

# Nagysebességű duplex adatátviteli rendszer tervezése

Hallgató neve: Semegi Judit

Konzulens: Jánosi Gergely Péter (Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék)

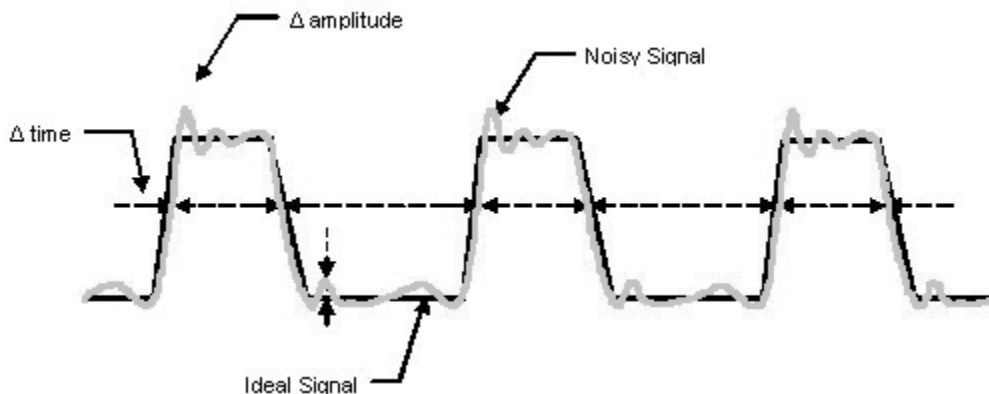
## Elméleti ismeretek

A félév során a hallgatónak a Bonn Magyarország Kft. egyik kutatási-fejlesztési részlegénél kellett részt vennie egy projektmunkában, mely a következő főbb tématerületeket jelölte ki: „Úriparban alkalmazott redundáns tervezési módszerek megismerése és alkalmazása a BHE projektek szükségleteinek megfelelően. Nagy sebességű interfész áramkörök tervezése és implementálása. SDR (Software Defined Radio) technológián alapuló részegységek (modulátorok, kódolók) stb. tervezése Altium környezetben. Igény szerint az áramkörök verifikálása az úripari szabványelőírásoknak megfelelően. Egyszerűbb teszt szoftverek tervezése és megvalósítása.” Ezen kereteken belül a feladat egy nagysebességű soros duplex adatátviteli kapcsolat mérésére alkalmas eszköz megtervezése lett, melyet az Altium Designer tervezőrendszerben kell végrehajtani.

A feladat elvégzéséhez a hallgatónak meg kellett ismerkednie a napjaink legfontosabb nyomtatott áramkör tervezési követelményével: a jelintegritással. A félév jelentős részében ezen probléma elméleti hátterének áttekintésével foglalkoztunk. Tárgyaltuk a távvezetéseken lezajló hullámjelenségek formális leírását, megnéztük, hogy ezekkel a jelenségekkel a gyakorlati problémákban hogyan szembesülhet a tervező, és a jelenséget demonstráltuk is egy koaxiális kábelen. Ezeken felül a nyomtatott áramkörök világában elterjedt tápvonal konstrukciókkal is meg kellett ismerkedni: microstrip, stripline, ezek single-ended és differenciális változatai.

## Jelintegritás problémája

Áttekintettük a digitális jelek átvitelkor a távvezetékek nem megfelelő alkalmazásakor létrejövő jeltorzulásokat, zavarokat, illetve hogy ezeket hogyan lehet felderíteni és kivédeni. Egy digitális jelet vivő vezetékről ugyanis a fogadó oldalon minden körülmények közt meg kell tudni állapítani, hogy logikai 0-t vagy 1-et vesz fel, ezt azonban reflexiók, vagy más távvezetésekről átcsatolódo jelek megzavarhatják, ezáltal meghamisítva az átvinni kívánt bitet. A jelenség tekinthető egy jeltől függő zajnak. Az 1. ábra illusztrálja a fenti jelenséget.



