SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 3911

# Modeliranje virtualne pločice za slaganje elektroničkih sklopova u 3D prostoru

Luka Vranješ

Zagreb, lipanj 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 3911

# Modeliranje virtualne pločice za slaganje elektroničkih sklopova u 3D prostoru

Luka Vranješ

Zagreb, lipanj 2015.

#### SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD MODULA

Zagreb, 6. ožujka 2015.

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 3911

Pristupnik: Luka Vranješ (0036463132) Studij: Računarstvo Modul: Računarska znanost

#### Zadatak: Modeliranje virtualne pločice za slaganje elektroničkih sklopova u 3D prostoru

Opis zadatka:

Pločica za slaganje elektroničkih sklopova (engl. protoboard) vrlo je koristan alat za eksperimentiranje i učenje rada osnovnih elektroničkih sklopova. Kako bi se ista mogla koristiti, nužno je uz takvu pločicu nabaviti i odgovarajuće elektroničke komponente. U okviru ovog završnog rada potrebno je napraviti interaktivni 3D model virtualne pločice za slaganje elektroničkih sklopova te odgovarajući

skup osnovnih elektroničkih komponenata poput otpornika, diode, tranzistora, čipova u DIP kućištu i slično. Potrebno je ostvariti programsku implementaciju koja korisniku omogućava interaktivno slaganje

sheme na modeliranoj pločici. Programsko rješenje potrebno je ostvariti u programskom jeziku Java. Radu priložiti algoritme, izvorne kodove i rezultate uz potrebna objašnjenja i dokumentaciju. Citirati korištenu literaturu i navesti dobivenu pomoć.

Zadatak uručen pristupniku: 13. ožujka 2015. Rok za predaju rada: 12. lipnja 2015.

Mentor:

Prof. dr. sc. Željka Mihajlović

Dielovođa:

Doc. dr. sc. Tomislav Hrkać

Predsjednik odbora za završni rad modula:

Prof. dr. sc. Siniša Srbljić

## Sadržaj

1.	UVOI	D1	
2. PLOČICA ZA SLAGANJE ELEKTRONIČKIH KOMPONENTI			
	2.1.	Elektroničke komponente	
	2.2.	NAČIN SLAGANJA KOMPONENATA NA PLOČICU	
2.	PREG	ILED I USPOREDBA POGODNIH TEHNOLOGIJA ZA IZRADU 3D GRAFIČKOG SUČELJA 12	
	2.1.	Programske podrške za 3D grafiku i animacije	
	2.1.1	. Programska podrška SketchUp12	
	2.1.2	. Programske podrške proizvođača Autodesk13	
	2.1.3	. Programska podrška Blender	
	2.2.	Sustav za izradu 3D grafičkog sučelja	
	2.2.1	. Sustav LWJGL	
	2.2.2	. Sustav jPCT	
	2.2.3	. Sustav Unity	
	2.2.4	. Sustav jMonkeyEngine	
	2.3.	USPOREDBA TEHNOLOGIJA	
3.	ODAI	ODABRANE TEHNOLOGIJE	
	3.1.	PROGRAMSKA PODRŠKA BLENDER	
	3.2.	SUSTAV JMONKEYENGINE	
4.	IMPL	EMENTACIJA, GRAFIČKO SUČELJE I KORIŠTENJE SUSTAVA23	
ZAKLJUČAK			
LITERATURA			
NASLOV, SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI			

### 1. Uvod

Pločica za slaganje elektroničkih komponenti služi za izradu i ispitivanje električnih krugova i digitalnih sklopova. Time možemo ispitati pojedinačne komponente, skup komponenata i cijele sklopove prije završetka konačnog dizajna. Također, to uvelike pomaže pri razumijevanju osnovnih principa rada digitalnih i analognih elektroničkih komponenata koji su temelji za razumijevanje rada modernih računalnih i elektroničkih sustava. Zbog toga se pločice za slaganje elektroničkih komponenti često koriste za pomoć pri nastavi na tehničkim sveučilištima.

Zbog velikog broja elektroničkih i digitalnih komponenti puno vremena se provede upoznavajući se s fizičkim izgledom i svojstvima komponenata. Također svaki student bi trebao samostalno složiti sklopove i testirati svojstva komponenata. Iz navedenog se nazire problem pretjerane potrošnje vremena i sredstava za upoznavanje s alatom. Virtualni 3D model potrebnih komponenti te mogućnost slaganja krugova u virtualnom okruženju oslobodilo bi vrijeme i sredstva za dublju i razumljiviju analizu komponenata. Ako se upoznavanje s fizičkim izgledom komponenata postavi kao priprema za nastavu, fokus vježbe više neće biti slaganje sklopa nego isprobavanje i dublja analiza njegovih svojstava i komponenata. Time će se uštedjeti vrijeme osobe odgovorne za pomoć studentima te joj omogućiti da odgovori na konkretnija pitanja vezana uz rad pojedinih komponenti. Time će se i koncentracija studenata sačuvati za razumijevanje rada i pitanja oko važnijih svojstava komponenata.

Virtualno 3D okruženje za slaganje shema krugova na radnoj pločici ostvareno je u javi uz pomoć sustava za izradu igara (engl. *game engine*). Sustav koji se koristi je jMonkeyEngine 3.0. Uz njega još se koristi i programska podrška za 3D grafiku i animacije Blender.

