

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií

Príručka k programu LogiSIM

Z originálnych zdrojov upravil a preložil Ing. Ján Hudec

<http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/docs.html>

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Návod s jednoduchým príkladom.....	3
2.1	Pridávanie logických členov	3
2.2	Vytváranie spojení.....	4
2.3	Pridávanie textu a testovanie obvodu	6
3	Panel komponentov.....	8
4	Panel atribútov	10
5	Vlastné sub-obvody	12
5.1	Vytváranie sub-obvodov	12
5.2	Používanie sub-obvodov	13
5.3	Knižnice Logisim	14
6	Kombinačná analýza	15
6.1	Otvorenie Kombinačnej analýzy.....	15
6.2	Editovanie pravdivostnej tabuľky.....	16
6.3	Editovanie boolovského výrazu.....	17
6.4	Generovanie logického obvodu	18
7	Zhodnotenie	20
8	Zoznam použitých zdrojov	20

1 Úvod

Logisim umožňuje návrh a simuláciu logických obvodov. Je to učebný nástroj zameraný na uľahčenie výučby a pochopenia ako logické obvody fungujú.

Logisim je open-source program vytvorený profesorom Carlom Burchom, šírený pod licenciou GNU GPL a je možné si ho zadarmo stiahnuť a používať. Stránka projektu aj s dokumentáciou v angličtine je na adrese <http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/> a Logisim sa dá stiahnuť zo stránky <http://sourceforge.net/projects/circuit/>. V čase vytvorenia tejto príručky je aktuálna verzia programu Logisim 2.7.1 (máj 2011).

Logisim vyžaduje operačný systém s nainštalovaným prostredím Java minimálne vo verzii 5 a existuje v troch alternatívach:

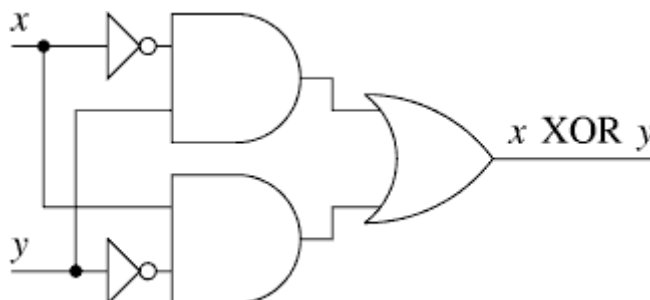
- **.jar** – funguje na všetkých systémoch, ale nie až tak svižne a pohodlne ako špecifické verzie určené pre daný operačný systém. Preto je odporúčané používať .exe verziu pre počítače s operačným systémom Windows a .tar.gz pre MacOS alebo Linux.
- **.tar.gz** – komprimovaná verzia určená pre MacOS a Linux
- **.exe** – nekomprimovaná verzia určená pre Windows

Na obrázku 1 môžeme vidieť používateľské rozhranie programu Logisim. Toto rozhranie možno rozdeliť na niekoľko hlavných oblastí:

- menu a panel nástrojov
- panel komponentov
- panel atribútov
- pracovný priestor – plátno

2 Návod s jednoduchým príkladom

Pre zorientovanie sa v prostredí Logisim je vhodné vytvoriť logický obvod zadaný funkciou $X \text{ XOR } Y$ pomocou logických členov *AND* a *OR*. Schéma tohoto obvodu je na obrázku 2. Aby sme si overili správnosť tohoto návrhu, zostrojíme a odsimulujeme tento obvod v programe Logisim.

