

پیاده سازی تقسیم کننده تک بیتی در QCA

جواد قاسم پور

کارشناس ارشد الکترونیک، شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت (ایکو)، تهران

* javad.qmr@gmail.com

ارسال: تیرماه ۹۷ پذیرش: آذر ماه ۹۷

چکیده

آتوماتای سلولی کوانتومی یک نانو فناوری جدید و قابل توجه برای پیاده سازی مدارات الکترونیکی در ابعاد نانو است. با داشتن الگوریتم های زیادی در مورد تقسیم کننده ها، تحقیق و پیاده سازی آنها در حوزه فناوری آتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای بسیار محدود بوده است و مقالات بسیار اندکی در این مورد وجود دارد به طوری که فقط تعداد کمی از مدارهای تقسیم کننده در QCA وجود دارد که شبیه سازی شده اند. تقسیم کننده ها در میان همه ی واحدهای پردازشی دیجیتال بیشترین مساحت اشغال شده و زمان بری را دارند در این مقاله، تقسیم کننده تک بیتی ایجاد شده که به عنوان تقسیم کننده مطلوب در نظر گرفته شده است.

کلید واژه: آتوماتای سلولی کوانتومی، گیت، مدارات مجتمع و CMOS

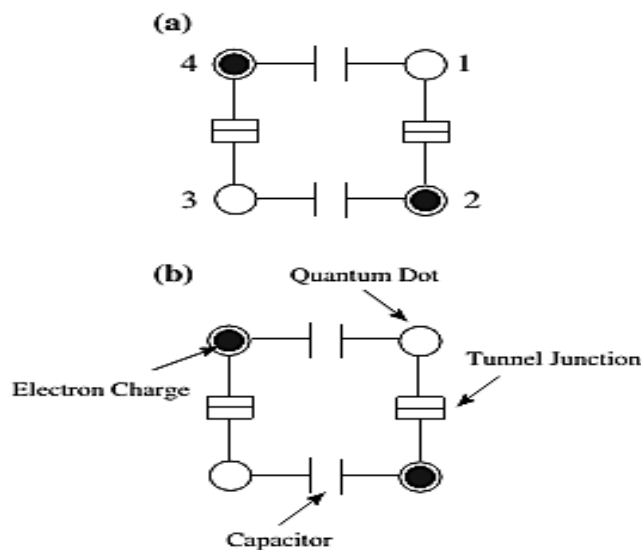
۱- مقدمه

آتوماتای سلولی کوانتومی نقطه ای نوعی فناوری نوظهور محاسباتی است که جهت ساخت مدارهایی در ابعاد نانو به کار برده می شود. این فناوری بر پایه سلول QCA که متشکل از چهار حفره که به صورت مربعی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. سلول QCA دارای دو الکترون اضافی است، که می توانند آزادانه بین حفره ها حرکت کنند. محل قرارگیری این دو الکترون در حفره ها با توجه به قانون دافعه کولومب در گوشه های مخالف اریب خواهد بود. الکترون ها هنگام جایجایی در داخل سلول با یک حرکت غیر خطی بین حفره ها تونل می رند. نیروی دافعه کولمبی فقط بین الکترون های داخل یک سلول برقرار نیست، بلکه هر سلول نیز بر سلول های مجاور تاثیر می گذارد. در صورتی که دو سلول در کنار یکدیگر قرار داشته باشند، همواره در وضعیتی قرار می گیرند که نیروی دافعه کولمبی به حداقل برسد، در این فناوری با استفاده از سلول های یاد شده و ویژگی های گفته شده آنها به طراحی مدارات منطقی که امکان پیاده سازی را داشته باشند پرداخته شده است، پژوهش های زیادی در پیاده سازی این مدارات انجام شده به طوری که بعضی از این مدارات بارها بهینه سازی و ارائه شده اند ولی در بعضی از مدارات تحقیقات محدودی انجام شده است به خصوص مدار مورد پژوهش قرار گرفته در این مقاله که در حالت چند بیتی آن دارای محدودیت هایی می باشد، پیاده سازی این مدارات و شبیه سازی آنها در این فناوری توسط نرم افزار شبیه ساز QCA Designer انجام می گیرد که در انتهای مقاله خروجی این نرم افزار نشان داده شده است [۱].

