

Rysunek 1. Przykładowa sytuacja, w której zachodzi potrzeba wykonania wewnętrznych połączeń USB z użyciem przewodów

Jak prowadzić połączenia USB 3.0 wewnątrz urządzeń?

Pełne wykorzystanie potencjału interfejsu USB 3.0 nie jest łatwe. Przy prędkości transmisji rzędu 5 Gb/s dużego znaczenia nabierają zastosowane złącza i przewody wewnątrz urządzeń elektronicznych. Kable ze złączami, zaprojektowane specjalnie do tych interfejsów, są grube, a więc ciężkie i drogie. Problemem może być też ich ograniczona elastyczność. Dlatego warto zbadać, jak poszczególne rodzaje uniwersalnych przewodów wpływają na niezawodność transmisji, by móc wybrać najkorzystniejsze rozwiązanie.

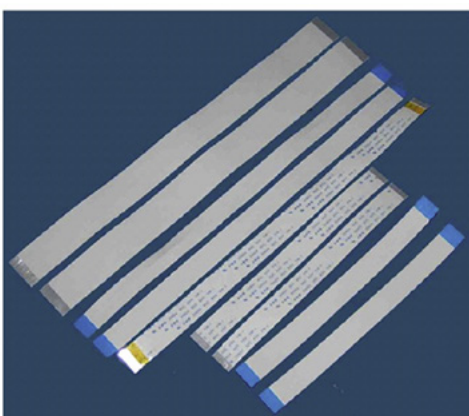
Konieczność poprowadzenia szybkiego, połączenia USB 3.0 w obrębie obudowy urządzenia pojawia się tam, gdzie układ kontrolujący ten interfejs znajduje się na innej płycie drukowanej, niż zewnętrzne złącze, z którego korzysta użytkownik (rysunek 1). Ma to miejsce np. w różnego rodzaju urządzeniach komputerowych, w których złącza USB są wyprowadzane np. na panel czołowy. Podobnie może być w monitorach z wbudowanym koncentratorem USB, ponieważ zwykle nie daje się on umieścić przy krawędzi wyświetlacza i przez to złącza trzeba zamontować na oddzielnej płycie drukowanej. W takich sytuacjach, użycie do połączeń wewnętrznych gotowych kabli USB 3.0 jest kosztowne, a ponadto ogranicza elastyczność połączenia. Przewody tego typu zajmują też dużo miejsca i niemało wazą. Dlatego wielu projektantów decyduje się na użycie innego rodzaju przewodów i złączy.

Niestety, źle dobrane przewody obniżają jakość transmitowanego sygnału, zwiększają jitter, a przy dużej szybkości transmisji wydłużenie czasu narastania i opadania zbroczy sygnałów cyfrowych staje się na tyle znaczące, że poprawny odbiór danych zaczyna być problematyczny.

Co więcej, sam standard USB 3.0 narzuca pewne wymagania, które jeśli nie są spełnione, negują możliwość pełnoprawnego nazywania urządzenia „zgodnym z USB 3.0”. Wszystkie te wymagania zostały zebrane przez firmę Intel w opublikowanym w 2010



Fotografia 2. Gotowy przewód do połączeń USB 3.0, wyprodukowany przez firmę Amphenol



Fotografia 3. Taśma elastyczna (FFC)

teraz zawsze z Tobą w wersji mobilnej

Tabela 1. Porównanie parametrów specjalnego kabla USB 3.0 firmy Amphenol oraz taśmy FFC, względem wymagań określonych w standardzie USB 3.0

