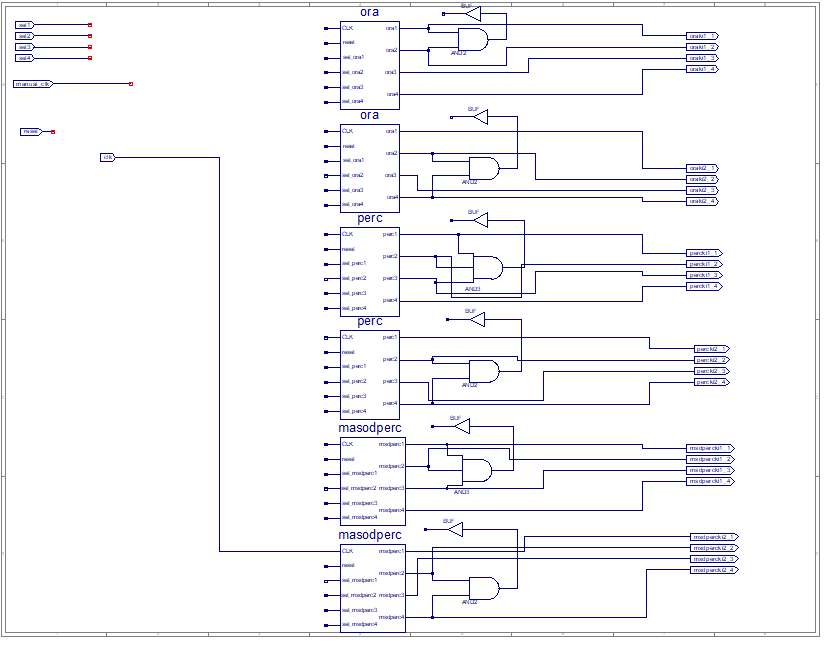
**Analóg óra elemi alkatrészekből**

**Szanyi Vilmos**

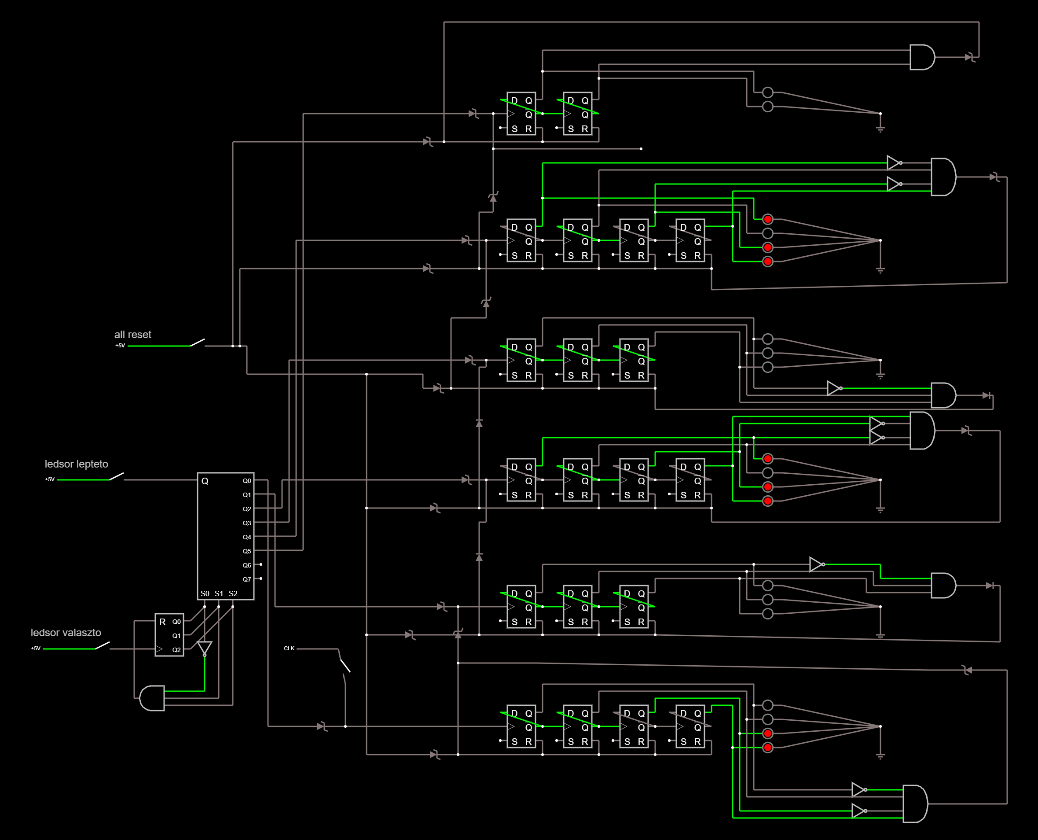
**Az elképzelés:**

Az egész projekt egy otthoni időtöltésnek indult. Apukám kérése volt, pontosabban kihívása, hogy a lehető leg elemibb alkatrészek felhasználásával készítsek neki egy olyan órát, ami ledek segítségével kettes számrendszer alapján jelzi ki a pontos időt. Én az alap elképzelés megvalósításához D-flipflopokat választottam. A koncepció nem bonyolult, végső soron 6 ledsoron kell egy felfelé számlálást végezni, amire egy up-counter is tökéletes lenne, de a kihívás miatt negált kimenetekkel sorba kötött flipflopokkal helyettesítettem. Viselkedés tekintetébe azonos a két rendszer, de mint utólag kiderült ezzel a koncepcióval később továbbfejleszthető az óra, hogy az idő pontos beállítását a flipflopok SET pin segítségével egy mikrovezérlő végezze el, de ez egy későbbi kihívás lesz. A hat ledsor nem azonos hosszúságú ugyanis az órák esetében 24-ig, a percek és a másodpercek esetében 60 ig kell elszámolni. Mindhárom részlegnél két-két oszlop van a két számjegy számára. Binárisan nézve a számokat láthatjuk, hogy nem szükséges mindenhol a negyedik hatványig egy-egy led, így a végső eloszlás 2-4—3-4—3-4 led lett oszloponként. A felfelé számlálás esetében mikor az alsóbb rendű időegység eléri maximumát az lead egy órajelet a következő oszlopnak és a RESET pineket használva lenullázza a saját flipflopjait. Így egy folyamatos óra jellegű számolást kapunk, amely egy 1 Hz es óra jele kötve pontosan 24 óra lefolyása alatt fut körbe. A koncepció hitelesítéséhez legelőször Xilinx ISE segítségével felépítettem a kapcsolást, amit leszimulálva megbizonyosodtam arról, hogy