

Univerzitet u Nišu
Elektronski fakultet
Katedra za mikroelektroniku

PROJEKTOVANJE ŠTAMPANIH PLOČA

(Semestar VII, 2017. godina)

PRATEĆI MATERIJAL ZA PREDAVANJA I VEŽBE

Danijel Danković

1. TERMIN predavanja

1. čas:

UVOD. Štampane ploče (PCB – Printed Circuit Board) su sastavni deo svakog uređaja. Svaki dizajn je jedinstven, tj. nemoguće je za isti uređaj (istu šemu) dizajnirati istu štampanu ploču. Štampana ploča predstavlja objekat od izolacionog materijala, na čijim se površinama nalaze električni kontakti za elektronske komponente, kao i veze između njih, koje su od provodnog materijala. Kontakti gde se leme komponente su otvoreni, dok su veze između komponenta zatvorene, odnosno prekrivene slojem izolacionog materijala. Nisu sve rupe na štampanoj ploči za montiranje through-hole komponenti, već postoje i via-e.

Prema broju slojeva na kojima se nalaze električne veze, štampane ploče dele se na: jednoslojne (električne veze samo sa jedne strane), dvoslojne (električne veze sa obe strane) i višeslojne ploče. U literaturi se mogu naći termini: jednostrane i dvostrane ploče.

Polazni materijali za štampane ploče su: pertinaks, teflon, fleksibilne plastike, kao i organski supstrati (na pr. za OLED). Najčešće se koristi pertinaks, odnosno FR4. FR4 je fiberglas očvrstnut epoksidnom smolom. Ovaj materijal je dielektrik (izolator) i nije lako zapaljiv. Standardne debljine su: 0.8mm; 1.0mm; 1.6mm; 1.8mm; 2.3mm; 3.2mm. Tanji se koriste za višeslojne ploče, dok je za dvoslojne ploče najčešća debljina 1.6mm. Debljina bakra na ploči je tipično 35 μ m i ona se najčešće koristi. Ostale vrednosti koje se koriste su 17 μ m, 70 μ m, itd.

2. čas:

TEHNOLOŠKI NIZ. Električni spoj dva sloja bakra naziva se via. Nakon bušenja rupa, radi se oblaganje rupa bakrom (plating). Debljina bakra na zidovima je tipično 1 mils. Da bi se dobile provodne linije prvo se radi fotolitografski postupak, da bi se naneo sloj foto-rezista. Zatim se maskira rezist i izlaže UV zračenju. Delovi koji nisu pod maskom ostaju nepolimerizovani, a oni koji su pod maskom se polimerizuju, ili obrnuto u zavisnosti od polarizacije svetlosti. Sledi nagrizanje bakra i uklanjanje rezista. Tako dobijena ploča se prekriva slojem polimera (soldermask). Treba naglasiti da FR4 nije zelen, a pločice su zelene, ili bilo koje druge boje (crvene, crne) zbog laka kojim se lakiraju. Idući postupak se paralelno odvija na obe strane ploče. Via koja ostaje ispod sloja polimera zove se tented via. U okviru vije razlikujemo burence (unutrašnji sloj vije, između dva sloja), ped (jastuče- oko vije) i antiped-clearance, rastojanje između peda i drugog objekta (druge veze).

KOMPONENTE. Komponente se po načinu na koji ostvaruju električni kontakt sa linijama veza na ploči dele na: through-hole i SMD (Surface Mounting Devices). Komponente se mogu montirati sa jedne ili sa obe strane štampane ploče. Oblik električnog i fizičkog kontakta komponente i ploče naziva se otisak (footprint) komponente. Through-hole komponente su komponente kod kojih nožice prolaze kroz ploču i leme se sa donje strane ploče. Oznake komponente na PCB-u, ako za to ima mesta, rade se postupkom sito štampe (silkscreen). Umetanje komponente vrši se ručno ili pomoću automatskih mašina (pick and place). Lemljenje ovih komponenti odvija se u uređaju koji se zove kalajno kupatilo (soldering bath). Iako je naziv kalajno kupatilo zadržan do danas, za lemljenje se sada koriste kompozitni materijali (srebrne

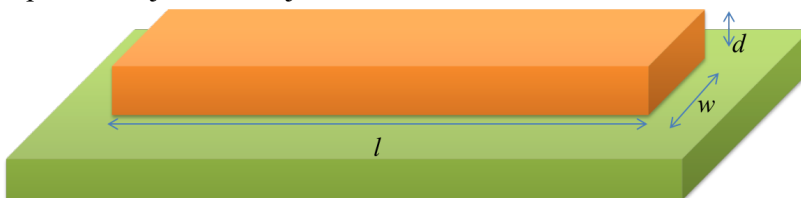
paste). Na kraju se nožice koje su preduge seku. Sve komponente u kalajnom kupatilu se odjednom leme. Postoji nekoliko velikih distributera komponenata: Farnell, Mouser, Digikey.

Na štampanoj ploči gde će se montirati SMD komponente, na sloji polimera se otvore kontakti za lemljenje (soldermask contact opening). Umetanje komponenti vrši se pomoću automatskih mašina. Komponente su u trakama namotanim u koturove. Mašina između kontakata stavlja kap lepka (epoksidnu smolu) da bi se pričvrstile komponente pre lemljenja. Kada se rade prototipovi, lemljenje se radi ručno. Postoje dve vrste lemljenja komponenti: lemljenje razlivanjem (Reflow soldering), talasno lemljenje (Wave soldering). Sve komponente u tehničkim specifikacijama sadrže podatke vezane za termičke karakteristike pri lemljenju (kolike temperature mogu da podnesu).

Rupe za mehaničku montažu (mounting holes) služe za učvršćivanje konektora za ploču i učvršćivanje pločice za kućište. Ove rupe nisu metalizirane, sem kada se uređaj smešta u metalno kućište pa je potrebno uzemljenje.

Štampane ploče se izrađuju iz panela. Na jedan panel staje više ploča. Nakon završetka procesa izrade, a pre montaže komponenata paneli se isecaju. Nakon isecanja ploče odlaze na obradu ivica. Važno je predvideti keep out, tj. dovoljno rastojanje koje omogućava siguran prolaz testere. Tipična vrednost keep-out-a je 1.3mm. Treba voditi računa i o tehnološkim ograničenjima. Minimalna širina linija i minimalno rastojanje između linija ograničeni su rezolucijom fotolitografskog postupka, ali postoje i električna ograničenja (na pr. dovoljno rastojanje da ne dođe do preslušavanja). Minimalni prečnik vije ograničen je mehanički, tj. kojom najmanjom burgijom u fabrici može da se probuši. Da komponente ne utiču jedna na drugu uslovljava minimalno rastojanje između komponenata, odnosno postoje i električna i mehanička ograničenja. Napomenimo, u stranoj literaturi provodne linije na PCB-u se nazivaju traces ili tracks.

Poprečni presek linije veze dat je na slici.



Iako je ta linija provodna (od visokoprovodnog bakra), ona ima određenu otpornost:

$$R = \rho_{Cu} \frac{l}{wd}$$

Gde je ρ_{Cu} - gustina bakra, l - dužina linije, w - širina linije, d - debljina linije. Cilj je da ova otpornost bude što manja. Ukoliko bi se povećala dužina linije, povećala bi se i otpornost. S druge strane, linije veza imaju konstantnu debljinu (35 μ m), pa ostaje manipulacija sa širinom linije. Širina linija zavisi prvenstveno od maksimalne struje koja treba kroz nju da prođe. Ilustracije radi, za debljinu bakra od 35 μ m i porast temperature od 10 stepeni Celzijusa

MINIMALNE širine linija su: za 1 A je 0.25mm, 2A-0.76mm, 3A-1.27mm, 4A-2.03mm. Za izračunavanje minimalne širine linija na PCB-u mogu se koristiti PCB trace calculator-i, dostupni na webu. Pored toga što linije imaju otpornost, njih karakteriše i podužna induktivnost i kapacitivnost (ploča-bakar-ploča), pa se definiše impedansa linije, kao i pad napona i disipacija snage na liniji.

3. čas:

Faze projektovanje uređaja su: logičko projektovanje, električno projektovanje, mehaničko projektovanje, projektovanje ploče, verifikacija i izrada projektne dokumentacije. Logičko projektovanje podrazumeva:

- definisanje funkcionalnih specifikacija (šta uređaj radi). U našem slučaju, projektuje se uređaj za akviziciju podataka, konkretno temperature koju prikazuje na displeju i ima USB interfejs za komunikaciju sa računarom...
- Definisane električne specifikacije. U našem slučaju, na kom naponu će raditi uređaj, kolika je disipacija, u kom opsegu se kreće radna temperatura, ne temperatura koju merimo...
- Definisane mehaničke specifikacije. U našem slučaju, kutija za uređaj, šta ima od priključaka, šta se koristi za zadavanje ulaznih komandi.
- Podela na funkcionalne celine (blokove). U našem slučaju, sekcija za napajanje, sekcija interfejsa sa senzorom, centralna jedinica, blok za komunikaciju...

Električno projektovanje podrazumeva: izbor komponenata i izradu električnih šema, simulaciju, kao i izradu prototipova blokova i niz merenja. Nikada ne probati funkcionalnost uređaja kao celine, već deo po deo, po blokovima. Ukoliko je potrebno i blokove treba rastviti na sitnije delove.

Mehaničko projektovanje podrazumeva izbor kućišta, elektromehaničkih komponenata (tastera, prekidača), mehaničkih komponenata (nosači, šrafovi) i 3D modeliranje.

Faze u projektovanju ploče su: definisanje tipa i dimenzija. Prvo nađemo kutiju, pa tek onda određujemo dimenzije PCB-a. Sledi razmeštanje komponenata (layout), definisanje pravila projektovanja u saradnji sa proizvođačem PCB-a, definisanje linija veza (routing) i 3D modeliranje.

Verifikacija podrazumeva proveru ploče prema pravilima projektovanja, što je uglavnom automatizovan proces; 3D modeliranje sklopa kućišta i ploče, detekcija delova u koliziji i drugih mehaničkih nedostataka i ispravke dizajna. Proces se odvija iterativno, uvek možemo da se vratimo na neku od faza.

Izrada proizvodne dokumentacije podrazumeva generisanje i proveru GERBER fajlova. Ovi fajlovi sadrže podatke, o na pr. koordinatama za bušenje rupa sa definisanim prečnicima. GERBER je standardni format za uređaje u proizvodnji štampanih ploča. Ukoliko mašina ne raspozna GERBER fajl potrebno ga je prevesti pomoću translatora u CAM (Computer Aided Manufacturing) fajlove. Zatim, izrađuju se montažne šeme za ploču i sklopni crteži, kao i lista potrebnih materijala (bill of materials- BOM). Vrlo je važno listu materijala proveriti više puta, kako u kasnijoj fazi ne bismo utvrdili da nedostaju određeni delovi.

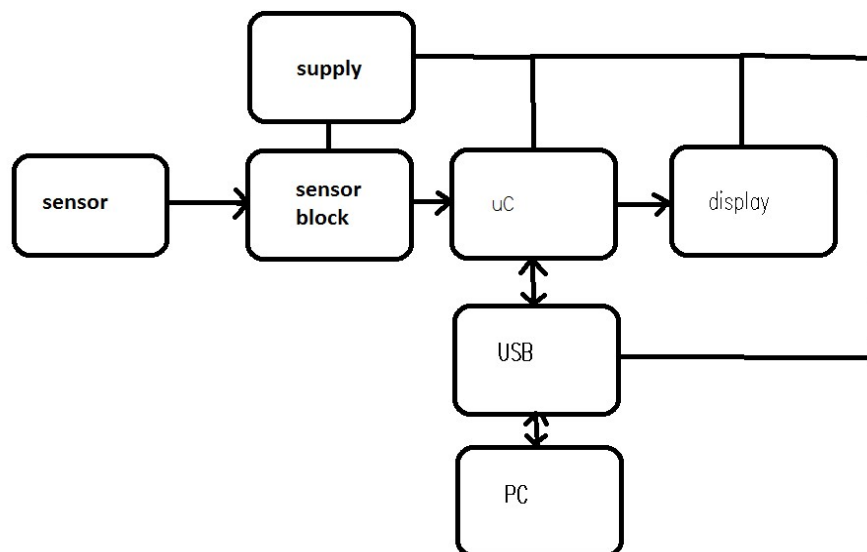
ECAD (Electronic Computer Aided Design) ili EDA (Electronic Design and Automation) podrazumeva logičku simulaciju, električnu simulaciju i projektovanje štampanih ploča. S druge strane, MCAD (Mechanical Computer Aided Design) podrazumeva projektovanje modela mehaničkih elemenata i sklopova, kabliranje, termičku simulaciju i simulaciju naprežanja. U ovom kursu radi se kombinovani- EMCAD. Najpopularniji programi za ECAD su: CADENCE, Altium Designer, NI Ultiboard (Multisim), DipTrace, Eagle, Proteus, MentorGraphics... Najpopularniji programi za MCAD su: CATIA, Simensa NX, SolidEdge, SolidWorks, AlibreDesign, Autodesk Inventor... U ovom kursu biće korišćeni AltiumDesigner i SolidEdge. MCAD elementi su: deo (part), sklop (assembly) i tehnički crtež (drawing). U našem slučaju, poklopac, stranica kutije bili bi delovi, cela kutija je sklop i prati ih odrgovarajući crtež. Postoji međusobna asocijativnost među elementima. To znači da ako na pr. promenimo dimenziju nekog dela, to će se reflektovati ostale elemente.

Formati za rezmenu podataka između ECAD i MCAD programa su: IDF, Step, Iges. Programi koji se koriste u ovom kursu koristiće .step fajlove.

2. TERMIN predavanja

1. čas:

Zadatak u okviru ovog predmeta je da napravimo uređaj. Dat je detaljan opis uređaja. Uređaj gde može da se priključi senzor temperature preko nekog kabla. Na kablu je da bi mogao da se stavi u neku peć, gde ne bi zbog pooštrenih radnih uslova mogao da se smesti ceo uređaj. Senzor prikuplja podatke o temperaturi, rezultati se obrađuju i prikazuju na displeju. Uređaj preko USB-a ima i komunikaciju sa računarom. Uprošćena blok šema uređaja prikazana je na slici.



Prvi korak u realizaciji sastoji se u tome gde da smestimo elektroniku uređaja koji pravimo. Postoje standardne kutije u koje se smeštaju uređaji i instrumenti. Kućišta se dele na kućišta za elektroniku opšte (široke) potrošnje za koje je bitan dizajn i kućišta za uređaje profesionalne elektronike, kod kojih je od dizajna bitnija pouzdanost i funkcionalnost. Druga podela kućišta je na metalna i plastična. Metalna se koriste za uređaje kod kojih je neophodno uzemljenje, a plastična za uređaje koji rade sa malim DC naponima, kod kojih ne treba uzemljenje. Napon od 42V DC smatra se OPASNIM naponom. Kao ilustracija gde može da se smesti naš uređaj prikazana je standardna kutija 1598E.

Folder: 1. kutija 1598E Dostupno na: <http://www.hammondmfg.com/dwg5.htm>

Zbog dimenzija izabrane kutije neophodno je da znamo 3D model komponenata i cele štampane ploče, kao bi proverili da li se to uklapa u kutiju. Može da se desi da zbog visine pojedinih komponenata nije moguće smestiti štampanu pločicu u kutiju, pa je zato potrebno izvršiti trodimenzionalnu proveru. To je sastavni deo mehatronike (mada je tamo uključen i softver). Dimenzije štampane ploče moraju da budu jednake (ili manje) sa onim što je predviđeno tehničkim specifikacijama kutije.

Na panelima kutije našeg uređaja nalaze se sa

Prednje strane: displej, LED dioda za indikaciju, on-off taster za uključenje, potenciometar za promenu pozadinskog osvetljanja

Zadnje strane: konektor za napajanje, reset, USB priključak, priključak za senzor

Konektor je elektromehanička komponenta koja nam je veoma korisna za ilustraciju. Biće korišćena za objašnjavanje mnogih pojmova, i u električnom i u mehaničkom smislu.

2. čas:

SolidEdge. Kutija u koju ćemo mi smestiti uređaj je KUSM-02. Nju smo koristili da bi objasnili osnovne principe SolidEdge-a. Osim toga, dostupna je na tržištu i možemo bez čekanja da je kupimo.

U zavisnosti od proizvođača u tehničkoj dokumentaciji daju se i/ili imperijalne (inči) i metričke (mm) mere.

Folder: 2. kutija KUSM-02 Dostupno na: <http://www.interhit.rs/cgi-bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02>

Na primeru kutije KUSM-02 detaljno je korišćenjem SoliEdge-a objašnjen:

tehnički crtež

deo (part)

sklop (assembly)

Kako se na osnovu tehničkog crteža crta deo. Detaljno je za KU-SM02-Bottom objašnjeno kako se vrši 3D modeliranje dela. Korak po korak pokazano je kako se pravi donja strana kutije. Koristi se različite funkcije:

protrusion

mirror

cutout

pattern

hole

thin-wall...

Pravljenje delova kutije zavisi od dovitljivosti, maštovitosti i naravno stepena proznavanja SoliEdge-a. Kada se naprave svi delovi kutije potrebno je spijiti ih u jedan sklop i napraviti celu kutije

Kako se delovi sklapaju u sklop i kako se pravi kompletna prazna kutija. Tu naročito obratiti pažnju na funkcije koje omogućavaju:

mate

center plane

planar align

axial align...

3. čas:

AltiumDesigner. Na primeru već realizovane ploče u AltiumDesigner-u pokazano je kako će izgledati naš završni proizvod. Kako izgleda električna šema i 3D model.

Kutija u koju ćemo mi smestiti uređaj je KUSM-02. Moramo da vidimo na osnovu tehničkog crteža kolike su maksimalne dimenzije štampane ploče koja može da se umetne u tu kutiju. Sve je objašnjeno na primeru jednog DC konektora za napajanje.

Krenuli smo od:

Start -> Altium Designer Release 10

File -> New -> Schematic

File -> Save as (izaberi folder - na primer: 3. PWR2.5) PWR2.5.SchDoc

Potrebno je da postavimo DC konektor na električnu šemu. Rupe za montiranje DC konektora treba da budu kružnog oblika (lakše se buše) nego pravougaonog oblika (za njih je potrebno koristiti ubodnu testeru prilikom sečenja).

Library -> Miscellaneous Connectors.IntLib -> PWR2.5

Osnovna biblioteka koju koristimo je Miscellaneous Devices.IntLib. Naš DC konektor se nalazi u Miscellaneous Connectors.IntLib. Dati mu ime J1. Svaka komponenta ima:

Symbol (simbol)

Footprint (otisak) – skup oblika koje moramo staviti na PCB da bi mogla da se montira komponenta (prostorno ograničenje, designator, električki i mehanički kontakti)

3D model (3D model) - najčešće u .step formatu

Konačni cilj je da napravimo štampanu ploču sa DC konektorom.

Files -> New from Template -> PCB Board Wizard

>Next

Metric >Next

Custom >Next

Width 100mm, Height 50mm >Next

Power Planes 0 >Next

>Next

>Next

>Next

>Finish

File -> Save as (izaberi folder - na primer: 3. PWR2.5) PWR2.5.PcbDoc

Potrebno je ukloniti belu pozadinu.

Design -> Board Options -> (deselect) Display Sheet

Kako imamo SchDoc i PcbDoc potrebno je da ih smestimo u okviru jednog istog projekta. Naredni korak je kreiranje projekta.

File -> New -> Project -> PCB Project

File -> Save Project as (izaberi folder - na primer: 3. PWR2.5) PWR2.5.PrjPCB

Kada smo napravili naš projekat potrebno je da u njega ubacimo naša dva dokumenta (PWR2.5.SchDoc i PWR2.5.PcbDoc). Nakon toga potrebno je da konektor sa električne šeme prebacimo na Pcb. Selektujemo PWR2.5.SchDoc i

Design -> Update PCB Document PWR2.5.SchDoc

Izbrišemo kompletan tekst i ostavimo samo footprint za komponentu PWR2.5. Smestimo komponentu u odgovarajući ugao. Možemo primetiti da su dimenzije štampane ploče 97.40 mm i 47.40 mm. Ostatak do 100 mm i 50 mm (kako je dimenzionisano u okviru PCB Board Wizard-a) je otišao na keepout (2x1.3mm). Na prikazu Altium Standard 2D možemo videti dvodimenzionalni prikaz. Ako u meniju PCBView Configuration selektujemo, na primer, Altium 3D Black možemo dobiti 3D prikaz. Shift + Right click (mouse) možemo se šetati po 3D prikazu. Možemo primetiti da imamo samo simbol na šematiku i otisak na pločici. Nedostaje i treći deo svake komponente, a to je 3D model. 3D model ove komponente ne postoji i skinućemo 3D model DC konektora CUI_PJ-002B.

Folder: 4. CUI_PJ-002A Dostupno

na:

http://www.cui.com/Catalog/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/DC_Power_Jacks/2.5_mm_Center_Pin

Sada je potrebno postaviti 3D model.

Place -> 3D Body

Izaberimo Generic STEP model i izaberimo Embed STEP model. U folderu 4. CUI_PJ-002A nalaze step model CUI_PJ-002A.step i postavimo ga negde na štampanu ploču. Ako predemo u 3D prikaz možemo videti da je naš 3D model komponente izvnut i da nije postavljen na odgovarajuće mesto. Potrebno je postaviti 3D model baš na mesto gde je otisak komponente, kao i da bude pravilno orijentisan. Možemo, na primer, da uradimo sledeći postupak.

Tools -> 3D Body Placement-> Align Face With Board

Ako selektujemo donju površinu komponente i površinu štampane ploče videćemo da su se te dve površine poravnale. Potrebno je još da se izvrši rotacija komponente i da se postavi iznad otiska. Dvoklikom na 3D prikaz komponente možemo doći do mogućnosti da rotiramo komponentu oko x, y i z ose. U ovom slučaju rotiramo oko z ose za 270°C. Komponentu možemo približno da postavimo ispred otiska (može i u 2D i u 3D prikazu). Možemo videti da se izvodi na komponenti ne uklapaju sa rupama na otisku. Iz tih razloga napravićemo sami model.

3. TERMIN vežbe

1. čas:

Potrebno je da sami napravimo komponentu koju kasnije možemo koristiti u Altium Designer-u. Svaka komponenta ima:

- Symbol (simbol)
- Footprint (otisak)
- 3D model (3D model)

Najbolji slučaj je da za komponentu imamo sve (simbol, otisak i 3D model). Međutim, vrlo često nedostaje 3D model, otisak, a ponekad čak i simbol. Zato je potrebno da naučimo da napravimo sopstvenu biblioteku sa komponentama. Pokazaćemo to na primeru DC konektora CUI_PJ-002A i to njegovu SMD varijantu.

Krenuli smo od:

- Start -> Altium Designer Release 10
- File -> New -> Project -> Integrated Library
- File -> Save Project as (izaberi folder) My_Library_2012

Potrebno je sada da ubacimo za komponentu koju radimo simbol i 3D model. Prvo moramo da otvorimo biblioteku za električni simbol za datu komponentu, a zatim i za 3D model.

- File -> New -> Library -> Schematic Library
- File -> Save as (izaberi folder) PJ-002A-SMT.SchLib
- File -> New -> Library -> PCB Library
- File -> Save as (izaberi folder) PJ-002A-SMT.PcbLib

Ako pogledamo tehničku dokumentaciju za komponentu CUI_PJ-002A-SMT možemo videti kako izgleda električni simbol koji bi trebalo da nacrtamo.

Folder: 1. CUI_PJ-002A-SMT Dostupno na:
[http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/SMT_DC_Power_Jacks/2.0 mm Center Pin/PJ-002AH-SMT](http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/SMT_DC_Power_Jacks/2.0_mm_Center_Pin/PJ-002AH-SMT)

Pretpostavimo da komponenta koju mi hoćemo da ubacimo u našu biblioteku nema ni simbol. Da bi nacrtali simbol potrebno je da selektujemo PJ-002A-SMT.SchLib i da iz fascikle Project (donji levi ugao) pređemo u fasciklu SCH Library. Kako smo otvorili novi šematik tu već stoji difoltna Component_1.

Tools -> Rename Component u (nazovimo je) PJ-002A-SMT

Sada je potrebno da nacrtamo simbol za tu komponentu na osnovu crteža iz tehničke dokumentacije. Veoma korisne informacije prilikom crtanja simbola:

- Grid: podešavamo jednostavnim pritiskom na dugme G (1, 5 ili 10)
- Zoom in – Zoom out (View ->..., ili PgUp, PgDn ili...Ctrl + Scroll Button)
- Place-> izaberemo ono što je potrebno za crtanje komponente.
- Edit -> Jump -> Origin ili skraćenicom fn + (E, J, O redom): Naročito veliki problem se javlja kada nam iz vidnog polja ode komponenta. To se često dešava i potrebno je da se vratimo u koordinatni početak.

Nacrtamo komponentu na osnovu tehničke dokumentacije korišćenjem Line, Polygon, Arc... Trudimo se da maksimalne dimenzije simbola koji crtamo budu oko 30-60 (ili 60-30

zavisno od toga kako je usmeren). Ovo je vrlo bitna stvar kako nam symbol komponente ne bi bio preveliki ili premali na električnim šemama.

Kada je nacrtana komponenta potrebno je dodati pinove toj komponenti.

Place -> Pin i postavimo odgovarajuće pinove

Moramo voditi računa o vrućem kraju pina, koji je električno aktivan. To je onaj kraj pina gde se nalazi kursor i koji bi trebalo da je udaljen od tela komponente. Na njega će se u električnim šemama vezivati ostale komponente. Postavimo pinove i dajmo im imena (1, 2 i 3) onako kako je dato u tehničkoj dokumentaciji komponente. Display Name nije neophodno da bude vidljiv (imali bi po dva puta svaki broj), pa ga možemo isključiti.

Dvoklikom na ime komponente aktiviraće se Library Component Properties. Bitno je da postavimo:

Default Designator: J? (zato što se radi o konektoru)

Description (poželjno dati opis): 2.0mm SURFACE MOUNT POWER JACK

Nakon toga, a naravno i povremeno tokom rada, usnimiti sve što je rađeno.

2. čas:

Da bi nacrtali otisak komponente potrebno je da selektujemo PJ-002A-SMT.PcbLib i da iz fascikle Project (donji levi ugao) pređemo u fasciklu PCB Library. Kako smo bili otvorili novu PCB biblioteku tu već stoji difoltna Component_1.

Tools -> Component Properties u (nazovimo je) PJ-002A-SMT

Sada je potrebno da nacrtamo otisak za tu komponentu na osnovu crteža iz tehničke dokumentacije. Veoma korisne informacije:

Grid: podešavamo jednostavnim pritiskom na dugme G i izaberemo 1mm

Zoom in – Zoom out (View ->..., ili PgUp, PgDn ili...Scroll Button)

Place-> izaberemo ono što je potrebno za crtanje komponente.

Nacrtajmo komponentu na osnovu tehničke dokumentacije korišćenjem Line, Fill, Arc... Postoje nekoliko pristupa vezana za to gde je koordinatni početak. Prvi pristup je da je u nekom uglu komponente, drugi da je centru komponente...U našem slučaju neka centar komponente bude tamo gde je centar jedne od izbočina na komponenti koja služi za pričvršćivanje za ploču. Možemo videti da je na tehničkom crtežu sve dato u Metric i Imperial Unit (mm i inches). Zavisno od toga koje dimenzije koristimo potrebno je i na Pcb-u postaviti Metric ili Imperial Unit (mm ili mil=inches/1000). Na primer u tehničkom crtežu stoji 5.00 [0.197] što predstavlja 5.00 mm ili 0.197 inches, a na Pcb-u bi to bilo 5 mm ili 197 mil.

Tools-> Library options i u boksu Measurement Unit izaberimo Metric.

Na ovaj način možemo koristiti dimenzije koje su date u milimetrima.

Posmatrajmo Pcb layout (top view) na tehničkom crtežu i odatle uzimajmo mere za otisak koji pravimo:

1. crtamo manju rupu i smeštamo je u koordinatni početak

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=1.6mm, Y-Size=1.6mm;

Location: X=0mm, Y=0mm

Hole information: Hole Size=1.6mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

2. crtamo veću rupu i smeštamo na osnovu koordinata koje proračunavamo iz tehničkog crteža

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=1.8mm, Y-Size=1.8mm;

Location: X=4.5mm, Y=0mm

Hole information: Hole Size=1.8mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

3. crtamo kontak 1 (levi na slici) i smeštamo na osnovu koordinata koje proračunavamo iz tehničkog crteža

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Rectangular; X-Size=2.8mm, Y-Size=2.4mm;

Location: X=0mm, Y=5.7mm

Properties: Designator-1; Layer-Top Layer; Plated- yes)

4. crtamo kontak 1 (desni na slici) i smeštamo na osnovu koordinata koje proračunavamo iz tehničkog crteža

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Rectangular; X-Size=2.8mm, Y-Size=2.4mm;

Location: X=6.1mm, Y=5.7mm

Properties: Designator-1; Layer-Top Layer; Plated- yes)

Kontak 2 i 3 su simetrični sa kontaktima 1 levi i 1 desni, respektivno, u odnosu na x osu, pa ih je relativno lako postaviti.

5. crtamo kontak 2 i smeštamo na osnovu koordinata koje proračunavamo iz tehničkog crteža (simetrično u odnosu na x osu sa kontaktom 1 levi)

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Rectangular; X-Size=2.8mm, Y-Size=2.4mm;

Location: X=0mm, Y= -5.7mm

Properties: Designator-2; Layer-Top Layer; Plated- yes)

6. crtamo kontak 3 i smeštamo na osnovu koordinata koje proračunavamo iz tehničkog crteža (simetrično u odnosu na x osu sa kontaktom 1 desni)

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Rectangular; X-Size=2.8mm, Y-Size=2.4mm;

Location: X=6.1mm, Y= -5.7mm

Properties: Designator-3; Layer-Top Layer; Plated- yes)

Kada smo nacrtali kontakte na otisku i mesta gde su rupe potrebno je da u sloju Top Overlay nacrtamo maksimalne dimenzije otiska. U te dimenzije bi trebalo da se ukloni 3D projekcija na ploču. Nije potrebno da poligon bude nepravilnog oblika, već se zbog jednostavnosti teži pravougaonom obliku. Sa tehničkog crteža se može videti da je x-koordinata komponente 14.8mm, y-koordinata 13.8mm. Zatim, možemo videti da je komponenta simetrična u odnosu na x-osu, ali ne i u odnosu na y-osu. Levo od y ose je 5mm, a ostatak je desno. Na osnovu ovoga možemo u sloju Top Overlay da nacrtamo pravougaoni oblik sastavljen od linija

Place -> Line

Leva linija - start (x= -5mm, y= -6.9mm) - stop (x= -5mm, y= 6.9mm)

Desna linija - start (x= 9.8mm, y= -6.9mm) - stop (x= 9.8mm, y= 6.9mm)

Gornja linija - start (x= -5mm, y= 6.9mm) - stop (x= 9.8mm, y= 6.9mm)

Donja linija - start (x= -5mm, y= -6.9mm) - stop (x= 9.8mm, y= -6.9mm)

Ponekad je dobro koji deo milimetra proširiti dimenzije u sloju Top Overlay.

Sada imamo kompletno nacrtan otisak. Ovom otisku možemo dodati i visinu, koju možemo očitati iz tehničkog crteža. Dvoklikom na ime komponente aktiviraće se Library Component Properties. Postavimo visinu na 11.2mm. Takođe, možemo da damo i opis komponente 2.0mm SURFACE MOUNT POWER JACK.

Sada je neophodno da šematskom simbolu dodelimo odgovarajući otisak.

Da bi dodelili odgovarajući otisak potrebno je da selektujemo PJ-002A-SMT.SchLib i da iz fascikle Project (donji levi ugao) pređemo u fasciklu SCH Library. Tamo gde stoji model potrebno je da dodamo novi model klikom na Add. Tu selektujemo u okviru menija Add New Model opciju Footprint. U okviru Footprint Model idemo na Browse... i pronađemo naš otisak PJ-002A-SMT.PcbLib gde je usnimljen. U donjem desnom uglu pojaviće se otisak.

3. čas:

Ostalo je da ovoj komponenti dodelimo i 3D model. Uzećemo gotov model koji je dao proizvođač ove komponente.

Folder: 2. CUI_PJ-002A-SMT-model

Dostupno

na:

[http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/SMT_DC_Power_Jacks/2.0 mm Center Pin/PJ-002AH-SMT](http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/SMT_DC_Power_Jacks/2.0_mm_Center_Pin/PJ-002AH-SMT)

Da bi uvezli 3D model moramo da odemo u PCB Library, a zatim

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Generic STEP model. U okviru Generic STEP modela izberemo Embed STEP model. Pronađemo folder gde je usnimljen STEP model naše komponente CUI-PJ-002A-SMT.step i uvezemo ga.