Ostatak ovog rada organiziran je kako slijedi. U poglavlju 2 opisana je pločica za slaganje električkih komponenti, komponente s kojim se ona koristi te načini na koje bi se komponente trebale slagati na pločicu. U poglavlju 3 opisuju se i uspoređuju tehnologije za izradu 3D grafičkog sučelja. U poglavlju 4 detaljnije

1

se opisuju odabrane tehnologije. U poglavlju 5 opisuje se implementacija, grafičko sučelje te korištenje izrađenog sustava. 6. poglavlje zaključuje ovaj rad.

## 2. Pločica za slaganje elektroničkih komponenti

Pločica za slaganje elektroničkih komponenti (Slika 2.1) sastoji se od velikog broja rupica u koje se postavljaju elektroničke komponente. U njih se postavljaju elektroničke komponente te ih povezujemo.



Slika 2.1 Pločica za slaganje elektroničkih komponenti (preuzeto s [1])

Pločica za slaganje ima metalne vodiče unutar pločice koje povezuju rupice u koje se postavljaju komponente. Metalni vodiči na vrhu i dnu radne pločice povezani su horizontalno, a ostali redci su povezani vertikalno (Slika 2.2).



Slika 2.2 Vodiči u unutrašnjosti pločice (preuzeto s [1])

Najučestalije komponente za korištenje s pločicom su: otpornici, diode, tranzistori, čipovi (u DIP kućištu), žice, baterije i mnogi drugi. Neke od njih ćemo detaljnije opisati. Također elektroničkom sklopu za rad je često potreban izvor napajanja.

#### 2.1. Elektroničke komponente

Otpornici su jedna od najkorištenijih komponenata. Njihovo svojstvo je pružanje ohmskog otpora. Otpornike najčešće dijelimo na otpornike fiksnog otpora (Slika 2.3) te otpornike podesivog otpora.



Slika 2.3 Otpor fiksnog otpora (preuzeto s [3])

Otpornici fiksnog otpora koriste 3 načina označavanja vrijednosti otpora, upotrebom 4, 5 i 6 prstena. Iznos otpora fiksnog otpornika moguće je iščitati ovisno o boji i rednom broju prstena koji pružaju informaciju o otporniku (Slika 2.4).



Slika 2.4 Način preslikavanja boja u znamenke otpora (preuzeto s [2])

Jedna od prvih komponenata koje se uz pomoć radne pločice proučavaju je svijetleća dioda (Slika 2.5). Svijetleća dioda intuitivno demonstrira rad i svojstva diode. Najvažnije svojstvo diode je da provode struju samo u jednom smjeru. Također ne provode struju ako razlika potencijala između dva konektora nije veća ili jednaka naponu praga te diode. Ako je napon izvora veći od napona praga dioda će imati samo napon jednak naponu praga, a ostatak napona će se dijeliti na ostale komponente. Zbog toga se dioda uobičajeno koristi u serijskom spoju s otpornikom. Svjetleća dioda ima dva konektora različitih duljina. Dulji konektor predstavlja anodu diode a kraći katodu. Da bi se uspostavio tok struje kroz diodu, nužan je uvjet da je anoda na višem potencijalu od katode, što znači da se anoda odnosno dulji konektor spaja prema naponu napajanja a katoda odnosno kraći konektor u smjeru mase.



#### Slika 2.5 Ilustracija svijetlećih dioda (preuzeto sa [5])

Komponenta s najširom primjenom je tranzistor (Slika 2.6). Tranzistor se primjenjuje za pojačavanje električnih signala, kao elektronička sklopka, za stabilizaciju napona, modulaciju signala i drugo. Također osnovni je element mnogih elektroničkih sklopova, integriranih krugova i elektroničkih računala. Tranzistori dijelimo najčešće prema načinu rada i to u dvije glavne grupe: bipolarne tranzistore (engl. *BJT – Bipolar Junction Transistor*) i unipolarne tranzistore (engl. *FET – Field Effect Transistor*). Kod bipolarnih tranzistora vodljivost ovisi o manjinskim nositeljima električnog naboja, a kod unipolarnih o većinskim nositeljima.



#### Slika 2.6 Tranzistori (preuzeto s [4])

Bipolarne tranzistore možemo podijeliti prema građi područja vodljivosti na tipove PNP (pozitivno-negativno-pozitivno) i NPN (negativno-pozitivno-negativno). Kod tipa PNP vodljivost ovisi o manjinskim elektronima a kod tipa NPN o manjinskim šupljinama. Komponenta omogućuje upravljanje potrošnjom u krugu veće snage pomoću kruga u kojem se troši manja snaga. Neovisno o tipu, bipolarni tranzistor obavlja istu funkciju. Bipolarni tranzistori imaju 3 konektora: kolektor, emiter i baza. Prilikom postavljanja tranzistora na pločicu potrebno je paziti na raspored konektora (Slika 2.7).



Slika 2.7 Ilustracija i simbol bipolarnog tranzistora (preuzeto s [2])

S obzirom na tip poluvodiča, unipolarni tranzistori mogu biti n-kanalni ili p-kanalni. U n-kanalnim tranzistorima vodljivost ovisi o većinskim elektronima, a u p-kanalnim o većinskim šupljinama. Primjer jednog unipolarnog tranzistora je n-kanalni MOSFET (Slika 2.8) koji se također koristi kao upravljiva sklopka. Unipolarni tranzistori također imaju 3 konektora te je potrebno proučiti dokumentaciju za određivanje njihovog značenja.



Slika 2.8 Ilustracija i simbol n-kanalnog MOSFET-a (preuzeto s [2])

Još jedna od dioda koja se često koristi u eksperimentima je fotodioda (Slika 2.9). Fotodioda se koristi za uključivanje tranzistorske sklopke. Najvažnije svojstvo joj je što neosvijetljena, ima veliki otpor, a kada se osvijetli, otpor se uvelike smanji (pod utjecajem svjetlosne energije poraste broj slobodnih nosioca naboja). Zbog tog svojstva fotodioda je studentima vrlo atraktivna u eksperimentima.



