

The PS/2 Mouse/Keyboard Protocol

Źródło: <http://www.computer-engineering.org/>

Autor: Adam Chapweske

Ostatnia aktualizacja: 22/07/05

Na samym początku:

Wszystkie informacje zawarte w tym artykule są jakie są i bez żadnych gwarancji na działanie.

Ten dokument jest chroniony przez prawa autorskie. Ten dokument może być kopiowany tylko i wyłącznie w niezmienionej formie, zawierając źródła, autora, datę i prawdziwe informacje.

Wstęp:

Ten dokument opisuje interfejs używany przez mysz PS/2, klawiaturę PS/2 i klawiaturę AT. Omówiono fizyczny i elektryczny interfejs, tak jak i protokół. Jeśli potrzebne jest więcej informacji takich jak komendy, pakiety danych, lub inne specyficzne informacje dla klawiatury lub myszy, napisałem osobne dokumenty dla każdego z urządzeń. (Oryginalna angielska wersja).

[The PS/2 \(AT\) Keyboard Interface](#)

[The PS/2 Mouse Interface](#)

Fizyczny interfejs:

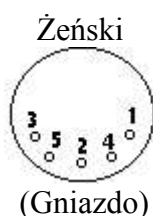
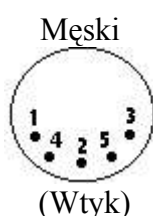
Fizycznie port PS/2 posiada dwa typy połączeń: 5-nóżkowy DIN lub 6-nóżkowy mini-DIN. Obydwa połączenia są całkowicie (elektrycznie) podobne, jedyna praktycznie różnica pomiędzy nimi występuje w ułożeniu nóżek. Oznacza to, że dwa typy połączeń można w łatwy sposób zamienić za pomocą prostego adaptera. Można go wykonać samemu poprzez połączenie odpowiednich nóżek przewodami na jakichkolwiek gniazdach i wtyczkach. DIN standard został stworzony przez Niemiecką Organizację Standaryzującą (Deutsches Institut fuer Norm). Ich strona jest dostępna pod adresem <http://www.din.de/> (Ta strona jest w języku niemieckim, ale większość ich stron dostępna jest również w języku angielskim).

W klawiaturach PC używa się połączenia 6-nóżkowego mini-DIN lub 5-nóżkowego DIN. Jeśli klawiatura posiada wtyk 6-nóżkowy mini-DIN a komputer ma gniazdo 5-nóżkowe DIN (lub odwrotnie), można je zrobić kompatybilne poprzez adaptery opisane poniżej. Klawiatura z 6-nóżkowym mini-DIN często nazywane są klawiaturami PS/2, jako że te z 5-nóżkowym DIN nazywane klawiaturami „AT” (klawiatury „XT” również posiadały wtyki 5-nóżkowe, ale są dość stare i nie produkowane od wilo lat). Wszystkie nowoczesne klawiatury produkowane dla PC są raczej PS/2, AT lub USB. Ten dokument nie zawiera opisu urządzeń USB, które posiadają zupełnie inny interfejs.

Myszki były i są produkowane w różnej ilości obudów i rozmiarów (i interfejsów). Najbardziej popularny typ to prawdopodobnie mysz PS/2, mysz USB dopiero zdobywa popularność. Jeszcze niedawno, mysz szeregową (RS232) była również dość popularna ale przemysł komputerowy zrezygnował z niej na rzecz myszy PS/2 i USB. Ten dokument opisuje tylko mysz PS/2. Jeśli zainteresowany jesteś interfejsem myszy szeregowej lub USB, to jest wiele gdzieś w internecie dostępnych informacji na ten temat.

Kabel łączący klawiaturę/mysz z komputerem ma około metra długości i zawiera od czterech do sześciu 26AWG przewodów otoczonych przez cienką powłokę folii ekranującej. Jeśli potrzebne jest dłuższy kabel, można kupić przedłużacz PS/2 prawie w każdym sklepie elektronicznym. Nie powinno się łączyć kilku przedłużaczy razem. Jeśli potrzebny jest przedłużacz trzymetrowy, należy kupić trzymetrowy. Nie łączyć po prostu 6 przewodów razem. Może to doprowadzić do złej komunikacji pomiędzy klawiaturą/myszką a komputerem.