az elképzelés úgy működik ahogy annak kell. Habár a leszimulált kapcsolási rajz egy merőben kezdetleges változata volt az órának alap kezdő löketnek elegendő volt. A vizualizáció hiánya miatt következő lépésben egy valós idejű szimulációt szerettem volna létrehozni így elkezdtem áramkör szimulátorok után kutatni, amelyek ingyenesen elérhetőek, és egy pilótavizsgánál egyszerűbbek. A keresési feltételeknek minden tekintetben megfelelt a Falstadt szimulátor, amely segítségével ismételten felépítettem a kapcsolást és így újabb hibákra és tervezési hiányosságokra bukkantam, amelyek folyamatos javításával, rövid időn belül sikerült egy működőképes és több szempontból hibamentesített változatot felvázolnom. A következő lépés a végleges schematic megalkotása volt, amely értelem szerűen a leghosszabb lépése volt a teljes folyamatnak, amit az is szemléletesen mutat, hogy a mai napig tökéletesítésre és csiszolásra vár. A schematic megalkotása közben, mint ahogy az várható volt problémák tömkelegére kellett megoldást találnom. Mivel a kapcsolási rajzot mindenképpen tényleges NYÁK-ká szeretném alakítani Rögtön az Altium Designer 2018 as változatában kezdtem neki a munkának.

**Kezdeti lépések:**

****

A kapcsolás kezdetleges változata az ISE programban. Mint látható félig befejezettlen és számos egetverően súlyos hibát tartalmaz. Tekintve, hogy a Projekt legelső tehát kezdő lépése volt, leginkább az ötlet felvázolása, valamint a koncepció validálása volt a cél ennek a létrehozásával. A folyamatos tanulás elengedhetetlen volt, hogy később a már komplexebb tervezési lépéseknél a hibákat megtaláljam és kijavítsam, amelyek remélhetőleg nagyszámban meg is történtek így hamarosan végre ténylegesen elkészülhet a NYÁK.



