

QCA sekvenčna ALE

Miha Zidar, Anže Pečar, Matic Potočnik, Željko Plesac,
Jan Varljen

Skupina 2 in 4

Povzetek. V seminarski nalogi bomo opisali zasnovo sekvenčne ALE s kvantnimi celičnimi avtomati, z uporabo programa QCAdesigner.

Ključne besede. kvantni celični avtomati, aritmetično-logična enota, modeliranje in simulacija

Kazalo.

1	Uvod	2
1.1	Ideja	2
1.2	Motivacija	2
2	Metode	3
2.1	Osnovni opis enote	3
2.2	Ideje za realizacijo	3
3	Rezultati	4
3.1	Shema enote	4
3.2	Izbira operacije	5
3.3	Negacija (NOT)	7
3.4	Konjunkcija (AND)	7
3.5	Seštevalnik(ADD) / Odštevalnik(SUB)	8
3.6	Težave s QCAdesignerjem	12
4	Zaključek	12
	Literatura	12

1. Uvod

1.1. Ideja

V tej seminarski nalogi bomo opisali realizacijo sekvenčne ALE s kvantnimi celičnimi avtomati (*angl.* quantum cellular automata – QCA). Modelirali jo bomo z uporabo odprtokodnega programa QCADesigner[1], za skice logičnih vezij, pa bomo uporabili (tudi odprtokoden) program TinyCAD.

Sekvenčnost enote v tem kontekstu pomeni, da enota ne izvaja operacij nad vsebino končno dolgih registrov, kot smo navajeni pri klasični ALE, ampak sprejema tok bitov, izvaja operacije nad posameznimi biti, ter tudi svoj izhod podaja kot tok bitov. Za določene operacije tak pristop ni praktičen, ali pa je celo nemogoč (Primer: deljenje, korenjenje, kotne funkcije). Je pa na tak način mogoče implementirati poln funkcijski sistem, kar je cilj te seminarske naloge.

1.2. Motivacija

Predvideva se, da bo že čez nekaj desetletij minituarizacija in zmogljivost čipov, grajenih na siliciju, dosegla končno stopnjo in bo potrebno za večjo procesno moč preiti na drug osnovni material in najverjetneje tudi precej spremeniti pristop k modeliranju vezij. Ena izmed obetajočih alternativ so kvantni celični avtomati, ki obljublajo mnoge prednosti pred klasičnimi vezji:

- Možnost večnivojskih vezij
- Možnost križanja vodil
- Enostavna realizacija nekaterih časovnih vezij
- Potencialno nižja poraba in višji takt delovanja
- ...

2. Metode

V tem odseku bomo predstavili nekatere osnovne ideje in odločitve, ki smo jih nato uporabili pri realizaciji naše ALE.

2.1. Osnovni opis enote

Realizirali bomo sekvenčno ALE, s funkcijsko polnim funkcijskim sistemom operacij. Enota bo imela dva podatkovna vhoda, ter dva vhoda za izbiro operacije. Enota bo podpirala naslednje operacije:

Operacija	Oznaka	Op. koda
Negacija	NOT	00
Konjunkcija	AND	01
Seštevanje	ADD	10
Odštevanje	SUB	11

Tabela 1. Seznam operacij

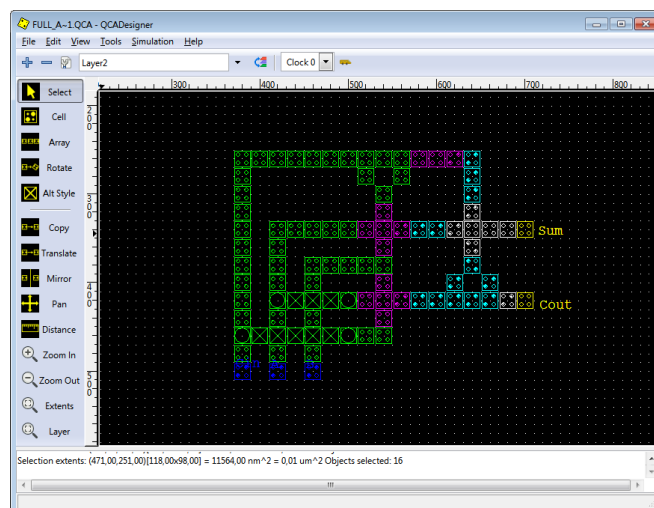
2.2. Ideje za realizacijo

2.2.1. Glede sekvenčnosti

Operaciji NOT in AND sta že v osnovi bitni operaciji in je tako sekvenčna realizacija popolnoma naravna. Pri ADD s stališča sekvenčnosti delovanja tudi ni posebnih zapletov, pri SUB pa lahko poskušamo operirati, kot bi imeli števili zapisani v predstavitvi z dvojnim komplementom.

