

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Villamosmérnök és Mechatronikai Tanszék

Digitális orgona konzol bemutatása

Készítette: Orbán János, mérnök informatikus hallgató

Belső Konzulens:

Dr. Szemes Péter Tamás

Külső Konzulens:

Végh János

Tanszékvezető:

Dr. Husi Géza

Debrecen
2012

Tartalomjegyzék

1: Abstract.....	4
2: Acknowledgment.....	4
3: Bevezetés.....	5
4: Kitűzött cél és elért eredmények.....	7
5: Feladatlista.....	8
6: Dolgozat Felépítése.....	9
7 :Felhasználási engedély.....	9
8: Tárgyalás	10
8.1: Technikai háttérismeretek.....	10
8.1.1:Digitális jelekkel való megismerkedés (MIDI):.....	10
8.1.1.1:Történelem.....	10
8.1.1.2: Működési Elv.....	11
8.1.1.3: Bitekből zene.....	12
8.1.2: Megismerkedés a REED relé-vel.....	13
8.1.2.1: Történelem.....	13
8.1.2.2: Technikai működés.....	13
8.1.3 :Megismerkedés a Hauptwerk-kel.....	14
8.1.3.1: Bevezetés a VST-be.....	14
8.1.3.2: Hauptwerk ismertetése.....	14
8.1.3.3: Hardverigény.....	15
8.1.4: Kész digitális orgona versus szimulált orgona (pl Hauptwerk): Miért jobb vagy sem?.....	16
8.2: Projektmunka bemutatása.....	17
8.2.1: Szétdarabolás.....	17
8.2.2: Források felhasználása.....	17
8.2.3: Első Lépések : Valódi orgona működése.....	18
8.2.4: Analóg vs digitális: Mitől szabadulunk meg?.....	20
8.2.5: Projekttervezés.....	20
8.2.5.1:Hogyan tovább? Mi a cél?.....	20
8.2.5.2: Mi az ami megvan, Mi az ami nincs?.....	20
8.2.5.3: Orgona játszóasztal kritériumai.....	20
8.2.6: Projektfázisok készítése.....	21
8.2.7: Projektmegvalósítás.....	22
8.2.7.1: Elméleti Időbeosztás.....	22
8.2.7.2: Időbeosztás tényleges alakulása.....	22
8.3: Alkatrészek ismertetése.....	23
8.3.1:FATAR TP/8O orgona billentyűzet.....	23
8.3.1.1: Ismertetés.....	23
8.3.1.2: Működési Elv.....	24
8.3.1.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat.....	25
8.3.2: MKE MIDI billentyűzet elektronika (MIDI Keyboard Electronics).....	25
8.3.2.1: Ismertetés.....	25
8.3.2.2: Működési elv.....	26
8.3.2.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat.....	27
8.3.3: Behringer FCB 1010 lábkontroller pedál.....	27
8.3.3.1: Ismertetés.....	27
8.3.3.2 :Működési elv.....	29

8.3.3.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat.....	30
8.3.4: RomIO/II – USB – DIN 5 konverter.....	30
8.3.4.1 :Bevezetés.....	30
8.3.4.2: Működési elv.....	31
8.3.4.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat.....	31
8.4: Az orgonapedállal való munka, MIDI eszközök összekötése és konzoltervezés.....	32
8.4.1: Néma orgonapedál.....	32
8.4.1.1: Bevezetés.....	32
8.4.1.2 :Működési Elv.....	32
8.4.1.3: Előnyök hátrányok, személyes tapasztalat.....	32
8.4.2: A pedál MIDI eszközzé való alakítása.....	33
8.4.2.1: MIDI vezérlő választása.....	33
8.4.2.2: Működési elv.....	33
8.4.2.3: Munka.....	34
8.4.2.4:Első tesztelés.....	35
8.4.2.5: Második tesztelés.....	35
8.4.3: Az összes MIDI eszköz összekötése.....	36
8.4.4: Konzoltervezés.....	36
8.5: Hauptwerk telepítés és konfigurálás, Önkritika, lehetséges optimalizációk.....	39
8.5.1: Hauptwerk konfigurálása a játszóasztalhoz.....	39
8.5.2: Végső működés leírása.....	39
8.5.3: Önkritika.....	40
8.5.4: Saját orgona versus Viscount Unico 300 digitális orgona.....	41
8.5.5: Orgona tesztelése és mérhető információk megállapítása.....	42
8.5.5.1: Memóriahasználat, Processzorhasználat.....	42
8.5.5.2: Hang Késleltetés vizsgálata.....	43
8.5.6: Lehetséges optimalizációk.....	44
8.5.6.1: Érintőképernyő beszerzése.....	44
8.5.6.2: REED Relé rendszer lecserélése.....	44
8.5.6.3: MKE vezérlők alapos tesztelése és esetlegesen hűtőborda tervezése.....	45
8.5.6.4: Orgona Pedál zajának csökkentése.....	45
9: Összegzés.....	46
10: Befejezés.....	47
11: AutoCAD export ábrák.....	48
12:Források.....	50

1: Abstract

The purpose of this document is to describe a project work of building a digital organ console specifically designed for use with Hauptwerk. This document is designed in a logical way, so that it builds from the grounds up. The first part of this document deals with purely theoretical knowledge, that is required to be used in the project, such as how MIDI works, down to the binary level, what are Reed switches and how do they work and finally the reader learns how Hauptwerk the virtual pipe organ software works. After understanding the basic concepts the project work is described. This section deals specifically with various project issues such as time constraint, implementation plan, console criteria. The reader learns what is a given and what must be built. After learning about the criteria and theoretical knowledge, it is time to describe exactly what kind of hardware was used in this project. This part gives an insight as to why various components were chosen, where can one buy them, how do they work and a post self evaluation after an extended period of use as to verify, if the component actually lived up to its expectations and whether it had any problems. This section deals with each and every piece of electronic equipment except for the pedal board. The next chapter deals exclusively with the pedal board: how it was acquired, and how it was MIDI-fied from start to finish. What kinds of improvements were made to prolong the functioning of Reed switches, what kind of MIDI controller was used. After all equipment was introduced and made functional, it was high time to design a console which houses all the equipment based on earlier project considerations. After consulting with an electric engineer and a carpenter, an AutoCAD design was designed by the carpenter and modified, until it was deemed acceptable. Finally this document deals with the very basic concept of configuring Hauptwerk to the console, interconnecting the various MIDI devices, a full self evaluation of the project, and future optimizations.

2: Acknowledgment

I would like to thank Kenneth A. Spencer for his permission to use his work in my own. He himself built a digital organ console from scratch. Without his help, this project could have turned out a whole lot differently, than I imagined. Thanks a lot Ken!

3: Bevezetés

Fiatalkorom óta sok minden érdekelt. Gimnazista koromra ez úgymond egyfajta problémává is vált. Mire szakosodjak? Mi az ami igazán érdekel? Kémia, Biológia, Informatika, Zene? Már akkor is egy nehéz döntés előtt álltam. Visszagondolva helyesen cselekedtem, mert egy prioritást állítottam fel. Informatika kapta az első helyet, hiszen ezzel foglalkoztam eddig a legtöbbet életem során és eddig úgy néz ki, hogy ez az igazi szenvedélyem. Azonban nem szabad megfeledkezni a zenéről és a többről sem. Talán a történet a zenével kapcsolatban ott kezdődött amikor egy Zsolnay tagozatos iskolába kerültem. Kötelezővé vált valamilyen hangszeren játszani. Mivel az oktatás része volt és természetesen illeszkedett a tantervhez, mindenki aki az alsó 4 osztályt befejezte négy évig furulyázott, hiszen ez volt egy olyan hangszer, amin mindenki egyszerre játszhatott egy teremben. Ráadásnak bizonyult, hogy könnyű és hordozható is, nem is beszélve arról, hogy a többi hangszer árához képest, viszonylag olcsó. Mikor szüleimnek új munkalehetőségük nyílt, elhagytuk Magyarországot egy időre. Ekkor egy másik iskolába kerültem, ahol idegen nyelven folyt az oktatás, és sokkal szélesebb hangszerválaszték nyílt meg előttem. Egyikük között a zongora, amivel én foglalkoztam. Azonban a képzés mindig csak időszakos volt. Hol az informatika szorította ki a zenét és fordítva. Később gimnazista koromban jöttem rá, hogy nem kell magamat egyik szakiránynak sem elköteleznem, csinálhatom egyszerre a kettőt. Végül is ki az aki megtiltaná? Még később jöttem rá, hogy számomra a zenélés stresszoldást jelent. Ekkor kezdtem el komolyabban foglalkozni zongorázással. Zongoratanulmányaim során, elkezdtem tanulni Bach híres Toccata és Fúgáját D minorban. Természetesen zongora átiratból tanultam, azonban az eredeti mű orgonára íródott. Nagyon nehéznek találtam. Több mint fél évet kellett rá szánnom mire úgy ahogy megtanultam és még most sem megy teljesen tökéletesen. Ekkor merült fel bennem az ötlet, hogy szeretnék orgonán is játszani, legalább ezt az egy művet ki szeretném próbálni. Zongoratanárnőm kíségetett e téren és még néhány egyszerűbb orgonaművet zongoraátírással megtanultam. Azonban ahol élünk, vallási okok miatt nagyon sok templomhoz nem tartozott orgona. Egy 5 millió fős városban mindössze 6 orgona volt. Ez nemcsak hogy elméletben, de gyakorlatban is ellehetetlenítette azt, hogy egyáltalán megpróbáljak orgonán játszani. Amikor Debrecenbe kerültem, hasonló probléma fogadott. Bár itt már nem volt olyan rossz a helyzet, a Debreceni Egyetemnek saját Zeneművészeti kara van, ahol jó néhány orgonista tanul, akik ezeket az orgonákat folyamatosan használják. Egy olyan személynek, aki nem a Zeneművészeti Kar tagja, nehéz hozzáférnie hangszerhez. Fejemben a következő fordult meg : „Ha nem férhetek hozzá, akkor veszek egyet!” Amint elkezdtem az interneten nézelődni, rájöttem, hogy mekkora sületlenséget gondoltam. Nem véletlen, hogy az orgonákat csak a templomokban találja

meg bárki, hiszen máshol hol lenne neki elég hely? A másik a hangszer ára volt! A Zeneművészeti Kar orgona jegyzet szerint, egy jól megépített és karbantartott orgona, felér az ingatlan telek és a rajta levő épület értékével melyben az orgona található! Hajlandó lettem volna érte fizetni, de azért ennyit nem. Elkezdtem alternatívák után kutatni. Egy estén, amikor a Zeneművészeti Kar Liszt Ferenc termében éppen a tanuló orgonisták előadásait hallgattam, eszembe jutott, hogy gyermekkoromban kaptam egy szintetizátort, de utána az is, hogy a szintetizátoron lévő orgona „hang” minden volt, csak nem orgona. Mindenesetre megfigyeléseim a Liszt teremben kifizetődtek. Észrevettem, hogy az orgona játszóasztalból egy hatalmas köteg elektromos vezeték távozik hátra a sípok felé. Tehát az orgona traktúrája⁽⁰⁾ elektromos. Ekkor támadt egy ötletem. Ha nem igazi orgonát szerzek be, akkor elektromos orgonát. Némi kutatás és rengeteg fórum olvasása után azonban újabb csalódás ért. A csalódás oka még mindig a hangminőséghez köthető. Bár egy digitális orgona hangja hasonlít egy igaziéhoz, közel sem olyan nem is beszélve az árukról. A Google kereséseim során a digitális orgona avagy „digital organ” kulcsszavas keresés hatására egy olyan keresési bejegyzésen akadt meg a szemem, hogy : „Hauptwerk Virtual Pipe Organ”. Mint kiderült, ez egy olyan számítógépes szoftver, melyet kimondottan orgonák szimulálására fejlesztenek. Először úgy tűnt, hogy megint valamilyen digitális orgona utánzatról van szó. A honlap alapos tanulmányozása és a szoftver demó verziós letöltése után azonban más vélemény alakult ki bennem. A szoftver képes számomra jó minőségű orgona hangot előállítani melyet az otthoni nem rég beszerzett jó minőségű házimozi rendszeren teszteltem. Az eredmény teljesen meglepett. A szoftver képes orgona hangot produkálni bármilyen zenei eszköz nélkül egér és billentyűzet segítségével. Ráadás, hogy a honlap még hardvert is kínált, mellyel ez a szoftver precízen vezérelhető, teljesen úgy mint bármely más digitális orgona. Elkezdtem tanulmányozni katalógusukat Hauptwerk orgona konzolok után. Sajnos a konzolok ára még mindig nagyon drága volt, arról nem is beszélve, hogy Magyarországon nem láttam kihelyezett vállalatot, ami azt jelentette volna, hogy valahonnan importálnom kellett volna a játszóasztalt, ami még extra költséget jelentett volna számomra. Ez megint egy kicsit lehangolt, de ekkor megint csak eszembe jutottak bizonyos emlékek. Specifikusan az az emlék, amikor általános iskolásként raktam össze első számítógépemet teljesen magam, különböző kész hardverekből. Ekkor született meg bennem a gondolat: „Ha túl drága készen megvenni egy orgona konzolt miért ne építhetnék egy sajátot saját magam, és akkor olyan lesz amilyet én szeretnék!” Egy nyári szünet nagyobbik részét erre rááldozva a rengeteg kutatás és olvasás után kialakult bennem egy elképzelés, hogy milyen játszóasztalt szeretnék. Egy dolog maradt hátra: megvalósítani az elképzelést. Erről szól ez a dolgozat.

(0): A traktúra: szerkezet, mely összeköti az orgonabillentyűket és orgonapedált a szelepekkel megteremtve a kapcsolatot az orgonista és orgona közt.

4: Kitűzött cél és elért eredmények

A munkám célja egész egyszerűen az volt, hogy egy működőképes digitális orgonát alkossak, bizonyos feltételek mellett. **A feltételek a következők:**

- 1: Realisztikus orgonahang reprodukálása
- 2: Működőképes
- 3: Gazdaságos
- 4: Valós idejű működés
- 5: Mobilitás vagyis hordozhatóság bizonyos szinten

E kritériumok figyelembe vételével készült el egy működőképes digitális orgona. Gazdaságosság szempontjából minden esetben az ár/érték arány volt mérvadó. Ha minden eszközt (Digitális erősítő, hangfalak, laptop, orgona konzol) figyelembe vesszünk akkor a végleges ár már közelíti egy kész digitális orgona árát, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy ezek az eszközök nagy része (erősítő, laptop, hangfalak) nem feltétlenül tartoznak csak egy digitális orgonához, hanem például házi-mozi, vagy munkaeszközként is funkcionálnak. Ezekre mindenki annyit költ amennyit jónak lát. Itt elsősorban az orgona konzol gazdaságosságáról van szó.

Ezt a tényt figyelembe véve sikerült egy olyan digitális orgonát készítenem mely:

A: Gyakorlásra és élő játékra alkalmas

B: Moduláris, (fizikai és szoftveres értelemben): vagyis maga a konzol darabokra szedhető és szállítható, illetve a megfelelő szoftvereket alkalmazva majdnem bármilyen hangszert (beleértve orgonát is) képes szimulálni.

C: Realisztikus zenei hangot (orgona hangot) produkál: A megfelelő minőségű hangfalaknak és megfelelő szoftver(eknek) köszönhetően.

D: Valós idejű hangreprodukció (értsd: késleltetés < 20 ms)

E: A Hauptwerk keretrendszerének köszönhetően bármely orgona szimulálható, melyről Hauptwerk csomag valaha is készült, feltételezve hogy a felhasználó rendelkezik a csomaggal. Ennek köszönhetően az orgonistának és a közönségnek is képes hasonló élményt produkálni, mintha az adott egyházi orgona játékát hallaná.

5: Feladatlista

Az orgona játszóasztal megalkotása során különböző feladatokat kellett megoldani. Ezek vázaltszerű pontonkénti ismertetése következik. Alapvetően a munka 5 nagy kategóriába sorolható:

I: Műszaki specifikációk megértése és elkészítése (Kutatás):

- 1:** MIDI szabvány ismeretének megszerzése
- 2:** Konzultálás Kenneth A. Spencer-rel
- 3:** Mechanikus és digitális orgona alap szintű működési ismerete
- 4:** Orgona játszóasztal fizikai paramétereinek megismerése és lefordítása magyar nyelvre illetve saját igényekhez való igazítása

II: Tájékozódás a rendelkezésre álló kereskedelmi termékekről és hasonló hobbi és profi megoldásokról

- 5:** REED relék működése és alkalmazhatósága
- 6:** Hauptwerk Működése
- 7:** Megfelelő alkatrészek elemzése és kiválogatása

III: Gyártás

- 8:** Projekttervezés
- 9:** Saját kritériumok kitűzése
- 10:** Logisztikai munka, alkatrészek beszerzése
- 11:** Külső segítség kérése és keresése (asztalos, elektromérnök)
- 12:** Néma orgonapedál MIDI eszközzé alakítása
- 13:** Asztalos szakemberrel való konzultálás, műszaki specifikációk átadása szakembernek, asztalos szakember által készített AutoCAD ábra alapján való további konzultáció és egyeztetés. Rendelés leadása

IV: Tesztelés

- 14:** Alkatrészek többfázisú tesztelése
- 15:** Konzol beüzemelése, konfigurálása

V: Optimalizáció:

- 15:** Optimalizációs lehetőségek tárgyalása és esetleges megvalósítása

6: Dolgozat Felépítése

Először a **technikai háttérismeretekről** lesz szó. MI a MIDI hogyan működik. Mi a REED relé és hogyan működik. Hogyan működik a Hauptwerk szoftver és hogyan lesz hang az inputból.

Ezután következik a **projekt munka bemutatása** hány lépésből állt, és hogyan történt.

A harmadik kategória arról szól, hogy milyen **alkatrészeket** használtam, miért használtam kész alkatrészeket, és miért döntöttem mellettük. Az alkatrészek itt részletes bemutatásra kerülnek.

A negyedik szekció kihangsúlyozottan a **saját munkámról** szól, vagyis egy **néma orgona pedál MIDI eszközzé való alakítása**. Hogyan történt, milyen elképzelések voltak, mi mellett döntöttem és miért. Továbbá ebbe a kategóriába kerül az orgonakonzolnak a fizikai paraméterei tervei és megépíttetési menete is.

Az utolsó fejezet a **végleges konfigurálásról, működésről, tapasztalatokról és optimalizációról** szól. Szó esik a technikai nehézségekről és a jövő opcionális megoldásairól is. Saját magam értékelem, hogy mennyire sikerült vagy nem sikerült a projekt.