A következő lépés volt Falstadt szimulátorban felépíteni egy már működő kapcsolást még tényleges alkatrészek kikeresése nélkül csupán a logikát vizsgálva. A program működéséből fakadóan még ez a kapcsolás is tartalmaz hibákat, de a készítése közben számos az ISE-ben vétett hiba már itt kiküszöbölésre került. A logikai alapját az órának mai napig a fent látható kapcsolás adja, amelyhez többször visszatértem ellenőrizni a készítési folyamat során. Habár a program valós időben változó szimulációt képes végezni, sokkal jobban kedveli a milliszekundumban mérhető időközöket így érthető, hogy finoman fogalmazva nem szerette, ha valós 1 Hz frekvenciájú órajelet próbáltam használni egy szimulált 555ös áramkör bekötésével. A diavetítés elkerülése végett inkább egy virtuális órajelet hoztam létre, jóval gyorsabb frekvenciával így ellenőrizni tudtam a végig futás pontosságát már a ledek leolvasásával is. Itt épült meg a majd később részletezett és még mai napig finomításra váró idő beállító egység.

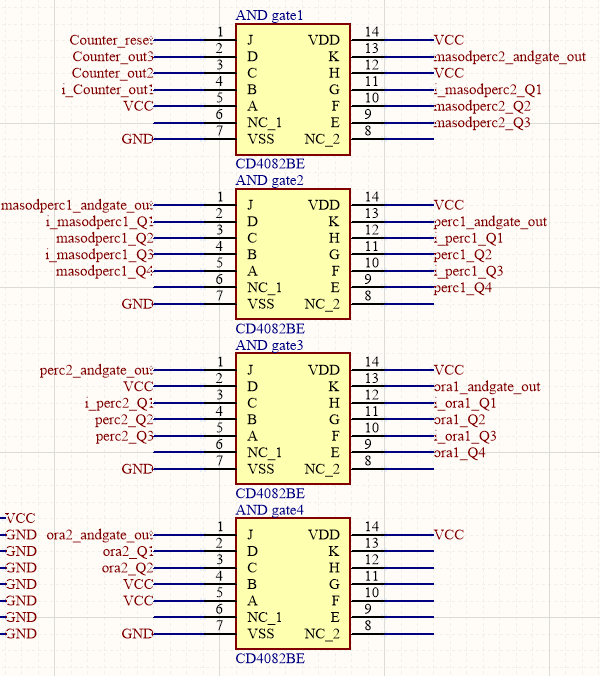
**Flipflopok:**

A képen asztal látható

Automatikusan generált leírás

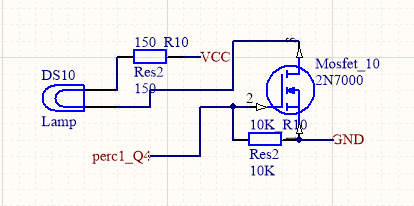
A megvalósításhoz elsőnek ki kellett választanom a megfelelő flipflopokat, amelyek a leginkább lefedik az igényeimet. Egy felfutóélre aktiválódó típust kerestem elérhető áron és hálistennek széles választékból keresgélhettem. A végső választás a CD4013-as elnevezésű kettős flipflop lett kétszer hét pines lábkiosztással. A négyszeres flipflopok használata is felmerült, viszont ezeknél a resetelés lehetősége nem volt adott. Ezek hiányában nem lehetne egyszerűen vagy beállítani, hogy egy adott oszlop számlálása mikor álljon meg, adja tovább az órajelet majd nullázódjon le. Ezért a SET és RESET pinekkel rendelkező változat lett a befutó, amely később jó döntésnek bizonyult ugyanis a későbbiekben, ha az óra fejlesztésére kerülne sor, a SET pinek segítségével egy mikrovezérlő is beállíthatja a pontos időt. Az első flipflopot leszámítva az órajelek az előző flipflop Q-negált kimenetéről érkeznek így végsősoron egy frekvenciaosztást hozunk létre a kettes számrendszer használata miatt. A kiválasztott flipflopok mind furatszerelt kivitelben lettek beszerezve a könnyebb forraszthatóság érdekében ugyanis gyakorlat híján az felületszerelt alkatrészek használatát nem mertem elvállalni. A lábkiosztás standardnak mondható: a 7 es pin a föld míg a 14 es pin a tápellátásra szolgál, így mindkét oldalon marad 6-6 pin a két flipflop számára ( kimenet; negált kimenet; órajel bemenet; RESET bemenet; D-bemenet; és a SET beállító bemenet.). Összesen 10+1 IC kerül a NYÁKra, ebből tíz látja el az óra részét az áramkörnek míg a plusz egy az 1 Hertzes órajel előállításában vesz részt. A ledeket a flipflop Q kimenetei vezérlik egy MOSFET segítségével. minden flipflophoz tartozik 1 led, ami indikálja az adott flipflopban tárolt értéket. A resetelés az adott flipflop oszlop megfelelő számértékének elérésekor a kimenetek megfelelő logikai kapcsolatának megállapításával történik 6 darab AND gate segítségével.