2.2.2. Modeliranje

Za modeliranje bomo, kot že omenjeno, uporabili program QCAdesigner.



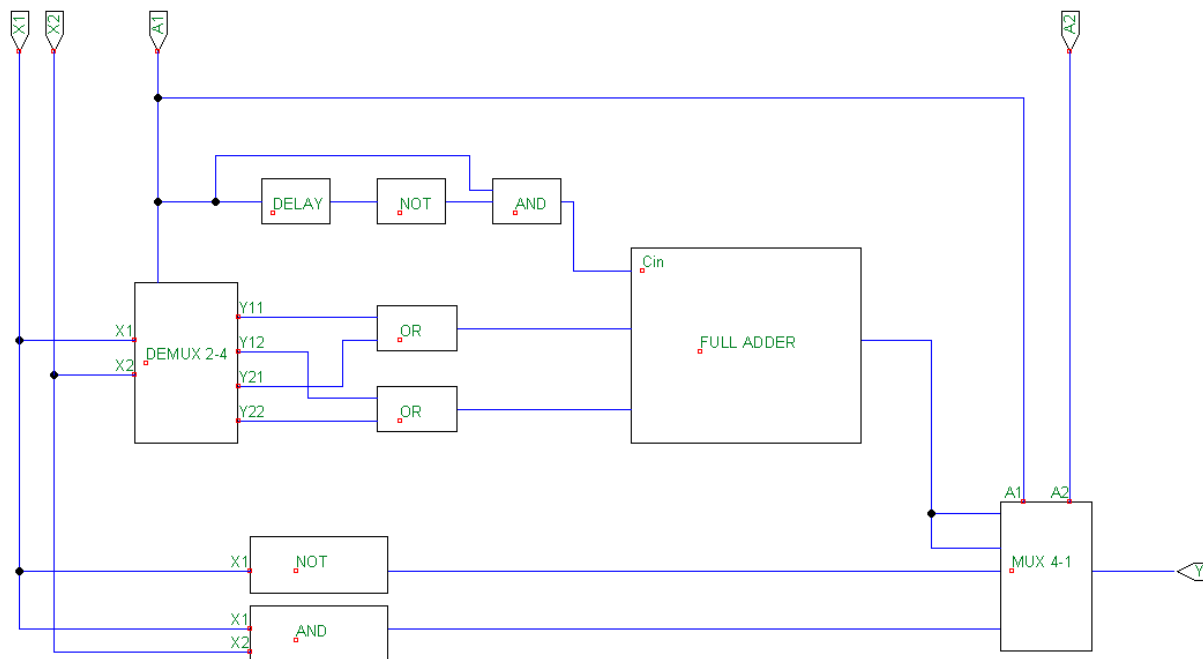
Slika 1. QCAdesigner

3. Rezultati

V tem delu seminarske naloge bomo predstavili realizacijo posameznih delov ALE. Pri realizaciji smo si pomagali s knjigo[2], ter diplomsko nalogo[3].