7 :Felhasználási engedély

Dolgozatom épít Kenneth A. Spencer munkájára. Ő egy saját orgona konzolt épített szintén a kezdettől. Az ő munkája nagyon nagy segítséget nyújtott útmutatásként. Személyes kapcsolatot felvéve Ken-nel rengeteg információt tudtam meg, ami esetleg nem volt az ő weboldali dokumentációjában. Munkájából az alábbi információkat használatam fel: digitális orgona konzol műszaki alaptervezési specifikációk, MPC32XRS vezérlő működésének megérdeklődése, javaslat kérése a pedál csattogása ellen. Ken írásos engedélyét adta, hogy hivatkozhatok az ő munkájára.

Thanks for your email, Janos ...

Yes you may use any of the information that is on my music website in your university work.

The only restrictions that I will place on its use is:

- please ensure that I am credited (Kenneth A Spencer) whenever you use the information, either directly or indirectly;

- I would like to receive a copy when your work is finished, even though it is in Hungarian. Of course if you ever get it translated into English, that's all the better!

Many thanks for your interest in my organ project, and I wish you success in your studies.

Regards and best wishes,

Ken

8: Tárgyalás

8.1: Technikai háttérismeretek

Ez a fejezet olyan alapvető ismeretekkel foglalkozik, melyek nélkülözhetetlenek a digitális orgona működésének megértésében. Továbbá szó esik arról, hogy milyen forrásokat használtam fel munkám során. Nemhiába a kérdés: Hogyan építhet akárki akármit annélkül hogy egyáltalán fogalma lenne arról hogy hogyan működik?

8.1.1:Digitális jelekkel való megismerkedés (MIDI):

8.1.1.1:Történelem

Az egész digitális orgona működési elve a MIDI szabványon alapszik. Ezért megértése kulcsfontosságú szerepet játszik a játszóasztal működésének leírásában. Az 1970-es évek végén, amikor az elektromos szintetizátorok elkezdtek hódítani és ezek az eszközök magánszemélyek és zenekarok számára is elérhetővé is kifizethetővé váltak, még nem voltak kiforrottak⁽¹⁾. Ezek a szintetizátorok analóg eszközök voltak és egyhangúak (monophonic), azaz egyszerre csak egy hangot tudtak megszólaltatni. Ezt úgy sikerült elérni, hogy a különböző zenei hangokat feszültség szintekre képezték le. Azonban egyszerre csak egy feszültség szintet tudott feldolgozni az eszköz. Ennek tudatában egy zenekarnak akár egy tucat eszközre is szüksége lehetett egy élő produkcióban, ami a következő problémához vezetett. Minden gyártó ment a saját feje után. Egy gyártó valamilyen belső technológiával megoldotta, hogy a saját gyártott eszközeit összekapcsolhassa egymással, azonban ha két különböző gyártótól származó szintetizátorról volt szó, összekapcsolásuk lehetetlen volt. Úgy is fogalmazhatunk, hogy az eszközök nem voltak kompatibilisek egymással. Több eszköz összekötése esetén a feszültség szintet felhasználva került vezérlésre a többi eszköz. A különböző átviteli sebességek miatt, lehetetlen volt az, hogy két különböző gyártótól származó eszköz egymással kommunikáljon. Később a 80-as évek elején, mikor megjelentek a polifonikus (polyphonic) szintetizátorok, melyek egyszerre több mint egy hangot voltak képesek előállítani, olyan bonyolulttá vált az egész, hogy csak feszültség szintet felhasználva már nem lehetett megoldani az eszközök közti kommunikációt. Dave Smith, aki mérnök volt megtervezett egy univerzális szintetizátor interfészt, amely lehetővé tette a különböző gyártók által fejlesztett eszközök együttműködését. A javaslatot előterjesztették, és különböző gyártók, mint például Roland, Yamaha együttesen tökéletesítették és a javaslatból szabvány és protokoll született melynek neve : **M**usical **I**nstrument **D**igital **I**nterface azaz zenei hangszer digitális interfész, avagy közneve **MIDI**^(1,2).

8.1.1.2: Működési Elv

A MIDI működési elve is kulcsfontosságú, ugyanis tévhittel szemben annak ellenére hogy zenéről van szó a szabvány egyáltalán nem hangot visz át egyik eszköztől a másikig. Ahhoz hogy hangot vigyünk át, hangot digitalizálni kellene, átvinni egy másik eszközre, ott visszalakítani és valamit vele kezdeni. Ez nemcsak hogy erőforrás igényes, hanem költséges is lenne. Helyette egy másik megoldást használ a szabvány. Hang helyett azt visszüket át, hogy milyen esemény következett be. Ehhez mindösszesen maximum 32 bit vagyis 4 bájt szükséges sőt gyakran kevesebb. 1 bitet egy kapcsolónak is elképzelhetünk, ahol a 0 jelenti a kikapcsolt állapotot és az 1 a bekapcsolt állapotot. E 32 bit különböző értékei mutatják meg az eseményt. Íme a példa, hogy hogyan darabolható fel ez a 32 bit és mi mit jelent:

SSSSSSSS CCCC IIII VVVVVVVV VVVVVVVV

S: Szinkronizációs bitsorozat, illetve SysEx (System Exclusive) üzenetek. Ez teszi lehetővé, hogy különböző eszközök egymással szinkronban legyenek. Ezzel nem érdemes foglalkozni elég tudni, hogy létezik és mit szolgál. A szinkronizációs bitsorozat nem feltétlenül jelenik meg üzenetként.

C: Channel, avagy csatorna. Minden MIDI eszköz egy csatornán közvetít. Összesen a 4 bitből $2^4 : 16$ csatorna áll elő. A csatornák azt a célt szolgálják, hogy az eszközöket vagy elkülönítsék, vagy összekapcsolják. Lényegében az történik, hogy a végső fázisban minden egyes csatorna egy hangszert reprezentál. (Erről bővebben később) Ha azt szeretnénk, hogy például két vagy több eszköz ugyanazt a hangszert szólaltassa meg amit a csatorna reprezentál, akkor annyi a dolgunk, hogy ugyanarra a csatornára küldjük az üzenetet mint amire a hangszer be van állítva.

I: Instruction vagyis utasítás: szintén 16 különböző értéket vehet fel. Ez a MIDI egyik legkomplexebb része. Ez mondja meg hogy az üzenet valójában mit is jelent. Minden érték egy különböző utasítást jelöl. Példának az 1001 és 1000 át hoznám fel. Az 1001 jelenti azt, hogy egy hangot megszólaltattunk, (billentyűs hangszer esetén mint például zongora, leütöttünk) az 1000 pedig az ellenkezője, azaz egy hang megszűnt, avagy elengedtünk egy billentyűt.

V: Variable magyarul változó: ezek a bitsorozatok az utasítástól függően különböző dolgokat jelentenek és nem mindig 16 bitesek, lehetnek rövidebbek is. 1000 és 1001 utasítás esetén az első 8 bit jelöli, hogy melyik hangot ütöttük le. 2^8 azaz 128 különböző hangot lehet itt reprezentálni. Példának a 00111100 bitsorozat melynek decimális értéke 60 a középső C hangot jelöli. A maradék 8 bit az 1001 és 1000 utasítások esetén a megszólaltatott hang sebességét vagy ha úgy tetszik erejét vagy hangosságát jelenti egy 128-as skálán (0 néma, 127 lehangosabb). Ha például zongoráról beszélünk akkor a sebességet dinamikának nevezzük, azaz mekkora erővel ütöttük le a billentyűt.

Egy példa egy teljes MIDI üzenetre szinkronizáció nélkül: 0001 1001 00111100 01111111

Az alábbi üzenet a következőt jelenti. A 2.es csatornára megy az üzenet, mely egy hangot szólaltat meg amely egy középső C, és ez a hang maximális sebességgel, vagyis nagyon hangosan szólal meg. Természetesen itt most csak alapokat tárgyalunk, de ennyi bőven elég a rendszer megértéséhez. Akit részletesen érdekel a MIDI működése itt⁽⁹⁾ megtalálja a részletes leírást.

8.1.1.3: Bitekből zene

Ez eddig mind szép és jó, de hogyan lesz ebből hang vagy zene? Ez az ahol beköszönt a MIDI sequencer. A MIDI sequencer egy olyan hardver vagy szoftver, vagy akár a kettő ötvöze, mely a MIDI üzeneteket értelmezi és összerakja. A sequencer képes a MIDI üzeneteket rögzíteni, és lejátszani is. Legfőbb szerepe azonban a lejátszás ezért gyakran MIDI lejátszónak is nevezzük, annak ellenére hogy a sequencer ennél sokkal többet tud^(1,2,9). A klasszikus MIDI esetén a lejátszóhoz vagy sequencerhez hozzátartozik egy MIDI bank is. A MIDI bankot úgy érdemes elképzelni mint egy hangszergyűjteményt. Klasszikus esetben egy MIDI bank maximum 128 hangszert tartalmaz. Ezért szokták MIDI hangszerparknak is hívni. Erre szabvány is született melyet SoundFont-nak hívnak, onnan lehet megismerni, hogy fájlkiterjesztése: SF2. Egy SoundFont a következőt tartalmazza: Egy hangszerlista számozással ellátva. Minden listán szereplő hangszerhez tartozik legalább egy (de akár több) felvétel, mely az adott hangszer egy vagy több hangját tárolja. Ez a minimum, de tartalmazhat sokkal több mindent is. Egy MIDI fájl az eseményeken kívül amit fentebb tárgyaltunk tartalmaz még egyéb extra utasításokat, mint például: Melyik csatornára egy MIDI hangszerpark melyik hangszere kerül betöltésre [bank select]. Példaként felhozható, hogy klasszikus esetben a MIDI hangszerpark első hangszere a klasszikus zongora. Ha minden MIDI csatornára klasszikus zongorát töltünk be, akkor bármely csatornára küldünk üzenetet az zongora hang formában fog megszólalni. Emiatt fontos megemlíteni: Maguk a MIDI üzenetek nem hangok. Csupán utasítások, hogy hogyan tegyük azzá. Az, hogy milyen minőségű vagy egyáltalán milyen hangja lesz egy üzenetnek az lejátszáskor dől el, méghozzá az dönti el, hogy milyen hangszerparkot használunk. Emiatt két különböző hangszerpark esetén ugyanaz az üzenetsorozat (dallam) másként fog megszólalni. Amikor egy digitális kész hangszerről (orgona, zongora) beszélünk, akkor a MIDI eszköz, (ebben az esetben zongora vagy orgonabillentyűk és a MIDI elektronika) és sequencer (lejátszó,fellevő,hangszerpark) összeépítve, integrálva kerül az eszközbe. Ezért van az, hogy ha bekapcsoljuk az eszközt, képesek vagyunk rajta zenélni, hiszen ott a bemenet, jelfeldolgozó, átalakító, sequencer és végül a hangszórók amin keresztül a hangot halljuk. Azonban ez a kész eszköz hátránya is. A hangszerparkot nehezen, vagy akár nem is tudjuk megváltoztatni. Ha megvettük a kész hangszert és a hangszer hangszerparkja nem

programozható, avagy patch-elhető, akkor ha nem tetszik a hangja akkor az ellen csak egy dolgot tehetünk: A hangszert elnémítjuk és a MIDI interfészen keresztül kábelek segítségével hozzákapcsoljuk egy számítógéphez. Így a bemenet (billentyűk és elektronika) továbbra is hangszer része, de a lejátszásért most már a számítógép felelős, mert a MIDI jeleket az eszköztől a számítógépnek is továbbítjuk. A számítógép rugalmasságának köszönhetően mi döntjük el, hogy milyen hangszerparkot használunk. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően pedig a mai számítógépekkel bizony nagyon ütős hangszerparkokat lehet összeállítani. Ennek következtében bármilyen MIDI képes eszköz (teljes vagy csak sima) számítógép segítségével a lehetőségek majdnem végtelen tárházát nyitja.

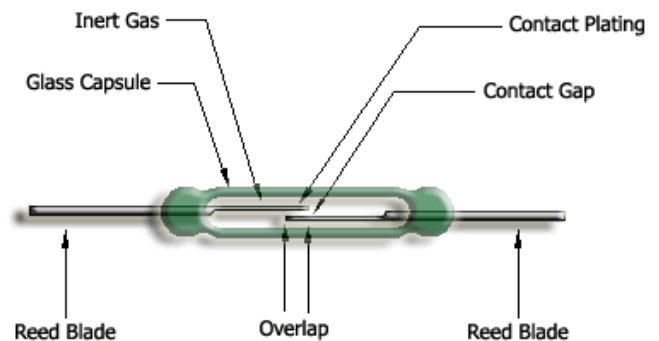
8.1.2: Megismerkedés a REED relé-vel

8.1.2.1: Történelem

A REED relé még egy ma is alkalmazott technológia, melyet az 1930-as évek óta alkalmaznak. Manapság leggyakrabban riasztórendszerek nyitásérzékelőiben található meg, de régebben még telefonközpontokban és számítógépek billentyűzeteiben is alkalmazták. Az 1990-es években használatuk valamelyest hanyatlott a digitális korszak beköszöntével. Lényegében egy olyan eszközzel van szó mely mágneses tér hatására kapcsol.^(3,4)

8.1.2.2: Technikai működés

Egy REED relé leginkább egy olvadóbiztosíték kinézetéhez hasonlítható, melyet az 1. ábra is jól szemléltet. Hasonlóan létezik egy üvegcső melyben vagy vákuum, vagy valamilyen inert gáz (pl. nitrogén) található. Az üvegcső belsejében egy, vagy több ketté választott fémszál található, melynek végei vagy szakszerűen ferromágneses elektródái úgy lettek



1. Ábra: Reed relé felépítése

Forrás: [http://www.reed-](http://www.reed-sensor.com/Notes/General_Reed_Switch_Theory.htm)

[sensor.com/Notes/General_Reed_Switch_Theory.htm](http://www.reed-sensor.com/Notes/General_Reed_Switch_Theory.htm)

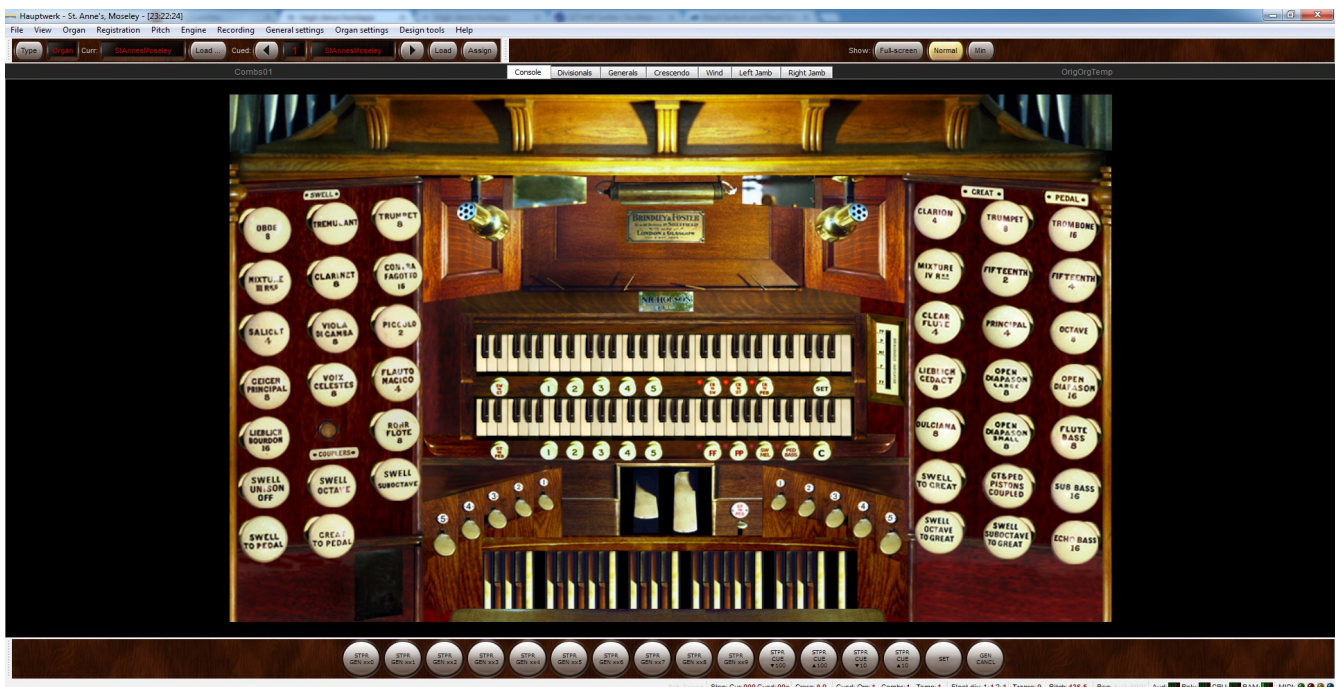
fémszál és a végek fémből készülnek, általában a végeket ezüsttel vonják be, hiszen az ezüstnek kicsi az elektromos ellenállása és a jó vezetőképesség itt fontos. Az üveg elszigetelés azért szükséges, mert egyrészt a fémszalakat külső tényezők is befolyásolhatják (mechanikai mozgás, rezgés), másrészt a fém korrodálódik. Működési elve nagyon egyszerű. Mivel mind a szál mind a végek fémből vannak ezért axiális mágneses tér hatására a végek polaritása ellentétes lesz így azok vonzzák egymást, így összeérnek. Ha összeérnek, akkor azzal egy áramkört zárunk. Ha a mágneses tér gyengül, akkor a végek visszakerülnek eredeti pozíciójukba ezáltal az áramkör megszakad. A REED relék segítségével gyors kapcsolás érhető el. Egyszerűsége miatt került felhasználásra ebben a projektben.

8.1.3 :Megismerkedés a Hauptwerk-kel

8.1.3.1: Bevezetés a VST-be

Már a bevezetésben szó került a Hauptwerk Virtual Pipe Organ nevű szoftverre, és megismertük a klasszikus MIDI működését. Most pedig a nem klasszikus MIDI kerül bemutatásra. Ahogy a technológia haladt, a MIDI-nek bizonyos részei kezdtek elavulni. Kihangsúlyozottan a lejátszó és a hangszerparkok kezdtek elavulni. A számítástechnika oda fejlődött, hogy ma már nem szükségesek igazi stúdióeszközök, ezeket tudjuk virtualizálni. Ezeket nevezzük Virtuális Stúdiónak (Virtual Studio). A Steinberg nevű céghez kötődik a VST, azaz Virtual Studio Technology, mely hang szintetizátorok, hangeffektek és hang szerkesztők integrációja egyben. Pontosabban a VST-k interfészek, melyek egy Digitális hang munkaállomáshoz [lásd pl. Cubase,Logic] (DAW) [VST Host] kapcsolhatók hozzá ahol különböző célú VST-k segítségével akár egy teljes filharmonikus zenekart is szimulálhatunk, de vannak olyanok is, melyek önmagukban is helyt állnak. A Hauptwerk, egy érdekes cipőben jár. Önállóan szoftverként felhasználható, de felhasználható VST plugin-ként is egy DAW-ban.