Parametr	Kabel USB Amphenol	Taśma FFC	Wymaganie	
			Min.	Maks.
Polling.LFPS Minimum Burst Width	998 ns	998 ns	600 ns	1,4 μs
Polling.LFPS Mean Burst Width	1,001 μs	1,001 μs	600 ns	1,4 μs
Polling.LFPS Maximum Burst Width	1,003 μs	1,003 μs	600 ns	1,4 μs
Polling.LFPS Minimum Burst Repeat Time	10,01 μs	10,01 μs	600 ns	1,4 μs
Polling.LFPS Mean Burst Repeat Time	10,02 μs	10,02 μs	600 ns	1,4 μs
Polling.LFPS Maximum Burst Repeat Time	10,04 μs	10,04 μs	600 ns	1,4 μs
LFPS Period	39 ns	35 ns	20 ns	100 ns
LFPS Rise Time	243 ps	262 ps	0	4 ns
LFPS Fall Time	244 ps	264 ps	0	4 ns
LFPS Duty Cycle	51%	48,20%	40%	60%
LFPS Differential Voltage Peak-Peak	988 mV	933 mV	800 mV	1,2 V
LFPS AC Common Mode Voltage Peak/Peak	82,159 mV	45,378 mV	0	100 mV
SSC Deviation Min	92,7 PPM	115,9 PPM	-300 PPM	300 PPM
SSC Deviation Max	-4,67 kPPM	-4,6977 kPPM	-5,3 kPPM	-3,7 kPPM
SSC Modulate Rate	30,792 kHz	30,794 kHz	30 kHz	33kHz
Tj CP1	29,55 ps	26,09 ps	0	132 ps
Rj (rms) CP1	1,105 ps	1,025 ps	0	3,27 ps
Phase Jitter Slew Rate Max	3,039 ms/s	3,171 ms/s	-10 ms/s	10 ms/s
Phase Jitter Slew Rate Min	-3,062 ms/s	-3,150 ms/s	-10 ms/s	10 ms/s
Tj CP1 SigTest	28,42 ps	25,87 ps	0	132 ps
Rj (rms) CP1 SigTest	1,273 ps	1,153 ps	0	3,27 ps
Tj CPO	67,15 ps	50,07 ps	0	132 ps
Rj (rms) CPO	1,120 ps	1,039 ps	0	3,27 ps
Dj CPO	51,18 ps	35,25 ps	0	86 ps
Eye Diagram Mask Hits	0	0	0	0
Eye Height	195 mV	180 mV	100 mV	1,2 V
Tj CPO SigTest	69,60 ps	51,02ps	0	132 ps
Rj (rms) CPO SigTest	1,273 ps	1,153 ps	0	3,27 ps
Dj DD CPO SigTest	51,7 ps	34,81 ps	0	86 ps

*LFPS – Low Frequency Periodic Signal
*SSC – Spread Spectrum Clocking

roku dokumencie „USB 3.0 Internal Connector & Cable Specifications”. Przetestowanie zgodności urządzenia z USB 3.0 wymaga zastosowania oscyloskopu z funkcjami analizatora, który pozwala na sprawdzenie czy poszczególne parametry linii transmisyjnej oraz sygnałów odbieranych przy zadanych pobudzeniach mieszczą się w ustalonych granicach.

Który z popularnych rodzajów przewodów i taśm, stosowanych do połączeń wewnętrznych w urządzeniach elektronicznych najlepiej nadaje się do połączeń w ramach interfejsu USB 3.0? Sprawdźmy!

Taśmy elastyczne

Pierwszą rzeczą, po którą zapewne sięgnęłyby większość elektroników chcących wykonać połączenie do przesyłania danych pomiędzy dwiema płytkami drukowanymi wewnątrz urządzenia, byłaby elastyczna taśma z metalizowanymi ścieżkami (FFC – *Flexible Flat Cable*). Taśmę tę można przylutować na stałe, ale o ile budżet na to pozwala, inżynierowie preferują używanie złączy. Taśmę można unieruchamiać w złączu poprzez dociśnięcie jej lub skorzystać ze złączy LIF czy ZIF.

Taśmy są oferowane w kilku wersjach:

- bez ekranowania,
- z ekranem aluminiowym,
- z ekranem wykonanym z użyciem powłoki srebra.