3.1. Shema enote

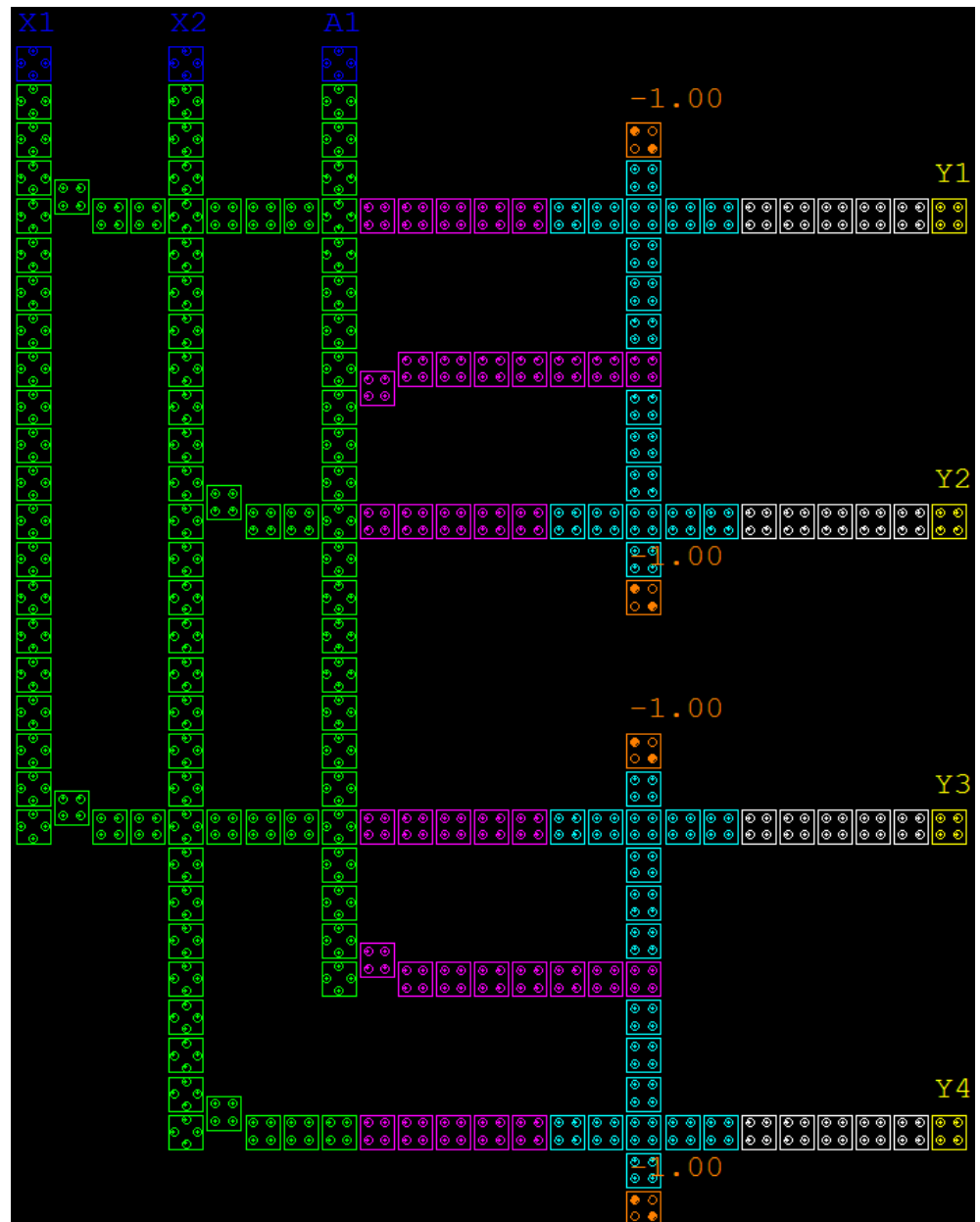
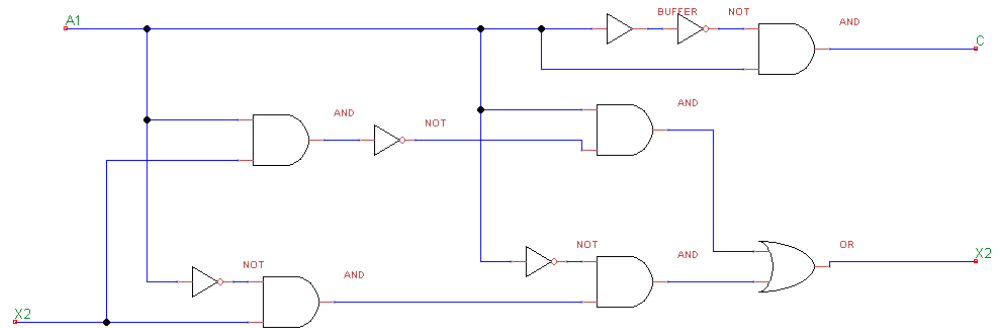
Imamo podatkovni liniji X_1 in X_2 , ter naslovni liniji A_1 in A_2 , ter izhod Y . Najprej z A_1 izberemo seštevanje(ADD) oz. odštevanje(SUB), ki sta realizirani v eni enoti. Operaciji konjunkcija(AND) in negacija(NOT) se vedno izvedeta, nato pa na koncu še izberemo, kateri izmed izhodov operacij se bo pojavil na izhodu Y .