Istnieje jeszcze inny rodzaj podłączenia klawiatury niż opisane na tej stronie. W większości kable połączeniowe są podłączone na stałe do klawiatury, są też takie w których kabel nie jest dołączony i można go dostać osobno. Te kable mają wtyk DIN z jednej strony (z tej do podłączenia do komputera) i wtyk SDL (Shielded Data Link) z drugiej do podłączenia do klawiatury. SDL został stworzony przez firmę o nazwie "AMP." Ten wtyk jest trochę podobny do wtyku telefonicznego ma zamiast pinów czy nóżek wtopione w tworzywo przewody, i klips trzyma go w gnieździe. Jeśli potrzebne jest więcej informacji na temat tego podłączenia można odwiedzić stronę internetową firmy AMP <http://www.connect.amp.com/>. Na moim diagramie SDL może trochę przypominać podłączenie USB, ale w rzeczywistości są zupełnie inne. Trzeba mieć w świadomości, SDL podłączenie ma sprężynujące i ruchome części a USB nie. Wyprowadzenia wszystkich opisanych połączeń pokazane są poniżej.



5 - nóżkowy DIN (AT/XT):

- 1 – Clock
- 2 – Data
- 3 – Nie podłączony
- 4 – Ground
- 5 – Vcc (+5V)



6 – nóżkowy Mini-DIN (PS/2):

- 1 - Data
- 2 – Nie podłączony
- 3 - Ground
- 4 - Vcc (+5V)
- 5 - Clock
- 6 – Nie podłączony



6-pin SDL:

- A – Nie podłączony
- B – Data
- C – Ground
- D – Clock
- E – Vcc (+5V)
- F – Nie podłączony

Interfejs elektryczny:

Uwaga: W tym dokumencie, Będę używał nazwy “komputer” jako komputer lub cokolwiek do czego podłączona jest klawiatura/myszka. Oraz “myszka” w odniesieniu do myszki/klawiatury.

Vcc/Ground doprowadza napięcie zasilania do myszki. Klawiatura lub myszka nie powinny pobierać prądu większego niż 275 mA z komputera i trzeba uważać na ewentualne skoki poboru prądu. Taka sytuacja może się przydażyć w momencie podłączania myszki “na gorąco” (np.: podłączenie/odłączenie myszki kiedy komputer jest załączony). Starsze płyty główne miały montowane powierzchniowo bezpieczniki zabezpieczające port klawiatury i myszki. Kiedy bezpiecznik się przepalił, płyta główna była nie użyteczna dla użytkownika i nie do naprawy dla przeciętnego technika. Większość nowszych płyt głównych ma zabudowane auto-bezpieczniki i problem właściwie przestał istnieć. W każdym bądź razie nie jest to standard i istnieje jeszcze wiele starszych typów płyt głównych. Ja nie zalecam podłączania myszki “na gorąco”

Streszczenie: Specyfikacja zasilania

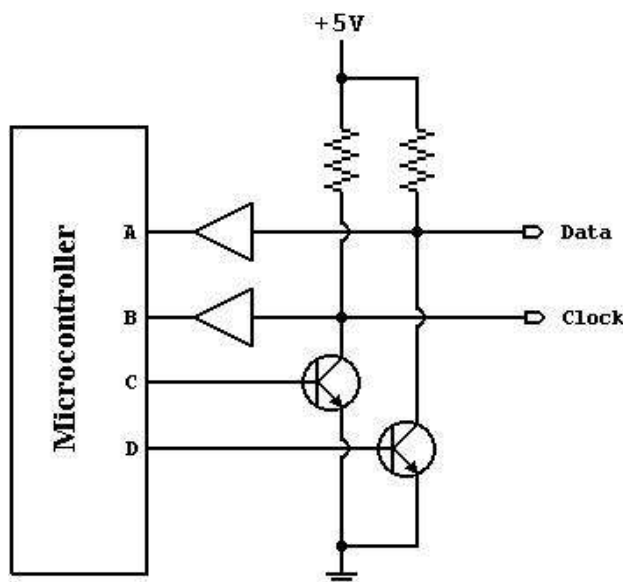
Vcc = +4.5V to +5.5V.

