

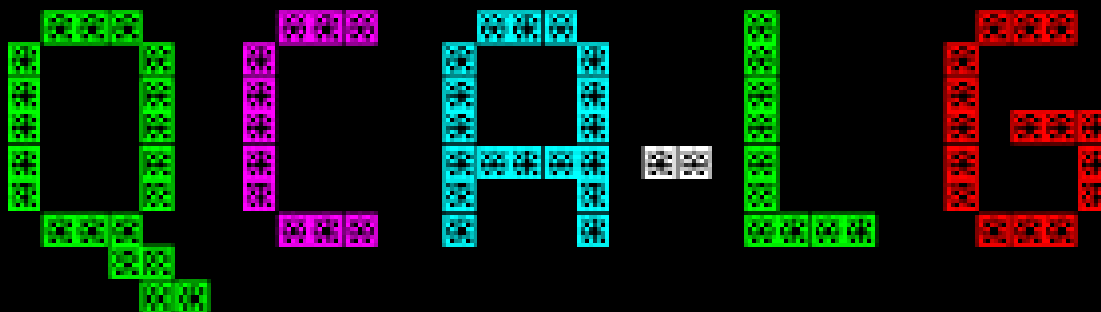




سمینار درس الکترونیک کوانتومی

استاد : دکتر شهرام محمد نژاد

دی ماه ۱۳۹۵



بررسی پیشرفت ها و دستاورد های اخیر در زمینه
سلول های خودکار نقطه کوانتومی

QUANTUM-DOT CELLULAR AUTOMATA – QCA



انچه در این سمینار بدان خواهیم پرداخت :

□ مقدمه

□ ساختار سلول های QCA

□ پیاده سازی سلول های QCA

□ فناوری های مبتنی بر QCA

■ سیم های نودویی

■ معکوس کننده ها

■ گیت Majority

■ گیت OR

■ گیت NOR

■ گیت AND

■ گیت NAND

■ مدار XOR

■ مدار Multiplexer

■ مدار Full Adder

■ مدار Flip Flop

■ مدار ضرب کننده

■ جمع بندی



مقدمه :

□ فناوری غالب کنونی در ساخت گیت های منطقی : CMOS

□ مشکلات پیش روی فناوری CMOS

i. ظهور جریان های تونل زنی

ii. نشت های زیر استانه

iii. اثرات ناشی از کوچک شدن کانال

iv. هزینه های ساخت و هزینه های ناشی از اتصالات داخلی (Interconnect)

□ مزایای جایگزینی فناوری مبتنی بر QCA

i. توان مصرفی پایین تر

ii. سرعت بالاتر

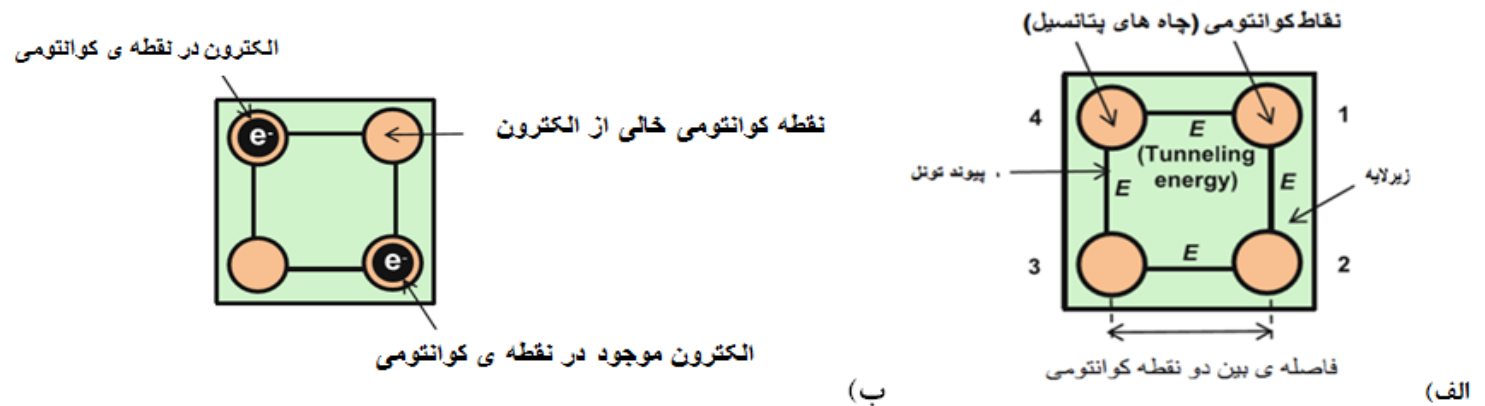
iii. ساختار های متراکم و فشرده تر نسبت موارد مشابه کنونی مبتنی بر CMOS

iv. عدم نیاز به اتصالات سیمی متداول

v. عدم وجود مشکلات ناشی از جریان های خروجی (توان مصرفی بالا) و

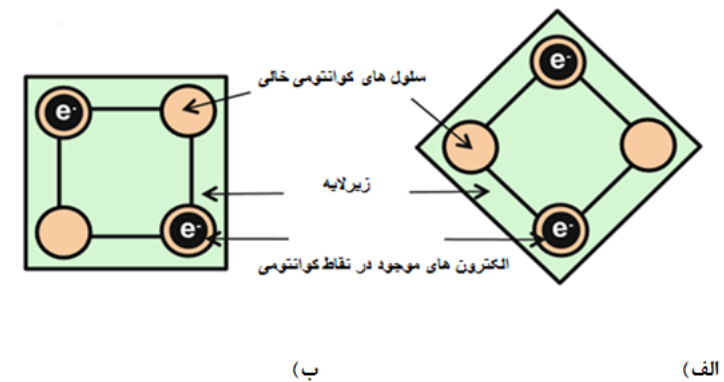
خازن های پارازیتیکی ناشی از سیم کشی

ساختار سلول های QCA :



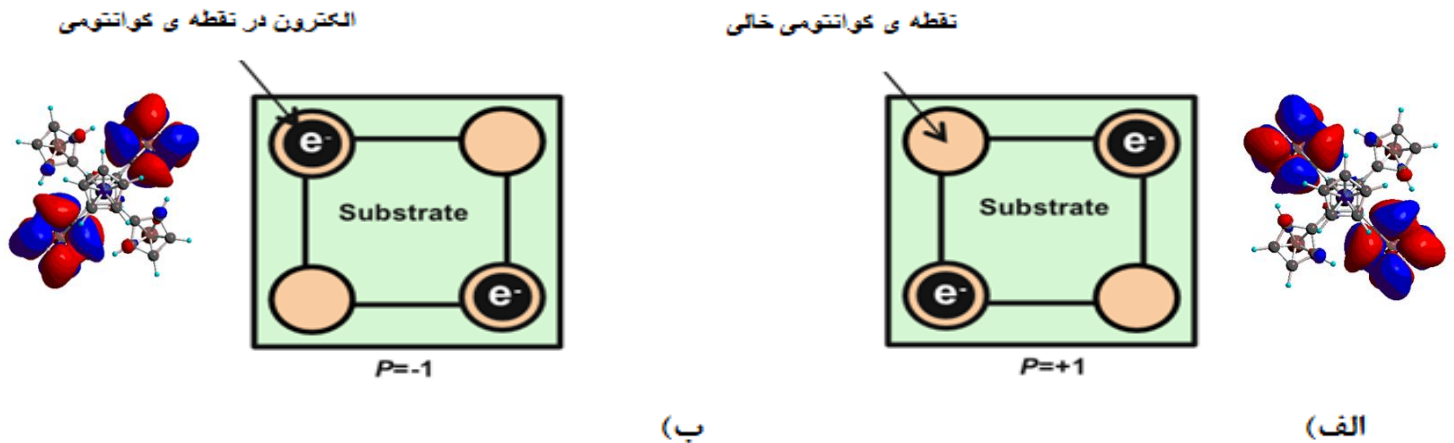
شکل ۱. سلول نقطه کوانتومی . (الف) ساختار سلول (ب) الکترون ها در سلول QCA . E انرژی تونل زنی میان نقاط کوانتومی مجاور است.