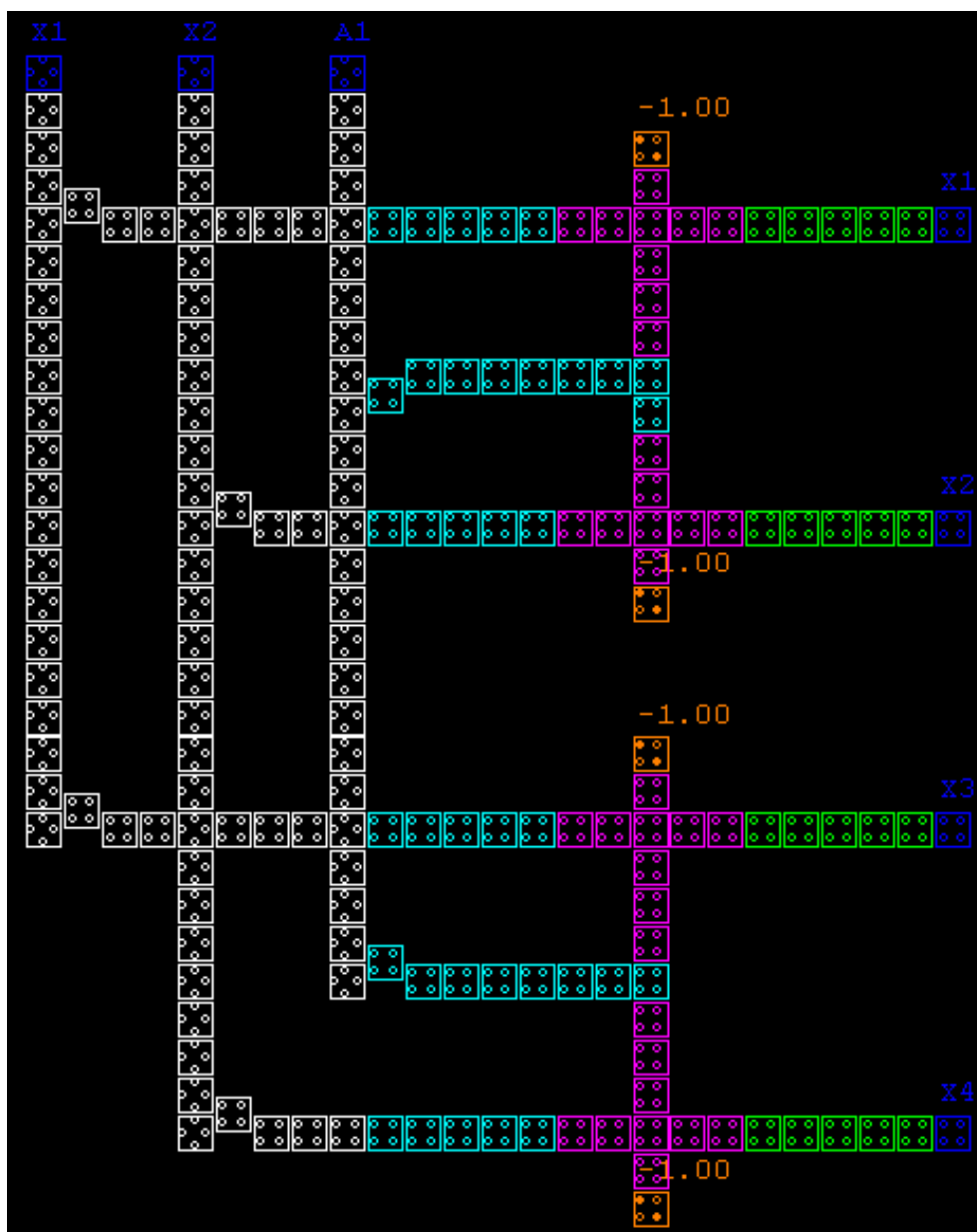
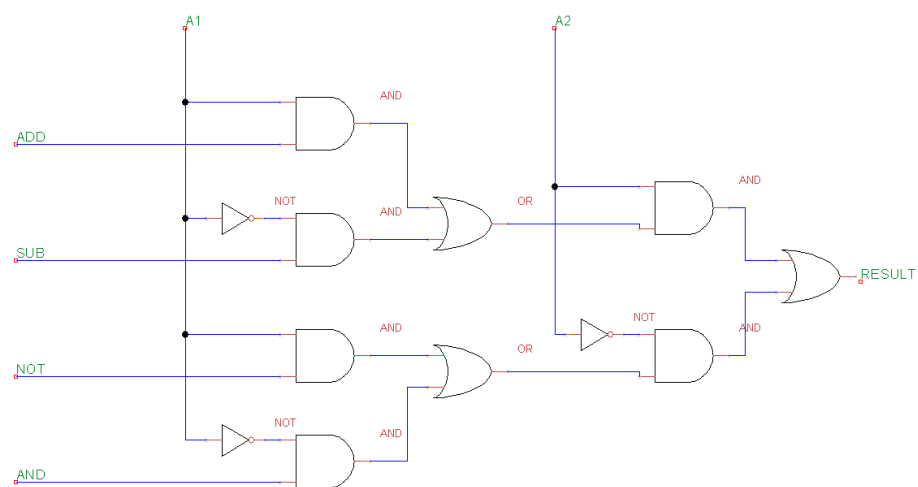
Slika 2. Shema celotne enote