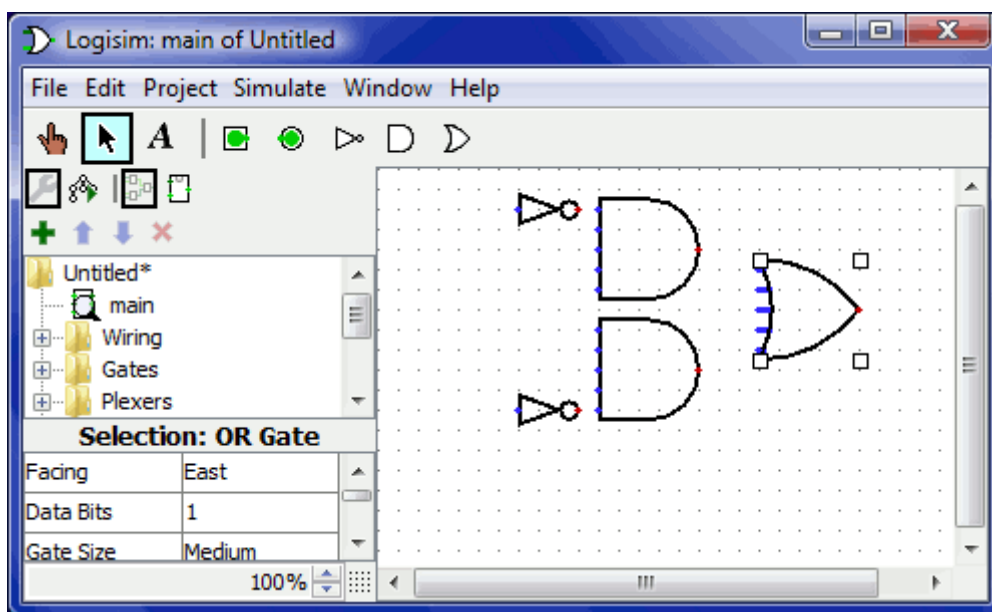


Obrázok 2. Schéma obvodu XOR

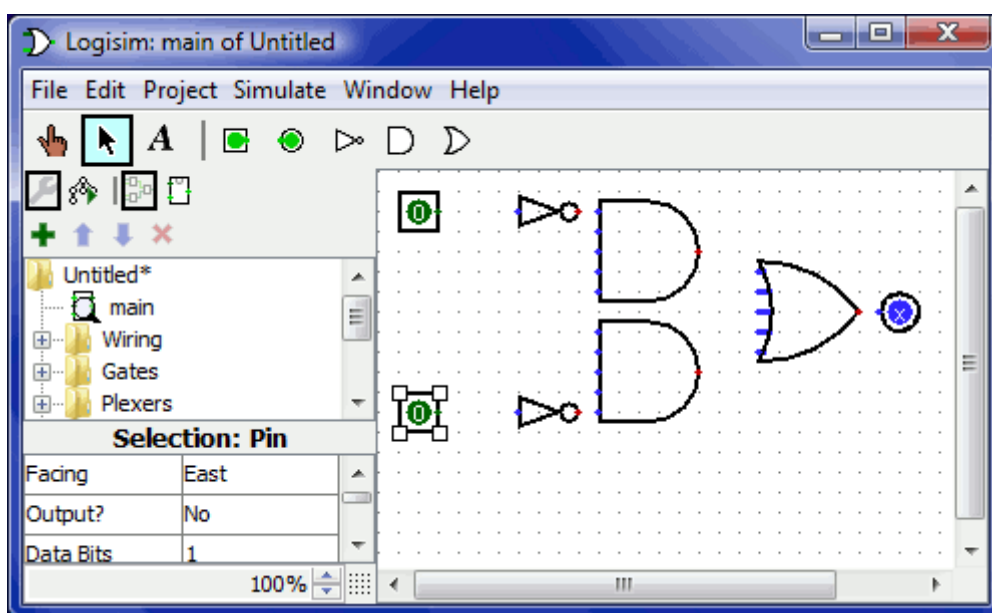
2.1 Pridávanie logických členov

Odporúčaný postup pri tvorbe logického obvodu v programe je najskôr rozmiestniť jednotlivé logické členy ako možno vidieť na obrázku 3 a potom pridať vstupy a výstupy – obrázok 4.

Pridávanie logických členov je možné dvoma spôsobmi a to buď priamo z panelu nástrojov, čo umožňuje rýchly prístup avšak obsahuje iba základné súčiastky – vstupný a výstupný pin, NOT, AND a OR. Druhou možnosťou je použiť panel komponentov v zložke GATES, kde môžeme nájsť aj iné logické členy a v ostatných zložkách panelu komponentov súčiastky potrebné pre zložitejšie obvody. V oboch prípadoch kliknutím určíme aký komponent chceme použiť a potom kliknutím na plátno umiestnime, komponenty sa dajú jednoducho premiestňovať pomocou drag&drop so zachovaním už vytvorených spojení medzi komponentami.



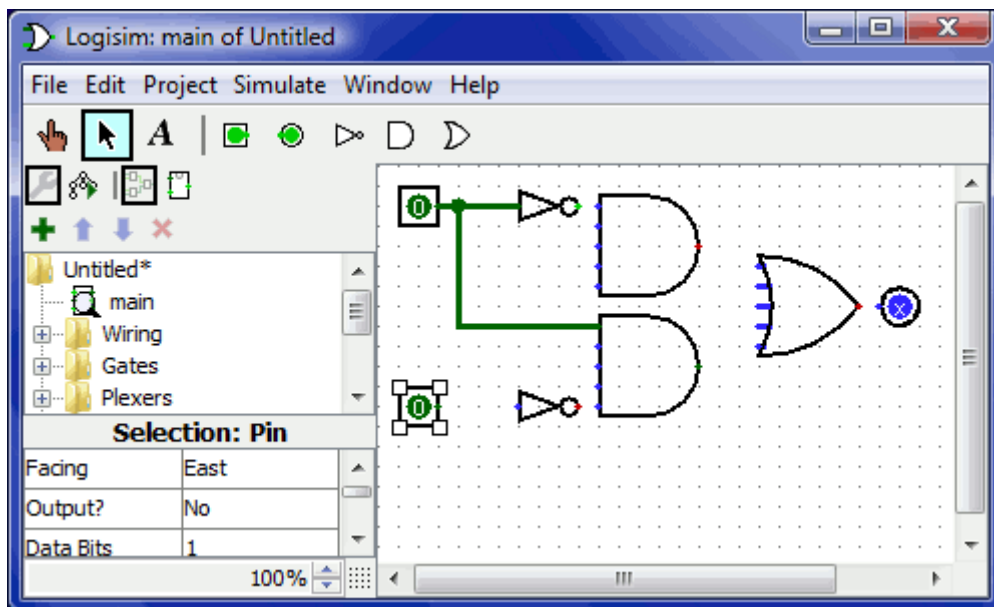
Obrázok 3. Umiestnenie komponentov



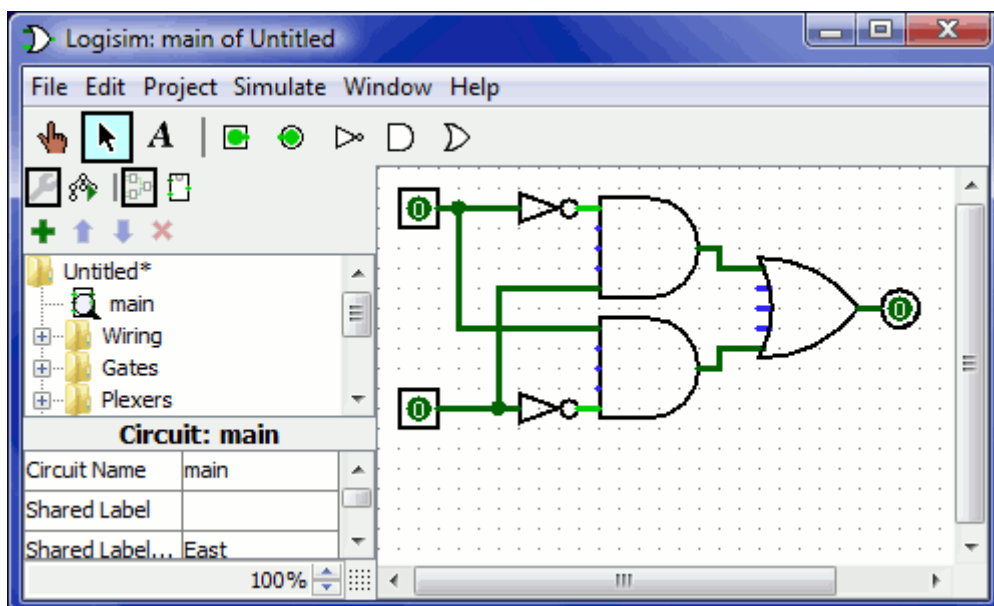
Obrázok 4. Umiestnenie vstupov a výstupu

2.2 Vytváranie spojení

Po rozmiestnení komponentov je ich potrebné spojiť, na to sa používa Select the Edit Tool (☞). Keď je kurzor nad vstupom alebo výstupom komponentu, prípadne už vytvorenom spojení na plátne, zvýrazní sa možnosť vytvoriť spojenie kliknutím, držaním tlačidla a posunom kurzoru na miesto, ktoré chceme spojiť. Čiastočné prepojenie komponentov možno vidieť na obrázku 5 a už dokončený obvod na obrázku 6.