**Az AND kapuk:**

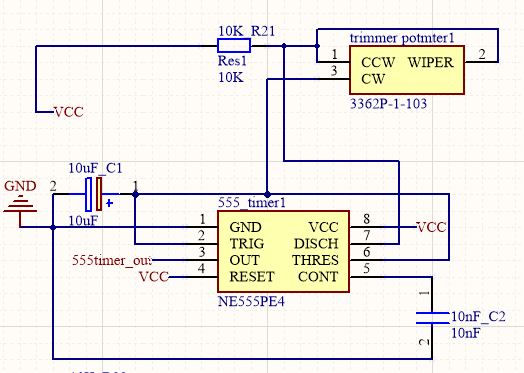


Az AND kapuk kizárólagosan a resetelés biztosításához lettek beszerelve az áramkörbe, de egy extraként az idő beállításhoz is később egy szükséges elem lesz. Jelen helyzetben négy CD4082 típusú, dupla tokozású AND gate látja el a már fentebb részletezett feladatokat. Mindegyik kapu 4 bemenettel rendelkezik, oldalankénti osztásban, tehát ha a lábakat nézzük észrevehetjük, hogy oldalanként van egy-egy be nem kötött "Non-connected" láb. A vdd pozitív tápfeszültség itt is szokásosan a tizennégyes pinre, míg a vss tehát a negatív tápfeszültség (tehát a földelés jelen esetben) a hetes lábra van bekötve. A Kapuk kimenete egyenként egy BAT85 típusú diódával van védve az esetlegesen megjelenhető káros visszáramtól. Így mikor Full Reset gombbal adunk feszültséget a Reset pineket összekötő vezetékre, nem károsodnak az AND kapujaink. Ezek a logikai kapuk így garantálni tudják a flipflopok (tehát közvetve a ledek) megfelelő nullázódását és a nem lehetséges időpontok kijelzésének megakadályozását.