نمایی از یک سلول QCA



شکل ۲. جهت های قرارگیری سلول QCA : (الف) سلول ۴۵ درجه . (ب) سلول ۹۰ درجه .

حالت های قطبی سلول QCA:



شکل ۳. حالات قطبی سلول QCA: (الف) $P=+1$ (حالت منطقی ۱) و (ب) $P=-1$ (حالت منطقی ۰)

بین حالت های قطبی سوئیچ صورت
میگیرد. با این حال سلول های QCA
ادوات سوئیچینگ به حساب نمی آیند!
چرا؟



پیاده سازی سلول های QCA

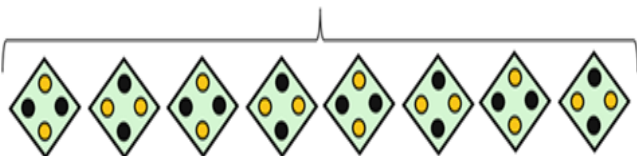
نیمه هادی :

تکنیک جزایر فلزی

مغناطیسی

مولکولی

سیم QCA 45° درجه



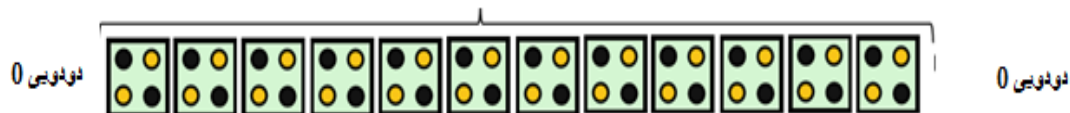
شکل ۶. مقادیر دودویی ۰ و ۱ موجود بر روی یک سیم QCA، با زاویه ۴۵ درجه.

سیم های ۴۵ درجه

سیم های ۹۰ درجه

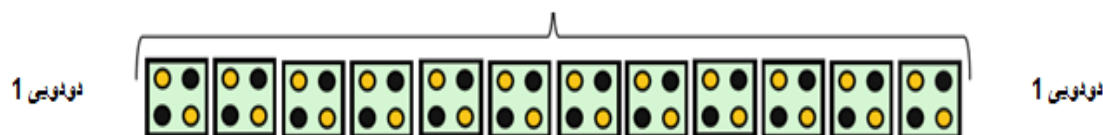
وجه تمایز این سیم ها با سیم های معمولی در این است که در این سیم ها هیچ گونه جریانی برقرار نیست.

سیم QCA 90° درجه

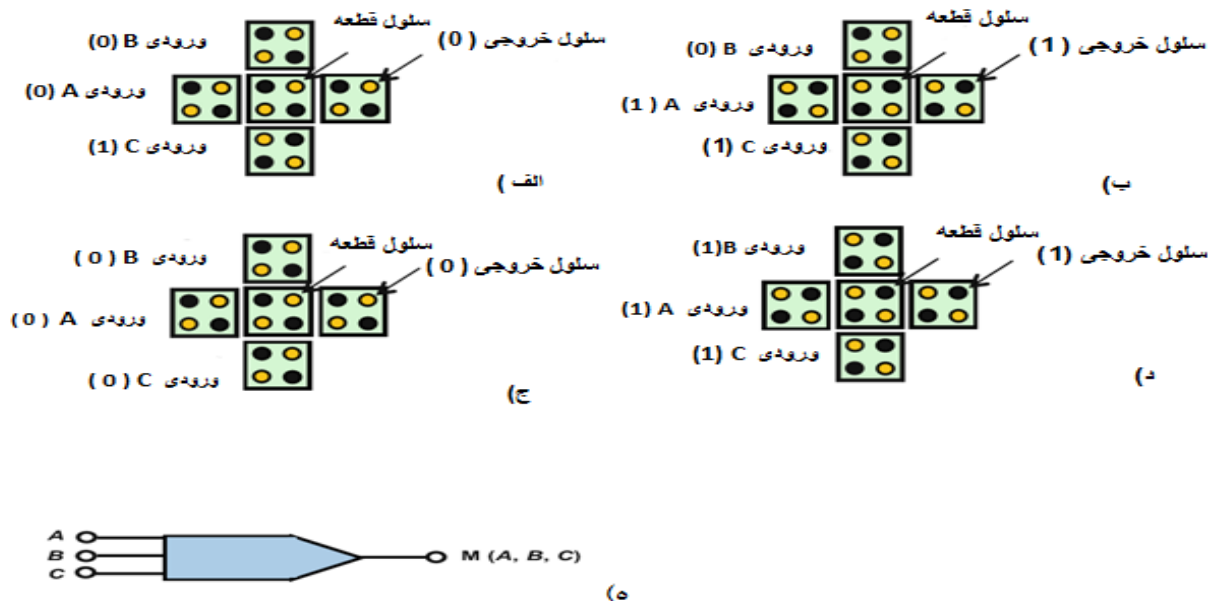


شکل ۴. انتقال دودویی ۰ از طریق یک سیم QCA با زاویه ۹۰ درجه.

سیم QCA با زاویه 90° درجه

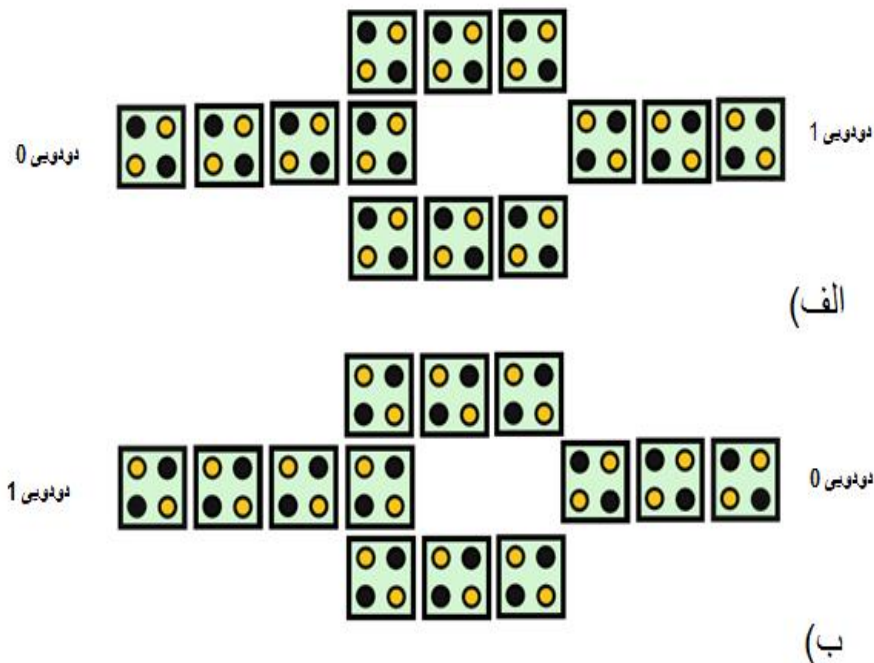


شکل ۵. انتقال دودویی ۱ از طریق یک سیم QCA با زاویه ۹۰ درجه.