Ako pređemo u 3D prikaz možemo videti da je naš 3D model komponente izvrnut i da nije postavljen na odgovarajuće mesto. Potrebno je postaviti 3D model baš na mesto gde je otisak komponente, kao i da bude pravilno orijentisan. Bitno je znati rotiranje komponente (z osa je prema nama). Shift + Right click (mouse) možemo se šetati po 3D prikazu.

Možemo, na primer, da uradimo sledeći postupak.

Tools -> 3D Body Placement-> Align Face With Board

Tu kliknemo na komponentu i selektujemo njenu donju površinu, preciznije dno jednog od 4 kontakta i komponenta se automatski poravnja prema površini otiska. Potrebno je još da se izvrši rotacija komponente i da se postavi iznad otiska. Dvoklikom na 3D prikaz komponente možemo doći do mogućnosti da rotiramo komponentu oko x, y i z ose. U ovom slučaju rotiramo oko z ose za 270°. On je već bila rotirana za 90°, ali mi moramo još za 180° što je ukupno 270°. Ostalo je da se još komponenta postavi iznad otiska. Komponentu možemo da postavimo iznad otiska (može i u 2D i u 3D prikazu). Ako pređemo u 2D prikaz možemo selektovati 3D model komponente koji se sada vidi kao crveni pravougaonik. Selektujemo po sredini sa leve strane (pojaviće se zeleni kursor). Taj kursor dovučemo do pozicije X=-5 i Y=0. Na taj način je komponenta potpuno postavljena iznad otiska. Možemo videti da se 3D model komponente u potpunosti poklapa sa otiskom.

Iz fascikle Project (donji levi ugao) selektujemo PJ-002A-SMT.SchLib i zatim izvršimo kompajliranje

Project -> Compile Document PJ-002A-SMT. SchLib

Iz fascikle Project (donji levi ugao) selektujemo My_Library_2012. LibPkg i zatim izvršimo kompajliranje

Project -> Compile Integrated Library My_Library_2012. LibPkg

Nakon toga, a naravno i povremeno tokom rada, usnimiti sve što je rađeno.

Na ovaj način napravljena je potpuno nova biblioteka My_Library_2012 u kojoj se nalazi naša komponenta PJ-002A-SMT koju možemo koristiti. Po potrebi u ovu biblioteku možemo da smeštamo i druge komponente. Pokažimo sada kako možemo da ubacimo našu komponentu na električnu šemu, a zatim da napravimo štampanu pločicu sa našim DC konektorom.

Krenuli smo od:

Start -> Altium Designer Release 10

File -> New -> Schematic

File -> Save as (izaberi folder – na primer: 3. proba) Proba.SchDoc

Potrebno je da uvezemo DC konektor PJ-002A-SMT koji smo napravili, a koji se nalazi u našoj biblioteci My_Library_2012.IntLib

Library -> My_Library_2012.IntLib -> PJ-002A-SMT

Konačan zadatak je da napravimo štampanu ploču sa tim konektorom.

Files -> New from Template -> PCB Board Wizard

>Next

Metric >Next

Custom >Next

Width 102.6mm, Height 52.6mm >Next

Power Planes 0

>Next

>Next

>Next

>Next

>Finish

File -> Save as (izaberi folder – na primer: 3. proba) Proba.PcbDoc

Potrebno je ukloniti belu pozadinu

Design -> Board Options -> (deselect) Display Sheet

Kako imamo SchDoc i PcbDoc potrebno je da ih smestimo u okviru jednog istog projekta. Naredni korak je kreiranje projekta.

Files -> New -> Project -> PCB Project

File -> Save Project as (izaberi folder – na primer: 3. proba) Proba.PrjPCB

Kada smo napravili projekat potrebno je da u njega ubacimo naša dva dokumenta (Proba.SchDoc i Proba.PcbDoc)

Nakon toga potrebno je da DC konektor sa šeme prebacimo na Pcb. Selektujemo Proba.SchDoc i

Design -> Update PCB Document Proba.SchDoc

Izbrišemo kompletan tekst i ostavimo komponentu PJ-002A-SMD. Smestimo komponentu u odgovarajući ugao. Možemo primetiti da su sada dimenzije štampane ploče 100 mm i 50 mm. Možemo primetiti da imamo simbol na električnoj šemi i otisak i 3D model na pločici.

4. TERMIN predavanja

1. čas:

Napomenuto je da je jedan od prvih koraka u realizaciji našeg uređaja izbor odgovarajuće kutije. Postoje dva osnovna kriterijuma prilikom izbora odgovarajuće kutije:

Tehnička pravila – na primer razmišljati o tome da li izabrati metalnu ili plastičnu kutiju. Ako se izabere metalna kutija onda obavezno moramo voditi računa o uzemljenju. Naročito ako su naponi koji se koriste kod tog uređaja iznad 40 V. Kako u našem slučaju dovodimo jednosmerne napone od 12 V o tome nije potrebno voditi računa. U našem slučaju odlučujemo za plastičnu kutiju. Kada smo kod plastičnih kutija onda se mora voditi računa da li je reč o samogasivoj plastici...

Iskustvena pravila – ova pravila su veoma važna. Na primer, koja veličina kutije nam je neophodna, koliki broj komponentata treba smestiti na pločicu i kolika može biti pločica koja može da se smesti u samu kutiju, kolika je veličina samih komponentata...

Vrlo bitna činjenica je da li se prilikom pravljenja nekog uređaja radi o uređaju za komercijalnu proizvodnju ili uređaju po narudžbini. Uređaj koji mi realizujemo u ovoj fazi nije namenjen za široku komercijalnu proizvodnju.

Prema izabranoj kutiji biramo i maksimalne dimenzije štampane ploče. Dimenzije štampane ploče treba izabrati što veće, kako bi imali dovoljnu komociju prilikom rasporeda komponentata, ali nikada maksimalne. Moramo imati u vidu da svi elementi kutije imaju odgovarajuću toleranciju, pa iz tih razloga nije poželjno koristiti maksimalne dimenzije štampane ploče. Ako pogledamo kutiju KUSM-02

Folder: 1. kutija KUSM-02 Dostupno na: <http://www.interhit.rs/cgi-bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02>

možemo videti da maksimalne dimenzije koje možemo da uzmemo (za pravougaoni oblik štampane ploče, kada izbegavamo stubiće za pričvršćivanje) iznose width=108 mm x height=116 mm. Moramo voditi računa o stubićima koji služe za pričvršćivanje donjeg i gornjeg dela kutije i o dovoljnom prostoru da se umetne prednji i zadnji panel kutije. Ove dimenzije možemo očitavati direktno iz tehničkog crteža ili korišćenjem 3D model iz SolidEdge-a, gde nam opcija Smart Dimension omogućava jednostavno i precizno određivanje svih rastojanja (ili uglova). Dimenzije štampane ploče koju ćemo mi praviti su width=106 mm x height=110 mm.

Napravićemo okvirno jednu štampanu ploču koju ćemo za probu ubaciti u donji deo kutije.

Krenuli smo od:

Start -> Altium Designer Release 10

File -> New -> Project -> PCB Project

File -> Save Project as (izaberi folder – na primer: 2. pločica) Uredjaj.PrjPCB

Zadatak je da napravimo štampanu ploču.

Files -> New from Template -> PCB Board Wizard

>Next

Metric >Next

Custom >Next

Width 108.6mm, Height 112.6mm >Next
 Power Planes 0 >Next
 >Next
 >Next
 >Next
 >Finish

Potrebno je ukloniti belu pozadinu

Design -> Board Options -> (deselect) Display Sheet

File -> Save as (izaberi folder – na primer: 2. pločica) Plocica.PcbDoc

Kako imamo dokument Plocica.PcbDoc potrebno je da ga prevlačenjem smestimo u okviru projekta Uredjaj.PrjPCB.

Možemo uočiti da su dimenzije pločice 106 mm x 110 mm, kao i da je jasno naznačen keepout. Potrebno je postaviti rupe na pločici, kao bi pločicu zašrafili za dno kutije. Od devet rupa koliko je predviđeno mi ćemo koristiti samo četiri rupe po obodu, pa ćemo zato za njih napraviti rupe na pločici. Radi lakše orijentacije potrebno je da postavimo koordinatni početak na neku prikladnu poziciju. Najpraktičnija pozicija u većini slučajeva je donji levi ugao, pa je zato tamo i postavljamo.

Desni klik (ili G) i postavimo Snap Grid na 0.1 mm, a zatim

Edit -> Origin -> Set i postavimo ga u donji levi ugao gde se snapuje na presek dve ljubičaste linije.

Postavimo sada četiri rupe, na način kako smo postavljali rupe kada smo pravili DC konektor PJ-002A-SMT.

1. Crtamo prvu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;

Location: X=23mm, Y=12mm

Hole information: Hole Size=3mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

2. Crtamo drugu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;

Location: X=88mm, Y=12mm

Hole information: Hole Size=3mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

3. Crtamo treću rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;

Location: X=23mm, Y=98mm

Hole information: Hole Size=3mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

4. Crtamo četvrtu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;

Location: X=88mm, Y=98mm

Hole information: Hole Size=3mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

Na ovaj način napravili smo pločicu i rupe na njoj. Međutim, moramo voditi računa da šraf koji prolazi kroz tu rupu ima glavu. Kada se šraf navije do kraja njegova kapa dodiruje štampanu ploču. Zato na samoj pločici moramo da obezbedimo dovoljan prostor oko rupe da i kad se našrafi šraf on ne dodiruje nijednu vezu na pločici. To obezbeđujemo tako što oko rupa nacrtamo Full Circle u sloju Keep-out Layer i neka im je prečnik 6 mm, što je sasvim dovoljno za glavu šrafa. Kako bi rupa i krug oko nje ostali na fiksnoj poziciji potrebno je da ih zaključamo. Aktiviramo mogućnost Locked u osobinama komponente, do kojih dolazimo dvoklikom na samu komponentu.

Najbolji način da proverimo da li je raspored rupa na pločici ispravan, kao i da li su dimenzije pločice odgovarajuće je da ovakvu pločicu uvezemo u SolidEdge zajedno sa dnom kutije i da postavimo pločicu na predviđeno mesto. Nakon postavljanja u 3D modu možemo proveriti da li su rupe pravilno centrirane i postavljene.

2. čas:

Sam uređaj koji se realizuje se deli na blokove ili module. Prvi korak u pravljenju svakog uređaja je da obezbedimo napajanje. U ovom slučaju koristićemo linerani izvor napajanja kod koga se za stabilizaciju jednosmernog napona koristi 3-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator LM317T.

Folder: 3. LM317T Dostupno

na:

http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/3/1/LM317T.shtml

Ceo modul za napajanje Napajanje.pdf prikazan je u

Folder: 4. Napajanje

Napomena: Treba predvideti i osigurače. U Altium-ovoj biblioteci dostupni su automatski osigurači (Circuit Breaker) kao i topljivi osigurači (Fuse). Pored topljivih postoje i reverzibilni termički osigurači.

U okviru našeg projekta Uredjaj.PrjPCB postoji otvoren PCB pod imenom Plocica.PcbDoc, pa je potrebno dodati i šematik gde ćemo crtati napajanje. Otvorimo novi šematik i usnimimo ga pod imenom Napajanje.SchDoc. U tom šematiku realizovaćemo naše napajanje. Krećemo od DC konektora. Ovde ćemo koristiti konektor PJ-002A

Folder: 5. CUI_PJ-002A-model Dostupno

na:

http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/DC_Power_Jacks/2.0_mm_Center_Pin/PJ-002A

Kako u biblioteci Miscellaneous Connectors.IntLib nemamo simboli i otisak za tu komponentu potrebno je da je napravimo. Najbolji način je da u okviru naše biblioteke My_Library_2012.IntLib napravimo još jednu komponentu. Postupak je vrlo jednostavan. U okviru SCH Library i PCB Library dodamo još jednu komponentu i pojaviće se Component_1. Ponovimo celokupnu procedure pravljenja komponente kao što je rađeno za PJ-002A-SMT. Nakon toga izvršimo (re)kompajliranje naše biblioteke My_Library_2012.IntLib i sada tu imamo smeštene dve komponente. Kako ćemo do kraja kursa uraditi veliki broj dodatnih komponenti usnimićemo poseban folder (Library_sve komponente2012) gde ćemo smestiti biblioteku sa svim komponentama Library_sve komponente2012.IntLib.

Na samoj šemi (Napajanje.pdf) možemo uočiti da se pored DC konektora ispisuje prateći tekst koji pokazuje vrednosti napona i struje DC 7,5-12V (1000mA max.). Ponekad je poželjno i na kutiji samog uređaja postaviti ovakav tekst.

Nakon postavljanja DC konektora redom se ređaju komponente koje su prikazane u Napajanje.pdf. Većina ovih komponentata nema (ili ima neodgovarajući) simbol, otisak ili 3D model, pa je potrebno napraviti ih i usnimiti u Library_sve komponente2012.IntLib.

Naredna komponentata koju je potrebno postaviti je on-off taster za uključenje. Ova komponenta se postavlja na prednji panel, a žicama je preko priključka za konektor (kapice) vezana za sam konektor koji se nalazi na pločici. Na našoj pločici biće postavljen simbol za prekidač, a imaće otisak konektora. Iskoristićemo jedan Single-Pole, Single-Throw Switch i to SW-SPST firme Molex.

Folder: 6. SW-SPST_Molex_22272021 Dostupno na: http://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0022272021_PCB_HEADERS.xml

Očigledno je da ova komponenta ima dva dela. Jedan, koji se postavlja na samu štampanu ploču, i drugi koji sa navuča na njega i koji se žicama spaja sa on-off tasterom za uključanje. Odgovarajuća kapica Molex_022012025 je smeštena u isti folder.

U Altium-u se nalazi u okviru Miscellaneous Devices.IntLib simbol za SW-SPST koji mi možemo da koristimo. Međutim, otisak ove komponente je SPST-2 i ne poklapa se sa otiskom naše komponente SW-SPST_Molex_22272021. Zato je potrebno napraviti samo otisak ove komponente u okviru Library_sve komponente2012.IntLib i uvesti 3D model.

Kada smo obezbedili sve za komponentu SW-SPST_Molex_22272021 vratimo se na Napajanje.SchDoc, postavimo SW-SPST iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib i zamenimo joj otisak. Dvoklikom na tu komponentu pojaviće se Properties za tu komponentu. U delu Models moramo da dodamo novi model pritiskom na Add. Izaberimo Footprint, odemo do naše biblioteke Library_sve komponente2012.IntLib i izaberemo otisak MOLEX_22272021 koji smo sami napravili. Na ovaj način smo simbolu koji se nalazi u Altium-u dodali naš otisak.

Zatim je potrebno dodati diodu koja služi za zaštitu od suprotne polarizacije. U te svrhe koristićemo diodu S3B-E3/57T Vishay General Semiconductor.

Folder: 7. Diode_S3B-E357T Dostupno na: <http://www.vishay.com/docs/88713/s3a.pdf>

Simbolu za ovu diodu je kao i za običnu diodu Diode 1N4001 koja se nalazi u biblioteci Miscellaneous Devices.IntLib, pa ćemo njega i koristiti. Potrebno je da uđemo u Properties ove komponente, da u meniju za Comment izbrisemo difoltno Diode 1N4001 i postavimo opis naše diode S3B-E3/57T. Na ovaj način obezbedili smo da se na električnoj šemi vidi o kojoj se diodi radi. Naša dioda nema ni otisak kao 1N4001 (DO-41), pa je potrebno i postaviti novi otisak. Ako se pogleda tehnička dokumentacija za diodu S3B-E3/57T može se videti da je otisak za ovu komponentu DIODE_SMC koji se takođe nalazi u biblioteci Miscellaneous Devices.IntLib.

Naredna komponenta koju bi trebalo dodati je feritna prigušnica. Zadatak ove feritne prigušnice je da ukloni visokofrekventne signale sa linija za napajanje (power line) ili sa linija podataka. Simbol prigušnice je od kalema i jezgra, jer se od toga i sastoji. Na niskim učestanostima kalem je kratak spoj, a na visokim učestanostima ima ogromnu otpornost, što se može videti u tehničkoj dokumentaciji, pa tako služi da odstrani te visokofrekventne komponente. Common mode tip je jer se iste smetnje javljaju i na liniji za napajanje i na liniji za masu. Dokumentacija vezana za prigušnicu je u

Folder: 8. Prigušnica_ACM7060-701-2PL Dostupno na: <http://uk.farnell.com/tdk/acm7060-701-2pl/choke-common-mode-700ohm-4a/dp/1503724?Ntt=1503724>

Za ovu komponentu nemamo ni simbol ni otisak, pa je potrebno napraviti i jedno i drugo na osnovu tehničke dokumentacije i usnimiti u našu biblioteku Library_sve komponente2012.IntLib. Za ovu prigušnicu bilo bi dobro da joj dodelimo i neke parametre koji će je bliže odrediti. Potrebno je da uđemo u Properties ove komponente, da u meniju za Comment izbrisemo Choke (što je postavljeno prilikom pravljenja simbola komponente) i postavimo opis naše prigušnice ACM7060-701-2PL. Osim toga, za komponente koje smo našli kod odgovarajućih distributera potrebno je da uđemo u Properties ove komponente, i da u meniju za Parameter dodamo ime dobavljača i kod komponente. U ovom slučaju to je Name=Farnell, Value=1503724.

Nakon toga potrebno je da postavimo diodu koja služi kao indikacija - da li je uređaj priključen na napajanje ili ne. I u ovom slučaju dioda se postavlja na prednji panel, kao što smo radili kod on-off prekidača. Na štampanu pločicu se postavlja konektor, a žicama je preko priključka za konektor (kapice) vezan za diodu. To znači da će na našoj pločici u električnoj šemi biti postavljena dioda, ali njen otisak će biti kao otisak za konektor. Postavljamo diodu LED1 iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib, postavljamo Designator PLED i Comment Red. Za otisak možemo da postavimo otisak Molex_22272021 koji smo koristili za on-off prekidač, zajedno sa odgovarajućom kapicom Molex_022012025.

Kako bi diode svetlela uvek konstantnim intenzitetom potrebno je da se napaja konstantnom strujom. Dakle potreban nam je izvor konstantne struje od nekoliko mA. U tu svrhu biće korišćeno kolo LM334

Folder: 9. LM334 Dostupno na: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8644/NSC/LM334.html>

Uobičajeno je da se za ograničavanje struje kroz diodu koristi otpornik. Međutim, ako hoćemo konstantnu struju kroz diodu onda je pogodno koristiti komponentu LM334 koja se u svojoj osnovnoj konfiguraciji koristi kao izvor konstantne struje. Podešavanje struje je vrlo jednostavno i pored kola potreban je još samo jedan otpornik čija se vrednost računa na osnovu podataka datih u tehničkoj dokumentaciji LM334. Velika prednost ovog izvora konstante struje je što je ova konfiguracija i temperaturno stabilna, što je u određenim situacijama vrlo bitno. Za otpornik smo proračunali da je potrebna otpornost od 10Ω . Postavljamo otpornik Res1 iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib. Označimo Designator R4 i Comment 10R 1%. Poželjno je koristiti otpornike čija je tolerancija 1%, kako bi dobili što precizniju vrednost struje.

Za stabilizaciju jednosmernog napona koristimo 3-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator LM317T. Kako bi na izlazu dobili promenljivi napon od 3 do 5 V korišćemo jedan višebrotni trimer R2 i dva otpornika fiksne otpornosti R1 i R3, čije vrednosti proračunavamo na osnovu tehničke dokumentacije za LM317T. Na ulaz i na izlaz ovog kola postavljaju se po dva kondenzatora i to jedan keramički (C2 i C4) i jedan elektrolitski (C1 i C3-tantal). Možemo primetiti da su kod kondenzatora dodate i vrednosti napona, kao i to da su naponi malo uvećeni. To je uobičajena stvar da se uzimaju kondenzatori za veće napone od onih koji se javljaju u samom kolu. Osim toga, može se primetiti i da je u izlaznom delu postavljen kvalitetniji tantalski elektrolitski kondenzator.

Krenimo redom od ulaznih kondenzatora.

Prvo postavljamo C1.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Pol1

Designator - C1

Comment - 25ZL100MEFC6.3X11

Value - 100u/25 (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1144697)

Folder: 10. CAP_1144697 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/rubycon/25z1100mefc6-3x11/capacitor-100uf-25v-radial/dp/1144697?Ntt=1144697>

Iz tehničke dokumentacije na osnovu vrednosti kapacitivnosti ovog kondenzatora i napona određujemo kućište ovog elektrolitskog kondenzatora, a samim tim i otisak ove komponente. Iz biblioteke Capacitor Polar Radial Cylinder.PcbLib biramo otisak CAPPR2.5-6.3x11. Na ovaj način je u potpunosti definisan kondenzator C1.

Postavljamo kondenzator C2

Blioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap

Designator - C2

Comment - AVX - 08055C104JAT2A
Value – 100n (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)

Folder: 11. CAP_1740673 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avx/08055c104jat2a/capacitor-mlcc-0805-50v-100nf/dp/1740673?Ntt=1740673>

Iz tehničke dokumentacije možemo videti da je otisak za ovu komponentu SMD kućište 0805 i da je u biblioteci Chip Capacitor_N.PcbLib i to kao otisak označen sa CAPC2012N

Naredna komponenta koju postavljamo je LM317T. Ova komponenta je u biblioteci NSC LDO.IntLib. Komponenta je u kućištu TO-220, pa je potrebno postaviti otisak za tu komponentu. Međutim, na ovu komponentu se montira i hladnjak, pa je potrebno napraviti kombinovani otisak koji objedinjuje otisak za hladnjak i otisak za LM317T. Takođe, potrebno je napraviti i 3D model za hladnjak + LM317T. Ovako napravljenu komponentu usnimimo u Library_sve komponente2012.IntLib pod nazivom TO-220. U opisu ove komponente postavimo TO-220 with heatsink mounted, kako bi znali da je spoj sa hladnjakom.

Folder: 12. TO-220 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/6100bg/heat-sink-to-220-202-9-c-w/dp/1213466>

Dostupno na: http://www.cdil.com/package/to_220.pdf

Kao što je postavljen otpornik R4 postaviti i otpornike R1 i R3.

Već je napomenuto da se kao otpornik R2 koristi višeobrtni trimer čime obezbeđujemo napon od 3 do 5 V.

Postavljamo otpornik R2

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - RPot
Designator – R2
Comment – BOURNS - 3296W-1-501LF
Description – TRIMMER, 25 TURN 500R
Value – 500R
Add parameters (Name-Farnell, Value- 9353283)

Folder: 13. Trimmer_9353283 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/bourns/3296w-1-501lf/trimmer-25-turn-500r/dp/9353283?Ntt=9353283>

Na osnovu tehničke dokumentacije možemo videti da je otisak za ovu komponentu VR5.

Naredna komponenta koju postavljamo je kondenzator C3
Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Pol3
Designator – C3
Comment - 293D227X9010D2TE3
Value - 220u/10V Tantalum (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1754172)

Folder: 14. CAP_1754172 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-sprague/293d227x9010e2te3/capacitor-tantalum-10v-220uf/dp/1754172?Ntt=1754172>

Otisak za Tantalski kondenzator C3 nalazi se u biblioteci Capacitor Tantalum Leadless.IntLib i označena je kao TC7343-2917.

Kondenzator C4 je identičan kondenzatoru C2.

Zavisno od toga kako je podešen trimer pin 2 kola LM317T biće na potencijalu od 3 do 5 V. Kako bi bili sigurni koliki je napon na taj čvor se obično postavlja trn ili pin, koji je označen kao T1. Njegova uloga može biti veoma važna. Prvo, preko ovog trna možemo tokom rada kontrolisati koliki je napon i podešavati ga po potrebi. Takođe, njegova uloga veoma je važna i prilikom servisiranja, jer merenjem njegovg potencijala možemo utvrditi da li je otkazao modul za napajanje ili ostatak kola.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - Socket

Designator – T1

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1756963)

Ova komponenta ima isti otisak PIN1 i nije ga potrebno menjati.

Folder: 15. Socket_1756963 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/molex/90120-0761/header-2-54mm-1way/dp/1756963?Ntt=1756963>

Iza ovog trna, odnosno testne tačke, postavlja se još jedna veoma važna komponenta, a to je džamper ili kratkospojnik. Ovaj kratkosponik ima dve veoma važne uloge. Jedna uloga je prilikom montaže samog uređaja. Naime kada se namontira uređaj zavisno od toga u kom položaju se nalazi višeobrtni trimer može se na testnoj tački pojaviti napon između 3 i 5 V. Može da se dese da je ostatku kola potreban napon od 3 V, a da se prilikom uključenja javi veći napon i ošteti ostatak kola. Zato se pre puštanja napajanja u uređaja ukloni džamper, priključi se napajanje, podesi trimerom željeni napon u testnoj tački i tek onda vrati džamper. Druga važna uloga je prilikom servisiranja uređaja. Ako sumnjamo da napajanje nije u redu možemo da skinemo džamper, eksterno dovedemo odgovarajući napon i proverimo funkcionisanje. Komponentu postavljamo iz

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Jumper

Designator – J2

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1248140)

Folder: 16. Socket_1248140 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-2/header-straight-2way/dp/1248140?Ntt=1248140>

U tehničkoj dokumentaciji može se videti da ovaj džamper ima otisak HDR1X2 koji se nalazi u biblioteci Miscellaneous Connectors.IntLib, pa njega i postavljamo. Međutim, nemamo 3D model ove komponente, pa moramo sami da ga napravimo i usnimio u našu biblioteku Library_sve komponente2012.IntLib pod imenom MOLEX_90120-0762.

Ispred i iza džampera postavljamo dva Net Label-a, Vmain i Vcc. Njihova uloga biće sagledana tokom razvoja uređaja. Takođe, još jedna bitna stvar koja će biti detaljnije objašnjena tokom razvoja uređaja je analogna AGND i digitalna DGND masa. Ove mase moraju da budu razdvojene u analognom i digitalnom delu, ali moraju negde da se spajaju. Za spajanje analogne i digitalne mase iskorišćeni su otpornici R5 i R6, čije su otpornosti 0Ω .

Postavljamo otpornik R5

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R5

Value – 0R

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1117319)

Folder: 17. Resistor_1117319 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/yageo-phycomp/rc1206jr-070rl/resistor-1206-0r-full-reel/dp/1117319?Ntt=1117319>

Otisak ove komponente je u biblioteci Chip_Resistor_N.IntLib i označen je kao RESC3216N.

Identičan je i otpornik R6.

Ostalo je da postavimo AGND i DGND (koja ima poseban simbol). Naime, postavlja se identičan simbol i za jednu i za drugu masu. Međutim, kada se dvoklikom na komponentu aktivira Power Port

Style za AGND je Power Ground, a

Style za DGND je Signal Ground, što automatski menja simbol komponente.

Na ovaj način je realizovana kompletna električna šema.

3. čas:

Naredni korak predstavlja postavljanje elektromehaničkih komponenata. Ovakvih komponenata ima skoro u svim uređajima. One se ne vide u okviru naše realizovane električne šeme napajanja, ali su neophodne za realizovanje samog uređaja. Ovakve komponente postavljaju se kao mehaničke komponente u električnoj šemi. Njihovo postavljanje na električnu šemu je neophodno iz više razloga. Prvi razlog je da bi neko drugi mogao lakše da čita našu električnu šemu i drugi, zbog naručivanja komponenta. Ovo se naročito odnosi kada je velika serijska proizvodnja (red veličine 10000 komada). Može da se desi da ako mehaničke komponente nisu naručene, da nije moguće realizovati uređaj zbog njih (kapica za džampere, kablova, držača za LED diode...). To je skup sitnica podjednako važnih kao i bilo koja druga komponenta iz električne šeme. Te sitnice možemo grupisati i smestiti u ugao naše električne šeme, sa jasnom naznakom da se radi o mehaničkim komponentama.

Place -> Notes -> Note i unesimo Mechanical:

Tu ćemo sada da ređamo mehaničke komponente. Prva mehanička komponenta na koju nailazimo je Pushbutton Switch (on-off taster za uključenje) koji se montira na prednji panel, a koji je žicama preko priključka za konektor (kapice) vezana za sam konektor S1 koji se nalazi na pločici.

Postavljamo Pushbutton Switch

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – SW-PB

Designator – S11

Comment – Pushbutton Switch

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1634627)

Folder: 18. Pushbutton Switch _1634627 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/r13-23a-05-br/switch-spst-mom-red/dp/1634627?Ntt=1634627>

Kod ovih komponenata otisak nije bitan jer se ovde radi o mehaničkim komponentama koje se neće videti na štamapanoj pločici.

Moramo da naručimo i žice-kabl koji ide od on-off prekidača do samog konektora. Kako njega nemamo u bibliotekama moramo sami da napravimo simbol i da ga usnimimo u Library_sve komponente2012.IntLib.

Postavljamo Ribbon Cable Gray iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – Ribbon Cable Gray

Designator – CA1

Comment – Cable, 2 Conductor

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1923942)

Add parameters (Note, Value- 0.25m) - visible

Folder: 19. Ribbon Cable Gray_1923942 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/alpha-wire/b951021/cable-28awg-2-core-per-m/dp/1923942?Ntt=1923942>

Naredna komponenta koju postavljamo je LED dioda. Naime na šemi je označena PLED, otisak je postavljen od konektora, koji se svojom kapicom i kablom povezuje za LED diodu, koja se montira na prednji panel. Da bi se diode lepo držala za prednji panel potrebno je naručiti i držač za diodu.

Postavljamo diodu PLED1
Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – LED1
Type - Mechanical
Designator – PLED1
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1581217)

Folder: 20. LED_1581217 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc1053rdd/led-5mm-36-red/dp/1581217?Ntt=1581217>

Za ovu LED diodu je potreban i kabl koji smo naručili. Zatim postavljamo držač za diodu. Postavljamo LED Holder.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket
Designator – LH1
Comment – LED Holder
Type - Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 8576378)

Folder: 21. LED Holder_8576378 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avago-technologies/hlmp-0103/mounting-clip-ring-5mm-led/dp/8576378?Ntt=8576378>

Nakon toga potrebno je postaviti komponente koje su vezane za LM317T, odnosno izolacioni sloj i hladnjak. Nema ih bibliotekama, i potrebno ih je napraviti i usnimiti u Library_sve komponente2012.IntLib.

Postavljamo SIL_PAD iz naše biblioteke.
Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – SIL_PAD
Designator – SPI
Comment – TO-220 Mounting Kit
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1298031)

Folder: 22. TO-220 Mounting Kit_1298031 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/4880mg/mounting-kit/dp/1298031?Ntt=1298031>

Postavljamo Heatsink iz naše biblioteke.
Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib Heatsink
Designator – HS1
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1213463)

Folder: 23. Heatsink_1213463 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/6098bg/heat-sink-to-220-202-14-c-w/dp/1213463?Ntt=1213463>

Možemo primetiti da je visina hladnjaka koji naručujemo duplo manja, od onog koji smo koristili u modelu.

Potrebno je da naručimo i kapicu za džamper J2.
Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Jumper

Designator – J21
Comment – Jumper Cap
Type - Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 9728970)

Folder: 24. Jumper Cap_9728970 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/fischer-elektronik/cab-4-gs/jumper-2-54mm-black/dp/9728970?Ntt=9728970>

Preostao je još samo držač kablova koji se lemi za štampanu ploču i kroz koga se provuče kabl. On nije neophodan, ali je vrlo koristan zbog preglednosti samog uređaja kada se otvori. Naime, postavljanjem ovakvih držača za kablove značajno se uređuje raspored žica i organizacija na pločici.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket
Designator – CC
Comment – Cable Clip
Type - Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1859383)

Folder: 25. Cable Clip_1859383 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/harwin/s8131-46r/cable-clip-ez-sm-2-3mm/dp/1859383?Ntt=1859383>

Na ovaj način kompletno je završena električna šema napajanja. Međutim, kako bi bili sigurni da smo sve postavili kako treba neophodno je izvršiti detaljnu proveru. To podrazumava da za svaku komponentu proverimo otiske koje smo postavili. To je neophodno jer smo skoro svim komponentama menjali otiske koji su bili difoltno postavljeni. Zatim je neophodno proveriti slaganje pinova. U properties svake komponente nalazi se opcija Edit Pins koja otvara Component Pin Editor gde se vrši detaljna provera i eventualne korekcije.