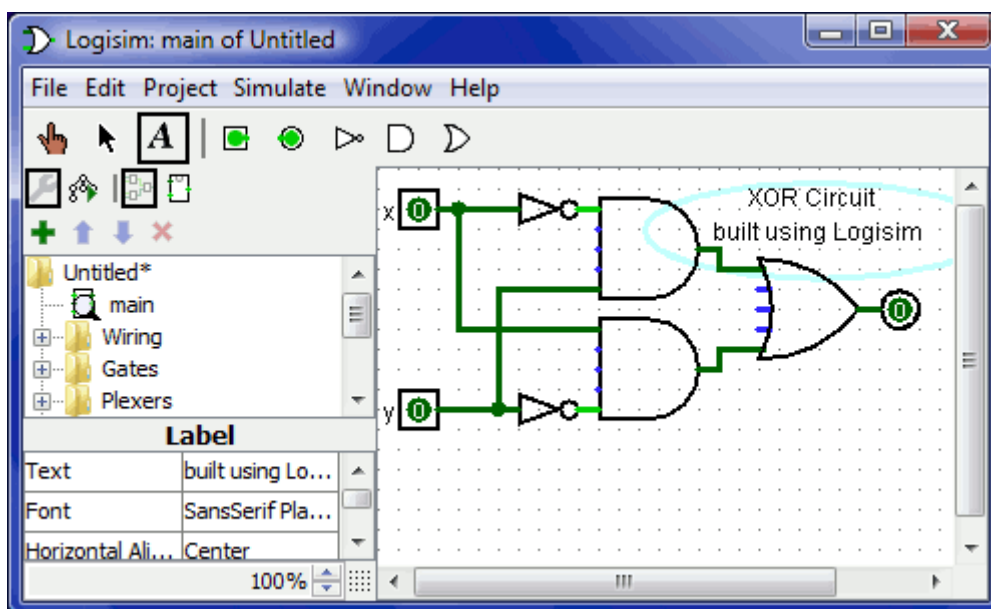
Obrázok 5. Čiastočné spojenie komponentov vodičmi




Obrázok 6. Dokončený logický obvod

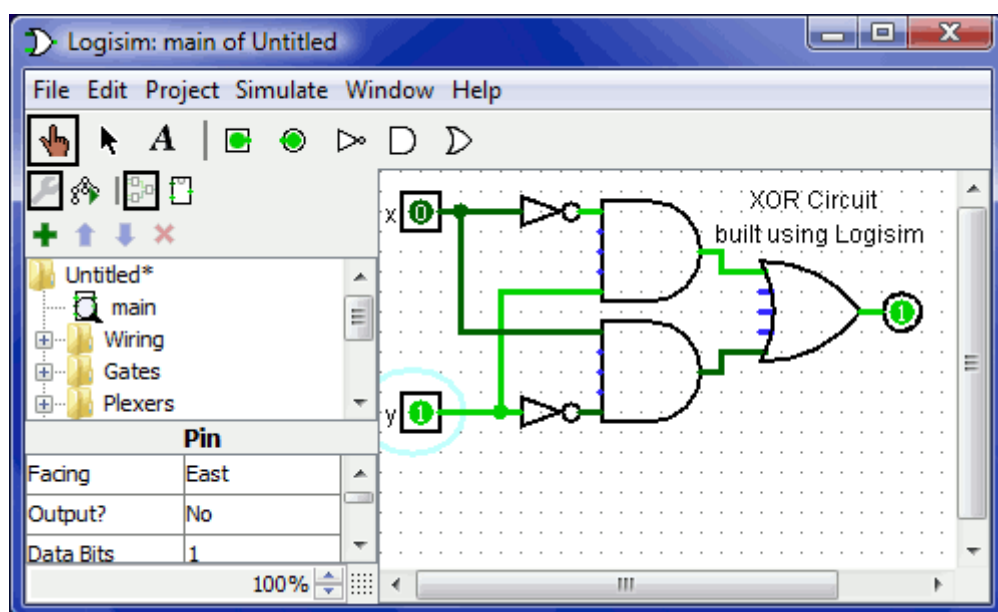
2.3 Pridávanie textu a testovanie obvodu

Pridanie textu do obvodu neovplyvňuje jeho funkčnosť, ale pri rozsiahlejších obvodoch alebo prezentácii práce napríklad učiteľovi je vhodné použiť značenie. Na účel sa používa Text Tool (**A**), po jeho označení klikneme v plátne na miesto kde chceme niečo napísať. Pre označenie vstupov, výstupov a komponentov je vhodné kliknúť priamo na ne, tým sa popis priradí komponentu a ak ho presunieme, presunie sa aj jeho popis. Na obrázku 7 je dokončený obvod s popismi vstupov a pridaným popisom funkčnosti celého obvodu.



Obrázok 7. Obvod s popismi

Na samotné testovanie sa používa simulácia, kde pomocou Poke Tool () meníme jednotlivé vstupy kontrolujeme správnosť výstupu z navrhnutého obvodu. Dôležitá pri návrhu ale hlavne počas simulácie je farba vodičov, modrá označuje neznámu hodnotu, sivá vodič bez pripojenia na komponent, oranžová nekompatibilné spojenie, tmavozelená je logická 0 a svetlozelená je logická 1.