8.1.3.2: Hauptwerk ismertetése



2.Ábra: Hauptwerk szoftver működés közben. Éppen a Moseley-ben található Szent Anna anglikán orgona látható betöltve működés közben. Az ábrán látható az orgona két manuálja, pedálja, a regiszterhúzó, crescendo és swell pedál, preparátorkapcsolók.

Forrás: PrintScreen saját gépről

A Hauptwerk programot érdemes úgy elképzelni, mint egy olyan számítógépes szoftvert, mely teljes

mértékben arra specializálódott, hogy orgonákat szimuláljon^(5,6). A MIDI szabvány alapjait megtartja, de saját sequencer-rel rendelkezik. A 2. ábrán is látható, hogy a vezérléshez minden szükséges interfész elemmel rendelkezik. Ami különlegessé teszi, hogy nem rendelkezik hangszerparkkal, hanem direkt MIDI üzenet – hang leképezés alapján működik. A klasszikus MIDI-nél egy hangszerparkban egy hangszerhez tartozhatott egy vagy több minta is ami transzponálásra került. A Hauptwerk esetében minden hanghoz egy, vagy több felvétel is tartozik melyeket a program felhasznál (Chromatic sampling). Minden orgonahangot 3 felvétel rögzít. 1: egy adott síp megszólalása, 2: a hang tartása 3: a hang elengedése és visszhangzása. Minél jobb minőségű felvételeket használ a szoftver, annál hűbb orgonahangot kapunk. Miután megvan a hang, speciális effektszűrőkön át, megváltoztathatjuk. Ha szükséges a nagyobb térhatás kifejtése, hogy úgy tűnjön mintha az orgona egy nagyobb teremben szólna, akkor használhatjuk a beépített orgona akusztika modellezést. Ha szeretnénk visszhangot hozzárendelni a mintához az sem gond. Egyszóval effektek teljes arzenálja áll rendelkezésre a felhasználó számára, hogy olyan hatást érjen el amit ő szeretne. A szoftver rendelkezik levegő ellátás modellezéssel is, amely azt szimulálja, hogy hogyan oszlik el a levegő az orgona különböző szellőzői közt. Ez megint azért fontos, mert befolyásolja azt, hogy hogyan szólal meg egy orgona. Továbbá nagyon fontos megjegyezni, a Hauptwerk nem egy orgonát szimulál. A Hauptwerk egy keretrendszer, melyhez bármennyi orgonacsomag telepíthető. Ha valaki az Esztergomi bazilika orgonáján szeretne játszani saját házában akkor a létező Hauptwerk csomagot használhatja. Ha valakinek a Budapesti Művészetek Palotájában a Bartók Béla termében található 5 manuális orgona a vágyainak álma, hát tessék. Több mint 50 orgonáról készült már Hauptwerk csomag⁽⁵⁾. Sőt, ha valakinek nagy ambíciói vannak, saját maga is készíthet csomagot. A dokumentálás megtalálható és hozzáférhető, mindössze idő, szakképzettség, felszerelés és pénz kérdése. Ebből adódóan sem a szoftver, sem a csomagok nem ingyenesek, bár a szoftverből demó verzió tölthető le, melyhez tartozik egy teljes orgona. Akik készítik több száz óra munkát fektetnek be egy orgonacsomag készítésébe azzal a szándékkal, hogy az minél tökéletesebb legyen.

8.1.3.3: Hardverigény

Egy orgonának több ezer sípja lehet. A Budapesti művészetek palotájában található Pécsi-Mühleisen 2006-os jószágnak pontosan 6554⁽¹¹⁾ sípja van. Ahhoz hogy valós idejű lejátszást és megfelelő játékelményt élvezzük az összes síp felvételnek a számítógép memóriájában, RAM-jában kell hogy elhelyezkedjen. Egyszerűen nincs más megoldás. Ez azt jelenti, hogy a számítógép, melyen a szoftvert futtatjuk bőségesen el kell hogy legyen látva memóriával, mert különben problémákba ütközünk. Szerencsére ma már a RAM olcsónak számít, így viszonylag olcsón megvehető.

8.1.4: Kész digitális orgona versus szimulált orgona (pl Hauptwerk): Miért jobb vagy sem?

Felmerülhet a kérdés, hogy miért használnak egyre többen szimulált digitális orgonákat. Mint minden megoldásnak ennek is vannak előnyei és hátrányai. A legjobb megértés érdekében ezeket előnyök és hátrányok formájában egy táblázatban fogom bemutatni.

Digitális orgona	Szimulált orgona
Előnyök: - Használatra kész eszköz - Csupán orgona ismeretet igényel - Integrált, célorientált eszköz ezért a hang késleltetés minimális - Némely esetben használható szimulált orgona vezérléséhez is (gyártó és modelfüggő). Ez egyre gyakrabban igaz. Hátrányok: - Az orgona hangminták gyakran nem változtathatók meg vagy csak nagyon drága modellekben (értsd: több millió forint). - Hangképzés a beépített hangszórók miatt nem kimagasló. - Mivel minden vezérléshez szükséges eszköz fizikailag létezik ezért a digitális orgona nagy - Nagy mérete miatt nehéz (több mázsa) : (lásd: Unico 500 koncertorgona : 292 kg⁽¹³⁾) és nehezen szállítható vagy hordozható. - Költséges⁽¹²⁾ Megvalósítás: -Különböző cégek saját megoldásaikat implementálják és adják el. Hogy pontosan hogyan, ez üzleti kérdés így erről pontosan nehéz információt kapni, de feltételezhető, hogy a szimulált orgona 3 megvalósítása közül valahogy válogatnak. Összefoglalva: A minőségi kész digitális orgona drága és nehezen mozgatható.	Előnyök: - Minőségi, testreszabható orgona hang - Nem csak orgonálásra alkalmas - Ugyanaz a tudás kevesebb pénzért (olcsóbb) - Súlyja lehet akár 100 kg alatt is ezért a szállítás sokkal jobban megoldható - Megfelelő hangtechnika mellett a minőség érvényesül Hátrányok: - Szoftver és PC (vagy MAC) nélkül működésképtelen, ami pénzbe kerül -Bizonyos szintű informatika ismeret szükséges (bár egyre kevesebb) - Nem célorientált, hanem általános eszköz, így létezik bizonyos hang késleltetés. (bár ez minimalizálható megfelelő hardverrel vagy szoftverrel) - Preparáció (számítógép indítása, szoftver betöltése) így nem lehet azonnal játszani rajta Megvalósítás: A: Hangképzés matematikai függvény és minta alapján. (tranzponálás), nehéz pontos függvényt találni ami nagyon jól leírja az orgona hangját, ami jól skálázható és átszámolható B: Chromatic Sampling: minden hang igazi felvétel, valóságghú de sok erőforrást igényel C: Hibrid: A és B valamilyen ötvöze Összefoglalva: A szimulált orgona barátságosabb árú lehet és ráadásul még hordozhatóra is tervezhető.

Látható, hogy a végén az egész az eszköz árára redukálódik. Mindkettő eset ugyanazt a megoldást alkalmazza (szimuláció), csak a digitális orgonánál a gyártó orgonába épített szoftvere mondja meg, hogy hogyan működik a szimuláció, a szimulált orgona esetében pedig egy másik szoftver. Éppen egy kész eszköz ára miatt kezdett el hódítani az a tevékenység, hogy a kreatív egyének saját maguk építik a konzolt, vagy a vagyonosabbak kész cégektől megveszik azt.⁽¹⁶⁾

8.2: Projektmunka bemutatása

Ez a fejezet arról szól, hogy pontosan milyen módon kezdtem neki a munkának, mi az amit pontosan meg kellett tudni, milyen kritériumokat tűztem ki, és végül hogy megközelítőleg mennyi időbe telte a különböző projektfázisok befejezése. Eredményként egy sikeres ütemterv készült, melyet fel is használtam.

8.2.1: Szétdarabolás

Amikor elkezdtem foglalkozni az egészszel, nem tudtam pontosan mibe vágok bele. Hamar kiderült viszont, hogy csak úgy összevissza nem csinálhatom az egészet, mert abból soha nem sül ki semmi jó. Ezért némi olvasás után eldöntöttem, hogy projektmunkaként fogom fel az egészet. A projektmunka lényege, hogy egy nagy feladatot olyan feladatokra daraboljunk, melyek könnyen érthetőek és egyszerűen kivitelezhetőek. Minden egyes kis feladatnál pontosan meghatározzuk, hogy hol járunk, mi a cél, és mit kell tenni.

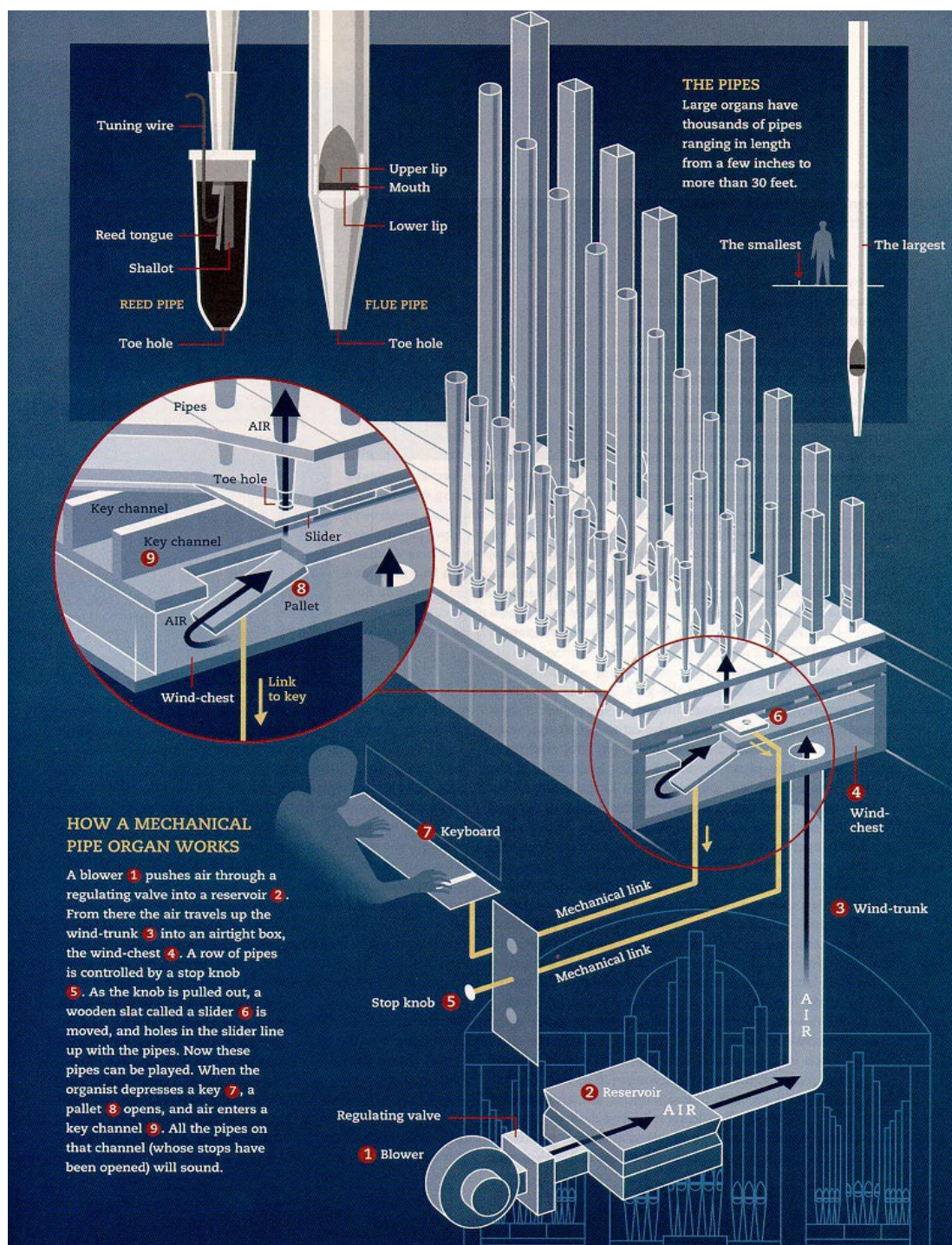
8.2.2: Források felhasználása

Kutatás és megvalósítás során rengeteg szempontot figyelembe vettem. A dolgozatban prezentált információ ezeknek a kutatásoknak (elsődleges és másodlagos) összesűrített eredményesített formája olvasható. Annak, hogy ennyire kevés forrásra hivatkozom, megvan a nyomós indoka. Először is, mert egy üzleti terméknek minősülő projektről van szó. Digitális orgona konzolokat és digitális orgonákat rengeteg különböző cég gyárt, és a termékeket gyakran üzleti titok övezi. Ennek köszönhetően nem éppen könnyű információt találni a témáról. Ha a munkámban felsorolnám az összes hiperhivatkozást a weboldalakra, amelyekből akár egy gondolatot is merítettem volna, akkor több mint 3 oldalnyi hivatkozást kellene összegyűjtenem és kiírnom. Emiatt dolgozatomban csak azok a linkek jelennek meg, melyek vagy rendkívül fontosak, vagy közvetlenül hivatkozok rájuk és a dolgozat épít rá. Következzen a létfontosságú források bemutatása:

Elsődleges Kutatás: - Levelezés Kenneth A. Spencer-rel (30+ kérdés-válasz levél) - Konzultáció elektromérnökkel és asztalossal - Személyes tapasztalat: összeszerelés, tesztelés és 6 hónap használat	Másodlagos Kutatás: Dolgozat végén található referenciák: - Kenneth A. Spencer weboldala - Weboldalak (alkatrészgyártók, Wikipédia, Viscount, fórumok, személyes projektek) - Trajtler Gábor Orgonaismeret jegyzet
--	---

8.2.3: Első Lépések : Valódi orgona működése

Először is tudni kell azt, hogy hogyan működik egy valódi orgona. Ebben a Zeneművészeti karon talált Trajtler Gábor által írt Orgonaismeret című jegyzet sokat segített. Részletesen leírja az orgona működését, bemutatja a különböző szelládákat⁽⁸⁾. Az orgona működésének megértésében a következő oldalon található 3.ábra sokat segít. A működés mögötti lényeges technika a következő: Biztosítanunk kell megfelelő levegőt és légnyomást, vagy fűtatókkal vagy ventilátorokkal. Az áramló levegő szelládákba érkezik. Tudni kell az orgonáról, hogy összetett hangszer vagyis nem csak egy hangja van. Minden egyes sípsort egy regiszternek nevezünk. Minden egyes regiszter egy külön hangszert alkot és mindegyikek egyedi hangja van. A játszóasztalnál lévő regiszterhúzókkal lehet beállítani, hogy melyek azok a regiszterek, melyeket szeretnénk hallani és melyek amiket nem. A húzó hatására a szelládában a megfelelő sípsorhoz tartozó levegő engedését biztosítjuk. A játszóasztalba épített billentyűket manuáloknak nevezzük. Minden egyes manuál egy művet alkot, mely egy regisztercsoportozáshoz tartozik és minden műhöz általában egy külön szelláda tartozik. Minél több manuálja (billentyűzete) van egy orgonának annál több regiszterrel rendelkezik és annál több sípsorral rendelkezik. Egy versenyorgona orgonamanuálja 5 oktávos mely 61 hangot jelent. Ez regiszterenként 61 sípot jelent. Amikor a manuálon egy billentyűt lenyomunk, akkor a traktúra segítségével a mű összes regiszterének egy bizonyos hangjához megnyitjuk a levegőt így a szél a szelládából a megadott hang hangrekeszébe kerül. Azonban hiába nyitjuk meg egy adott mű összes regiszterénél egy adott hanghoz a levegőt, a levegő csak azokon a sípokon át tud távozni, ahol van egy nyílás, melyen a levegő távozhat. Azt pedig hogy mely regisztereknél van nyílás azt a regiszterhúzókkal tudjuk beállítani. Ezzel azt érjük el, hogy csak azok a hangok szólalnak meg, melyeknél a regiszterhúzó kihúzott pozícióban áll és amelyeket a billentyűn letartunk. Teljesen hasonlóképpen működik az orgonapedál melyet lábbal kell játszani. Ez azonban regiszterenként maximum csak 32 sípot jelent. Természetesen léteznek kisebb mint ötöktávós manuálok és kevesebb mint 32 sípos lábpedálok. Az elméleti működéshez nekünk ennyi bőven elég, azonban akit részletesen érdekel az orgona működése annak figyelemébe ajánlom a jegyzetet. Mivel a jegyzetből nem található túl sok példány, (A Debreceni Egyetem Zeneművészeti Kar könyvtárában is csak 1 példány volt található) ezért a jegyzetet beszkeneltem majd OCR technológiával digitalizáltam. A hivatkozások szekcióból így letölthető és bárki által olvasható.



3.Ábra: Angol nyelvű ábra, mely illusztrálja egy igazi orgona működését

Forrás:

http://pipedreams.publicradio.org/articles/how_a_pipe_organ_works/howapipelineorgank.shtml

8.2.4: Analóg vs digitális: Mitől szabadulunk meg?

Az analóg orgona ismeretete után a digitális következik. A digitális orgona a MIDI szabványra épül amit már tisztáztunk hogyan működik. Leütünk egy billentyűt, a megfelelő MIDI kód legenerálódik ami eljut a sequencer-hez mely a hangszerparkot felhasználva a jelet hanggá alakítja és a jel hangként hangszórón távozik. Ugyanúgy léteznek regiszterhúzókat (melyek akár gombok is lehetnek). Hogy milyen MIDI kód vezérli a regiszterhúzókat és egyéb kapcsolókat az bizony gyártónként specifikus. Amit megspórolunk a digitális orgonánál az az, hogy nincs szükség a sípokra, szelládákra és levegő ellátásra sem. Márpedig ezek teszik ki az orgona térigény több mint 95%-át. Egyedül a játszóasztal szükséges (ami bútor darab méretű) MIDI képes eszközökkel (manuálok, pedál), egy sequencer (beépített vagy külső számítógép) és hangszórók amin keresztül halljuk a hangokat. Sajnos itt meg kell említenem a beépített hangszórókat a digitális orgonában. Nagyon nem mindegy hogy az orgonába épített hangszórókon keresztül hallja az orgonajátékot az orgonista és a közönség vagy egy jó minőségű dedikált hangfalrendszeren egy dedikált külső erősítővel. Az is sokat segít ha valaki kész digitális orgona esetén normális hangfalakat használ, ugyanis teljesen más lesz a hatás.

8.2.5: Projekttervezés

8.2.5.1: Hogyan tovább? Mi a cél?

Megismertük a különbséget a digitális és klasszikus orgona közt. Megismertük, hogy megközelítőleg miből áll egy digitális orgona. Elérkezett az idő, hogy kitűzzük mi a projekt célja.