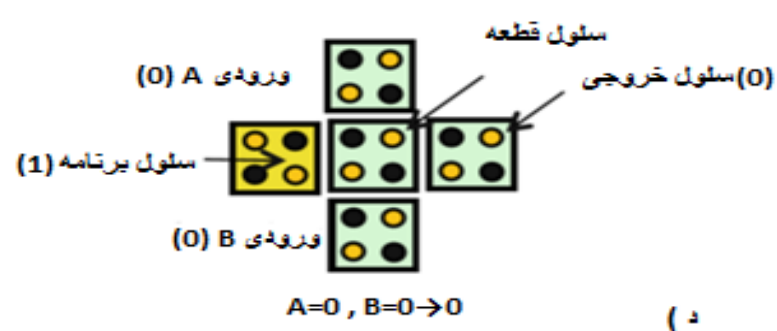
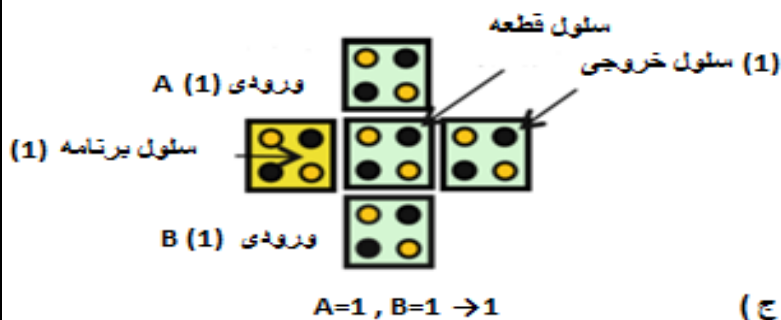
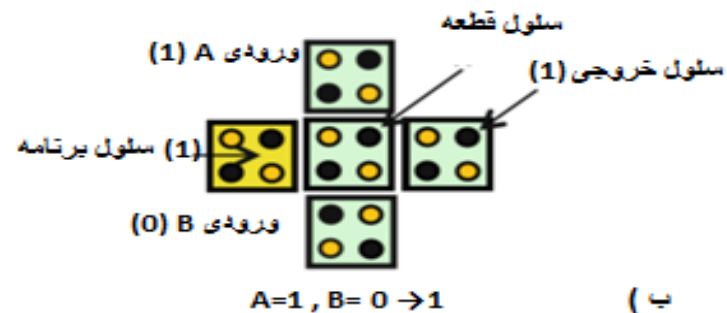
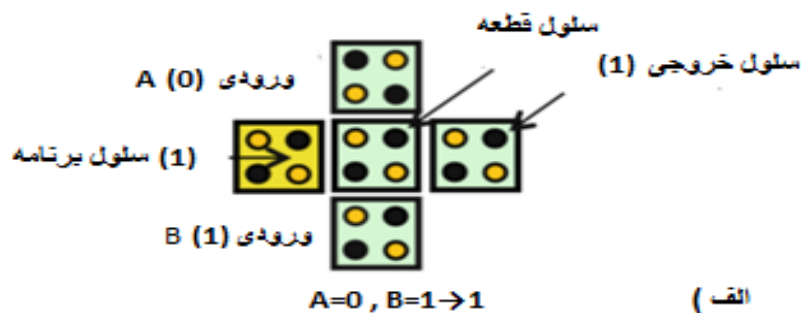


شکل ۹. گیت اکثریت . QCA (الف) به ازای ورودی های $A=0$ ، $B=0$ و $C=1$ ، خروجی برابر با مقدار منطقی ۰ خواهد بود .
 (ب) به ازای ورودی های $A=1$ ، $B=0$ و $C=1$ ، خروجی برابر با مقدار منطقی ۱ خواهد بود . (ج) به ازای ورودی های $A=0$ ،
 $B=0$ و $C=0$ ، خروجی برابر با مقدار منطقی ۰ خواهد بود . (د) به ازای ورودی های $A=1$ ، $B=1$ و $C=1$ ، خروجی برابر
 با مقدار منطقی ۱ خواهد بود ؛ در تمامی موارد فوق ، حالت قطبی سلول "قطعه" تحت تاثیر برابند نیروهای کولمبی ناشی از
 سلول های اطراف (سلول های ورودی) قرار گرفته و در نتیجه حالت قطبی اکثریت در آن پدیدار می گردد . (ه) نماد گیت اکثریت .

با توجه به تقارن موجود در ساختار مدار های معکوس کننده ، حالت قطبی $P=+1$ (عدد منطقی ۱) در ورودی تبدیل به حالت قطبی $P=-1$ (عدد منطقی ۰) و بالعکس در صورت اعمال ورودی با حالت قطبی $p=-1$ (عدد منطقی ۰) ، خروجی حالت قطبی $P=+1$ (عدد منطقی ۱) را خواهد داشت .

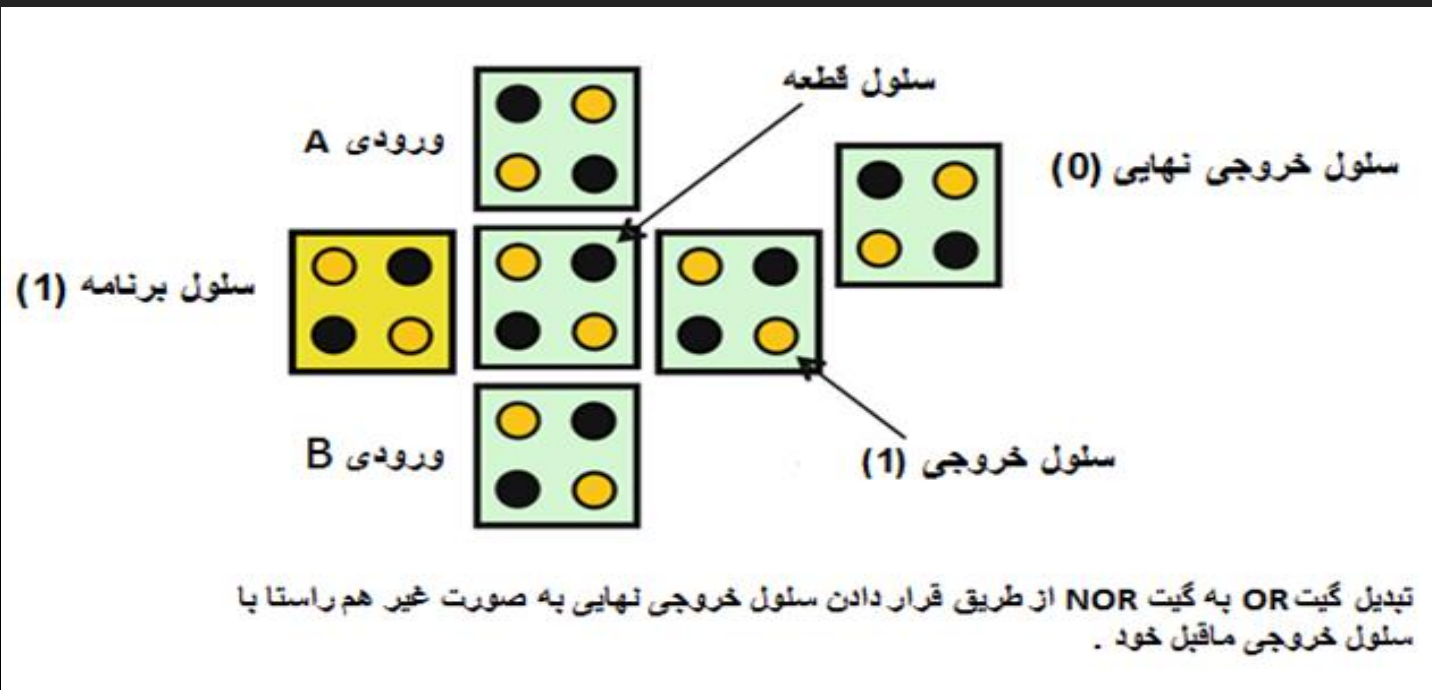


شکل ۷. معکوس کننده های مبتنی بر QCA برای تبدیل الف) دودویی ۰ به ۱ و ب) دودویی ۱ به ۰