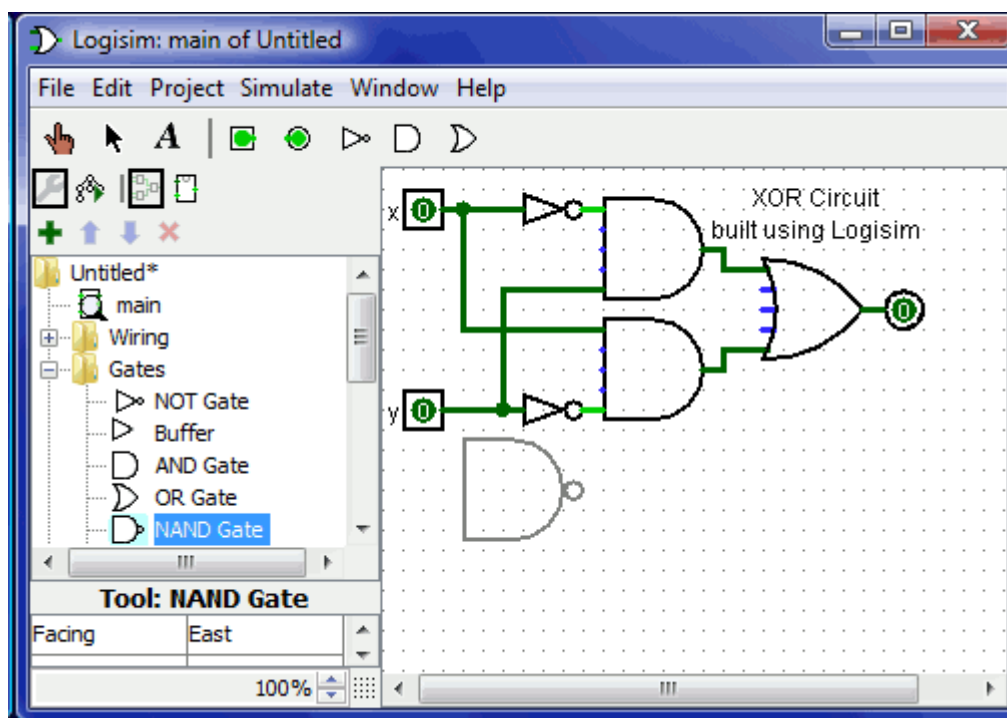


Obrázok 8. Testovanie obvodu

3 Panel komponentov

Logisim organizuje komponenty do knižníc, ktoré sú zobrazované v paneli komponentov ako adresáre. Pre prístup ku komponentom knižnice stačí jednoduchý dvojklik na danú knižnicu a pre výber komponentu z nej jednoduchý klik na potrebný komponent. Potom je možné umiestniť vybraný komponent na plátno.

Na obrázku 9 môžeme vidieť, že bol z knižnice Gates vybraný logický člen NAND a je možné ho umiestniť na plátno.



Obrázok 9. Výber súčiastky z panelu komponentov

V novovytvorenom projekte sú automaticky zahrnuté následné knižnice:

- **Wiring** – komponenty, ktoré umožňujú priamu interakciu s vodičmi, sem patria vstupy a výstupy obvodu, generátor hodinového signálu a podobne
- **Gates** – logické členy
- **Plexers** – obsahuje zložitejšie kombinačné obvody ako napríklad multiplexory a dekodery

- **Arithmetic** – komponenty na vykonávanie matematických operácií – sčítačka, násobička, komparátor
- **Memory** – komponenty na ukladanie údajov, napríklad preklápacie obvody typu D/T/J-K/S-R, registre
- **Input/Output** – vstupno výstupné zariadenia na interakciu s používateľom ako tlačidlo, klávesnica, LED dióda, 7-segmentový displej
- **Base** – základné nástroje na prácu s programom Poke, Edit/Select, Text Tool

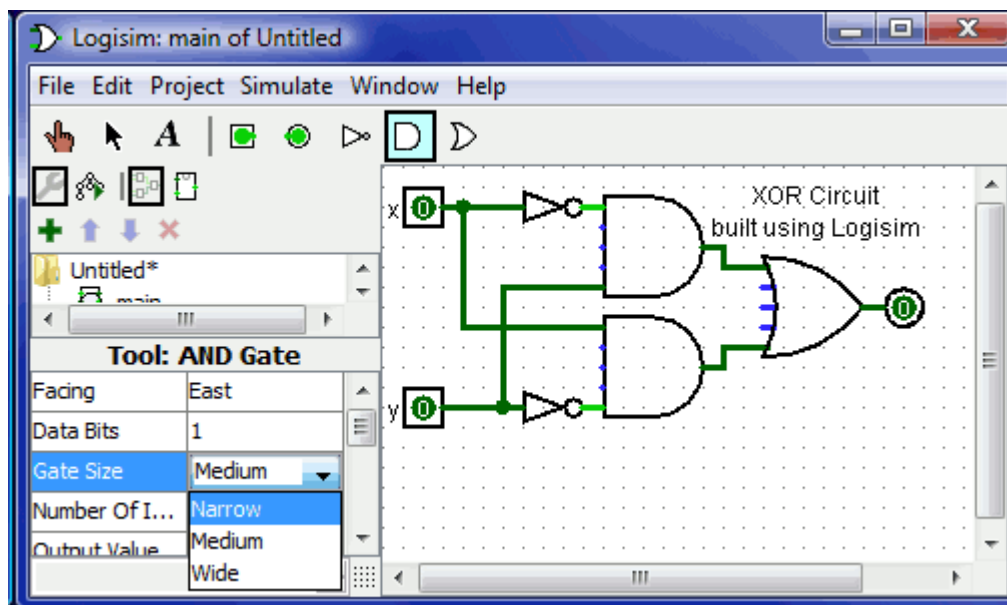
Okrem týchto knižníc je možné pridávať ďalšie pomocou menu Project -> Load Library. Tieto knižnice môžu byť iné uložené projekty vytvorené v programe Logisim alebo osobitné knižnice vytvorené v jazyku Java.

Na odstránenie už nepotrebných knižníc slúži submenu Unload Library v menu Project, Logisim však nedovolí odstrániť knižnice s komponentami, ktoré sú použité v projekte.

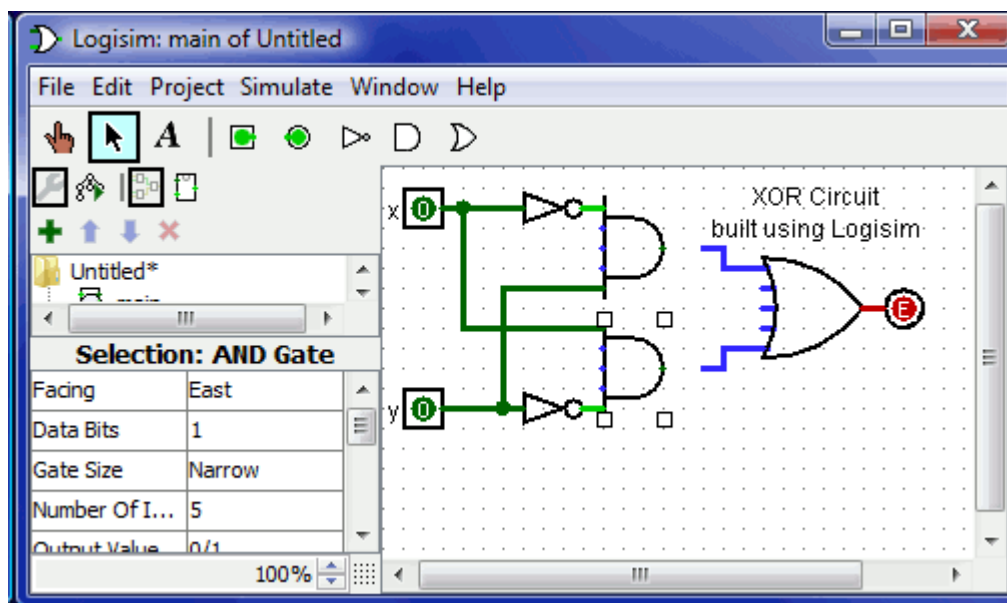
4 Panel atribútov

Mnohé komponenty majú atribúty, ako sú napr. vlastnosti určujúce správanie sa a vzhľad komponentu a dajú sa upraviť podľa potreby. Tieto atribúty sa dajú pozrieť a prípadne aj zmeniť v paneli atribútov.