Slika 2.9 Izgled fotodiode

Još jedan od osnovnih elektroničkih elemenata za slaganje krugova je kondenzator. Kondenzator je spremnik statičkog elektriciteta i energije električnog polja. Kondenzator se često koristi pri izradi generatora signala takta. Najčešće koristimo elektrolitske i keramičke kondenzatore (Slika 2.10). Prilikom postavljanja elektrolitskog kondenzatora potrebno je paziti na smjer postavljanja, tako da konektor ispod oznake minusa na kućištu bude postavljen na točki manjeg potencijala, a drugi konektor na točku većeg. Keramički kondenzator nema takvih ograničenja.



Slika 2.10 lzgled i simboli keramičkog i elektrolitskog kondenzatora (preuzeto sa [6])

Komponente i spojevi koji se često koriste mogu biti složeni unutar čipova u DIP kućištu (Slika 2.11). Mogu imati različiti broj konektora te je za njihovu upotrebu potrebno proučiti njihovu dokumentaciju te saznati što koji konektor predstavlja.



Slika 2.11 Izgled čipa u DIP kućištu

Uz spomenute komponente postoje još i druge elektroničke komponente koje se koriste, no i popratne komponente važne za slaganje i rad spojeva. Svaki strujni krug mora imati izvor. Pri spajanju izvora na krug potrebno je znati koji izlaz izvora predstavlja negativan, a koji pozitivan pol. Za povezivanje komponenata potrebne su žice. Za paljenje i gašenje određenih dijelova spoja koriste se sklopke i tipkala. Kod tipkala s 4 konektora je potrebno obratiti pažnju na to da su konektori parovi te je par konektora međusobno povezan unutar sklopke. Na dnu sklopke (Slika 2.12) može se vidjeti kanalić pomoću kojega se može odrediti koje konektori su isti par. Konektori na istoj strani kanalića čine jedan par. Sklopke mogu biti unutar jedne komponente u seriji tako da svaki stupac predstavlja jednu sklopku (Slika 2.13).



Slika 2.12 lzgled tipkala (preuzeto sa [7])



#### Slika 2.13 Izgled sklopke

#### 2.2. Način slaganja komponenata na pločicu

Kod projektiranja sklopova česta je pojava pogrešaka, najčešće uzrokovanih ljudskom nepažnjom. Takve greške relativno je lako uočiti i ukloniti na jednostavnim sklopovima, a već kod imalo složenijih takve greške često mogu biti prekasno zapažene. Zato je najbolje držati se pravila koja smanjuju mogućnost pogreške i vode k preglednije složenom sklopu. Ako se ne pridržavaju ta pravila sklop će biti nepregledan i teško promjenjiv (Slika 2.14).



Slika 2.14 lzgled ne organizirane pločice (preuzeto s [8])

Neka od pravila za slaganje na pločicu dana su u nastavku.

- Uvijek koristiti vanjske horizontalno povezane rupice za napajanja. Spojiti napajanje na prve rupice u retku, napon napajanja na prvi redak, a masu na zadnji (crvena boja označava napon napajanja, plava masu).
- Spajati masu s komponentama crnim, plavim ili žicama hladnih boja, a napon napajanja žicama žarkih boja. Koristiti jednu boju za isti potencijal, također koristiti što manje boja.
- Žice spajati oko čipova a ne iznad njih zbog lakše promjene čipa.

## 3. Pregled i usporedba pogodnih tehnologija za izradu 3D grafičkog sučelja

Izrada 3D grafičkog sučelja zahtjeva izradu modela, skaliranje tih modela, grupiranje tih modela i njihovih komponenata, izradu interaktivnog grafičkog sučelja, izradu interakcije s korisnikom u 3D sučelju. Za ostvarivanje svih zahtjeva potrebno je više od jednog alata. Zahtjeve izrade ćemo podijeliti na zahtjeve izrade i manipulacije modelima te na zahtjeve izrade 3D interaktivnog sučelja uz pomoću tih modela. Za izradu i manipulaciju modela uobičajeno se koristi programska podrška za 3D grafiku i animaciju (engl. *3D graphics and animation software*). Za izradu 3D interaktivnog sučelja uobičajeno se koristi sustav za izradu 3D grafike.

#### 3.1. Programske podrške za 3D grafiku i animacije

Za izradu i manipulaciju 3D modela potrebno je odabrati tehnologiju za razvoj 3D modela i animacija. Glavni zahtjevi za odabir programske podrške za 3D grafike i animacije su intuitivnost, raširenost, mogućnost modeliranja, skaliranja, grupiranja i konverzije formata.

#### 3.1.1. Programska podrška SketchUp

Programska podrška SketchUp (Slika 3.1) je jednostavni alat za 3D modeliranje. Vrlo je intuitivan te ne zahtijeva veliko predznanje. Uz vrlo širok spektar mogućnosti omogućuje rad jednostavnih modela na jednostavan način. Također omogućuje veliko prilagođavanje okruženja zahtjevima korisnika. Besplatna verzija omogućuje izvoz modela u veći broj slikovnih i video zapisa te samo u formate datoteka Collada (.dae) i Google Earth (.kmz) koje opisuju 3D modele. Alat SketchUp također ima veliku bazu izrađenih modela koji se mogu koristiti prilikom izrade novih modela.