Maksymalny Prąd= 275 mA.

Obie linie DATA i CLOCK są typu otwarty kolektor podciągnięte rezystorami do plusa zasilania (Vcc). Interfejs „otwarty kolektor” ma dwa możliwe stany: niskiej lub wysokiej impedancji. W stanie niskiej impedancji tranzystor ściąga linię do poziomu masy. W stanie wysokiej impedancji linia nie jest sterowana (ani ściągana do poziomu masy, ani nie podciągana do poziomu napięcia zasilania).

Ponadto , rezystory podciągające są podłączone pomiędzy linię a napięcie zasilania (Vcc), więc linie są podciągnięte do jedynki jeśli żadne z urządzeń na linii nie ściągnie ich do masy. Dokładna wartość tych rezystorów nie jest zbyt ważna (1~10 kOhm); Większa rezystancja w rezultacie pobiera mniej prądu a mniejsza rezystancja powoduje szybszą reakcję. Typowy interfejs “otwarty kolektor” pokazany jest poniżej.

Rysunek 1: ogólny interfejs "otwarty kolektor". Linie DATA i CLOCK są czytane odpowiednio przez nóżki A i B. Obie linie są normalnie utrzymywane na poziomie +5V, ale mogą być ściągnięte do poziomu masy przez ustawienie logicznej jedynki na nóżkach C i D. W rezultacie DATA odpowiada znegowanemu D, CLOCK odpowiada znegowanemu C.



Uwaga: Patrząc na przykłady użyte na tej stronie internetowej, zauważysz że użyłem kilku trików w zaimplementowaniu interfejsu otwarty kolektor w mikrokontrolerze PIC. Użyłem tych samych nóżek jako wejście i wyjście, i uaktywniłem wewnętrzne rezystory podciągające zamiast zewnętrznych rezystorów. Linia jest zerowana przez ustawienie wyprowadzenia portu jako wyjście i zapisanie do niego "zera". Linia jest ustawiona w stan wysokiej impedancji poprzez ustawienie wyprowadzenia jako wejście. Biorąc pod uwagę, że PIC ma wbudowane zabezpieczenia diodowe i odpowiednią "zdolność" prądową. Myślę, że jest to dozwolona konfiguracja. Proszę dać znać jeżeli wasze doświadczenie mówi wam przeciwnie.

Komunikacja: Opis ogólny

Mysz i klawiatura typu PS/2 ma zaimplementowany dwukierunkowy synchroniczny protokół. Linia jest wolna gdy obie linie DATA i CLOCK są ustawione (otwarty kolektor). Jest to jedyny stan w którym myszka/klawiatura może rozpocząć transmisję danych. Komputer ma najwyższą kontrolę nad obiema liniami i może zachować komunikację w każdym momencie poprzez wyzerowanie linii CLOCK. Sygnał zegarowy CLOCK generuje zawsze myszka. Jeśli komputer chce wysłać dane, musi najpierw zachować komunikację od myszki zerując linię CLOCK. Komputer następnie zeruje linię DATA i zwalnia linię CLOCK. Jest to "wezwanie-do-odbioru" i rozpoczęcia generowania przez myszkę sygnału zegarowego.

Streszczenie: Stany linii.

Data = ustawiony, Clock = ustawiony: *Stan bezczynności.*

Data = ustawiony, Clock = wyzerowany: *Komunikacja zahamowana.*

Data = wyzerowany, Clock = ustawiony: *Komputer - będzie wysyłanie.*

Wszystkie dane są jako jeden bajt transmitowane w czasie i każdy bajt jest wysyłany jako pakiet zawierający 11-12 bitów. Te bity to:

- 1 start bit. Zawsze 0.
- 8 bitów danej, najmniej znaczący bit jako pierwszy.
- 1 bit parzystości (nieparzystość).
- 1 stop bit. Zawsze 1.
- 1 bit potwierdzenia (tylko przy komunikacji komputera do myszki)

Bit parzystości (parity bit) jest ustawiony gdy w transmitowanym bajcie występuje parzysta liczba jedynek i wyzerowany jeśli ta liczba jest nieparzysta. Liczba jedynek w bajcie danej plus bit parzystości zawsze daje nieparzystą liczbę jedynek (odd parity.) Jest to używane w celu wykrycia błędu. Myszka/klawiatura musi sprawdzić ten bit i jeśli parzystość się nie zgadza oznacza to, że nadana komenda jest błędna.