Na výber komponentu, o ktorého parametre máme záujem môžeme použiť Edit Tool a vybrať komponent, alebo na neho kliknúť pravým tlačidlom a vybrať z pop-up menu Show Attributes. Atribúty komponentu sa zobrazia aj pri manipulácii s ním pomocou Poke Tool alebo Text Tool.



Obrázok 10. Zmena atribútu veľkosti zobrazovania komponentov



Obrázok 11. Zmena atribútu veľkosti zobrazovania komponentov - výsledok

Na zmenu hodnoty niektorého z parametrov stačí kliknúť na hodnotu a napísať alebo vybrať z menu požadovanú hodnotu. Pomocou Edit Tool sa dá vybrať niekoľko komponentov naraz a v paneli atribútov sa zobrazia hodnoty iba pre tie parametre, ktorých hodnota je rovnaká. Zmenou hodnoty sa potom zmení hodnota atribútu pre všetky označené komponenty.

Okrem parametrov ovplyvňujúcich správanie sa komponentu akými sú napríklad počet vstupov a výstupov možno meniť aj veľkosť a orientáciu komponentu na plátne. Zmenu parametra veľkosti dvoch označených logických členov a jej dôsledok môžeme vidieť na obrázkoch 10 a 11.

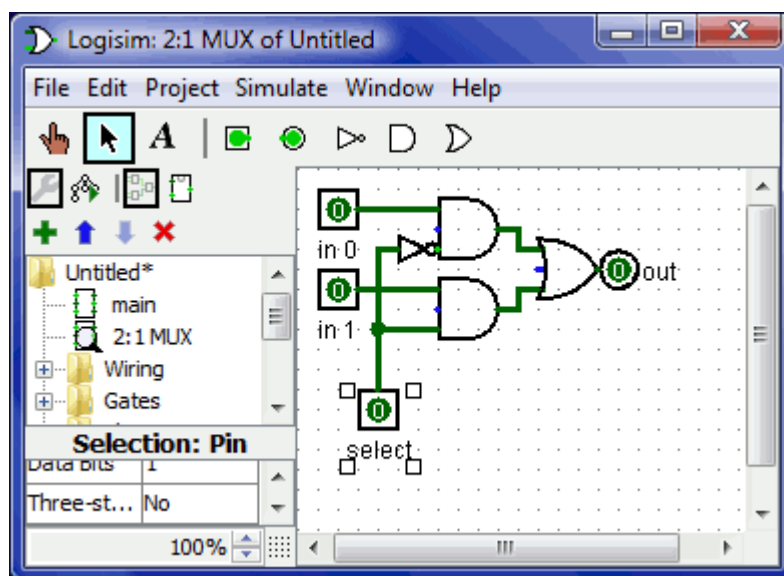
5 Vlastné sub-obvody

Postupom času sa spolu so zvyšujúcimi schopnosťami bude zvyšovať aj komplexnosť obvodov. Preto bude vhodné vytvoriť a uložiť si niekoľko jednoduchých obvodov, ktoré budú použité ako moduly pre väčšie a komplikovanejšie obvody. Takéto moduly sa nazývajú sub-obvody a umožňujú rozloženie komplexného problému na jednoduchšie časti. Tento spôsob sa podobá na použitie procedúr v programovaní na vykonávanie často opakovaných funkcií namiesto opakovania celého kódu.

5.1 Vytváranie sub-obvodov

Každý Logisim projekt je vlastne knižnica obvodov. V najjednoduchšej forme obsahuje iba jeden obvod "main", ale je jednoduché pridať ďalšie pomocou menu Project -> Add Circuit. Napríklad chceme vytvoriť multiplexor z 2 na 1, pridáme obvod a nazveme ho 2:1 MUX. Dvojitým klikom v paneli komponentov vyberieme obvod 2:1 MUX a vytvoríme jeho štruktúru na plátne.

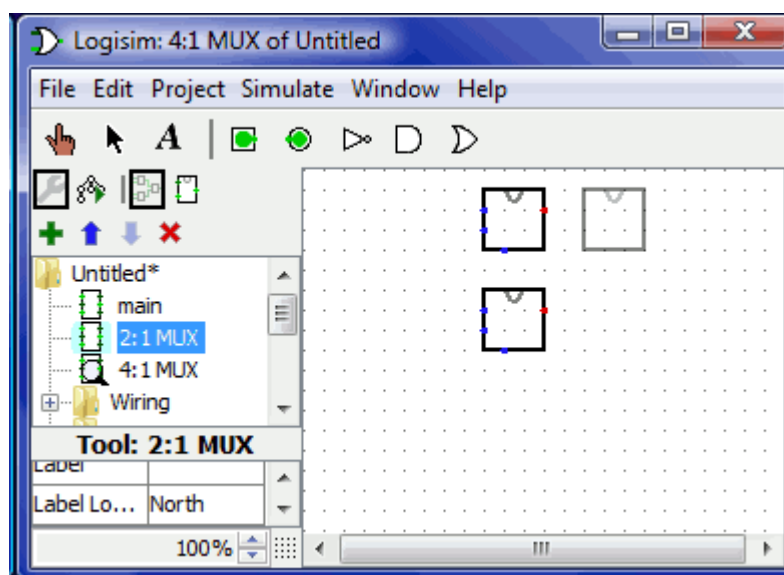
Na obrázku 12 môžeme vidieť nový obvod v paneli komponentov a štruktúru tohoto obvodu na plátne. Ktorý obvod je zobrazený na plátne, Logisim zvýrazňuje pomocou pridania lupy do ikony obvodu.



