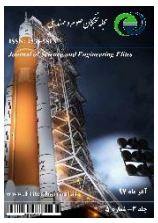
Archive of SID

مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۳- شماره ۵- سال ۱۳۹۷

www.ElitesJournal.ir



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 طوریکه 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

اتوماتای سلولی کوانتومی نقطه ای نوعی فناوری نوظهور محاسباتی است که جهت ساخت مدارهایی در ابعاد نانو به کار برده می‌شود. این فناوری بر پایه سلول QCA که متشکل از چهار حفره که به صورت مربعی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. سلول QCA دارای دو الکترون اضافی است، که می‌توانند آزادانه بین حفره‌ها 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 می‌زنند. نیروی دافعه کولمبی فقط بین الکترون‌های داخل یک سلول برقرار نیست، بلکه هر سلول نیز بر سلول‌های مجاور تاثیر می‌گذارد. در صورتی که دو سلول در کنار یکدیگر قرار داشته باشند، همواره در وضعیتی قرار می‌گیرند 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 طوریکه بعضی از این مدارات بار ها 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].

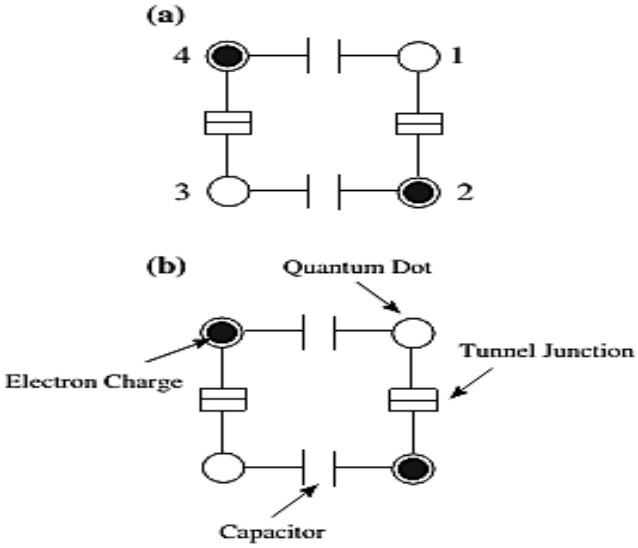
www.SID.ir

Archive of SID

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 می گردد و این دو ساختار با دو پلاریزاسیون ۱+ و ۱- نمایش داده می‌شوند اگر پلاریزاسیون P = +۱ باشد این حالت برابر با یک منطق و اگر پلاریزاسیون P = ۱ 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 می دهد [۲].



شکل ۱ - سلول پایه

۲-۲- سلول QCA

در مدارات QCA با در کنار هم قرار دادن سلولهای پایه یک سیم ایجاد می شود 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 می گردد از کنار هم قرار دادن سلول های استاندارد بوجود می آید و همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود سیگنال ورودی از یک سو به اولین سلول اعمال می شود و در اثر دافعه الکترون ها قطبش ایجاد شده در اولین سلول به سلول های مجاور یکی پس از دیگری انتقال می یابد و بدین ترتیب سیگنال در اول سیم منتشر می شود و در نهایت سیگنال ورودی در دیگر سیم قابل رؤیت می باشد. روش دوم که در سیم بندی استفاده می شود با استفاده از سلول های ۴۵ درجه است.، به این شکل که سلول ها با قطبش ۱ + و ۱ - یکی در میان کنار هم قرار می گیرند بنابراین یک سیم با استفاده از این سلول ها ایجاد شده است. و می توان سیگنال را انتقال داد از جمله برتری های این نوع سیم بندی نسبت به نوع اول این است که امکان بدست آوردن خود سیگنال ورودی و معکوس سیگنال ورودی به ترتیب در سلول های فرد و زوج وجود دارد در این تکنولوژی دو نوع سیم وجود دارد:

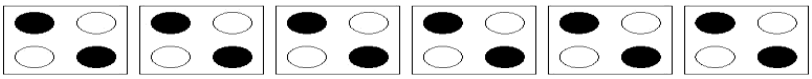
۱- سیم باینری شکل ۲

۲- سیم معکوس گر شکل ۳

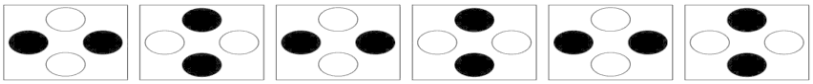
www.SID.ir

Archive of SID

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

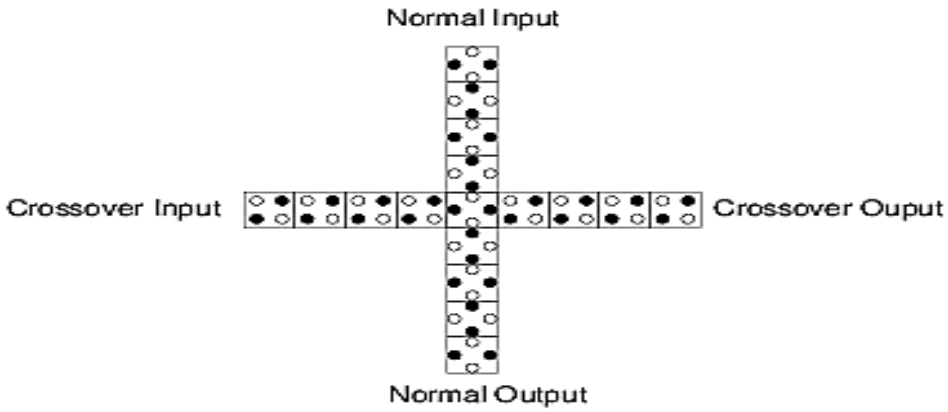


شکل ۳- پیاده‌سازی سیم معکوس گر

۲-۳- تلاقی و عبور سیم‌ها از روی هم در فناوری آتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای

در مدارات QCA همانند مدارات مجتمع گاهی اوقات نیاز است که دو سیم از روی یکدیگر عبور کنند. در مدارات مجتمع سنتی به راحتی می توان 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 می شود. به این شکل که یکی از سیگنال ها به لایه ای دیگر برده می شود سپس به مکان مورد نظر انتقال می یابد و دوباره به لایه اولیه باز می گردد و سیم دیگر در همان لایه اولیه قرار می گیرد. به این شکل دو سیم بدون اینکه روی هم تاثیری بگذارتد از روی هم عبور می کنند. اما در روش طراحی دیگر که تحت عنوان سیم بندی هم صفحه بیان می شود سعی بر آن است که تمام طرح در یک لایه قرار گیرد. در این طرح یک سیم را با استفاده از سلول های استاندارد تشکیل می دهند و سیم دیگر را با استفاده از سلول های ۴۵ درجه قرار می دهند و به این ترتیب دو سیم بدون کوچکترین تاثیری از هم سیگنال را انتقال می دهند 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 معکوس گر که هر کدام دارای سیگنال و داده مجزایی می‌باشند می‌توانند از روی هم عبور کنند بدون اینکه پلاریته آن‌ها بر هم اثر بگذارد.

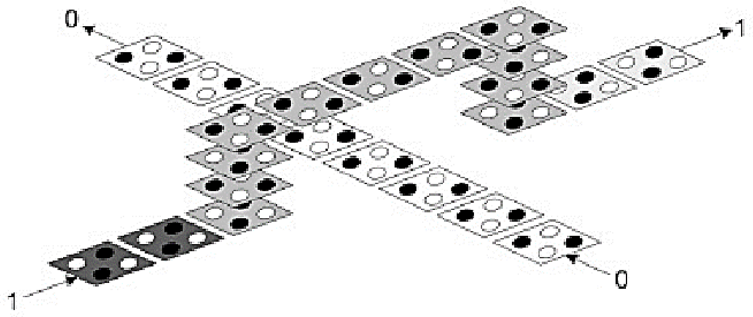


شکل ۴- عبور هم صفحه در تکنولوژی QCA

www.SID.ir

Archive of SID

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 موردنظر به دست نمی‌آید.در مدارات VLSI زمان‌بندی از طریق یک سیگنال مرجع کنترل می‌شود اما در QCA ما بایستی از یک زمانبندی 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:

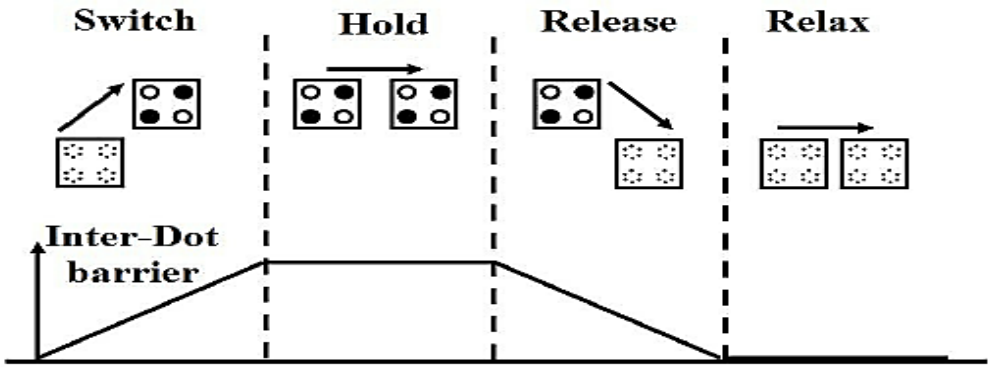
Switch: این فاز نیروهایی که مانع حرکت الکترون‌ها در داخل سلول می‌شود کم‌کم افزایش یافته و حرکت الکترون‌ها کند می‌شود.

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 هیچ‌گونه پلاریزاسیونی ندارد.

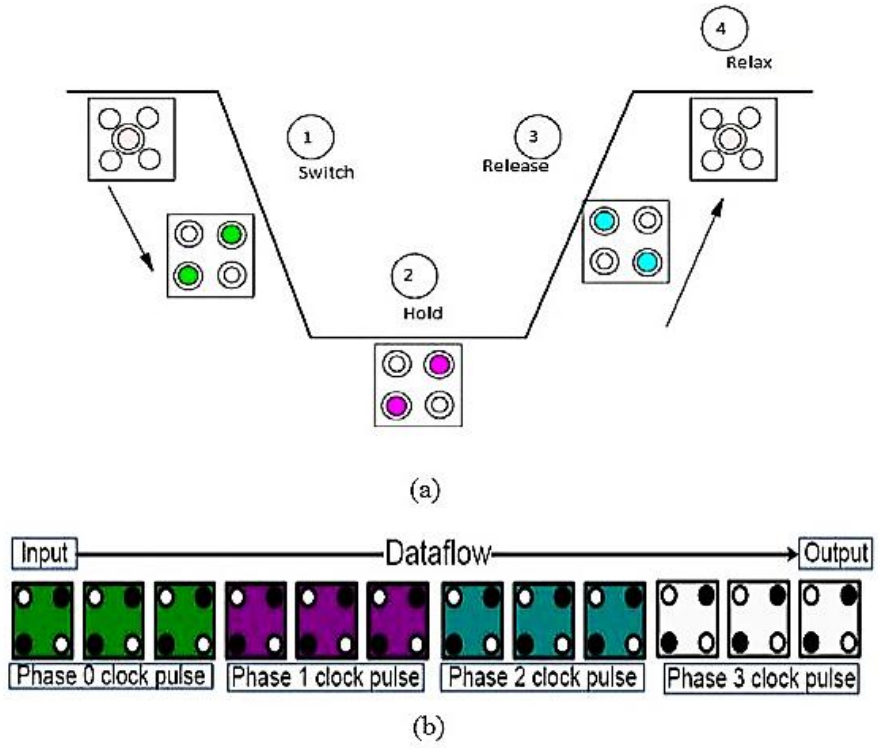
تمامی سلول‌های قرار گرفته شده در یک کلاک در یک فاز قرار می‌گیرند و نیز در نسبت دادن و تعیین کردن کلاک برای سلول‌ها بایستی حتماً کلاک به صورت ترتیبی اعمال گردد [۵].



