

1. ВЈЕЖБА

1.1 POWER DISTRIBUTION NETWORK – PDN

Прије било какве *Power Integrity* – *PI* анализе, неопходно је знати како напајања на штампаним плочицама функционишу. Овој области је потребно посветити посебну пажњу приликом пројектовања штампаних плочица. *Power Distribution Network* односно скраћено *PDN* чине сви међусобно повезани елементи од напонског регулатора до прикључака чипа. Ово укључује напонски регулатор, раздвојне кондензаторе, проводне рупе на штампаним плочицама (енг. *via*), водове, бакарне полигоне на штампаној плочи, остале кондензаторе на плочи, контакте за лемљење између чипа и плоче као и водове у самом чипу. У општем случају, за сваки напонски ниво постоји један вод који може бити физички велики и простирати се преко цијеле штампане плоче и на њега може бити повезан велики број компонената односно потрошача.

Прва ствар о којој треба водити рачуна приликом пројектовања *PDN* јесте да се обезбједи константан напон на прикључцима чипа. Напон треба бити стабилисан а граница таласности напона односно толеранција треба бити што мања, типично око 5 % [1].

У већини случајева, водови који се користе за повратну струју напајања, користе се и за повратну струју сигналних линија. Због тога ови водови морају имати ниску импедансу за повратне путање сигнала. Најједноставнији начин да се то постигне је прављењем широких водова, тако да се густина повратне струје смањи колико год је то могуће. Потребно је обезбједити и да се повратна струја напајања и повратна струја сигнала не преклапају. Уколико ови услови нису испуњени, може доћи до појаве шума на линији масе [1].

С обзиром да је *PDN* обично највећа структура на штампаној плочи, струје које кроз њу теку су највеће а понекад носи и високофреквентни шум, постоји опасност од потенцијалних проблема који се могу појавити приликом *EMC* (енг. *Electromagnetic compatibility*) тестова [1].

Последица пројектовања лошег *PDN* јесте појава прекомјерног шума на прикључцима чипа. Овај шум може довести до неправилног рада чипа или потпуног престанка рада чипа [1].

1.2 СИМУЛАЦИЈА ПАДА НАПОНА У ВОДОВИМА НАПАЈАЊА

Приликом пројектовања штампаних плоча, једна од најважнијих карактеристика коју треба провјерити је пад напона у водовима напајања. Под овим термином се подразумјева разлика напона између извора и потрошача. Пад напона треба бити што мањи како не би дошло до проблема у раду потрошача.

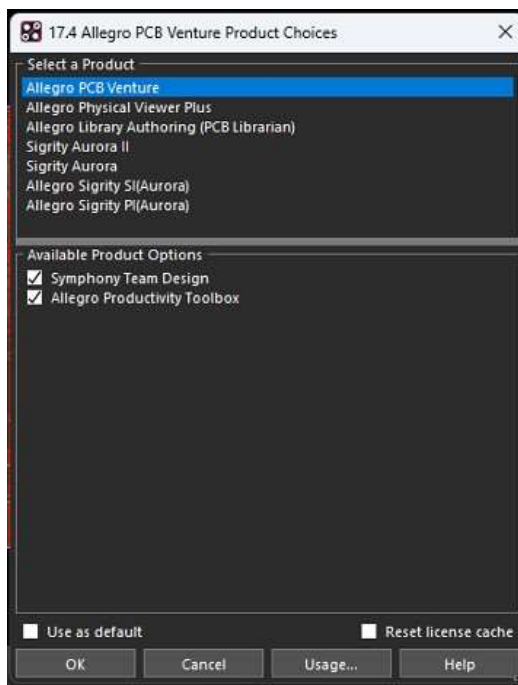
Симулација пада напона у водовима напајања може се извршити коришћењем софтверског алата *PowerDC* који је дио *Cadence Sigrity* пакета алата.

Први корак је провјерити да ли је тип податка штампане плоче у одговарајућем формату. Уколико се за дизајн штампане плоче користи софтверски алат *Altium Designer*, потребно је конвертовати га тако да се може уређивати у *Cadence*-овом софтверском алату *Allegro PCB Designer*. То је могуће урадити помоћу опције *Altium to Allegro PCB Editor Translator* која је доступна у *Allegro PCB Designer* софтверском алату. Приликом чувања фајлова у *Altium*-у, потребно је сачувати их у *ASCII* формату, као што је приказано на слици 1.