Obrázok 12. Štruktúra obvodu MUX2:1

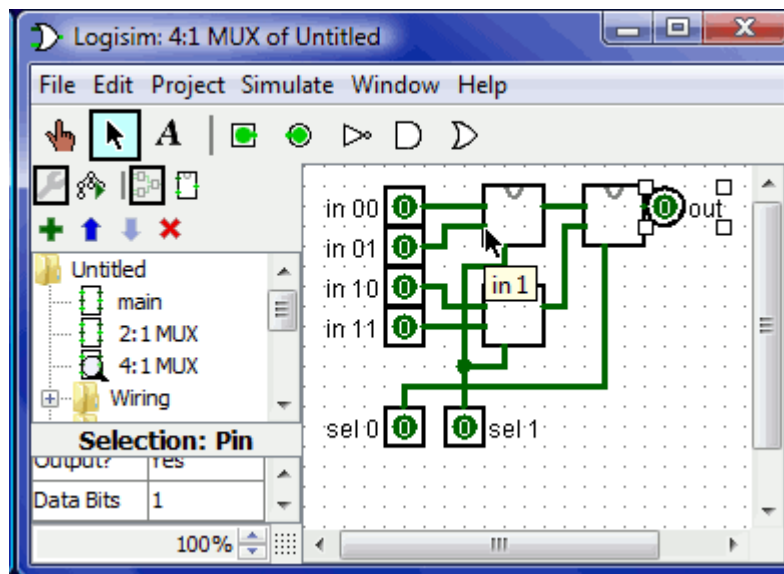
5.2 Používanie sub-obvodov

Predpokladajme, že chceme vytvoriť multiplexor z 4 na 1 s použitím troch multiplexorov z 2 na 1. Najskôr je nutné vytvoriť nový obvod, ktorý nazveme 4:1 MUX a dvojklikom ho vyberieme. Aby sme do neho mohli vložiť obvod 2:1 MUX, označíme MUX2:1 jednoduchým klikom v paneli komponentov a môžeme ho vložiť na plátno, kde je reprezentovaný obdĺžnikom ako sub-obvod. Vstupné a výstupné piny na sub-obvode sú rozmiestnené tak ako boli v pôvodnom obvode. Použitím troch sub-obvodov MUX2:1 a ich vhodným vzájomným prepojením tak dosiahneme funkčnosť MUX4:1.



Obrázok 13. Použitie obvodu MUX2:1 ako sub-obvodu v MUX4:1

Vkladanie obvodov MUX2:1 ako sub-obvodov do MUX4:1 je na obrázku 13 a finálny funkčný obvod MUX4:1 potom na obrázku 14. Ak majú vstupné a výstupné piny sub-obvodu priradený popis, tento sa zobrazuje ako pomôcka keď na ne ukazuje kurzor, ako vidieť na obrázku 14. Niektoré pôvodné obvody, hlavne s viacerými vstupmi a výstupmi majú tento popis ako pomôcku tiež.



Obrázok 14. Štruktúra obvodu MUX4:1

Niektoré obvody potrebujú piny s funkcionalitou vstupu aj výstupu podľa situácie, táto funkcionalita sa však v Logisime simulovať nedá. V Logisime je možné vkladanie obvodov do seba bez obmedzenia, ale pri 100 a viac úrovniach môžu vzniknúť problémy pri simulácii. Tiež sa nedá použiť v definícii štruktúry obvodu tento obvod ako sub-obvod – dá sa umiestniť na plátno, ale je zobrazené varovanie.

Logisim umožňuje editovať obvod už použitý ako sub-obvod v inom obvode a toto riešenie je často používané. V takom prípade je potrebné však sledovať zmeny vstupných a výstupných pinov – ich pridávanie, odoberanie alebo presúvanie sa prejaví aj na sub-obvode. Preto po každej zmene vstupných a výstupných pinov sub-obvodu bude nutné skontrolovať a zmeniť aj obvod, ktorý ho používa.

5.3 Knižnice Logisim

Každý Logisim projekt je automaticky aj knižnicou, ktorá sa dá vložiť do iných Logisim projektov. Stačí uložiť projekt menu File -> Save a potom pri načítaní knižnice v inom projekte menu Project -> Load Library si vybrať tento súbor.

6 Kombinačná analýza

Všetky logické obvody patria do jednej z dvoch kategórií:

- **Kombinačné obvody** – všetky výstupy obvodu sú striktne kombináciou aktuálnych vstupov obvodu
- **Sekvenčné obvody** – niektoré výstupy obvodu môžu závisieť od predchádzajúcich vstupov alebo sekvencie vstupov v čase

Kategória kombinačných obvodov je jednoduchšia z tejto dvojice a existujú tri hlavné spôsoby reprezentácie kombinačných obvodov:

- **Logický obvod**
- **Boolovský výraz** – algebraická reprezentácia fungovania obvodu
- **Pravdivostná tabuľka** – zoznam všetkých možných kombinácií vstupov obvodu a korešpondujúce výstupy

Modul kombinačnej analýzy v programe Logisim umožňuje konvertovať medzi týmito reprezentáciami vo všetkých smeroch. To je užitočné hlavne pri tvorbe a pochopení logických obvodov s niekoľko málo jednobitovými vstupmi a výstupmi.

6.1 Otvorenie Kombinačnej analýzy

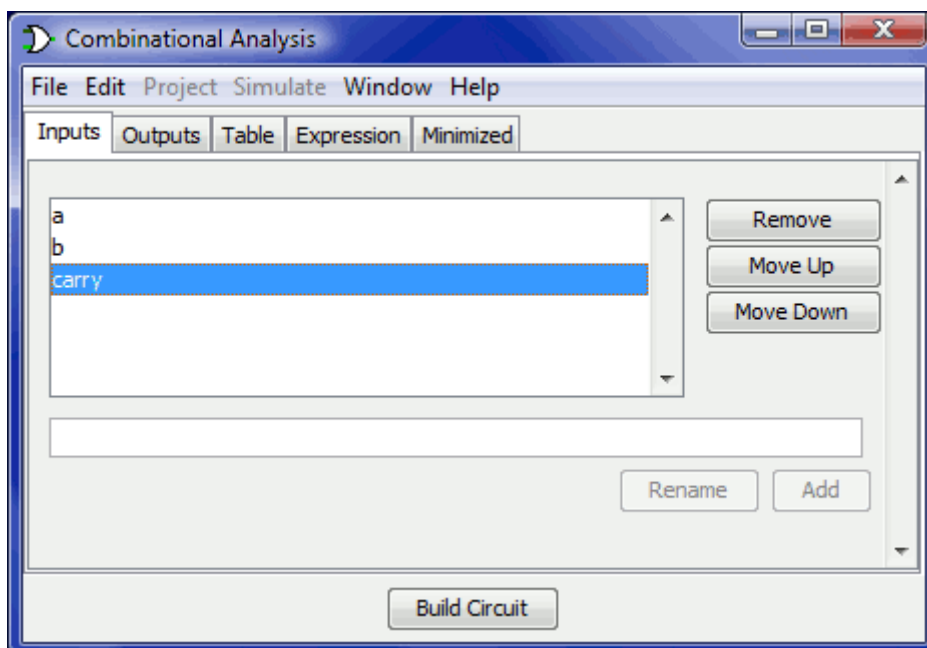
Funkcionalita kombinačnej analýzy je sústredená do jedného novootvoreného okna programu. K tomuto oknu sa dá pristupovať dvoma spôsobmi - cez menu Project -> Analyze Circuit alebo menu Window -> Combinational Analysis.