Cél: Egy működő digitális orgona konzol építése melyet később számítógéphez kapcsolunk és a számítógépet egy dedikált hangrendszerhez kapcsoljuk, hogy együttesen egy teljes digitális orgonát alkosson a rendszer.

8.2.5.2: Mi az ami megvan, Mi az ami nincs?

A hangrendszer és a számítógép biztosított. Egyedül az orgona játszóasztal hiányzik. Ennek megépítése a feladat. Miután ezek az információk megvannak, ideje előírni az orgona játszóasztal kritériumait amiket teljesítenie kell.

8.2.5.3: Orgona játszóasztal kritériumai

- 1: Jól működő
- 2: Jó minőségű
- 3: Megfizethető
- 4: Tartós
- 5: Kompakt
- 6: Hordozható
- 7: Esztétikus

Az első és második pontot nem érdemes túltárgyalni. Mindenki számára világos, ha valaki valamit készít akkor az működjön jól és jó minőségű eszköz legyen. A harmadik pont némileg ellentmond ez elsőnek, hiszen minél jobb minőségű, annál drágább. Itt az ár/érték arányt vesszük figyelembe. Nyilvánvaló, hogyha valamit valaki tervez, akkor az minél tovább működjön. A kompakt alatt azt értem, hogy legyen kisebb, mint egy átlagos digitális orgona úgy, hogy a szabványokat továbbra is betartjuk. Itt elsősorban a regiszterhúzó digitalizálását értjük, ugyanis rengeteg helyet foglalnak a fizikai kapcsolók vagy húzó. A hatodik pont meglepően nem tartozik egy orgona konzolhoz, de számomra nagyon fontos, hiszen sokat költözök. Hogyha menni kell, akkor magammal tudjam vinni az eszközt. Az utolsó szempont az esztétika. Ez a legkevésbé fontosabb de ha már valaki valamit épít, az akkor legalább nézzen ki valahogy.

8.2.6: Projektfázisok készítése

Megvan, hogy mi a cél, mik a kritériumok, egy megközelítőleg pontos leírás, hogy mire van szükség. Ez alapján a projektet 6 jól elkülöníthető feladatra / fázisra bontottam.

1: Kutatás: Megismerni mind azt amit ismertettem, sőt még többet. Utánanézni pontosan milyen alkatrészek szükségesek, kitől lehet beszerezni, mennyiért, hogyan működnek, mennyire működnek jól. Az alkatrészek bemutatására egy külön szekciót szenteltem. Megismertem a játszóasztal fizikai dimenzióit, mi hova kerül, mit írnak elő a szabványok. Ennyi információ begyűjtésére, elemzésére és értelmezésére bizony egy nyaram nagyobb része ment rá. Ide tehető a konzultáció Kenneth Spencer-rel.

2: Beszerzés: A rengeteg kutatás után jön a beszerzési munka. Leadni a rendeléseket, egyeztetni, visszaigazolni, kifizetni, ellenőrizni és tesztelni minden rendelt eszközt / alkatrészt.

3: Összeszerelés, pedál átalakítás: Ha az eszközök megvannak, azokat össze kell szerelni és kipróbálni, hogy hogyan működnek. Egy néma orgonapedált kellett egy MIDI eszközzé alakítanom, mely egy elég nagy feladat volt. Erről később bőven esik szó.

4: Asztalosmunka, konzol fizikai megvalósítása: Ellenőrzés és kipróbálás után kezdődött a játszóasztal megterveztetése, és megvalósítása, valamint az összes hardver beépítése a játszóasztalba.

5: Szoftvertelepítés és konfigurálás és játszóasztal tesztelése: Miután a teljes játszóasztal elkészült és összekötöttük a számítógéppel, a Hauptwerk szoftvert telepíteni és konfigurálni kell a játszóasztalhoz. Egy alap konfiguráció akár 5 perc alatt is megvan, azonban ha elkezdünk mélyebbre ásni, akkor napokig is babrálgathatunk akár. Ha a konfiguráció megvan, akkor utána az egész rendszert együtt tesztelni kell.

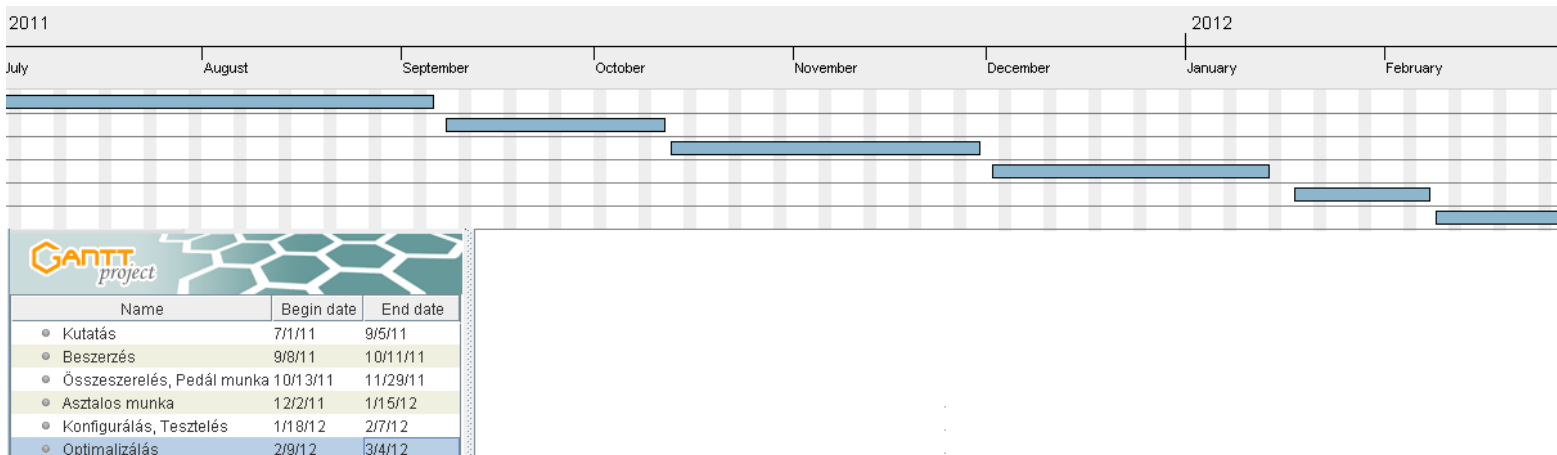
6: Projektértékelés, Problémák, Teendők, Továbbfejlesztés: A projektet értékelni kell, sikeres volt e vagy nem. Milyen előre nem látott problémák akadtak megvalósítás közben és hogyan oldjuk

azokat meg. Mi az amin lehet és kell fejleszteni, esetleg mi az ami kimaradt a projektből.

8.2.7: Projektmegvalósítás

8.2.7.1: Elméleti Időbeosztás

Amikor elkezdtem a projektet úgy számoltam, hogy megközelítőleg 6-8 hónapra lesz szükségem ahhoz, hogy a projektet befejezzem. Nyilvánvalóan, ha valaki csak ezzel foglalkozik, akkor sokkal hamarabb be tud fejezni egy ilyen feladatot. Azonban én realisztikusan kalkuláltam, vagyis figyelembe vettem, hogy más dolgom is van, mint például egyetemre járni és egyéb személyes dolgok. Elterveztem, hogy megközelítőleg mennyi időt szánok a projekt különböző részfeladataira. Az alábbi GANTT diagram a különböző fázisokat jól szemlélteti:



4.Ábra: saját készítésű GANTT diagram GanttProject 2.6.1 felhasználásával

8.2.7.2: Időbeosztás tényleges alakulása

Az egy dolog, hogy valaki megbecsüli, hogy mennyi időre lesz megközelítőleg szüksége. A valóságban ez nem mindig alakul úgy ahogy az el lett tervezve. A kutatás és egyéb információk mellett nem várható problémák léphetnek fel és léptek is. Elsősorban a beszerzéssel volt gond. Amikor az valaki nemzetközi rendeléseket ad le, figyelembe kell venni olyan szituációkat, amikre nem gondol. Itt természetesen valutaváltásra más valutával való fizetésre, logisztikai csúszásokra vagy már nem gyártandó termékekre kell gondolni. Arra is figyelni kell, hogy nem biztos hogy magának a boltnak vagy akár a gyártónak éppen van készleten árúja. Ezekre én nem számítottam és bizony 2 héttel elnyúlt a beszerzési időszak. Kijelenthetem viszont, hogy a tervhez tartottam magamat. Minden fázissal maximum néhány nappal többet, vagy kevesebbet foglalkoztam. Természetesen szüneteket is tartottam a fázisok között. Leszámítva a csúszást, egész pontosan sikerült megbecsülnöm, hogy pontosan mennyi ideig tart a projekt tényleges befejezése.

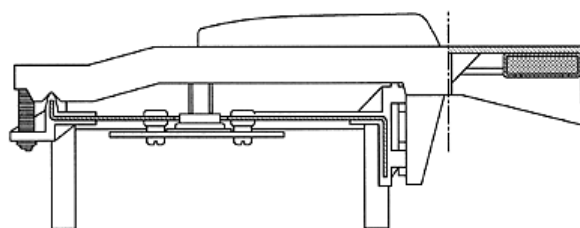
8.3: Alkatrészek ismertetése

Most az alkatrészek bemutatása következik. A digitális orgona konzol ezeken a késztermékeken alapszik. Minden termék ismertetésre kerül, hogy pontosan mi a feladata, hogyan működik, milyen tapasztalataim vannak az adott termékkel kapcsolatban, és hogy hogyan állja meg a helyét a projektben. Munkám eredményessége, hogy sikerült megfelelő kész hardvereszközöket beszerezni a megfelelő áron, melyek funkcióikat ellátják.

8.3.1:FATAR TP/80 orgona billentyűzet

8.3.1.1: Ismertetés

Amikor elkezdtem foglalkozni az egész projekttel nagyon sokáig gondolkodtam, hogy pontosan milyen billentyűzeteket használjak fel a projektben. Több megoldás is létezik ebben az esetben. Egyik az, hogy olcsó kész szintetizátorokat veszünk és azokat szétszereljük. Ha ezt a megoldást követjük, akkor ezzel több probléma is felmerül. Először is az olcsó szintetizátoroknak nem valami kimagasló minőségű billentyűzeteik vannak. A másik probléma az integrált MIDI eszköz a szintetizátorban. Mivel az én projektben a számítógép végzi a MIDI jelek átalakítását, ezért számomra a szintetizátor sequencer része nem szükséges. A rengeteg felesleges elektronika amely a szintetizátorban megtalálható, mint például beépített előre programozott hangszerek, hangszórók, sequencer, mind helyet foglalnak. Ami ennél rosszabb, hogy szétszedés esetén nagyon sok időbe telhet, mire az



5.Ábra: FATAR TP/80 orgonabillentyűzet felülnézetből, és a mechanikai ábra

Források: Doepfer.de , Fatar.com

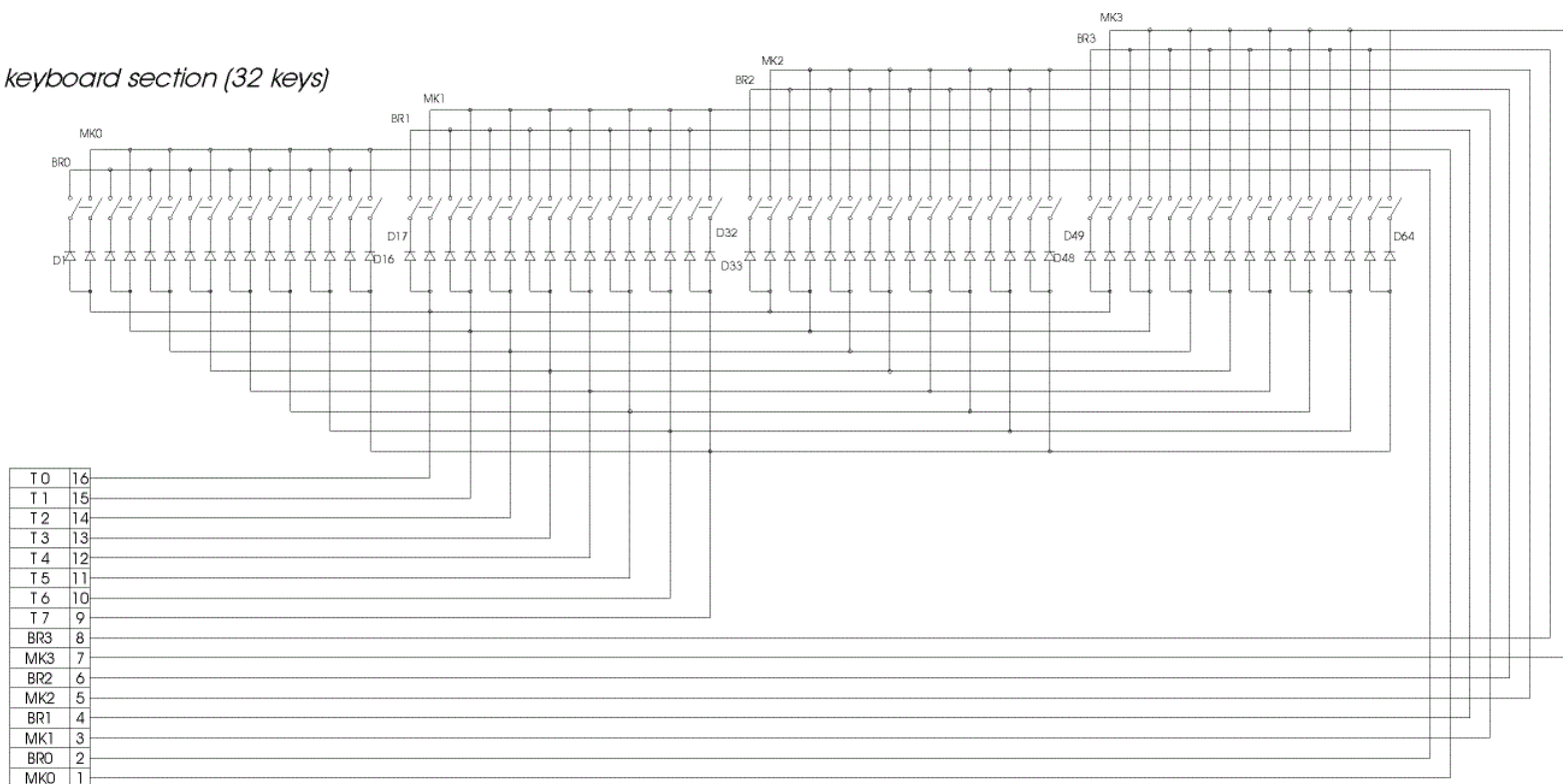
valaki az összes dolgot eltávolítja ha egyáltalán el tudja. Ráadásul ez után rengeteg nyáklap és egyéb elektronikai hulladék is marad. A másik véglet, hogy professzionális kész megoldást választunk. A CMK billentyűzetek példaként megemlítve professzionális minőségűek, de áruk is eget rengető. Fontos volt számomra a minőség és jó ár/érték arány. Rengeteg kutatás után a FATAR cég mellett döntöttem. Több mint 40 éve gyártanak szintetizátor billentyűzeteket. Fórumok olvasása után a TP/80 waterfall orgona billentyűzet mellett döntöttem. Ezt a billentyűzetet kimondottan orgonáláshoz tervezték

félsúlyozott billentyűkkel, így van némi dinamikaérzet ami hasznos játszás közben, de nem olyan erős, mint egy zongoránál ami teljesen súlyozott kalapácsmechanikát használ, mely gátolná az orgonistát az orgonadarabok játszásában. A 5. ábrán látható, hogy a félsúlyozott billentyűk érzetét rugókkal oldották meg. Rendelést leadni kihívás volt ugyanis csupán 2 nagy beszállítót találtam Európában, amiből kiderült, hogy az egyik a másiktól rendeli az eszközöket úgyhogy csak 1 beszállító van. A DOEPFER nevű német nagykereskedőtől kellett közvetlenül megvásárolnom a két billentyűzetet.

8.3.1.2: Működési Elv

A billentyűzet az úgynevezett billentyűzet mátrix áramkört (Keyboard Circuit Matrix) használja. Ennek a célja az, hogy csökkentse felhasznált összeköttetések számát. Egy 61 billentyűs billentyűzetben 61+1 különböző összeköttetésre lenne szükség. Minden billentyűt egy áramkör és egy kapcsoló reprezentálna és plusz a földelés. Ez rengeteg huzalozást jelentene. A mátrix áramkör kapcsolási rajza a következő oldali 6. ábrán látható, mely sokat segít a megértésben. A megoldás lényege a következő: A billentyűket 8-as csoportokba soroljuk. Minden 8 billentyű egy sort alkot. A kapcsolókat továbbra is megtartjuk, hiszen ez alapján döntjük el hogy leütöttünk-e egy billentyűt vagy sem. A sorokat egymás alá helyezve egy 8x8-as mátrixot kapunk amiből az utolsó sor utolsó 3 elemét nem használjuk és minden mátrix elemnél egy kapcsoló található. Így 62 összeköttetés helyett csak 16-ra (8+8) van szükség. Mivel azonban a hangok csoportokba vannak szervezve, ezért minden hangnál egy dióda szükséges, hogy a csoportban lévő többi hang ne szólaljon meg abban az esetben, ha egy csoportban több mint egy hangot szólaltatnánk meg. A probléma az, hogy ez a megoldás csak billentyű leütést és elengedést érzékel így, azt nem hogy milyen sebességgel ütöttük le. A megoldás, hogy egy kettős áramkört vezetünk be, vagyis minden hangnál két kapcsoló és 2 dióda található. A kettős kapcsoló (bubble switch) lényege, hogy abból hogy mennyi idő telik el az első és második áramkör zárása között, kiszámítható az, hogy mekkora sebességgel ütöttük le az adott billentyűt. Ezzel minden problémát megoldottunk, de az összeköttetések száma is 16-ról 32-re nőtt.⁽¹⁵⁾ Innentől kezdve ribbon kábelek segítségével egy MIDI vezérlő áramkörhöz kapcsoljuk a billentyűzetet. A működési elv innentől kezdve nagyon egyszerű. Az egész úgy működik mint a torpedó társasjáték. A MIDI vezérlő folyamatosan pásztázza a mátrix oszlopait. Ha valamely oszlopban van zárt áramkör, akkor annak az oszlopnak a sореlemein halad végig. Amely áramkörök a sorban zárva vannak azt a vezérlő érzékeli és legenerálja a megfelelő MIDI üzenetet. Mindez persze ezredmásodperc töredéke alatt történik meg, így a felhasználó számára mondhatni egy vagy több billentyű leütése és a megfelelő jelek legenerálása valós időben történik meg.

left keyboard section (32 keys)