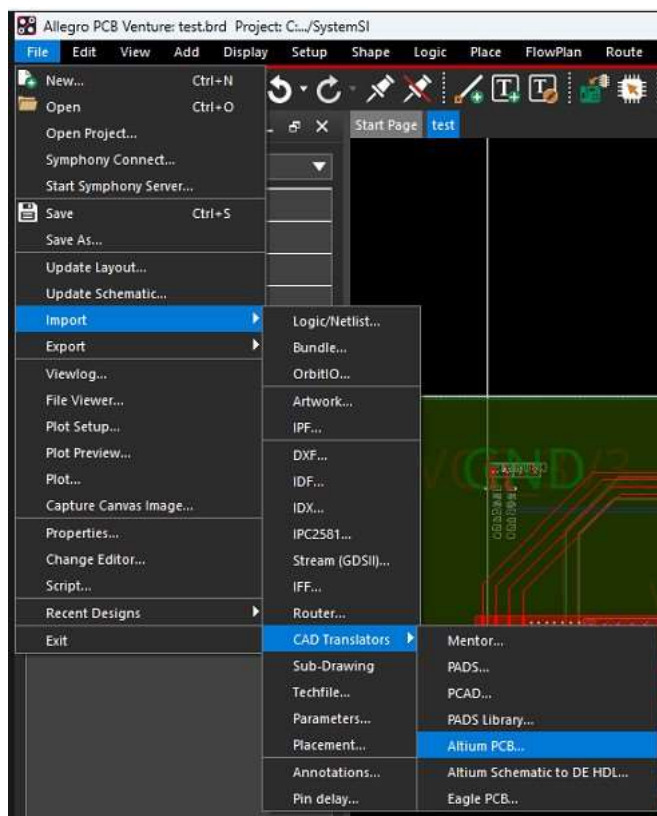
Слика 1. Чување фајлова у *Altium Designer* алату

Наредни корак је отварање *Allegro PCB Designer* алата из старт менија. Кликом на алат, отвара се прозор који је приказан на слици 2. Потребно је одабрати опцију *Allegro PCB Venture* и маркирати обе опције (*Symphony Team Design* и *Allegro Productivity Toolbox*). Притиском на ОК отвара се алат.



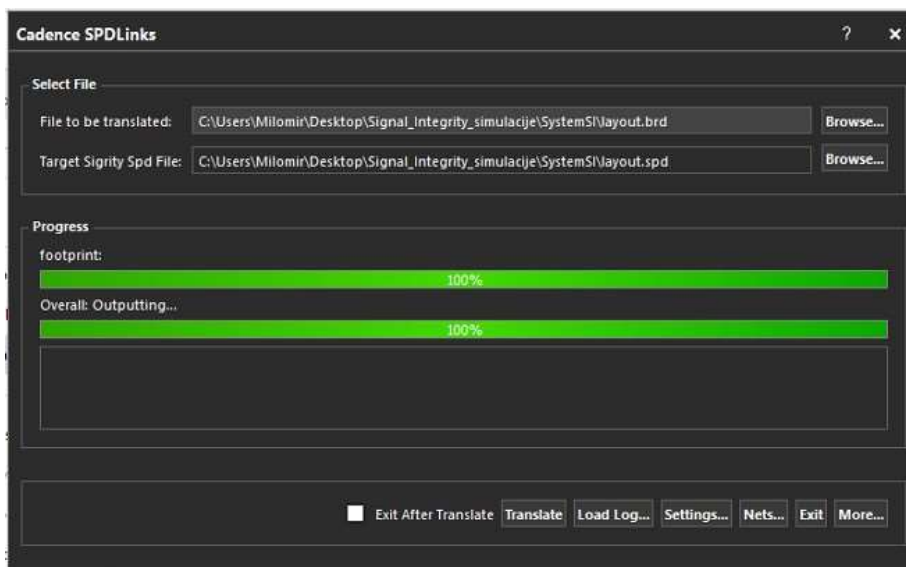
Слика 2. Покретање *Allegro* алата

Конверзија *Altium* фајлова врши се избором опције *File -> Import -> CAD Translators -> Altium PCB...* као на слици 3.