۲- ساختار QCA

۲-۱- سلول QCA

فناوری QCA بر پایه سلول که هر سلول متشکل از چهار حفره که به صورت مربعی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و دو الکترون اضافی که می‌توانند آزادانه بین حفره‌ها حرکت کنند تشکیل شده است. الکترون‌ها در هر سلول به طور کلی ۶ حالت مختلف برای قرار گرفتن ۲ الکترون در درون ۴ حفره را دارا می‌باشند البته تمامی این ۶ حالت به دلیل وجود نیروی دافعه کولنی بین الکترون‌ها پایدار نمی‌باشند و الکترون‌ها همواره در وضعیتی قرار می‌گیرند که بیشترین فاصله را از یکدیگر داشته باشند. بنابراین حالت‌های پایدار وقتی برقرارند که حفره‌ها به صورت قطری اشغال شده باشند و همین باعث ایجاد دو ساختار می‌گردد و این دو ساختار با دو پلاریزاسیون $+1$ و -1 نمایش داده می‌شوند اگر پلاریزاسیون $P = +1$ باشد این حالت برابر با یک منطق و اگر پلاریزاسیون $P = -1$ باشد برابر با صفر منطقی است. الکترون‌ها هنگام حرکت داخل سلول با یک حرکت غیرخطی بین حفره‌ها تونل می‌زنند فاصله بین حفره‌ها معمولاً حدود ۲۰ نانومتر است نیروی دافعه کولنی فقط بین الکترون‌های یک سلول برقرار نیست بلکه هر سلول بر سلول‌های مجاور تأثیر می‌گذارد. شکل ۱ سلول پایه ی QCA را نشان می‌دهد [۲].



شکل ۱- سلول پایه

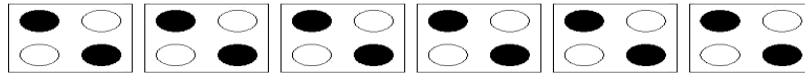
۲-۲- سلول QCA

در مدارات QCA با در کنار هم قرار دادن سلول‌های پایه یک سیم ایجاد می‌شود در حالت کلی دو روش سیم بندی در QCA به کار برده شده است. روش نخست که به عنوان استاندارد سیم بندی در QCA نیز محسوب می‌گردد از کنار هم قرار دادن سلول‌های استاندارد بوجود می‌آید و همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود سیگنال ورودی از یک سو به اولین سلول اعمال می‌شود و در اثر دافعه الکترون‌ها قطبش ایجاد شده در اولین سلول به سلول‌های مجاور یکی پس از دیگری انتقال می‌یابد و بدین ترتیب سیگنال در اول سیم منتشر می‌شود و در نهایت سیگنال ورودی در دیگر سیم قابل رؤیت می‌باشد. روش دوم که در سیم بندی استفاده می‌شود با استفاده از سلول‌های ۴۵ درجه است.، به این شکل که سلول‌ها با قطبش $+1$ و -1 یکی در میان کنار هم قرار می‌گیرند بنابراین یک سیم با استفاده از این سلول‌ها ایجاد شده است. و می‌توان سیگنال را انتقال داد از جمله برتری‌های این نوع سیم بندی نسبت به نوع اول این است که امکان بدست آوردن خود سیگنال ورودی و معکوس سیگنال ورودی به ترتیب در سلول‌های فرد و زوج وجود دارد در این تکنولوژی دو نوع سیم وجود دارد:

۱- سیم باینری شکل ۲

۲- سیم معکوس گر شکل ۳

در نوع اول همه‌ی سلول‌های آزاد در جهت سلول ورودی تنظیم می‌شوند و بنابراین اطلاعات موجود در سلول ورودی تا انتهای سیم انتقال پیدا می‌کند. در نوع دوم سلول‌های آزاد در در یک ساختار مورب ۴۵ درجه کنار هم قرار گرفته‌اند و مقدار سلول ورودی بین سلول‌های مجاور جابه‌جا شده و در هر سلولی نسبت به سلول قبل معکوس می‌گردد و بنابراین هم داده اصلی انتقال داده می‌شود و هم متمم آن [۳-۴].