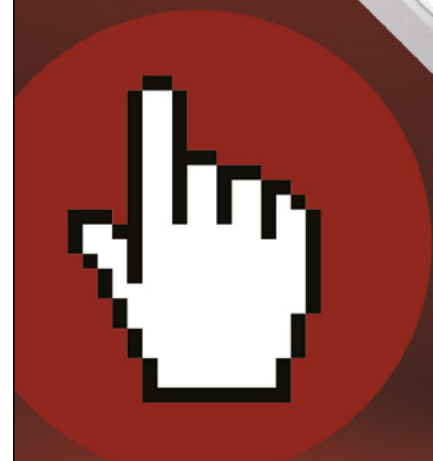
Taśma może mieć kontakty elektryczne dla złącz na tej samej warstwie lub na przeciwnych warstwach.

Przewód płaski

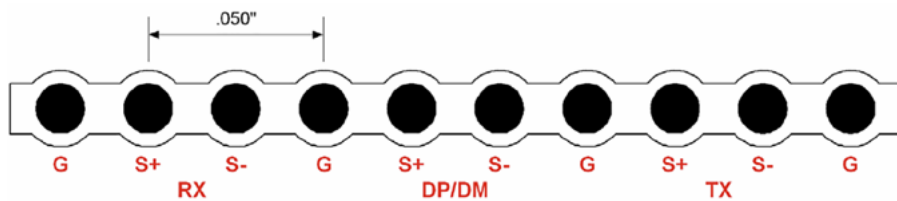
Innym sposobem wykonania połączenia będzie użycie wielożyłowego przewodu płaskiego (fotografia 2) ze złączem IDC. Przewody te są oferowane w wersjach o różnej średnicy żył, różnych rozstawach oraz w odmianach ekranowanych i nieekranowanych. Bywają też wersje przystosowane do częstego zginania, czy np. pokryte tworzywem ognioodpornym. Najbardziej popularne są przewody o żyłach 26 AWG, oddalonych od siebie o 0,05 cala, otoczone PVC.

Skrętka

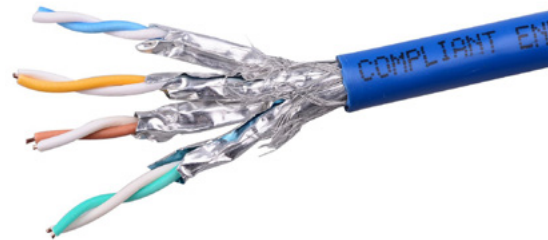
Trzecim rodzajem przewodu, jaki mógłby znaleźć zastosowanie do przesyłania sygnału USB jest skrętka. Jej skręcone pary przewodów mają cenną zaletę: redukują emisję zaburzeń elektromagnetycznych oraz



REKLAMA



Fotografia 4. Układ sygnałów USB w testowanych przewodach płaskich



Fotografia 5. Podwójnie ekranowana skrętka (druć)

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametrów przewodu płaskiego o długości 300 mm, względem wymagań standardu USB 3.0

Pomiar	Wynik	Min.	Maks.
Dj-TX Deterministic Jitter - Dual Dirac	11,752 s	0	86 ps
Eye Height - Transmitter Eye Mask	159,897 mV	100 mV	1,2 V
Mask Hits	0	0	0
Rj-TX Random Jitter - Dal Dirac	1,1527 ps	0	3,29 ps
TCDR Slew Max Slew Rate	4,894 ms/s	0	10 ms/s
Tj-TX Total Jitter - Dual Dirac	33,227 ps	0	132 ps
TSSC - Mod Rate - SSC Modulation Rate	30,781 kHz	30 kHz	33 kHz
TSSC - USB Profile	200,448 ps	n.d.	n.d.
UI - Unit Interval	200,452 ps	199,94 ps	201,06 ps
VTX Diff PP Differential PP TX Voltage Swing	489,681 mV	100 mV	1,2 V
Width @ BER	78,881 ps	68 ps	n.d.

zmniejszają wpływ oddziaływań zewnętrznych na przesyłany sygnał. Co więcej, również występują w wersji ekranowanej (STP – *Shielded Twisted Pair*) i nieekranowanej (UTP – *Unshielded Twisted Pair*).