6.Ábra: 61 billentyűs mátrix áramkör első 32 billentyűjének kapcsolási rajza

Forrás: http://www.doepfer.de/DIY/Matrix_61.gif

8.3.1.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat

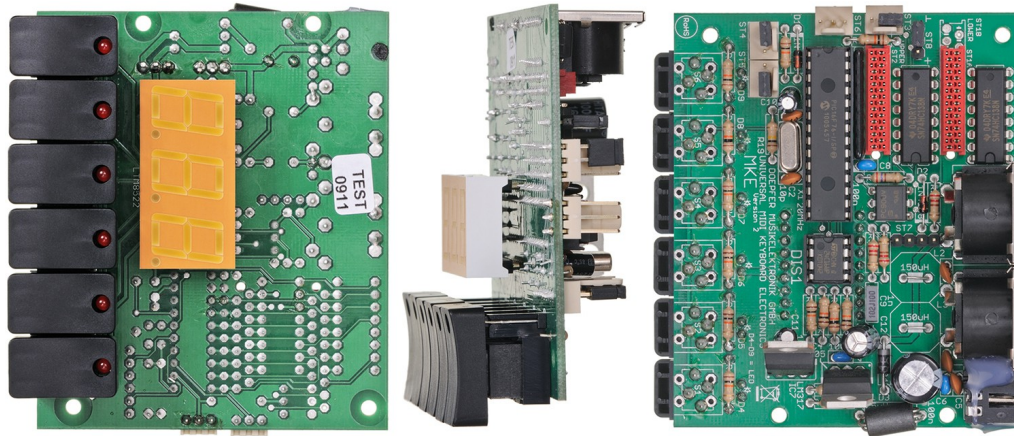
Előnyök:	Hátrányok	Személyes tapasztalat
-Megfelelő orgonabillentyűzet -Jó konstrukció	-Nem találtam	Jó ár/érték arányú eszköz mely feladatát a projektben ellátja

8.3.2: MKE MIDI billentyűzet elektronika (MIDI Keyboard Electronics)

8.3.2.1: Ismertetés

Amikor billentyűzet után kutakodtam, nagy probléma volt, hogy milyen MIDI elektronikát használok fel a billentyűzetek vezérléséhez. Ahogyan már azt említettem a mai modern MIDI billentyűzetek majdnem mindegyike a billentyűzet mátrix áramkört használja. Bár ez szabványosított, mégis egy vezérlő megtervezése, mely pásztázza a mátrixok oszlopait és megfelelő MIDI üzeneteket generál bizonyos események bekövetkeztével, bonyolult dolognak számít. Megfelelő ismeretekre van szükség elektronika tervezésből, azután egy nyáklapot kell megtervezni, kimarni, megfelelő elektronikai komponenseket(kondenzátorok , ellenállások, tekercsek, diódák , tranzistorok, mikrokontrollerek, stb) a nyáklapra ráültetni, összeforrasztgatni, kimérni és tesztelni. Az összes lépést pontosan megérteni és megcsinálni bizony nagyon nagy meló. Mérnök informatikus-ként

természetesen tanultam elektronikát, de ahhoz hogy valaki ilyen szintre jusson legalább egy évig kellene csak elektronikával foglalkoznia. Ezután pedig meg kell írni egy programot a mikrokontrollerre, és beleégetni a mikrokontrollerbe. Az egész vezérlő ezután a megfelelő áramkörök zárásánál megfelelő MIDI bájtsorozatokot generál, és a soros MIDI OUT portra közvetíti azokat. Ezáltal csak az a lehetőség maradt hátra, hogy kész MIDI vezérlőket veszek. Fórumok bujkálása és kutatás során két MIDI vezérlő hívta fel a figyelmemet. Az egyik a MidiGadetsBoutique (MGB) által gyártott a másikat pedig a DOEPFER-től lehetett beszerezni. Számomra fontos volt az, hogy valós időben tudjam befolyásolni azt, hogy melyik MIDI csatornára kerüljön az adott billentyűzet jele, illetve hogy valós időben tudjak oktávokat váltani, azaz transzponálni. Több szempont miatt is a Doepfer MKE vezérlője tűnt szimpatikusnak. Egyrészt mert a vezérlő már alapból kompatibilis a ribbon kábelekkal melyeket a TP/80 billentyűzet használ, illetve, mert tudja azt ami számomra fontos, sőt többet is. Az is befolyásoló tényező volt számomra, hogyha ugyanattól a cégtől rendelem meg, mint a billentyűzetet, azzal a kiszállítási költségemet csökkentem, hiszen nem két különböző helyről kell szállítani két különböző alkatrészt.



7.Ábra: DOEPFER Univerzális MKE (MIDI Keyboard Electronics)

Forrás : <http://www.alex4.de/bilder/1000088.jpg>

8.3.2.2: Működési elv

Már a billentyűzetnél bemutattam, hogy mi a vezérlő feladata, azonban pontos elektronikai működését nem tudnám bemutatni, mert túl bonyolult ahhoz. A nyáklap szintetizátorok nyáklapjához képest apró méretű, mert csak annyi a feladata, hogy a billentyűzet mátrix által zárt áramkörökből jeleket generáljon és azokat egy MIDI porton keresztül kiküldje. Ami hasznos a vezérlőnél hogy egy három számjegyű kijelzővel és 6 gombbal rendelkezik mely az 7.ábrán is jól látható. Ezeknek a segítségével a MIDI csatorna száma, transzponálás, MIDI program(bankból való hangszerválasztás) és kontroller üzenetek mind manipulálhatók és jelenlegi beállításuk lekérhető és leolvashatók. A

nyáklapok működtetéséhez 12 voltos egyenáramra van szükség. Szerencsére a gyártó volt olyan rendes, és az adaptereket is mellékelte a vezérlőkhöz. Manapság ez ritka.

8.3.2.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat

Előnyök: -Nagyon kis méret -Működés közben MIDI paraméterek hardveres változtatása	Hátrányok: -Néhány nyáklapi elem működés közben melegszik. Nyáklapi elemek hőmérséklet vizsgálata szükséges lehet. - Túl meleg elemek a vezérlő élettartamát csökkenthetik	Személyes tapasztalat: Jó ár/érték/tudás kombináció az apró hátrányt leszámítva. A vezérlő a feladatát a projektben megfelelően ellátja
---	---	---

8.3.3: Behringer FCB 1010 lábkontroller pedál

8.3.3.1: Ismertetés

Az orgona manuáljai ezzel el vannak intézve. Fontos megjegyezni azonban, hogy az orgonának a manuálok és regiszterhúzókon és a pedálon kívül vannak egyéb részei is. Ezek az eszközök nem minden orgonán találhatók meg, azonban a modernebbeken többségében igen. Egyike ezeknek az eszközöknek a speciális dönthető pedálok. Egy orgonán lehet, hogy csak egy ilyen speciális pedál van, azonban ilyen pedálok száma akár megegyezhet a manuálok számával plusz egyel. Alapvetően a pedálok két fajta funkciót látnak el. Az egyik pedált crescendo pedálnak hívják. Ebből minden orgonán legfeljebb csak egy van. A pedál állása közvetlenül befolyásolja a nyitott regiszterek számát. Ha a pedál alapállapotban van, akkor vagy egyetlen egy regiszterhúzó sincs kihúzva, vagy csak azok amiket a felhasználó saját maga kihúzott. Ahogy a pedált döntjük le, függetlenül attól, hogy mi magunk kihúztunk e regisztereket, vagy nem, egyre több regiszter fog megszólalni. Ha a pedált teljesen döntjük, akkor az orgonán lévő összes regiszter nyitott állapotba kerül, attól függetlenül hogy a felhasználó a bármelyik regiszterhúzóhoz is nyúlt volna. Az orgonának ez a funkciója elsősre feleslegesnek tűnhet, de mivel a legtöbb orgona billentyűi nem sebességérzékenyek, vagyis egy szelepet egy síphoz csak megnyitni és elzárni tudunk, a crescendo pedál fontos szerepet játszik az orgonajáték erőteljességében. Minden regiszter besorolható a 6 zenei hangerőfokozat egyikébe. PPP azaz hármas pianissimo vagyis nagyon halktól kezdve az FFF-ig avagy hármas forte -ig vagyis a leghangosabbig. Ahogy a pedált döntjük, először a PPP regiszterek aktiválódnak. Minél jobban megdöntjük a pedált úgy egyre több regiszter szólal meg egészen FFF ig. A crescendo pedál ebből a szempontból hasznos a játék hangerejének és erőteljességének folyamatos szabályozásához játék közben. A swell (magyarul redőny) pedál segítségével szintén az orgona hangerejét tudjuk szabályozni, de egy másik fajta megoldással. A crescendo pedálnál az a baj, hogy az erősebb regiszterek például

kóruskíséretben már annyira erősek lehetnek, hogy magát a kórus hangját elnyomják. A modern épített orgonáknál létezhet swell pedál is. Az orgona sípjait elszigetelhetjük, elzárhatjuk. A swell pedállal a sípok elszigeteltségét tudjuk szabályozni. Ha a pedált teljesen visszadöntjük, akkor a sípok teljesen elszigeteljük, elzárjuk. Ennek hatására a sípok hangjai halkabbak, tompábbak lesznek. Ahogyan a pedált döntjük be, úgy ezek az elszigetelések kezdenek kinyílni. Jobb esetben művenként külön swell pedál található, mellyel mindegyik mű sípjainak elszigeteltségét tudjuk állítani, ezáltal különböző műveken különböző erősséggel tudunk játszani. Rosszabb esetben csak 1 pedállal tudjuk az orgona egyik művét (swell mű) szabályozni, vagy a sípok nincsenek elszigetelve, így swell pedál sincs. Ezen kívül még léteznek az úgynevezett preparátor kapcsolók. Már egy kétmanuális orgonán is a regiszterek száma könnyen átlépheti az 40-et. Nagyon sokféle kombináció hozható létre ennyi regiszterből, mindegyiknek más hatása van. Attól függően, hogy milyen fajta orgonazenét játszunk, és azt is hogy variáljuk teljesen rajtunk áll. A preparátor kapcsolók feladata az, hogy megkönnyítse a regiszterhúzó váltását. Nagyon sok idő lehet, mire az az orgonista megtalál egy megfelelő regiszterhúzó kombinációt mely számára, vagy egy megfelelő darabhoz illik. A preparátorkapcsolók segítségével egy adott regiszter kombináció egy speciális kimentés előkapcsolóval bekapcsolva, egy preparátor kapcsolóra kimenthető. Ha ezután például az összes regiszterhúzót visszatoljuk, kikapcsoljuk a mentés kapcsolót és ugyanazt a preparátor kapcsolót megnyomjuk, akkor az összes regiszter mely a preparátor kapcsoló mentés állapotának megnyomásakor kihúzott állapotban volt, ismét kihúzott, azaz aktív állapotba kerül. Azok a regiszterek melyeket a mentés után kapcsoltunk be, szintén kikapcsolnak. A preparátorkapcsolók nem kötelezők egy orgonán, de nagyban megkönnyítik és lerövidítik azt az időtartamot, míg az orgonát átregisztráljuk egy másik orgonajátékhoz vagy akár orgonadarabhoz. A kapcsolók nélkül, nagy orgonáknál akár egy külön személy feladata is lehet az orgona átregisztrálása darabok közti szünetben. Vannak olyan darabok is, ahol különböző részeket különböző regiszter kombinációkkal kell (illik) játszani. Ha nincs elég darab manuálunk, melyekre a megfelelő regiszterkombinációkat előre beállítjuk, akkor nagyon nagy segítségként jöhet a játék közbeni preparátorkapcsolók használata azonnali regiszterkombináció váltáshoz. Hasonlóan a preparátor kapcsolókhoz léteznek léptető is. A preparátorkapcsolók ugyanis meg vannak címkézve vagy betűkkel vagy számokkal. Az előre és vissza kapcsolókkal lehet a különböző mentett regiszterkombinációk közt egyesével váltani. Ez akkor hasznos ha egy olyan darabunk van, melynek egy részét A kombinációval kell játszani, utána B kombinációval és végül az A hoz vissza kell térni. A léptető abban segítenek, hogy nehogy véletlenül rossz preparátorkapcsolóhoz nyúljunk váltás közben. Ha játék előtt jól regisztráljuk az orgonát és jól elmentjük a regiszterkombinációkat, egy egész orgonakoncertet lehet

adni csak a léptetőik segítségével.⁽⁸⁾ Sokáig gondolkodtam, hogy ezt a problémát hogyan oldjam meg. A dönthető pedálok magukban nagyon drágák és külön MIDI vezérlőt igényelhetnek. A preparátorkapcsolók használata megint MIDI üzenetekkel működik, melynek vezérléséhez megint egy külön nyáklapra lett volna szükség. Bóklászásaim során a Behringer FCB (Foot Controller Board) 1010-es kontrolleren akadt meg a szemem. Ez egy olyan egység, melyet elsősorban elektromos gitárosoknak terveztek 10 programozható kapcsolóval, 2 programozható kapcsoló léptetővel és kettő dönthető kifejezés pedállal (Expression Pedal), mely a 8.ábrán is jól látható.



8.Ábra: Behringer FCB 1010 MIDI láb vezérlő 10 programozható kapcsolóval két léptetővel és kettő kifejezés pedállal. Összesen $10 \times 10 = 100$ programozható kapcsolóval rendelkezik
Forrás: http://www.behringer.com/assets/FCB1010_P0089_Left_XXL.jpg

8.3.3.2 :Működési elv

Az eszköz egy szabványos MIDI eszköz. Nem beszéltünk még a MIDI kontroll változásról (control change = CC) avagy vezérlésről. A CC egy speciális utasítás (I = 1011), mely a MIDI bizonyos paramétereit adja meg vagy módosítja. 128-féle különböző CC létezik. A CC-7 például a MIDI lejátszásnál a lejátszás hangerejét (volume) jelenti. Minden CC-hez ugyanúgy egy 128-as értékskala tartozik. Ha például egy olyan MIDI üzenetet küldünk a sequencer-nek mely a következőt tartalmazza: (1011 1111 00000111 00000000) akkor azzal a lejátszásnál a 16-ik csatornának a 7-es kontroll értékét 0-ra állítottuk, vagyis a csatornát elnémítottuk. Vannak CC-k melyek szabvány szerint előre definiáltak, azaz egy adott kontroll egy adott paramétert (hangerő, visszhang, különböző effektek) szabályoz. Más CC-k szabadok, és mi rendelkezünk velük, hogy mit reprezentáljanak⁽⁹⁾. A Hauptwerk-et úgy

bekonfigurálhatjuk, hogy ezek a kontroll üzenetek, a felhasználó által kiválasztott funkciókat szabályozzák. Úgy is fogalmazhatunk, hogy a felhasználó a Hauptwerk-et beprogramozza, hogy melyik programozható kapcsoló, pontosan mit csináljon. Ebben az esetben, a Hauptwerk-ben a programozható kapcsolók egy részét a preparátorkapcsolókhoz és a preparátor kimentés kapcsolóhoz rendelem. Így ha a megfelelő programozható kapcsolót lábbal megnyomjuk, akkor az egy preparátorkapcsolót aktivál, ezáltal lehetővé válik a játék közbeni regiszterváltás. Az FCB 1010 ezenkívül két dönthető kifejezés pedállal rendelkezik. Kísérletezésbe került de megtudtam, hogy az egyik pedál az 7-es kontroll értékét, a másik a 27-es kontroller értékét állítja. Ha a pedált teljesen visszatojtjuk akkor az adott pedál kontrollerhez tartozó értéke 0. Ha az adott pedált teljesen bedöntjük akkor 127. A 7-es kontroll sajnos már foglalt volt (hangerő), de szerencsére a Hauptwerk képes arra is, hogy egy adott kontroll előre definiált funkcióját felülírja, hogy mást vezéreljen, mint amit a MIDI szabvány diktál. Természetesen az FCB összes eleme átprogramozható magán az eszközön, de erre nincs szükség a Hauptwerk felülírása miatt. Ennek segítségével beállítottam, az egyik pedált a crescendo funkcióra a másikat pedig swell funkcióra. Az eszköz elektronikája egy standard programozható MIDI vezérlőn alapul. Mivel kész eszközről van szó, pontos elektronikai működését nem tudnám leírni, azonban mivel egy programozható MIDI vezérlőről van szó, felépítése jóval bonyolultabb, hiszen egyik beállítás sem rögzített és saját EPROM-mal rendelkezik⁽¹⁷⁾.

8.3.3.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat

Előnyök: - Kompakt - Programozható	Hátrányok: - Expression Pedálokat tartó csavarok idővel meglazulhatnak - Expression pedál aktiválása előtt egy piztont aktiválni kell	Személyes tapasztalat: Ára nagyon barátságos. A Hauptwerk működéséhez megfelelően kell a szoftverhez a piztonokat és pedált hozzárendelni.
---	--	--

8.3.4: RomIO/II – USB – DIN 5 konverter

8.3.4.1 :Bevezetés

A MIDI szabvány a 80-as évek végén lett elterjedt. Ekkor még az USB (Universal Serial Bus) szabvány nem létezett. Emiatt a szabvány az akkoriban még gyakran használt 5 lábas csatlakozót használta, amit DIN5-nek hívnak. A szabvány megmaradt, így a csatlakozó is. Ma azonban ez problémát jelent, mert a mai PC-k nem használnak DIN5 csatlakozót. Nagyobb



9.Ábra: ESI RomI/O II USB-MIDI interfész
 Forrás : <http://www.esi-audio.com/products/romio2/>

probléma még, hogyha használnának is, akkor mihez csatlakoztatjuk? Természetesen megoldható a probléma, hogy továbbra is a régi (legacy) csatlakozót használjuk, azonban ehhez a számítógépünknek néhány feltételnek kell eleget tennie. Először is szükséges egy hangkártya. A mai alaplapokon ez szinte kötelezővé vált. A kérdés csak az, hogy a gyártó az integrált hangkártyánál meghagyta-e a MIDI csatlakozónak a lábait. Amennyiben az alaplapi hangkártya nem rendelkezik ilyen csatlakozóval, akkor egy külön hangkártya szükséges lehet, mely rendelkezik ilyen MIDI csatlakozóval. Létezik egy alternatív út is azonban. Az USB szabvány elterjedésével olyan eszközök készültek, melyek a MIDI DIN5 csatlakozóit képesek USB-re alakítani. Az ilyen eszközöket hívjuk MIDI-USB kábelnek, konverternek vagy interfésznek. A projektben felhasznált interfész az előző oldali 9. ábrán látható. Ennek a megoldásnak az előnye, hogy nem kell a hangkártyára kötni a MIDI jelet, hanem az USB port dolgozza fel. Hátrány azonban, hogy egyik szabványról egy másikra kell a MIDI jelet átvinni. A szabványok közti átalakítás a legtöbb esetben késleltetéssel jár. Ha konvertert használunk, arra fel kell készülni, hogy egy minimális késleltetési idő felléphet. Az ár/érték arányt és egyéb tulajdonságokat figyelembe véve az USB-DIN5 interfész volt a logikus választás. Eredetileg a TAPCO MIDI Link 4x4-es eszközt néztem ki magamnak, azonban némi fórumolvasás után több probléma miatt is ezt az eszközt elvettem. Az ESI által gyártott RomI/O II eszközt vettem ellenőrzés alá. Azonban ez az eszköz csupán 2 DIN5 IN-t és 2 DIN5-out-ot tartalmaz. A két manuál a lábkontroller és a lábpedál miatt nekem pedig 4 bemenetre volt szükségem. Könnyen megoldható a probléma, kettőt rendelünk. Az interfészek megvásárlásához szintén az argep.hu nyújtott segítséget.