Слика 3. Конверзија *Altium* фајлова

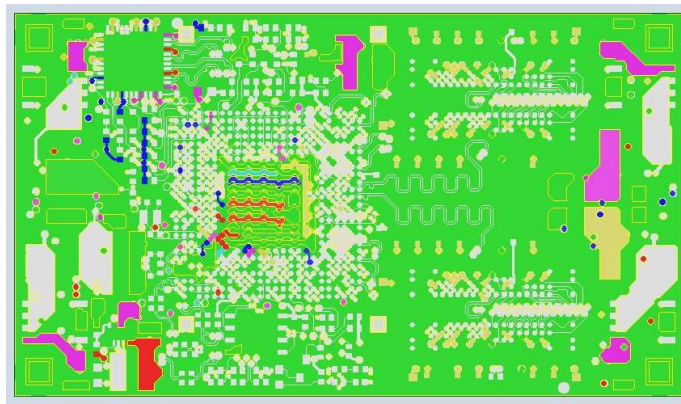
Након успјешно извршене конверзије потребно је сачувати нови фајл у *.brd* формату. Фајл је након тога доступан и за уређивање у *Allegro* алату. Формат који је потребан за *PowerDC* је *.spd*. Конверзија у *.spd* фајл се може извршити коришћењем програма *SPDLinks* као што је приказано на слици 4.



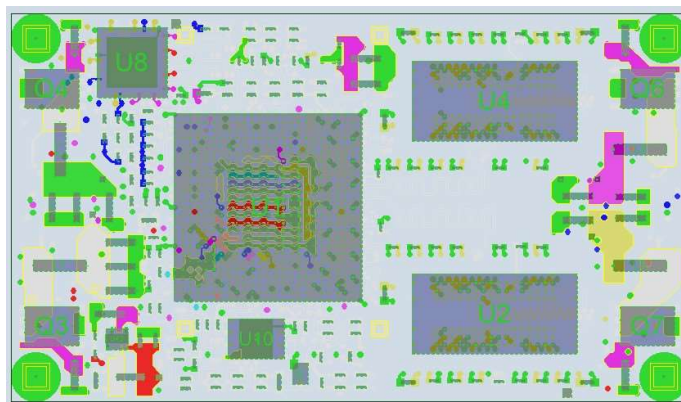
Слика 4. *SPDLinks*

Након овог корака, може се приступити симулацији пада напона у водовима напајања.

Изглед штампане плоче у *PowerDC* алату приказана је на слици 5. У прозору *Layer Selection* могуће је одабрати да ли се виде сви слојеви плоче или само један. На слици 6. приказан је изглед плоче кад је видљив само горњи слој али и компоненте на њему.



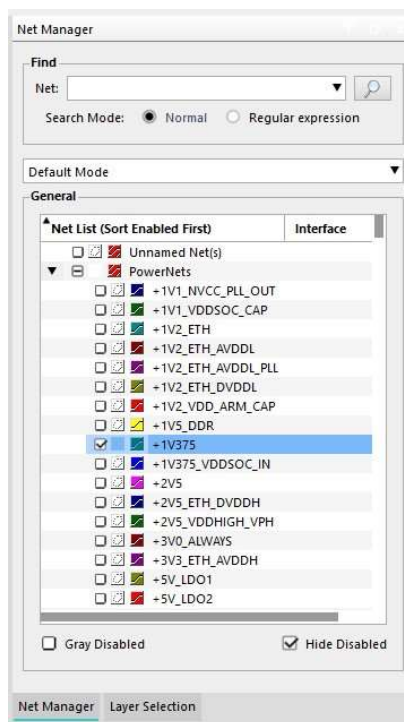
Слика 5. Изглед штампане плоче у *PowerDC* алату