3.2. Izbira operacije

Izbira med ADD in SUB:



Izbira rezultata:



3.3. Negacija (NOT)

3.3.1. Opis operacije

Negacija vrne obratno vrednost vhoda – torej za 0 vrne 1 in obratno.

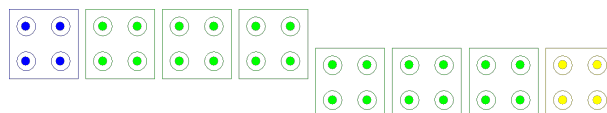
Enačba: $Y = \neg X_1$

X_1	Y
0	1
1	0

Pravilnostna tabela NOT

3.3.2. Realizacija

Negacijo smo realizirali s polovičnim zamikom QCA celic.



Slika 3. NOT vrata

3.4. Konjunkcija (AND)

3.4.1. Opis operacije

Konjunkcija vrne 1 natanko takrat, kadar imata oba vhoda vrednost 1.

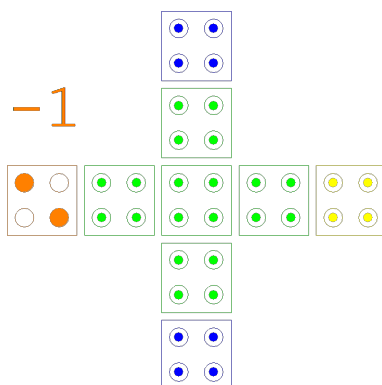
Enačba: $Y = X_1 \wedge X_2$

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pravilnostna tabela AND

3.4.2. Realizacija

Konjunkcijo smo realizirali z majoritetnimi vrati, ki imajo enega izmed vhodov nastavljenega na polarizacijo -1.



Slika 4. AND vrata

3.5. Seštevalnik(ADD) / Odštevalnik(SUB)

3.5.1. Opis operacije

Seštevalnik izvede seštevanje vhodov X_1 , X_2 in prenosa C . Izhoda sta vsota vseh treh vhodov, ter prenos, ki se v naši enoti prenese nazaj kot prenos C za naslednje seštevanje.

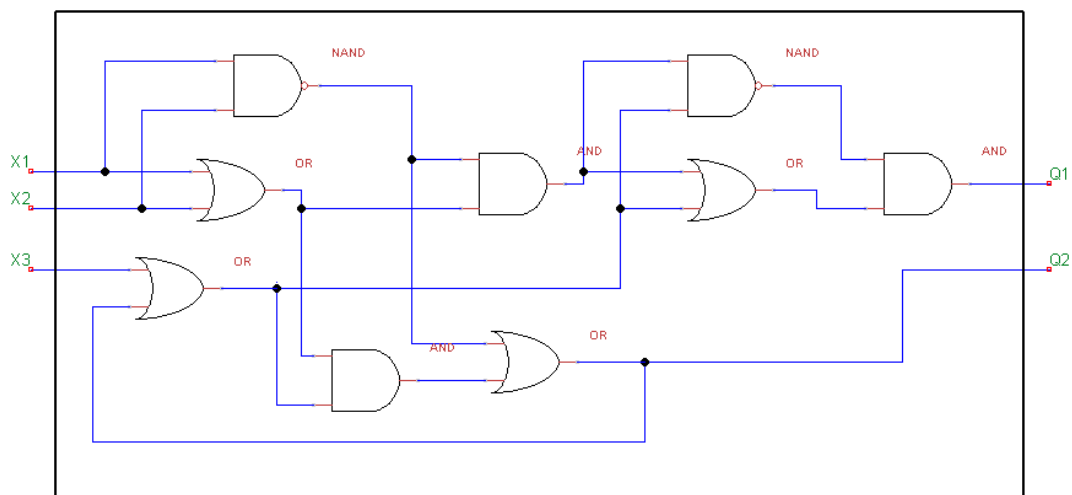
Enačba:

$$Y = (X_1 \oplus X_2) \oplus C$$

$$C_{out} = (X_1 \wedge X_2) \vee (C \wedge X_2) \vee (C \wedge X_1)$$

X_1	X_2	C	Y	c_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Pravilnostna tabela ADD



Slika 5. Seštevalnik

Odštevalnik deluje zelo podobno seštevalniku, le da vhode odšteje med seboj.