8.3.4.2: Működési elv

A konverter azon alapszik, hogy mindkét szabvány minimumát megvalósítja. Biztosítani kell mindkét szabvány csatlakozását. Ha ez megvan, akkor a nyáklap felépítése nem annyira bonyolult, de nem is kezdetleges. A működés lényege egy mikrokontrolleren alapszik, mely valós időben alakítja át a MIDI jeleket a DIN5 portokról az USB portra és vissza. Megépíteni persze a tervek alapján meglehetősen, de ha megnézzük, hogy mi kell hozzá, akkor kiderül, hogy majdnem ugyanannyiba kerül, mintha készen vennénk meg.

8.3.4.3: Előnyök, hátrányok és személyes tapasztalat

Előnyök: - Kompakt	Hátrányok: - MIDI eszközök párhuzamos kapcsolásakor fantom jelek jelennek meg, mely az orgonajátékot tönkreteszi	Személyes tapasztalat: A probléma orvosolható úgy, hogy a MIDI eszközöket sorbakötjük. Ehhez azonban DIN5-DIN5 kábelek kellettek
-----------------------	---	---

8.4: Az orgonapedállal való munka, MIDI eszközök összekötése és konzoltervezés

Ebben a fejezetben saját munkám kerül bemutatásra. Bemutatásra kerül, hogy hogyan lett egy néma orgonapedálból egy működőképes MIDI eszköz. Továbbá szó esik a konzol tervezésének alapjairól és megvalósításáról is. Ennek a fázisnak a terméke a működőképes MIDI orgonapedál és maga az orgona konzol.

8.4.1: Néma orgonapedál

8.4.1.1: Bevezetés

Az orgonajáték velejárója, hogy manuálokon kívül orgonapedállal, vagyis lábbal is kell játszani. Sokáig gondolkodtam, hogy honnan szerezzek be orgonapedált. Ebben az esetben három lehetséges opciót találtam. Az egyik hogy saját magam építsek egyet. Némi olvasás után az ötletet elvettem, mert hónapokba telhet egy hozzá nem értő egyénnek megérteni az összes szabvány pontos paraméterét és megvalósítani azt. Ezen felül rengeteg asztalosmunkát kell vele végezni. Erre egyszerűen nem volt időm. A másik véglet, hogy készen veszek egy pedált. Ezzel az volt a probléma megint, hogy az



10.ábra: 29 billentyűs orgonapedál

Forrás: Saját fénykép

összes minőségi pedál amit megnéztem horribilis összegbe került. Kizárásos alapon a harmadik lehetőség maradt. Mit lehet ilyenkor tenni? Használt eszközt vásárolni. Az internet tele van hirdetésekkel. Miután alaposan szétnéztem a különböző magyar hirdető oldalakon találtam egy orgonapedált (10.ábra) melyet egy kántor épített saját magának néma gyakorlásra. A pedál megfelelő volt árban, bár később rájöttem hogy a szabványt nem teljesen követi. Egy baj volt vele: néma pedál volt, vagyis semmilyen elektronikával nem rendelkezett. A néma pedálnak a MIDI eszközzé való alakítása volt a végső cél.

8.4.1.2 :Működési Elv

Ennek néma pedálnak a működése nagyon egyszerű. A pedálokat egy rugó tartja a vissza attól, hogy besüppedjenek. Ha az orgonista rálép a pedálra akkor az besüpped és a rugó megfeszül. Ha a pedálról lelépünk akkor a pedál a rugó segítségével eredeti helyére visszakerül.

8.4.1.3: Előnyök hátrányok, személyes tapasztalat

Előnyök: - Egyszerűen működik	Hátrányok: - Analóg pedál MIDI jeleket nem továbbít - A pedál gyors játék esetén csattog	Személyes tapasztalat: A pedál csattogás gyakori jelenség, orgona hangereje miatt gyakran nem hallani
---	---	---

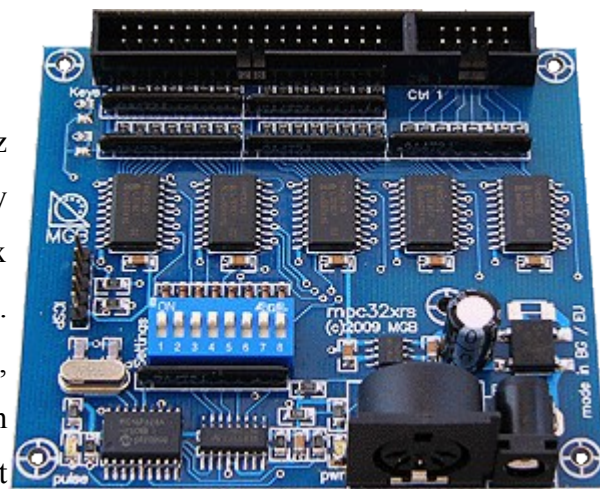
8.4.2: A pedál MIDI eszközzé való alakítása

8.4.2.1: MIDI vezérlő választása

A pedál MIDI eszközzé alakítása bizony nehéz feladat volt. Először is szükség volt egy vezérlőre, amely áramkörönként biztosítja a zárást és nyitást, nem pedig mátrix formában, hiszen a pedálokat mátrixba szervezni bonyolult. Ebben az esetben kifogytam az ötletekből. Nem volt sajátom, melyet felhasználtam volna. A nyári kutatásaim során ismerkedtem meg egy Nagy-Britanniában élő úriemberrel akit Kenneth Spencer-nek hívnak. Ken egy saját digitális orgona konzolt épített magának teljesen a nulláról mint én, és azt honlapján nagyon jól dokumentálta⁽⁷⁾. Bár elképzelései inspirálóak voltak, megpróbáltam munkáját nem lemásolni, hanem sokkal inkább csupán egy útvonalnak egy segítségnek tekinteni. Ezt sikerült is betartanom, egészen a pedál és konzoltervezésig. Az ő honlapján ismerkedtem meg az MPC32XRS MIDI vezérlővel (11.ábra). Ez egy olyan MIDI vezérlő melyet a MidiGadgetsBoutique Bulgáriában gyárt. Rengeteg kétségem támadt a termékkel kapcsolatban, emiatt elkezdtem E-mailezni Ken-nel. Több mint 30 levélnyi kérdezz-felelek után azonban meggyőződtem, hogy ez az elképzelés működőképes és jól működik. Ennek keretében megrendeltem saját magamnak ugyanazt a vezérlőt, hozzá a kábelt és az adaptert. Amikor a csomag megérkezett, azt leteszteltem és minden jól működött.

8.4.2.2: Működési elv

Az MPC32XRS vezérlő működése egyszerűbb mint az MKE vezérlőé, mivel nem használ mátrix áramkört, hanem minden pedál egy külön áramkörként viselkedik. Ebből kifolyólag a pedáloknak a sebessége



11.ábra: MPC32XRS vezérlő MIDI OUT porttal, átalakított IDE porttal és DIP kapcsolókkal

Forrás:

<http://www.midiboutique.com/pictures/mpc32xrstn.gif>



12.ábra: Orgona Pedál hátulja. Látható a szerelődoboz, a lécs és a műanyag takaró.

Forrás: Saját fénykép

nem mérhető, hogy milyen erősen léptünk rá, hanem egyszerűen csak az, hogy ráléptünk e vagy sem. Ez ebben az esetben nem is baj, hiszen a valódi orgonánál is a legtöbb esetben a szelep vagy nyitott vagy zárt pozícióban tartózkodik. A nyáklaphoz egy átalakított PC IDE kábel csatlakozik, mely utána egy láncot alakít ki. Elképzelés szempontjából egy karácsonyfa izzósorhoz hasonlítható legjobban. Minden egyes láncem egy bizonyos pontnál leválik és egy elszigetelt végben végződik. Az elszigetelt végek pedig a REED reléket takarják és védik. A csomaghoz tartozik 32 neodímium mágnes is, melynek segítségével a relék kapcsolóként működtethetők⁽¹⁵⁾. Az implementálónak csupán annyi a dolga, hogy a pedál megfelelő részeiben a mágneseknek helyet alakít ki, és elhelyezi azokat. Ezután a kábelt és a végeket kell úgy rendezni és igazítani, hogy a megfelelő relék a mágnesek alatt helyezkedjenek el. Innentől kezdve az ideális működés egyszerű: Ha rálépünk egy pedálra az besüpped. Ennek hatására a mágnes a megadott reléhez közel kerül. A mágneses tér hatására a relé az áramkört zárja. A MIDI vezérlő pedig az adott zárt áramkör alapján a megfelelő MIDI jelet generálja melyet utána a MIDI OUT portra küld. Ha a pedált elengedjük, akkor a rugó hatására a pedál eredeti pozíciójába kerül vissza, a mágneses tér legyengül a relé pedig az áramkört megszakítja mely ismét a megfelelő MIDI jel generálásához vezet. A nyáklapon helyet kapott egy DIP kapcsoló is, melynek segítségével beállítható a MIDI csatorna, transzponálás, működési elv és a sebesség alapértéke.

8.4.2.3: Munka

A kivitelezés egyszerűnek hangzik, mégsem az. Két ismerőssémmel is kellett konzultálnom. Az egyik egy elektromérnök, aki abban segített, hogy próbálás alapján pontosan hova kerüljenek a mágnesek és a relék. Egyszerűnek tűnhet a dolog, azonban nem az, ugyanis a mágneseket és a reléket pontosan úgy kell elhelyezni, hogy egy adott mágnes csak az alatta lévő relét működtesse. Ha bármely irányba is akár pár millimétert hibázik az ember, előfordulhat, hogy egy pedál mágnesével több relét is akaratlanul működtet. A tesztelés során 3



13. ábra: Közelebbi kép a szerelődobzorról. Látszanak a léceket tettünk tönkre, melybe a furatok készültek, ahova a leágazások egy másik burkolóhoz, melyben a relék találhatók

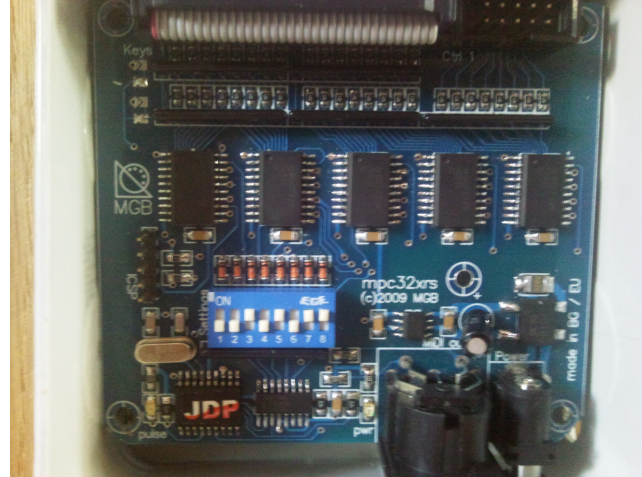
Forrás: Saját fénykép

megjelöltük, hogy hova kerüljenek a lyukak, azonban nem fúrtuk ki azokat, mert sem én, sem az ismerőssöm nem rendelkezett speciális fúróval, mellyel pontosan egyenes lyukakat lehetett fúrni. Ennek következtében be kellett avatnom egy asztalos ismerőst is aki rendelkezett ilyen eszközzel és a

jelölések alapján ki tudta fúrni a lyukakat. Elektromérnök ismerősöm segített a relék elhelyezésében, az új léczelfogatásában és egy műanyag panel kialakításában is, mely szépen eltakarta a vezetékdzsumbujt. A 12 és 13. ábrán látható a megvalósítás.

8.4.2.4: Első tesztelés

A pedált teszteltem. Sajnos már néhány nap után 2 pedál áramköre nem kapcsolt. Szétszerelés után kiderült, hogy a neodímium mágnesek annyira erős hatást fejtenek ki a relékre, hogy relében lévő ferromágneses elektródák az üvegfalát érintik. A relé üvege pedig nagyon vékony és könnyen törik. Feltételezéseim szerint a relé szállítás közben sérülhetett meg. Néhány kapcsolás után pedig ez a sérülés az üvegtörtéséhez vezetett. Ez így nagyon kellemetlenné vált számomra. Az elektromérnök ismerősöm javaslatára egy kettős védelmet vezettünk be. Először is az összes gyártó által szállított REED relét ipari relékre cseréltük. Ezeknek az



14. ábra: MPC32XRS vezérlő a dobozban. A DIP kapcsolókkal 3 as MIDI csatornára állítva.

Forrás: Saját fénykép

üvegfala sokkal vastagabb és maga a relé is sokkal nagyobb, ezért a fűrt lyukakat ki kellett szélesíteni egy nagyobb számú fúróval melyben ismét az asztalos kolléga segített és a régi reléket le kellett forrasztani és helyükbe új reléket tenni és azokat visszaforrasztani. Ha meg is sérülne a relé üvegfala, akkor is sokkal tovább tartana mire az eltörik. Továbbá ismerősöm javaslatára a reléket műanyag csövekbe helyeztük, melyekbe műgyantát öntöttük be. Ennek köszönhetően abban az esetben, ha a relé üvege eltörne, a cső és műgyanta még mindig helyben tartja, így az üveg sérülése után a relé tovább működhet, és szállítás esetén is rázkódásvédelmet nyújt.

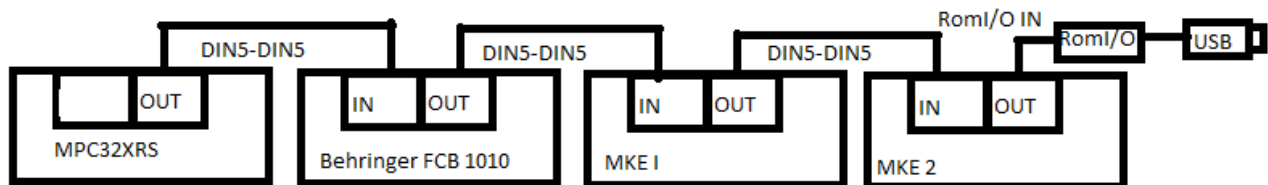
8.4.2.5: Második tesztelés

Még egy szállítás a műhely és lakás közt megtörtént és ezúttal néhány nap tesztelés után mondhatom, hogy a dolog működik. Minden úgy működik, ahogyan működni kell. Az elképzelések kifizetődtek és minden működött. Egy dolog maradt hátra. A pedálra felfogatni a MIDI vezérlőt. Úgy terveztem, hogy a pedál akár kint is működjön, ennek következtében egy műanyag szerelődobozt fogattam fel a pedál alá, melybe a MIDI vezérlőt helyeztem. A műanyag doboz oldalain lyukakat vágtam a MIDI out portnak az adapternek az átalakított IDE kábelnek. Mielőtt behelyeztem volna a nyáklapot a dobozba egy tesztelést végeztem hasonlóan az MKE vezérlőhöz, hogy nem melegszik e valami. Akárki is tervezte a nyáklapot, jól csinálta ugyanis semmi sem melegedett. Ezután a nyáklapot a dobozba helyeztem, rögzítettem, a DIP kapcsolók segítségével beállítottam a paramétereket

csatlakoztattam az IDE kábelt és bezártam a dobozt melynek végeredménye a 14.ábrán látható. Egy utolsó tesztelést végeztem így összeszerelt állapotban és megállapítottam, hogy minden működik.

8.4.3: Az összes MIDI eszköz összekötése

Minden eszköz működőképes, kössük őket össze. A párhuzamos kapcsolás elvetése miatt a soros kapcsolást kellett használnom. Ehhez extra DIN5-DIN5 kábelekre volt szükségem. Szerencsére ezek a kábelek Debrecenben is kaphatók, így azokat a Bernád Hangtechnika boltban a Bem-tér közelében beszeréztem. Négy MIDI eszközt kellett összekötnöm ezért három ilyen kábelre volt szükségem. Az összekötést befolyásolta, hogy az MPC32XRS vezérlőnek csak MIDI OUT portja van MIDI IN nincs. Ennek következtében a pedál vezérlője került a MIDI lánc végére. Az összekötés megértését nagyban segíti a 15.ábra. Az MPC32XRS vezérlő MIDI OUT portját összekötöttem a Behringer FCB 1010-es lábkontroller MIDI IN portjával. Ezután az FCB 1010-es MIDI OUT portját kötöttem az MKE vezérlő MIDI IN portjával. Majd az MKE vezérlő MIDI OUT portját rákötöttem a másik MKE MIDI IN portjára. Végül a Roml/O II MIDI IN csatlakozóját csatlakoztattam a második MKE vezérlő MIDI OUT portjára. Ezután a MIDI láncot 1-2 napig teszteltem. Minden megfelelően működött.



15.Ábra: Végző összeköttetés egyszerűsített rajza

Forrás: Saját MSPaint-ben rajzolt ábra

8.4.4: Konzoltervezés

Minden eszköz működőképes. Hátramaradt egy Orgona konzol megtervezése mely szabványoknak megfelel és az összes MIDI eszközt felhasználja. A szabvány információi annyira szétszórtak, hogy szinte lehetetlen őket megtalálni. Ráadásként megnehezíti a dolgot az, hogy különböző eszközök különböző szabványok alapján épülhetnek. Példának feleleveníthetem az orgona pedált. Alapjában véve két különböző szabvány létezik. Az AGO, amelyet az amerikaiak használnak mely egy sugaras konkáv orgonapedált takar. Létezik a BDO mely a németek által definiált szabvány. BDO pedálból kétfajta létezik, párhuzamos egyenes és sugaras konkáv. Egy a lényeg: az egész nagyon zavaros, emiatt a Kenneth A. Spencer honlapján lévő alap tervezési instrukciókra hagytam. Az ő általa gyűjtött irányelvek kerülnek itt most bemutatásra. Mivel brit dokumentációról van szó ezért a

mértékegységek inch-ben lettek megadva és angolul dokumentálva. Én ezt saját magamnak átszámoltam centiméterbe és lefordítottam, betartva a következő váltószámot: 1 inch = 2,54 centiméter. A konzoltervezés alapjai a következők⁽⁷⁾:

1: Minden manuál az előző manuáltól 6,35 centiméterrel legyen magasabban vertikálisan, azaz függőlegesen nézve.