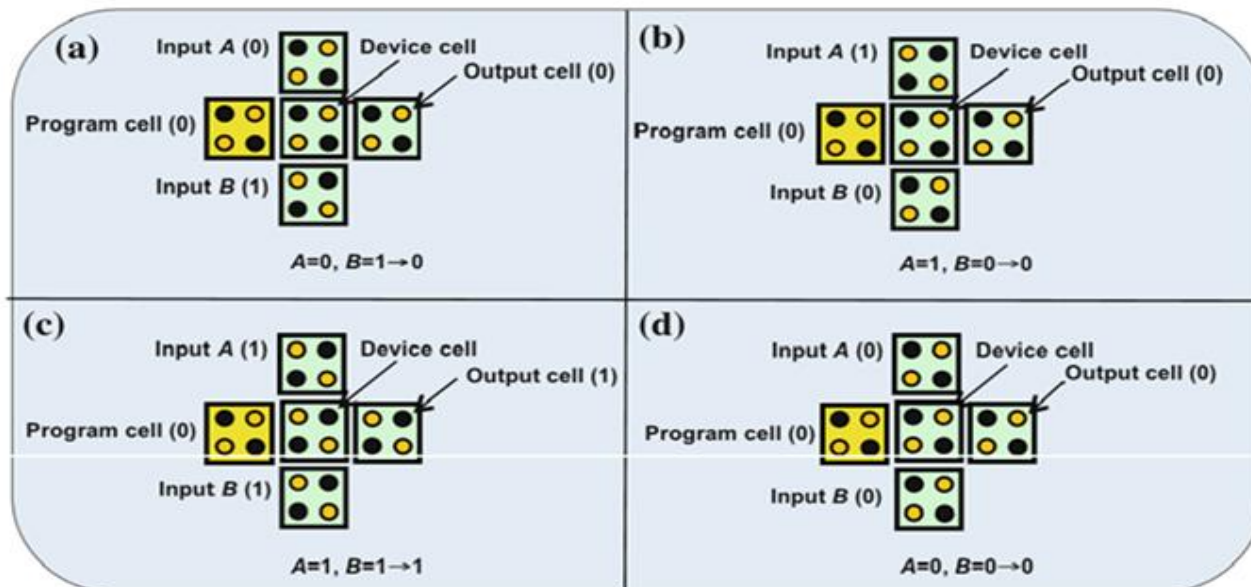


شکل ۱۰. چهار ترکیب ممکن برای مقادیر سلول های ورودی A, B و سلول قطعه (تحت تاثیر مقادیر ورودی و سلول برنامه) ، در یک گیت OR مبتنی بر QCA (الف $A=0, B=1 \rightarrow 1$) ب $A=0, B=0 \rightarrow 0$) ج $A=1, B=1 \rightarrow 1$) د $A=1, B=0 \rightarrow 1$)

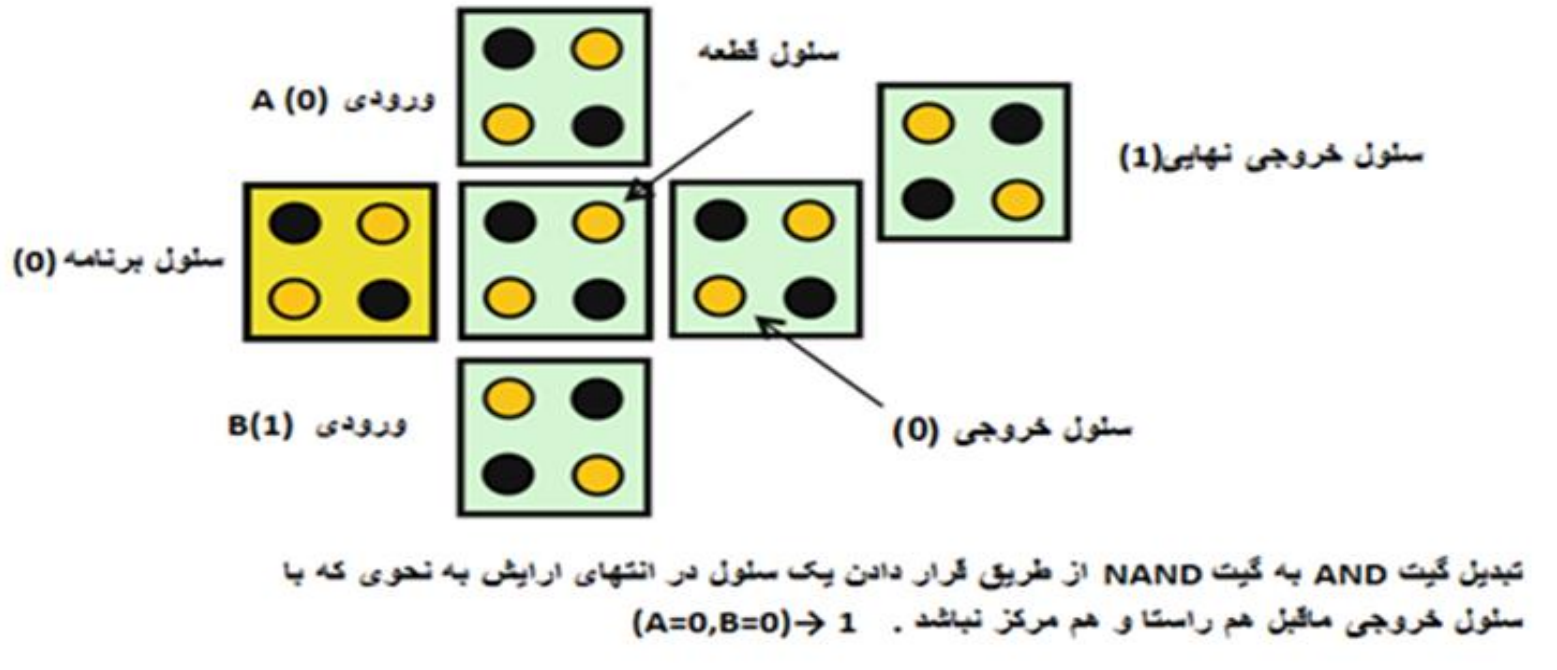
گیت NOR



شکل ۱۱. روشی اسان جهت تبدیل گیت OR به گیت NOR.