Ako je sve ovo urađeno sa električne šeme možemo da pređemo na pločicu. Na pločicu prenosimo samo električne komponente. One koje su označene kao mehaničke neće se videti na šemi. Otvorimo naš šematik Napajanje.SchDoc

Design -> Update PCB Document Plocica.PcbDoc i komponente sa električne šeme su prebačene na pločicu. Komponente su haotično raspoređene u jedan prostor (room) koji se zove napajanje, bez nekog velikog reda, povezane tankim linijama (paukova mreža). Nakon toga potrebno je napraviti raspored elemenata poštujući pravila projektovanja štampanih ploča, logiku i naravno naš željeni dizajn kako smo zamislili. Pri tome, moramo da izbegnemo sve međusobne kolizije u svakom pogledu. Klikne se na komponentu, komponenta se uhvati, pomeri se na željeno mesto i pusti. Dvoklikom na komponentu dobijamo mogućnost da je rotiramo. Možemo videti da je pored svih komponenta postavljen i Designator. To nije poželjno, naročito kada imamo preveliki broj elemenata jer obavezno dolazi do nekog preklapanja. Bitno je designator postaviti kod onih elemenata koji mogu da imaju posebnu važnost. Na primer, designator je bitan kod testnih tačaka, da prilikom servisiranja odmah znamo gde je testna tačka. Zatim, bitan je kod džampera, da bi prilikom sklapanja uređaja mogli da ih postavimo, ili prilikom servisiranja postavljamo i uklanjamo. Takođe, bitno je kod džampera zbog ubadanja kabla, da ako imamo više džampera znamo koji gde ubadamo. Uklanjanje i postavljanje Designator-a vrši se dvoklikom na komponentu kada imamo mogućnost da selektujemo Hide u boksu z Designator.

Ako pređemo u 3D mod možemo videti i kojim komponentama nedostaju 3D modeli.

5. TERMIN vežbe

1. čas:

Prvi korak u realizaciji uređaja je izbor kutije. Odlučili smo se za KUSM-02.

Folder: 1. kutija KUSM-02 Dostupno na: <http://www.interhit.rs/cgi-bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02>

Maksimalne dimenzije koje možemo da uzmemo (za pravougaoni oblik štampane ploče, kada izbegavamo stubiće za pričvršćivanje) iznose width=108 mm x height=116 mm. Dimenzije štampane ploče koju ćemo mi praviti su width=106 mm x height=110 mm. Krenuli smo od:

Start -> Altium Designer Release 10

Files -> New -> Project -> PCB Project

File -> Save Project as (izaberi folder – na primer: 2. plocica) Uredjaj.PrjPCB

Zadatak je da napravimo štampanu pločicu.

Files -> New from Template -> PCB Board Wizard

>Next

Metric >Next

Custom >Next

Width 108.6mm, Height 112.6mm >Next

Power Planes 0 >Next

>Next

>Next

>Next

>Finish

Potrebno je ukloniti belu pozadinu

Design -> Board Options -> (deselect) Display Sheet

File -> Save as (izaberi folder – na primer: 2. plocica) Plocica.PcbDoc

Imamo dokument Plocica.PcbDoc potrebno je da ga smestimo u Uredjaj.PrjPCB.

Možemo uočiti da su dimenzije pločice 106 mm x 110 mm, kao i da je jasno naznačen keepout. Potrebno je postaviti rupe na pločici, kao bi pločicu zašrafili za dno kutije. Od devet rupa koliko je predviđeno mi ćemo koristiti samo četiri rupe po obodu, pa ćemo zato za njih napraviti rupe na pločici. Radi orijentacije potrebno je da postavimo koordinatni početak na prikladnu poziciju. Najpraktičnija pozicija je donji levi ugao, pa je zato tamo i postavljamo.

Desni klik (ili G) i postavimo Snap Grid na 0.1 mm, a zatim

Edit -> Origin -> Set i postavimo ga u donji levi ugao gde se snapuje na presek dve ljubičaste linije.

Postavimo sada četiri rupe, na isti način kako smo ranije postavljali rupe.

1. Crtamo prvu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;

Location: X=23mm, Y=12mm

Hole information: Hole Size=3mm

Properties: Designator-0; Layer-Multi-Layer; Plated- no)

2. Crtamo drugu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju

- Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;
 Location: X=88mm, Y=12mm
 Hole information: Hole Size=3mm
 Properties: Designator=0; Layer=Multi-Layer; Plated- no)
3. Crtamo treću rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju
 Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;
 Location: X=23mm, Y=98mm
 Hole information: Hole Size=3mm
 Properties: Designator=0; Layer=Multi-Layer; Plated- no)
4. Crtamo četvrtu rupu i smeštamo je na proračunatu lokaciju
 Place -> Pad (Size and Shape: Shape-Round; X-Size=3mm, Y-Size=3mm;
 Location: X=88mm, Y=98mm
 Hole information: Hole Size=3mm
 Properties: Designator=0; Layer=Multi-Layer; Plated- no)

Na ovaj način napravili smo pločicu i rupe na njoj. Međutim, moramo voditi računa da šraf koji prolazi kroz tu rupu ima glavu. Kada se šraf navije njegova kapa dodiruje štampanu ploču. Zato moramo da obezbedimo dovoljan prostor oko rupe da i kad se navije šraf on ne dodiruje veze na pločici. To obezbeđujemo tako što oko rupa nacrtamo Full Circle u sloju Keep-out Layer i neka im je prečnik 6 mm, što je sasvim dovoljno za glavu šrafa. Kako bi rupa i krug oko nje ostali na fiksnoj poziciji potrebno je da ih zaključamo. Aktiviramo mogućnost Locked u osobinama komponente, do kojih dolazimo dvoklikom na samu komponentu.

Uređaj koji se realizuje se deli na blokove ili module. Prvi korak u pravljenju uređaja je da obezbedimo napajanje. Koristićemo linerani izvor napajanja kod koga se za stabilizaciju jednosmernog napona koristi 3-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator LM317T.

Folder: 3. LM317T Dostupno

na:

http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/3/1/LM317T.shtml

Realizovan modul za napajanje Napajanje.pdf je radi preglednosti prikazan je u

Folder: 4. Napajanje

U okviru projekta Uredjaj.PrijPCB postoji otvoren PCB pod imenom Plocica.PcbDoc, pa je potrebno dodati i šematik gde ćemo crtati napajanje. Otvorimo novi šematik i usnimimo ga pod imenom Napajanje.SchDoc. U tom šematiku realizovaćemo naše napajanje. Krećemo od DC konektora. Ovde ćemo koristiti konektor PJ-002A

Folder: 5. CUI_PJ-002A-model Dostupno

na:

http://www.cui.com/Product/Components/Connectors/DC_Power_Connectors/DC_Power_Jacks/2.0_mm_Center_Pin/PJ-002A

Kako u biblioteci Miscellaneous Connectors.IntLib nemamo simboli i otisak za tu komponentu potrebno je da je napravimo. Kako ćemo do kraja kursa uraditi veliki broj dodatnih komponenti usnimićemo poseban folder (Library_sve komponente2012) gde ćemo smestiti biblioteku sa svim komponentama Library_sve komponente2012.IntLib.

Na samoj šemi (Napajanje.pdf) možemo uočiti da se pored DC konektora ispisuje prateći tekst koji pokazuje vrednosti napona i struje DC 7,5-12V (1000mA max.).

Naredna komponenta koju je potrebno postaviti je on-off taster za uključanje. Ova komponenta se postavlja na prednji panel, a žicama je preko priključka za konektor (kapice) vezana za sam konektor koji se nalazi na pločici. Na našoj pločici biće postavljen simbol za

prekidač, a imaće otisak konektora. Iskoristićemo jedan Single-Pole, Single-Throw Switch i to SW-SPST firme Molex.

Folder: 6. SW-SPST_Molex_22272021 Dostupno na: http://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0022272021_PCB_HEADERS.xml

Očigledno je da ova komponenta ima dva dela. Jedan, koji se postavlja na samu štampanu ploču, i drugi koji sa navuče na njega i koji se žicama spaja sa on-off tasterom za uključenje. Odgovarajuća kapica Molex_022012025 je smeštena u isti folder.

U Altium-u se nalazi u okviru Miscellaneous Devices.IntLib simbol za SW-SPST koji mi možemo da koristimo. Međutim, otisak ove komponente je SPST-2 i ne poklapa se sa otiskom naše komponente SW-SPST_Molex_22272021. Zato je potrebno napraviti samo otisak ove komponente u okviru Library_sve komponente2012.IntLib i uvesti 3D model.

Kada smo obezbedili sve za komponentu SW-SPST_Molex_22272021 vratimo se na Napajanje.SchDoc, postavimo SW-SPST iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib i zamenimo joj otisak. Dvoklikom na tu komponentu pojaviće se Properties za tu komponentu. U delu Models moramo da dodamo novi model pritiskom na Add. Izaberimo Footprint, odemo do naše biblioteke Library_sve komponente2012.IntLib i izaberemo otisak MOLEX_22272021 koji smo sami napravili. Na ovaj način smo simbolu koji se nalazi u Altium-u dodali naš otisak.

Zatim je potrebno dodati diodu koja služi za zaštitu od suprotne polarizacije. U te svrhe koristićemo diodu S3B-E3/57T Vishay General Semiconductor.

Folder: 7. Diode_S3B-E357T Dostupno na: <http://www.vishay.com/docs/88713/s3a.pdf>

Simbolu za ovu diodu je kao i za običnu diodu Diode 1N4001 koja se nalazi u biblioteci Miscellaneous Devices.IntLib, pa ćemo njega i koristiti. Potrebno je da uđemo u Properties ove komponente, da u meniju za Comment izbrisemo difoltno Diode 1N4001 i postavimo opis naše diode S3B-E3/57T. Na ovaj način obezbedili smo da se na električnoj šemi vidi o kojoj se diodi radi. Naša dioda nema ni otisak kao 1N4001 (DO-41), pa je potrebno i postaviti novi otisak. Ako se pogleda tehnička dokumentacija za diodu S3B-E3/57T može se videti da je otisak za ovu komponentu DIODE_SMC koji se takođe nalazi u biblioteci Miscellaneous Devices.IntLib.

Naredna komponenta je feritna prigušnica. Dokumentacija vezana za prigušnicu je u

Folder: 8. Prigušnica_ACM7060-701-2PL Dostupno na: <http://uk.farnell.com/tdk/acm7060-701-2pl/choke-common-mode-700ohm-4a/dp/1503724?Ntt=1503724>

Za ovu komponentu nemamo ni simbol ni otisak, pa je potrebno napraviti i jedno i drugo na osnovu tehničke dokumentacije i usnimiti u našu biblioteku Library_sve komponente2012.IntLib. Bilo bi dobro da joj dodelimo i neke parametre koji će je bliže odrediti. Potrebno je da uđemo u Properties ove komponente, da u meniju za Comment izbrisemo Choke (što je postavljeno prilikom pravljenja simbola komponente) i postavimo opis naše prigušnice ACM7060-701-2PL. Osim toga, za komponente koje smo našli kod odgovarajućih distributera potrebno je da u uđemo u Properties ove komponente, i da u meniju za Parameter dodamo ime dobavljača i kod komponente. U ovom slučaju to je Name=Farnell, Value=1503724.

Nakon toga postavljamo diodu koja služi kao indikacija - da li je uređaj priključen na napajanje ili ne. I u ovom slučaju dioda se postavlja na prednji panel, kao što smo radili kod on-off prekidača. Na štampanu pločicu se postavlja konektor, a žicama je preko priključka za konektor (kapice) vezan za diodu. To znači da će na našoj pločici u električnoj šemi biti postavljena dioda, ali njen otisak će biti kao otisak za konektor. Postavljamo diodu LED1 iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib, postavljamo Designator PLED i Comment Red. Za

otisak možemo da postavimo otisak Molex_22272021 koji smo koristili za on-off prekidač, zajedno sa odgovarajućom kapicom Molex_022012025.

Kako bi diode svetlela uvek konstantnim intenzitetom potrebno je da se napaja konstantnom strujom (izvor konstantne struje). U tu svrhu biće korišćeno kolo LM334

Folder: 9. LM334 Dostupno na: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8644/NSC/LM334.html>

Podešavanje struje je vrlo jednostavno i pored kola potreban je još samo jedan otpornik čija se vrednost računa na osnovu podataka datih u tehničkoj dokumentaciji LM334. Za otpornik smo proračunali da je potrebna otpornost od 10Ω . Postavljamo otpornik Res1 iz biblioteke Miscellaneous Devices.IntLib. Označimo Designator R4 i Comment 10R 1%. Poželjno je koristiti otpornike čija je tolerancija 1%, kako bi dobili što precizniju vrednost struje. Dobra inženjerska praksa kaže da kada se koriste otpornici sa 1% tolerancije to treba naznačiti, jer je podrazumevana vrednost 5%. Slično, podrazumevane vrednosti snage otpornika su $1/4W$, a druge vrednosti treba posebno označiti.

2. čas:

Za stabilizaciju jednosmernog napona koristimo 3-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator LM317T. Kako bi na izlazu dobili promenljivi napon od 3 do 5 V koristićemo jedan višeobrtni trimer R2 i dva otpornika fiksne otpornosti R1 i R3, čije vrednosti proračunavamo na osnovu tehničke dokumentacije za LM317T. Na ulaz i na izlaz ovog kola postavljaju se po dva kondenzatora i to jedan keramički (C2 i C4) i jedan elektrolitski (C1 i C3-tantal). Možemo primetiti da su kod kondenzatora dodate i vrednosti napona.

Krenimo redom od ulaznih kondenzatora.

Prvo postavljamo C1.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Pol1

Designator - C1

Comment - 25ZL100MEFC6.3X11

Value - 100u/25 (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1144697)

Folder: 10. CAP_1144697 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/rubycon/25z1100mefc6-3x11/capacitor-100uf-25v-radial/dp/1144697?Ntt=1144697>

Iz tehničke dokumentacije na osnovu vrednosti kapacitivnosti ovog kondenzatora i napona određujemo kućište ovog elektrolitskog kondenzatora, a samim tim i otisak ove komponente. Iz biblioteke Capacitor Polar Radial Cylinder.PcbLib biramo otisak CAPPR2.5-6.3x11. Na ovaj način je u potpunosti definisan kondenzator C1.

Postavljamo kondenzator C2

Blioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap

Designator - C2

Comment - AVX - 08055C104JAT2A

Value - 100n (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)

Folder: 11. CAP_1740673 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avx/08055c104jat2a/capacitor-mlcc-0805-50v-100nf/dp/1740673?Ntt=1740673>

Iz tehničke dokumentacije možemo videti da je otisak za ovu komponentu SMD kućište 0805 i da je u biblioteci Chip Capacitor_N.PcbLib i to kao otisak označen sa CAPC2012N

Naredna komponenta je LM317T. Komponenta je u biblioteci NSC LDO.IntLib., u kućištu TO-220, pa je potrebno postaviti otisak za tu komponentu. Međutim, na ovu komponentu se montira i hladnjak, pa je potrebno napraviti kombinovani otisak koji objedinjuje otisak za hladnjak i za LM317T. Takođe, potrebno je napraviti i 3D model za hladnjak + LM317T. U opisu postavimo TO-220 with heatsink mounted, kako bi znali da je spoj sa hladnjakom.

Folder: 12. TO-220 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/6100bg/heat-sink-to-220-202-9-c-w/dp/1213466>

Dostupno na: http://www.cdil.com/package/to_220.pdf

Kao što je postavljen otpornik R4 postaviti i otpornike R1 i R3. Kao otpornik R2 koristi višeobrtni trimer čime obezbeđujemo napon od 3 do 5 V.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - RPot

Designator – R2

Comment – BOURNS - 3296W-1-501LF

Description – TRIMMER, 25 TURN 500R

Value – 500R

Add parameters (Name-Farnell, Value- 9353283)

Folder: 13. Trimmer_9353283 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/bourns/3296w-1-501lf/trimmer-25-turn-500r/dp/9353283?Ntt=9353283>

Na osnovu tehničke dokumentacije možemo videti da je otisak za ovu komponentu VR5.

Naredna komponenta koju postavljamo je kondenzator C3

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Pol3

Designator – C3

Comment - 293D227X9010D2TE3

Value - 220u/10V Tantalum (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1754172)

Folder: 14. CAP_1754172 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-sprague/293d227x9010e2te3/capacitor-tantalum-10v-220uf/dp/1754172?Ntt=1754172>

Otisak za Tantalski kondenzator C3 nalazi se u biblioteci Capacitor Tantalum Leadless.IntLib i označena je kao TC7343-2917.

Kondenzator C4 je identičan kondenzatoru C2.

Postavljamo trn ili pin, koji je označen kao T1 i koji služi za proveru napona u toj tački.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - Socket

Designator – T1

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1756963)

Ova komponenta ima isti otisak PIN1 i nije ga potrebno menjati.

Folder: 15. Socket_1756963 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/molex/90120-0761/header-2-54mm-1way/dp/1756963?Ntt=1756963>

Iza ovog trna, odnosno testne tačke, postavlja se džemper ili kratkospojnik.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Jumper

Designator – J2

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1248140)

Folder: 16. Socket_1248140 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-2/header-straight-2way/dp/1248140?Ntt=1248140>

U tehničkoj dokumentaciji vidimo da ovaj džemper ima otisak HDR1X2 koji se nalazi u biblioteci Miscellaneous Connectors.IntLib, pa njega i postavljamo. Međutim, nemamo 3D model ove komponente, pa ga sami pravimo i usnimio pod imenom MOLEX_90120-0762.

Ispred i iza džemperu postavljamo dva Net Label-a, Vmain i Vcc. Njihova uloga biće sagledana tokom razvoja uređaja. Takođe, još jedna bitna stvar koja će biti detaljnije objašnjena tokom razvoja uređaja je analogna AGND i digitalna DGND masa. Ove mase moraju da budu razdvojene u analognom i digitalnom delu, ali moraju negde da se spajaju. Za spajanje analogne i digitalne mase iskorišćeni su otpornici R5 i R6, čije su otpornosti 0Ω.

Postavljamo otpornik R5

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R5

Value – 0R

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1117319)

Folder: 17. Resistor_1117319 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/yageo-phycomp/rc1206jr-070rl/resistor-1206-0r-full-reel/dp/1117319?Ntt=1117319>

Otisak komponente je u biblioteci Chip_Resistor_N.PcbLib označen kao RESC3216N.

Identičan je i otpornik R6.

Ostalo je da postavimo AGND i DGND (koja ima poseban simbol). Naime, postavlja se identičan simbol i za jednu i za drugu masu. Dvoklikom na komponentu aktivira se Power Port

Style za AGND je Power Ground, a

Style za DGND je Signal Ground, što automatski menja simbol komponente.

Na ovaj način je realizovana kompletna električna šema.

3. čas:

Naredni korak predstavlja postavljanje elektromehaničkih komponenata. Te komponente možemo grupisati i smestiti u ugao naše električne šeme, sa jasnom naznakom da se radi o mehaničkim komponentama.

Place -> Notes -> Note i unesimo Mechanical:

Tu ređamo mehaničke komponente. Prva mehanička komponenta na koju nailazimo je Pushbutton Switch (on-off taster za uključenje) koji se montira na prednji panel, a koji je žicama preko priključka za konektor (kapice) vezana za sam konektor S1 koji se nalazi na pločici. Postavljamo Pushbutton Switch

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – SW-PB

Designator – S11

Comment – Pushbutton Switch

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1634627)

Folder: 18. Pushbutton Switch_1634627 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/r13-23a-05-br/switch-spst-mom-red/dp/1634627?Ntt=1634627>

Kod ovih komponenata otisak nije bitan jer se ovde radi o mehaničkim komponentama koje se neće videti na štampanoj pločici.

Moramo da naručimo i žice-kabl koji ide od on-off prekidača do samog konektora. Kako njega nemamo u bibliotekama moramo sami da napravimo simbol.

Postavljamo Ribbon Cable Gray iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – Ribbon Cable Gray

Designator – CA1

Comment – Cable, 2 Conductor

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1923942)

Add parameters (Note, Value- 0.25m) - visible

Folder: 19. Ribbon Cable Gray_1923942 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/alpha-wire/b951021/cable-28awg-2-core-per-m/dp/1923942?Ntt=1923942>

Naredna komponenta je LED dioda. Naime na šemi je označena PLED, otisak je postavljen od konektora, koji se svojom kapicom i kablom povezuje za LED diodu, koja se montira na prednji panel. Da bi se diode lepo držala za prednji panel potrebno je naručiti i držač za diodu.

Postavljamo diodu PLED1

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – LED1

Type - Mechanical

Designator – PLED1

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1581217)

Folder: 20. LED_1581217 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mcl053srd/led-5mm-36-red/dp/1581217?Ntt=1581217>

Za ovu LED diodu je potreban i kabl koji smo naručili. Zatim postavljamo držač za diodu. Postavljamo LED Holder.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket

Designator – LH1

Comment – LED Holder

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 8576378)

Folder: 21. LED Holder_8576378 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avago-technologies/hlmp-0103/mounting-clip-ring-5mm-led/dp/8576378?Ntt=8576378>

Nakon toga potrebno je postaviti komponente koje su vezane za LM317T, odnosno izolacioni sloj i hladnjak. Nema ih bibliotekama, i potrebno ih je napraviti. Postavljamo SIL_PAD iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – SIL_PAD

Designator – SP1

Comment – TO-220 Mounting Kit

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1298031)

Folder: 22. TO-220 Mounting Kit_1298031 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/4880mg/mounting-kit/dp/1298031?Ntt=1298031>

Postavljamo Heatsink iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib Heatsink

Designator – HS1

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1213463)

Folder: 23. Heatsink_1213463 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/aavid-thermalloy/6098bg/heat-sink-to-220-202-14-c-w/dp/1213463?Ntt=1213463>

Visina hladnjaka koji naručujemo duplo manja, od onog koji smo koristili u modelu.

Potrebno je da naručimo i kapicu za džemper J2.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Jumper

Designator – J21

Comment – Jumper Cap

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 9728970)

Folder: 24. Jumper Cap_9728970 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/fischer-elektronik/cab-4-gs/jumper-2-54mm-black/dp/9728970?Ntt=9728970>

Preostao je još samo držač kablova koji se lemi za štampanu ploču i kroz koga se provuče kabl.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket

Designator – CC

Comment – Cable Clip

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1859383)

Folder: 25. Cable Clip_1859383 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/harwin/s8131-46r/cable-clip-ez-sm-2-3mm/dp/1859383?Ntt=1859383>

Na ovaj način kompletno je završena električna šema napajanja. Međutim, kako bi bili sigurni da smo sve postavili kako treba neophodno je izvršiti detaljnu proveru. To podrazumava da za svaku komponentu proverimo otiske koje smo postavili. To je neophodno jer smo skoro svim komponentama menjali otiske koji su bili difoltno postavljeni. Zatim je neophodno proveriti slaganje pinova. U properties svake komponente nalazi se opcija Edit Pins koja otvara Component Pin Editor gde se vrši detaljna provera i eventualne korekcije.

Ako je sve ovo urađeno sa električne šeme možemo da pređemo na pločicu. Na pločicu prenosimo samo električne komponente. One koje su označene kao mehaničke neće se videti na šemi. Otvorimo naš šematik Napajanje.SchDoc

Design -> Update PCB Document Plocica.PcbDoc i komponente sa električne šeme su prebačene na pločicu. Komponente su haotično raspoređene u jedan prostor koji se zove napajanje, bez nekog velikog reda, povezane tankim linijama. Nakon toga potrebno je napraviti raspored elemenata poštujući pravila projektovanja štampanih ploča, logiku i naravno naš željeni dizajn kako smo zamislili. Pri tome, moramo da izbegnemo sve međusobne kolizije u svakom pogledu. Vrlo često prethodno iskustvo može da ima presudnu ulogu. Klikne se na komponentu, komponenta se uhvati, pomeri se na željeno mesto i pusti. Dvoklikom na komponentu dobijamo mogućnost da je rotiramo. Možemo videti da je pored svih komponenata postavljen i Designator. To nije poželjno, naročito kada imamo preveliki broj elemenata jer obavezno dolazi do nekog preklapanja. Bitno je designator postaviti kod onih elemenata koji mogu da imaju posebnu važnost. Na primer, designator je bitan kod testnih tačaka, da prilikom servisiranja odmah znamo gde je testna tačka. Testna tačka mora da ima smislenu lokaciju na PCB-u, da bude lako dostupna. Zatim, bitan je kod džampera, da bi prilikom sklapanja uređaja mogli da ih postavimo, ili prilikom servisiranja postavljamo i uklanjamo. Takođe, bitno je kod džampera zbog ubadanja kabla, da ako imamo više džampera znamo koji gde ubadamo. Uklanjanje i postavljanje

Designator-a vrši se dvoklikom na komponentu kada imamo mogućnost da selektujemo Hide u boksu z Designator.

Ako pređemo u 3D mod možemo videti i kojim komponentama nedostaju 3D modeli. Takođe, 3D mod može nam pomoći i da lakše rasporedimo komponente. Rasporedimo komponente prema okvirnom rasporedu koji je dat u Plocica.pdf i Plocica_3D.pdf, koji su smešteni u folder 4.napajanje.

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 2.plocica potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao foldera 26.plocica_3D i da u njemu nastavimo dalji rad (Uredjaj_3D.PrjPCB, Plocica_3D.PcbDoc, Napajanje_3D.SchDoc).

4. čas:

Ako pređemo u 3D mod možemo videti kojim komponentama nedostaje 3D model. Prvo otpornicima R1, R3 i R4 postavljamo 3D model (koji smo sami napravili) i usnimili u.

Folder: 27. 3D model Resistor Axial

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Generic STEP model. U okviru Generic STEP modela izberemo Embed STEP model. Pronađemo folder gde je usnimljen STEP model našeg otpornika Resistor_axial.step i uvezemo ga.

3D model komponente postavimo iznad otiska komponente R1 (vođeći računa da nožice otpornika prođu kroz rupe). Dvoklikom na otisak otpornika R1 aktiviraće se Component Properties. Tu deaktiviramo opciju Lock Primitives. Ovo je neophodno kako bi spojili otisak i 3D model komponente. Selektujemo 3D model otpornika i

Tools -> Convert -> Add Selected Primitives to Component i kliknemo na otisak otpornika. Na ovaj način 3D model smo dodali otisku. Sada moramo da zaključamo ovaj sklop. Dvoklikom na ovaj sklop aktiviraće se Component Properties, gde aktiviramo opciju Lock Primitives. Na ovaj način dobili smo kompletan otpornik R1. Možemo primetiti da ako uhvatimo otpornik R1 da se istovremeno pomeraju i otisak i 3D model, što smo i želeli.

Ovaj postupak ponovimo i za otpornike R3 i R4.

Model višeobrtnog trimera R2 preuzeli smo od proizviđača. Postupak postavljanja ovog modela je identičan kao i kod prethodnih otpornika, sa nekim dodatnim aktivnostima (Rotation Z = 90° i Standoff Height = 5.5 mm). Takođe, moramo voditi računa gde je pin 1 na komponenti i otisku i da se to poklapa (što zavisi od rotacije koju smo radili).

Naredna komponenta koju postavljamo je dioda S3B-E357T. Za ovu diodu nemamo 3D model, ali pošto je on jednostavan nećemo ga raditi u SolidEdge-u, već direktno nacrtati na pločici. Dvoklikom na otisak diode D1 aktiviraće se Component Properties. Deaktiviramo opciju Lock Primitives. Pređemo u 2D mod i selektujemo otisak diode S3B-E357T.

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Extruded. U okviru Properties u Identifier postavimo S3B-E357T. U okviru Extruded postavimo Overall Height 2.62 mm (pročitano iz tehničke dokumentacije). Kliknemo Ok i postavljamo 4 tačke po ivicama žutog pravougaonika komponente (gde se obično snapuju).

Na već opisani postupak ostalo je da spojimo otisak i 3D model komponente. Dvoklikom na ovaj sklop aktiviraće se Component Properties, gde aktiviramo opciju Lock Primitives.

Na identičan način postavljamo kondenzator C3. U okviru Properties u Identifier postavimo 293D227X9010D2TE3. U okviru Extruded postavimo Overall Height 2.8 mm (pročitano iz tehničke dokumentacije).

Elektrolitski kondenzator C1 ima 3D model u obliku cilindra, pa se tu procedura nešto razlikuje. Dvoklikom na otisak kondenzatora C1 aktiviraće se Component Properties. Deaktiviramo opciju Lock Primitives.

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Cylinder. U okviru Properties u Identifier postavimo 25ZL100MEFC6.3X11. U okviru Cylinder postavimo Radius 3.15 mm i Height 11 mm (pročitano iz tehničke dokumentacije). Kliknemo Ok i postavimo ga iza otiska.

Na već opisani postupak ostalo je da spojimo otisak i 3D model komponente. Dvoklikom na ovaj sklop aktiviraće se Component Properties, gde aktivirimo opciju Lock Primitives.

Ostalo je da postavimo trn T1 na način na koji smo postavili višeobrtni trimer, jer smo i u ovom slučaju model preuzeli od proizvođača, sa posebnim aktivnostima (Rotation X = -90° i Standoff Height = 1.5 mm).

Kompletno napajanje je sada završeno. Slika je data u Plocica_3D_popunjena.pdf.

6. TERMIN predavanja

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 26.plocica_3D iz 5.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Power.SchDoc). Preimenovali smo sve fajlove zbog lakše organizacije u daljem radu. Prilikom promene imena fajlova potrebno je izvršiti kompajliranje projekta i updejtovanje PCB-a kako bi sve bilo usaglašeno i prilagođeno sa novim imenima.

Kada je šematski realizovano napajanje i izvršeno okvirno razmeštanje komponenata – layout, potrebno je da izvršimo povezivanje komponenata u električnom smislu – routing, tzv. rutiranje. Rutiranje se vrši poštujući pravila projektovanja štampanih ploča. Ova pravila dali smo delom u čarobnjaku - PCB Board Wizard, kada smo pravili štampanu ploču, a delom dajemo kroz pravila koja su data u Rules.

Design -> Rules i dobijamo PCB Rules and Constraints Editor

Kako se definišu pravila tako se po njima vrši povezivanje komponenata i provera dizajna. Od postojećih pravila neka su značajnija, češće ćemo ih koristiti, modifikovati po potrebi..., a neka manje bitna i uglavnom će biti korišćene njihove difoltne vrednosti.

Design Rules

Electrical – sva četiri pravila su bitna i koriste se

Routing – bitna su pravila, uglavnom se koriste podrazumevane vrednosti (difoltne), izuzev najbitnijeg pravila za povezivanje Width – širina linije. Veoma povoljno je što ova pravila odmah mogu na slikama i da se pogledaju, što nam u velikoj meri pojednostavljuje posao. Ovakav prikaz nije samo kod pravila za povezivanje, već i kod svih ostalih pravila. Na primer, možemo videti sliku kod RoutingCorners gde je postavljena difoltna vrednost od 45°. Idealno bi bilo da za Corner imamo polukrug, ali je teško za realizaciju, a ne odgovara 90° zbog koncentracije električnog polja, pa se u praksi koristi 45°.

SMT – koristimo kod SMD komponenata. Vrlo često koristimo Neck-down. Naime, nekada se dešava da širina linije bude veća od stopice, pa je potrebno procentualno definisati suženje u odnosu na širinu linije.

Mask – podrazumevane vrednosti

Plane – podrazumevane vrednosti

Testpoint – podrazumevane vrednosti

Manufacturing – predstavlja veoma važnu grupu pravila. Veličina rupa, rastojanje između dve susedne rupe, prelazak sito štampe preko stopica, rastojanje između dve najbliže oznake...spadaju u grupu veoma značajnih pravila.

High Speed – podrazumevane vrednosti

Placement – mehaničko razmeštanje je veoma značajno, naročito Room Definition i Component Clearance. Veoma je značajno zbog 2D i 3D razmeštaja na samoj ploči, a naročito kada imamo dve ploče postavljene jedna iznad druge i odvoje odstojnicima

Signal Integrity – podrazumevane vrednosti

Nekada je potrebno da uvedemo neko svoje pravilo. Proceduru pokazujemo na pravilu Routing-Width. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo Width_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo Width_Power. Naime, sva struja neophodna za rad komponentata u uređaju protiče kroz blok napajanja, pa je tu potrebna šira linija kako je na početku ovog kursa diskutovano. Širinu linije možemo proračunati ako znamo maksimalnu struju koja protiče. U principu bolje je da sve linije budu što šire, ako ima mesta na štampanoj ploči, ali to nije uvek moguće. Zato je potrebno definisati linije kroz koje protiče veća struja i njih bi obavezno trebalo postaviti veće širine. Kompletna glavna linija na šemi napajanja, kao i povratna linija za struju (masa) trebalo bi da budu veće širine. Ostale linije (na primer kroz LM334Z, R4, PLED, R1, R2 i R3) gde ne protiču velike struje trebalo bi da budu podrazumevane širine. Podrazumevane širine linija su su: Min Width=0.2mm, Max Width=0.2mm, Preferred Width=0.2mm, i to ne bi trebalo menjati. Za novo pravilo Width_Power postavimo sledeće vrednosti: Min Width=0,254mm, Max Width=1.27mm, Preferred Width=0.762mm.