Złącza

Przy prędkości transmisji dochodzącej do 5 GB/s, niebagatelne znaczenie mają także złącza USB, do których użytkownik dołącza kablami urządzenia zewnętrzne. Konstrukcja złączy USB 3.0 jest bardzo skomplikowana, ponieważ jest wymagane zachowanie zgodności wstecznej ze standardem 2.0 i 1.1. Biorąc pod uwagę fakt, że liczba linii sygnałowych w USB 3.0 jest większa, niż w starszych wersjach tego interfejsu z góry było wiadomo, że postawienie sobie za cel zachowania kompatybilności będzie wymagało wykonania złożonej konstrukcji.

Najbardziej złożona jest konstrukcja złączy o rozmiarze standardowym (typu B),

choć problem przesłuchów będzie miał większe znaczenie w złączach micro USB. Z punktu widzenia projektanta, wybór sprawdza się do określenia sposobu montażu złącza (powierzchniowo lub w sposób przewlekany), a z punktu widzenia logistyki produkcji – do wyboru producenta złącza. Warto przy tym zauważyć, że przy częstotliwościach stosowanych w USB 3.0, jakość złącza może stanowić o niezawodności połączenia nawet, jeśli pochodzi ono od renomowanego producenta. O ile wszyscy ci wytwórcy oferują gniazda USB zgodne ze standardami, nawet niewielkie odstępstwa w prowadzeniu linii sygnałowych oraz ich długość wpływają na parametry toru transmisyjnego.

Pomiary

Inżynierowie firmy Microchip przeprowadzili szereg pomiarów, mających na celu określenie, które z opisanych przewodów

i złączy lepiej nadają się do przesyłania sygnałów interfejsu USB 3.0. Testy wykonano na dwa sposoby. Pierwszy obejmował użycie reflektrometru do zbadania charakterystyki toru sygnału. Pomiar wykonano cyfrowym oscyloskopem Tektronix TDS-8000 wyposażonym w dwukanałowy moduł 80E04. Przeprowadzono też badania pod kątem zgodności całego interfejsu (tzn. przewodu ze złączami i z układem scalonym) z oficjalną specyfikacją USB 3.0. W tym celu użyto zautomatyzowanego testera LeCroy QualiPHY z oscyloskopem SDA 8Zi-A i aplikacją QPHY-USB3-TX-RX. Wyniki pomiarów zebrano w tabelach.

Podsumowanie

Wyniki pomiarów wskazują na to, że choć gotowe kable USB są bardzo proste i wygodne w zastosowaniu, zbliżone, a pod pewnymi względami nawet lepsze rezultaty można osiągnąć stosując inne rodzaje przewodów – zarówno ekranowane taśmy elastyczne z ze złączami ZIF lub LIF, jak i przewody płaskie. Każda z nich, dla testowanych długości, spełnia wymagania standardu USB 3.0, choć z różnymi marginesami.

Marcin Karbowniczek, EP

Artykuł napisano na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez Mohammeda Rahmana z firmy Microchip Technology

REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Zaprenumeruj na stronie AVT.pl, e-mail: prenumerata@avt.pl lub telefonicznie pod numerem: 22 257 84 99
 Bieżący numer zamów na www.ulubionykiosk.pl



ULUBIONY KIOSK.PL

WWW.ULUBIONYKIOSK.PL

Tu przejrzysz, poczytasz sobie i kupisz Twoje ulubione czasopisma – bieżące i archiwalne wydania



DLA PRENUMERATORÓW -30%

Prenumerata dowolnego czasopisma AVT uprawnia do 30% zniżki na www.ulubionykiosk.pl (z wyłączeniem przedsprzedaży, prenumeraty i dystrybucji bonów).

Wpisuj numer prenumeraty w pole „Numer Twojej prenumeraty”, a zakupy staną się tańsze o niemal jedną trzecią!

Pytania? Mailuj – prenumerata@avt.pl lub dzwoń – 22 257 84 22