Slika 3.1 Izgled radnog okruženja alata SketchUp

#### 3.1.2. Programske podrške proizvođača Autodesk

Kompanija Autodesk se bavi izradom specijalizirane programske podrške za rad u virtualnom okruženju za različite industrije. Kompanija ima specijalizirane proizvode za arhitektonsku, inženjersku i građevinsku industriju, proizvodnju, medije i izradu igara. Većina proizvoda ove kompanije se plaća no neki proizvodi dolaze i u besplatnim inačicama. Kompanija za studente omogućuje besplatne licence za svoje proizvode. Alati kompanije za izradu 3D dizajna su alati 123D. Alati 123D dijele se u još specifičnije alate za izradu strujnih krugova, dizajn, mobilni dizajn i drugo. Kompanija Autodesk ima više programskih podrški za izradu 3D grafike i animacija za industriju izrade igara. Neke od programskih podrški su 3ds Max, Maya i drugi. Najpotpuniji alat koji zadovoljava postavljene zahtjeve je alat AutoCAD. Alat AutoCAD je i najpoznatiji njihov proizvod sa širokim spektrom funkcionalnosti. Iz tog razloga krivulja učenja korištenja alata je vrlo strma, pa njegovo korištenje zahtjeva relativno veliko predznanje. Neke obrazovne ustanove imaju i predmete koji pripremaju studente za rad u alatu AutoCAD. Također su cijenjeni i certifikati kojima se pokazuje stečeno znanje i razina znanja rada u alatu AutoCAD. Zbog velikog opsega funkcionalnosti ovog programa smanjuje se intuitivnost njegova korištenja.

#### 3.1.3. Programska podrška Blender

Programska podrška Blender (Slika 3.2) je potpuno besplatna, slobodna programska podrška za 3D grafiku i animacije. Iz tog razloga vrlo je raširena te se time povećava broj ljudi koji pridonose njezinom razvoju i razvoju njezinih dodataka. Programska podrška Blender je unatoč velikom opsegu funkcionalnosti relativno intuitivan alat, ponajviše zbog raširenosti brzih objašnjenja za rad u njemu. Alat Blender ima vlastiti format datoteke za 3D modele i animacije (.blend), no moguće je učitati i ispisati iz njega gotovo sve druge formate datoteka za 3D modele i animacije. Zbog svog slobodnog razvoja zajednica alata Blender je razvila mnoge dodatne funkcionalnosti, pa tako alat u sebi ima i simulacije za dim, tekućine, meka tijela i čestice, mogućnost praćenja kamerom, obradu video zapisa te sustav za izradu igara. Iako se opseg funkcionalnosti proširio i izvan opsega programske podrške za 3D modele i animaciju alat je istaknuo svoje osnovne funkcionalnosti te tako zadržao intuitivnost i laku primjenu. Mnogi drugi programski alati kojima je potreban razvoj 3D modela i animacija uvelike su kompatibilne s Blenderom. To su u mogućnosti ostvariti zbog slobode koda alata, a time dobivaju široku korisničku bazu. Zajednica alata Blender također za promoviranje širenja korištenja alata radi na zajedničkim projektima kao što su animirani crtići.



Slika 3.2 lzgled radnog okruženja alata Blender

#### 3.2. Sustav za izradu 3D grafičkog sučelja

Za izradu 3D interaktivnog sučelja potrebno je odabrati tehnologiju za razvoj 3D grafičkog sučelja. Tehnologija mora biti u mogućnosti pružiti osnovnu podršku za učitavanje, prikaz i interakciju modela. Također tehnologija bi trebala imati osnovnu podršku za interakciju s korisnikom. U ispunjenju tih zahtjeva u velikoj mjeri nam pomažu sustavi za izradu 3D grafičkog sučelja. Sustavima za izradu 3D grafičkog sučelja pripadaju i sustavi za izradu igara koji uvode dodatne funkcionalnosti.

#### 3.2.1. Sustav LWJGL

Sustav LWJGL je jednostavna java biblioteka za izradu igara (engl. *Lightweight Java Game Library*). Sustav sadrži osnovna nativna sučelja visokih performansi za razvoj grafike, zvuka i paralelne obrade. Zahvaljujući niskoj razini apstrakcije biblioteka omogućava potpunu kontrolu nad algoritmima prikaza, transformacije i interakcije 3D objekata. Time se može ostvariti visoka razina optimizacije programa. Biblioteka je vrlo raširena te se koristi i za izradu sustavi više apstrakcije. Sustav LWJGL nema vlastito razvojno okruženje no zajednica sustava je razvila dodatak za razvojno okruženje Eclipse. Dodatak omogućuje jednostavan pregled informacija o komponentama biblioteke i njihovom radu. Uz to dodatak nudi alate za generiranje učestalo korištenih programskih odsječaka. Biblioteka učitavanje modela prepušta programeru.

#### 3.2.2. Sustav jPCT

Sustav jPCT je sustav za izradu 3D grafičkog sučelja zasnovan na sustavu LWJGL. Sustav jPCT sadrži funkcionalnosti sustava LWJGL te nadodaje učitavanje, prikaz i interakciju modela te interakciju s korisnikom. Sustav jPCT također nadodaje mnoge optimizacije za prikaz modela i paralelne obrade. Sustav omogućava korištenje opće optimiziranih implementacija, no svojom strukturom dopušta njihovu zamjenu sa specifičnijim optimizacijama. Sustav nema vlastito razvojno okruženje nego se koristi kao biblioteka. Sustav jPCT može koristiti dodatak sustava LWJGL za programsko okruženje Eclipse. Sustav omogućuje učitavanje osnovnog broja formata datoteka za 3D modele.