Kako definisati skup linija koje hoćemo da budu šire. Da bi smo grupisali skup linija potrebno je prvo da linijama damo imena. Altium automatski svakoj liniji dodeljuje ime. Imena linija očitavaju se sa šematika postavljanjem kursora iznad odgovarajuće linije. Ako na mreži postoji Net Label onda ona dobija ime po njemu (na primer VMAIN), ako ne onda dobija ime po komponenti koja je nosilac (na primer NETJ1_1). Napravićemo sada klasu linija (Net Classes) koje će imati veću širinu. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Nett Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo je Power. U ovu klasu ubacićemo sve mreže gde će biti šire linije. U ovom slučaju to su: GND, NetC1_1, NedD1_1, NetD1_2, NetJ1_1, VMAIN. Van ove klase ostaće mreže gde će biti difoltna širina linija. U ovom slučaju to su: AGND, DGND, NetPLED_1, NetR1_1, NetR2_2, NetR4_2, VCC.

Nakon što smo definisali novo pravilo Width_Power i definisali klasu mreža Power za koju će važiti to pravilo potrebno je da pravilu dodelimo klasu mreža. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width_Power, zatim selektujemo Net Class i iz padajućeg menija izaberemo Power. Na ovaj način smo našem novom pravilu (Width_Power) dodelili klasu (Power) za koju će se primenjivati. Sada možemo da pređemo na rutiranje komponentata.

Altium ima mogućnost autorutiranja, što nam u velikoj meri olakšava posao, naročito ako se ima u vidu i činjenica da ono što nije u mogućnosti da se poveže autorutiranjem ručno ne treba ni pokušavati. To znači da layout nije dobar i da bi trebalo modifikovati raspored komponentata. Vrlo često autoruter uspe da poveže sve što je potrebno, ali mi nismo zadovoljni izgledom. Onda moramo detaljnije da se posvetimo da bi doveli u željeni oblik, ali u svakom slučaju uloga autorutera je nesporna. Korišćenje autorutera je vrlo jednostavno, a pruža veliki broj mogućnosti.

Auto Route ->...

Pružna mogućnost rutiranja počev od samo jedne veze, komponente, klase mreža, klase komponentata, ..., preko prostora (Room), ..., pa sve do kompletne električne šeme. Uobičajeno je da se rutiranje vrši nezavisno za svaki prostor, pa se onda samo prostori povežu.

Na način na koji se vrši rutiranje moguće je i razrutirati komponentu, mrežu, prostor, ..., ili celu električnu šemu

Tools -> Un-Route ->...

Nakon startovanja autorutera izaberemo rutiranje samo prostora (Auto Route -> Room), kliknemo na proctor na pločici i vidimo kako se automatski vrši rutiranje. Po završetku rutiranja pojavljuje se boks Messages sa izveštajem o izvršenom rutiranju. U prilogu su neka kratka zapažanja izvršenog rutiranja: Različita debljina linija – što smo u prethodnim koracima

definisali; vrlo često se through hole komponente komponente korsite za prelazak iz gornjeg sloja (označen crvenim linijama) u donji sloj (označen plavim linijama) – autoruter koristi minimalan broj vijia; vršimo vizuelan pregled linija i popravljamo sve ono što nam se ne uklapa. Popravku možemo da vršimo i automatski (Auto Route -> Net) i ručno. Ručno rutiranje pojedinih veza se koristi vrlo često. Selektuje se i izbriše veza koja ne zadovoljava naše zahteve (pojaviće se bela linija Rats net koja ukazuje na vezu) i ručno se postavi

Place -> Interactive Routing

linija odgovarajućeg oblika. Ako ručno radimo odgovarajuće veze i ako smo zadovoljni izgledom potrebno je da ih zaključamo (dvoklik na vezu, aktivira se Track i uključimo Locked).

Ako izvršimo razrutiranje kompletnog prostora, razmestimo bar jednu komponentu i ponovo izvršimo rutiranje primetićemo da veze u potpunosti drugačije mogu da budu realizovane. Do optimalnog i željenog rasporeda komponenata i odgovarajućeg izgleda linija dolazi se kroz nekoliko iteracija, a sa stečenim iskustvom broj iteracija se značajno smanjuje.

2. čas:

Kada je realizovano napajanje potrebno je da reliazujemo senzorski blok (za merenje temperature). Poželjno je da električnu šemu napajanja koju smo do sada realizovali zadržimo u istom obliku, a da dalji rad na realizaciji uređaja bude u nekom drugom šematiku, ali u okviru istog projekta. To znači da treba organizovati nekoliko šematika paralelno. Ovo se prvenstveno radi zbog preglednosti šematika u okviru samo projekta, a i zbog činjenice da nekada na različitim delovima jednog istog projekta radi veći broj ljudi. Ovakvom organizacijom svako od učesnika na projektu dobija svoj šematik (za realizaciju dela posla koji je njemu namenjen) koji je u sastavu jednog projekta.

Da bi realizovali senzorski blok potrebno je da otvorimo još jedan šematik i da ga usnimimo pod imenom mySchematics_Sensor.SchDoc. Sada u okviru projekta myPCB_Project.PrjPCB imamo otvorena dva potpuno ravnopravna šematika. Kada imamo više šematika potrebno je sve niže šematike postaviti u okviru jednog glavnog šematika. Otvaramo još jedan šematik koji će imati ulogu glavnog šematika i nazivamo ga mySchematics_Main.SchDoc. Sada je potrebno da u okviru ovog glavnog šematika smestimo hijerarhijski dva niža šematika.

Na šematiku mySchematics_Main.SchDoc

Design -> Create Sheet Symbol From Sheet or HDL

i tu smestimo šematike mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc (dva zelena pravougaonika), koji sada predstavljaju šematike niže vrednosti.

Nakon kompajliranja projekta

Project -> Compile PCB Project myPCB_Project.PrjPCB

dobijamo hijerarhijski organizovane šematike.

Realizovan modul senzorskog bloka Senzorski blok.pdf je radi preglednosti prikazan u

Folder: 2. Senzorski blok

Za merenje temperature koristićemo poluprovodnički temperaturni senzor LM35DZ. Oznaka DZ ukazuje na temperaturni opseg i tačnost izabranog senzora, što je jasno iz tehničke dokumentacije. Veoma jednostavan senzor gde se napon na izlazu menja u koraku 10mV/°C. On daje analogni signal koji mi pojačavamo i sa tako pojačanim signalom ulazimo u AD konvertor mikrokontrolera koji će biti analiziran u narednoj sekciji.

Folder: 3. LM35DZ Dostupno na: <http://uk.farnell.com/national-semiconductor/lm35dz/ic-precision-temp-sensor-to-92/dp/9488200?Ntt=9488200>

Biblioteka NSC Temperature Sensor.IntLib - LM35CAZ
 Designator – U20
 Comment – LM35DZ
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 9488200)
 Type - Mechanical
 Footprint – difoltni Z03A

Ako se pogleda tehnička dokumentacija temperaturnog senzora može se videti da on ima tri izvoda. Ovaj temperaturni senzor je sa uređajem spojen preko oklopljenog koaksijalnog dvožilnog kabla, pa je zato i označen kao mehanička komponenta.

Folder: 4. Cable Dostupno na: <http://uk.farnell.com/pro-power/cbbr4162/cable-microphone-2core-black/dp/3894680?Ntt=3894680>

Cable komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Na jednom kraju tog kabla je temperaturni senzor LM35DZ, a na drugom trolpolni audio konektor dobrih karakteristika Plag Mini-DIN 3 Pole, pa su i sam dvožilni kabl i Plag Mini-DIN 3 Pole označeni kao mehaničke komponente. I u ovom slučaju grupisaćemo mehaničke komponente i smestiti ih u ugao naše električne šeme, sa jasnom naznakom da se radi o mehaničkim komponentama.

Folder: 5. Plag Mini-DIN 3 Pole Dostupno na: <http://uk.farnell.com/schurter/4850-1310/plug-mini-din-3pole/dp/152207?Ntt=152207>

Plag Mini-DIN 3 Pole komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Kako ne bi pravili simbol i za Socket Mini-DIN 3 Pole (ženski) i za Plag Mini-DIN 3 Pole (muški) napravili smo samo jedan (za Socket). Njegovom modifikacijom na samom šematiku napravili smo simbol za Plag Mini-DIN 3 Pole. I u jednom i u drugom slučaju moramo voditi računa o pin layout-u, kako ne bi došlo do pogrešnog povezivanja.

Designator – J21
 Comment – Plug, Mini-DIN, 3 Pole (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 152207)
 Type - Mechanical

Osim toga potrebno je da uklonimo pinove koji su višak (MH1, MH2 i MH3)

Properties -> Edit pins i isključimo Show za MH1, MH2 i MH3

Kako bi u samom šematiku dočarali električnu vezu između temperaturnog senzora i Plag Mini-DIN 3 Pole iskoristićemo Signal Harness i Harness Connector.

Place -> Harness -> Harness Connector i unesemo Harness Entries (OUT, GND i VCC) i kod ulaznog i kod izlaznog. Rotiranje Harness Connector-a koji je na izlazu vrši se selektovanjem simbola i pritiskom na Space, što omogućava rotiranje za 90°. Harness Connector-e povezujemo Signal Harness-om

Place -> Harness -> Signal Harness

Tipična aplikacija temperaturnog senzora ukazuje na postojanje otpornika od 2 kΩ iza pina out temperaturnog senzora, pa je i ovaj otpornik R21 označena kao mehanička komponenta. Naime, izlaz senzora je povezan na koaksijalni dvožilni kabl, koji kao takav ima podužnu impedansu gde dominira podužna kapacitivnost. Da bi se komponzovala ova podužna kapacitivnost stavljamo otpornik od 2kΩ, kao što je prikazano u tehničkoj dokumentaciji.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R21

Value – 2K 1% (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 9341480)
 Type - Mechanical
 Footprint – difoltni AXIAL-0.5

Folder: 6. Resistor_ 9341480 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mf25-2k/resistor-2k-0-25w-1/dp/9341480?Ntt=9341480>

Sve pomenute komponente do sada su označene kao mehaničke komponente, jer se ne postavljaju na štampanu pločicu, već se montiraju van uređaja. Sa druge strane, na samoj štampanoj ploči je odgovarajući priključak Socket Mini-DIN 3 Pole gde se priključuje čitav ovaj sklop mehaničkih komponenata.

Folder: 7. Socket Mini-DIN 3 Pole Dostupno na: <http://uk.farnell.com/schurter/4850-231/socket-mini-din-pcb-3pole/dp/152211?Ntt=152211>

Već smo rekli da Socket Mini-DIN 3 Pole komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Potrebno je da ovu komponentu u šematiku postavimo sa izgledom koji je kao u ogledalu u odnosu na difoltni izgled (Properties, Graphical, Mirrored).

Designator – J20

Add parameters (Name-Farnell, Value- 152211)

Postavljamo kondenzator C21 (identičan sa kondenzatorom C2 iz mySchematics_Power.SchDoc)

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap

Designator – C21

Comment - AVX - 08055C104JAT2A

Value – 100n (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)

Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Kondenzator C22 je identičan sa kondenzatorom C21. Ovde se radi o keramičkim kondenzatorima koji se vezuju u blizini VCC pina integrisanih kola i koji imaju filtarsku ulogu i obezbeđivanje stabilnosti. VCC koje ovde postavljamo je veza između naših šematika mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc.

Treba napomenuti da su sve mase u okviru ovog šematika AGND, mada to nije vidljivo. Naime, nakon postavljanja GND Power Port-a u Properties postavimo Net = AGND, a po potrebi isključimo Show Net Name. AGND takođe predstavlja vezu između naših šematika mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc.

Na osnovu tehničke dokumentacije temperaturnog senzora LM35DZ jedan njegov pin se vezuje za napajanje, drugi za masu, a treći preko otpornika od 2kΩ na koaksijalni kabl. Za samu realizaciju voltage follower-a i diferencijalnog pojačavača koristimo operacioni pojačavač MCP6022.

Biblioteka Microchip Linear Devices.IntLib - MCP6022-I/SN

Designator – U3

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1332126)

Footprint – difoltni SOIC-SN8_N

Folder: 8. Operacioni pojačavač Dostupno na: <http://uk.farnell.com/microchip/mcp6022-e-sn/ic-op-amp-dual-10mhz-smd-soic8/dp/1332126?Ntt=1332126>

Ako se pogleda tehnička dokumentacija ovog integrisanog kola može se videti da je u kućištu koje ima 8 nožica i da sadrži dva operaciona pojačavača, odnosno MCP6022 je dvostruki operacioni pojačavač. Sa druge strane, u Altium-u se pojavljuje simbol koji ima 5 izvoda, i koji kada se postavi designator U3 automatski postavlja U3A (sa izvodima označenim kao 1, 2, 3 i 4, 8 (napajanje operacionog pojačavača)). Ovo nam ukazuje da smo iskoristili samo jedan od dva operaciona pojačavača koji su u istom kućištu. Kada bi postavili još jedan operacioni pojačavač u Altium-u, i dali mu ime U3 on bi automatski bio označen kao U3B i imao bi izvode 5, 6, 7 i naravno 4 i 8.

Na osnovu tehničke dokumentacije temperaturnog senzora LM35DZ vidimo da se napon na izlazu u temperaturnom opsegu od 2 do 100°C menja u vrlo uskom opsegu od 20 do 1000 mV. Zato je potrebno izvršiti linearno preslikavanje opsega napona – preslikati na proizvoljni opseg zadržavajući linearnost. Kako bi u potpunosti realizovali kolo koje u potpunosti omogućava linearno preslikavanje opsega napona potreban nam je rail to rail operacioni pojačavač, gde na izlazu možemo da dobijemo napon skoro jednak naponu napajanja. Osim toga, poželjno je i da se koristi u konfiguraciji sa jednostranim napajanjem. MCP6022 u potpunosti ispunjava ove zahteve.

Folder: 9. Linearno preslikavanje opsega napona Dostupno na: <http://www.ti.com/lit/an/slod006b/slod006b.pdf>

Otpornici R22 i R24 su identični

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R22

Value – 20K 1% (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1469893)

Footprint - Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 10. Resistor_1469893 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-draloric/crcw080520k0fkea/resistor-0805-20k0-1/dp/1469893?Ntt=1469893>

Otpornici R23 i R25 su identični

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R23

Value – 100K 1% (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1469860)

Footprint - Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 11. Resistor_1469860 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-draloric/crcw0805100kfkea/resistor-0805-100k-1/dp/1469860?Ntt=1469860>

Ostalo je da se samo na izlaz ovog kola postavi port.

Place -> Port dodelimo mu ime S_OUT i postavimo ga kao Output.

Imamo sada kompletno realizovan senzorski blok.

3. čas:

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 1.myPCB_Project potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao folder 12.myPCB_Project i u njemu nastavimo dalji rad.

Kada je realizovan senzorski blok na šematičku potrebno je da ga prebacimo na štampanu ploču i da izvršimo okviran raspored komponenata. Napajanje koje je ranije realizovano treba

zadržati u okviru posebnog Room-a na štampanoj pločici koji smo nazvali mySchematics_Power, a senzorski blok smeštamo u Room koji se zove mySchematics_Sensor. Rasporedimo komponente prema okvirnom rasporedu koji je dat u myPCB_Project.pdf i myPCB_Project_3D.pdf, koji su smešteni u folder 13.Plocica. O rasporedu pojedinih komponenata trebalo bi voditi dosta računa. Na primer, kondenzator C21 trebalo bi smestiti što bliže pinu tropolnog konektora. Takođe, kondenzator C22 trebalo bi postaviti što bliže VCC-u na integrisanom kolu. Može recimo u čelo integrisanog kola da se postavi ako ima dovoljno prostora. O ovom bi trebalo uvek voditi računa.

Potrebno je i u ovom bloku da neke linije budu šire, pa ćemo klasu Power dopuniti: GND, NetC1_1, NetD1_1, NetD1_2, NetJ1_1, NetJ20_1, NetJ20_MH1, NetR22_2, NetR23_2, NetR24_1, NetR24_2, VMAIN.

Nakon toga izvršimo kompletno rutiranje komponenata u prostoru gde je smešten senzorski blok, naravno u skladu sa pravilima projektovanja štampanih ploča. Nakon rutiranja možemo uočiti da je u ova dva prostora izvršeno kompletno rutiranje, a da su prostori povezani dvema belim linijama (VCC i AGND). Njihovo rutiranje možemo izvršiti ručno.

7. TERMIN vežbe

1. čas:

Kada je šematski realizovano napajanje i izvršeno okvirno razmeštanje komponenata – layout, potrebno je da izvršimo povezivanje komponenata u električnom smislu – routing, tzv. rutiranje. Rutiranje se vrši poštujući pravila projektovanja štampanih ploča. Ova pravila dali smo delom u čarobnjaku - PCB Board Wizard, kada smo pravili štampanu ploču, a delom dajemo kroz pravila koja su data u Rules.

Design -> Rules i dobijamo PCB Rules and Constraints Editor. Kako se definišu pravila tako se po njima vrši povezivanje komponenata. Nekada je potrebno da uvedemo neko svoje pravilo. Proceduru pokazujemo na pravilu Routing-Width. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo Width_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo Width_Power. Naime, sva struja neophodna za rad komponenata u uređaju protiče kroz blok napajanja, pa je tu potrebna šira linija. U principu bolje je da sve linije budu što šire, ako ima mesta na štampanoj ploči, ali to nije uvek moguće. Zato je potrebno definisati linije kroz koje protiče veća struja i njih bi obavezno trebalo postaviti veće širine. Kompletna glavna linija na šemi napajanja, kao i povratna linija za struju (masa) trebalo bi da budu veće širine. Ostale linije (na primer kroz LM334Z, R4, PLED, R1, R2 i R3) gde ne protiču velike struje trebalo bi da budu podrazumevane širine. Podrazumevane širine linija su su: Min Width=0.2mm, Max Width=0.2mm, Preferred Width=0.2mm, i to ne bi trebalo menjati. Za novo pravilo Width_Power postavimo sledeće vrednosti: Min Width=0,254mm, Max Width=1.27mm, Preferred Width=0.762mm.

Kako definisati skup linija koje hoćemo da budu šire. Da bi smo grupisali skup linija potrebno je prvo da linijama damo imena. Altium automatski svakoj liniji dodeljuje ime. Imena linija očitavaju se sa šematika postavljanjem kursora iznad odgovarajuće linije. Ako na mreži postoji Net Label onda ona dobija ime po njemu (na primer VMAIN), ako ne onda dobija ime po komponenti koja je nosilac (na primer NETJ1_1). Napravićemo sada klasu linija (Net Classes) koje će imati veću širinu. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Nett Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo je Power. U ovu klasu ubacićemo sve mreže gde će biti šire linije. U ovom slučaju to su: GND, NetC1_1, NedD1_1, NetD1_2, NetJ1_1, VMAIN. Van ove klase ostaće mreže gde će biti difoltna širina linija. U ovom slučaju to su: AGND, DGND, NetPLED_1, NetR1_1, NetR2_2, NetR4_2, VCC.

Nakon što smo definisali novo pravilo Width_Power i definisali klasu mreža Power za koju će važiti to pravilo potrebno je da pravilu dodelimo klasu mreža. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width_Power, zatim selektujemo Net Class i iz padajućeg menija izaberemo Power. Na ovaj način smo našem novom pravilu (Width_Power) dodelili klasu (Power) za koju će se primenjivati. Sada možemo da pređemo na rutiranje komponenata.

Altium ima mogućnost autorutiranja, što nam u velikoj mjeri olakšava posao, naročito ako se ima u vidu i činjenica da ono što nije u mogućnosti da se poveže autorutiranjem ručno ne treba ni pokušavati. To znači da layout nije dobar i da bi trebalo modifikovati raspored komponenata. Korišćenje autorutera je vrlo jednostavno, a pruža veliki broj mogućnosti.

Auto Route ->...

Na način na koji se vrši rutiranje moguće je i razrutirati

Tools -> Un-Route ->...

Nakon startovanja autorutera izaberemo rutiranje samo prostora (Auto Route -> Room), kliknemo na prostor na pločici i vidimo kako se automatski vrši rutiranje. Po završetku rutiranja pojavljuje se boks Messages sa izveštajem o izvršenom rutiranju. U prilogu su neka kratka zapažanja izvršenog rutiranja: Različita debljina linija – što smo u prethodnim koracima definisali; vrlo često se through hole komponente komponente korsite za prelazak iz gornjeg sloja (označen crvenim linijama) u donji sloj (označen plavim linijama) – autoruter koristi minimalan broj vijja; vršimo vizuelan pregled linija i popravljamo sve ono što nam se ne uklapa. Popravku možemo da vršimo i automatski (Auto Route -> Net) i ručno. Ručno rutiranje pojedinih veza se koristi vrlo često. Selektuje se i izbrise veza koja ne zadovoljava naše zahteve (pojaviće se bela linija Rats net koja ukazuje na vezu) i ručno se postavi

Place -> Interactively Route

linija odgovarajućeg oblika. Ako ručno radimo odgovarajuće veze i ako smo zadovoljni izgledom potrebno je da ih zaključamo (dvoklik na vezu, aktivira se Track i uključimo Locked).

Ako izvršimo razrutiranje kompletnog prostora, razmestimo bar jednu komponentu i ponovo izvršimo rutiranje primetićemo da veze u potpunosti drugačije mogu da budu realizovane. Do optimalnog i željenog rasporeda komponenata i odgovarajućeg izgleda linija dolazi se kroz nekoliko iteracija, a sa stečenim iskustvom broj iteracija se značajno smanjuje.

2. čas:

Kada je realizovano napajanje potrebno je da reliazujemo senzorski blok (za merenje temperature). Poželjno je da električnu šemu napajanja koju smo do sada realizovali zadržimo u istom obliku, a da dalji rad na realizaciji uređaja bude u nekom drugom šematičku, ali u okviru istog projekta. To znači da treba organizovati nekoliko šematika paralelno. Ovo se prvenstveno radi zbog preglednosti šematika u okviru samo projekta, a i zbog činjenice da nekada na različitim delovima jednog istog projekta radi veći broj ljudi. Ovakvom organizacijom svako od učesnika na projektu dobija svoj šematik (za realizaciju dela posla koji je njemu namenjen) koji je u sastavu jednog projekta.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 26.plocica_3D iz 5.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Power.SchDoc). Preimenovali smo sve fajlove zbog lakše organizacije u daljem radu. Prilikom promene imena fajlova potrebno je izvršiti kompajliranje projekta i updejtovanje PCB-a kako bi sve bilo usaglašeno i prilagođeno sa novim imenima.

Da bi realizovali senzorski blok potrebno je da otvorimo još jedan šematik i da ga usnimimo pod imenom mySchematics_Sensor.SchDoc. Sada u okviru projekta myPCB_Project.PrjPCB imamo otvorena dva potpuno ravnopravna šematika. Kada imamo više šematika potrebno je sve niže šematike postaviti u okviru jednog glavnog šematika. Otvaramo još jedan šematik koji će imati ulogu glavnog šematika i nazivamo ga mySchematics_Main.SchDoc. Sada je potrebno da u okviru ovog glavnog šematika smestimo hijerarhijski dva niža šematika.

Na šematičku mySchematics_Main.SchDoc

Design -> Create Sheet Symbol From Sheet or HDL

i tu smestimo šematike mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc (dva zelena pravougaonika), koji sada predstavljaju šematike niže vrednosti.

Nakon kompajliranja projekta

Project -> Compile PCB Project myPCB_Project.PrjPCB

dobijamo hijerarhijski organizovane šematike.

Realizovan modul senzorskog bloka Senzorski blok.pdf je radi preglednosti prikazan u

Folder: 2. Senzorski blok

Za merenje temperature koristićemo poluprovodnički temperaturni senzor LM35DZ.

Folder: 3. LM35DZ Dostupno na: <http://uk.farnell.com/national-semiconductor/lm35dz/ic-precision-temp-sensor-to-92/dp/9488200?Ntt=9488200>

Biblioteka NSC Temperature Sensor.IntLib - LM35CAZ

Designator – U20

Comment – LM35DZ

Add parameters (Name-Farnell, Value- 9488200)

Type - Mechanical

Footprint – difoltni Z03A

Ako se pogleda tehnička dokumentacija temperaturnog senzora može se videti da on ima tri izvoda. Ovaj temperaturni senzor je sa uređajem spojen preko oklopljenog koaksijalnog dvožilnog kabla, pa je zato i označen kao mehanička komponenta.

Folder: 4. Cable Dostupno na: <http://uk.farnell.com/pro-power/cbbr4162/cable-microphone-2core-black/dp/3894680?Ntt=3894680>

Cable komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Na jednom kraju tog kabla je temperaturni senzor LM35DZ, a na drugom troljni audio konektor dobrih karakteristika Plag Mini-DIN 3 Pole, pa su i sam dvožilni kabl i Plag Mini-DIN 3 Pole označeni kao mehaničke komponente. I u ovom slučaju grupisaćemo mehaničke komponente i smestiti ih u ugao naše električne šeme, sa jasnom naznakom da se radi o mehaničkim komponentama.

Folder: 5. Plag Mini-DIN 3 Pole Dostupno na: <http://uk.farnell.com/schurter/4850-1310/plug-mini-din-3pole/dp/152207?Ntt=152207>

Plag Mini-DIN 3 Pole komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Kako ne bi pravili simbol i za Socket Mini-DIN 3 Pole (ženski) i za Plag Mini-DIN 3 Pole (muški) napravili smo samo jedan (za Socket). Njegovom modifikacijom na samom šematiku napravili smo simbol za Plag Mini-DIN 3 Pole. I u jednom i u drugom slučaju moramo voditi računa o pin layout-u, kako ne bi došlo do pogrešnog povezivanja.

Designator – J21

Comment – Plug, Mini-DIN, 3 Pole (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 152207)

Type - Mechanical

Osim toga potrebno je da uklonimo pinove koji su višak (MH1, MH2 i MH3)

Properties -> Edit pins i isključimo Show za MH1, MH2 i MH3

Kako bi u samom šematiku dočarali električnu vezu između temperaturnog senzora i Plug Mini-DIN 3 Pole iskoristićemo Signal Harness i Harness Connector.

Place -> Harness -> Harness Connector i unesemo Harness Entries (OUT, GND i VCC) i kod ulaznog i kod izlaznog. Rotiranje Harness Connector-a koji je na izlazu vrši se selektovanjem simbola i pritiskom na Space, što omogućava rotiranje za 90°. Harness Connector-e povezujemo Signal Harness-om

Place -> Harness -> Signal Harness

Tipična aplikacija temperaturnog senzora ukazuje na postojanje otpornika od 2 kΩ iza pina out temperaturnog senzora, pa je i ovaj otpornik R21 označena kao mehanička komponenta.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R21

Value – 2K 1% (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 9341480)

Type - Mechanical

Footprint – difoltni AXIAL-0.5

Folder: 6. Resistor_9341480 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mf25-2k/resistor-2k-0-25w-1/dp/9341480?Ntt=9341480>

Sve pomenute komponente do sada su označene kao mehaničke komponente, jer se ne postavljaju na štampanu pločicu, već se montiraju van uređaja. Sa druge strane, na samoj štampanoj ploči je odgovarajući priključak Socket Mini-DIN 3 Pole gde se priključuje čitav ovaj sklop mehaničkih komponenata.

Folder: 7. Socket Mini-DIN 3 Pole Dostupno na: <http://uk.farnell.com/schurter/4850-231/socket-mini-din-pcb-3pole/dp/152211?Ntt=152211>

Već smo rekli da Socket Mini-DIN 3 Pole komponente nema u Altium-ovim bibliotekama, pa je sami pravimo i snimamo u Library_sve komponente2012.IntLib. Potrebno je da ovu komponentu u šematiku postavimo sa izgledom koji je kao u ogledalu u odnosu na difoltni izgled (Properties, Graphical, Mirrored).

Designator – J20

Add parameters (Name-Farnell, Value- 152211)

Postavljamo kondenzator C21 (identičan sa kondenzatorom C2 iz mySchematics_Power.SchDoc)

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap

Designator – C21

Comment - AVX - 08055C104JAT2A

Value – 100n (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)

Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Kondenzator C22 je identičan sa kondenzatorom C21.

VCC koje ovde postavljamo je veza između naših šematika mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc.

Treba napomenuti da su sve mase u okviru ovog šematika AGND, mada to nije vidljivo. Naime, nakon postavljanja GND Power Port-a u Properties postavimo Net = AGND, a po potrebi isključimo Show Net Name. AGND takođe predstavlja vezu između naših šematika mySchematics_Power.SchDoc i mySchematics_Sensor.SchDoc.

Na osnovu tehničke dokumentacije temperaturnog senzora LM35DZ jedan njegov pin se vezuje za napajanje, drugi za masu, a treći preko otpornika od 2kΩ na koaksijalni kabl. Za samu

realizaciju voltage follower-a i diferencijalnog pojačavača koristimo operacioni pojačavač MCP6022.

Biblioteka Microchip Linear Devices.IntLib - MCP6022-I/SN
 Designator – U3
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1332126)
 Footprint – difoltni SOIC-SN8_N

Folder: 8. Operacioni pojačavač Dostupno na: <http://uk.farnell.com/microchip/mcp6022-e-sn/ic-op-amp-dual-10mhz-smd-soic8/dp/1332126?Ntt=1332126>

Ako se pogleda tehnička dokumentacija ovog integrisanog kola vidi se da je u kućištu koje ima 8, odnosno MCP6022 je dvostruki operacioni pojačavač. Sa druge strane, u Altium-u se pojavljuje simbol koji ima 5 izvoda, i koji kada se postavi designator U3 automatski postavlja U3A (sa izvodima označenim kao 1, 2, 3 i 4, 8 (napajanje operacionog pojačavača)). Ovo nam ukazuje da smo iskoristili samo jedan od dva operaciona pojačavača koji su u istom kućištu. Kada bi postavili još jedan operacioni pojačavač u Altium-u, i dali mu ime U3 on bi automatski bio označen kao U3B i imao bi izvode 5, 6, 7 i naravno 4 i 8.

Na osnovu tehničke dokumentacije temperaturnog senzora LM35DZ vidimo da se napon na izlazu u temperaturnom opsegu od 2 do 100°C menja u vrlo uskom opsegu od 20 do 1000 mV. Zato je potrebno izvršiti linearno preslikavanje opsega napona – preslikati na proizvoljni opseg zadržavajući linearnost. Kako bi u potpunosti realizovali kolo koje u potpunosti omogućava linearno preslikavanje opsega napona potreban nam je rail to rail operacioni pojačavač, gde na izlazu možemo da dobijemo napon skoro jednak naponu napajanja. MCP6022 u potpunosti ispunjava ove zahteve.

Folder: 9. Linearno preslikavanje opsega napona Dostupno na: <http://www.ti.com/lit/an/slod006b/slod006b.pdf>

Otpornici R22 i R24 su identični
 Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R22
 Value – 20K 1% (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1469893)
 Footprint - Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 10. Resistor_1469893 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-draloric/crcw080520k0fkea/resistor-0805-20k0-1/dp/1469893?Ntt=1469893>

Otpornici R23 i R25 su identični
 Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R23
 Value – 100K 1% (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1469860)
 Footprint - Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 11. Resistor_1469860 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-draloric/crcw0805100kfkea/resistor-0805-100k-1/dp/1469860?Ntt=1469860>

Ostalo je da se samo na izlaz ovog kola postavi port.
 Place -> Port dodelimo mu ime S_OUT i postavimo ga kao Output.
 Imamo sada kompletno realizovan senzorski blok.

3. čas:

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 1.myPCB_Project potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao folder 12.myPCB_Project i u njemu nastavimo dalji rad.

Kada je realizovan senzorski blok na šematiku potrebno je da ga prebacimo na štampanu ploču i da izvršimo okviran raspored komponenata. Napajanje koje je ranije realizovano treba zadržati u okviru posebnog Room-a na štampanoj pločici koji smo nazvali mySchematics_Power, a senzorski blok smeštamo u Room koji se zove mySchematics_Sensor. Rasporedimo komponente prema okvirnom rasporedu koji je dat u myPCB_Project.pdf i myPCB_Project_3D.pdf, koji su smešteni u folder 13.Plocica. O rasporedu pojedinih komponenata trebalo bi voditi dosta računa. Na primer, kondenzator C21 trebalo bi smestiti što bliže pinu trolpnog konektora. Takođe, kondenzator C22 trebalo bi postaviti što bliže VCC-u na integrisanom kolu. Može recimo u čelo integrisanog kola da se postavi ako ima dovoljno prostora. O ovom bi trebalo uvek voditi računa.

Potrebno je i u ovom bloku da neke linije bude šire, pa ćemo klasu Power dopuniti: GND, NetC1_1, NedD1_1, NetD1_2, NetJ1_1, NetJ20_1, NetJ20_MH1, NetR22_2, NetR23_2, NetR24_1, NetR24_2, VMAIN.