1. ábra: digitális jel átvitele során keletkező hiba

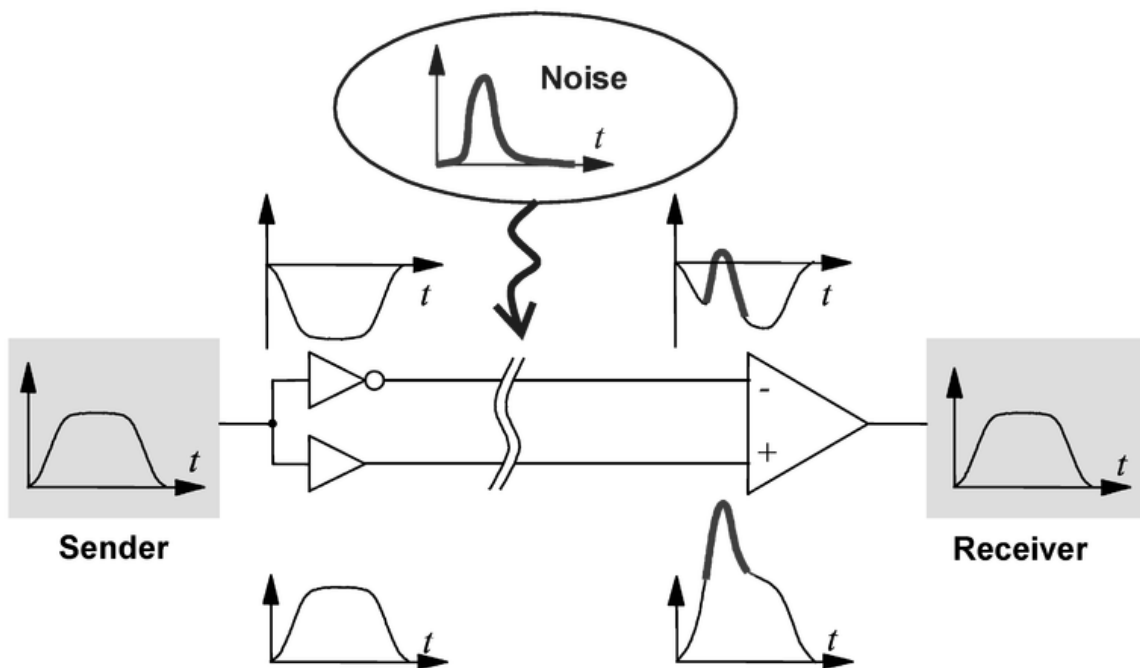
Ez mindenképpen elkerülendő helyzet, de nehezíti a probléma megtalálását, hogy megvalósított áramkörtön ilyen jelenségeket megmérni meglehetősen nehézkes, mivel a mérés megváltoztatja a rendszert. Ezért szükséges a tervezés során a szimuláció.

### Távvezetékek

Az előbbi jelenségek elsősorban a távvezetéseken keletkező reflexiók. Nyomatott áramkörök esetében elsősorban a microstrip és stripline kivitelű tápvonalak fordulnak elő. A reflexiók a tápvonalak illetlenül lezárásából adódnak, vagyis amikor az adott távvezeték nem a rá jellemző hullámimpedanciával van lezárva legalább az egyik végén. A hullámimpedancia a tápvonal geometriájától, valamint a körülvevő dielektrikumoktól függ. Egyes tápvonal geometriák esetében felmerül, hogy a tápvonal az általa szállított jelet bizonyos mértékben szétsugározza, mint egy antenna. Ez főként nagy frekvenciákon (GHz-es nagyságrend) jelenthet problémát, és megzavarhat érzékeny áramköröket (pl.: rádiók).

### Differenciális párok

Tápvonalak esetében elterjedt kialakítás a differenciális pár, mely két vezetéken viszi át az információt, ahol az egyik vezeték a másik komplementer jelét továbbítja. Ha az egyik vezeték pozitív impulzust kapcsolunk, a másikra ugyanilyen, de ellentétes előjelű impulzust fogunk. Ezáltal a fogadó oldalon a két jel különbsége hordozza a valódi információt. Egyik nagy előnye ennek a megoldásnak, hogy a vezetékre külső forrásból szuperponálódó zavarjelek a két vezetékre azonos módon hatnak, így ha kivonjuk őket egymásból, a zavarjel eltűnik. A jelenséget szemlélteti a 2. ábra.



2. ábra: differenciális jelátviteli rendszer zavarása

További előnye a differenciális jelátvitelnek, hogy amikor az egyik vezetékbe befelé folyik az áram, a másikkól kifelé fog és viszont, így a vezeték meghajtójánál ezek az áramok kiegyenlítődnek, ezáltal nem a föld és a táp irányába folynak jelentős tranziens áramok, mely csökkenti az interferenciákat, a vezetékek nem kívánatos sugárzását.