#### 3.2.3. Sustav Unity

Sustav Unity je najrašireniji sustav za izradu igara s vlastitim razvojnim okruženjem. Sustav sadrži mnoge alate za učitavanje, prikaz i interakciju modela. Također sadrži i programsku podršku za 3D modele i animaciju. Sustav Unity sadrži alate za interakciju s korisnikom te uvelike olakšava razvoj svih aspekata igara i programa 3D grafike. Sustav također omogućava različite dodatne pogodnosti, kao što su analiza koda, analiza korištenja programa, statistika i drugo. Sustav Unity je napravljen u programskim jezicima C, C++ i C#. Unutar sustava moguće je programirati u programskim jezicima JavaScript, Boo i C#. Usprkos tome sustav omogućuje rad igara gotovo sve operacijske sustave i igrače konzole.

#### 3.2.4. Sustav jMonkeyEngine

Sustav jMonkeyEngine je otvoren i slobodan sustav za izradu igara zasnovan na sustavu LWJGL. Sustav jMonkeyEngine ima vlastito razvojno okruženje (Slika 3.3) zasnovano na verziji razvojnog okruženja Intellij IDEA, no može se koristiti i s drugim razvojnim okruženjima. Sustav jMonkeyEngine je u suštini skup biblioteka čime omogućuje programiranje niske razine apstrakcije. No interaktivno razvojno okruženje sustava svojim alatima omogućuje razvoj na visokoj razini apstrakcije. Na sustav je moguće instalirati veliki broj dodataka jer je zasnovan na razvojnom okruženju Intellij IDEA. Zajednica sustava jMonkeyEngine uz dodatke razvojnog okruženja Intellij IDEA razvila je i dodatke specifične za razvojno okruženje sustava jMonkeyEngine. Razvojno okruženje sustava omogućuje učitavanje većine formata datoteka za 3D modele. Prilikom učitavanja razvojno okruženje pretvara formate datoteka za koje je podržano učitavanje u vlastiti format datoteke (.j3o). Razvojno okruženje također omogućuje postavljanje scene, rastav grafičkog sučelja na više odvojenih komponenata te njihovu interakciju. Razvijena je i predodređena kompatibilnost s programskom podrškom Blender zbog otvorenosti i slobode koda.

16



Slika 3.3 lzgled radnog okruženja sustava jMonkeyEngine

#### 3.3. Usporedba tehnologija

Programske podrške za 3D grafiku i animacije sadrže okvirno iste funkcionalnosti za modeliranje i izradu modela. Razlikuju se ponajviše u alatima koje ističu, intuitivnosti korištenja, brzini izrade te u formatima datoteka koje mogu učitati i ispisati. Alat SketchUp je vrlo intuitivan te ističe funkcionalnosti koje su potrebne za jednostavnu izradu modela u čemu uvelike pomaže i baza već izrađenih modela koji se mogu koristiti. Međutim, alat ne omogućuje rad s velikim brojem formata datoteka modela. Također, potrebno je biti dobro upoznat i s funkcionalnostima alata i s načinom prilagođavanja radnog okruženja alata za efikasno i brzo korištenje. Programske podrške proizvođača Autodesk su specificirane za određena područja izrade modela te uvelike ubrzavaju izradu modela ako je korisnik upoznat razvojnim okruženjem. Također, alati omogućuju uvoz i izvoz gotovo svih formata datoteka za modele. No alati proizvođača Autodesk nisu intuitivni te zbog svoje specijalizacije na određene industrije ističu alate kojima se korisnik ne koristi pri izradi jednostavnih modela. Programska podrška Blender ističe alate za jednostavnu izradu i manipulaciju 3D modela. Programska podrška Blender podržava gotovo sve formate datoteka 3D modela. Intuitivnost i brzina korištenja programske podrške ovisi o pronalasku kvalitetnih objašnjenja izrade modela od strane zajednice.

Sustavi za izradu 3D grafičkog sučelja ponajviše se razlikuju u razini apstrakcije kojom se koriste te implementaciji učitavanja modela. Sustavi se također razliku i u namjeni za korištenje. Sustav LWJGL je sustav niske razine apstrakcije te prepušta implementaciju učitavanja modela programeru. Sustav uobičajeno služi za izradu velikih sustava koji imaju veliku potrebu za optimizacijom specifičnih algoritama te za izradu sustava više razine apstrakcije. Sustav jPCT je sustav niske razine apstrakcije no više razine apstrakcije od sustava LWJGL. Sustav jPCT implementirao je učitavanje modela u nekoliko osnovnih formata datoteka. Sustav jPCT služi za izradu sustava kojima je potrebna visoka razina optimalnosti općenitih algoritama. Sustav jMonkeyEngine je sustav niske razine apstrakcije ako se koristi samo kao biblioteka, a visoke razine apstrakcije ako se koristi i razvojno okruženje sustava. Razvojno okruženje sustava implementiralo je učitavanje modela u većini formata datoteka. Sustav jMonkeyEngine služi za izradu različitih komercijalnih sustava i igara baziranih na programskom jeziku Java. Sustav Unity je sustav visoke razine apstrakcije. Sustav je implementirao učitavanje modela u gotovo svim formatima datoteka te uz to ima i vlastitu programsku podršku za izradu i manipulaciju modela. Sustav Unity služi za izradu komercijalnih višeplatformskih sustava i igara te je najpopularniji i najintuitivniji sustav.