2: Minden manuál 10,14 centiméterrel legyen az előző mögött horizontálisan, azaz vízszintesen nézve.

3: Biztosítsuk, hogy a manuálok harmadik oktáv D hangjai egymással függőlegesen szinkronban álljanak egymással és az orgonapedál második oktáv D pedáljával.

4: Az orgona billentyűzete helyezkedjen 76,2 centiméterrel magasabban az orgonapedál második oktáv D orgonapedál felszínétől számolva.

5: Az orgonapad ülő felszíne legyen 54,61 centiméterrel magasabban az orgonapedál második oktáv D orgonapedál felszínétől számolva

6: A swell pedált helyezzük el az orgona pedál második oktáv E és F pedáljai között és felett

7: A crescendo pedált helyezzük el a swell pedáltól jobbra. Ha több mint egy swell pedál létezik, akkor a többi a swell pedáltól balra.

8: A konzol abszolút minimum szélességét az orgona pedál szélessége határozza meg.



*16.ábra: A kész orgonakonzol. Balra az érintőképernyő látható
Forrás: Saját fénykép*

Először is tanulmányoztam a Kenneth Spencer által tervezett orgonakonzolt, melyhez egy nagyon értékes PDF diagramot is mellékel a honlapján. Számomra túlságosan merevnek és masszívnak számított az ő dizájnja. Fontos volt számomra a hordozhatóság ezért egy olyan konzolt szerettem volna, ami úgy működik, mint egy IKEA bútor. Darabokra és lapokra szerelhető és könnyen szállítható de tartós. Továbbá fontos volt számomra, hogy az én asztalom belül ne legyen üreges. Ken egy PC-t és nyáklapokat helyezte el az orgona játszóasztal belsejében.⁽⁷⁾ Nekem ehhez képest sokkal kisebb területre volt szükségem hála az MKE vezérlőknek. Továbbá mivel én a Hauptwerk-et laptopról futtatom és nem PC-ről, ezért számomra nem volt szükséges a PC-nek fenntartott hely. Az asztalos kollégának a paramétereket lefordítottam és átadtam. Ezután elkezdtünk konzultálni, hogy akkor mit hogyan hová és miért. A projektmunka elején leírt kritériumok alapján a végleges tervhez egy AutoCAD rajzot is készített a kolléga, mely megtalálható a források közt és letölthető. Kétdimenziós AutoCAD export ábrák szintén a dokumentum végén található. Néhány strukturális probléma miatt, a

manuálok közti távolságot növelni kellett, így a távolság 10-ről 13 centire és a magasság 6-ról 8 centire nőtt. Erre azért volt szükség, hogy a manuálokban ne keletkezzen kár. Így a mértékek megnőttek de az arány megmaradt. Mivel csupán 2 manuálos konzolról van szó ez a szabályszegés soknak tűnhet, de használat során nem igazán észrevehető. Problémás lenne viszont, ha 3 vagy több manuállal rendelkezne az orgona konzol. Megállapodtunk, hogy a konzol tölgyből készül így a tartósság biztosított és megegyeztünk egy időpontban és egy árban. Három és fél hét múlva a konzol készen állt és hazahoztam, ahol 15-20 perc alatt összeszereltem. Az összeszerelt konzol a 16.ábrán látható. Ezután következett a Hauptwerk installálása és konfigurálása és a végső tesztelés teljesen összeszerelt állapotban.

8.5: Hauptwerk telepítés és konfigurálás, Önkritika, lehetséges optimalizációk

Ez a rövid fejezet arról szól, hogy hogyan működik pontosan az eszköz PC-vel egybekötve, milyen konfigurációkat kell a PC-n elvégezni, hogyan értékelem saját magam a projektet és végül, hogy milyen fejlesztési opciók állnak rendelkezésre melyekkel néhány esetleges hiba kiküszöbölhető.

8.5.1: Hauptwerk konfigurálása a játszóasztalhoz

A Hauptwerk installálására a szót nem fecsérelném. Aki életében telepített Windows-ra bármilyen szoftvert is pontosan tudja, hogy mi a teendő. A konfiguráció már érdekesebb. A Hauptwerk 4-es előtti verziónál pontosan kellett tudni, hogy milyen MIDI eszköz melyik csatornájának milyen MIDI üzenete pontosan mit módosítson. Ezt kézzel kellett beállítani. Aki a MIDI működését nem érti, annak ez bizony bonyolult feladat. A 4-es verziótól kezdve azonban bevezettek egy új funkciót a MIDI learn-t.^(5,6) A MIDI learn lényege, hogy a felhasználó kiválaszt a Hauptwerk interfészén egy megfelelő elemet, legyen az regiszterhúzó, manuál, orgonapedál vagy másfajta beállítás. Jobb kattintással rákattint a megadott elemre, és kiválasztja a hozzárendelés funkciót. Ezután a szoftver megkéri a felhasználót a megfelelő elem kiválasztásától függően, hogy adjon megfelelő MIDI jeleket arról az eszköztől, melyhez az adott funkciót szeretné hozzárendelni. Például ha egy MIDI manuált szeretnénk az orgona valamely manuáljához társítani, akkor csak annyit kell tennünk, hogy a MIDI eszközt egy külön csatornára beállítjuk az MKE vezérlő segítségével, jobb egérgombbal rákattintunk a szoftverben elhelyezkedő manuálra, és kiválasztjuk a hozzárendelést. A Hauptwerk ezután 4 utasítást vár melyet a felhasználóval közöl is. 1-2: Nyomja meg a hozzá rendelni kívánt MIDI eszköz első és utolsó billentyűjét, 3-4: Nyomja meg ugyanarról a MIDI eszköztől bármely billentyűt minél lassabban, illetve gyorsabban. Amint a felhasználó ezt a 4 műveletet megtette, az OK-ra kattintva a szoftveres Hauptwerk orgonamanuál és a fizikai manuál közötti hozzárendelés meg is történt. Ugyanígy társítható az orgona pedál is, illetve szinte minden interfész elem.

8.5.2: Végző működés leírása

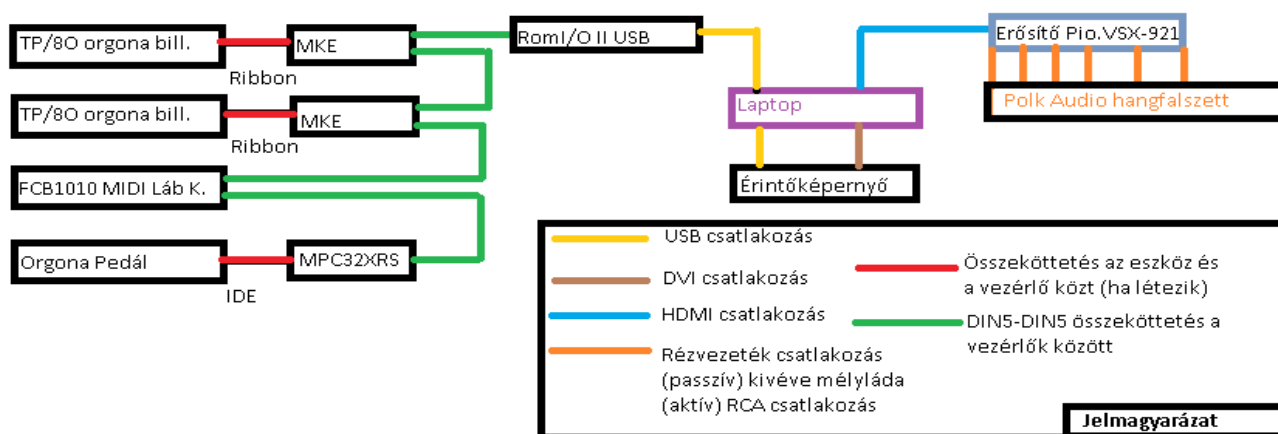
A végző működés megértésében a következő oldalon található 18.ábra sokat segít. Miután a MIDI eszközöket áram alá helyeztük egy elosztó bekapcsolásával, és a MIDI-USB interfész USB végét a számítógép USB portjába csatlakoztattuk, csatlakoztatjuk a HDMI csatlakozót mely egy digitális erősítőhöz továbbítja



17.ábra: A konzol játszásra kész, csak le kell ülni és játszani kell rajta.

Forrás: Saját fénykép

a hangot digitális formában ahol az erősítő DSP feldolgozó egysége visszaalakítja a hangot analógra, majd a házimozi rendszeren keresztül a hang távozik. Végül csatlakoztatjuk az érintőképernyőt, hogy lássuk a Hauptwerk állapotát és a monitor USB portját, mely biztosítja az érintés vezérlést. A Hauptwerkot elindítva és egy kiválasztott orgonát betöltve, feltételezve, hogy a konfigurálást egyszer megtettük, elkezdhetünk az orgonán játszani melyet a 17. ábra szemléltet. Az előkészület megközelítőleg 1-2 percig tart. Ez jóval több mint a kész digitális orgonáké ahol néhány másodperc után már játszhatunk is, de cserébe kimagasló hangminőséget és változtatható orgonákat és orgonahangot kapunk. A betöltés jelentősen gyorsítható, ha a Hauptwerk által generált betöltendő állományt SSD-re helyezzük. Természetesen lehetséges analóg hangkimenet használata azoknak, akik régebbi analóg rendszerrel rendelkeznek, de mivel én notebookot használok a notebook analóg hangkimentenének S/N(signal to noise ratio) aránya nem kimagasló, a digitális megoldás jobb minőséget ad.



18. Ábra: Az orgona működésének sematikus rajza.

Forrás: Saját, MSPaint-ben rajzolt ábra

8.5.3: Önkritika

Céлом egy működőképes digitális orgona konzol építése volt. Hat hónapnyi tesztelés után kijelenthetem, hogy minden úgy működik, mint ahogy működni kell. Sikerült egy olyan konzolt megvalósítanom, amely saját kritériumaimnak megfelel, hordozható és szétszerelhető, minőségi alkatrészekből épül fel, de mégis gazdaságosabb, mint egy kész rendszer megvásárlása, ráadásul sikerült befejeznem a projektet a kijelölt időn belül. Kiemelt hangsúlyt kap a hordozhatóság szerepe. Egy bonyolult konzol súlya, mint például a Viscount Unico 700 322⁽¹³⁾ kg tömegű. A legtöbb digitális orgonakonzolt nem lehet csak úgy lapokra szedni így szállításuk jóval nehezebb. Az én konzolom hangtechnika nélkül 100 kg alatt van. Mivel a súly eloszlik, akár egy személy is darabonként cipelheti. A hangfalakkal már nehezebbé válik a dolog, de még így is szállítható marad.

8.5.4: Saját orgona versus Viscount Unico 300 digitális orgona

Hogy tényleg próbára tegyem saját munkámat elhatároztam, hogy összehasonlítom egy 2-manuálos versenyorgonával. Az összehasonlítás az alábbi táblázatban található ahol a főbb paraméterek szerepelnek. Ezeket az információkat közvetlenül a www.orgonaszalon.hu-ról⁽¹⁴⁾ gyűjtöttem össze.

Tulajdonság	Viscount Unico 300	Saját digitális orgona
Billentyűzet	2x61 billentyűs billenésérzékeny	2x61 billentyűs billenésérzékeny
Pedálsor	32 hangos párhuzamos	29 hangos párhuzamos
Regiszterváltók	Billentőkapcsolók	Érintőképernyő + FCB1010
Erősítőrendszer	4x60 W + 1x100 W	Pioneer VSX-921 csatornánként 150W
Hangszórók száma	9	5+1
Expression + Crescendo pedál	Van	Van (FCB 1010)
Alapregiszterek	47+5	Betöltött orgonától függ (144 eddig a legnagyobb amit láttam)
Kiegészítőregiszterek	Több 100 a memóriában	Egy orgonát szimulálunk így nincs. DE új orgona fájl készíthető, így elvileg korlátlan, csak bírja a számítógép.
Orgona stílusok	4 gyári + 4 felhasználói	Testreszabható, majdnem korlátlanul
Pisztonok száma	6+6	10, de léptethető így akár 100 is lehet
Memória Bank + szegmens	16 , 6	Több mint 256, több mint 16
Összes memória	576 general, 1728 divisional, PenDrive on korlátlan	Korlátlan, vagyis amennyivel a gép rendelkezik.
Setzer léptetés	Van	Manuálon nincs, de az FCB1010 tudja
Hangerő – Reverb	Szabályozható	Többféleképpen is szabályozható
Kopulák	Van	Orgonafüggő, de többségében igen
Editálható regiszterek	Igen	Nem, mert orgonafüggő, viszont a regiszterek testreszabhatók, illetve új orgonafájl készíthető, amiben más regisztereket is használhatunk
Manuálonként hangerőszabályozható	Igen	Nem 100%, de valószínűleg igen.
Tremulant beállítása manuálonként	Igen	Betöltött orgonától függ
Zengések konfigurációs száma	8	Betöltött orgonától függ
Állítható fűvászósség aktív regiszterekre	Igen	Betöltött orgonától függ
Manuálcsere	Igen	Igen (szoftveresen és hardveresen is)
Temperálások	Jónéhány	Sok, és saját is készíthető így korlátlan
MIDI programozható	Igen	Igen
Különböző kimenetek - bemenetek (System, Line in, Mic, Line out)	Igen	Igen (A laptopon az analóg csatlakozók)
Méretek (cm) [Szél x Mag x Mély]		110x106x54 Pedál és kottatartó nélkül

Pedál nélkül Pedállal	162x127x65 162x127x111	110x131x54 Pedál nélkül kottatartóval 110x131x110 Pedál és kottatartóval
Sequencer	Igen	Igen (Ha DAW-t használunk)
Konzol súly	185 kg	100 kg alatt ~ 75-80 kg

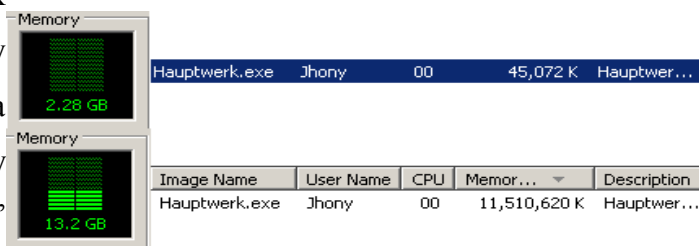
Mint látható, sok esetben a saját eszközőm versenyképes a kész eszközzel. Egy megfelelő szoftveres orgonát kiválasztva, például (Palace of Arts, Budapest), majdnem az összes funkció szabályozható.

8.5.5: Orgona tesztelése és mérhető információk megállapítása

Elméletben ez így mind szépen hangzik, azonban mi a helyzet a gyakorlatban? Ténylegesen teljesíthető e a 20 ms alatti késleltetés, mennyi erőforrást használ fel a rendszer, vannak e problémák a rendszerben?

8.5.5.1: Memóriahasználat, Processzorhasználat

Mint korábban említettem, a hauptwerk élő felvételeket használ a szimuláció során így rengeteg RAM-ot használ fel. Tesztorgonaként a Szlovéniai Velesovo orgonát töltöttem be, mely egy közepes orgonának minősül. „Mindent a minőségért”



elvet követve a betöltött orgona több mint 11 GB memóriát használ fel (19.ábra), mely bizony igen

19. Ábra: Hauptwerk memória használata az orgona betöltése előtt és után

Forrás: Saját, MSPaint és printscreen munka
soknak mondható. A minőség rovására azonban ez az érték egészen 3,2 GB RAM-ig csökkenthető, így mindenki megtalálhatja a számára ideális minőség/felhasznált RAM értéket. Személyes tapasztalat alapján bármilyen lapozófájl használata ellenjavalt és csak problémákat okoz, ugyanis a hangkésleltetést megnöveli az I/O műveletek miatt. A 19-es ábrán szintén látható, hogy a processzorhasználat 0%. Ez így önmagában nem teljesen igaz. Amikor a screenshot készült, akkor az orgona éppen nem volt használatban. A realisztikus processzorhasználatot viszont a Hauptwerk öndiagnosztikai eszköze a 20.ábrán szépen szemlélteti. A legnagyobb processzorkihasználtság amit saját rendszeremen el tudtam érni, az 30%-volt, (Core-I7 3610QM) úgy, hogy a gép a Hauptwerk futásakor akkumulátorról működött. Korábbi laptopomon, mely egy Core 2 Duo P7400-as processzort használt, melyet 2009 ben gyártottak, a processzor kihasználtsága elérte a 65%-ot. Fontos viszont két dolgot megjegyezni. Amíg a processzorhasználat 100%-ot nem éri el, addig nem tapasztaltam semmilyen problémát. Másrészt az összehasonlítás nem teljesen helytálló, hiszen közben a Hauptwerk egy verzióváltást is megélt, (3.22-ről 4.0.1-re) melybe bizonyosan szoftveres optimalizációk is belekerültek. Ezekből az információkból arra a konklúzióra jutottam, hogy a Hauptwerk működését a processzor teljesítménye kevésbé befolyásolja, inkább a RAM-on van a hansúly.

8.5.5.2: Hang Késleltetés vizsgálata

A hang késleltetés az orgona konzolon elvégzett művelet(input, billentyűleütés) és megszólalt hang (output) közötti idő különbsége milliszekundum-ban (ms) mérve. Ez az érték elsősorban az organistának fontos, hiszen ő játszik a konzolon. A 20 ms határérték azért lett kiválasztva, mert az organista ezt a különbséget már érzékelni tudja. A magas késleltetési értékek (késleltetés > 40 ms) igen zavaróak lehetnek, főleg akkor, ha az organista nem kottából játszik, hanem improvizál és valamilyen gyors darabot játszik. Még egy szakképzett organistát is megzavarhatja az, ha nem azt hallja amit játszik. Az alábbi 2 screenshot-ról (20-21 ábra) is leolvasható, hogy a szoftveres késleltetés értéke 7,3 ms. Ezt a késleltetést alátámasztja a DPC latency checker program is, mely a számítógépen lévő késleltetést méri. Azonban ez nem a teljes kép. A MIDI/USB konverterre realisan 1-2 ms késleltetést kell számolni, továbbá ha a pesszimista gondolatmenetet követjük, akkor a Pioneer VSX-921 erősítő DSP-jének késleltetése maximum 10 ms. Ha ezeket az értékeket összeadjuk, akkor még pesszimistán számolva is a teljes késleltetés 20 ms alatt marad, ezáltal ez kitűzött cél is teljesítettnek számít. Pontosabb mérések végrehajtásához sajnos bizonyos eszközök lennének szükségesek, melyekkel én nem rendelkezem.



20.Ábra: Hang késleltetés és processzorhasználat (20%)

Forrás: Saját MSPaint + PrintScreen munka



21.Ábra: Velesovo orgona betöltve, mindenféle konfigurációs és diagnosztikai ablak is látható: DPC Latency Checker, Feladatkezelő, ASIO4ALL univerzális alacsony késleltetésű driver konfigurációs ablaka

8.5.6: Lehetséges optimalizációk

A projekt célja egy működőképes digitális orgona konzol létrehozása volt. Ez azonban nem jelenti azt, hogy egy kész eszközt ne lehetne továbbfejleszteni. Ez a szekció a lehetséges optimalizációkról szól.