شکل ۲- پیاده‌سازی سیم باینری

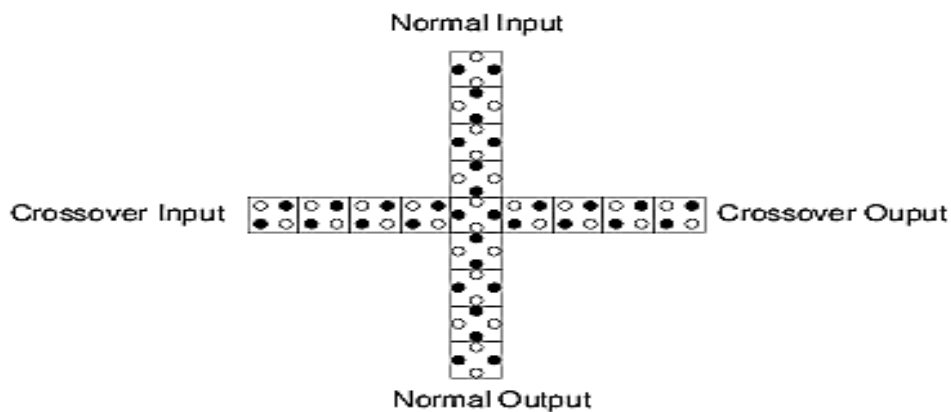


شکل ۳- پیاده‌سازی سیم معکوس‌گر

۲-۳- تلاقی و عبور سیم‌ها از روی هم در فناوری اتوماتای کوانتومی سلولی نقطه‌ای

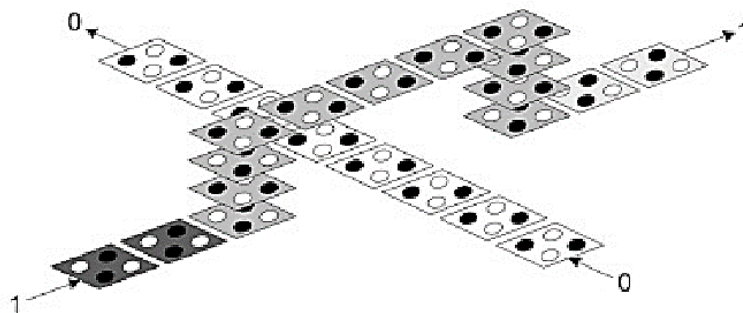
در مدارات QCA همانند مدارات مجتمع گاهی اوقات نیاز است که دو سیم از روی یکدیگر عبور کنند. در مدارات مجتمع سنتی به راحتی می‌توان دو سیم را از روی هم عبور داد اما در QCA عبور دو سیم از روی هم متفاوت است. در روش اول بیش از یک لایه برای عبور سیگنال استفاده می‌شود. به این شکل که یکی از سیگنال‌ها به لایه‌ای دیگر برده می‌شود سپس به مکان مورد نظر انتقال می‌یابد و دوباره به لایه اولیه باز می‌گردد و سیم دیگر در همان لایه اولیه قرار می‌گیرد. به این شکل دو سیم بدون اینکه روی هم تأثیری بگذارند از روی هم عبور می‌کنند. اما در روش طراحی دیگر که تحت عنوان سیم بندی هم صفحه بیان می‌شود سعی بر آن است که تمام طرح در یک لایه قرار گیرد. در این طرح یک سیم را با استفاده از سلول‌های استاندارد تشکیل می‌دهند و سیم دیگر را با استفاده از سلول‌های ۴۵ درجه قرار می‌دهند و به این ترتیب دو سیم بدون کوچکترین تأثیری از هم سیگنال را انتقال می‌دهند در مدارات کلاسیک هنگام عبور یک سیم از روی سیم دیگر با قرار دادن یک عایق در محل تلاقی آنها امکان‌پذیر می‌باشد اما در QCA به دو روش می‌توان سیم‌ها را از روی هم عبور داد. عبور هم صفحه، عبور چند لایه

در روش اول با استفاده از دو نوع سیم باینری و معکوس‌گر که هر کدام دارای سیگنال و داده مجزایی می‌باشند می‌توانند از روی هم عبور کنند بدون اینکه پلاریته آن‌ها بر هم اثر بگذارد.



شکل ۴- عبور هم صفحه در تکنولوژی QCA

در روش دوم با استفاده از یک ساختار چند لایه برای سلول‌های QCA می‌توانیم سیگنال‌ها و اطلاعات ورودی را به طور مؤثری از روی هم عبور دهیم. با قراردادن سلول‌ها به طور عمودی روی هم می‌توانیم سیگنال‌ها را به لایه‌های دیگر انتقال دهیم یک طرح عبور چند لایه در شکل ۵ را می‌توان مشاهده کرد [۴].



شکل ۵- عبور چند لایه در تکنولوژی QCA

۲-۴- کلاک و کلاکینگ

یک مدار QCA بدون داشتن زمان بندی کلاک نمی‌تواند به درستی عمل کرده و جواب‌های مورد انتظار از مدارات مورد نظر به دست نمی‌آید. در مدارات VLSI زمان بندی از طریق یک سیگنال مرجع کنترل می‌شود اما در QCA ما بایستی از یک زمان بندی استفاده کنیم که هر سلول بتواند حالت فعلی خود را حفظ کرده و به تغییر حالت سلول‌های همسایه واکنش ندهد، در QCA از کلاک به منظور کنترل و هم زمانی بخش‌هایی از مدار و همچنین تقویت سیگنال استفاده می‌شود. مفهوم Clock در QCA مانند مفهوم latch در مدارات CMOS می‌باشد که دارای چهار فاز می‌باشد که این چهار فاز عملکرد مدار برای انتقال داده را کنترل می‌کند. یک چرخه کلاک در منطق QCA به چهار فاز تقسیم می‌شود که عبارتند از:

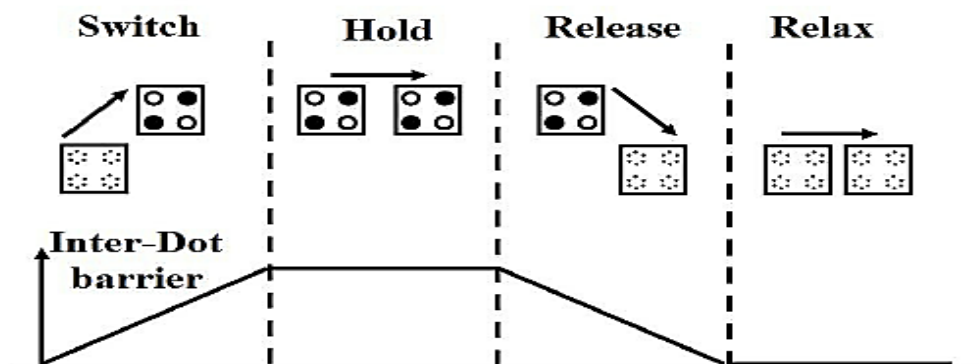
Switch: این فاز نیروهایی که مانع حرکت الکترون‌ها در داخل سلول می‌شود کم کم افزایش یافته و حرکت الکترون‌ها کند می‌شود.

Hold: در این فاز مکان الکترون‌ها به علت بیشینه بودن نیروهای مانع حرکت ثابت می‌ماند.

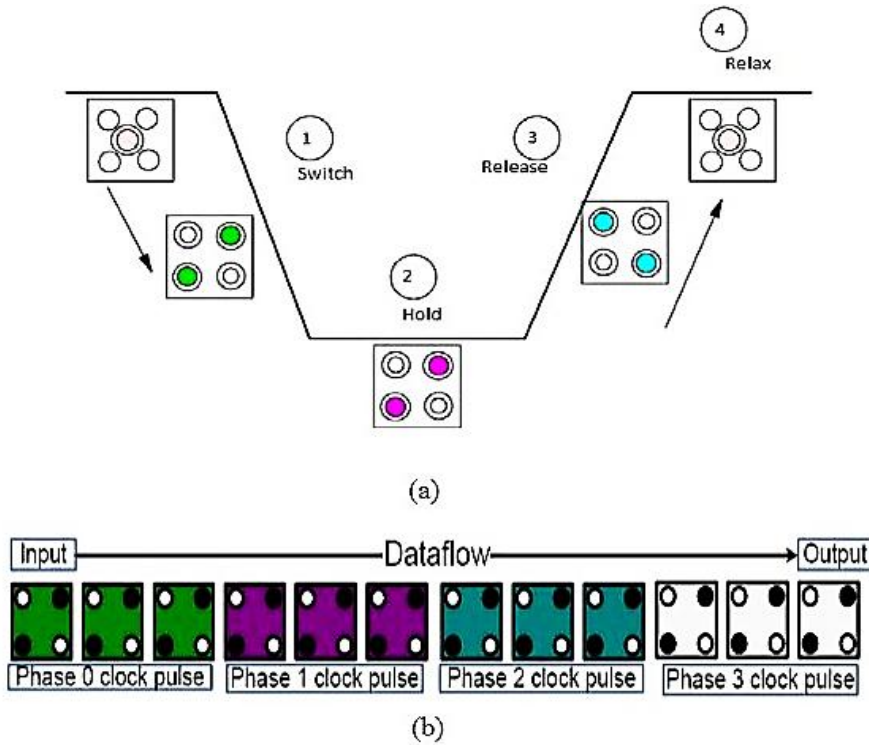
Release: در این فاز مقدار نیروهای مانع شونده به تدریج کم شده و الکترون‌ها به آرامی آزاد می‌شوند.

Relax: در این فاز الکترون‌ها کاملاً آزادانه بدون هیچ مانعی در داخل سلول حرکت می‌کنند و سلول هیچ گونه پلاریزاسیونی ندارد.

تمامی سلول‌های قرار گرفته شده در یک کلاک در یک فاز قرار می‌گیرند و نیز در نسبت دادن و تعیین کردن کلاک برای سلول‌ها بایستی حتماً کلاک به صورت ترتیبی اعمال گردد [۵].