Ak chceme analyzovať už vytvorený obvod, každý vstupný pin obvodu musí byť pripojený na vstup a výstupný pin obvodu na výstup. Logisim rozoznáva maximálne 8 pinov každého typu a všetky piny musia byť jednobitové, inak sa okno kombinačnej analýzy neotvorí a zobrazí sa varovanie. Po ukončení analýzy nie je žiadne spojenie medzi obvodom a oknom Kombinačnej analýzy, takže akékoľvek zmeny v obvode sa neobjavia v analýze a ani zmeny v okne analýzy sa neprejavujú v obvode. Po zmene obvodu je však možné zatvoriť okno analýzy a začať novú analýzu, funkcia Generate Circuit vytvorí nový obvod, pričom sa prepíše pôvodný.

Logisim nedokáže analyzovať sekvenčné obvody. Ak je na sekvenčnom obvode vykonaná analýza, Logisim vyplní pravdivostnú tabuľku aj boolovský výraz, ale nesprávnymi hodnotami.

6.2 Editovanie pravdivostnej tabuľky

Ako vidieť na obrázku 15, záložka Inputs zobrazuje zoznam vstupov analyzovaného obvodu. Tiež umožňuje pridávať nové vstupy pomocou poľa pod zoznamom, do ktorého sa napíše názov nového vstupu a pridá sa pomocou tlačidla Add alebo premenovať už existujúce vstupy pomocou tlačidla Rename. Podobne na záložke Outputs je pole pre prezeranie, pridanie a premenovanie výstupov obvodu.



Obrázok 15. Kombinačná analýza - vstupy

Na záložke Table je pravdivostná tabuľka, ktorú možno meniť kliknutím na údaj, ktorý chceme zmeniť. Takto sa dá zadať správanie sa obvodu, ktorý sa vytvorí pomocou tlačidla Build Circuit. Hodnoty premenných v pravdivostnej tabuľke môžu mať hodnotu 0, 1 alebo x, ktorá označuje že nám na hodnote nezáleží. Zmenou pravdivostnej tabuľky sa automaticky mení aj boolovský výraz, z ktorého je obvod generovaný.

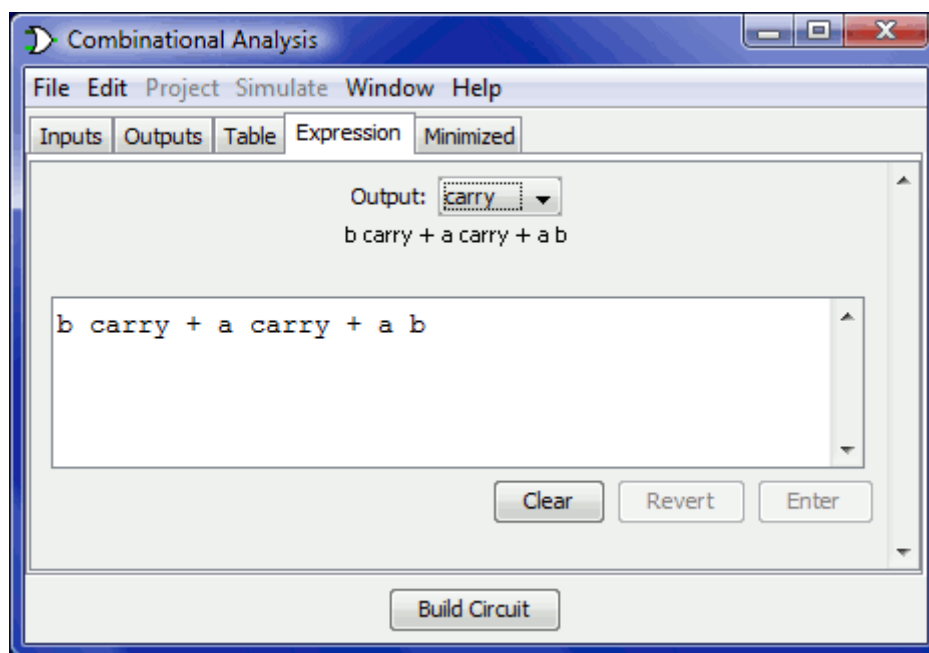
6.3 Editovanie boolovského výrazu

Na obrázku 16 možno vidieť záložku Expression, ktorá obsahuje pole s boolovským výrazom. Zmenou boolovského výrazu sa automaticky zmení aj pravdivostná tabuľka.

V hornej časti si vyberieme, pre ktorý výstup bude zobrazený a prípadne menený boolovský výraz. Ako operandy výrazu môžu byť použité:

- názov operácie – musí byť veľkými písmenami AND, NAND, OR, NOR, NOT...
- znaky logiky v jazyku C/Java – NOT ~ alebo !, AND & alebo &&, OR + alebo | alebo ||, XOR ^...