Nakon toga izvršimo kompletno rutiranje komponenata u prostoru gde je smešten senzorski blok, naravno u skladu sa pravilima projektovanja štampanih ploča. Nakon rutiranja možemo uočiti da je u ova dva prostora izvršeno kompletno rutiranje, a da su prostori povezani dvema belim linijama (VCC i AGND). Njihovo rutiranje možemo izvršiti ručno.

Vrlo često na štampanim pločama možemo uočiti da je po celoj nekoj površini razlivena masa (zauzima celu površinu izuzev onih delova gde prolaze veze). To se radi iz više razloga, a osnovni motiv je da se smanji električni šum, minimizuju neželjene petlje koje mogu biti ostvarene preko zajedničke mase (ground loops) i preslušavanje između pojedinih veza na štampanoj ploči. Ovo naročito ima veliku važnost pri visokim učestanostima.

Postavićemo razlivenu AGND površinu i sa gornje i sa donje strane prostora gde smo smestili senzorski blok. Postavićemo poligon i sa jedne i sa druge strane gde ćemo razliti AGND.

Place -> Polygon Pour i među opcijama izaberemo Layer=Top Layer i Connect to Net=AGND. Ostale vrednosti za sada zadržimo na podrazumevane. Kada pritisnemo Ok pojaviće se kursor koji nam omogućava da nacrtamo poligon željenog oblika. Postavljamo poligon iznad prostora za senzor, ne uzimajući onaj deo prostora koji štrči izvan pločice (samo do keep out-a). Kompletnu procedure postavljanja ponovimo i za donju površinu (samo je sada Layer=Bottom Layer).

Imamo sada kompletno realizovanu pločicu sa do sada urađenim blokom za napajanje i senzorskim blokom, koja je data u myPCB_Project_layout.pdf i smeštena u folder 13.plocica.

8. TERMIN predavanja

1. čas:

Kada je realizovano napajanje i senzorski blok prešli smo na blok mikrokontrolera. Električne šeme napajanja i senzorskog bloka koje smo do sada realizovali zadržimo u istom obliku, a dalji rad na realizaciji uređaja nastavljamo u novom šematiku u okviru istog projekta. Novi šematik usnimimo pod imenom mySchematics_Microcontroller.SchDoc.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 13.MyPCB_Project iz 7.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc).

Realizovan modul bloka mikrokontrolera Blok mikrokontrolera.pdf je radi preglednosti prikazan u

Folder: 2. Blok mikrokontrolera

U dosadašnjem toku kursa savladali smo crtanje električne šeme, pa će studentima biti data gotova šema mySchematics_Microcontroller.SchDoc, koju samo usnimimo i izvršimo kompajliranje projekta myPCB_Project.PrjPCB.

Razmatranje bloka mikrokontrolera krećemo od samog mikrokontrolera. Mikrokontroleri (u literature se često označavaju sa μC) su integrisana kola namenjena za obradu signala koji se dovode na njihove ulaze i upravljanje izluzima. Sastavni delovi mikrokontrolera su: Mikroprocesor, Memorija (operativna – od nekoliko kB i za skladištenje podataka – od nekoliko stotina kB) i Periferije. Radna frekvencija mikrokontrolera je od nekoliko MHz do 64 MHz. Najveći broj uređaja, gde nije potrebno izvršenje zahtevnih funkcija, bazira se na mikrokontrolerima. U prilog ovome ide i njihova veoma pristupačna cena. Da bi jedan mikrokontroler radio potreban mu je ugrađeni program, tzv. firmware. Kod savremenih mikrokontrolera ovaj program može da se nadograđuje. Postoji nekoliko proizvođača mikrokontrolera: Atmel Corporation, Texas Instruments, Microchip... Mi smo se odlučili za Microchip-ov mikrokontroler PIC18F4520.

Folder: 3.PIC18F4520

Dostupno

na:

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010297>

Za ovaj mikrokontroler smo se odlučili iz više razloga: može da podrži displej, vezu prema računaru, ima AD konvertor, može da upravlja MicroSD memorijskom karticom.

Biblioteka Microchip Microcontroller 8-Bit PIC18.IntLib - PIC18F4520-E/PT

Designator – U30

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1212703)

Footprint - difoltni otisak označen sa TQFP-PT44_N

Na osnovu tehničke dokumentacije ovog mikrokontrolera možemo videti da on ima ukupno 44 nožice. Odlučili smo se za onaj koji je u kućištu TQFP (thin quad flat pack). Na ovom nivou nije potrebo razmatrati ulogu svakog od 44 pina na ovom kućištu, ali razmatranje pojedinih pinova je neophodno. Takođe, možemo uočiti da je u Altium-u raspored nožica sasvim

drugačiji. VDD pinovi su namenjeni za napajanje (U MOS tehnologiji označeni su sa VDD, dok su kod kola u bipolarnoj tehnologiji ovi pinovi označeni sa VCC). Analogno, pinovi za masu označeni su sa VSS (u bipolarnoj sa VEE, što sve odgovara GND-u). U bloku mikrokontrolera biće korišćena digitalna masa. Treba napomenuti da kod integriranih kola sa više nožica napajanje i masa mogu da budu izvedeni na više mesta, a sve zbog bolje prostorne organizacije i iskorišćenosti prostora.

Sa šematika možemo uočiti da je napajanje VDD džamperom (J30 – koji je ekvivalentan džamperu J2 iz mySchematics_Power.SchDoc) odvojeno od napajanja VCC. Uloga ovog džampera biće kasnije detaljno objašnjena. Pored svakog pina za napajanje kod mikrokontrolera postavljen je po jedan keramički kondenzator (C30 i C31 – koji su ekvivalentni kondenzatoru C21 iz mySchematics_Sensor.SchDoc i koji obavljaju istu funkciju).

Pinovi VSS vezani su za masu (u ovom slučaju uzeta je digitalna masa, pa treba selektovati simbol za masu i njegovim podešavanjima izabrati Signal Ground i dati mu ime DGND).

Ovaj mikrokontroler ima nekoliko neiskorišćenih pinova (12, 13, 33 i 34). Ovakvi pinovi se u Altiumu obično zatvaraju na sledeći način

Place -> Directives -> No ERC

Sledeća sekcija koju razmatramo u bloku mikrokontrolera je sekcija oscilatora. Mikrokontroleri mogu da rade samo ako imaju odgovarajući takt, clock. Mnogi mikrokontroleri imaju svoj ugrađeni takt (1, 2, 4 MHz). Ostalim mikrokontrolerima se takt dodaje spolja. Ako se takt mikrokontroleru dodaje spolja onda se automatski isključuje njegov unutrašnji takt. U ovom slučaju iskorišćen je kvarcni oscilator. Kvarcni ili kristalni oscilator koristi mehaničku rezonaciju vibracije kristala kvarca kako bi stvorio električni signal vrlo precizne frekvencije. Kvarcni oscilator karakterišu veoma velika stabilnost frekvencije, kao i temperaturna stabilnost, što je veoma važno. Osnovne rezonantne frekvencije kvarca protežu se u području od nekoliko stotina herca pa do 50MHz, a u našem slučaju iskorišćen je kvarc sa rezonantom frekvencijom od 10MHz.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - XTAL

Designator – Y31

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1666985)

Footprint – Crystal Oscillator.PcbLib - BCY-W2/E4.7 (HC-49U)

Folder: 4.Kristalni oscilator Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/hc49u-32-20-30-60-00-at3/crystal-hc-49-u-32-0mhz/dp/1666985?Ntt=1666985>

(U okviru ovog foldera smeštena je i dokumentacija AN826, vezana za kristalni oscilator). Iz dokumentacije mikrokontrolera (2.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS) mogu se odrediti vrednosti kondenzatora C33, C34 (identični) i otpornika R30. Ovaj otpornik se ne koristi u svim konfiguracijama. Njegova uloga je da obezbedi stabilan start bez potencijalnih premašenja. Mikrokontroler pobudi oscilator i energija osciluje između dva kondenzatora. Kod mikrokontrolera postoje namenski pinovi gde se vezuje oscilator. Ovi pinovi označeni su sa OSC1/CLKI/RA7 i OSC2/CLKO/RA6. Ove kose crte ukazuju da se ovi pinovi mikrokontrolera mogu vezati i u različitim konfiguracijama mogu imati različite funkcije

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Semi

Designator – C33 (C34)

Value – 22p (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1414717)

Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC3216N

Folder: 5. Capacitor_1414717 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kemet/c1206c220j5gactu/capacitor-1206-22pf-50v-np0/dp/1414717?Ntt=1414717>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R30
 Value – 2M2 (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1576165)
 Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 6. Resistor_1576165 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mchv05waj0225t5e/resistor-2-2m-0805-5-0-1w/dp/1576165?Ntt=1576165>

Sledeća sekcija koju razmatramo u bloku mikrokontrolera je reset kolo. Poznato je da programiranje mikrokontrolera u assembleru predstavlja optimalan način programiranja sa stanovišta iskorišćenja ograničenih ugrađenih resursa, kao na primer, programske memorije i dr. S druge strane, za složenije projekte program napisan u assembleru može biti komplikovan za čitanje i razumevanje. Zato se danas mikrokontroleri programiraju u višim programskim jezicima, a najpoznatiji i najčešće korišćeni je programski jezik C. Prilikom kompajliranja viši programski jezik se prevodi u assembler, a zatim assembler u mašinski jezik, gde svaka instrukcija ima svoj jedinstveni numerički kod. Kada mikrokontroler dobije napajanje izvršava se boot sekvenca i odatle se kreće sa izvršavanjem softvera. Izvršavanje softvera može da blokira, zato se ostavlja mogućnost reseta. Reset je pokretanje softvera od početka, a da pri tom mikrokontroler ne gubi napajanje. Mikrokontroler ima specijalan pin za reset (18 MCLR).

U našem slučaju reset se vrši korišćenjem tastera S30.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – SW-PB
 Designator – S30
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1555989)

Folder: 7. SWITCH-FSMRA6JH Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity/fsmra6jh/switch-tactile-spno-r-a/dp/1555989?Ntt=1555989>

Za ovu komponentu nemamo otisak i 3D model. Zato je potrebno napraviti samo otisak ove komponente u okviru Library_sve komponente2012.IntLib i uvesti 3D model. Otisak i 3D model su označeni u ovoj biblioteci kao FSMRA6JH.

Za realizaciju reset kola potrebni su nam i otpornici R31 (pull down), R32 i kondenzator C32. Naime, kondenzator C32 se postavlja radi pravljenja filtra zbog prigušenja oscilacija. Prilikom pritiska bilo kog mehaničkog tastera javlja se situacija višestrukog uključenja i isključenja, pa je uloga ovog filtra u odstranjivanju ovih oscilacija. Uloga diode D30 biće kasnije objašnjena.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R31
 Value – 100K (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 9333738)
 Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 8. Resistor_9333738 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc-0-1w-0805-5-100k/resistor-0805-100k/dp/9333738?Ntt=9333738>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R32
 Value – 4K7 (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 9334580)
 Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 9. Resistor_9334580 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc-0-1w-0805-5-4k7/resistor-0805-4k7/dp/9334580?Ntt=9334580>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap
 Designator – C32
 Comment – AVX - 08055C104JAT2A
 Value – 100n (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)
 Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Folder: 10. Capacitor_1740673 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/avx/08055c104jat2a/capacitor-mlcc-0805-50v-100nf/dp/1740673?Ntt=1740673>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap
 Designator – D30
 Comment – BAT43 (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 9801448)
 Footprint - Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib, otisak DO-35

Folder: 11. Diode Schottky Dostupno na: <http://uk.farnell.com/stmicroelectronics/bat43/diode-schottky-small-signal/dp/9801448?Ntt=9801448>

Sledeća sekcija koju razmatramo u bloku mikrokontrolera je veza sa periferijom. Ovaj mikrokontroler ima ukupno 13 AD konvertora. Pinovi na koje se dovode signali kod kojih je potrebno izvršiti AD konverziju označeni su sa AN. Zadatak je da signal S_OUT iz senzorskog bloka dovedemo u blok mikrokontrolera, na primer na pin 19 (AN0). Sada u bloku mikrokontrolera postavljamo Port, dodelimo mu ime S_OUT i postavimo ga kao Input.

Potrebno je sada i glavnom šematiku povezati ove portove. Pređemo u mySchematics_Main.SchDoc i zatim

Place -> Add Sheet Entry i postavimo po jedan u oba šematika (mySchematics_Sensor.SchDoc i mySchematics_Microcontroller.SchDoc). Dajmo ime i jednom i drugom S_OUT. U senzorskom bloku označimo ga kao Output, a u bloku mikrokontrolera kao Input. Na ovaj način izvršili smo kompletno povezivanje.

2. čas:

Sledeća sekcija koju realizujemo je veza sa displejom. Koristimo LCD displej koji će biti montiran na prednji panel uređaja. Kod ovog displeja tečni Kristal se nalazi između elektroda. Pode dejstvom upravljačkog napona čestice kristala se orjentišu u određenom smeru propuštajući samo određeni deo spektra, na taj način određujući intenzitet i boju. Postoji veliki broj LCD displeja koji se razlikuju po karakteru, skupu karaktera i broju redova. U našem slučaju biće iskorišćen displej koji ima 2x16 karaktera, Winstar 1602B. Ovaj displej ima ugrađenu elektroniku za konverziju ulaznih podataka u odgovarajući karakter na displeju.

Folder: 12. Displej Dostupno

na:

http://winstar.com.tw/detail_view.php?pd_num=WH&pd_nu2=1602B

Međutim na samu štampanu pločicu postavlja se samo odgovarajući konektor uvodnik – header, koji će preko odgovarajućeg konektora i trakastog kabla biti povezan sa displejom. Postavlja se konektor sa vođicom da ne bi došlo do okretanja pinova. To znači da se na štampanu ploču postavlja samo otisak za konektor, a sve ostalo (njegov odgovarajuću konektor, trakasti kabl i displej predstavljaju mehaničke komponente). Koristimo sledeći konektor za štampanu ploču

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - Header 8X2
 Designator – P31
 Comment – LCD-H (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 8395934)
 Footprint – difoltni HDR2X8

Folder: 13. Header displej Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/1-1634688-6/header-box-straight-16way/dp/8395934?Ntt=8395934>

Ako se pogleda tehnička dokumentacija ovog displeja može se videti da se pozadinsko osvetljenje kontroliše potencijetrom R33. Preporučena vrednost je 10 K Ω . Potencijetar se postavlja na prednji panel, a ovde se samo postavlja tropinski header, čijim srednjim krajem podešavamo pozadinsko osvetljenje. Na header se postavlja odgovarajući priključak, koji je kablovima povezan sa dugmetom koje se postavlja na prednji panel.

Folder: 14. Header potencijetar Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-3/header-straight-3way/dp/1248141?Ntt=1248141>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - RPot
 Designator – R33
 Description – Potentiometer
 Value – 10K (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1248141)
 Footprint – Miscellaneous Connectors.IntLib – HDR1X3

Na osnovu tehničke dokumentacije postavimo napajanje VCC na pin2 (direktno) i na pin15 (preko otpornika R34).

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
 Designator – R34
 Value – 10R 1/2W (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1738986)
 Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC3216N

Folder: 15. Resistor_1738986 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/vishay-draloric/crw120610r0fkeahp/resistor-1206-1-10r0/dp/1738986?Ntt=1738986>

Kod LCD displeja za prenos podataka može se koristiti 8 linija (0-7) ili 4 linije (4-7). U našem slučaju koriste se 4 linije za prenos podataka, označene kao DB4 do DB7. Zbog predlednosti na šematiku je predstavljena i posebna komponenta Bus kojom se prenose podaci.

Place -> Bus
 Place -> Bus entry
 Place -> Net Label i damo odgovarajuće nazive kao na slici.

Sledeća sekcija koju razmatramo u bloku mikrokontrolera je komunikacija sa računarom. Za vezu sa računarom iskorišćene su dva pina na mikrokontrolera: pin44 TX, na koji postavljamo izlazni port PIC_TX i pin1 RX na koji postavljamo ulazni port PIC_RX. Mikrokontroler koristi RS232 standard za komunikaciju sa računarom.

Sledeća sekcija koju razmatramo u bloku mikrokontrolera je sekcija za promenu softvera mikrokontrolera. Spuštanje koda na mikrokontroler naziva se boot-load. Postoje dva načina za promenu softvera mikrokontrolera. Ako je mikrokontroler u DIP (DIL) kućištu koje je postavljeno u odgovarajuće podnožje najjednostavniji način je izvući mikrokontroler, ubaciti ga u programator, preprogramirati i vratiti u podnožje. Međutim, u većini slučajeva to nije moguće, pa treba predvideti mogućnost programiranja direktno na samoj ploči ICSP. Na samu štampanu ploču postavlja se konektor koji ima šest pinova, gde priključujemo programator, mada je nama potrebo samo 5 pinova. Sam programator zakačimo za ovaj konektor i vršimo programiranje mikrokontrolera. Za programiranje mikrokontrolera potrebni su nam sledeći pinovi: dve namenske linije PGD i PGC. Prilikom programiranja mikrokontrolera on može da dobija napajanje iz programatora (VDD). Programatorom se vrši programiranje pri nešto većem naponu (VPP), nego što je napon pri kome radi sam mikrokontroler (VCC) (mikrokontroler tipično na 5 V, a programator na 9 V). Sada može da se sagleda uloga džampera J30 i diode D30, kao i napomene "Note: Turn off external power and open W30 before using ICSP!". Naime, da ne bi došlo do mešanja napona potrebno je da se postavi dioda D30. Skidanje kapice džampera J30 vrši se kako se napon VDD iz programatora ne bi trošio na punjenje kondenzatora iz bloka za napajanje.

Postavimo konektor preko koga se može vršiti programiranje mikrokontrolera.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - Header 6

Designator – P30

Comment – ICSP (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1248144)

Footprint – difoltni HDR1X6

Folder: 16. Header ICSP Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-6/header-straight-6way/dp/1248144?Ntt=1248144>

Postavili smo sve električne komponente. Ostalo je da postavimo mehaničke komponente. Njih ima dosta, jer se veliki broj komponenata postavlja na prednji panel. Kapica za džamper W31 identična je sa kopicom za džamper J21 iz mySchematics_Power.SchDoc. Naredna komponenta je dugme RK31 za potencijometar R33 kojim se podešava pozadinsko osvetljenje displeja. Njegovog simbola nema u Altiumu, pa ga sami pravimo i usnimimo u Library_sve komponente2012.IntLib pod nazivom Knob.

Folder: 17. Knob Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/cr-ms-5/knob-soft-touch-splined-shaft-gry/dp/1440013?Ntt=1440013>

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib - Knob

Designator – RK31

Comment – Rotary Knob

Type - Mechanical

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1440013)

Naredna komponenta je jednoobrtni potencijometar R39.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - RPot

Designator – R39

Comment – Single Turn Linear

Description – Potentiometer

Type – Mechanical
Value – 10K (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1684813)

Folder: 18. Potenciometar Dostupno na: <http://uk.farnell.com/bi-technologies-tt-electronics/p160knp-0ec15b10k/panel-pot-10k-lin-16mm/dp/1684813?Ntt=1684813>

Ovaj potenciometar je preko trožilnog kabla i odgovarajućeg konektora vezan za konektor koji se nalazi na samoj pločici. Naredne dve komponente su trožilni kabl i konektor. Postavljamo Ribbon Cable Gray iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – Ribbon Cable Gray
Designator – CA32
Comment – Ribbon Cable, Bonded
Type – Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1207451)
Add parameters (Note, 0.2m (=4pcs)) - visible

Folder: 19. Ribbon Cable 1207451 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/amphenol-spectra-strip/135-2801-010/ribbon-cable-10way-per-m/dp/1207451?Ntt=1207451>

Postavljamo tropinski konektor za koji vezujemo trožilni kabl za potenciometar.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - Header 3
Designator – P34
Type – Mechanical
Comment – Crimp Housing Receptacle (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1593507) **nedostaje 3D model**

Folder: 20. Header 3pin Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/2226a-03/crimp-housing-1-row-3-way/dp/1593507?Ntt=1593507>

Nakon ovoga postavljamo mehaničke komponente kojima povezuje LCD displej sa odgovarajućim konektorom na pločici. Potrebni su nam trakasti kabl koji ima 16 provodnika i koji se sa jedne strane direktno lemi za LCD displej, a sa druge strane se preko odgovarajućeg konektora vezuje za konektor koji se nalazi na štampanoj ploči. Kod ovakve vrste kablova žica sa izolacijom crvene boje predstavlja prvu liniju.

Postavljamo Ribbon Cable Gray iz naše biblioteke.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib – Ribbon Cable Gray
Designator – CA31
Comment – Ribbon Cable Gray, 16Way
Type – Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1821231)
Add parameters (Note, 0.1m) - visible

Folder: 21. Ribbon Cable 1821231 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity/1-57040-6/ribbon-cable-28awg-16way-per-m/dp/1821231?Ntt=1821231>

Postavljamo konektor za koji vezujemo trakasti kabl koji ima 16 provodnika.

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib - MHDR2X8
Designator – P33
Type – Mechanical
Comment – SOCKET, IDC, 16WAY (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1098501)

Folder: 22. Header 2X8 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/1658621-3/socket-novolatch-16way/dp/1098501?Ntt=1098501>

Potrebno je postaviti i sam displej (**Folder:** 12. Displej)
Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Header 16
Designator – P32
Type – Mechanical
Comment – Display LCD 2x16 (visible)
Add parameters (Note, WINSTAR1602B) - visible

Na kraju postavimo i ostale mehaničke komponente koje su nam neophodne za realizaciju uređaja

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket
Designator – J34
Comment – Strain Relief
Type - Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 131568)

Folder: 23. Strain Relief Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/499252-8/strain-relief-16way/dp/131568?Ntt=131568>

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib – Socket
Designator – J31, J32, J33
Comment – Crimp Terminal
Type - Mechanical
Add parameters (Name-Farnell, Value- 1593529)

Folder: 24. Crimp Terminal Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/2226tg/crimp-terminal-24-28awg/dp/1593529?Ntt=1593529>

3. čas:

Kada je realizovano napajanje, senzorski blok i blok mikrokontrolera prešli smo na blok USB komunikacije sa računarom. Dalji rad na realizaciji uređaja nastavljamo u novom šematiu u okviru istog projekta. Novi šematik usnimimo pod imenom mySchematics_USB.SchDoc.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 1.MyPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 31.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc).

Realizovan modul USB komunikacije sa računarom Blok USB.pdf je radi preglednosti prikazan u

Folder: 32. Blok USB

Studentima će biti data gotova šema mySchematics_Microcontroller.SchDoc, koju samo usnimimo i izvršimo kompajliranje projekta myPCB_Project.PrjPCB.

Razmatranje bloka koji omogućava komunikaciju sa računarom preko USB-a krećemo od USB konektora. Postoje dva tipa USB konektora: TypeA – standardni, TypeB – koji se najčešće koristi na periferijama. USB komunikaciju odlikuje prilično složen softver, ali ono što je u ovom trenutku za ovaj predmet bitno prilično jednostavan hardver. Napomena: USB

konektor ima metalni oklop koji štiti od EMS (služi kao Faradejev kavez). USB konektor može da se uvlači/izvlači „na živo“ zato što uvek prvo ulazi masa (kućište) pa tek onda VCC i linije podataka. Uređaj se može uništiti elektrostatičkim pražnjenjem. Na primer, za USB komunikaciju 2.0 imamo samo četiri bitne linije. VBUS je tipično 5 V, GND, kao linije D+ i D-, koje služe za prenos podataka. Podaci se prenose diferencijalno, odnosno sadrže se u razlici amplituda signala koji se prenose linijama D+ i D-. To nam ukazuje da linije D+ i D- treba da budu istih dužina i na istom rastojanju, kako bi minimizovali smetnje. U odnosu na standardni način prenosa podataka, diferencijalni prenos obezbeđuje veći integritet signala jer razlika naponskih nivoa uvek postoji. Veći je i imunitet na šum jer postoji razlika napona. Altium ima mogućnost označavanja diferencijalnog para, što će u daljem radu biti i demonstrirano.

Place -> Directives -> Differential Par, postavimo ih na linije D+ i D- i dajmo im imena USB_D, na osnovu čega će on prepoznati da ove dve linije čine diferencijalni par.

Vidimo da na USB konektoru postoje dva pina koji povezuju oklop (shield). Postavimo običan Power Port i izaberemo Style=Earth, i u Net postavimo SHIELD. Možemo videti da se automatski menja symbol koji smo postavili.

Postavimo USB konektor TypeB

Biblioteka Miscellaneous Connectors.IntLib- Header 6

Designator – P40

Add parameters (Name-Mollex, Value- 67068-8011)

Footprint – Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib, otisak

MOLEX_67068-8011

Folder: 33. USB konektor

Dostupno

na:

http://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0670688011_IO_CONNECTORS.xml

Postavljanje kondenzatora C40 i otpornika R40 je opciono, i nije ih moguće pronaći u svim aplikacijama. Otpornik bi trebalo da bude što veći, da razdvoji SHIELD i DGND, vrednost kondenzatora što manja i njegova uloga je da prespoji eventualne pikove koji mogu da se pojave.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Semi

Designator – C40

Value – 4n7 250V (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1779495)

Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC3216N

Folder: 34. Capacitor_1779495

Dostupno

na:

<http://uk.farnell.com/yageo-phycomp/cc1206krx7rybb472/capacitor-1206-250v-4-7nf-x7r/dp/1779495?Ntt=1779495>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi

Designator – R40

Value – 10M (visible)

Add parameters (Name-Farnell, Value- 1576694)

Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC3216N

Folder: 35. Resistor_1576694

Dostupno

na:

<http://uk.farnell.com/multicomp/mchp06w2f1005t5e/resistor-10m-1206-1-0-5w/dp/1576694?Ntt=1576694>

Kako mikrokontroler koristi RS232 standard za komunikaciju sa računarom, a mi hoćemo da na ovom uređaju izvedemo komunikaciju korišćenjem USB-a, potrebno je da

obezbedimo spregu između ova dva standarda. U te svrhe korišćićemo standard koji dominira, integrisano kolo FT232RL konje omogućava vezu između USB i serijskog UART-a.

Folder: 36. FT232RL Dostupno na: <http://uk.farnell.com/ftdi/ft232rl/ic-usb-to-uart-smd-ssop28-232/dp/1146032?Ntt=1146032>

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib - FT232RL
 Designator – U40
 Description – USB to serial UART interface
 Comment – FT232RL (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1146032)
 Footprint – Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib, otisak SSOP28

Dalji rad u ovom senzorskom bloku bazira se upravo na tehničkoj dokumentaciji FT232RL. Na primer iz tehničke dokumentacije ovog integrisanog kola mogu se videti preporučene vrednosti C43, C44 i C45, kao i za feritnu prigušnicu FB40. Na ovaj način se pravi filter za elektromagnetne smetenje. C46 je dekapling kondenzator.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Semi
 Designator – C43
 Value – 10n (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1833846)
 Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Folder: 37. Capacitor_1833846 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/avx/08055c103k4z2a/capacitor-0805-x7r-50v-10nf/dp/1833846?Ntt=1833846>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Semi
 Designator – C44 (C46)
 Value – 100n (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1740673)
 Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Folder: 38. Capacitor_1740673 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/avx/08055c104jat2a/capacitor-mlcc-0805-50v-100nf/dp/1740673?Ntt=1740673>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Inductor
 Designator – FB40
 Comment – BLM18PG330SN1 (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1515742)
 Footprint - Biblioteka Chip Inductor_N.PcbLib, otisak INDC1608N

Folder: 39. FerriteBead40 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/murata/blm18pg330sn1d/ferrite-bead-0-025ohm-3a-0603/dp/1515742?Ntt=1515742>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Pol1
 Designator – C45
 Value – 4u7/10V (visible)
 Comment – Tantalum
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1457427)

Folder: 40. Capacitor_1457427 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/kemet/t491a475k010at/capacitor-case-a-4-7uf-10v/dp/1457427?Ntt=1457427>

Otpornici R41 i R42 služe da kontroliramo RESET pin kola FT232RL. Kolo se resetuje 0, tako da ovakvim izborom otpornika držimo stanje na aktivnoj 1 i izbegavamo resetovanje. Ovo je situacija kada je priključen USB iz računara i kada imamo napajanje.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
Designator – R41
Value – 4k7 (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 9334580)
Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 41. Resistor_9334580 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc-0-1w-0805-5-4k7/resistor-0805-4k7/dp/9334580?Ntt=9334580>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
Designator – R42 (R43)
Value – 10k (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 9333720)
Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 42. Resistor_9333720 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc-0-1w-0805-5-10k/resistor-0805-10k/dp/9333720?Ntt=9333720>

Uloga otpornika R44 i R45, zajedno sa LED diodama D41 i D42 da prikažu da li se vrši predaja ili prijem podataka. Iskorišćena je konfiguracija gde se jedan pin koristi za indikaciju prijema (RXLED#), a drugi za indikaciju slanja podataka (TXLED#). Prilikom prijema ili predaje podataka na odgovarajućem pinu je aktivna nula, što omogućava uključivanje crvene (za prijem podataka) ili zelene diode (za slanje podataka)

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – Res Semi
Designator – R44 (R45)
Value – 270R (visible)
Add parameters (Name-Farnell, Value- 9334254)
Footprint - Biblioteka Chip Resistor_N.PcbLib, otisak označen sa RESC2012N

Folder: 43. Resistor_9334254 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/mc-0-1w-0805-5-270r/resistor-0805-270r/dp/9334254?Ntt=9334254>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – LED0
Designator – D41
Comment – Red
Add parameters (Name-Farnell, Value- 8529930)
Footprint - Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib, otisak LED_0805

Folder: 44. LED_8529930 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kingbright/kp-2012surc/led-smd-0805-red/dp/8529930?Ntt=8529930>

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib – LED0

Designator – D42
 Comment – Green
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 8529906)
 Footprint - Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib, otisak LED_0805

Folder: 45. LED_8529906 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kingbright/kp-2012mgc/led-smd-0805-green/dp/8529906?Ntt=8529906>

Bitno je da na linijama D+ i D- postavimo kondenzatore C41 i C42.

Biblioteka Miscellaneous Devices.IntLib - Cap Semi
 Designator – C41 (C42)
 Value – 47p (visible)
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1414692)
 Footprint - Biblioteka Chip Capacitor_N.PcbLib, otisak označen sa CAPC2012N

Folder: 46. Capacitor_1414692 Dostupno na:
<http://uk.farnell.com/kemet/c0805c470j5gactu/capacitor-0805-47pf-50v-np0/dp/1414692?Ntt=1414692>

Potrebno je samo još da zaštitimo linije D+ i D- od ESD (Electrostatic discharge) elektrostatičkog pražnjenja preko USB-a i od naponskih pikova TVS (Transient voltage suppressor). Postoje dva načina, korišćenjem bidirekcionih i unidirekcionih dioda. U te svrhe korisitmo specijalizovano kolo NUP4201DR2. U tehničkoj dokumentaciji ovog kola detaljno je opisano kako ovo kolo štiti od naponskih pikova.

Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib - NUP4201DR2
 Designator – U41
 Description – Very low capacitance ESD protection
 Add parameters (Name-Farnell, Value- 1703035)
 Footprint – Biblioteka Library_sve komponente2012.IntLib, otisak SOIC-8_NB

Folder: 47. TVS Diode Dostupno na: <http://uk.farnell.com/on-semiconductor/nup4201dr2g/diode-tvs-unidir/dp/1703035?Ntt=1703035>

Za vezu FT232RL sa mikrokontrolerom iskorišćene su dva pina: pinTXD i pinRXD. Potrebno je naročito voditi računa o tome na koji pin koji port vezati. Na pinTXD vezujemo izlazni port port PIC_RX. Na pin RXD vezujemo ulazni port PIC_TX.

Potrebno je sada i glavnom šematiku povezati ove portove. Pređemo u mySchematics_Main.SchDoc i zatim

Place -> Add Sheet Entry i postavimo po dva u oba šematika (mySchematics_USB.SchDoc i mySchematics_Microcontroller.SchDoc). Dajmo im imena PIC_TX i PIC_RX:

U USB bloku PIC_TX=Input i PIC_RX=Output.

U bloku mikrokontrolera PIC_TX=Output i PIC_RX=Input.

Na ovaj način kompletirana je kompletna šema USB bloka našeg uređaja.

9. TERMIN vežbe

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 31.myPCB_Project iz 8.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Kada je realizovano napajanje i senzorski blok prešli smo na realizaciju bloka mikrokontrolera i USB bloka. U dosadašnjem toku kursa savladali smo crtanje električne šeme, pa će studentima biti date gotove šeme mySchematics_Microcontroller.SchDoc i mySchematics_USB.SchDoc, koje samo usnimimo u okviru projekta myPCB_Project.PrjPCB. Sada je potrebno da u okviru ovog glavnog šematika smestimo hijerarhijski još dva niža šematika. Na šematiku mySchematics_Main.SchDoc

Design -> Create Sheet Symbol From Sheet or HDL

i tu smestimo šematike mySchematics_Microcontroller.SchDoc i mySchematics_USB.SchDoc, koji sada predstavljaju šematike niže vrednosti.