Az adatátviteli sebességek növelése vagy a jelzési sebesség, vagy a párhuzamosan átvitt bitek számának növelésével érhető el, a gyakorlatban mindkét megoldás problémákkal terhelt, ezért áttekintettük, hogy az ipar miért lépett tovább a párhuzamos adattovábbításról a nagysebességű soros adatátvitelre. Vizsgáltuk milyen építőelemekből áll egy több GB/s adat átvitelére alkalmas adó- és vevőegység, mi az egyes részegységek szerepe, és azok hogyan működnek.

## Az Altium Designer megismerése

Az Altium Designer elsősorban egy nyomtatott áramkörök tervezésére szolgáló szoftver, mely mondhatni szokásos funkciókat tartalmazza:

- alkatrészkönyvtárak szerkesztése
- kapcsolási rajz szerkesztés
- nyomtatott áramkör tervezés
- gyártáshoz szükséges adatok generálása

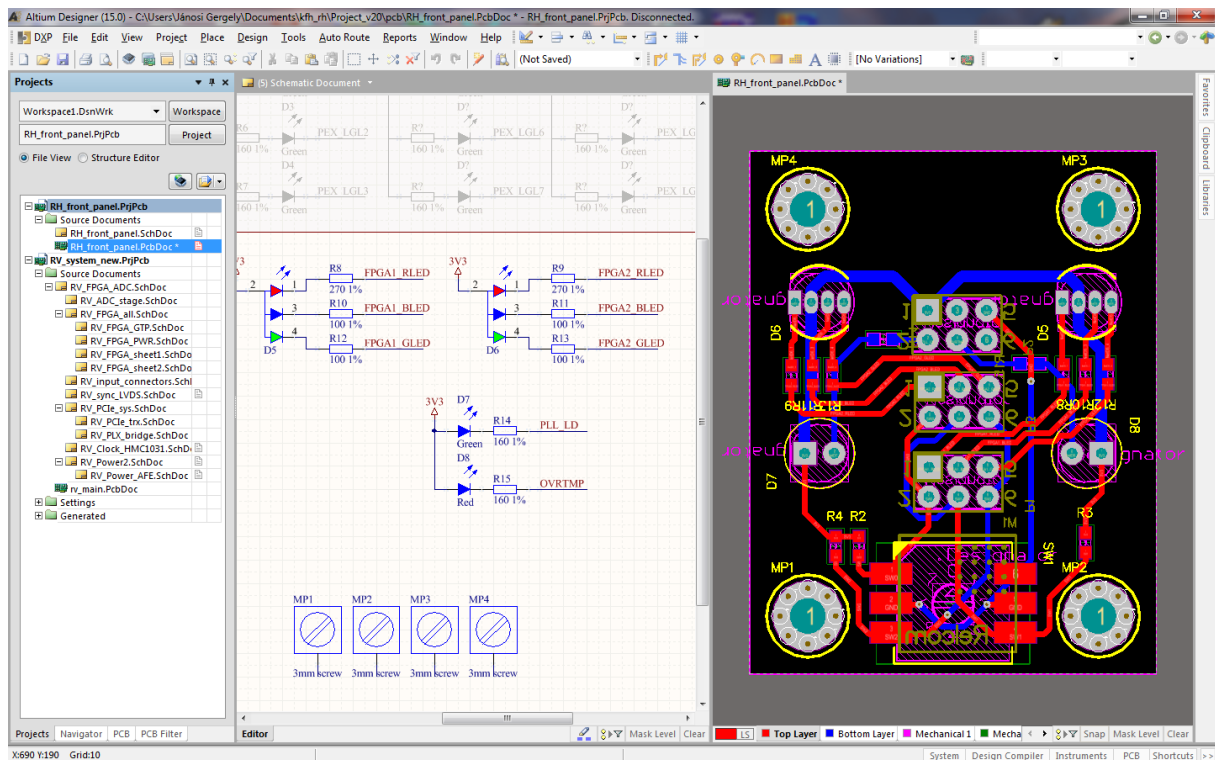
A fenti főbb funkciók mellett lehetőség van még:

- szimulációra
- jelintegritás vizsgálatra
- FPGA tervezés
- beágyazott szoftver fejlesztés

Az elméleti ismereteken felül az Altium Designer szoftver használatát is el kellett sajátítania a hallgatónak. A tervezés főbb lépéseit együtt áttekintettük, így a további ismerkedés önálló munkaként zajlott:

- könyvtári alkatrészek elhelyezése a kapcsolási rajzon
- a kapcsolási rajz alapján a NYÁK terv létrehozása (alkatrészek pozícionálása, nyomtatott rajzolat kialakítása)
- alkatrészkönyvtár szerkesztés

A tervezést nagyban megkönnyíti a gyorsbillentyűk ismerete és használata.



3. ábra: Az Altium Designer kezelői felülete

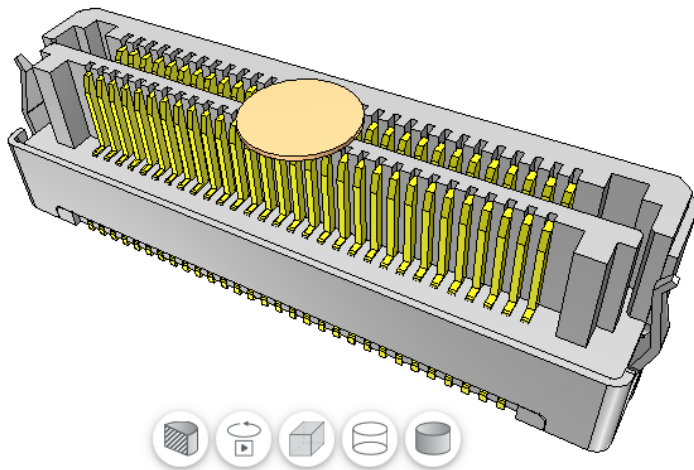
## A hardver megtervezése

A cél egy olyan mérőrendszer megtervezése volt mely segítségével tesztelni lehet egyedi gigabites adatátviteli rendszereket. Ez a rendszer egy FMC (FPGA Mezzanine Card) modulból, és egy PC-be dugható PCI Express kártyából áll, melyeket SMA kábelekkel összekötve jön létre a gigabites kapcsolat a két végpont közt.

A projekt elején egy Wizardlink transceiver használatát tűztük ki célként, mely az úriparban terjedő technológia, a Texas Instruments pedig gyárt ilyen chipeket, pl.: az általunk kiválasztott TLK2711, erről azonban néhány hét után kiderült, kommersz változata a chipnek a továbbiakban már nem lesz, kizárólag úripari minősített alkatrészeket fognak forgalmazni, amelyek rendkívül drágák, így más megoldást kerestünk.

Mivel ilyen jellegű adó-vevő modulok ma már a legtöbb FPGA-ban megtalálhatóak, ezért úgy döntöttünk, hogy egy FPGA-val oldjuk meg ezt a problémát. Egy ilyen FPGA kártya teljes megtervezése egy témalabor kereteit meghaladta volna, ezért inkább egy Trenz Electronic által gyártott modul (TE0715 TRM) alkalmazását tűztük ki célként.

Ez a modul 40x50mm méretű, egy Xilinx Zynq XC7Z015 típusú chipet, és annak működéséhez szükséges egységeket: tápegységek, konfigurációs FLASH, órajel előállítás, valamint perifériákat is, pl.: DDR-RAM tartalmaz. Ez nagyban megkönnyíti a tervezést. Jelen alkalmazásban nem szükséges ilyen tudású chip, de maga a modul más célokra is jó lehet, ezért választottuk. Egyelőre mind az FMC oldalon, mind a PCI Express kártya oldalon ugyanezt az eszközt szándékozunk alkalmazni, de elsősre az FMC modul megtervezését tűztük ki célként. A Trenz electronic által gyártott modulhoz 3db board-to-board csatlakozón keresztül lehet kapcsolódni, itt érhetőek el az IO lábakon kívül a táp, föld, konfigurációs vezetékek is. Ennek a csatlakozónak különlegessége, hogy önmagával párosítható, ha az azonos típusú csatlakozót szembefordítjuk vele. A csatlakozó képe a 4. ábraán látható.