**A ledek:**

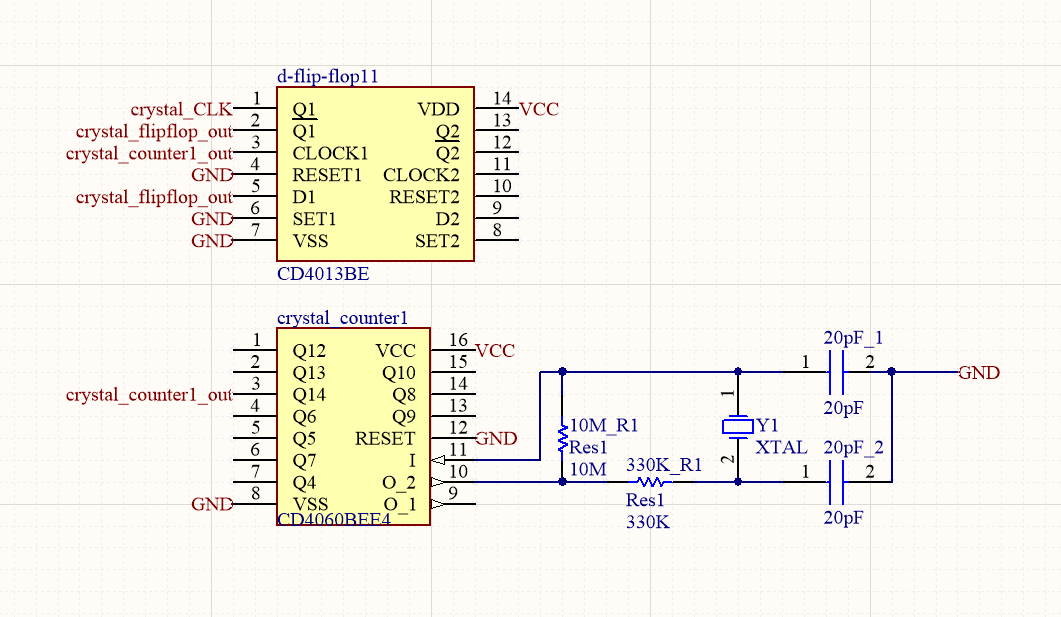


A kijelzést egyszerű Kínából nagykiszerelésben rendelt piros színű ledekkel oldottam meg. Egyenként 20 mA áramot vesznek fel és 1.9-2.1 V feszültségen működnek, éppen ezért Az 5V-os tápfeszültséget egy 150 Ohmos ellenállással csökkentettem a megfelelő szintre. Minden Led saját vezérlést kapott egy MOSFET segítségével így biztosítva, hogy a flipflopok logikai kimeneteivel tudjuk szabályozni őket. Mint a képen is látható a 2N7000 típusú N-Mosfetet használtam, amelynek a gate lábára kötött flipflop kimenet szabályozza, hogy a drain lábra kötött led negatív kivezetése kapcsolva legyen-e a source lábra kötött földeléssel. Lehúzó ellenállásként a gate és source közé be lett kötve egy 10 K Ohmos ellenállás is. Ebből az összeállításból összesen 20 darab helyezkedik el a leendő NYÁK-on. Egymás alatt helyezkednek el hat oszlopban így reprezentálva az órákat (huszonnégyig számolva kettő és négy bitet használva), a perceket (hatvanig számolva három és négy bitet használva) valamint a perceket ( szintén hatvanig számolva szintén három és négy bitet használva) tehát minden egyes bitet egy ledfény reprezentál.

**Az 555ös órajel:**

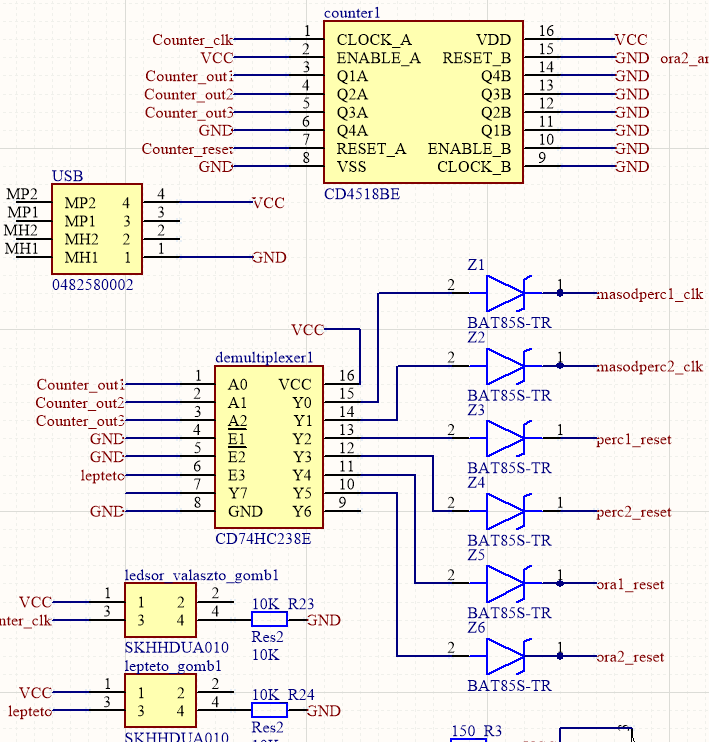
Kezdetben pár konzultációt követően az áramkör "egyszerűsége" érdekében úgy döntöttem, hogy az óra működéséhez elengedhetetlen 1 Hertzes órajelet egy 555-ös IC vel valósítom meg. Főleg az internet segítségével megtaláltam a megfelelő kapcsolást a cél eléréséhez. A GND láb természetesen a földre van kapcsolva közvetlenül, a trigger és a treshold láb, a trimmer poti (állítható ellenállás) -val kiegészítve, a nagyobb pontosság érdekében egy 10 uF -os polarizált tantál kondenzátor közbeiktatásával, míg a control pin csupán egy 10 nF-os tantál kondenzátor közbeiktatásával van földelve. A tápfeszültség itt is 5V a vcc bemenetre kötve. Az áramkör frekvenciájának beállításához egy többfordolatú 100K ohmos ellenállás van bekötve a discharge és treshold pinek közé. Több számítást követően arra jutottam, hogy ha ez a trimmer potméter pontosan 67.1 kOhm ellenállásra van beállítva abban az esetben a kimeneten egy majdnem tökéletes 1 Hz frekvenciájú négyszög jelet kapok, amit szimuláció és mérés is igazolt a későbbiekben. Ezt a négyszög jelet egy Mosfetre kötve hoztam volna létre az első flipflop számára szükséges clk órajelet. Sajnos azonban a kondenzátorra hagyatkozás miatt közel nem érhető el ezzel a kapcsolással óra pontosságú órajel, amit már a tervezéskor észrevettem majd később Arduinoval történő mérések meg is erősítettek ugyanis másodpercenként bőven +/- 15 milliszekundumos eltérés volt megfigyelhető, ami rövid idő alatt összeadódik így pontatlanná és használhatatlanná téve az órát. Az áramkör szépsége miatt meg a tudás megszerzésének "emléket állítva" nem vettem ki a NYÁK tervéből, hanem szimplán egy kapcsolóval választható opcióként otthagytam a sarokban, hátha néha átveszi a feladatot a következő pontban részletezett kristály oszcillátortól.