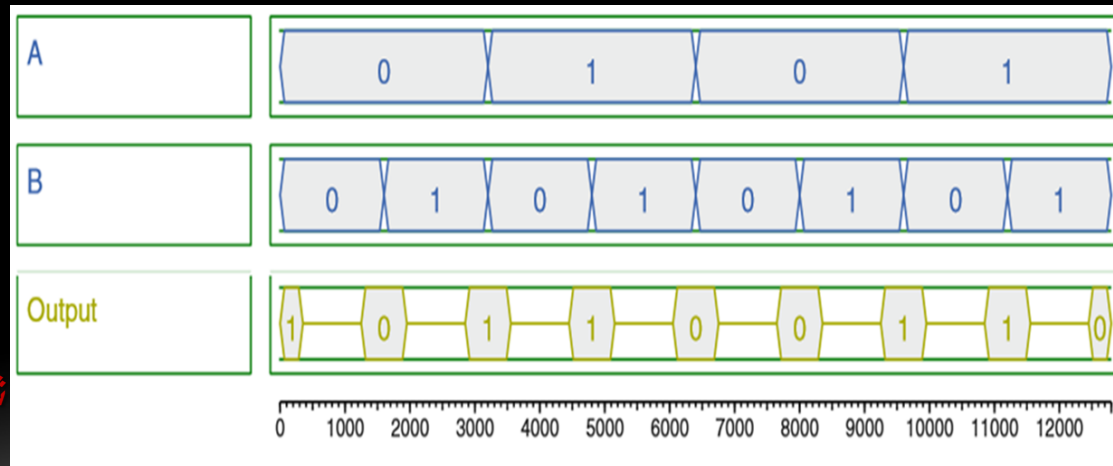
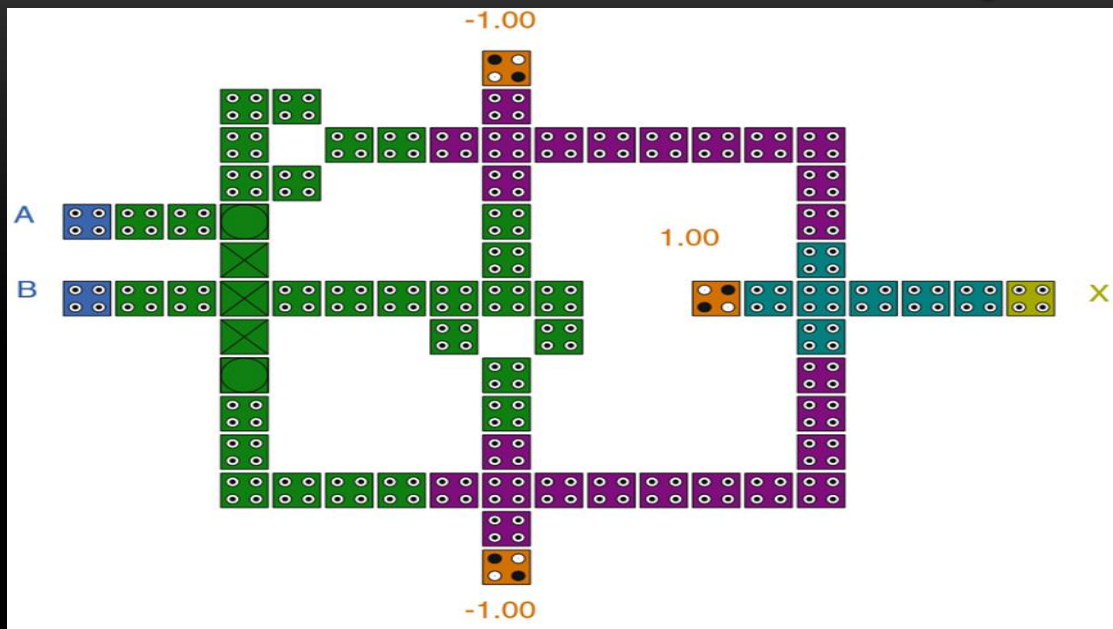


ترکیبات مختلف ممکن برای مقادیر سیگنال های ورودی A , B , سلول قطعه متاثر از مقدار منطقی اکثریت و نهایتاً سلول خروجی در یک گیت AND مبتنی بر سلول های QCA . (a) $A=0, B=1 \rightarrow 0$ (b) $A=1, B=0 \rightarrow 0$ (c) $A=1, B=1 \rightarrow 1$ (d) $A=0, B=0 \rightarrow 0$



شکل ۱۳. گیت NAND را می توان همانند نحوه ی ساخت گیت NOR و از طریق قرار دادن یک سلول در خروجی به صورت غیر هم راستا با سلول ماقبل خود بدست آورد.

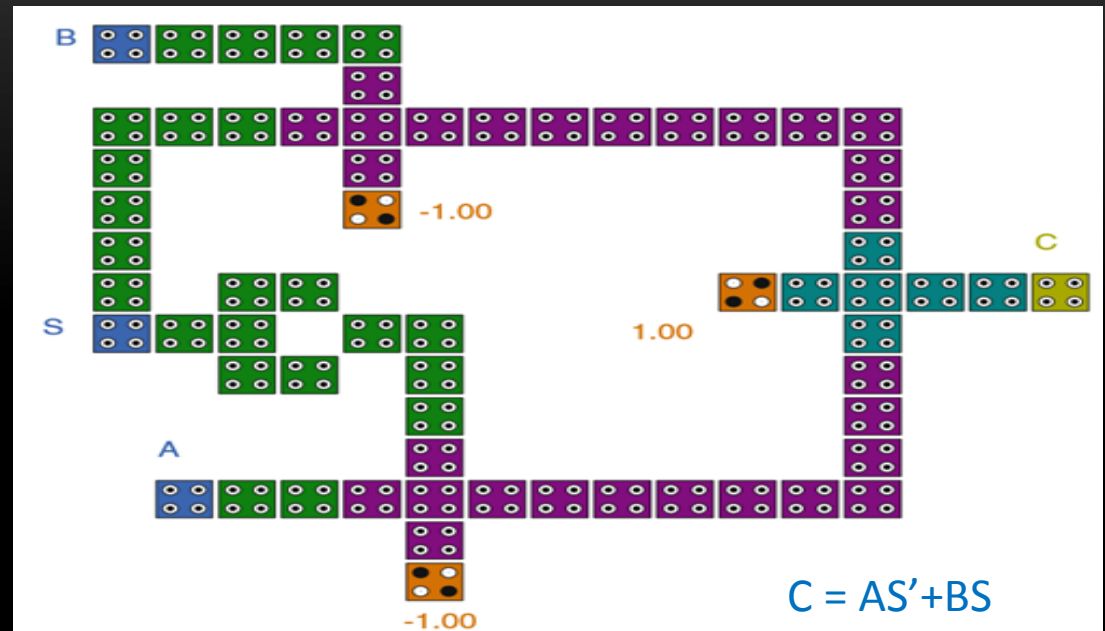
شکل ۱۴. طراحی مدار گیت XOR دو ورودی
با استفاده از نرم افزار QCADesigner