## 4. Odabrane tehnologije

Potrebno je odabrati tehnologiju za izradu sustava opisanog u izvorniku završnog zadatka. Prethodno su već izrađeni potrebni 3D modeli u alatu ShetchUp u formatu datoteke Collada. Sustav Unity bi olakšao izradu 3D grafičkog sučelja no sustav nema potporu za razvoj u programskom jeziku Java. Za sustav za izradu 3D grafičkog sučelja odabran je sustav za izradu igara jMonkeyEngine zbog svog razvojnog okruženja koje podiže uvelike razinu apstrakcije. Potrebno je odabrati i programsku podršku za 3D grafiku i animacije. Zbog predodređene kompatibilnosti sa sustava jMonkeyEngine za programsku podršku za 3D grafiku i odabiru programske podrške uvelike je pomogla i zajednica programske podrške koja pruža velik broj brzih objašnjenja za rad.

#### 4.1. Programska podrška Blender

Odabrana programska podrška Blender ima radno okruženje podijeljeno u više pravokutnih oblika zvanih prozori (engl. *windows*). Prozore i radno okruženje je moguće prilagoditi vlastitim potrebama, no moguće je odabrati i neke od već napravljenih rasporeda prozora koje alat nudi. Predodređeni raspored prozora (Slika 4.1) uvelike pomaže u korištenju alata za jednostavnu upotrebu. Postoje još prethodno napravljeni rasporedi prozora kao što su raspored za

- izradu animacija,
- potpuni 3D pogled,
- obradu video zapisa i
- drugo.

Predodređeni raspored prozora je dovoljan za gotovo cijeli razvoj i manipulaciju 3D modela. Najkorisniji prozori predodređenog rasporeda su prozor prikaza, prozor modela te prozor polica s alatima. Uz spomenute prozore na predodređenom rasporedu postoje još prozor vremenskog tijeka, prozor opcija modela, prozor opcija prikaza modela, prozor s listom objekata, prozor informacija. Prozor informacija se ne veže uz raspored prozora te pomoću njega se izmjenjuju rasporedi prozora, učitavaju modeli i druge stvari vezane uz programsku podršku.

19



Slika 4.1 Objašnjenje predodređenog radnog okruženja alata Blender (preuzeto s [11])

Unutar prozora polica s alatima postoje police manipulacija objekata, stvaranje objekata, interakcija objekata, animacija, fizika te mjernih instrumenata. Polica manipulacije objekata sadrži alate za transformaciju, promjenu i povijest objekata. Polica stvaranja objekata sadrži predefinirane objekte koji se mogu postaviti u model. Predefinirani objekti su podijeljeni u 3D objekte, krivulje, svjetlosti i ostalo. U polici interakcije objekata moguće je grupirati objekte, postavljati ograničenja i odnose među objektima. U polici animacija moguće je postaviti animacije, akcije i pokrete. Polica fizike sadrži alate za dodavanje i promjenu svojstava objektima. Polica mjernih instrumenata sadrži alate za mjerenje udaljenosti, vidljivosti i drugih svojstava objekata u određenom trenutku.

Pri izradi i manipulaciji 3D modela još se često koriste i prozor s listom objekata te prozor opcija prikaza modela. Prozor s listom objekata modela pomaže u potrazi, grupiranju i odabiru određenih objekata te u odabiru objekata koji se sastoje od više manjih objekata. Također prozor je u mogućnosti prikazati ili sakriti dijelove modela koje ne želimo niti prikazati niti obrisati. Prozor s opcijama prokaza modela koristi se za promjenu izgleda prozora za prikaz modela. Moguće je promijeniti način prikaza objekata, kut iz kojeg se model gleda, odabirati objekte i drugo.

Programsko okruženje Blender uvelike se oslanja na tipkovničke kratice pri radu. Time se smanjuje lakoća učenja alata, no uvelike se ubrza rad nakon što se korisnik prilagodi tom načinu rada. Iako su za naredbe računalnog miša svi prikazani prozori aktivni za naredbe tipkovnice uvijek je aktivan samo jedan prozor. Tipkovničke kratice nemaju veliku korist unutar većine prozora, no unutar prozora za prikaz modela tipkovničke kratice omogućuju veliki dio funkcionalnosti te time uvelike ubrzavaju rad.

Programsko okruženje Blender omogućuje izradu materijala i tekstura. Izrada materijala i tekstura također je moguća iz predodređenog rasporeda prozora, točnije iz prozora opcija modela. Prozor opcija modela ima veliki broj kartica te jedna od njih služi za rad s materijalima, a druga za rad s teksturama. Materijali opisuju svojstva izgleda površine objekata, a teksture opisuju uzorke kojima treba ispuniti površine.

#### 4.2. Sustav jMonkeyEngine

Sustav jMonkeyEngine moguće je koristiti i bez njegova radnog okruženja no to uvelike smanjuje funkcionalnosti sustava. Naime, kroz svoje radno okruženje (Slika 4.2) pruža neke od jedinstvenih mogućnosti čija je upotreba svojstvena razvoju 3D aplikacija.



Slika 4.2 Izgled radnog okruženja sustava jMonkeyEngine

Jedna od takvih mogućnosti je izgradnja 3D scene putem grafičkog korisničkog sučelja. Iako je ova funkcionalnost još u razvoju i još uvijek nedovoljno robusna za izradu kompleksnih scena, može biti vrlo koristan alat za brzu izradu jednostavnih scena. Kompozitor scene koristi takozvani pristup WYSIWYG (engl. *what you see is what you get*). Tako korisniku omogućava da u svega nekoliko klikova i poteza mišem kreira 3D scenu razmještanjem 3D objekata i svjetala. Pri tome korisnik ima vrlo vjeran pogled na scenu, gotovo identičan onom koji se na kraju iscrtava pri pokretanju aplikacije.