**A kristályoszcillátoros órajel:**

****

Az 555-ös áramkör pontatlansága miatt hamar felmerült egy alternatíva keresése és mi se lenne jobb választás, mint a nevüket is az alkatrészről kapó kvartz órákban használt módszer. A kristályoszcillátor használata ismeretlen terep volt számomra, de jelentős utána olvasást követően belevágtam a tervezésbe. A kapcsolás lelke a már említett kvartz kristály, amely pontosan 32768 Hz frekvenciával "rezeg" (tehát oszcillál) és mi ezt a javunkra tudjuk fordítani ugyanis ez egy az egyben megegyezik a kettő 15. hatványával. Ezt kihasználva egy erre a célra gyártott CD4060 típusú 14bites számlálót vettem, amelynek, ha a tízes és tizenegyes lábára a megfelelő módon bekötjük a kristályt, a hármas lábon egy tűpontos 2Hz frekvenciájú négyszög jelet kapunk. Ezt kötjük rá a már említett plusz egyedik flipflopra, hogy egy végső frekvencia felezést követően megszülessen a számunkra szükséges 1Hz es órajel. A pontos bekötést takarja a kristály két lába egy-egy 20 pF -os kondenzátorral való földre kötése, a 10 pin elé berakott 330K ohmos ellenállás bekötése, valamint a két oszcillátor láb összekötése egy 10M ohmos ellenállással. A végső pontosság miatt ajánlani szokták az egyik kondi trimmer kondira való cserélését, de esetemben nem jelentett volna akkora pontosság növekedést, mint amennyivel megnövelte volna az alkatrészköltséget. A pontosságot alátámasztotta a már említett Arduinoval végzett hosszútávú frekvencia mérés eredménye, amely szerint a kristály +/- 1 milliszekundumos eltéréssel operált, amely egyrészt tekinthető akár mérési hibának is, másrészt a negatív változás miatt napokban mérhető távolságban gyűlhet össze 1 másodpercnyi csúszás. Ezt a mértéket már tolerálhatónak ítéltem meg, tekintve, hogy az óra főleg tanulási céllal készül, másrészt nem volt cél a teljes pontosság hiszen ezt egy hegyező méretű szimpla RTC modul sokkal ügyesebben megteheti helyettünk.