Enačba:

$$Y = (X_1 \oplus X_2) \oplus C$$

$$C_{out} = (C \wedge (X_1 \equiv X_2)) \vee (\overline{X_1} \wedge X_2)$$

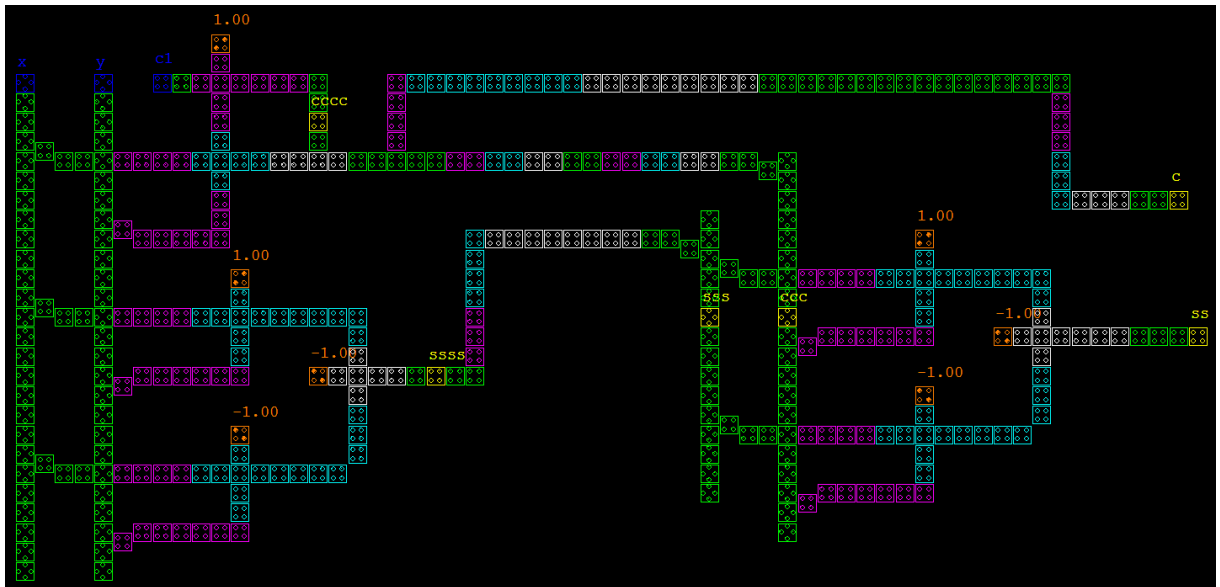
X_1	X_2	C	Y	C_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Pravilnostna tabela SUB

3.5.2. Realizacija

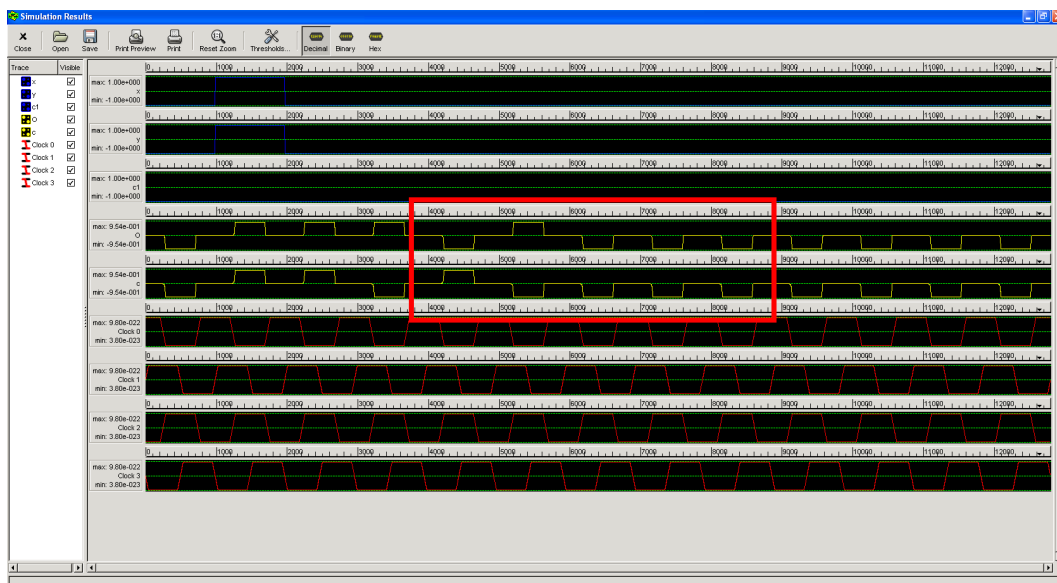
Seštevalnik in odštevalnik (operaciji ADD in SUB), smo želeli realizirati v eni enoti. Pri tem smo se pri odštevanju obnašali, kot bi operirali v predstavitvi z dvojnim komplementom. To pomeni, da X_2 negiramo in ob prvem odštevanju C nastavimo na 1.