Još jedna prednost korištenja radnog okruženja alata jMonkeyEngine je i mogućnost brze izrade izbornika, alatnih traka i sličnih elemenata grafičkog korisničkog sučelja. To je moguće postići korištenjem Nifty biblioteke koja je vrlo dobro integrirana u radno okruženje alata jMonkeyEngine. Njena namjena je isključivo interakcija s korisnikom. Preporučeni način kreiranja sučelja bibliotekom Nifty je koristeći jezik XML (engl. *extensible markup language*), no moguće ju je koristiti i direktno unutar programskog jezika Java.

Unutar sustava jMonkeyEngine postoji razred "SimpleApplication" koji implementira veliki dio funkcionalnosti koji pomaže pri kontroli kamera te naštimavanju okoline za prikaz 3D objekata. Unutar razreda postoji i varijabla rootNode koja predstavlja glavni čvor (engl. *node*) sustava. Unutar sustava jMonkeyEngine podjela objekata ili grupe objekata je u geometrije (engl. *geometry*) i čvorove. Geometrije predstavljaju objekte te pripadaju vidljive stavke, a čvorovi predstavljaju grupe obiekata te pripadaju nevidljivim stavkama.

22

# 5. Grafičko sučelje, korištenje i implementacija sustava

Implementirani sustav je nastao u svrhu pomoći studentima pri upoznavanju s radom na pločici za slaganje elektroničkih sklopova.

#### 5.1. Grafičko sučelje i korištenje sustava

Grafičko sučelje (Slika 5.1) je podijeljeno u 2 dijela. Lijevi veći dio sučelja je za slaganje i prikaz pločice i komponenti. A desni manji dio sučelja je lista komponenata koje možemo izabrati za slaganje.



#### Slika 5.1 Grafičko sučelje sustava pri pokretanju

Sustav ima 2 glavna stanja rada, stanje gledanja do sad složenog sklopa i stanje postavljanja komponente. Predodređeno stanje pri ulasku u sustav je stanje gledanja na praznu pločicu za slaganje. U stanju gledanja korisnik je u mogućnosti pomicati pogled i sklop po prostoru te ne može utjecati na sklop. Ako je korisnik u stanju gledanja i odabere neku od komponenti iz liste na desnom dijelu sustav se automatski prebacuje u stanje postavljanja komponente. U stanju postavljanja komponenti korisnik je postavljen iznad pločice (Slika 5.2). Korisnik je u mogućnosti se pomicati bliže i dalje te naprijed, nazad, lijevo i desno, no ne može rotirati svoj pogled niti pomicati objekt.



Slika 5.2 Grafičko sučelje u stanju postavljanja komponente

Sustav mijenja stanje odabirom ili poništavanjem odabira komponente te pritiskom na tipku "E". U stanju gledanja kontrole sustava su intuitivne. Pogled se može micati mišem, tipkama strjelice te tipkama "W", "A", "S" i "D". U stanju postavljanja korisnik se pomiče tipkama strjelice naprijed, nazad, lijevo i desno, a gore dole s rotirajućim kotačem na mišu ili tipkama "W" i "S". Ako je korisnik odabere komponentu koja zbog svojih svojstava mijenja izgled otvara se dialog u kojem može upisati iznos svojstva (Slika 5.3).



#### Slika 5.3 Grafičko sučelje pri odabiru komponente za koju treba dodatna informacija

Osim kontrole pogleda, moguće je kontrolirati još neke važne stavke pomoću kojih stavljamo komponente. Ako je važno na koju stranu stavljamo komponentu, odnosno koji konektor ide na koju stranu korisnik može stisnuti desnu tipku miša i držati ju dok rotira komponentu pomicanjem miša (Slika 5.4). Kada pusti desnu tipku sustav izračuna najbliži položaj komponente te ju okrene prema dole. Također, komponenti je moguće širiti i sužavati nožice pomoću tipki "M" i "N".



#### Slika 5.4 Grafičko sučelje pri rotaciji odabrane komponente

Većina komponenti se postavlja u jednom kliku lijeve tipke miša, no žica se zbog svoje velike prilagodljivosti i velikom broju mogućnosti postavljanja postavlja kraj po kraj. Pri postavljanju žice odabere se prvo jedna rupa to ona se odabire druga s kojom će se povezati.

#### 5.2. Implementacija sustava

Za izradu sustava bilo je potrebno izraditi modele komponenata, skalirat ih, grupirati i pretvoriti u format datoteke koji sustav podržava. Također, bilo je potrebno učitati modele, prikazati ih, implementirati interakciju među njima te napraviti interaktivno grafičko sučelje. Prethodno ovom radu već su izrađeni potrebni 3D modeli u alatu SketchUp. Za skaliranje, grupiranje i pretvorbu formata datoteka korištena je programska podrška Blender. Za učitavanje, prikaz i implementaciju interakcije modela te izradu interaktivnog sučelja korišten je sustav jMonkeyEngine.

U alatu Blender potreban je bio samo predodređeni raspored prozora. Za skaliranje svih objekata na istu mjeru su se koristili polica manipulacije objektima i polica mjerenih instrumenata iz prozora polica s alatima. Iz police manipulacije

objekata koristio se alat skaliranja, a iz police mjernih instrumenata ravnalo. Za grupiranje dijelova objekata u grupe koristili su se prozor s listom objekata i prozor polica s alatima. Iz prozora police s alatima koristio se prozor manipulacije za spajanje objekata u jedno i interakcije objekata za postavljanje odnosa. Prozor s listom objekata se koristio za odabir objekata koje treba grupirati. Pretvorba formata datoteka je s alatom Blender jednostavna. Potrebno je samo odabrati učitavanje objekta i format koji se učitava te ga alat pretvori i postavi u svoje okruženje. Prilikom spremanja model se sprema u predodređeni format alata Blender koji je prikladan za daljnji rad zbog kompatibilnosti sustava jMonkeyEngine s njime.