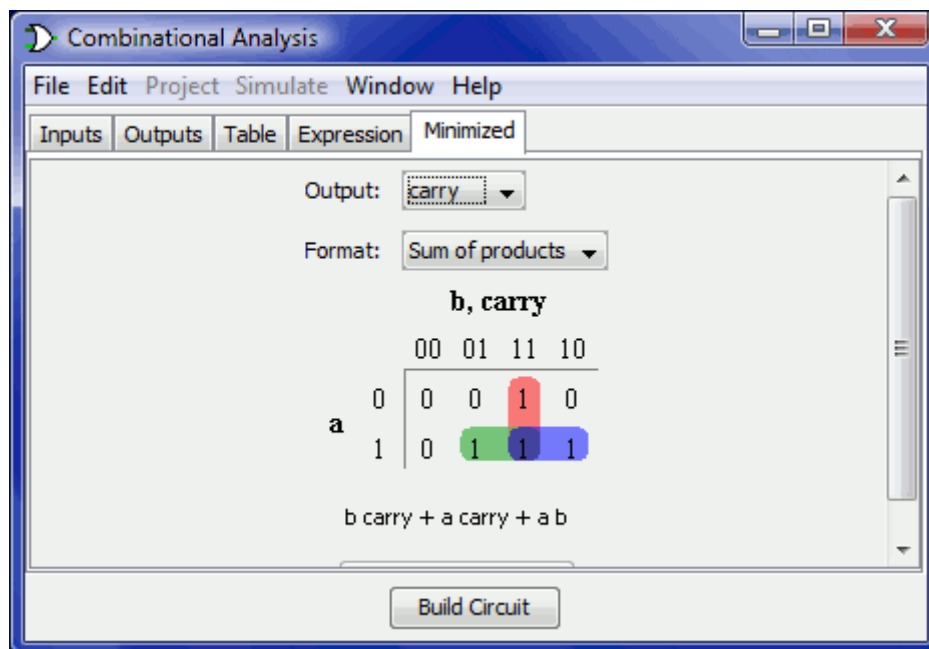
Typy operandov sa môžu aj vrámci jedného výrazu striedať, takže príklad platného výrazu je aj **$a \text{ AND } \sim (B + C)$** .



Obrázok 16. Kombinačná analýza - boolovský výraz

Posledná záložka Minimized obsahuje Karnaughovu mapu korešpondujúcu s boolovským výrazom a minimálny boolovský výraz ako je vidieť na obrázku 17. Aj tu sa dá meniť hodnota v Karnaughovej mape pomocou kliknutia na pole, ktoré chceme zmeniť. Zmeny sa premietnu do pravdivostnej tabuľky a boolovského výrazu iba po stlačení tlačidla Set As Expression.

Karnaughova mapa sa zobrazí iba pre výrazy s najviac 4 vstupmi, ale minimálny boolovský výraz bude vypočítaný aj ak je vstupov viac, na čo sa používa Quine-McCluskeyho algoritmus.

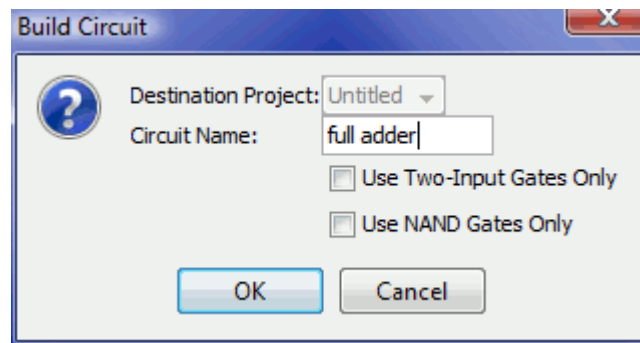


Obrázok 17. Kombinačná analýza – minimalizácia výrazu

6.4 Generovanie logického obvodu

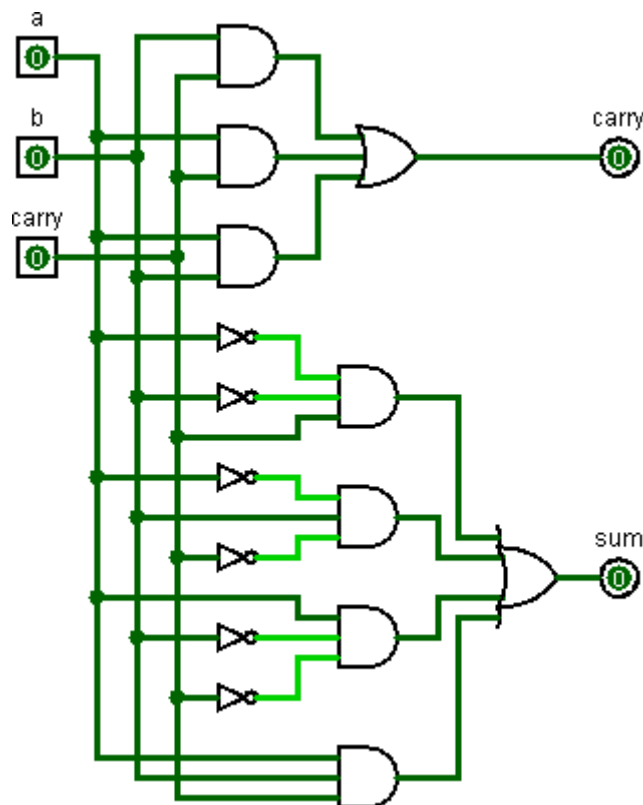
Kombinačná analýza umožňuje automaticky vytvoriť logický obvod, ak sú všetky boolovské výrazy na záložke Expression platné. Vstupy a výstupy vygenerovaného obvodu budú usporiadané zhora nadol rovnako ako sú v zozname vstupov resp. výstupov na relevantných záložkách.

Po stlačení tlačidla Build Circuit sa zobrazí pop-up okno, ktoré možno vidieť na obrázku 18. V ňom zadáme názov obvodu a môžeme zvoliť možnosť vytvorenia obvodu iba z dvojvstupových logických členov alebo použitie iba členov NAND. Logisim nedokáže vytvoriť obvod iba z členov NAND pre boolovský výraz obsahujúci operáciu XOR, preto bude táto možnosť znefunkčnená ak niektorý z výstupov obsahuje operáciu XOR.



Obrázok 18. Kombinačná analýza - generovanie obvodu

Ako vidieť na obrázku 19, Logisim vytvára relatívne prehľadné obvody a tak je možné ho tiež použiť na zatraktívnenie a zprehľadnenie komplexných obvodov.



Obrázok 19. Obvod vygenerovaný kombinačnou analýzou

7 Zhodnotenie a záver

Program Logisim poskytuje širokú funkcionálnu na návrh, simuláciu a analýzu logických obvodov. Ako open-source program vytvorený profesorom Carlom Burchom je dostupný zadarmo a je to teda vhodný nástroj určený na uľahčenie výučby predmetov zaoberajúcich sa fungovaním a návrhom kombinačných aj sekvenčných logických obvodov.

Táto príručka sa snaží priblížiť fungovanie tohoto programu a vysvetliť jeho používanie pre potreby študentov. Pre prehĺbenie vedomostí o programe a schopnosť naplno ho využiť je na stránke <http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/docs.html> dostupná zjednodušená aj podrobná dokumentácia programu spolu s návodom na použitie a príkladmi v anglickom jazyku.

8 Zoznam použitých zdrojov

[1] Burch, Carl: Logisim – a graphical tool for designing and simulating logic circuits

Prevzaté 30.05.2011 z <http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/>