شکل ۶- نحوه قرارگیری الکترون ها در فاز های مربوط به کلاکینگ

www.SID.ir

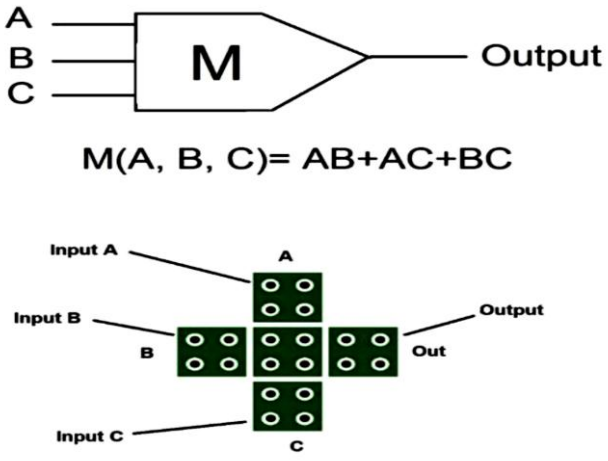
Archive of SID



شکل ۷ - ترتیب و رنگ مربوط به فاز ها 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 در جه 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 گیت اکثریت را می توان با استفاده از ۵ سلول استاندارد طراحی و پیاده‌سازی نمود که البته از ۵ سلول استفاده شده ۳ تای آن به عنوان ورودی و یک سلول آن هم به عنوان خروجی استفاده می‌شود. یک سلول هم در قسمت میانی می‌باشد که مقدار پلاریته‌ی آن با توجه به پلاریته‌ی اکثریت سلول‌های ورودی تغییر می کند.

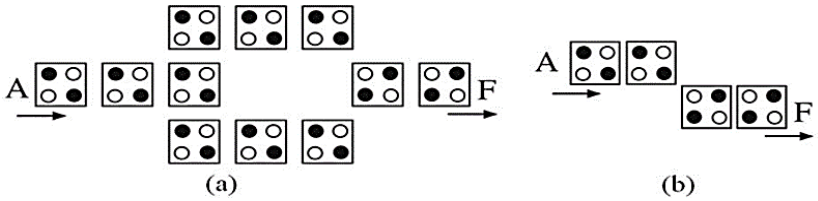


شکل ۸ - گیت اکثریت در QCA و شماتیک مداری ان

www.SID.ir

Archive of SID

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 آتوماتای 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 مصرفیشان بسیار 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 بسیار پایینی نسبت به CMOS دارد چون نه تنها جریانی در مدار وجود ندارد خازن خروجی هم در مدار نخواهد بود و توانایی عبور سیم ها از روی هم نیز از مزیت های این تکنولوژی است. در بعضی پیاده سازی های QCA تعامل ها مغناطیسی انجام می شود و تنها در همین موارد کند تر از CMOS عمل خواهد کرد. از دیگر معایب QCA کار کردن در دمای زیر ۷۰ درجه کلوین است با توجه به کندی مدارهای QCA در بعضی پیاده سازی ها و انتشار منطق از هر دو سمت سیم و گیت ها نیاز شدید به Clock در آنها احساس می شود [۸].