Kako bi uskladili sve što je do sada rađeno potrebno je da na šematiku mySchematics_Main.SchDoc svim Sheet Symbol-ima postavimo iste vrednosti za Designator i Filename (mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc i mySchematics_USB.SchDoc).

Nakon kompajliranja projekta

Project -> Compile PCB Project myPCB_Project.PrjPCB dobijamo hijerarhijski organizovane šematike. Bitno je uočiti da se prilikom kompajliranja javljaju neke greške koje je poželjno otkloniti:

Duplicate Component Designator J21 (u šematiku mySchematics_Power.SchDoc sa J21 je označena kapica za džemper J2, a u šematiku mySchematics_Sensor.SchDoc sa J21 je označen Plug, Mini DIN, 3 Pole. I u jednom i u drugom slučaju radi se o mehaničkim komponentama, pa nije toliko bitno da ispravimo. Međutim, može da se desi nekada da na električnoj šemi među komponentama koje su označene kao električne imamo ovakvu grešku. Preimenućemo kapicu džampera u šematiku mySchematics_Power.SchDoc na W2.

Net U20_1 contains floating input pins (Pin U20-1). Kako se ovde radi o mehaničkoj komponenti u šematiku mySchematics_Sensor.SchDoc nije od interesa razmatranje.

Neke greške i vizuelno možemo da pronađemo. Na primer u šematiku mySchematics_Microcontroller.SchDoc napisano je "Note: Turn off external power and open W30 before using ICSP!", a među mehaničkim komponentama ova kapica je označena sa W31, pa i to treba otkloniti da ne bi došlo do zabune. Označimo je sa W30.

Na ovaj način treba otkloniti sve greške koje postoje u projektu. Nakon otklanjanja grešaka potrebno je da na štampanu ploču prebacimo i preostala dva šematika mySchematics_Microcontroller.SchDoc i mySchematics_USB.SchDoc i to u dva prostora. Pre prebacivanja šematika na štampanu pločicu potrebno je da instaliramo sve neophodne biblioteke. Naime, kada se u neki projekat usnimi gotov šematik moramo da instaliramo i biblioteke iz kojih komponente sa tog šematika povlače otiske i 3D modele. Ako to ne uradimo

na štampanu pločicu se neće videti otisak i 3D komponente. U ovom slučaju potrebno je instalirati sledeće biblioteke:

(Designator)	(Library)
U30:	Biblioteka Microchip Microcontroller 8-Bit PIC18.IntLib
Y31:	Crystal Oscillator.PcbLib (folder: .../Lib/PCB)
FB40:	Chip_Inductor_N.PcbLib (folder: .../Lib/PCB/Surface Mount)
C45:	Capacitor Tantalum Leadless.PcbLib (folder: .../Lib/PCB/Surface Mount)

Naravno potrebno je instalirati i biblioteku Library_sve komponente2012.IntLib, koja sadrži sve komponente koje smo kasnije dodavali (mehaničke: RK31, CA32 i CA3i i električne: U40, D41, D42 i U41). Nakon toga potrebno je izvršiti kompajliranje celog projekta, kako bi sve komponente bile učitane i prebačene na štampanu pločicu. Nakon prebacivanja na štampanu pločicu potrebno je proveriti da sve električne komponente sa šematika budu postavljene u odgovarajuće prostore. Ako neka komponenta nedostaje znači da nije instalirana odgovarajuća biblioteka, ili postavljen otisak za tu komponentu. Potrebno je proveriti sve komponente.

Prostor za USB blok ostaće pravougaonog oblika i jednostavno ga je podesiti. Prostor mikrokontrolera biće višegaonog oblika, što se često dešava sa prostorima, pa ga je potrebno podesiti.

Design -> Rooms -> Edit Polygon Room Vertices, selektujemo prostor mySchematics_Microcontroller i oblikujemo ga po želji.

Imamo sada kompletno realizovanu pločicu koja je data u myPCB_Project.pdf i smeštena u folder 2.plocica. Takođe, možemo videti i 3D model pločice myPCB_Project_3D.pdf. Sam izgled prostora dat je u myPCB_Project_Rooms.pdf. Rasporedimo komponente prema okvirnom rasporedu koji je dat u myPCB_Project.pdf i myPCB_Project_3D.pdf i uočimo kojim komponentama nedostaju 3D modeli. Naredni korak je postavljanje 3D modela, po proceduri koju smo već sprovodili.

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 1.myPCB_Project potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao folder 3.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad.

Postavimo konektor P31.

Folder: 4. Header displej Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/1-1634688-6/header-box-straight-16way/dp/8395934?Ntt=8395934>

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Generic STEP model. U okviru Generic STEP modela izberemo Embed STEP model. Pronađemo folder gde je usnimljen STEP model našeg konektora i uvezemo ga. Vidimo da on nije rotiran onako kako treba i da nije podešena njegova visina u odnosu na štampanu ploču. Dvoklikom na otisak konektora P31 aktiviraće se Component Properties. Tu deaktiviramo opciju Lock Primitives. Ovo je neophodno kako bi spojili otisak i 3D model komponente. 3D model komponente postavimo iznad otiska komponente P31 (vodeći računa da nožice konektora prođu kroz rupe). Selektujemo 3D model konektora i

Tools -> Convert -> Add Selected Primitives to Component i kliknemo na otisak konektora. Na ovaj način 3D model smo dodali otisku. Sada moramo da zaključamo ovaj sklop. Dvoklikom na ovaj sklop aktiviraće se Component Properties, gde aktiviramo opciju Lock Primitives. Na ovaj način dobili smo kompletan konektor P31.

Isti postupak ponovimo za Y31.

Folder: 5. Kristalni oscilator Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/hc49u-32-20-30-60-00-at3/crystal-hc-49-u-32-0mhz/dp/1666985?Ntt=1666985>

Isti postupak ponovimo za R33.

Folder: 6. Header potencijometar Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-3/header-straight-3way/dp/1248141?Ntt=1248141>

Isti postupak ponovimo za J30.

Folder: 7. Header dzemper Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-2/header-straight-2way/dp/1248140?Ntt=1248140>

Isti postupak ponovimo za P30.

Folder: 8. Header ICSP Dostupno na: <http://uk.farnell.com/te-connectivity-amp/826926-6/header-straight-6way/dp/1248144?Ntt=1248144>

Isti postupak ponovimo za D30.

Folder: 9. Diode Schottky Dostupno na: <http://uk.farnell.com/stmicroelectronics/bat43/diode-schottky-small-signal/dp/9801448?Ntt=9801448>

Ostalo je da postavimo 3D modele za diode D41 i D42, kao i kondenzator C42.

Folder: 10. LED_Red Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kingbright/kp-2012surc/led-smd-0805-red/dp/8529930?Ntt=8529930>

Folder: 11. LED_Green Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kingbright/kp-2012mgc/led-smd-0805-green/dp/8529906?Ntt=8529906>

Folder: 12. Capacitor_Tantalum Dostupno na: <http://uk.farnell.com/kemet/t491a475k010at/capacitor-case-a-4-7uf-10v/dp/1457427?Ntt=1457427>

Za ove komponente nemamo 3D modele, ali pošto su oni jednostavni nećemo ih raditi u SolidEdge-u, već direktno nacrtati na pločici. Dvoklikom na otisak diode D41 aktiviraće se Component Properties. Deaktiviramo opciju Lock Primitives. Pređemo u 2D mod i selektujemo otisak diode D41.

Place -> 3D Body. U 3D Model Type selektujemo Extruded. U okviru Properties u Identifier postavimo D41. U okviru Extruded postavimo Overall Height 1.1 mm (pročitano iz tehničke dokumentacije). Kliknemo Ok i postavljamo 4 tačke po ivicama komponente.

Ponovimo postupak za D42 i C45 (Overall Height 1.2 mm).

Slika 3D modela popunjene pločice data je myPCB_Project_3D_popunjena.pdf. Preostali deo posla pre rutiranja je da sredimo još nekoliko detalja na ovoj pločici.

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 3.myPCB_Project potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao folder 13.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad.

Već je diskutovano da je postavljanje kondenzatora C40 i otpornika R40 opciono, i da ih nije moguće pronaći u svim aplikacijama. Otpornik bi trebalo da bude što veći, da razdvoji SHIELD i DGND, vrednost kondenzatora što manja i njegova uloga je da prespoji eventualne pikove koji mogu da se pojave. Postavićemo ovaj kondenzator i ovaj otpornik sa donje strane štampane ploče. Dvoklikom na komponentu aktivira se Component Properties, Layer izaberemo

Bottom Layer i komponente se automatski postavljaju sa donje strane štampane ploče. Na ovaj način postavili smo dve komponente sa donje strane štampane ploče. Mogućnost raspoređivanja komponenta sa obe strane ploče može u pojedinim situacijama biti od vrlo velike koristi.

Potrebno je kod konektora postaviti gde je pin 1 i eventualno još neki pinovi. Kod konektora postavimo 1 i dodajmo ICSP (jer je to veoma bitno).

Place -> String, podesimo TopOverlay, napišimo 1 i postavimo ga pored prvog pina. Proceduru ponovimo i za ispisivanje reči ICSP.

Pin 1 označimo i kod R33.

Imamo sada kompletno realizovanu pločicu koja je data u myPCB_Project.pdf i smeštena u folder 14.plocica. Takođe, možemo videti i 3D model pločice myPCB_Project_3D_popunjena.pdf i myPCB_Project_3D_popunjena_bottom.pdf.

Treba napomenuti da je otisak komponente S30 na svim dosadašnjim šemama bio pogrešan. Naime, on ima dva različita električna pina i dva mehanička pina. Greškom su električni pinovi bili kratkospojeni, pa bi prilikom realizacije uređaja mikrokontroler bio uvek resetovan. Pogrešan način povezivanja pinova može se videti u myPCB_Project_Rooms.pdf. U ovoj fazi je i to ispravljeno. Mehanički pinovi su označeni sa 0, a električni pinovi sa 1 i 2, čime je ova greška ispravljena. Nakon ispravljanja ovakvih grešaka obavezno je izvršiti kompajliranje projekta.

2. čas:

Kod LCD displeja za prenos podataka koristimo 4 linije (4-7), označene kao DB4 do DB7. Zbog preglednosti na šematiku je predstavljena i posebna komponenta Bus kojom se prenose podaci. Napravićemo sada klasu linija (Net Classes) koja će obuhvatati ovaj Bus. Pređimo u myPCB.PcbDoc, a zatim

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Nett Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo je DB[4..7]. U ovu klasu ubacićemo sve mreže koje pripadaju Bus-u. U ovom slučaju to su: DB4, DB5, DB6 i DB7. Ovu klasu smo definisali, mada nije potrebno da stavljamo posebna pravila za ove linije.

Ono što je mnogo bitnije je definisati klasu koja će se odnositi na diferencijalni par.

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Differential Pair Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo je USB_DATA. U nju smeštamo: USBD.

Definisanje novih pravila za rutiranje, koja se razlikuju od podrazumevanih pravila, pokazali smo na pravilu Width_Power (gde smo definisali linije sa znatno većom širinom zbog struje koja protiče kroz njih). I sada ćemo uvesti još nekoliko novih pravila.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo Width_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo Width_SHIELD, jer se odnosi na širinu linije koja se vezuje za SHIELD. Za novo pravilo Width_SHIELD postavićemo sledeće vrednosti: Min Width=0,254mm, Max Width=1.27mm, Preferred Width=1.27mm. Potrebno je da pravilu dodelimo mrežu na koju se odnosi.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width_SHIELD, zatim selektujemo Net i iz padajućeg menija izaberemo SHIELD. Na ovaj način smo našem novom pravilu (Width_SHIELD) dodelili mrežu (SHIELD) za koju će se primenjivati.

Sada treba definisati nova pravila koja se odnose na diferencijalni par.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Width, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo Width_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo DiffPair_USB_DATAWidth, jer se odnosi na širinu

linija kod diferencijalnog para. Za novo pravilo DiffPair_USB_DATAWidth postavimo sledeće vrednosti: Min Width=0,381mm, Max Width=1.27mm, Preferred Width=1.27mm. Potrebno je da pravilu dodelimo mrežu na koju se odnosi.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> DiffPair_USB_DATAWidth, zatim selektujemo Advanced (Query), Query Builder. U Condition Type iz padajućeg menija izaberemo Belongs to differential pair class, a u Condition Data izaberemo USB_DATA.

Za diferencijalni par postoji još jedna grupa pravila koju možemo definisati.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> Differential Pairs Routing, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo DifferentialPairsRouting_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo DiffPair_USB_DATADiffPairsRouting. Ovo radimo samo ilustracije radi, a zadržaćemo podrazumevane vrednosti.

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Routing -> DiffPair_USB_DATADiffPairsRouting, zatim selektujemo Advanced (Query), Query Builder. U Condition Type iz padajućeg menija izaberemo Belongs to differential pair class, a u Condition Data izaberemo USB_DATA.

Do širine linija koje bi trebalo kod diferencijalnog para da postavljamo dolazimo na osnovu proračuna koje nam omogućavaju lako dostupni online kalkulatori (smešteni u folder 15. Calculator). Ako postavimo:

Trace thickness	t= 0.035mm	= 1.4mils
Trace spacing	S= 0.2032mm	= 8mils
Dielectric layer thickness (FR4)	h= 1.6mm	= 63 mils
Relative dielectric constant	ϵ_r	=4.5

i podešavamo Trace width (W) da dobijemo Differential impedance: $Z_0=90\Omega$ (Microstrip), možemo videti da se dobija $W=1.27\text{mm}=50\text{mils}$. Naime, diferencijalna impedansa za USB kabl je 90Ω .

Definisali smo sve klase i sva pravila koja su nam potrebna za rutiranje.

3. čas:

Prelazimo na rutiranje pločice.

NAPOMENA: Kako bi u ovom obliku sačuvali sve što smo radili do sada iz foldera 13.myPCB_Project potrebno je da ceo folder iskopiramo i usnimimo ga kao folder 16.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad.

Prilikom rutiranja trebalo bi sve raditi po prostorima, a zatim spajati prostore. Uvek prvo koristimo autoruter, a zatim ručno ispravljamo pojedine detalje. Međutim, linije koje su vezane za diferencijalni par postavljamo ručno. Njihova važnost je vrlo velika i potrebno im je posvetiti posebnu pažnju. Za rutiranje diferencijalnog para u Altium-u postoji posebna opcija Interactively Route Differential Pair Connections (Place -> Interactive Differential Pair Routing). Pokretanjem ove opcije i dolaskom na nožicu USB konektora P40 automatski se rutiraju dve linije USB_D_P i USB_D_N. Linije koje vučemo imaju debljinu između 0.381mm i 1.27mm, kako smo definisali posebnim pravilima DiffPair_USB_DATAWidth. Uvek treba pokušati sa maksimalnom širinom linije, kako bi imali odgovarajuću diferencijalnu impedansu. Dok vučemo liniju pritiskom na TAB aktiviraće se opcija Interactive Routing, gde možemo da izaberemo željenu debljinu linija (Width from user preferred value) i pokušamo sa maksimalnom širinom $W=1.27\text{mm}=50\text{mils}$. Vučemo prema integrisanom kolu FT232RL (designator U40). Sa tom debljinom linija nije moguće prikazati se za nožice kola U40, pa rutiranje prekidamo neposredno pre dolaska do nožica ovog kola. Rutiranje sada krenemo od nožica kola U40, ali sada (pritiskom na TAB) sa širinom linija $W=0.381\text{mm}=15\text{mils}$ i tim tanjim linijama dođemo do debljih linija diferencijalnog para. Nakon ručnog postavljanja ovih linija potrebno je da ih zaključamo (desni

klik na liniju, Properties, javlja se prozor Track i aktiviramo Locked), da se ne bi razdesile prilikom daljeg rutiranja. Slika diferencijalnog para data je u folder 17.plocica_konacna pod nazivom DiferencijalniPar.pdf. Naravno, to može biti organizovano i na drugačiji način. Kada smo završili sa postavljanjem linija koje su vezane za diferencijalni par prelazimo na rutiranje preostalih linija u prostoru.

Poželjno je da AGND koju smo razlili prvo uklonimo, a zatim izvršimo rutiranje svih prostora pojedinačno.

Tools -> Polygon Pours -> Shelve Polygon(s)

Sada pustimo autoruter, a zatim ispravljamo ručno.

Imamo sada kompletno realizovanu pločicu koja je data u folder 17.plocica_konacna pod nazivom Plocica_konacna.pdf.

10. TERMIN predavanja

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 16.myPCB_Project iz 9.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Već smo pomenuli da se na štampanim pločama često može uočiti da je po celoj nekoj površini razlivena masa (zauzima celu površinu izuzev onih delova gde prolaze veze). To se radi iz više razloga, a osnovni motiv je da se smanji električni šum, minimizuju neželjene petlje koje mogu biti ostvarene preko zajedničke mase (ground loops) i preslušavanje između pojedinih veza na štampanoj ploči. Ovo naročito ima veliku važnost pri visokim učestanostima. Naime, na visokim učestanostima (ako dve linije idu paralelno neposredno jedna pored druge) jedna linija može da prikupi deo signala iz druge linije. Razlivanjem mase minimizuje se ovo preslušavanje.

Postavićemo razlivenu AGND površinu i sa gornje i sa donje strane prostora gde smo smestili senzorski blok. Postavićemo poligon i sa jedne i sa druge strane gde ćemo razliti AGND.

Place -> Polygon Pour i među opcijama izaberemo Layer=Top Layer i Connect to Net=AGND. Ostale vrednosti za sada zadržimo na podrazumevane. Kada pritisnemo Ok pojavice se kursor koji nam omogućava da nacrtamo poligon željenog oblika. Postavljamo poligon iznad prostora za senzor, ne uzimajući onaj deo prostora koji štrči izvan pločice (samo do keep out-a). Kompletnu proceduru postavljanja ponovimo i za donju površinu (samo je sada Layer=Bottom Layer). Razlivenu AGND možemo videti u dokumentu Razlivena_AGND.pdf koji je smešten u folder 2.Plocica.

Nakon toga potrebno je da razlijemo digitalnu masu za USB blok i blok mikrokontrolera. Međutim, neophodno je istaći da moramo poštovati pravila vezana za rutiranje diferencijalnog para. Naime, sa gornje strane ploče (gde prolaze linije diferencijalnog para) masa ne bi trebalo da bude razlijena u prostoru oko diferencijalnog para na rastojanju koje je pet puta veće od širine linija diferencijalnog para. Iz tih razloga tu moramo da postavimo jedan poligon kojim ćemo definisati prostor gde nema razlivene digitalne mase sa gornje strane štampane ploče.

Place -> Polygon Pour Cutout

Poligon postavimo oko linija diferencijalnog para na rastojanju od 250 mils, smešten u Top Layer. Kako su linije diferencijalnog para zakrivljene to i poligon postavljamo nepravilnog oblika (možemo videti ilustraciju CutoutPoligon.pdf u folder 2.Plocica). Nakon toga vršimo razlivanje mase.

Place -> Polygon Pour i među opcijama izaberemo Layer=Top Layer i Connect to Net=DGND. Ostale vrednosti zadržimo na podrazumevane. Kada pritisnemo Ok pojavice se kursor koji nam omogućava da nacrtamo poligon željenog oblika. Postavljamo poligon iznad prostora za blok mikrokontrolera i USB blok. Kompletnu proceduru postavljanja ponovimo i za donju površinu (samo je sada Layer=Bottom Layer). Razlivenu DGND masu možemo videti Razlivena_DGND.pdf smeštena u folder 2.Plocica. Možemo primetiti da oko linija diferencijalnog para sa gornje strane nije razlivena masa (u onom prostoru koji smo definisali). Osim toga, može se primetiti da mase (i AGND i DGND) u pojedinim prostorima nisu razlivene.

To su takozvana ostrva malih dimenzija koja program automatski detektuje i gde ne vrši razlivanje mase.

Kada su mase razliveno potrebno je da ih vijama spojimo. Postavimo po obodu nekoliko vija u donji levi ugao naše pločice, odnosno u prostoru mikrokontrolera (tu je razlivena DGND). Selektujemo sve horizontalne vije (shift+ levi klik miša)

Edit -> Align -> Align Vertical Centers i kliknemo na prvu viju sa leve strane i program će ih automatski poravnjati po horizontali. Ovaj princip može se koristiti i kod ravnanja komponenata. Po istom principu poravnjajmo vije i po vertikali

Edit -> Align -> Align Horizontal Centers

Osim toga možemo vije postaviti da budu ekvidistantne. Selektujemo sve horizontalne vije i zatim

Edit -> Align -> Align i u boksu Align Options u koloni Horizontal selektujemo Space equally. Istu proceduru ponovimo i za vije koje su postavljene vertikalno, samo u tom slučaju u koloni Vertical selektujemo Space equally.

Nekoliko vija postavimo i u gornji levi ugao. Ponovimo postupak raspoređivanja, ravnanja i postavljanja ekvidistantnih vija.

Postupak postavljanja vija ponovimo i za blok gde je razlivena AGND.

Nakon toga ponovo razlijemo masu

Tools -> Polygon Pours -> Repour All polygons

Kompletna slika sa vijama data je u DGND_AGND_vije.pdf u folder 2.Plocica.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 1.myPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 3.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Naredni korak u realizaciji uređaja je provera pravila projektovanja štampanih ploča. Naime, moraju biti ispoštovana sva pravila projektovanja i ona koja su difoltno postavljena i ona koja smo mi definisali. Altium ima mogućnost automatske provere pravila projektovanja

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report gde možemo videti sve greške. Cilj u svakom projektu je sređivanje tako da dobijemo Warnings=0 i Rule Violations=0. Možemo uočiti da je u našem slučaju Rule Violations=144, pa je potrebno otkloniti sve ove nedostatke.

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=100mil) (All)	4
Minimum Solder Mask Sliver (Gap=10mil) (All),(All)	91
Silkscreen Over Component Pads (Clearance=10mil) (All),(All)	43
Silk to Silk (Clearance=10mil) (All),(All)	5
Net Antennae (Tolerance=0mil) (All)	1
Total	144

Najveći broj odnosi se na Minimum Solder Mask Sliver. Difoltna vrednost je postavljena na 10 mils-a. Iz tih razloga javlja se veliki broj grešaka. Poznato je da je kod pojedinih komponenata razmak između nožica manji od 5 mils-a (možemo videti u dokumentu Greske_Minimum Solder Mask Sliver.pdf, smešten u 4. Greske), pa je potrebno izmeniti ovo pravilo

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Minimum Solder Mask Sliver, kliknemo na Minimum Solder Mask Sliver i uočavamo difoltnu vrednost od 10 mils. Izmenimo ovu vrednost na 0 mils i ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Kako smo pravilo Minimum Solder Mask Sliver primenili na sve u okviru projekta dobijamo

Minimum Solder Mask Sliver (Gap=0mil) (All),(All)	0
---	---

i dobijamo da je Rule Violations=53, što je 144 (koliko smo imali) - 91 (koliko smo rešili).

Naredni korak odnosi se na Silkscreen Over Component Pads. I ovde je difoltna vrednost postavljena na 10 mils (možemo videti u Greske_Silkscreen Over Component Pads.pdf, smešten

u 4. Greske). Međutim, bitno je samo da Silkscreen ne prelazi preko Silkscreen Pad-ova, što prilikom montaže, odnosno lemljenja može da stvara problem. Potrebno je utvrditi da nam natpisi ne prelaze preko pedova. Kad izvršimo vizuelnu proveru ovo pravilo možemo ukinuti

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Silkscreen Over Component Pads, kliknemo na Silkscreen Over Component Pads i uočavamo difoltnu vrednost od 10 mils. Hoćemo da ukinemo ovo pravilo. Vratimo se jedan korak unazad na Silkscreen Over Component Pads i deaktiviramo opciju Enabled i ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Kako smo pravilo Silkscreen Over Component Pads ukinuli (zabranili) iz ovog prijekta dobijamo

Silkscreen Over Component Pads (Gap=10mil) (Desabled) (All),(All) 0

i dobijamo da je Rule Violations=10, što je 53 - 43.

Naredni korak se odnosi na Silk to Silk. Imamo ukupno 5 upozorenja. Prvo se odnosi na otpornik R6. Njegov natpis R6 je isuviše blizu otisku komponente PLED (od žute linije je na manjem rastojanju od 10 mils, što se može videti u Greska_Silk to Silk.pdf, smešten u folder 4. Greske). Ovde možemo ručno izvršiti korekciju. Možemo proveriti da je sada Rule Violations=9. Ovakve greške javljaju se i kod komponente P31, za tekst koji je vezan za pinove 2, 15 i 16. U nekoj fazi realizacije projekta pomerali smo ove natpise ručno i približili ih na manje od 10 mils-a, što nije dozvoljeno. Potrebno je i to ispraviti. Ostao je još tekst R32 koji je od teksta C32 na rastojanju manjem od 10 mils-a, što takođe treba ispraviti.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Silk to Silk (Clearance=10mil) (All),(All) 0

i dobijamo da je Rule Violations=5, što je 10 - 5.

Naredni korak odnosi se na Hole Size Constraint. Ovde su difoltne vrednosti za rupe postavljene na 1 mils (minimalna) i 100 mils (maksimalna). Međutim, rupe koje smo postavili na štampanu pločicu, kako bi pločicu zašrafili za dno kutije, imaju prečnik od 3 mm (118.11 mils). Kako je prečnik veći od 100 mils-a Altium nas upozorava na Hole Size Constraint i prikazuje 4 greške, jer smo postavili 4 rupe (možemo videti u Greske_Hole Size Constraint.pdf, smešten u 4. Greske). Kako bi otklonili ove greške definišaćemo skup rupa za koje ćemo dozvoliti veću širinu od difoltne vrednosti. Napravićemo sada klasu rupa (Pad Classes)

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Pad Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo je Mounting_Holes. U ovu klasu ubacićemo sve rupe za koje ćemo dozvoliti veću širinu od 100 milsa. U ovom slučaju to su: Free0, Free0, Free0, Free0.

Uvešćemo sada novo pravilo kojim ćemo dozvoliti širinu rupa veću od 100 milsa za klasu koju smo definisali

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Hole Size, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo HoleSize_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvaćemo pravilo HoleSize_Mounting_Holes. Zatim selektujemo Advanced (Query), Query Builder. U Condition Type iz padajućeg menija izaberemo Belongs to Pad Class, a u Condition Value izaberemo Mounting_Holes. Postavićemo širinu rupa na 120 milsa.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Kako smo uveli novu klasu i novo pravilo pravilo za širinu rupa sad u okviru Reporta u Rule Violations imamo dve vrste

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=100mil) (All) 0

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=120mil) (InPadClass('Mounting_Holes')) 0

Prva vrsta se odnosi na sve rupe, a druga samo na klasu rupa za montiranje, odnosno Mounting_Holes. Možemo uočiti da ni kod jedne od ovih vrsta se ne prijavljuje greška i dobijamo da je Rule Violations=1, što je 5 - 4.

Ostala je još samo jedna greška koja se odnosi na

Net Antennae (Tolerance=0mil) (All)

1

Ako aktiviramo tu grešku ona nas vodi na Net Antennae: Track (3002.379mil,862.819mil)(3388.819mil,862.819mil) Top Layer. Njegovim aktiviranjem dolazimo do štampane pločice i do ove antene (možemo videti u Greske_Net Antennae.pdf, smešten u 4. Greske). Možemo uočiti da je ostala potpuno nepotrebno linija koju bi trebalo da izbrišemo.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report i dobijamo da je Rule Violations=0, što je 1 - 1.

Kako smo brisali neke linije potrebno je da ponovo razlijemo masu

Tools -> Polygon Pours -> Repour All polygons i uočićemo da je izvršeno razlivanje i u onom delu gde je bila smeštena ona antena koju smo izbrisali.

Pregledom pločice možemo uočiti nekoliko površina sa gornje strane gde nije razlivena masa, kako AGND tako i DGND. Ilustrovaćemo na nekoliko primera kako je moguće i ove probleme prevazići. Prvi problem je u senzorskom bloku, gde iznad kondenzatora C21 sa gornje strane nije razlivena masa. Možemo ovaj problem rešiti na više načina. Prvi način je da AGND liniju koja je vezana za kondenzator i dolazi iz bloka za napajanje malo ispravimo i postavimo je paralelno sa linijim VCC koja dolazi na kondenzator. Međutim, posle ponovnog razlivanja mase ponovo bi ostao mali prostor između ovih linija. Jednostavnije je da u taj prostor postavimo jednu viju koju vezujemo za AGND, jer je sa donje strane već razlivena AGND. Nakon ponovnog razlivanja mase ovaj prostor će kompletno biti popunjen. Popunićemo jedan prostor i u oblasti gde je razlivena digitalna masa. Možemo uočiti da je ispod otpornika R30 ostao prostor koji nije popunjen DGND-om. Kako je sa donje strane razlivena DGND možemo i tu ubaciti jednu viju. Međutim, jednostavnije je da liniju koja prolazi desno od otpornika R30 malo pomerimo u desnu stranu i time omogućimo uspostavljanje veze između prostora oko otpornika R30 i na taj način omogućimo razlivanje mase. Prostor ispod kondenzatora C34 popunjavamo postavljanjem jedne vije koju vezujemo za DGND i ponovo vršimo razlivanje mase. Slična procedura može se sprovesti za sve prostore gde nije razlivena masa. Ilustracija je data u okviru dokumenta Dodatno razlivanje.pdf koji smešten u folder 5. Plocica.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 3.myPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 6.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Preostali su još samo neki detalji koje možemo postaviti na samoj pločici ili pomenuti, a koji u nekim slučajevima mogu biti od koristi. Pomenuli smo držač kablova koji se lemi za štampanu ploču i kroz koga se provuče kabl. On nije neophodan, ali je vrlo koristan zbog preglednosti samog uređaja kada se otvori. Naime, postavljanjem ovakvih držača za kablove značajno se uređuje raspored žica i organizacija na pločici. Postavićemo običan pad na koji ćemo montirati 3D model cable clipa. Dimenzije pada očitavamo iz tehničke dokumentacije (5.4mm, 4.4mm).

Folder: 7. Cable Clip_1859383 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/harwin/s8131-46r/cable-clip-ez-sm-2-3mm/dp/1859383?Ntt=1859383>

Nakon postavljanja otiska potrebno je da uvezemo 3D model komponente i da ga postavimo na otisak, što smo u više navrata radili za mnoge komponente.

Nekoliko detalja treba spomenuti, mada neće biti direktno prikazani u primeru koji mi obrađujemo. Naime, kada se radi o višeslojnim pločama, što nije predmet proučavanja ovog kursa, postoje neka pravila koja bi trebalo obavezno poštovati. Naime, uobičajeno je da se masa i napajanje potavljaju u unutrašnjim slojevima, koji nisu vidljivi. Oni su sa gornjom i donjom površinom ploče povezani vijama. Na primer, ako imamo četvoroslojnu ploču sa gornje strane se nalaze linije sa signalima, zatim je ispod toga sloj mase, sloj napajanja i ponovo je sa donje strane sloj sa signalima. Ove višeslojne ploče nastaju presovanjem više ploča, tako da im debljina nije značajno veća. Slojevi su međusobno povezani vijama. Neke od tih vija se završavaju u nekom od unutrašnjih slojeva i zovu se slepe vije (blind via). Sve dosadašnje vije koje smo koristili su tipa through via, odnosno one vije koje polaze sa jedne strane štampane ploče i završavaju se sa druge strane. Postoji i treći tip vija, a to su ukopane vije (buried via) koje se počinju i završavaju se sa unutrašnje strane, pa samim tim nisu ni vidljive.

Na kraju trebalo bi reći još nekoliko napomena koje su vezane za linije na samoj štampanoj pločici. Poželjno je da linije skratimo što je više moguće. U primeru koji mi obrađujemo to nije urađeno samo iz razloga kako bi imali što pregledniji projekat i kako bi lakše pratili. Treba izbegavati duge prave linije, naročito paralelno postavljene više dugih linija. Takođe, napomenuli smo da vrlo često integrisana kola imaju više pinova za napajanje koji se nalaze jedan pored drugog. Pravilo za povezivanje ovakvih pinova je da se do njih dolazi jednom debelom linijom, a onda se tankim linijama pod pravim uglom ulazi u pinove za napajanje, na taj način gradeći strukturu češlja. Na kraju ako se vrši ručno lemljenje komponenata poželjno je koristiti i opciju

Tools -> Teardrops koja nam omogućava da se vija širi neposredno pre ulaska u pad, što može biti od koristi prilikom lemljenja. Ilustracija je data u folder 8. Teardrops u dokumentu Teardrops.pdf.