Слика 6. Изглед штампане плоче у *PowerDC* алату, горњи слој

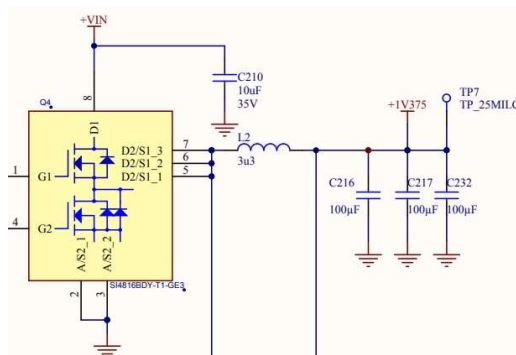
На датој штампаној плочици, највећи потрошач је процесор, па је потребно симулирати пад напона на једној од његових линија напајања. За потребе овог процесора, потребни су напонски нивои од 3.3 V, 3 V, 2.5 V, 1.5 V, 1.375 V, 1.2 V и 1.1 V. У овој вјежви је потребно одрадiti симулацију за напон од 1.375 V јер је тај напон релативно низак а струја највећа. Струја која је потребна чипу на овом напонском нивоу у најгорем случају износи 6.1 A (податак из техничке документације *iMX6* чипа).

На слици 7. је приказан изглед прозора *Net Manager* у којем се бирају сигнали и линије напајања који ће бити видљиви. Како је потребно симулирати напон од 1.375 V, ознака за тај напон је +1.375V, па је потребно само ту линију напајања означити као видљиву.



Слика 7. PowerDC, Net Manager

Наредни корак је подешавање модела напонског извора и потрошача. На слици 8. приказан је дио електричне шеме iMX6 Rex модула на којем се налази напајање за 1.375 V. Као што се може видјети на слици, као извор напајања се може моделовати један од три излазна кондензатора (C216, C217 или C232). Овде је потребно обратити пажњу да се изабрана компонента, у овом случају је то кондензатор, физички налази близу напонског регулатора. У овом случају, кондензатор C216 треба изабрати за моделовање напонског извора.

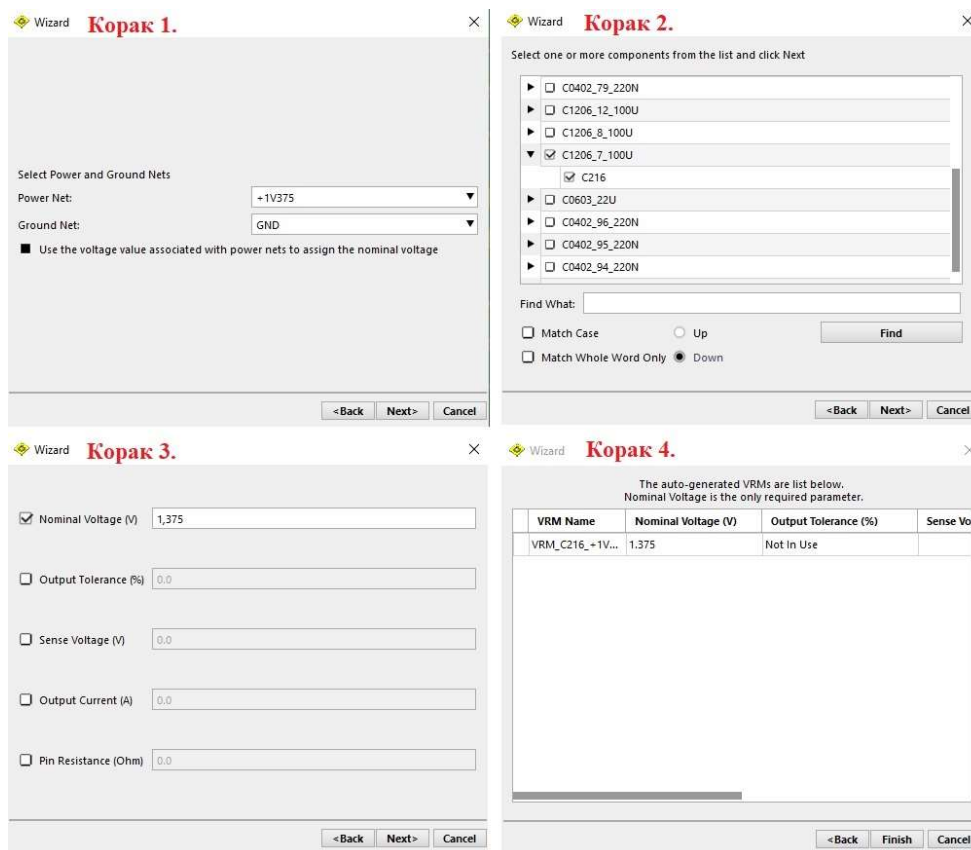


Слика 8. Дио електричне шеме iMX6 Rex модула

Подешавање модела напонског регулатора, врши се у подменију *Voltage Drop Analysis Setup* избором опције *Set up VRMs*. На слици 9. су приказани кораци које је потребно одрадити да би се извршило подешавање модела напонског генератора.