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

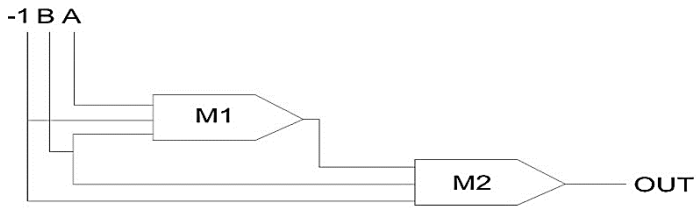
در این بخش یک سری از قواعد و قوانین برای طراحی یک مدار بیان می شود، مطالعات انجام گرفته شده نشان داده است که بکار بستن نکاتی که در ادامه آمده است احتمال نویز پذیری در مدارات را تا حد بسیار زیادی کاهش خواهد داد. (۱) حداقل تعداد سلول های واقع در یک منطقه کلاک نمی بایست از دو سلول کمتر باشد (۲) حداکثر طول مجاز یک سیم واقع در یک منطقه کلاک برای اینکه یک سیگنال در طول آن منتشر شود در فرکانس یک ترا هرتز ، ۲۸ عدد برای سلول های ۹۰ درجه و ۲۷ عدد برای سلول های ۴۵ درجه و در فرکانس ۲ ترا هرتز ، ۱۲ عدد برای سلول های ۹۰ درجه و ۱۰ عدد برای سلول های ۴۵ درجه است. (۳) تعداد سلول های واقع در یک منطقه کلاک به شرطی می تواند به حد قابل قبول مذکور در مورد ۲ برسد که در مسیرش ، پیچش نداشته باشد و صرفا یک سیم عمودی و یا افقی را تشکیل دهند (۴) تاخیر فازهریک از ورودی های مدار به یک گیت می بایست با یکدیگر برابر باشد و هم زمانی رعایت شود ، این همزمانی موجب سر بار سخت افزاری بیشتر به دلیل افزودن تعداد سلول های اضافی به یک منطقه کلاکینگ می شود 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 می کنیم در این مدار A,B ورودی و OUT خروجی مدار را تشکیل می دهد.

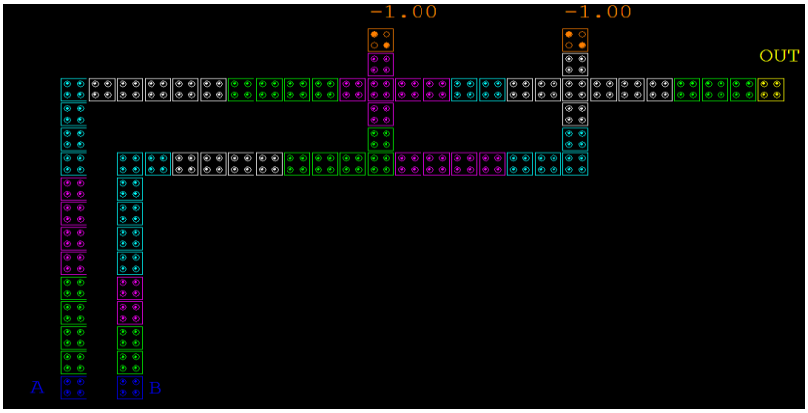
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- شماتیک مدار تقسیم کننده تک بیتی