2. čas:

Naredni odeljak posvećen je samom pravljenju pločice. Naime, nakon projektovanja potrebno je u fabriku poslati dokumentaciju na osnovu koje će oni napraviti štampanu pločicu. Uobičajeno je da se u fabriku pošalju samo gerber fajlovi. Gerber format je format koji čitaju mašine koje se koriste u proizvodnji štampanih ploča. Sami gerber fajlovi su maske koje se koriste u proizvodnji štampanih ploča. Kako napraviti gerber fajlove.

File -> Fabrication Outputs -> Gerber Files, pojaviće se Gerber Setup gde u odgovarajućim karticama biramo sledeće

General- Units (inches), Format (po želji- 2:5)

Layers- selektujemo prva 8 obavezno (Top Overlay, Top Paste, Top Solder, Top Layer, Bottom Layer, Bottom Solder, Bottom Paste, Bottom Overlay) i Keepout Layer.

Drill Drawing- ostavimo kako jeste

Aperture- ostavimo kako jeste

Advanced- ostavimo kako jeste

Nakon pravljenja gerber fajlova u naš projekat se pojavljuje još nekoliko dokumenata. U dokumentu CAMtastic.cam nalaze se preklapljeni svi slojevi. Ovakav prikaz nije pregledan, pa se u okviru posebnog foldera Generated (a u okviru njega CAMtastic! Documents) nalaze slojevi koji su podeljeni u različite dokumente. Detaljnijim razmatranjem može se utvrditi koji fajl pripada određenom sloju. Međutim, na osnovu oznaka samih fajlova može se prepoznati svaki sloj. Za slojeve koje smo mi izabrali odgovaraju sledeće oznake (ekstenzije)

(Gerber Extension)	(Description)
GBL	Bottom Layer
GBO	Bottom Overlay
GBP	Bottom Paste Mask
GBS	Bottom Solder Mask

GKO	Keep Out Layer
GTL	Top Layer
GTO	Top Overlay
GTP	Top Paste Mask
GTS	Top Solder Mask

I svi ostali slojevi mogu se prepoznati po ekstenziji. Mada nisu navedeni u ovom primeru prikazaćemo i njihovu ekstenziju

(Gerber Extension)	(Description)
GD1, GD2, etc	Drill Drawing (assignment based on order of drill pairs appearing in the <i>Drill-Pair Manager</i> dialog)
GG1, GG2, etc	Drill Guide (assignment based on order of drill pairs appearing in the <i>Drill-Pair Manager</i> dialog)
GM1, GM2, etc	Mechanical Layer 1, 2, etc
GP1, GP2, etc	Internal Plane Layer 1, 2, etc
GPB	Pad Master Bottom
GPT	Pad Master Top
P01, P02, etc	Gerber Panels
APR	Aperture File (generated when embedded apertures (RS274X) are used)
APT	Aperture File (generated when embedded apertures (RS274X) are not used)
G1, G2, etc	Mid-layer 1, 2, etc

Pored ovih maski koje smo napravili za izradu same štampane ploče veoma je bitno da rupe budu izbušene i to kako na odgovarajućoj lokaciji, tako i odgovarajuće širine.

File -> Fabrication Outputs -> Composite Drill Guide i dobijamo dokumentaciju koja je vezana za svaku rupu. Na ovaj način svaka rupa je tačno određena. Takođe iz

File -> Fabrication Outputs -> Drill Drawings i dobijamo dokumentaciju koja obuhvata sve što je vezano za rupe, uključujući i crtež na kome su prikazni centri rupa.

Ove rupe mogli smo da dobijemo i prilikom pravljenja gerber fajlova. Samo je bilo potrebno da u kartici Drill Drawing aktiviramo Drill Drawing Plots i Drill Guide Plots i dobili bi još dva gerber fajla sa ekstenzijama GD1 i GG1.

Međutim, pre izrade ove dokumentacije koja je vezana za rupe koje se buše na pločici potrebno je raspitati se o veličini burgija. Ono što je sigurno poželjno je bušiti rupe koje su kružnog oblika. Potrebno je izbegavati pravougaone oblike i umesto njih bušiti rupe kružnog oblika. Ovakav pristup mi smo primenili još na samom početku ovog kursa. Naime, ako pogledamo DC konektor J1 i njegovu tehničku dokumentaciju možemo uočiti da je za njegove nožice najbolje postaviti rupe na otisku koje su pravougaonog oblika. Međutim, da bi izbegli problem sa bušenjem rupa pravougaonog oblika mi smo na otisku postavili rupe kružnog oblika čiji je prečnik jednak većoj stranici pravougaonika. I kod drugih komponenata potrebno je pribegavati ovakvom rešenju.

3. čas:

Još jedan korak koji potrebno uraditi pre izrade same štampane ploče je provera 3D modela cele pločice i njeno uklapanje u kutiju koju smo izabrali. Naime, ovakva provera je u pojedinim slučajevima neophodna kako bi se izvršila provera da se neki delovi ne preklapaju u prostoru, da je moguće razmontirati i namontirati uređaj, zašrafiti šrafove, postaviti džampere, postaviti kapice konektora i slično. Kako smo prilikom realizacije uređaja predvideli mnogo veći prostor nego što je optimalno potrebno za realizaciju uređaja (uključujući dimenzije štampane ploče i dimenzije kućišta), većinu napred navedenih problema smo rešili još u hodu. Tu se pre svega misli na logičan raspored pojedinih elemenata u kolu i njihovu pristupačnost.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 6.myPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 9.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Da bi izvršili proveru 3D modela cele pločice i njeno uklapanje u kutiju koju smo izabrali potrebno je prvo da naš PCB dokument (myPCB.PcbDoc) usnimimo kao STEP fajl. Otvorimo myPCB.PcbDoc i usnimimo ga

File -> Save as i izaberemo File name=myPCB_STEP, i Save as type=Export STEP (*.step, *.stp) i usnimimo ga u okviru foldera 10. PCB_STEP.

Može da se desi upozorenje There are [5] shelved polygon(s) in current board. Please unshelve them before saving the board. The saving process will be terminated. Potrebno je

Tools -> Polygon Pours -> Polygon Manager i možemo deselektovati poligone koji su Shelved. Oni poligoni koji nisu bili Shelved možemo zaključati selektovanjem Locked. Kako smo vršili izmene kada pritisnemo Ok ponudiće nam opciju Rebuild 9 polygons koju nije potrebno uraditi. Sada možemo da napravimo STEP fajl.

Solid Edge ST4 može da otvori STEP fajlove. Potrebno je da pokrenemo Solid Edge ST4, da otvorimo naš fajl PCB_STEP i usnimimo ga kao sklop (iso assembly.asm). U okviru foldera 10. PCB_STEP pojavice se veliki broj fajlova. Za nas je najbitnije da fajl koji smo otvorili usnimimo kao myPCB_STEP.asm.

Kutija u koju ćemo mi smestiti uređaj je KUSM-02.

Folder: 11. kutija KUSM-02 Dostupno na: <http://www.interhit.rs/cgi-bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02>

Otvorimo KU-SM02.asm. Tu je sada potrebno da uvezemo našu pločicu. Postupak je sledeći

View -> (Show) Panes, tu izaberemo Parts Library i pronađemo sklop naše pločice u okviru foldera 10. PCB_STEP pod imenom myPCB_STEP.asm i prevlačenjem ga ubacimo pored kutije. Sada pored kutije imamo ubačenu i pločicu. Zadatak je da pločicu ubacimo na predviđeno mesto u samoj kutiji. Kako bi to uradili poželjno je da ostavimo samo dno kutije i pločicu. Ukidanje određenog dela vrši se jednostavnim klikom na boks ispred imena. Kako bi postavili pločicu na odgovarajuće mesto moramo da uspostavimo neke relacije između pojedinih delova pločice i pojedinih delova donjeg dela kutije (U okviru Home nalaze se Relate). Potrebno je da utvrdimo kako će pločica biti postavljena (prednji deo kutije, zadnji deo kutije...) i na osnovu toga uspostavljamo relacije. Postoji više načina da pločicu ubacio u kutiju. Primenićemo u ovom slučaju sledeći postupak:

Postavićemo dno pločice da nalegne na stubiće. Iskoristićemo relaciju Mate (Mate part faces). Postupak je sledeći

Home -> Mate i dovedemo kursor da selektujemo gornju površinu jednog od devet stubića. Sada je potrebno da selektujemo dno štampane ploče. Dno je sa donje strane i prvo je potrebno da zarotiramo štampanu ploču.

View -> Rotate i kliknemo na y osu da bi malo zarotirali ploču. Zarotiramo da vidimo dno kutije. Pritisnemo Close da bi zatvorili opciju rotiranja i ponovo nam se automatski aktivira opcija Mate, jer je potrebno da selektujemo još jednu površinu. Selektujemo dno štampane ploče i automatski se vrši poravnavanje ovih površina. Tri najčešće korišćene operacije prilikom postavljanja u prostoru su Zoom, Pane and Rotate, pa ih je radi sticanja rutine potrebno što češće koristiti.

Sada je potrebno aksijalno da postavimo rupe na pločici sa rupama na stubićima. Podsetimo se da smo uzeli samo četiri rupe na pločici, a da na kutiji ukupno ima devet rupa. Dovoljno je da aksijalno postavimo samo dva para ovih rupa. Uzećemo rupu koja se nalazi pored

DC konektora za napajanje označenog sa J1 i odgovarajuću rupu na kutiji (gornja desna). Iskorišćemo relaciju Axial Align (Align part axes). Postupak je sledeći

Home -> Axial Align i dovedemo kursor da selektujemo jednu i drugu rupu i automatski se pomera ploča. Potrebno je da postupak ponovimo za još jednu rupu. Nakon toga pločica je potpuno postavljena na svoje mesto.

Podsetimo se da su maksimalne dimenzije koje smo mogli da uzmemo (za pravougaoni oblik štampane ploče, kada izbegavamo stubiće za pričvršćivanje) width=108 mm x height=116 mm. Dimenzije štampane ploče koju smo mi pravili su width=106 mm x height=110 mm. Međutim, morali smo da uračunamo i keepout, pa su stvarne dimenzije Width 108.6mm, Height 112.6mm (gde 2x1.3mm u obe dimenzije odlazi na keepout). Prilikom proizvodnje keepout prostor koristiće se za prolazak testere. Međutim, prilikom 3D modeliranja ako želimo realan prikaz onda je potrebno da isečemo ovaj prostor. U okviru foldera 12. Keepout u dokumentu KeepoutCelaPlocica.pdf možemo videti kako pločica delimično zadire u žlebove gde je smešten prednji i zadnji deo kutije.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 11. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 13. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Kako bi isekli pločicu potrebno je da privremeno uklonimo delove kutije i ostavimo samo pločicu. Pločicu je najbolje da postavimo da imamo pogled odozgo (View, Views, Top View). Ovakav pogled nam je trenutno najpregledniji za dalji rad. Pločicu myPCB_STEP.asm uvezli smo kao sklop i ona se sastoji iz mnogo delova. Dvoklikom na myPCB_STEP.asm možemo uočiti sve delove iz kojih se sastoji ovaj sklop. Za nas je najinteresantniji deo Board.par, koji predstavlja zelenu pločicu koju je potrebno da isečemo. Dvoklikom na Board.par ulazimo u samu pločicu. Tu je potrebno da nacrtamo skicu jednog pravougaonika, čije dimenzije odgovaraju stvarnim dimenzijama pločice, a da sve van tog pravougaonika odsečemo. U okviru Sketching izaberemo Draw, i izaberemo na primer Rectangle by Center. Proizvoljno nacrtamo jedan pravougaonik koji je od oboda zelenog pravougaonika udaljen 1.3mm. Kako bi precizno podesili da je pravougaonik udaljen tačno 1.3mm od ivice pređemo u Home, Dimension, Smart Dimension i tu dobijamo mogućnost da vrlo jednostavno podesimo rastojanje. U okviru foldera 12. Keepout u dokumentu DimenzijeKeepout.pdf možemo videti kako su definisane dimenzije. Sada je potrebno da isečemo sve što je izvan pravougaonika koji smo definisali. Da bi imali bolji pregled pređemo u Dimetric View. Uveličamo donji levi ugao. Kliknemo na deo koji hoćemo da odsečemo i on se automatski selektuje. Aktivira se mogućnost Extrude. Kliknemo na donju strelicu i počinjemo da je pomeramo. Možemo uočiti kako se vrši odsecanje i tačno uneti koliko milimetra bi trebalo odseći. Možemo uočiti i da debljina pločice nije 1.6mm, već 0.32mm, pa bi i to trebalo promeniti u Altijumu. Onda zatvorimo deo koji smo otvorili (Board.par), što se čini u okviru Close (Close and Return, veliko crveno X). Sada vratimo dno kutije i možemo videti da je pločica odsečena (U okviru foldera 12. Keepout u dokumentu KeepoutSecenaPlocica.pdf).

Kada smo odsekli pločicu potrebni je da sa zadnje strane kutije otvorimo rupe za DC konektor J1, Mini-DIN 3 Pole priključak J20, USB konektor P40 i tastera za reset S30.

Proceduru ćemo pokazati na primeru DC konektora J1. U SolidEdge ST4 uključimo prikaz dna kutije, zadnjeg dela, pločice i pređemo u odgovarajući pogled

View Orientation, Back View,

View Styles, Wire Frame

Pređemo u Features, Sketch (Activate-Part) i selektujemo zadnji panel kutije, pri čemu nam se automatski otvara okruženje za sketch koji hoćemo da nacrtamo. Želimo da izrežemo rupu za konektor J1, pa je potrebno da nacrtamo takvu skicu koja se poklapa sa projekcijom tog konektora na zadnji panel kutije. To nam omogućava komanda Include (nalazi se u okviru Draw). Aktiviraćemo i opciju Include with offset, kako bi isekli malo veću rupu da ne bi bilo problema prilikom montiranja. Selektujemo ivice konektora čiji će gabariti odgovarati dimenzijama rupe koja prolazi kroz zadnji deo kutije. Da bi to uradili potrebno je da privremeno

uklonimo zadnji deo kutije (isključimo čekiranje). Da bi nam bilo omogućeno da aktiviramo J1 pritisnemo Activate (u okviru Select), zatim na konektor J1, a potom komandu Include i selektujemo 4 ivice konektora i prihvatimo to (Accept). Postavimo Distance=0.5mm i usmerimo ga ka spoljašnosti. Sada imamo nacrtanu skicu. Potrebno je da prema skici isečemo zadnji panel. Zatvorimo skicu. Privremeno uklonimo pločicu da ne bi isekli i konektor ili nešto sa pločice, vratimo zadnji panel kutije, pređemo u Dimetric View i Shaded with Visible Edges i aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sečenja Cut From/To Extent, selektujemo prednju i zadnju površ zadnjeg panela kutije i prihvatimo sečenje i završimo sve što smo radili. Ako uključimo pločicu i pređemo u različite poglede možemo videti kako je završeno sečenje.

Identičan postupak ponovimo za Mini-DIN 3 Pole priključak J20 i tastera za reset S30. Kod USB konektora P40 situacija je malo složenija. Naime, zbog toga što je projekcija na zadnji panel kutije složenog oblika voma je teško podesiti sve krivine. Iz tih razloga najbolje je nacrtati običan pravougaonika (Rectangle by 3 Points), dodati još 0.5mm sa svih strana i na osnovu toga iseći rupu.

Izgled zadnjeg panela posle otvaranja rupa prikazan je u 14. Zadnji panel u dokumentu Zadnji panel.pdf.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 13. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 15. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Po istom principu kako je izvršeno otvaranje rupa na zadnji panel kutije potrebno je otvoriti i rupe na prednji panel kutije. Na prednji panel kutije trebalo bi postaviti displej, on-off taster za uključenje, LED dioda za indikaciju i potencijometar za promenu pozadinskog osvetljenja. Razlika između komponenata koje se montiraju na zadnji i na prednji panel je u tome kako su one povezane sa štampanom pločom. Naime, komponente za koje smo bušili otvore na zadnji panel kutije direktno se montiraju na štampanu ploču. Iz tih razloga prilikom otvaranja rupa moramo biti veoma precizni. Sa druge strane, sve što se montira na prednji panel kablovima je povezano sa štampanom pločom. To nam daje izvestan stepen slobode prilikom raspoređivanja komponenata, što je veoma bitno. Otvore i oblik rupa definišemo na osnovu tehničke dokumentacije komponenata koje montiramo na prednji panel. Podatke o rupama koje treba izbušiti na prednji panel nalazimo u

Folder: 16. Pushbutton Switch_1634627 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/r13-23a-05-br/switch-spst-mom-red/dp/1634627?Ntt=1634627>

Folder: 17. LED Holder_8576378 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avago-technologies/hlmp-0103/mounting-clip-ring-5mm-led/dp/8576378?Ntt=8576378>

Folder: 18. Displej Dostupno na: http://winstar.com.tw/detail_view.php?pd_num=WH&pd_nu2=1602B

Folder: 19. Knob Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/cr-ms-5/knob-soft-touch-splined-shaft-gry/dp/1440013?Ntt=1440013>

Na osnovu tehničke dokumentacije možemo videti da je otvor za on-off taster 12.2 mm i da je kružnog oblika. Držač LED diode zahteva rupu kružnog oblika prečnika 7.57 mm. Za potencijometar za promenu pozadinskog osvetljenja displeja potrebno je izbušiti rupu kružnog oblika prečnika 7.5 mm.

Otvaranje ovih rupa je vrlo jednostavno. Ostavimo samo prednji panel, a ostale delove kutije i pločicu privremeno uklonimo. Pređemo u Features, Sketch (Activate-Part) i selektujemo prednji panel kutije, pri čemu nam se automatski otvara okruženje za sketch koji hoćemo da

nacrtamo. Nacrtajmo tri kruga u ovoj skici (Home, Draw, i na primer Circle by center point). (Home, Dimension) Smart Dimension i podesimo po potrebi prečnike ovih krugova. Skicu sa dimenzijama i okvirnim rasporedom rupa možemo videti u Prednji panel skica.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel. Na Close Sketch zatvorimo skicu. Želimo da prema skici isečemo prednji panel. Aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sečenja Cut From/To Extent, selektujemo prednju stranu panela, prebacimo pogled sa zadnje strane panela i selektujemo zadnju stranu panela, prihvatimo sečenje i završimo sve što smo radili. Postupak sečenja ponovimo za svaku rupu. Isečene otvore možemo videti u Prednji panel.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel.

Značajno komplikovanija je procedura sečenja otvora za displej. Za displej je potreban otvor pravougaonog oblika dimenzija 71.2 mm x 25.2 mm, ali moramo predvideti i 4 rupe za pričvršćivanje displeja za prednji panel.

Nacrtajmo dve linije (Draw, line) po sredini pravougaonika (jednu horizontalnu i jednu vertikalnu). Proglasimo ove linije za ose simetrije (Relate, Symetry Axes). Postavićemo sada jednu rupu (gornju levu). Prečnik rupe je 5 mm. Korišćenjem opcije (Dimension) Distance Between udaljimo rupu od horizontalne ose na 15.5 mm, a od vertikalne ose na 38.05 mm. Izgled skice je dat u Prednji panel_Displej_rupa.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel. Kada smo postavili jednu rupu potrebno je samo da rupu ispod nje preslikamo simetrično u odnosu na horizontalnu osu koju smo proglasili osom simetrije. Iskoristićemo opciju Mirror (Draw). Selektujemo rupu, kliknemo na Mirror, kliknemo na osu simetrije i automatski se nacrtala simetrična rupa. Postavićemo sada još jednu rupu (gornju desnu). Prečnik rupe je 5 mm. Korišćenjem opcije (Dimension) Distance Between udaljimo rupu od horizontalne ose na 15.5 mm, a od vertikalne ose na 36.95 mm. Izgled skice je dat u Prednji panel_Displej_rupa2.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel. Kada smo postavili jednu rupu potrebno je samo da rupu ispod nje preslikamo simetrično u odnosu na horizontalnu osu koju smo proglasili osom simetrije. Iskoristićemo opciju Mirror (Draw). Selektujemo rupu, kliknemo na Mirror, kliknemo na osu simetrije i automatski se nacrtala simetrična rupa. Sada vodimo računa da su sve četiri rupe tako postavljene da sa zadnje strane može da se našrafi displej. Ako su rupe prenisko može da se desi da displej neće moći da se našrafi zbog pločice.

Želimo da prema skici za displej isečemo prednji panel. Aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sečenja Cut From/To Extent, selektujemo prednju stranu panela, prebacimo pogled sa zadnje strane panela i selektujemo zadnju stranu panela, prihvatimo sečenje i završimo sve što smo radili. Postupak sečenja ponovimo za svaki otvor. Isečene otvore možemo videti u Prednji panel_Displej.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 15. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 21. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Sada treba da postavimo na prednji panel komponente za koje smo otvarali rupe.

View -> (Show) Panes, tu izaberemo Parts Library i pronađemo displej u okviru foldera 18. Displej pod imenom WINSTAR1602B.par i prevlačenjem ga ubacimo pored kutije. Zadatak je da displej ubacimo na predviđeno mesto u prednji panel kutije. Prvo poravnjamo prednju površ displeja sa prednjom površinom prednjeg panela (Relate, Planar Align i selektujemo odgovarajuće površine. Ako neku površinu nije moguće selektovati pritisnemo Activate). Kada smo poravnjali površine potrebno je da pomerimo displej kako bi se poklopile rupe. Relate, Axial Align i selektujemo rupe koje želimo da podesimo (jednu na displeju i odgovarajuću na prednjem panelu). Dovoljno je da to uradimo za dve rupe i displej će biti namešten.

Postavimo sada držač LED diode i LED diodu.

Postavimo on-off taster.

Postavimo potencijometar za podešavanje pozadinskog osvetljenja.

Treba imati u vidu da je redosled uspostavljanja relacija nekada veoma bitan. Zato prilikom uspostavljanja relacija treba biti oprezan, a vrlo često potrebno je promeniti redosled uspostavljanja relacija. Montirane komponente na prednji panel možemo videti u Prednji panel_kompletan.pdf u okviru foldera 20. Prednji panel.

Naredni korak kod 3D modela je postavljanje kablova, takozvano kabliranje (Harness). Ovim kursom nije predviđeno kabliranje. Takođe, akademska verzija Solid Edge 4 ne dozvoljava kabliranje. Međutim, ilustracije radi u folder 22. Kabliranje dat je uređaj kod koga je izvršeno i kabliranje.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 21. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 23. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Sam Solid Edge 4 ima veliki broj mogućnosti. Jedna od mogućnosti je i da rasklopimo naš uređaj na sastavne delove.

Tools -> (Enviroms) Era i ukviru Explode izaberemo Auto Explode i dobijamo rasklopljenu kutiju. Rasklopljenu kutiju možemo videti u folder 24. Rasklopljena kutija u dokumentu RasklopljenaKutija.pdf. Redosled rasklopljenih delova kutije može da se menja opcijom (Modify) Reposition. To je poželjno uraditi kako bi znali redosled prilikom montiranja i demontiranja uređaja.

Program može da detektuje delove koji su u koliziji, što je takođe od izuzetne važnosti. Na osnovu skica koje smo radili za prednji i zadnji panel moguće je napraviti tehničke crteže koje možemo dati proizvođaču kako bi nam napravili otvore. Detaljnijim pregledom programa može se uočiti veliki broj opcija koje je poželjno istražiti jer se time može značajno skratiti vreme rešavanja problema.

Poslednji korak u realizaciji same štampane pločice je pravljenje liste materijala neophodnog za tu pločicu. Naime, kada smo kompletno proverili 3D model, utvrdili da je raspored komponenata na pločici odgovarajući, napravili gerber fajlove i samu pločicu potrebno je i da izvršimo nabavku komponenata koje će biti namontirane na samoj pločici.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 9.myPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 25.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Altium ima mogućnost automatske izrade liste materijala BOM (Bill of Materials)

Reports -> Project Reports -> Bill of Materials i dobijamo kompletnu listu materijala. Na osnovu ove liste materijala možemo sagledati značaj svih onih podataka koje smo unosili prilikom crtanja električnih šema (Comment, Description, Designator, Footprint, LibRef...). Na osnovu podataka u koloni Quantity očigledno je da se neke komponente koriste na više mesta i ova kolona je veoma značajna zbog same kupovine komponenata. Međutim, za samu kupovinu komponenata neophodnih za realizaciju ovog uređaja najvažnija je kolona koju smo mi sami kreirali kod svake komponente - Farnell. Naime, mi smo prilikom crtanja električnih šema pored svake komponente uneli broj komponente (Order Code) na osnovu koga lako možemo da je pronađemo na sajtu dobavljača. Zbog jednostavnosti i uniformnosti uglavnom smo koristili Farnell, međutim mogli smo da koristimo i druge dobavljače, pa bi onda uveli još neku dodatnu kolonu. U ovom slučaju pokazaćemo kolonu Farnell (show). U toj koloni možemo videti brojeve svih komponenata. Tabelu koju ovako dobijamo možemo da usnimimo kao Microsoft Excel fajl i da pošaljemo osobi koja je zadužena za nabavku komponenata. U okviru foldera 26. BOM ilustrovan je Excell fajl myPCB_Project_BOM.xls koji je napravljen za potrebe nabavke komponenata za realizaciju uređaja.

Ovim je završena kompletna procedura vezana za realizaciju uređaja.

11. TERMIN vežbe

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 16.myPCB_Project iz 9.TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Već smo pomenuli da se na štampanim pločama često razliva masa. Postavićemo razlivenu AGND površinu i sa gornje i sa donje strane prostora gde smo smestili senzorski blok. Postavićemo poligon i sa jedne i sa druge strane gde ćemo razliti AGND.

Place -> Polygon Pour i među opcijama izaberemo Layer=Top Layer i Connect to Net=AGND. Ostale vrednosti za sada zadržimo na podrazumevane. Kada pritisnemo Ok pojaviće se kursor koji nam omogućava da nacrtamo poligon željenog oblika. Postavljamo poligon iznad prostora za senzor, ne uzimajući onaj deo prostora koji štrči izvan pločice (samo do keep out-a). Kompletnu proceduru postavljanja ponovimo i za donju površinu (samo je sada Layer=Bottom Layer). Razlivenu AGND možemo videti u dokumentu Razlivena_AGND.pdf koji je smešten u folder 2.Plocica.

Nakon toga potrebno je da razlijemo digitalnu masu za USB blok i blok mikrokontrolera. Međutim, neophodno je istaći da moramo poštovati pravila vezana za rutiranje diferencijalnog para. Naime, sa gornje strane ploče (gde prolaze linije diferencijalnog para) masa ne bi trebalo da bude razlijena u prostoru oko diferencijalnog para na rastojanju koje je pet puta veće od širine linija diferencijalnog para. Iz tih razloga tu moramo da postavimo jedan poligon kojim ćemo definisati prostor gde nema razlivene digitalne mase sa gornje strane štampane ploče.

Place -> Polygon Pour Cutout

Poligon postavimo oko linija diferencijalnog para na rastojanju od 250 mils, smešten u Top Layer. Kako su linije diferencijalnog para zakrivljene to i poligon postavljamo nepravilnog oblika (možemo videti ilustraciju CutoutPoligon.pdf u folder 2.Plocica). Nakon toga vršimo razlivanje mase.

Place -> Polygon Pour i među opcijama izaberemo Layer=Top Layer i Connect to Net=DGND. Ostale vrednosti zadržimo na podrazumevane. Kada pritisnemo Ok pojaviće se kursor koji nam omogućava da nacrtamo poligon željenog oblika. Postavljamo poligon iznad prostora za blok mikrokontrolera i USB blok. Kompletnu proceduru postavljanja ponovimo i za donju površinu (samo je sada Layer=Bottom Layer). Razlivenu DGND masu možemo videti Razlivena_DGND.pdf smeštena u folder 2.Plocica. Možemo primetiti da oko linija diferencijalnog para sa gornje strane nije razlivena masa (u onom prostoru koji smo definisali). Osim toga, može se primetiti da mase (i AGND i DGND) u pojedinim prostorima nisu razlivene. To su takozvana ostrva malih dimenzija koja program automatski detektuje i gde ne vrši razlivanje mase.

Kada su mase razlivene potrebno je da ih vijama spojimo. Postavimo po obodu nekoliko vija u donji levi ugao naše pločice, odnosno u prostoru mikrokontrolera (tu je razlivena DGND). Selektujemo sve horizontalne vije (shift + levi klik miša)

Edit -> Align -> Align Vertical Centers i kliknemo na prvu viju sa leve strane i program će ih automatski poravnjati po horizontali. Ovaj princip može se koristiti i kod ravnanja komponenata. Po istom principu poravnjajmo vije i po vertikali

Edit -> Align -> Align Horizontal Centers

Osim toga možemo vije postaviti da budu ekvidistantne. Selektujemo sve horizontalne vije i zatim

Edit -> Align -> Align i u boksu Align Options u koloni Horizontal selektujemo Space equally. Istu proceduru ponovimo i za vije koje su postavljene vertikalno, samo u tom slučaju u koloni Vertical selektujemo Space equally.

Nekoliko vija postavimo i u gornji levi ugao. Ponovimo postupak raspoređivanja, ravnanja i postavljanja ekvidistantnih vija.

Postupak postavljanja vija ponovimo i za blok gde je razlivena AGND.

Nakon toga ponovo razlijemo masu

Tools -> Polygon Pours -> Repour All polygons

Kompletna slika sa vijama data je u DGND_AGND_vije.pdf u folder 2.Plocica.

2. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 1.myPCB_Project treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 3.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Naredni korak u realizaciji uređaja je provera pravila projektovanja štampanih ploča. Naime, moraju biti ispoštovana sva pravila projektovanja i ona koja su difoltno postavljena i ona koja smo mi definisali. Altium ima mogućnost automatske provere pravila projektovanja

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report gde možemo videti sve greške. Cilj u svakom projektu je sređivanje tako da dobijemo Warnings=0 i Rule Violations=0. Možemo uočiti da je u našem slučaju Rule Violations=144, pa je potrebno otkloniti sve ove nedostatke.

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=100mil) (All)	4
Minimum Solder Mask Sliver (Gap=10mil) (All),(All)	91
Silkscreen Over Component Pads (Clearance=10mil) (All),(All)	43
Silk to Silk (Clearance=10mil) (All),(All)	5
Net Antennae (Tolerance=0mil) (All)	1
Total	144

Najveći broj odnosi se na Minimum Solder Mask Sliver. Difoltna vrednost je postavljena na 10 mils-a. Iz tih razloga javlja se veliki broj grešaka. Poznato je da je kod pojedinih komponenata razmak između nožica manji od 5 mils-a (možemo videti u dokumentu Greske_Minimum Solder Mask Sliver.pdf, smešten u 4. Greske), pa je potrebno izmeniti ovo pravilo

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Minimum Solder Mask Sliver, kliknemo na Minimum Solder Mask Sliver i uočavamo difoltnu vrednost od 10 mils. Izmenimo ovu vrednost na 0 mils i ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report
Kako smo pravilo Minimum Solder Mask Sliver primenili na sve u okviru projekta dobijamo

Minimum Solder Mask Sliver (Gap=0mil) (All),(All)	0
---	---

i dobijamo da je Rule Violations=53, što je 144 (koliko smo imali) - 91 (koliko smo rešili).

Naredni korak odnosi se na Silkscreen Over Component Pads. I ovde je difoltna vrednost postavljena na 10 mils (možemo videti u Greske_Silkscreen Over Component Pads.pdf, smešten u 4. Greske). Međutim, bitno je samo da Silkscreen ne prelazi preko Silkscreen Pad-ova, što

prilikom montaže, odnosno lemljenja može da stvara problem. Potrebno je utvrditi da nam natpisi ne prelaze preko pedova. Kad izvršimo vizuelnu proveru ovo pravilo možemo ukinuti

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Silkscreen Over Component Pads, kliknemo na Silkscreen Over Component Pads i uočavamo difoltnu vrednost od 10 mils. Hoćemo da ukinemo ovo pravilo. Vratimo se jedan korak unazad na Silkscreen Over Component Pads i deaktiviramo opciju Enabled i ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Kako smo pravilo Silkscreen Over Component Pads ukinuli (zabranili) iz ovog prijekta dobijamo

Silkscreen Over Component Pads (Gap=10mil) (Desabled) (All),(All) 0

i dobijamo da je Rule Violations=10, što je 53 - 43.