4. ábra: A Trenz kártya csatlakozójának 3D képe

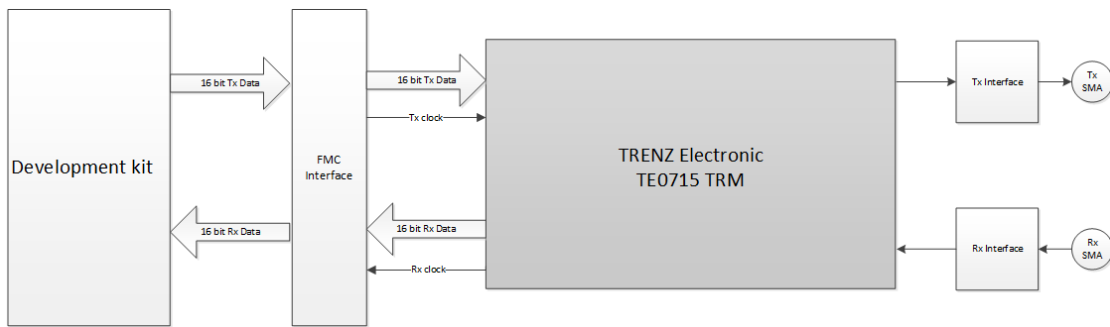
A modul tartalmaz számos olyan komponenst, amelyet a chip működéséhez szükségesek: tápegységek, konfigurációs FLASH, órajel előállítás, valamint perifériákat is, pl.: DDR-RAM. Ez nagyban megkönnyíti a tervezést.

Az FMC kártyák tipikusan LVDS szabványú jeleket használnak, így kézenfekvő volt, hogy ebben az esetben is ezt alkalmazzuk. Ehhez a Zynq LVDS szabványt használó IO bankjait 2,5V-ról kell meg táplálni, ezt egy LDO segítségével biztosítottuk. A gigabites adó-vevő áramkörei számára egy különálló oszcillátor biztosítja az órajelet.

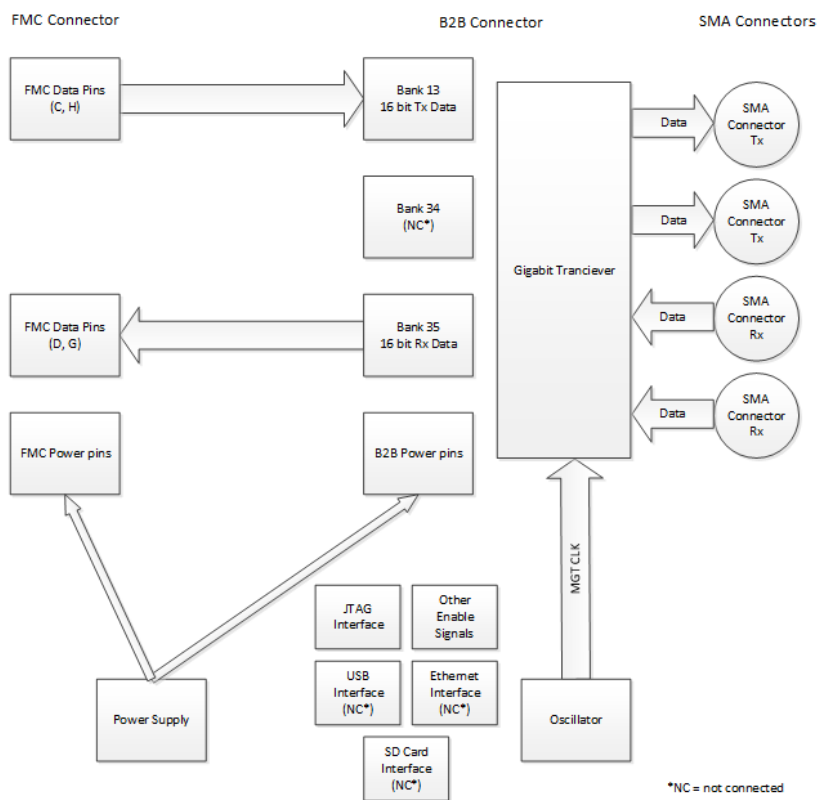


5. ábra: A TRENZ-ELECTRONIC TE0715... kártya fényképe

A következő félévben az FMC kártya után a PCI Express kártya megtervezése lesz a cél.



6. ábra: az FMC kártyás fejlesztőrendszer



7. ábra: az FMC kártya logikai felépítése