwa, które można wykorzystać do transmisji informacji z wyłączników bezpieczeństwa. Dodatkowo do takiej sieci musi być dołączony specjalne urządzenie zwane monitorem bezpieczeństwa. Monitor ten nadzoruje komunikację pomiędzy bezpiecznymi urządzeniami podporządkowanymi i urządzeniem nadrzędnym. W przypadku wykrycia błędu komunikacji lub uszkodzenia, ustawia sterowane urządzenie lub proces w stan bezpieczny. Zastosowanie monitora bezpieczeństwa pozwala na podniesienie klasy bezpieczeństwa całej sieci.

## 14. Literatura

- [1]. Jędrzej Ułasiewicz (2007). Systemy czasu rzeczywistego QNX6 Neutrino, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2007, ISBN 978-83-60233-27-6, s.301.
- [2]. Krzysztof Sacha (2006). Systemy czasu rzeczywistego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006, ISBN 83-7207-124-1, s. 135.
- [3]. Standard Computer Dictionary, IEEE Std. 610,1990.
- [4]. Modbus Protocol Reference Guide. PI-MBUS-300. Rev. J, 1996, Modicon,  
[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf),  
[http://modbus.org/docs/PI\\_MBUS\\_300.pdf](http://modbus.org/docs/PI_MBUS_300.pdf), s.121.,  
[http://www.wingpath.co.uk/modbus/modbus\\_protocol.php](http://www.wingpath.co.uk/modbus/modbus_protocol.php)
- [5]. Tadeusz Mikulczyński (2006). Automatyzacja procesów produkcyjnych Metody modelowania procesów dyskretnych i programowania sterowników PLC, ISBN: 83-204-3177-8, WNT, s.216