Sustav jMonkeyEngine korišten je s njegovim radnim okruženjem. Glavni razred sustava je naslijeđen iz razreda "SimpleApplication" iz sustava jMonkeyEngine. Za podjelu grafičkog sučelja na 2 dijela korištena je biblioteka Nifty. Biblioteka je korištena i za interakciju s izbornikom komponenata. U stanju gledanja kontrole pomicanja gledišta su implementirane unutar sustava jMonkeyEngine odnosno razreda "SimpleApplication". A pri promjeni u stanje postavljanja komponente kontrole su izrađene unutar sustava slaganja pločice. Za širenje i skupljanje nožica komponenata iskorištena je podjela unutar sustava jMonkeyEngine na geometrije i čvorove tako da je cijeli model čvor, a konektori i glava modela su geometrije. Promjenu boje na otpornicima u ovisnosti koji otpor pružaju riješeno je upotrebom primjene tekstura na trake otpornika.

## 6. Zaključak

Virtualna pločica za slaganje elektroničkih sklopova pomaže pri upoznavanju studenata s elektroničkim komponentama. Pomoću izrađene programske podrške studenti se mogu lakše upoznati s fizičkim svojstvima komponenata i osnovnim načelima korištenja komponenata, povezati fizički izgled komponente i njegov simbol. Također, programska podrška pomaže pri učenju efikasnog slaganja sklopova na pločicu.

Sustav je zbog načina interakcije s korisnikom razvijen na principu razvoja računalnih igara. Korištene su programske podrške koje se uobičajeno koriste pri izradi računalnih igara, programska podrška Blender i sustav jMonkeyEngine.

Unapređenje programske podrške omogućit će još veći obrazovni potencijal. Jedno od poboljšanja intuitivnosti korištenja biti će kratko interaktivno objašnjenje rada. Također, poboljšanje obrazovnog potencijala sustava omogućit će informacije i kratki opisi korištenja pojedinih komponenata. Daljnji razvoj sustava podrazumijeva i učitavanje sklopova koje student treba složiti, interakciju sa studentom i pomaganje studentu prilikom slaganja sklopova te simulaciju posljedica povezivanja komponenti. Također, sustav će se poboljšavati u komunikaciji sa studentima koji će ga koristiti.

Sustav je razvijen za studente koji se po prvi put upoznaju s izradom sklopova na pločici za slaganje elektroničkih sklopova. Sustav je potpora za rad sa studentima. U postojećoj fazi njegova uloga je zamišljena kao sustav na kojem će student isprobati složiti sklop kojeg će kasnije složiti uz osobu odgovornu da im pomogne.

27

## Literatura

- [1] Rensselaer Polytechnic Institute: "Breadboard" (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://hibp.ecse.rpi.edu/~connor/education/breadboard.pdf
- [2] Doc. dr. sc. Marko Čupić: Sustav SiCoMa (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) https://ferko.fer.hr/sicomaweb/
- [3] Minikits: Resistor Carbon Film 1W (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://www.minikits.com.au/Carbon-Film-1W
- [4] Wikipedia: Tranzistori (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://hr.wikipedia.org/wiki/Tranzistor
- [5] Clipart Panda: Led Light Bulb Clip Art (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://www.clipartpanda.com/clipart\_images/downloads-44926310
- [6] Elprocus: Know How to Build a Resistor/Capacitor Selection Box (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) https://www.elprocus.com/build-resistor-or-capacitor-selectionbox/
- [7] TMT tech: 6x6x1 Push Button 4Pin (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://www.tmt-tz.com/index.php?route=product/product&product\_id=375
- [8] Instructables "shames": How to use a breadboard (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://www.instructables.com/id/How-to-use-a-breadboard/
- [9] Wikipedia: Fotodioda (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://hr.wikipedia.org/wiki/Fotodioda
- [10] Wikipedia: Električni kondenzator (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://hr.wikipedia.org/wiki/Električni\_kondenzator
- [11] Zajednica alata Blender: Blender 3D: Noob to Pro (zadnje gledano dana: 11.6.2015.) http://en.wikibooks.org/wiki/Blender\_3D:\_Noob\_to\_Pro

## Naslov, sažetak i ključne riječi

Naslov: Modeliranje virtualne pločice za slaganje elektroničkih sklopova u 3D prostoru

#### Sažetak:

Pločica za slaganje elektroničkih sklopova vrlo je efikasan način učenja i razumijevanja osnovnih principa rada modernih računalnih i elektroničkih sustava. Za dublju analizu rada i svojstava komponenata potrebno je upoznati se s fizičkim izgledom komponenata te samostalno složiti sklop. Virtualno okruženje pločice za slaganje elektroničkih sklopova pomoglo bi da je svaki student u mogućnosti samostalno složiti sklop. Virtualno okruženje pločice i samostalno složiti sklop. Virtualno i pomoću alata Blender i jMonkeyEngine.

Ključne riječi: 3D grafika, pločica za slaganje elektroničkih sklopova

Title: Virtual 3D protoboard for electronic circuits

#### Summary:

Protoboard is very efficient way of learning and understanding core principles of modern computer and electrical systems. To analyse component performance it is necessary to be familiar with its physical performance and to build a circuit with it. Virtual interface for 3D electronic circuits will help in enabling all students to build their own circuits. Virtual interface has been built in Blender and jMonkeyEngine.

Key words: 3D graphics, protoboard