**Az időbeállítás:**

****

Egy óra nem nevezhető teljes mértékben működőképesnek, ha kizárólag akkor mutatja pontosan az időt, ha pontban éjfélkor indítja el az ember. Habár a közmondás is úgy tartja, hogy az álló óra is pontos egynap kétszer, a mi alkotásunk az előbb leírt feltételek nélkül még ezt a szintet se érte volna el, ami nem túl szerencsés. Éppen ezért szükséges valamilyen mód arra, hogy beállíthassunk egy kezdő időpontot az óra számára. Erre a célra első gondolatra ésszerű lehet a flipflopok SET bemeneteit használni (ami lehet igaz is) de én egy fél fokkal egyszerűbb megoldást választottam. A központi órajel lekapcsolásával a led-oszlopok kezdő flipflopjai külön-külön kaphatnának egy manuális, gombbal létrehozott órajelet így léptetve az adott oszlopokat. A megoldás enyhén kezdetleges, viszont minimális alkatrészigénnyel kielégíti a szükséges funkciókat. A két fő szükséges alkatrész egy CD4518BE típusú négybites counter (ami egyébként, ha nem lenne az alap alkatrészek használatára vonatkozó kikötés tökéletesen helyettesíthetné a flipflopok halmazát) az oszlopok kiválasztásához szükséges felfelé számlálás létrehozásához. Ezen counter négy kimenetéből hármat bekötünk egy AND kapuba, valamint egy CD74HC238E típusú demultiplexerbe. A negyedik kimenet földre lesz kötve ugyanis az AND kapu segítségével azelőtt nullázzuk az up-counter mielőtt elérné a negyedik bit használatát. Hat oszlopunk van így a hat bináris értékére (110) állítjuk be az and kapu bemeneteit, hogy ezen érték elérésekor végrehajtsuk a szükséges resetelést. A multiplexer a counter kimenetének segítségével meghatározza, hogy melyik oszlopot akarjuk kiválasztani (hibás a kép szóval mint írtam ez a része a kapcsolásnak még egy erős átnézést igényel ugyanis egyelőre ezzel a résszel foglalkoztam a legkevesebbet) majd a kiválasztás után egy gomb segítségével adunk a multiplexeren keresztül egy clk jelet a kiválasztott sornak. A folyamat végén a clk jel központira való állításával térhetünk vissza "normál" üzemmódba, ahol az első flipflop bemenetére kötött pontos 1 Hz val hajtjuk tovább a számlálást.

**Az invertálók:**

**A képen asztal látható

Automatikusan generált leírás**

Habár használatuk jó pár esetben indokolatlan volt a már eleve negált kimenetelek létezése miatt, tekintve, hogy Kínából voltak és olcsóak így nem haboztam használni őket, hisz károm nem származik belőle, valamint a néhol hiányzó negálás miatt amúgy is lett volna legalább egy IC beépítve akkor meg már miért hagyjuk kihasználatlanul őket. Legfőképpen a resetelés meghatározására használt AND kapuk bemenetére kötött flipflop kimeneteinek negálására lettek használva. Hivatalosan az SN74HC14N névre hallgatnak de garantálhatom hogy azonos datasheet alapján készült kínai koppintásokról van szó ami (remélhetőleg) nem befolyásolja a működésüket.

**A NYÁK:**

A képen szöveg, elektronika, áramkör látható

Automatikusan generált leírás

A képen szöveg, elektronika, áramkör látható

Automatikusan generált leírás

A jelenleg elkészült nyák terv az első komolyabb nyák tervezésem éppen ezért nem is bízok meg benne, ami súlyos csúszást okoz az elkészültében. Az itt látható kapcsolás még egy jelentősebb csiszolásra és áttervezésre vár, amelyet a próbanyákon forrasztott (súlyos kudarcba fulladó) prototípus elkészítése során szerzett tapasztalataimra építek. A gomboknak szükséges a prellmentesítés, valamint számos ponton hibás a bekötés. A nyák bőven szűkebb elrendezésű mint ami tükrözi a valós helyigényeket így méretben is meg kell tolni, valamint felülvizsgálni a jelenlegi elrendezést. A tervezése során számos footprintet sikerült már kész formában beszereznem internetről az Altium Designer egyik pluginjának hála, de akadt pár olyan elem, amelyhez saját footprint készült, így azok gyakorlására sem volt utolsó a projekt.

**Összegzés:**

A projekt a mai napig készülőben van, de egyre közelebb és közelebb kerülök a végéhez. Egy teljes tervezési beszerzési és kivitelezési folyamat áll mögötte, amely számos segítséget nyújtott a használt szoftverek megismerésében. Életemben elsőnek kellett megfelelő alkatrészeket keresnem, így számos órát töltöttem különféle datasheetek böngészésével és rengeteg alkatrész működési elvét tanultam megvalamint az alkatrészek beforrasztásában is jelentős tapasztalatot szereztem. A projekt, ha egyszer elkészül egyszer még a szakdolgozat témámat is adhatja, ha rákapcsolok egy mikrovezérlőt. Csak elsőnek működjön az ami jelenleg még csak a monitoromon létezik