Dane przesyłane z myszki do komputera są czytane na opadającym zboczach sygnału zegarowego. Dane przesyłane z komputera do myszki są czytane na rosnącym zboczach sygnału zegarowego. Częstotliwość zegara musi być w przedziale 10 – 16.7 kHz. Oznacza to, że CLOCK musi być ustawiony przez 30 – 50 mikrosekund i wyzerowany przez 30 – 50 mikrosekund. Jeśli chcesz zbudować urządzenie zastępcze myszy, klawiatury lub komputera, powinno się modyfikować i czytać dane w połowie każdej celi czasu. W zakresie 15 – 25 mikrosekund od zbocza opadającego lub rosnącego. Jeszcze raz, mysz zawsze generuje sygnał CLOCK, ale to komputer ma zawsze najwyższą kontrolę nad komunikacją. Czasy podane przeze mnie są decydujące! CLOCK musi się zawierać w tych przedziałach.

Komunikacja: Myszka do komputera.

Obie linie DATA i CLOCK muszą być jako wejścia (otwarty kolektor). Rezystor musi być podłączony do każdej linii i +5V, tak więc wolny stan linii jest ustawiony (1). Kiedy klawiatura lub myszka chcą wysłać dane, najpierw sprawdzają linię zegarową CLOCK aby się upewnić, że jest w stanie wysokim. Jeśli nie, oznacza to że komputer hamuje komunikację i myszka/klawiatura muszą buforować wszystkie przeznaczone do wysłania dane aż do momentu zwolnienia linii zegarowej. Linia zegarowa CLOCK musi być w ciągłym stanie wysokim przez co najmniej 50 mikrosekund zanim myszka będzie mogła rozpocząć transmisję danych. Jak opisałem w poprzednim rozdziale klawiatura i myszka używają szeregowej 11-bitowej ramki. Te bity to:

- 1 start bit. Zawsze 0.
- 8 bitów danej, najmniej znaczący bit jako pierwszy.
- 1 bit parzystości (nieparzystość).
- 1 stop bit. Zawsze 1.

Mysz/klawiatura przypisują wartości bitom na linii danych kiedy linia CLOCK ma wartość 1 i czytane przez komputer kiedy linia CLOCK jest 0. Przedstawiają to diagramy 2 i 3.

Diagram 2: Komunikacja Urządzenie-do-Kontrolera. Linia Data zmienia stan gdy linia Clock jest ustawiona, a dane są czytane kiedy linia Clock jest wyzerowana.

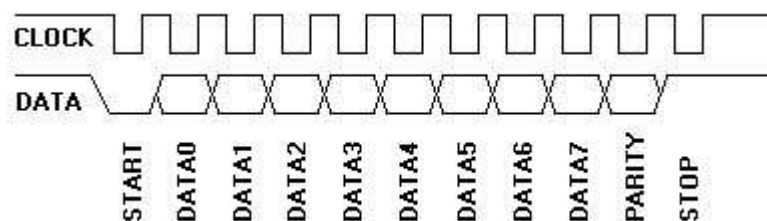


Diagram 3: Zeskanowany sygnał dla klawisza "Q" (15h) wysłanego z klawiatury do komputera. Kanał A jest sygnałem zegarowym Clock; kanał B jest sygnałem Data.



Częstotliwość zegara wynosi 10-16.7 kHz. Czas od rosnącego zbocza sygnału zegarowego do przejścia sygnału DATA musi być minimum 5 mikrosekund. Czas od przejścia sygnału DATA do opadającego zbocza sygnału zegarowego musi być minimum 5 mikrosekund i nie więcej niż 25 mikrosekund.