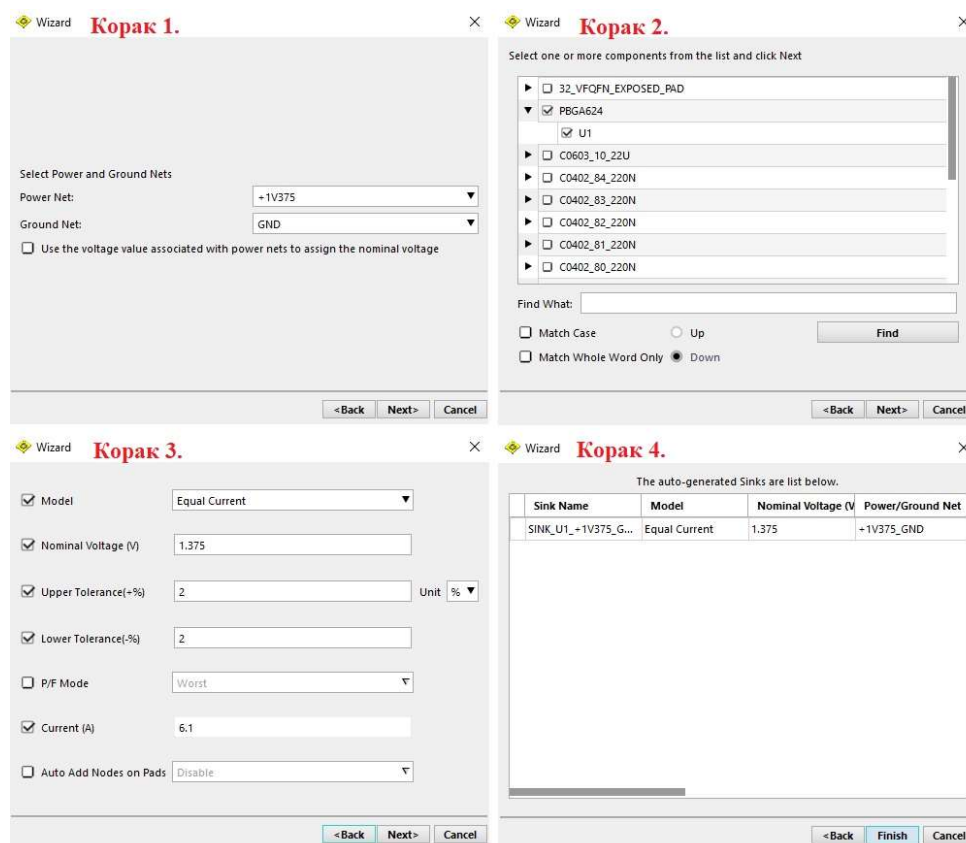
Као што је раније већ наведено, симулира се напонски ниво од 1.375 V па је то и одабрано у првом кораку. У другом кораку се бира компонента која ће да представља модел напонског генератора, а као што је већ раније поменуто, кондензатор C216 ће бити искоришћен у ову сврху. У трећем кораку се одређује номинални напон генератора. Опционо се могу додати још неки параметри, али то у овом случају није одрађено. У четвртном кораку се могу још једном

провјерити сви изабрани параметри и кликом на тастер *Finish* завршава се подешавање модела напонског генератора.



Слика 9. Подешавање модела напонског генератора

Наредни корак је подешавање потрошача, што је у овом случају процесор. Врши се у подменију *Voltage Drop Analysis Setup* избором опције *Set up Sinks*. Слика 10. приказује кораке које је потребно одрадити да би се извршило подешавање модела потрошача.