Naša realizacija seštevalnika:

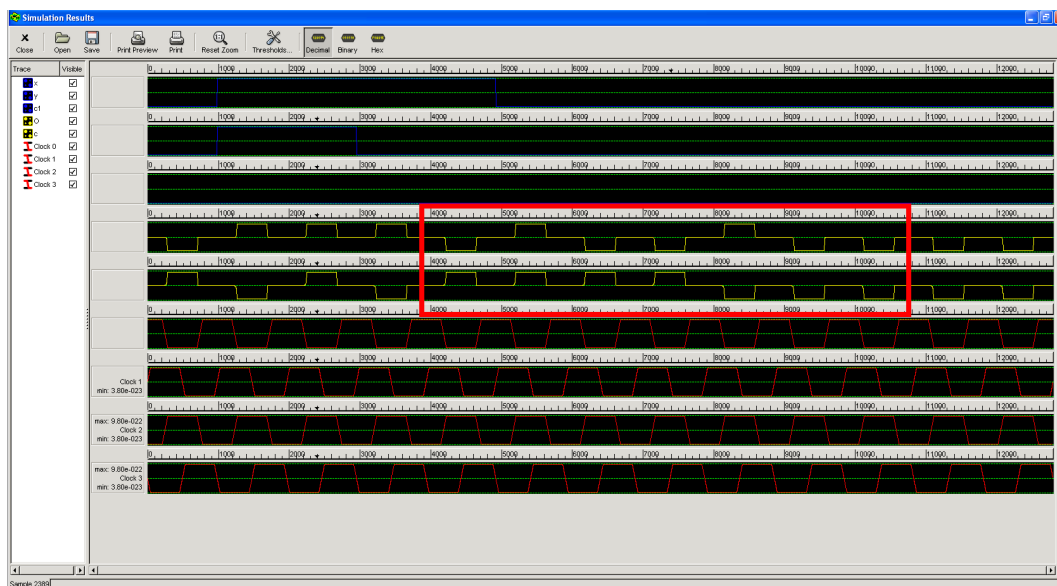
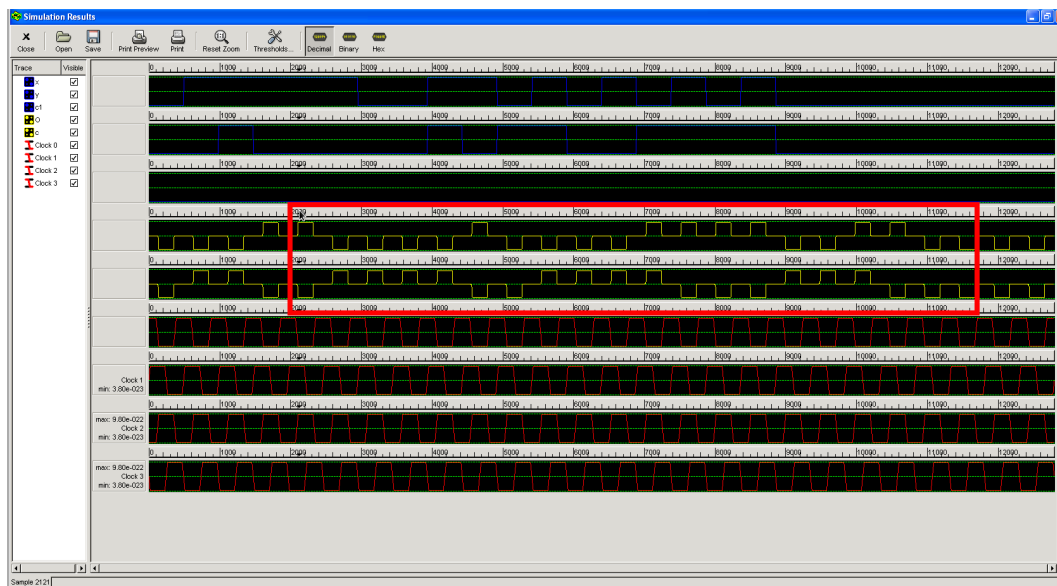