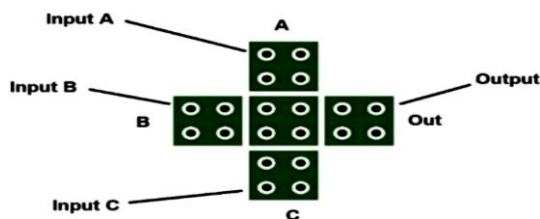
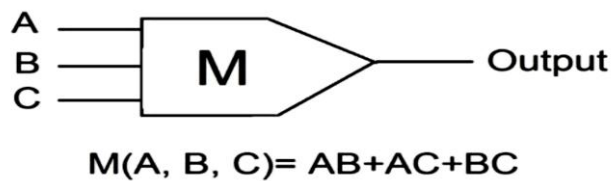
شکل ۶- نحوه قرار گیری الکترون‌ها در فاز های مربوط به کلاکینگ



شکل ۷- ترتیب و رنگ مربوط به فازها در یک سیکل

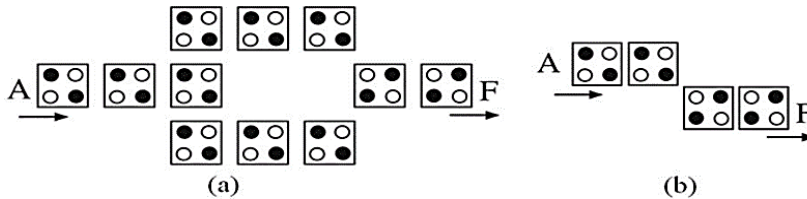
۲-۵- گیت های منطقی در فناوری آتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای

در فناوری QCA با استفاده از دو گیت اصلی می توان تمامی گیت ها را پیاده سازی کرد که این دو گیت عبارتند از گیت معکوس کننده و گیت اکثریت که می توان با استفاده از این دو گیت هر مداری را که در این فناوری امکان ساخت داشته باشد طراحی نمود. طراحی اصلی گیت معکوس کننده بر اساس نیروی دافعه کلمبی می باشد که اگر سلول ها با زاویه ۴۵ درجه نسبت به هم قرار بگیرند به دلیل دافعه، الکترون ها در دورترین حالت نسبت به هم قرار می گیرد به طوریکه پلاریته سلول اول اگر P+ باشد پلاریته سلول بعدی P- است اکثریت را می توان با استفاده از ۵ سلول استاندارد طراحی و پیاده سازی نمود که البته از ۵ سلول استفاده شده ۳ تای آن به عنوان ورودی و یک سلول آن هم به عنوان خروجی استفاده می شود. یک سلول هم در قسمت میانی می باشد که مقدار پلاریته ی آن با توجه به پلاریته ی اکثریت سلول های ورودی تغییر می کند.



شکل ۸- گیت اکثریت در QCA و شماتیک مداری آن

حال اگر دو سلول در کنار هم به صورت اریب یعنی زاویه ۴۵ درجه قرار گیرند به دلیل وجود دافعه کولنی الکترون‌ها در دورترین حالت نسبت به هم قرار می‌گیرند و همین اصل در طراحی یک معکوس کننده در QCA به کار گرفته شده است. گیت معکوس کننده به دو صورت قابل پیاده‌سازی می‌باشد که شکل ۹ گیت معکوس کننده استاندارد می‌باشد [۶-۷].



شکل ۹- گیت معکوس کننده در تکنولوژی QCA (گیت معکوس کننده استاندارد (a))

۲-۶- گیت های منطقی در فناوری اتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای

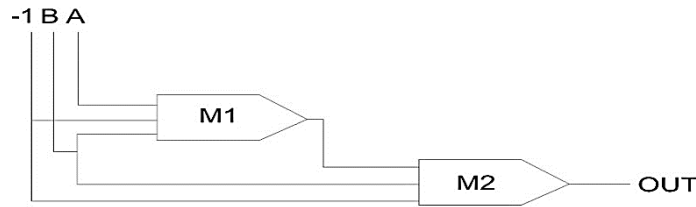
مدارهایی که تحت تکنولوژی CMOS ساخته می‌شوند تفاوت بسیار چشمگیری در مساحت و میزان توان مصرفی نسبت به مدارهای تحت تکنولوژی QCA دارند. بدین معنی که نسبت به مدارهای QCA مساحت بسیار زیادی اشغال می‌کنند و توان مصرفشان بسیار بیشتر است. این گونه است که QCA با این خصوصیات منحصر به فرد تحول بزرگی در حوزه علم کامپیوتر و مدارهای منطقی به حساب می‌آید QCA نسبت به CMOS بسیار کوچکتر است حتی ابعاد سلول QCA در حد مولکول یا اتم قابل پیاده سازی است. QCA مصرف توان بسیار پایینی نسبت به CMOS دارد چون نه تنها جریانی در مدار وجود ندارد خازن خروجی هم در مدار نخواهد بود و توانایی عبور سیم‌ها از روی هم نیز از مزیت‌های این تکنولوژی است. در بعضی پیاده سازی‌های QCA تعامل‌ها مغناطیسی انجام می‌شود و تنها در همین موارد کند تر از CMOS عمل خواهد کرد. از دیگر معایب QCA کار کردن در دمای زیر ۷۰ درجه کلونین است با توجه به کندی مدارهای QCA در بعضی پیاده سازی‌ها و انتشار منطقی از هر دو سمت سیم و گیت‌ها نیاز شدید به Clock در آنها احساس می‌شود [۸].