Naredni korak se odnosi na Silk to Silk. Imamo ukupno 5 upozorenja. Prvo se odnosi na otpornik R6. Njegov natpis R6 je isuviše blizu otisku komponente PLED (od žute linije je na manjem rastojanju od 10 mils, što se može videti u Greska_Silk to Silk.pdf, smešten u folder 4. Greske). Ovde možemo ručno izvršiti korekciju. Možemo proveriti da je sada Rule Violations=9. Ovakve greške javljaju se i kod komponente P31, za tekst koji je vezan za pinove 2, 15 i 16. U nekoj fazi realizacije projekta pomerali smo ove natpise ručno i približili ih na manje od 10 mils-a, što nije dozvoljeno. Potrebno je i to ispraviti. Ostao je još tekst R32 koji je od teksta C32 na rastojanju manjem od 10 mils-a, što takođe treba ispraviti.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Silk to Silk (Clearance=10mil) (All),(All) 0

i dobijamo da je Rule Violations=5, što je 10 - 5.

Naredni korak odnosi se na Hole Size Constraint. Ovde su difoltne vrednosti za rupe postavljene na 1 mils (minimalna) i 100 mils (maksimalna). Međutim, rupe koje smo postavili na štampanu pločicu, kako bi pločicu zašrafili za dno kutije, imaju prečnik od 3 mm (118.11 mils). Kako je prečnik veći od 100 mils-a Altium nas upozorava na Hole Size Constraint i prikazuje 4 greške, jer smo postavili 4 rupe (možemo videti u Greske_Hole Size Constraint.pdf, smešten u 4. Greske). Kako bi otklonili ove greške definisacemo skup rupa za koje ćemo dozvoliti veću širinu od difoltne vrednosti. Napravićemo sada klasu rupa (Pad Classes)

Design -> Classes, zatim u Object Class Explorer izaberemo Pad Classes, desni klik Add Class i pojaviće se nova klasa New Class. Ovoj klasi možemo da dodelimo ime po želji. Nazvacemo je Mounting_Holes. U ovu klasu ubacićemo sve rupe za koje ćemo dozvoliti veću širinu od 100 milsa. U ovom slučaju to su: Free0, Free0, Free0, Free0.

Uvešćemo sada novo pravilo kojim ćemo dozvoliti širinu rupa veću od 100 milsa za klasu koju smo definisali

Design -> Rules, zatim u PCB Rules and Constraints Editor izaberemo Manufacturing -> Hole Size, desni klik New Rule i pojaviće se novo pravilo HoleSize_1. Ovom pravilu možemo da dodelimo ime po želji. Nazvacemo pravilo HoleSize_Mounting_Holes. Zatim selektujemo Advanced (Query), Query Builder. U Condition Type iz padajućeg menija izaberemo Belongs to Pad Class, a u Condition Value izaberemo Mounting_Holes. Postavićemo širinu rupa na 120 milsa.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report

Kako smo uveli novu klasu i novo pravilo pravilo za širinu rupa sad u okviru Reporta u Rule Violations imamo dve vrste

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=100mil) (All) 0

Hole Size Constraint (Min=1mil) (Max=120mil) (InPadClass('Mounting_Holes')) 0

Prva vrsta se odnosi na sve rupe, a druga samo na klasu rupa za montiranje, odnosno Mounting_Holes. Možemo uočiti da ni kod jedne od ovih vrsta se ne prijavljuje greška i dobijamo da je Rule Violations=1, što je 5 - 4.

Ostala je još samo jedna greška koja se odnosi na
Net Antennae (Tolerance=0mil) (All)

1

Ako aktiviramo tu grešku ona nas vodi na Net Antennae: Track (3002.379mil,862.819mil)(3388.819mil,862.819mil) Top Layer. Njegovim aktiviranjem dolazimo do štampane pločice i do ove antene (možemo videti u Greske_Net Antennae.pdf, smešten u 4. Greske). Možemo uočiti da je ostala potpuno nepotrebno linija koju bi trebalo da izbrišemo.

Ponovimo

Tools -> Design Rule Check i pojaviće se Design Rule Verification Report i dobijamo da je Rule Violations=0, što je 1 - 1.

Kako smo brisali neke linije potrebno je da ponovo razlijemo masu

Tools -> Polygon Pours -> Repour All polygons i uočićemo da je izvršeno razlivanje i u onom delu gde je bila smeštena ona antena koju smo izbrisali.

Pregledom pločice možemo uočiti nekoliko površina sa gornje strane gde nije razlivena masa, kako AGND tako i DGND. Ilustrovaćemo na nekoliko primera kako je moguće i ove probleme prevazići. Prvi problem je u senzorskom bloku, gde iznad kondenzatora C21 sa gornje strane nije razlivena masa. Možemo ovaj problem rešiti na više načina. Prvi način je da AGND liniju koja je vezana za kondenzator i dolazi iz bloka za napajanje malo ispravimo i postavimo je paralelno sa linijim VCC koja dolazi na kondenzator. Međutim, posle ponovnog razlivanja mase ponovo bi ostao mali prostor između ovih linija. Jednostavnije je da u taj prostor postavimo jednu viju koju vezujemo za AGND, jer je sa donje strane već razlivena AGND. Nakon ponovnog razlivanja mase ovaj prostor će kompletno biti popunjen. Popunićemo jedan prostor i u oblasti gde je razlivena digitalna masa. Možemo uočiti da je ispod otpornika R30 ostao prostor koji nije popunjen DGND-om. Kako je sa donje strane razlivena DGND možemo i tu ubaciti jednu viju. Međutim, jednostavnije je da liniju koja prolazi desno od otpornika R30 malo pomerimo u desnu stranu i time omogućimo uspostavljanje veze između prostora oko otpornika R30 i na taj način omogućimo razlivanje mase. Prostor ispod kondenzatora C34 popunjavamo postavljanjem jedne vije koju vezujemo za DGND i ponovo vršimo razlivanje mase. Slična procedura može se sprovesti za sve prostore gde nije razlivena masa. Ilustracija je data u okviru dokumenta Dodatno razlivanje.pdf koji smešten u folder 5. Plocica.

12. TERMIN vežbe

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 3.myPCB_Project iz 10. TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Pomenuli smo držač kablova koji se lemi za štampanu ploču i kroz koga se provuče kabl. On nije neophodan, ali je vrlo koristan zbog preglednosti samog uređaja kada se otvori. Nakon postavljanja otiska uvezeli smo 3D model držača kabla i postavili na otisak, što smo u više navrata radili za mnoge komponente (i što je detaljno opisano u 10. TERMINU-u).

Još jedan korak koji potrebno uraditi pre izrade same štampane ploče je provera 3D modela cele pločice i njeno uklapanje u kutiju koju smo izabrali. Naime, ovakva provera je u pojedinim slučajevima neophodna kako bi se izvršila provera da se neki delovi ne preklapaju u prostoru, da je moguće razmontirati i namontirati uređaj, zašrafiti šrafove, postaviti džampere, postaviti kapice konektora i slično. Kako smo prilikom realizacije uređaja predvideli mnogo veći prostor nego što je optimalno potrebno za realizaciju uređaja (uključujući dimenzije štampane ploče i dimenzije kućišta), većinu napred navedenih problema smo rešili još u hodu. Tu se pre svega misli na logičan raspored pojedinih elemenata u kolu i njihovu pristupačnost.

Iako je standardna debljina štampane pločice 1.6 mm, tokom dosadašnje izrade projekta korišćena je debljina pločice od 0.32 mm. Kako bi imali realnu sliku 3D modela štampane pločice potrebno je da debljina pločice bude 1.6 mm. otvorimo štampanu pločicu u Altiumu

Design -> Layer Stack Manager i umesto 12.6 mils (0.32 mm) unesimo 63 mils (1.6 mm).

Da bi izvršili proveru 3D modela cele pločice i njeno uklapanje u kutiju koju smo izabrali potrebno je prvo da naš PCB dokument (myPCB.PcbDoc) usnimimo kao STEP fajl. Otvorimo myPCB.PcbDoc i usnimimo ga

File -> Save as i izaberemo File name=myPCB_STEP, i Save as type=Export STEP (*.step, *.stp) i usnimimo ga u okviru foldera 2. PCB_STEP.

Može da se desi upozorenje There are [5] shelved polygon(s) in current board. Please unshelve them before saving the board. The saving process will be terminated. Potrebno je

Tools -> Polygon Pours -> Polygon Manager. Oni poligoni koji nisu bili Shelved možemo zaključati selektovanjem Locked, a nakon toga i možemo deselektovati poligone koji su Shelved. Kako smo vršili izmene kada pritisnemo Ok ponudiće nam opciju Rebuild 9 polygons koju nije potrebno uraditi. Sada možemo da napravimo STEP fajl.

Solid Edge ST4 može da otvori STEP fajlove. Potrebno je da pokrenemo Solid Edge ST4, da otvorimo naš fajl PCB_STEP i usnimimo ga kao sklop (iso assembly.asm). U okviru foldera 2. PCB_STEP pojavice se veliki broj fajlova. Za nas je najbitnije da fajl koji smo otvorili usnimimo kao myPCB_STEP.asm.

Kutija u koju ćemo mi smestiti uređaj je KUSM-02.

Folder: 3. kutija KUSM-02 Dostupno

na: [http://www.interhit.rs/cgi-](http://www.interhit.rs/cgi-bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02)

bin/detoart2.pl?Podatak=KUSM-02

Otvorimo KU-SM02.asm. Tu je sada potrebno da uvezemo našu pločicu. Postupak je sledeći

View -> (Show) Panes, tu izaberemo Parts Library i pronađemo sklop naše pločice u okviru foldera 2. PCB_STEP pod imenom myPCB_STEP.asm i prevlačenjem ga ubacimo pored kutije. Sada pored kutije imamo ubačenu i pločicu. Zadatak je da pločicu ubacimo na predviđeno mesto u samoj kutiji. Kako bi to uradili poželjno je da ostavimo samo dno kutije i pločicu. Ukidanje određenog dela vrši se jednostavnim klikom na boks ispred imena. Kako bi postavili pločicu na odgovarajuće mesto moramo da uspostavimo neke relacije između pojedinih delova pločice i pojedinih delova donjeg dela kutije (U okviru Home nalaze se Relate). Potrebno je da utvrdimo kako će pločica biti postavljena (prednji deo kutije, zadnji deo kutije...) i na osnovu toga uspostavljamo relacije. Postoji više načina da pločicu ubacio u kutiju. Primenićemo u ovom slučaju sledeći postupak:

Postavićemo dno pločice da nalegne na stubiće. Iskoristićemo relaciju Mate (Mate part faces). Postupak je sledeći

Home -> Mate i dovedemo kursor da selektujemo gornju površinu jednog od devet stubića. Sada je potrebno da selektujemo dno štampane ploče. Dno je sa donje strane i prvo je potrebno da zarotiramo štampanu ploču.

View -> Rotate i kliknemo na y osu da bi malo zarotirali ploču. Zarotiramo da vidimo dno kutije. Pritisnemo Close da bi zatvorili opciju rotiranja i ponovo nam se automatski aktivira opcija Mate, jer je potrebno da selektujemo još jednu površinu. Selektujemo dno štampane ploče i automatski se vrši poravnavanje ovih površina.

Vrlo često se dešava da nismo u mogućnosti da selektujemo neku površinu. Da bi nam bilo omogućeno da aktiviramo tu površinu pritisnemo Activate (u okviru Select), zatim na objekat čiju površinu hoćemo da selektujemo. Nakon toga ponavljamo aktivnosti sa tim površinama koje su nam potrebne.

Tri najčešće korišćene operacije prilikom postavljanja u prostoru su Zoom, Pane and Rotate, pa ih je radi sticanja rutine potrebno što češće koristiti.

Sada je potrebno aksijalno da postavimo rupe na pločici sa rupama na stubićima. Podsetimo se da smo uzeli samo četiri rupe na pločici, a da na kutiji ukupno ima devet rupa. Dovoljno je da aksijalno postavimo samo dva para ovih rupa. Uzećemo rupu koja se nalazi pored DC konektora za napajanje označenog sa J1 i odgovarajuću rupu na kutiji (gornja leva). Iskoristićemo relaciju Axial Align (Align part axes). Postupak je sledeći

Home -> Axial Align i dovedemo kursor da selektujemo jednu i drugu rupu i automatski se pomera ploča. Potrebno je da postupak ponovimo za još jednu rupu. Nakon toga pločica je potpuno postavljena na svoje mesto.

Podsetimo se da su maksimalne dimenzije koje smo mogli da uzmemo (za pravougaoni oblik štampane ploče, kada izbegavamo stubiće za pričvršćivanje) width=108 mm x height=116 mm. Dimenzije štampane ploče koju smo mi pravili su width=106 mm x height=110 mm. Međutim, morali smo da uračunamo i keepout, pa su stvarne dimenzije Width 108.6mm, Height 112.6mm (gde 2x1.3mm u obe dimenzije odlazi na keepout). Prilikom proizvodnje keepout prostor koristiće se za prolazak testere. Međutim, prilikom 3D modeliranja ako želimo realan prikaz onda je potrebno da isečemo ovaj prostor. U okviru foldera 4. Keepout u dokumentu KeepoutCelaPlocica.pdf možemo videti kako pločica delimično zadire u žlebove gde je smešten prednji i zadnji deo kutije.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 3. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 5. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Kako bi isekli pločicu potrebno je da privremeno uklonimo delove kutije i ostavimo samo pločicu. Pločicu je najbolje da postavimo da imamo pogled odozgo (View, Views, Top View). Ovakav pogled nam je trenutno najpregledniji za dalji rad. Pločicu myPCB_STEP.asm uvezli

smo kao sklop i ona se sastoji iz mnogo delova. Dvoklikom na myPCB_STEP.asm možemo uočiti sve delove iz kojih se sastoji ovaj sklop. Za nas je najinteresantniji deo Board.par, koji predstavlja zelenu pločicu koju je potrebno da isečemo. Dvoklikom na Board.par ulazimo u samu pločicu. (Opciono, desni klik, Open in Solid Edge Part). Tu je potrebno da nacrtamo skicu jednog pravougaonika, čije dimenzije odgovaraju stvarnim dimenzijama pločice, a da sve van tog pravougaonika odsečemo. U okviru Sketching izaberemo Draw, i izaberemo na primer Rectangle by Center. Proizvoljno nacrtamo jedan pravougaonik koji je od oboda zelenog pravougaonika udaljen 1.3mm. Kako bi precizno podesili da je pravougaonik udaljen tačno 1.3mm od ivice pređemo u Home, Dimension, Smart Dimension i tu dobijamo mogućnost da vrlo jednostavno podesimo rastojanje. U okviru foldera 4. Keepout u dokumentu DimenzijeKeepout.pdf možemo videti kako su definisane dimenzije. Sada je potrebno da isečemo sve što je izvan pravougaonika koji smo definisali. Da bi imali bolji pregled pređemo u Dimetric View. Uveličamo donji levi ugao. Kliknemo na deo koji hoćemo da odsečemo i on se automatski selektuje. Aktivira se mogućnost Extrude. Kliknemo na donju strelicu i počinjemo da je pomeramo. Možemo uočiti kako se vrši odsecanje i kako se tačno na 1.6mm odseca keepout. Onda zatvorimo deo koji smo otvorili (Board.par), što se čini u okviru Close (Close and Return, veliko crveno X). Sada vratimo dno kutije i možemo videti da je pločica odsečena (U okviru foldera 4. Keepout u dokumentu KeepoutSecenaPlocica.pdf).

2. čas:

Kada smo odsekli pločicu potrebni je da sa zadnje strane kutije otvorimo rupe za DC konektor J1, Mini-DIN 3 Pole priključak J20, USB konektor P40 i tastera za reset S30.

Proceduru ćemo pokazati na primeru DC konektora J1. U SolidEdge ST4 uključimo prikaz dna kutije, zadnjeg dela, pločice i pređemo u odgovarajući pogled

View Orientation, Back View,
View Styles, Wire Frame

Pređemo u Features, Sketch (Activate-Part) i selektujemo zadnji panel kutije, pri čemu nam se automatski otvara okruženje za sketch koji hoćemo da nacrtamo. Želimo da izrežemo rupu za konektor J1, pa je potrebno da nacrtamo takvu skicu koja se poklapa sa projekcijom tog konektora na zadnji panel kutije. To nam omogućava komanda Include (nalazi se u okviru Draw). Aktiviraćemo i opciju Include with offset, kako bi isekli malo veću rupu da ne bi bilo problema prilikom montiranja. Selektujemo ivice konektora čiji će gabariti odgovarati dimenzijama rupe koja prolazi kroz zadnji deo kutije. Da bi to uradili potrebno je da privremeno uklonimo zadnji deo kutije (isključimo čekiranje). Da bi nam bilo omogućeno da aktiviramo J1 pritisnemo Activate (u okviru Select), zatim na konektor J1, a potom komandu Include i selektujemo 4 ivice konektora i prihvatimo to (Accept). Postavimo Distance=0.5mm i usmerimo ga ka spoljašnosti. Sada imamo nacrtanu skicu. Potrebno je da prema skici isečemo zadnji panel. Zatvorimo skicu. Privremeno uklonimo pločicu da ne bi isekli i konektor ili nešto sa pločice, vratimo zadnji panel kutije, pređemo u Dimetric View i Shaded with Visible Edges i aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sečenja Cut From/To Extent, selektujemo prednju i zadnju površ zadnjeg panela kutije i prihvatimo sečenje i završimo sve što smo radili. Ako uključimo pločicu i pređemo u različite poglede možemo videti kako je završeno sečenje.

Identičan postupak ponovimo za Mini-DIN 3 Pole priključak J20 i tastera za reset S30. Kod USB konektora P40 situacija je malo složenija. Naime, zbog toga što je projekcija na zadnji panel kutije složenog oblika voma je teško podesiti sve krivine. Iz tih razloga najbolje je nacrtati običan pravougaonik (Rectangle by 3 Points), dodati još 0.5mm sa svih strana i na osnovu toga iseći rupu.

Izgled zadnjeg panela posle otvaranja rupa prikazan je u 6. Zadnji panel u dokumentu Zadnji panel.pdf.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 5. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 7. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

3. čas:

Po istom principu kako je izvršeno otvaranje rupa na zadnji panel kutije potrebno je otvoriti i rupe na prednji panel kutije. Na prednji panel kutije trebalo bi postaviti displej, on-off taster za uključenje, LED dioda za indikaciju i potencijometar za promenu pozadinskog osvetljenja. Razlika između komponenata koje se montiraju na zadnji i na prednji panel je u tome kako su one povezane sa štampanom pločom. Naime, komponente za koje smo bušili otvore na zadnji panel kutije direktno se montiraju na štampanu ploču. Iz tih razloga prilikom otvaranja rupa moramo biti veoma precizni. Sa druge strane, sve što se montira na prednji panel kablovima je povezano sa štampanom pločom. To nam daje izvestan stepen slobode prilikom raspoređivanja komponenata, što je veoma bitno. Otvore i oblik rupa definišemo na osnovu tehničke dokumentacije komponenata koje montiramo na prednji panel. Podatke o rupama koje treba izbušiti na prednji panel nalazimo u

Folder: 8. Pushbutton Switch_1634627 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/r13-23a-05-br/switch-spst-mom-red/dp/1634627?Ntt=1634627>

Folder: 9. LED Holder_8576378 Dostupno na: <http://uk.farnell.com/avago-technologies/hlmp-0103/mounting-clip-ring-5mm-led/dp/8576378?Ntt=8576378>

Folder: 10. Displej Dostupno na: http://winstar.com.tw/detail_view.php?pd_num=WH&pd_nu2=1602B

Folder: 11. Knob Dostupno na: <http://uk.farnell.com/multicomp/cr-ms-5/knob-soft-touch-splined-shaft-gry/dp/1440013?Ntt=1440013>

Na osnovu tehničke dokumentacije možemo videti da je otvor za on-off taster 12.2 mm i da je kružnog oblika. Držač LED diode zahteva rupu kružnog oblika prečnika 7.57 mm. Za potencijometar za promenu pozadinskog osvetljenja displeja potrebno je izbušiti rupu kružnog oblika prečnika 7.5 mm.

Otvaranje ovih rupa je vrlo jednostavno. Ostavimo samo prednji panel, a ostale delove kutije i pločicu privremeno uklonimo. Pređemo u Features, Sketch (Activate-Part) i selektujemo prednji panel kutije, pri čemu nam se automatski otvara okruženje za sketch koji hoćemo da nacrtamo. Nacrtajmo tri kruga u ovoj skici (Home, Draw, i na primer Circle by center point). (Home, Dimension) Smart Dimension i podesimo po potrebi prečnike ovih krugova. Skicu sa dimenzijama i okvirnim rasporedom rupa možemo videti u Prednji panel skica.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel. Na Close Skletch zatvorimo skicu. Želimo da prema skici isećemo prednji panel. Aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sećenja Cut From/To Extent, (Dimetric View) selektujemo prednju stranu panela, prebacimo pogled sa zadnje strane panela i selektujemo zadnju stranu panela, prihvatimo sećenje i završimo sve što smo radili. Postupak sećenja ponovimo za svaku rupu. Isećene otvore možemo videti u Prednji panel.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel.

Značajno komplikovanija je procedura sećenja otvora za displej. Za displej je potreban otvor pravougaonog oblika dimenzija 71.2 mm x 25.2 mm, ali moramo predvideti i 4 rupe za pričvršćivanje displeja za prednji panel.

Nacrtajmo dve linije (Draw, line) po sredini pravougaonika (jednu horizontalnu i jednu vertikalnu). Proglasimo ove linije za ose simetrije (Relate, Symetry Axes). Postavićemo sada jednu rupu (gornju levu). Prečnik rupe je 5 mm. Korišćenjem opcije (Dimension) Distance Between udaljimo rupu od horizontalne ose na 15.5 mm, a od vertikalne ose na 38.05 mm. Izgled skice je dat u Prednji panel_Displej_rupa.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel. Kada smo postavili jednu rupu potrebno je samo da rupu ispod nje preslikamo simetrično u odnosu na horizontalnu osu koju smo proglasili osom simetrije. Iskoristićemo opciju Mirror (Draw). Selektujemo rupu, kliknemo na Mirror, kliknemo na osu simetrije i automatski se nacrtat simetrična rupa. Postavićemo sada još jednu rupu (gornju desnu). Prečnik rupe je 5 mm. Korišćenjem opcije (Dimension) Distance Between udaljimo rupu od horizontalne ose na 15.5 mm, a od vertikalne ose na 36.95 mm. Izgled skice je dat u Prednji panel_Displej_rupa2.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel. Kada smo postavili jednu rupu potrebno je samo da rupu ispod nje preslikamo simetrično u odnosu na horizontalnu osu koju smo proglasili osom simetrije. Iskoristićemo opciju Mirror (Draw). Selektujemo rupu, kliknemo na Mirror, kliknemo na osu simetrije i automatski se nacrtat simetrična rupa. Sada vodimo računa da su sve četiri rupe tako postavljene da sa zadnje strane može da se našrafi displej. Ako su rupe prenisko može da se desi da displej neće moći da se našrafi zbog pločice.

Želimo da prema skici za displej isečemo prednji panel. Aktiviramo Features Cut. Isecanje vršimo prema skici (Select from Sketch). Selektujemo skicu i Accept. Izaberemo opciju sečenja Cut From/To Extent, selektujemo prednju stranu panela, prebacimo pogled sa zadnje strane panela i selektujemo zadnju stranu panela, prihvatimo sečenje i završimo sve što smo radili. Postupak sečenja ponovimo za svaki otvor. Isečene otvore možemo videti u Prednji panel_Displej.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 7. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 13. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Sada treba da postavimo na prednji panel komponente za koje smo otvarali rupe.

View -> (Show) Panes, tu izaberemo Parts Library i pronađemo displej u okviru foldera 10. Displej pod imenom WINSTAR1602B.par i prevlačenjem ga ubacimo pored kutije. Zadatak je da displej ubacimo na predviđeno mesto u prednji panel kutije. Prvo poravnjamo prednju površ displeja sa prednjom površinom prednjeg panela (Relate, Planar Align i selektujemo odgovarajuće površine. Ako neku površinu nije moguće selektovati pritisnemo Activate). Kada smo poravnjali površine potrebno je da pomerimo displej kako bi se poklopile rupe. Relate, Axial Align i selektujemo rupe koje želimo da podesimo (jednu na displeju i odgovarajuću na prednjem panelu). Dovoljno je da to uradimo za dve rupe i displej će biti namešten.

Postavimo sada držač LED diode i LED diodu.

Postavimo on-off taster.

Postavimo potencijometar za podešavanje pozadinskog osvetljenja.

Treba imati u vidu da je redosled uspostavljanja relacija nekada veoma bitan. Zato prilikom uspostavljanja relacija treba biti oprezan, a vrlo često potrebno je promeniti redosled uspostavljanja relacija. Montirane komponente na prednji panel možemo videti u Prednji panel_kompletan.pdf u okviru foldera 12. Prednji panel.

Naredni korak kod 3D modela je postavljanje kablova, takozvano kabliranje (Harness). Ovim kursom nije predviđeno kabliranje. Takođe, akademska verzija Solid Edge 4 ne dozvoljava kabliranje. Međutim, ilustracije radi u folder 14. Kabliranje dat je uređaj kod koga je izvršeno i kabliranje.

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 13. kutija KUSM-02 treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 15. kutija KUSM-02 i da u njemu nastavimo dalji rad.

Sam Solid Edge 4 ima veliki broj mogućnosti. Jedna od mogućnosti je i da rasklopimo naš uređaj na sastavne delove.

Tools -> (Enviroms) Era i okviru Explode izaberemo Auto Explode i dobijamo rasklopljenu kutiju. Rasklopljenu kutiju možemo videti u folder 16. Rasklopljena kutija u dokumentu RasklopljenaKutija.pdf. Redosled rasklopljenih delova kutije može da se menja opcijom (Modify) Reposition. To je poželjno uraditi kako bi znali redosled prilikom montiranja i demontiranja uređaja.

Program može da detektuje delove koji su u koliziji, što je takođe od izuzetne važnosti. Na osnovu skica koje smo radili za prednji i zadnji panel moguće je napraviti tehničke crteže koje možemo dati proizvođaču kako bi nam napravili otvore. Detaljnijim pregledom programa može se uočiti veliki broj opcija koje je poželjno istražiti jer se time može značajno skratiti vreme rešavanja problema.

13. TERMIN vežbe

1. čas:

NAPOMENA: Kako bi sačuvali sve što smo radili do sada folder 1.myPCB_Project iz 12. TERMIN-a treba da iskopiramo i usnimimo ga kao folder 1.myPCB_Project i da u njemu nastavimo dalji rad (myPCB_Project.PrjPCB, myPCB.PcbDoc, mySchematics_Main.SchDoc, mySchematics_Power.SchDoc, mySchematics_USB.SchDoc, mySchematics_Sensor.SchDoc, mySchematics_Microcontroller.SchDoc).

Naredni odeljak posvećen je samom pravljenju pločice. Naime, nakon projektovanja potrebno je u fabriku poslati dokumentaciju na osnovu koje će oni napraviti štampanu pločicu. Uobičajeno je da se u fabriku pošalju samo gerber fajlovi. Gerber format je format koji čitaju mašine koje se koriste u proizvodnji štampanih ploča. Sami gerber fajlovi su maske koje se koriste u proizvodnji štampanih ploča. Kako napraviti gerber fajlove.

File -> Fabrication Outputs -> Gerber Files, pojaviće se Gerber Setup gde u odgovarajućim karticama biramo sledeće

General- Units (inches), Format (po želji- 2:5)

Layers- selektujemo prva 8 obavezno (Top Overlay, Top Paste, Top Solder, Top Layer, Bottom Layer, Bottom Solder, Bottom Paste, Bottom Overlay) i Keepout Layer.

Drill Drawing- ostavimo kako jeste

Aperture- ostavimo kako jeste

Advanced- ostavimo kako jeste

Nakon pravljenja gerber fajlova u naš projekat se pojavljuje još nekoliko dokumenata. U dokumentu CAMtastic.cam nalaze se preklapljeni svi slojevi. Ovakav prikaz nije pregledan, pa se u okviru posebnog foldera Generated (a u okviru njega CAMtastic! Documents) nalaze slojevi koji su podeljeni u različite dokumente. Detaljnijim razmatranjem može se utvrditi koji fajl pripada određenom sloju. Međutim, na osnovu oznaka samih fajlova može se prepoznati svaki sloj. Za slojeve koje smo mi izabrali odgovaraju sledeće oznake (ekstenzije)

(Gerber Extension)	(Description)
GBL	Bottom Layer
GBO	Bottom Overlay
GBP	Bottom Paste Mask
GBS	Bottom Solder Mask
GKO	Keep Out Layer
GTL	Top Layer
GTO	Top Overlay
GTP	Top Paste Mask
GTS	Top Solder Mask

I svi ostali slojevi mogu se prepoznati po ekstenziji. Mada nisu navedeni u ovom primeru prikazaćemo i njihovu ekstenziju

(Gerber Extension)	(Description)
GD1, GD2, etc	Drill Drawing (assignment based on order of drill pairs appearing in the <i>Drill-Pair Manager</i> dialog)
GG1, GG2, etc	Drill Guide (assignment based on order of drill pairs appearing in the <i>Drill-Pair Manager</i> dialog)

GM1, GM2, etc	Mechanical Layer 1, 2, etc
GP1, GP2, etc	Internal Plane Layer 1, 2, etc
GPB	Pad Master Bottom
GPT	Pad Master Top
P01, P02, etc	Gerber Panels
APR	Aperture File (generated when embedded apertures (RS274X) are used)
APT	Aperture File (generated when embedded apertures (RS274X) are not used)
G1, G2, etc	Mid-layer 1, 2, etc

Pored ovih maski koje smo napravili za izradu same štampane ploče veoma je bitno da rupe budu izbušene i to kako na odgovarajućoj lokaciji, tako i odgovarajuće širine.

File -> Fabrication Outputs -> Composite Drill Guide i dobijamo dokumentaciju koja je vezana za svaku rupu. Na ovaj način svaka rupa je tačno određena. Takođe iz

File -> Fabrication Outputs -> Drill Drawings i dobijamo dokumentaciju koja obuhvata sve što je vezano za rupe, uključujući i crtež na kome su prikazni centri rupa.

Ove rupe mogli smo da dobijemo i prilikom pravljenja gerber fajlova. Samo je bilo potrebno da u kartici Drill Drawing aktiviramo Drill Drawing Plots i Drill Guide Plots i dobili bi još dva gerber fajla sa ekstenzijama GD1 i GG1.

Međutim, pre izrade ove dokumentacije koja je vezana za rupe koje se buše na pločici potrebno je raspitati se o veličini burgija. Ono što je sigurno poželjno je bušiti rupe koje su kružnog oblika. Potrebno je izbegavati pravougaone oblike i umesto njih bušiti rupe kružnog oblika. Ovakav pristup mi smo primenili još na samom početku ovog kursa. Naime, ako pogledamo DC konektor J1 i njegovu tehničku dokumentaciju možemo uočiti da je za njegove nožice najbolje postaviti rupe na otisku koje su pravougaonog oblika. Međutim, da bi izbegli problem sa bušenjem rupa pravougaonog oblika mi smo na otisku postavili rupe kružnog oblika čiji je prečnik jednak većoj stranici pravougaonika. I kod drugih komponentata potrebno je pribegavati ovakvom rešenju.

Poslednji korak u realizaciji same štampane pločice je pravljenje liste materijala neophodnog za tu pločicu. Naime, kada smo kompletno proverili 3D model, utvrdili da je raspored komponentata na pločici odgovarajući, napravili gerber fajlove i samu pločicu potrebno je i da izvršimo nabavku komponentata koje će biti namontirane na samoj pločici.

Altium ima mogućnost automatske izrade liste materijala BOM (Bill of Materials)

Reports -> Project Reports -> Bill of Materials i dobijamo kompletnu listu materijala. Na osnovu ove liste materijala možemo sagledati značaj svih onih podataka koje smo unosili prilikom crtanja električnih šema (Comment, Description, Designator, Footprint, LibRef...). Na osnovu podataka u koloni Quantity očigledno je da se neke komponente koriste na više mesta i ova kolona je veoma značajna zbog same kupovine komponentata. Međutim, za samu kupovinu komponentata neophodnih za realizaciju ovog uređaja najvažnija je kolona koju smo mi sami kreirali kod svake komponente - Farnell. Naime, mi smo prilikom crtanja električnih šema pored svake komponente uneli broj komponente (Order Code) na osnovu koga lako možemo da je pronađemo na sajtu dobavljača. Zbog jednostavnosti i uniformnosti uglavnom smo koristili Farnell, međutim mogli smo da koristimo i druge dobavljače, pa bi onda uveli još neku dodatnu kolonu. U ovom slučaju pokazaćemo kolonu Farnell (show). U toj koloni možemo videti brojeve svih komponentata. Tabelu koju ovakodobijamo možemo da usnimimo kao Microsoft Excel fajl i da pošaljemo osobi koja je zadužena za nabavku komponentata. U okviru foldera 2. BOM ilustrovan je Excell fajl myPCB_Project_BOM.xls koji je napravljen za potrebe nabavke komponentata za realizaciju uređaja.

Ovim je završena kompletna procedura vezana za realizaciju uređaja.