8.5.6.1: Érintőképernyő beszerzése

Bár a konzol így is működőképes egy érintőképernyő beszerzése nagyban segítheti a rendszer használhatóságát. Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem építenek regiszterhúzókat a konzolba. A magyarázat abban rejlik, hogy a Hauptwerk nem egy orgonát szimulál. Lehetetlen megállapítani, hogy pontosan hány fizikai regiszter húzó és kapcsoló kerüljön a konzolba, ha több digitális orgonát is szimulálunk. Ha valaki egy digitális orgonánál megállapodik, akkor esetleg erről lehet szó, de a húzók és kapcsolók hozzáadása komolyan megbonyolítja a rendszert, mely főleg a hordozhatóság rovására fog menni. Egy érintőképernyő lehetővé teszi a precízebb vezérlést különböző interfészeken. Ez az optimalizáció meg is történt, beszereztem egy ilyen érintőképernyőt a vezérléshez és kijelenthetem, hogy tényleg sokat segít.

8.5.6.2: REED Relé rendszer lecserélése

Bár a relék a pedált működőképesé teszik és sok orgonapedálban még ma is reléket használnak, a relék törékenysége nagyban befolyásolja a pedál hordozhatóságát és működőképességét. Utólagos kutatásaim során két alternatívát találtam. Az egyik az OPTO csatolók használata, a másik a Hall Effect Szensorok használata. Az OPTO csatolók lényegében egy fotodiódából és egy fotodetektorból épülnek fel. Problémás azonban az, hogy az OPTO csatolók működtetéséhez egy nagyon specifikus feszültség szint szükséges. Ehhez speciális feszültség stabilizátor áramkörre van szükség, mellyel az MPC32XRS vezérlő nem rendelkezik. Ha rendelkezne is, a vezérlő kialakítása nem megfelelő, ami azt jelentené, hogy újratervezésre lenne szükség. A másik probléma az árban rejlik. Egy ilyen rendszer kiépítése sokkal drágább mint a REED relék használata, de lehetséges. A másik lehetséges megoldásra nem régen találtam rá. A Hall Effect Szensorok mágneses tér hatására a feszültségszintet változtatják. Nagyon sokáig kételkedtem, hogy egy ilyen megoldás egyáltalán kompatibilis lehet e az adott vezérlővel, egészen addig, míg az interneten nem találtam egy másik személyt, aki ugyanehhez a vezérlőhöz a Siemens által tervezett Hall Effect Szensorokat használt. Tervezésben van, hogy ezzel a személlyel felvegyem a kapcsolatot, hogy minél többet tudjak meg ennek a rendszernek a működéséről. Ha minden úgy alakul, akkor akár lehet, hogy a REED reléket Hall Effect Szensorokra cserélem, miközben a MIDI vezérlőt megtartom. A Hall Effect Szensorok használata azért is egy érdekes megoldás, mert némi programozás és megfelelő vezérlő

felhasználásával a különböző feszültség szinteket fel lehetne használni akár arra is, hogy a MIDI jelek sebességét (velocity) meghatározzuk.

8.5.6.3: MKE vezérlők alapos tesztelése és esetlegesen hűtőborda tervezése

Mint ahogyan azt már korábban említettem, az MKE vezérlő néhány nyáklapi eleme a kelleténél jobban melegszik. Ezeknek az elemeknek a hőmérsékletének monitorozása, kiértékelése és esetlegesen ha hőmérsékletük problémás, akkor speciális passzív hűtőbordák tervezése is fontos, hogy ezeket az elemeket megfelelő hőmérsékleten tartsuk. A túl meleg elemek, a vezérlő élettartamát csökkenthetik, mely a megbízhatóság rovására megy.

8.5.6.4: Orgona Pedál zajának csökkentése

Bár erről már esett szó, hogy a gyors játék esetén a pedál csattog, van rá lehetőség, hogy a csattogást csillapítsuk. Érdeemes elgondolkodni azon, hogy érdemes ebbe befektetni e. Ebben az esetben Kenneth A. Spencer-hez fordultam. Ő azt javasolta, hogy speciális zerge bőrcsíkok vásárlásával a pedál úgy mond kibélelhető, mely jelentősen tompítja a pedál zaját. Miután utánanéztem ilyen speciális bőrcsíkoknak, az ötletet elvettem mert túlságosan költséges megoldás lett volna.

9: Összegzés

Ahogy a dolgozat elején is ismertetésre kerültek a feladatok, ebben az esetben egy rövid összefoglaló következik, mely röviden, vázlatpont szerűen összegzi a megadott problémára a megoldásokat

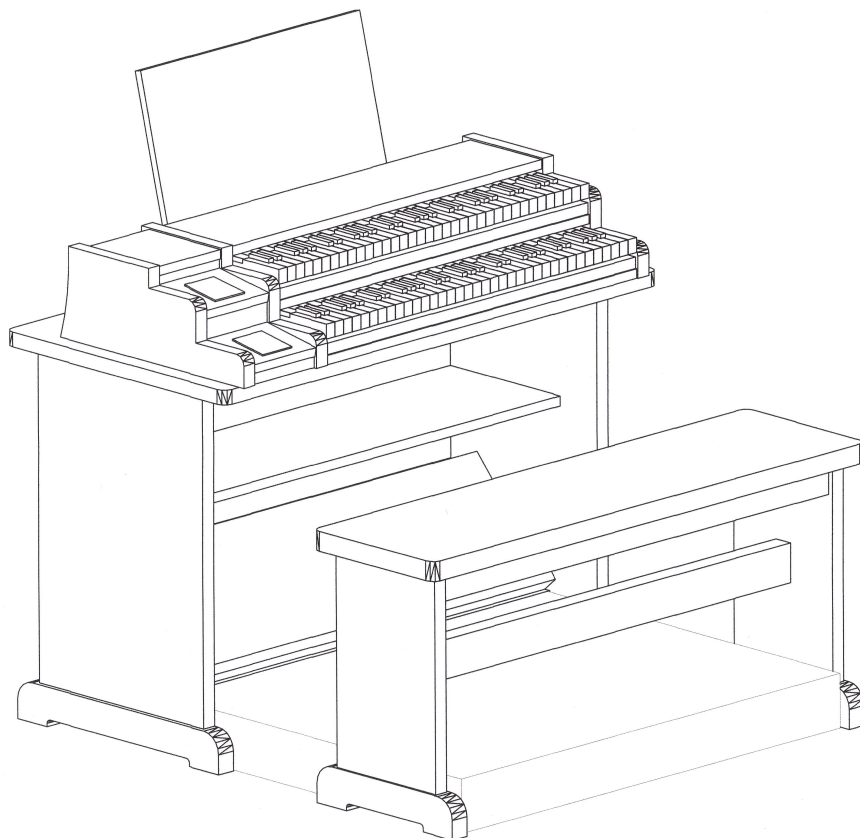
- 1:** A MIDI szabványt többféleképpen is megismertem. Mind az internetről, mind saját tapasztalatból.
- 2:** A REED relé technológiával éppúgy az interneten találkoztam és ismertem meg, mint ahogy a relét saját magam forrasztottam ki és be a különböző áramkörökbe.
- 3:** A Mechanikus orgona működését Trajtler Gábor Orgonaismeret c. jegyzetéből ismertem meg. A digitális orgona működéséről pedig internetes kutatásaim során tudtam meg többet. A projekt befejezése után személyesen is megismerkedtem egy kész példánnyal.
- 4:** A projekt tervezésében a külföldön végzett Research Project nevű tantárgy ismerete segített.
- 5:** A konzultálás Kenneth A. Spencer-rel e-mail segítségével történt, kérdés-válasz stílusban.
- 6:** Alkatrészek alapjául először Kenneth Spencer által megismert hardverekkel kezdtem, viszont minden alkatrész esetén külön kutatást végeztem és jó néhányat lecseréltem másra, ahol problémák akadtak. Elsősorban az ár/érték arányt figyelembe véve.
- 7:** Kizárásos módszert alkalmazva egy alkatrészlista lett a végeredmény.
- 8:** A logisztikai munkát többnyire e-mailben intéztem, de nem volt ritka a telefonos egyeztetés mind a futárokkal, mind az eladókkal.
- 9:** Asztalos szakember és elektromérnök bevonása a projektmunkába
- 10:** Alkatrészek külön külön tesztelése és együttes tesztelése mind PC-vel, mind egymással.
- 11:** Orgona pedál MIDI eszközzé alakítása MPC32XRS vezérlővel és REED relék használatával, konzultálás és segítségkérés mind asztalos szakembertől mind elektromérnöktől.
- 12:** Orgona játszóasztal kritériumok angolszász mértékegységről való SI-re konvertálása, megértése, lefordítása és asztalos szakembernek elmagyarázása.
- 13:** Saját orgona játszóasztal kritériumok kitűzése és egyesítése a megadott szabványparaméterekkel.
- 14:** Átadott információ és AutoCAD ábra alapján való diszkusszió a tervek véglegesítéséhez és építéséhez.
- 15:** Konzol hazaszállítása az asztalostól, összeszerelés, beüzemelés, konfiguráció.
- 16:** Optimalizációs lehetőségek kiértékelése és a legsürgősebb: érintőképernyő beszerzése

10: Befejezés

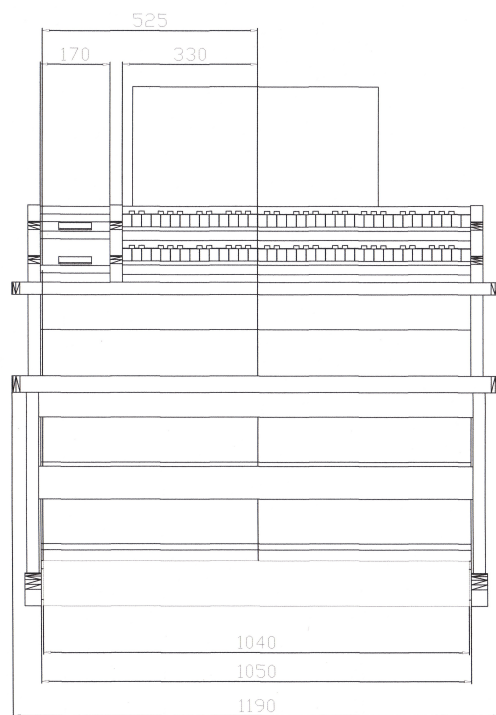
Célom az volt, hogy képes legyek úgy orgonán játszani, hogy ne kelljen különböző külső korlátozó tényezőktől függenem. Ennek érdekében egy működő digitális orgona játszóasztalt terveztem építeni. Erről szólt a projekt, melyet sikeresen megvalósítottam. Egy működő prototípus készült, mely némi kompromisszummal, de minden kitűzött célt teljesített. A hardvernek köszönhetően, az orgona vezérlése precíz és pontos. A Hauptwerk szoftver miatt, az orgona hangminősége kimagasló és a szoftver beállításainak köszönhetően teljesen testre szabható. A Pioneer VSX-921-es digitális erősítőnek, a HDMI összeköttetésnek és a Polk Audio hangfalak segítségével a szoftver által generált orgonahang hangminősége megmarad és továbbra is kimagasló. A jó hardver, szoftver és hang technika kombinációjának köszönhetően a rendszer minden reményemet felülmúlta. Bár személyes összehasonlítást csak nyáron tudtam elvégezni a Csonka templomban lévő digitális orgonával, de amikor kipróbáltam azt a kész digitális orgonát, egy önelégült érzés töltött el, ugyanis meggyőződtem, hogy a kész digitális orgona hangminősége meg sem közelíti annak a minőségét amit nekem sikerült csinálnom. Továbbá a manuál billentyűi is nagyon mesterségesnek tűntek a FATAR TP/80 billentyűihez képest. A projekt kitűzött céljait sikerült megvalósítanom úgy, hogy csak kisebb szabályszegés történt a konzoltervezés során. Továbbá azt is kijelenthetem, hogy rengeteget tanultam az egész projekt során. Megismertem a MIDI szabványt nagyon közről egészen a bináris szintig. Sokat tanultam projekt menedzsmentből. Hogyan kezdjek neki egy hatalmas munkának, mit kell tennem, mi az amit figyelembe kell venni, mi az amit kevésbé. Rengeteg információt megtudtam az orgonák történetéről, működésükről, felépítésükről, karbantartásukról. Megismertem a digitális orgonák felépítését, mely lehetővé tette a saját orgona játszóasztalom megterveztetését és megalkotását. Némi elektronika ismeretet és tapasztalatot is szereztem, mielőtt úgy határoztam, hogy kész alkatrészeket veszek. Megismerkedtem a különböző orgona pedál szabványjaival, miben különböznek, miben hasonlítanak. Ismeretet szereztem az orgona konzol alapvető paramétereiről, milyen szabványokat kell betartani. Nem utolsó sorban tapasztalatot szereztem bizonyos cégekről és termékeikről, azoknak működésükről és esetleges előnyeikről vagy hátrányaikról. Nem volt gyerekjáték az sem, hogy kikalkuláljam melyik döntés volt a leghatékosabb mind minőségileg, mind gazdaságilag. Ismertetésre került a hang késleltetés problémája és egy megoldás is. A Windows 7 operációs rendszer Hauptwerk-hez való optimalizálásról is rengeteg információt és tapasztalatot szereztem. Rengeteg idő ment el kutatásra, és utólagosan néha úgy érzem, hogy még több időt is fordíthattam volna rá. De ennek ellenére kijelenthetem: „A Projekt elkészült!”

11: AutoCAD export ábrák

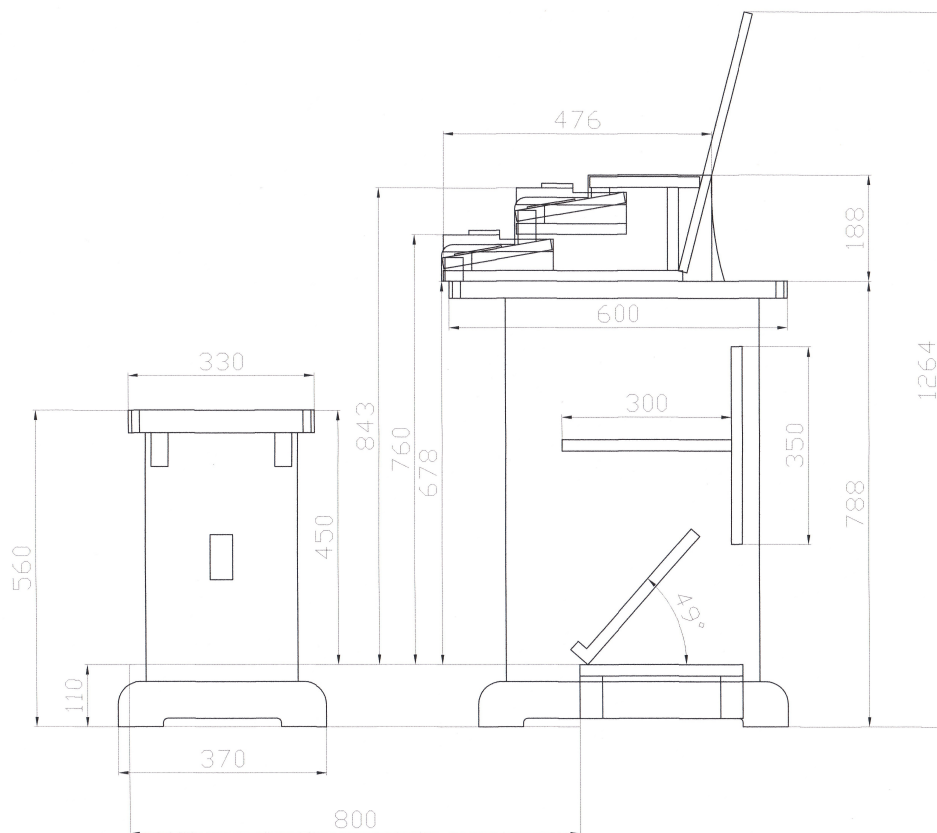
Műszaki Specifikáció és a felügyelettemmel készült CAD rajzok amelyet az asztalos készített.



22.Ábra: Az orgona konzol oldalnézetből



23.Ábra: Az orgona konzol szemből



24.Ábra : Az orgona konzol oldalnézetből. Láthatók a belső elemek is

12:Források

Wikipédia: [általános információ]

1:<http://hu.wikipedia.org/wiki/MIDI>

2:<http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI>

3:<http://hu.wikipedia.org/wiki/REED-rel%C3%A9>

4:http://en.wikipedia.org/wiki/Reed_relay

5:<http://en.wikipedia.org/wiki/Hauptwerk>

6:Hauptwerk hivatalos oldala:

<http://www.hauptwerk.com/>

7:Kenneth Spencer zenei honlapja

<http://www.my-music.mine.nu/project.htm>

8:Trajtler Gábor Orgonaismeret

Az Evangélikus Hittudományi Egyetem egyházzenei tanszékének jegyzete

Budapest, 2000 (saját, digitalizált verzió)

L1:<http://dl.dropbox.com/u/5505147/Orgonaismeret.pdf> L2:<http://nexusserver2.no-ip.info:55555/orgonaismeret.pdf>

9:Hang alapismeretek és MIDI szabvány

http://www.indiana.edu/~emusic/etext/MIDI/chapter3_MIDI.shtml

10:Orgona játszóasztal AutoCAD ábra (megtekintéshez legalább AutoCAD 2004 szükséges):

L1:<http://dl.dropbox.com/u/5505147/Orgona.dwg> L2: <http://nexusserver2.no-ip.info:55555/orgona.dwg>

11:Információk orgonákról, egyediségek, világrekordok:

http://www.die-orgelseite.de/disp/H_Budapest_MillenniumdomPhilharmonie.htm

http://www.die-orgelseite.de/kurioses_e.htm

12:Viscount digitális orgonák árai:

<http://www.orgonaszalon.hu/orgonaszalon-hirportal/wp-content/uploads/2012/03/unico-referenciahely.pdf>

13:Viscount Unico orgonák specifikációi [angol]:

<http://www.orgonaszalon.hu/letoltes/unicoprosi.pdf>

14:Viscount Unico 300 orgona paraméterei [magyar]:

<http://www.orgonaszalon.hu/page63/page15/page10/page10.html>

15:Midi Gadgets Boutique és alhonlapjai :

<http://midiboutique.com/>

16:Különböző személyek által készített orgonakonzolok:

<http://www.pcorgan.com/FotosEN.html>

17: Behringer FCB1010 Specification Sheet:

http://www.behringer.com/assets/FCB1010_P0089_S_EN.pdf