۲-۷- قواعد کلی برای یک طراحی کارا در فناوری اتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای

در این بخش یک سری از قواعد و قوانین برای طراحی یک مدار بیان می‌شود، مطالعات انجام گرفته شده نشان داده است که بکار بستن نکاتی که در ادامه آمده است احتمال نویز پذیری در مدارات را تا حد بسیار زیادی کاهش خواهد داد. (۱) حداقل تعداد سلول‌های واقع در یک منطقه کلاک نمی‌بایست از دو سلول کمتر باشد (۲) حداکثر طول مجاز یک سیم واقع در یک منطقه کلاک برای اینکه یک سیگنال در طول آن منتشر شود در فرکانس یک تراهرتز، ۲۸ عدد برای سلول‌های ۹۰ درجه و ۲۷ عدد برای سلول‌های ۴۵ درجه و در فرکانس ۲ تراهرتز، ۱۲ عدد برای سلول‌های ۹۰ درجه و ۱۰ عدد برای سلول‌های ۴۵ درجه است. (۳) تعداد سلول‌های واقع در یک منطقه کلاک به شرطی می‌تواند به حد قابل قبول مذکور در مورد ۲ برسد که در مسیرش، پیچش نداشته باشد و صرفاً یک سیم عمودی و یا افقی را تشکیل دهند (۴) تاخیر فازریک از ورودی‌های مدار به یک گیت می‌بایست با یکدیگر برابر باشد و هم زمانی رعایت شود، این هم‌زمانی موجب سر بار سخت افزاری بیشتر به دلیل افزودن تعداد سلول‌های اضافی به یک منطقه کلاکینگ می‌شود اما در نهایت باعث صحت عملکرد مدار خواهد شد...

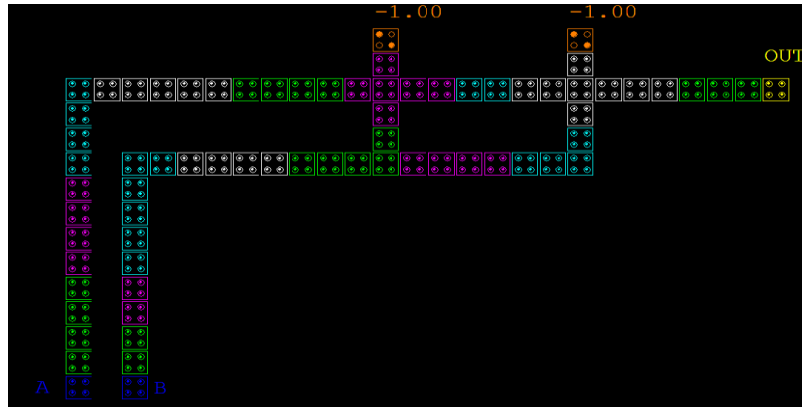
۳- طراحی تقسیم کننده تک بیتی در فناوری اتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای

ما برای طراحی تقسیم کننده تک بیتی، از شماتیک نشان داده شده در شکل ۱۰ استفاده می‌کنیم در این مدار A, B ورودی و OUT خروجی مدار را تشکیل می‌دهد.