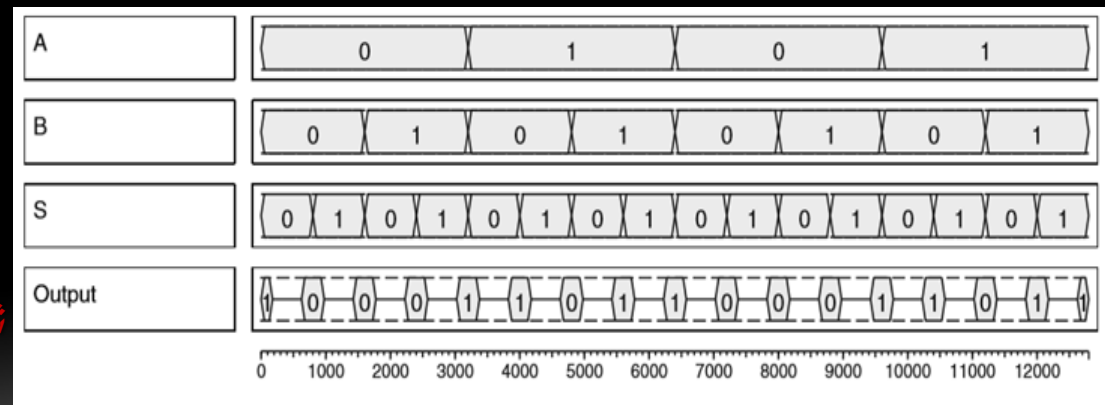
شکل ۱۵. شبیه سازی گیت XOR دو ورودی

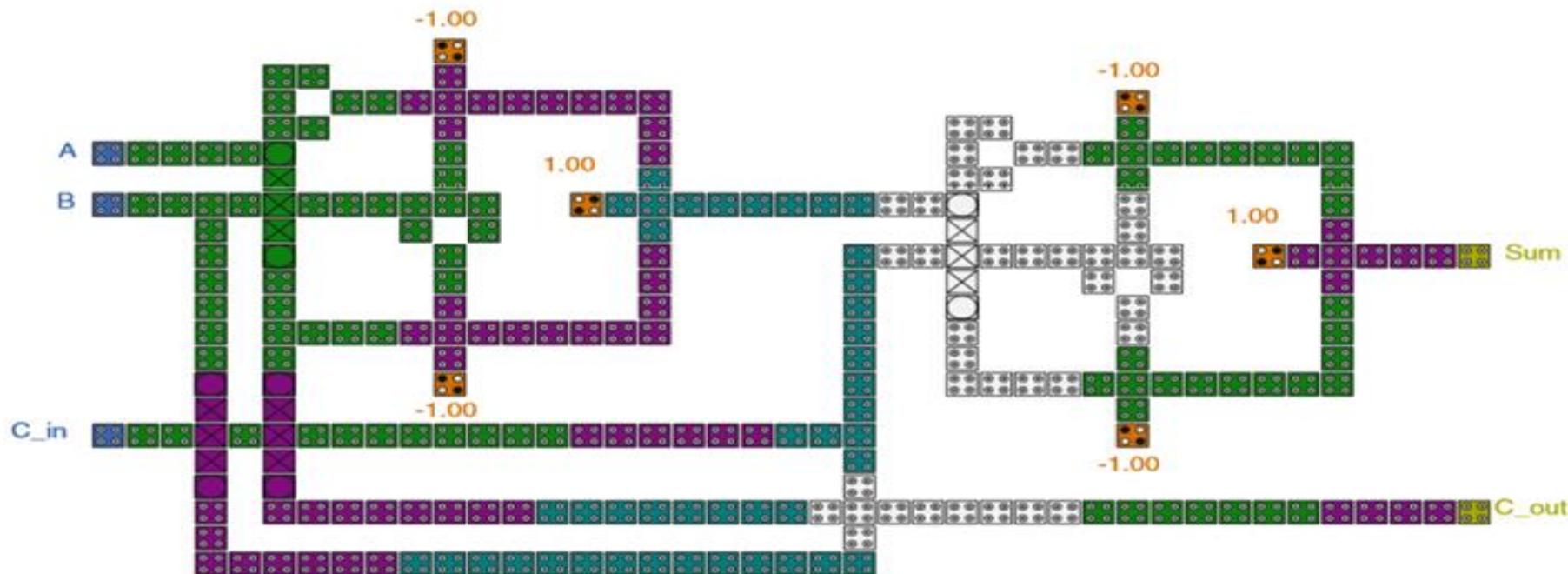
مالتی پلکسر مبتنی بر QCA

شکل ۱۶. طراحی مدار یک مالتی پلکسر
دو به ۱ (۲:۱)