Слика 10. Подешавање модела потрошача

У првом кораку је одабран напонски ниво од 1.375 V. Након тога се бира компонента која ће представљати потрошач. У овом случају је то само процесор, који је заправо и једини потрошач повезан на напон од 1.375 V, све остале компоненте које су повезане на тај напон су кондензатори и они у једносмјерном (DC) режиму рада нису потрошачи. Трећи корак је и најважнији, јер он одређује главне параметре односно особине потрошача. Потрошач ће бити моделован као струјни извор чија је струја 6.1 A, а потребан напон треба бити 1.375 V толеранције $\pm 2\%$. У четвртном кораку се могу још једном провјерити сви изабрани параметри и кликом на тастер *Finish* завршава се подешавање модела потрошача.

Након наведених корака, дизајн је спреман за покретање симулације. Симулација се покреће избором опције *Start Simulation* у подменију *Simulation*.

Резултате симулације је могуће прегледати у више формата. Могуће је провјерити вриједност напона на потрошачима, генерисати извјештај или приказати вриједност напона у графичком облику, у двије или три димензије.

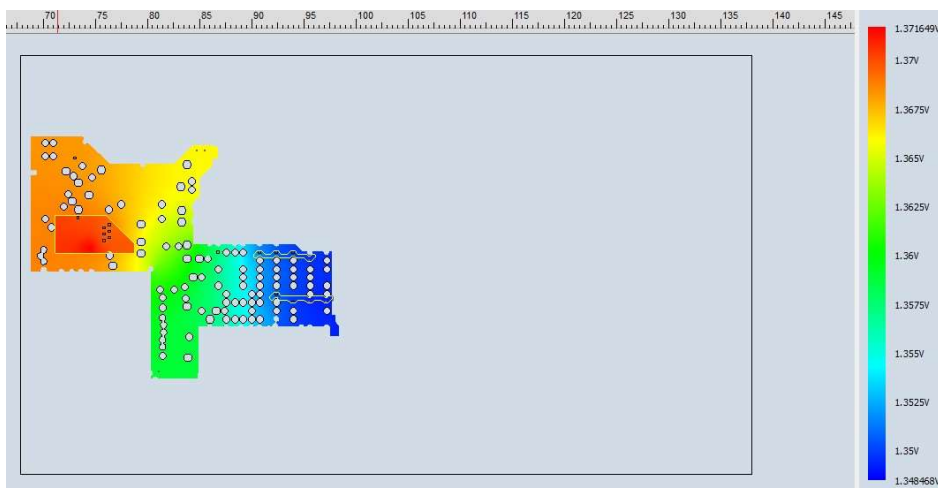
Вриједност напона на потрошачу добијена као резултат симулације приказана је на слици 11.

Results and Report -> Sink Voltage										
VRM Voltage	Sink Voltage	Discrete Current	Other Component Voltage	Power Loss	Probes Measurements	Global Via Current	Global Via Current Density	Specific Via Current	Global Plane Current Density	Specific Plane Current Density
Tolerance Unit	%									
Sink Name	Model	Nominal Current (A)	Nominal Voltage (V)	Upper Tolerance(+%)	Lower Tolerance(-%)	Actual Voltage (V)	Margin(%)	Positive Pin Average Voltage (V)	Negative Pin Average Voltage (V)	
SINK_U1_+1V37...	Equal Current	6.1	1.375	Not In Use	2	1.34832	0.0598664	1.34929	3.44642e-5	

Слика 11. Резултат симулације, вриједност напона на потрошачу

Као што се може видјети са слике, вриједност напона на потрошачу је 1.348 V, што значи да је напајање добро испројектовано. У пољу за маргине, може се видјети колико је одступање у процентима. Уколико је одступање мање од унапријед дефинисане маргине толеранције, поље ће бити зелено, у супротном поље је црвене боје.

Приказ резултата симулације у графичком облику, може се видјети на слици 12.



Слика 12. Приказ резултата симулације у графичком облику

С обзиром да је напајање на овој штампаној плочи добро испројектовано, можемо видјети да је пад напона свега пар mV, што је одличан резултат. На десној страни слике се налазе означене вриједности напона које одговарају бојама на штампаној плочи на лијевој страни слике.

Осим пада напона, могуће је видјети и густину струје, јачину струје, густину снаге и дисипацију избором опције у прозору *Distribution*.

Аналогно приказаној анализи за напон од 1.375 V се могу симулирати и сви остали напонски нивои. Прије симулација је потребно извршити процјену који напонски нивои су критични у погледу потрошње и одрадити симулацију само за те напонске нивое. Нивое чија је потрошња занемарљива није неопходно симулирати.