Komputer może zachamować komunikację w każdym momencie poprzez wyzerowanie linii CLOCK na minium 100 mikrosekun. Jeśli transmisja zostaje zachamowana przed 11 impulsem zegarowym, myszka musi przerwać aktualną transmisję i przygotować się do ponownej transmisji aktualnego "kawałka" danej kiedy to komputer zwolni linię zegarową CLOCK. Kawałek danej może być kodem odpowiedzi, kode ID myszy, pakietem informacji o przesunięciu itp. Na przykład, jeśli klawiatura została zachamowana podczas przesyłania drugiego bajtu z pakietu dwubajtowej danej, będzie musiała ponownie wysłać obydwa bajty przerwanego kodu, nie tylko przerwanego bajtu.

Jeśli komputer zahamuje linię zegarową zanim nastąpi jej pierwsze przejście ze stanu wysokiego na niski lub po opadającym zboczku ostatniego impulsu zegarowego, myszka/klawiatura muszą ponownie transmitować żadnych danych. Jakkolwiek, jeśli nowe dane są przygotowane do wysłania muszą zostać buforowane, aż komputer zwolni linię CLOCK. Klawiatura ma na to 16-bajtowy bufor. Jeśli więcej niż 16 bajtów zostanie „wystukane” na klawiaturze, to następne będą ignorowane aż pojawi się wolne miejsce w buforze. Myszka zapisuje do bufra tylko najbardziej aktualny pakiet poruszenia się.

Komunikacja: Komputer do myszki.

Pakiet jest wysyłany trochę inaczej w komunikacji z komputera do myszki....

Przed wszystkim, to urządzenie PS/2 (myszka) generuje impulsy zegarowe. Jeśli komputer chce wysłać dane, musi najpierw wyzerować linię CLOCK i DATA w celu wysłania rzędu generowania sygnału zegarowego, jak poniżej:

- Wstrzymanie komunikacji poprzez wyzerowanie linii CLOCK na nie mniej niż 100 mikrosekund.
- Narzucenie rzędu poprzez wyzerowanie linii DATA i zwolnienie linii CLOCK.

Myszka powinna sprawdzać ten stan w odstępach czasu nie przekraczających 10 milisekund. Kiedy myszka wykryje ten stan, zacznie generować sygnał zegarowy na linii CLOCK podczas 9 bitów danej i bitu stop na linii DATA. Komputer zmienia stan na linii DATA tylko kiedy linia CLOCK jest w stanie niskim, a dane są czytane przez myszkę tylko kiedy CLOCK jest w stanie wysokim. Odwrotnie niż jest to w komunikacji myszki do komputera.

Po odebraniu bitu stop, myszka potwierdzi odebranie danych poprzez wyzerowanie linii DATA i wygenerowanie jednego ostatniego impulsu zegarowego na linii CLOCK. Jeśli komputer nie zwolni linii DATA po 11 cyklu zegarowym, myszka będzie kontynuowała generowanie sygnału zegarowego do momentu zwolnienia linii DATA. (myszka wtedy wygeneruje błąd).

Komputer może przerwać transmisję w czasie przed 11 cyklem zegarowym (bitem potwierdzenia) przez przytrzymanie CLOCK wyzerowanego na minimum 100 mikrosekund. Aby przedstawić ten proces bardziej zrozumiale, przedstawiam kroki jakie musi przejść komputer aby wysłać dane do myszki/klawiatury.

- 1) Wyzeruj linię CLOCK na minimum 100 microsekund.
- 2) Wyzeruj linię DATA.
- 3) Zwolnij linię CLOCK.
- 4) Poczekaj aż myszka wyzeruje linię CLOCK.
- 5) Ustaw/Wyzeruj linię DATA aby wysłać pierwszy bit.
- 6) Poczekaj aż myszka ustawi linię CLOCK.
- 7) Poczekaj aż myszka wyzeruje linię CLOCK.
- 8) Powtórz kroki 5-7 dla pozostałych 7 bitów i bitu parzystości.
- 9) Zwolnić linię DATA.
- 10) Poczekaj aż myszka wyzeruje linię DATA.
- 11) Poczekaj aż myszka wyzeruje linię CLOCK.
- 12) Poczekaj aż myszka zwolni linię DATA i CLOCK

Diagram 3 pokazuje to graficznie, a Diagram 4 przedstawia szczegółowo linię CLOCK, aby pokazać, które sygnały są generowane przez komputer, a które przez myszkę PS/2.