شکل ۱۷. نتایج شبیه سازی مالتی پلکسر ۲:۱



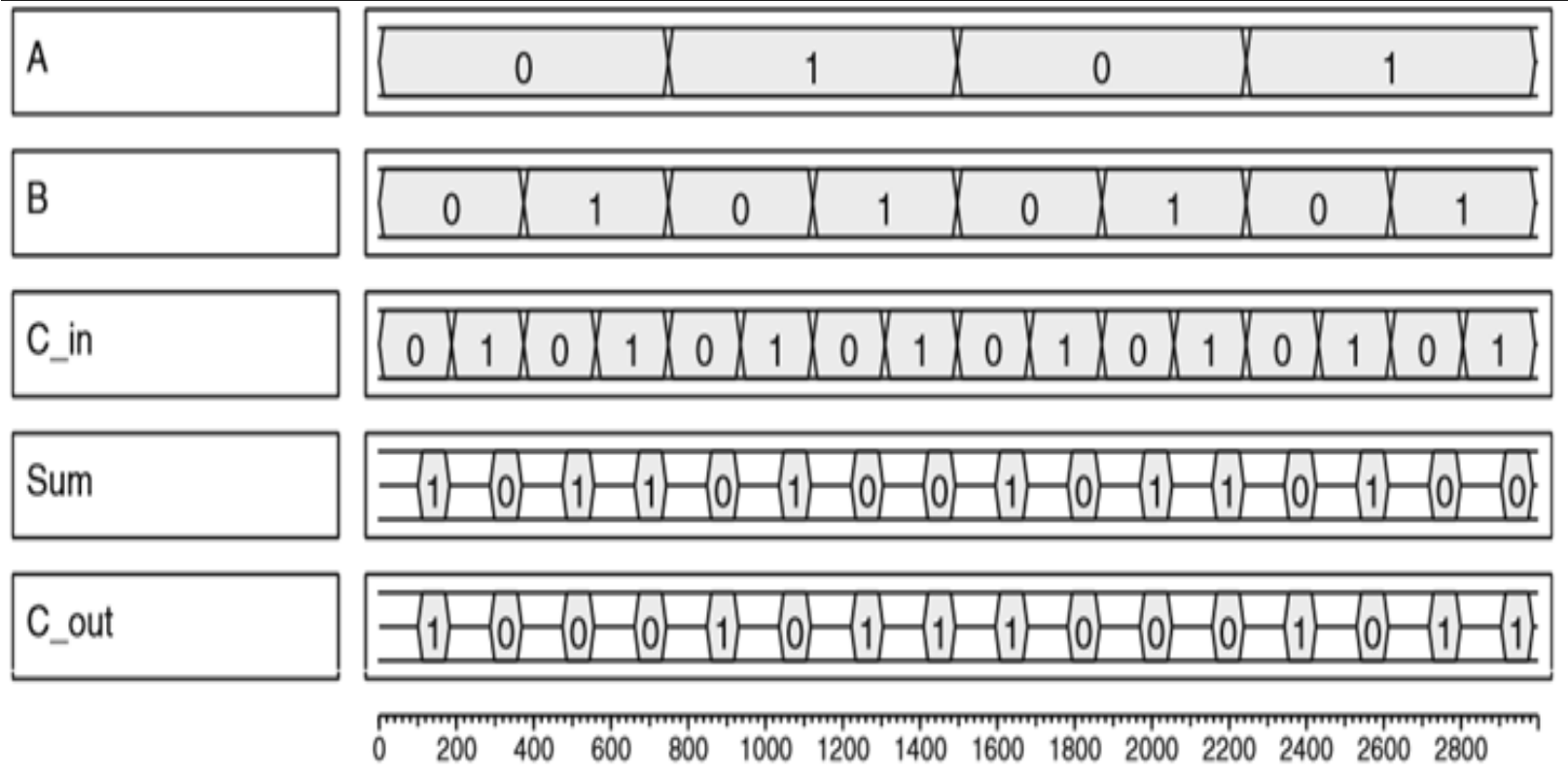


$$S = X \oplus Y \oplus C_{in}$$

$$C_{out} = XY + YC_{in} + XC_{in}$$

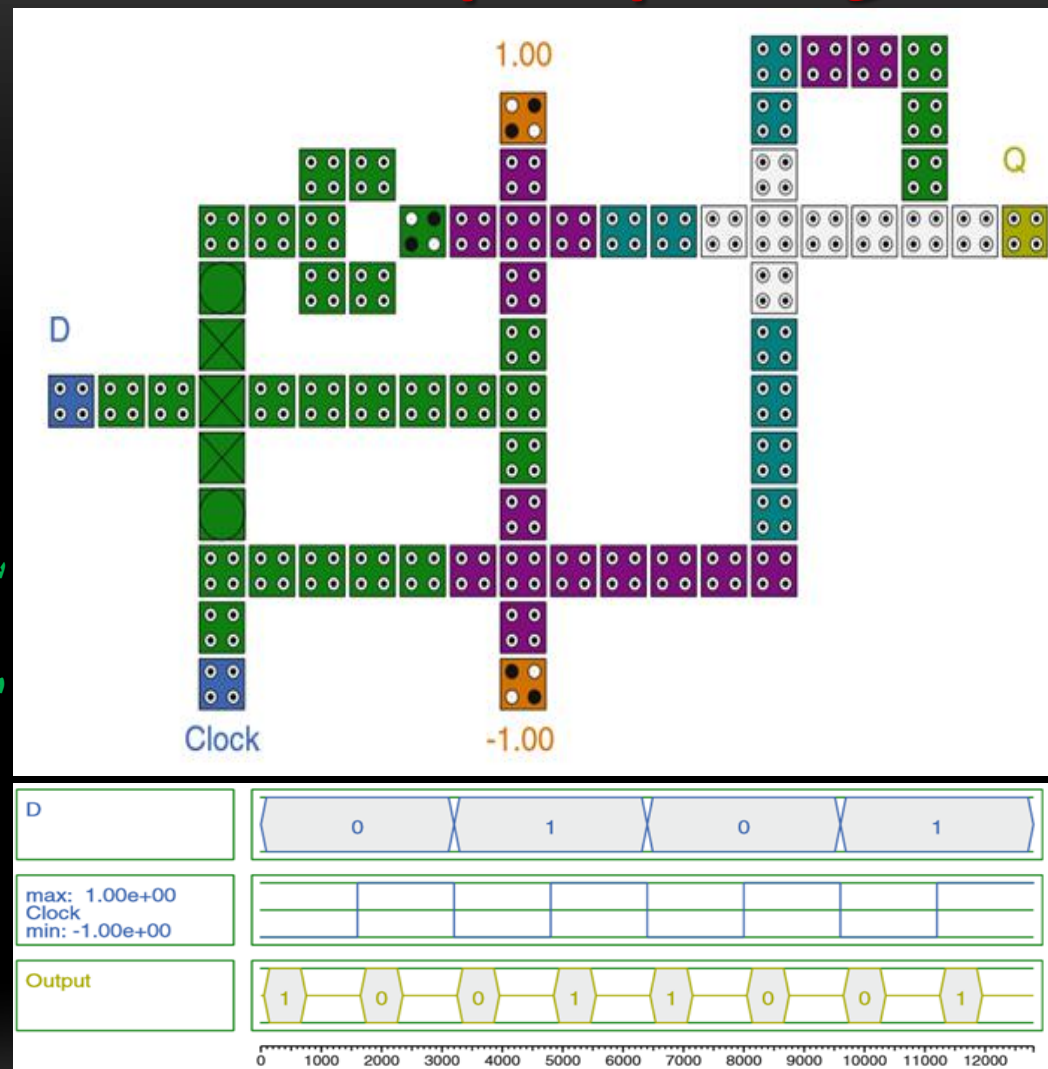
شکل ۱۸. طراحی مدار Full-Adder با استفاده از نرم افزار QCADesigner.

هر گیت XOR از سه گیت Majority و دو گیت معکوس کننده ساخته می شود ، همچنین معادله ی تعیین شده برای Cout با استفاده از یک گیت XOR قابل پیاده سازی می باشد . لذا در مجموع مدار یک Full-Adder از هفت گیت Majority و چهار معکوس کننده ساخته می شود .



شکل ۱۹. شبیه سازی Full-Adder مبتنی بر QCA

شکل ۲۰. طراحی مدار Flip Flop مبتنی بر QCA با استفاده از نرم افزار QCADesigner. طرح مدار Flip Flop با ورودی D و ورودی ساعت مشخص شده با Clock، نمایش داده شده است.



شکل ۲۱. شکل موج شبیه سازی شده Flip Flop

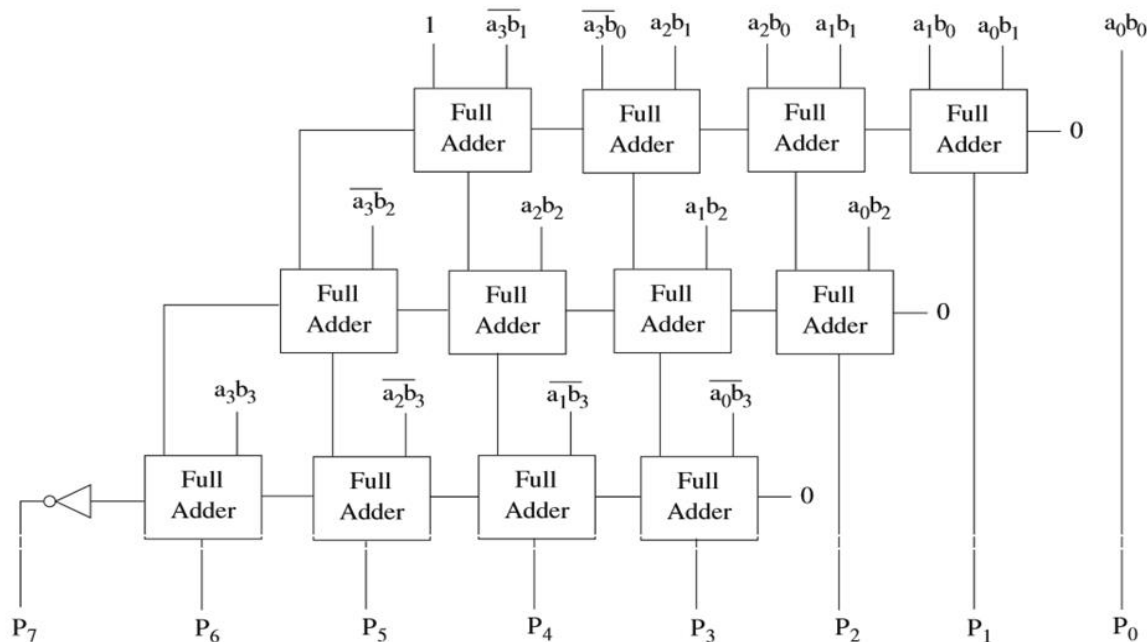
طراحی ضرب کننده مبتنی بر QCA

طراحی ضرب کننده ی باو - وولی مبتنی بر QCA

		a_3	a_2	a_1	a_0		
	x	b_3	b_2	b_1	b_0		
	1	$\overline{a_3 b_0}$	$a_2 b_0$	$a_1 b_0$	$a_0 b_0$		
		$\overline{a_3 b_1}$	$a_2 b_1$	$a_1 b_1$	$a_0 b_1$		
		$\overline{a_3 b_2}$	$a_2 b_2$	$a_1 b_2$	$a_0 b_2$		
	1	$a_3 b_3$	$\overline{a_2 b_3}$	$\overline{a_1 b_3}$	$\overline{a_0 b_3}$		
P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1	P_0

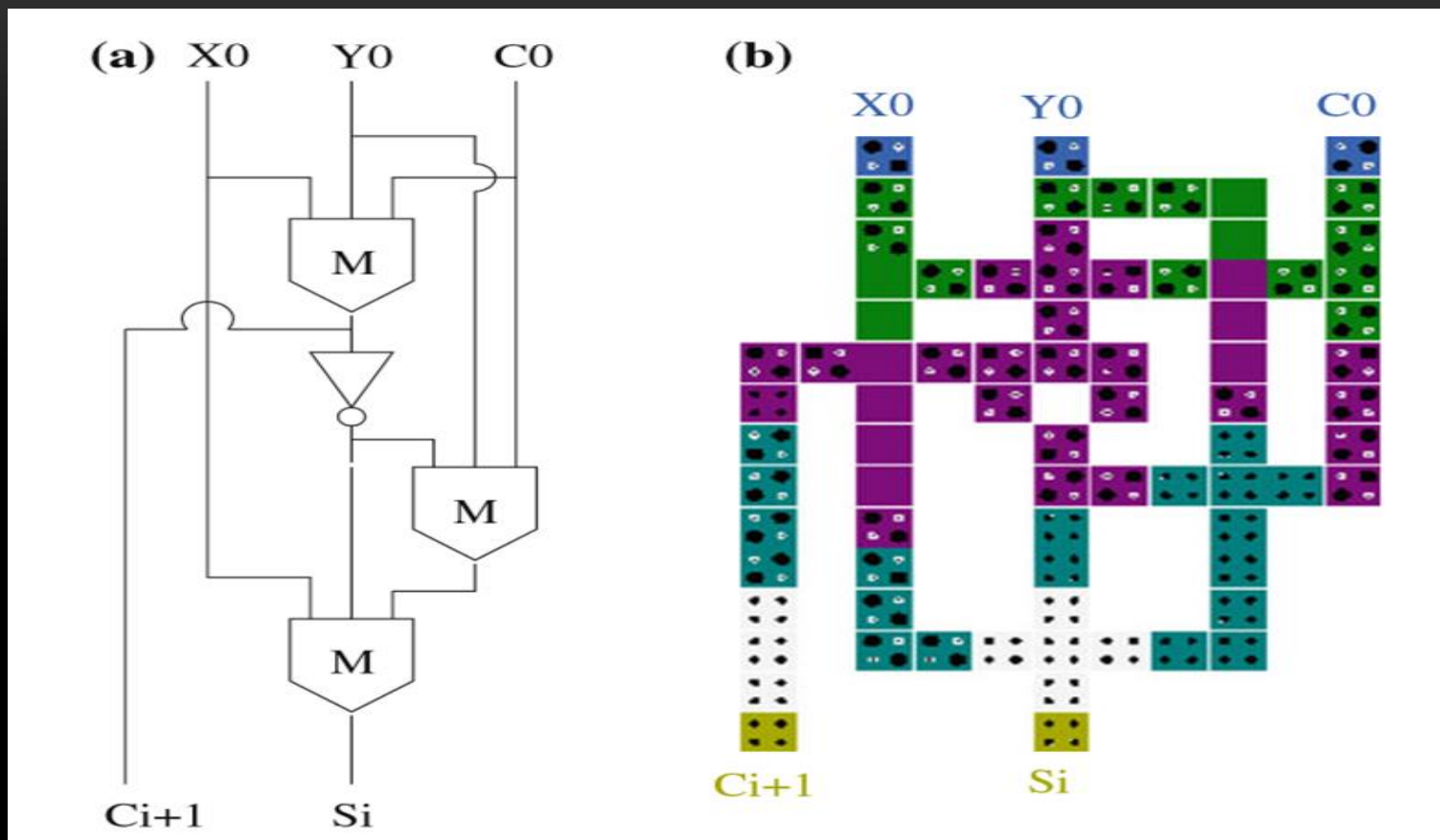
$$s_i = M(\overline{M(a_i, b_i, c_i)}, M(\overline{M(a_i, b_i, c_i)}, b_i, c_i), a_i)$$