شکل ۱۰- شماتیک مدار تقسیم کننده تک بیتی

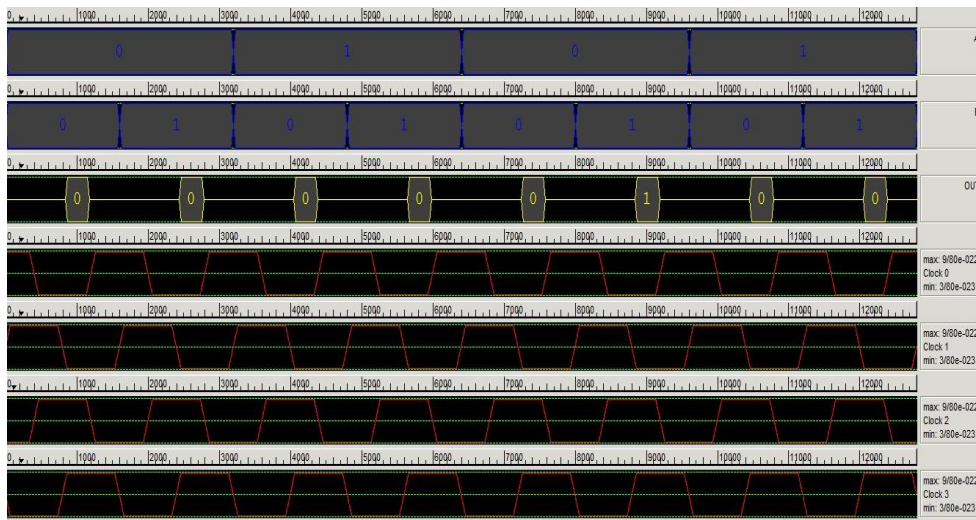
طرح بندی تقسیم کننده تک بیتی در شکل ۱۱ نشان داده شده است که طراحی آن در یک لایه صورت گرفته و متشکل از ۷۲ سلول است و مساحت ناحیه آن ۰/۱۵ میکرو مترمربع است و این طراحی برای تولید خروجی به دو کلاک نیاز دارد.



شکل ۱۱- طرح بندی مدار تقسیم کننده تک بیتی

۴- نتایج شبیه سازی

ما برای شبیه سازی این مدارها و پیاده سازی آنها از نرم افزار QCA Designer استفاده می کنیم. تک تک گیت ها را در نرم افزار QCA Designer پیاده می کنیم و با انجام عمل سیم بندی مدار تشکیل می دهیم برای سیم بندی با توجه توضیحاتی که گفته شده در مدارات QCA با در کنار هم قرار دادن سلول های پایه یک سیم ایجاد می شود که از کنار هم قرار دادن سلول های استاندارد بوجود می آید و سیگنال ورودی از یک سو به اولین سلول اعمال می شود و در اثر قطبش ایجاد شده در اولین سلول به سلول های مجاور یکی پس از دیگری انتقال می یابد حال کلاک بندی را در طرح بندی مشخص شده اعمال می کنیم با اجرای عمل شبیه سازی در نرم افزار QCA Designer منحنی های خروجی مشخص می شود. نتایج شبیه سازی طراحی تقسیم کننده تک بیتی در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲ - خروجی شبیه سازی مدار تقسیم کننده تک بیتی

جدول ۱- صحت تقسیم کننده تک بیتی

A	B	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول ۲- جدول مقایسه تقسیم کننده های ارائه شده

مراجع	تعداد سلول	مساحت(میکرو متر مربع)	تاخیر
تقسیم کننده تک بیتی	۷۲	۰/۱۵	۲

۵- نتیجه گیری

نتایج کار پیشنهادی بر روی منطق های دیجیتال برای مدارهای QCA با استفاده از طرح های طبقه توسعه یافته برای طراحی های واقعی و مفید، در نهایت در این مقاله خلاصه شده اند که از طریق این تحقیق بدست آمده است این است که QCA را می توان یک رقیب قوی برای تکمیل تکنولوژی CMOS در مدارهای مجتمع دیجیتال در آینده نزدیک دانست. اما هنوز تکنولوژی CMOS آنالوگ نیاز خواهد بود که جهان آنالوگ واقعی را به QCA کوانتومی متصل کند. به منظور شبیه سازی و طراحی مدارهای مجتمع QCA مورد استفاده قرار می گیرد. این تحقیق با تلاش فراوان برای رسیدن به یک جایگزین مناسب برای مسایل طراحی منطق دیجیتالی CMOS، از مشخصات سیستم به تولید فیزیکی، پتانسیل یک QCA را آغاز نمود. منطق سنتز یک فرآیند کلیدی مهم است که ممکن است به طور قابل توجهی مساحت و شمارش سلول مدارها را کاهش دهد. بزرگ ترین چالش برای تطبیق ابزارها و جریان های طراحی به منظور تطبیق ویژگی های خاص QCA، مانند هماهنگ سازی در سطح گیت و خطوط سیمی بود. که ممکن است برای تبدیل بسیاری از مدارهای CMOS به QCA مورد نیاز باشد مهم ترین هدف این مقاله، کمک به تلاش های اصلی در طراحی یک طراحی مدار منطقی جدید است که به بهبود محاسبات منطقی و جریان اطلاعات کمک می کند و ویژگی های کلیدی برای اجرای آسان فیزیکی را در مقایسه با سایر مدارهای منطقی موجود فراهم می کند از تکنیک منطق کاهش اکثریت برای کاهش نیاز سخت افزار به مدارهای منطقی دیجیتال استفاده شده است. با این حال، مدارهای مجتمع پیچیده با گیت های ورودی اصلی برای کاهش پیچیدگی مساحت طراحی شدند.