Uwaga: zmiana zegara dla bitu "ack" – przejście DATA lini występuje kiedy linia CLOCK jest ustawiona (zamiast wyzerowanej jak to ma miejsce w przypadku pozostałych 11 bitów).

Diagram 3: Komunikacja komputer-do-myszki.

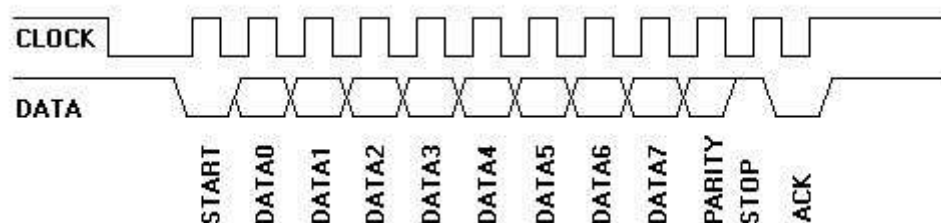
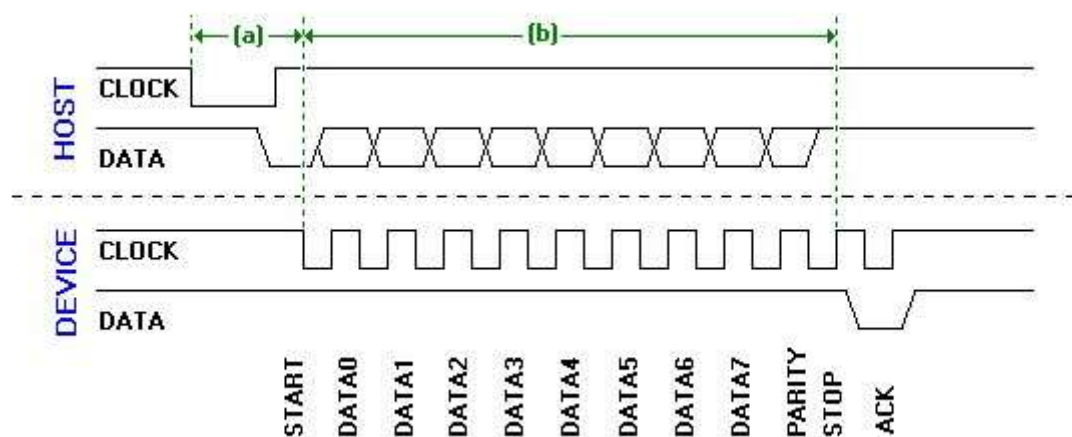


Diagram 4: Szczegółowa komunikacja komputer-do-myszki.



W odniesieniu do diagramu 4, są tu “dwie zawartości” lini CLOCK na które komputer zwraca uwagę. (a) jest to czas który zabiera myszce do rozpoczęcia generowania cykli zegarowych po tym jak komputer inicjująco ściąga linię CLOCK do poziomu masy, które nie może trwać dłużej niż 15 ms. (b) jest to czas który jest potrzebny na wysłanie danych, który nie może przekroczyć 2ms. W obu przypadkach przekroczenie tych limitów powinno spowodować że komputer wygeneruje błąd. Natychmiast po otrzymaniu bitu ACK, komputer może ściągnąć linię CLOCK do poziomu masy blokując w ten sposób transmisję na czas przetwarzania przez niego danych. Jeśli rozkaz wysłany przez komputer wymaga odpowiedzi, ta odpowiedź musi nastąpić nie później niż 20ms po tym jak komputer zwolni linię CLOCK. Jeśli to nie nastąpi, komputer generuje błąd.