در این رویکرد از جمع کننده های موازی QCA استفاده شده است که بر حسب مساحت مورد اشغال و میزان تاخیر تحمیل کننده به کل مدار ، استفاده از این نوع جمع کننده ها دارای بازدهی مناسب نمی باشد .



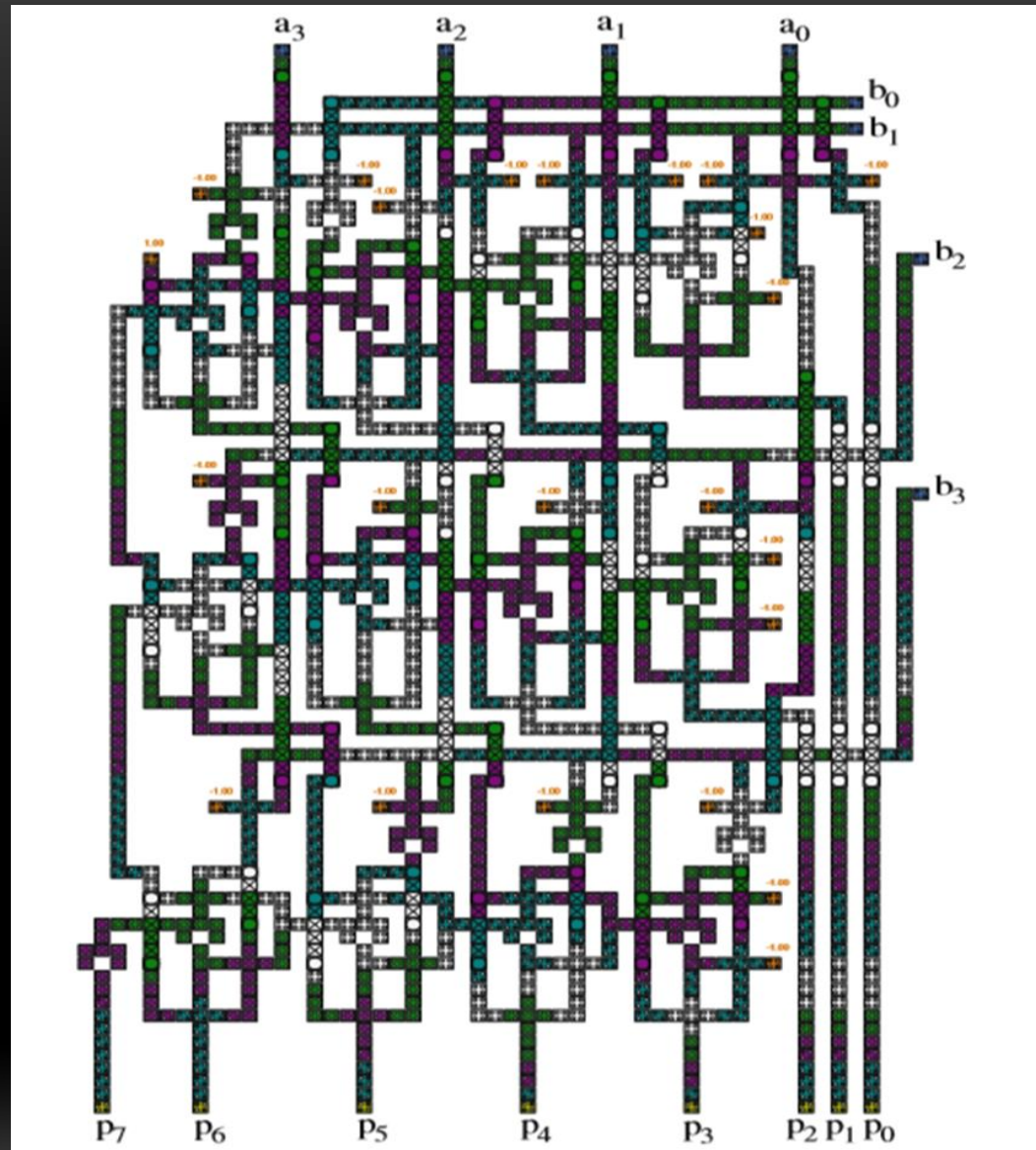
شکل ۲۲. مدار ضرب کننده ۴ بیتی baugh-wooly

با در نظر گرفتن ورودی های مدار a_i ، b_i و c_i ، مجموع حاصل s_i ، به صورت نمایش داده شده در معادله ی ۸ ، در هر مرحله محاسبه می شود . تحقق Carry با استفاده از یک گیت Majority و بدون نیاز به معکوس کننده امکان پذیر می باشد .



شکل ۲۳. (a) نمایش مداری و (b) طراحی مبتنی بر QCA با استفاده از نرم افزار QCADesigner

شکل ۲۴. طرح مدار ضرب کننده ی ۴ بیتی
Baugh Wooly با استفاده از QCADesigner





جمع بندی :

با توجه به فناوری های نوین مطرح شده و موفقیت های اخیر در پیاده سازی مدارات منطقی، سلول های خود کار نقطه کوانتومی جایگزینی بسیار مناسب برای **cmos** در مدارات **VLSI** محسوب می شوند. با استفاده از فناوری های مبتنی بر **QCA** امکان ساخت پردازشگر هایی با اتلاف پایین و سرعت بالا تر موجود می باشد.



- [1] .QUANTUM CELLULAR AUTOMATA: THEORY AND APPLICATIONS
BY CARLOS A. P´EREZ DELGADO.2014

منابع :

- [2]. WIKIPEDIA (www.wikipedia.com)

- [3.] ADDER AND MULTIPLIER DESIGN IN QUANTUM DOT CELLULAR AUTOMATA IEEE TRANSACTION JUNE 2015 BY Heumpil Cho, Member, IEEE, and Earl E. Swartzlander, Jr., Fellow, IEEE

- [4] S.Hashemi,M. Tehrani, and K.Navi, “An efficient quantum-dot cellular automata full-adder Scientific Research and Essays, vol.7, pp. 177–189, 2012

با سپاس از توجه شما