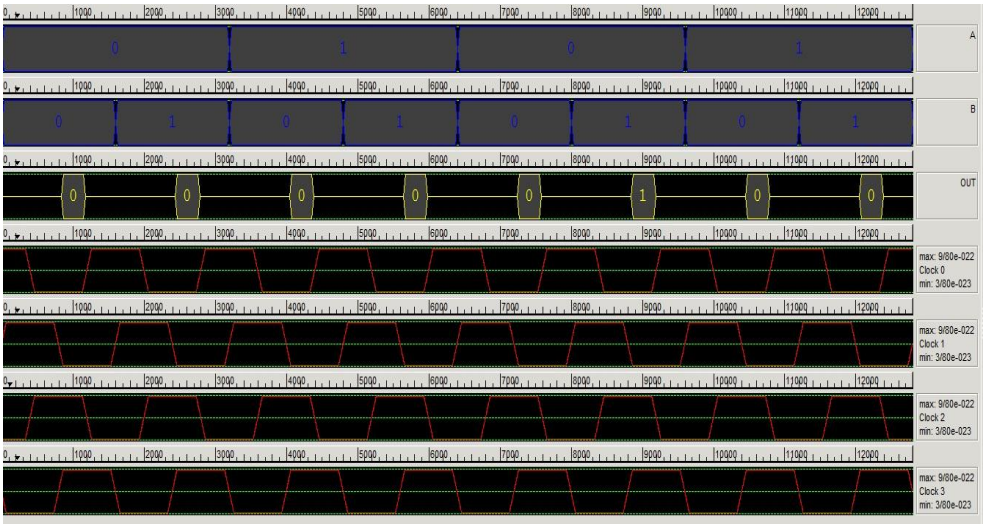
طرح بندی تقسیم کننده تک بیتی در شکل ۱۱ نشان داده شده است که طراحی آن در یک لایه صورت گرفته و متشکل از ۷۲ سلول است و مساحت ناحیه آن ۰/۱۵ میکرو مترمربع است و این طراحی برای تولید خروجی به دو کلاک نیاز دارد.



شکل ۱۱- طرح بندی مدار تقسیم کننده تک بیتی

۴- نتایج شبیه سازی

ما برای شبیه سازی این مدار ها وپیاده سازی آنها از نرم افزار QCA Designer استفاده می کنیم. تک تک گیت ها را در نرم افزار QCA Designer پیاده می‌کنیم 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

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

۵– نتیجه گیری

نتایج کار پیشنهادی بر روی منطق‌های دیجیتال برای مدارهای QCA با استفاده از طرح‌های طبقه توسعه‌یافته برای طراحی‌های واقعی و مفید، در نهایت در این مقاله خلاصه شده‌اند که از طریق این تحقیق بدست‌آمده 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 شبیه‌سازی و طراحی مدارهای مجتمع QCA مورد استفاده قرار می‌گیرد.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 قابل‌توجهی مساحت و شمارش سلول مدارها را کاهش دهد. بزرگ‌ترین چالش برای تطبیق ابزارها و جریان‌های طراحی به منظور تطبیق ویژگی‌های خاص QCA، مانند هماهنگ‌سازی در سطح گیت و خطوط سیمی بود. که ممکن است برای تبدیل بسیاری از مدارهای CMOS به QCA مورد نیاز باشد مهم‌ترین هدف این مقاله، کمک به تلاش‌های اصلی در طراحی یک طراحی مدار منطقی جدید است که به بهبود محاسبات منطقی و جریان اطلاعات کمک می‌کند و ویژگی‌های کلیدی برای اجرای آسان فیزیکی را در مقایسه با سایر مدارهای منطقی موجود فراهم می‌کند از تکنیک منطق کاهش اکثریت برای کاهش نیاز سخت‌افزار به مدارهای منطقی دیجیتال استفاده شده‌است. با این حال، مدارهای مجتمع و پیچیده با گیت های ورودی اصلی برای کاهش پیچیدگی مساحت طراحی شدند.

۶– منابع

۱. جواد قاسم پور.طراحی و پیاده سازی الگوریتم محاسباتی تقسیم در فناوری آتوماتای کوانتومی سلولی نقطه ای (QCA) .دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

2. .I.Amlani et al. "Experimental demonstraction 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,Weiqiang Liu,Ma ire 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 demonstraction 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 Scientic 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

www.SID.ir

Archive of SID

۹. پرداختچی، محمدحسن (۱۳۷۸). نقش نظارت و راهنمایی آموزشی در بهبود کیفیت آموزش عمومی، فصلنامهٔ 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، شماره۶. 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 ومهارت های ارتباط بادانش آموزان.

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

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

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

www.SID.ir