۶- منابع

1. جواد قاسم پور. طراحی و پیاده سازی الگوریتم محاسباتی تقسیم در فناوری اتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای (QCA). دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه
2. I.Amlani et al. "Experimental demonstration of a leadless quantum-dot cellular automata cell", Appl.Phys.Lett.,vol.77,no.5,pp.738-740,July 2000.
3. A.Orlov et al., "Experimental demonstration of a binary wire for quantum - dot cellular automata",Appl.Phys.Lett.,vol.74,no.19,pp. 2875-2877,May 1999
4. Liang Lu,Weiqliang Liu,Marie O'Neill and Earl E"QCA Systolic Array Design"IEEE.IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS,VOL.62,NO.3, MARCH 2013
5. A.Orlov et al., "Experimental demonstration of clocked single-electron switching in quantum-dot cellular automata",Appl.Phys.Lett.,vol.77,no.2,pp.295-297,July 2000.
6. Askari M,Taghizadeh M.Logic Circuit Design in Nano-Scale using Quantum-Dot Cellular Automata.European Journal of Scientific Research 2011;48:516-526
7. Lee Ai Lim, Azrul Ghazali,Sarah Chan Tji Yan,Chau Chien Fat"Sequential Circuit Design using Quantum-Dot Cellular Automata (QCA)" 2012 IEEE 978-1-4673-3119-7/12/\$31.00
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_cellular_automaton

۹. پرداختچی، محمدحسن (۱۳۷۸). نقش نظارت و راهنمایی آموزشی در بهبود کیفیت آموزش عمومی، فصلنامه تعلیم و تربیت، شماره ۴۷.

10. Anderson, A., Hamilton, R. J., & Hattie, J. (2004). Classroom climate and motivated behavior in secondary schools. *Learning Environments Research*, 7(3), 211-225

11. Emmer, E. T., & Hickman, J. (1991). Teacher efficacy in classroom management and discipline. *Educational and Psychological Measurement*, 51(3), 755-765.

12. Mitchell, M. M., & Bradshaw, C. P. (2013). Examining classroom influences on student perceptions of school climate: The role of classroom management and exclusionary discipline strategies. *Journal of School Psychology*, 51(5), 599-610.

13. Edwards, C. H., & Watts, V. J. (2010). *Classroom discipline & management* (2nd ed). Milton, Qld: John Wiley & Sons

14. Marsh, H. W., & Roche, L. A. (1997). Making students' evaluations of teaching effectiveness effective: The critical issues of validity, bias, and utility. *American Psychologist*, 52(11), 1187-1197.

15. Betoret, F. D. (2013). Teacher psychological needs, locus of control and engagement. *Spanish Journal of Psychology*, 16, 1-13.

16. Artemeva, N, Logie, S, & St-Martin, J. (1999). From page to stage: How theories of genre and situated learning help introduce engineering students to discipline-specific communication. *Technical Communication Quarterly*, 8(3), 301-316.

۱۷. مرعشی، علی اکبر. (۱۳۷۱). مدیریت و سازماندهی کلاس درس، رشد تکنولوژی آموزشی، دوره هشتم، شماره ۶. تهران: پایگاه علوم تربیتی.

۱۸. صفوی، امان الله (۱۳۷۰). اصول و قواعد اداره کلاس، فصلنامه تعلیم و تربیت (آموزش و پرورش) شماره ۶.

۱۹. معنوی، داوود (۱۳۸۹). شیوه های مدیریت کلاس و مهارت های ارتباطی با دانش آموزان.

۲۰. بهرنگی، محمد رضا (۱۳۷۶). مدیریت رفتار کلاسی، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲۱. سرمد، غلامعلی (۱۳۸۹). تدریس، هنر معلمی، انتشارات اشراق، قم .

۲۲. پیریایی، حسین (۱۳۸۳). بررسی راه های افزایش علاقه مندی دبیران استان لرستان با استفاده از روش های تدریس.

۲۳. شعبانی، حسن (۱۳۹۶). مهارت های آموزش و پرورش (روش ها و فنون تدریس)، انتشارات سمت، تهران.

۲۴. فتحی آذر اسکندر (۱۳۸۲). روش ها و فنون تدریس، انتشارات دانشگاه تبریز.