Slika 6. Seštevalnik

Prikaz delovanja seštevalnika:



Slika 7. $1+1=2$

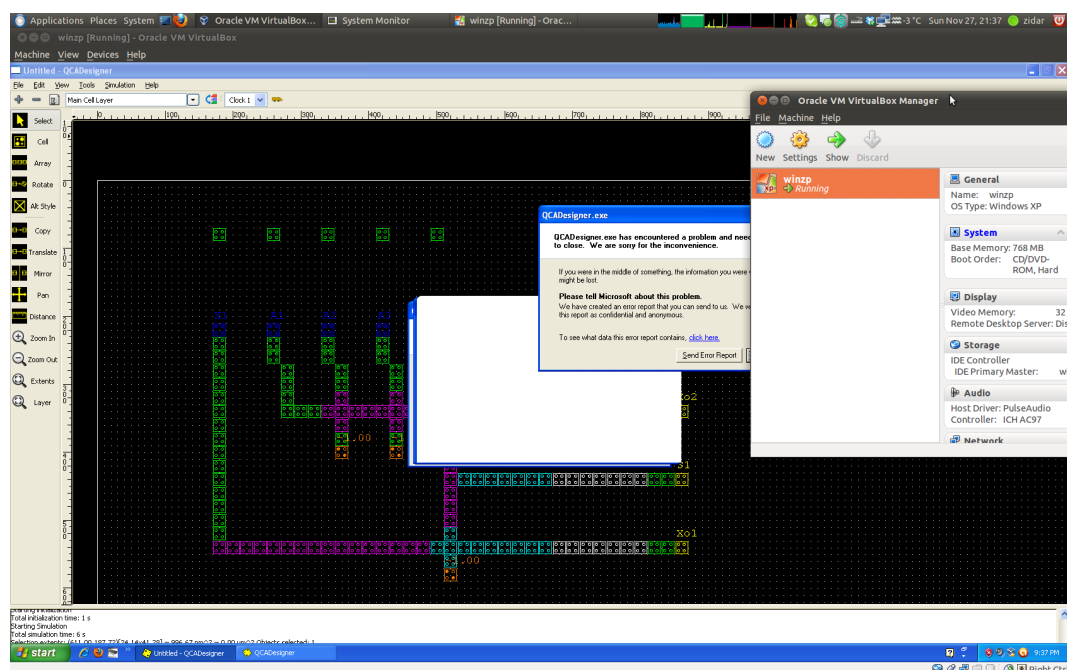
Slika 8. $3+15=18$ 

Slika 9. Seštevanje večjih števil

3.6. Težave s QCAdesignerjem

Pri delu s programom QCAdesigner smo na žalost naleteli na veliko težav.

- Zelo pogosto sesuvanje programa
- Nedelovanje Linux verzije programa v Ubuntu 11.10
- Naključno brisanje, zaklepanje in nedelovanje vektorske tabele pri simulaciji
- Problem z decimalnimi vejicami oz. pikami pri shranjenih datotekah
- Občasno precej naključni in popolnoma nepričakovani rezultati simulacij in to že pri preprostih vezjih



4. Zaključek

Z veliko truda in precejšnjimi težavami s QCAdesigner-jem, nam je uspelo realizirati posamezne dele ALE, ni pa nam uspelo komponent sestaviti skupaj v delujočo ALE.

Literatura

- [1] K. Walus, T. Dysart, G. Jullien, A. Budiman, Qcadesigner: a rapid design and simulation tool for quantum-dot cellular automata, *IEEE Transactions on Nanotechnology* 3 (1) (2004) 26–31.
- [2] J. Virant, Načrtovanje nanoračunalniških struktur : uvod v nanoračunalniško logiko, Didakta, Radovljica, Slovenia, 2007.
- [3] T. Orač, Realizacija aritmetično-logičnih primitivov s strukturami kvantnih celičnih avtomatov (2007).