پیاده‌سازی مدل نورونی ایژیکویچ با استفاده از انتگراتورهای لگاریتمی

علی آقاباقری[1]، حامد ساجدی[2]، محمد باقر غزنوی قوشچی[3]

۱. کارشناس ارشد برق الکترونیک، دانشگاه شاهد، aqabaqeri@gmail.com

۲. استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد

۳. استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۴

چکیده

تاکنون مدل‌های نورونی گوناگونی برای بازتولید دینامیک‌های غیرخطی بیولوژیکی ارائه شده است که مدل ایژیکویچ یکی از بهترین آنها از لحاظ پیچیدگی و صحت است. نورون سیلیکونی یک مدار مبتنی بر ترانزیستور فشرده است که می‌تواند مدل‌های نورونی را پیاده‌سازی کند. در این مقاله ما یک مدار بسیار کم توان و ابعاد پایین برای مدل ایژیکویچ را بر پایه‌ی انتگراتورهای لگاریتمی ارائه کرده‌ایم. در مدار ارائه شده، با استفاده از کاهش خازن و جریان‌های بایاس، مساحت و توان استاتیک به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. به علاوه، با کاهش سوئینگ ولتاژی مدار مقایسه‌کننده، توان دینامیک پایینی به دست آمده است. همچنین، یک راهکار عملی برای قسمت تشخیص پیک جریان با استفاده از یک ترانزیستور ایجادکننده مقاومتی بزرگ معرفی شده است. شبیه‌سازی این مدار با استفاده از تکنولوژی ۱۸۰ nm است. مطابق با نتایج به دست آمده، توان و مساحت، به ترتیب، از ۱/۶۵ nW و ۱۱۰۰ μm^2 به ۶۵۰ pW و ۱۸۰ μm^2 بهبود یافته است و ۱۲ الگو از نورون‌های کورتیکال نیز تنها با ۳ پارامتر تنظیم بازتولید شده است.

کلیدواژه

توان پایین، ابعاد پایین، مدل ایژیکویچ، نورون سیلیکونی، انتگراتور لگاریتمی.

مقدمه

به تازگی، علاقه علمی فراوانی به پیاده‌سازی VLSI مدل‌های نورونی ایجاد شده[۱] و بر این اساس، مدل‌های نورونی گوناگونی به جهت بازتولید دینامیک‌های نورون‌های کورتیکال بیولوژیکی ارائه شده است[۲]. برخی از آنها مانند مدل هاجکین- هاکسلی دارای صحت و دقت بالایی در تولید دینامیک‌ها هستند ولی معادلات آنها پیچیده و برای پیاده‌سازی مشکل است[۳]. بعضی دیگر مانند مدل I&F دارای معادلات ساده‌تری هستند ولی نمی‌توانند الگوهای نورونی غنی ایجاد کنند[۴]. در سال ۲۰۰۳ آقای ایژیکویچ مدلی را ارائه کرد که در عین سادگی و دقت کافی، می‌توانست اکثر دینامیک‌های کورتیکال را بازتولید کند[۵].

نورون سیلیکونی یک مدار زمان-واقعی با مصرف توان قابل قبول است که به خوبی می‌توان آن را در چیپ‌ها به کار برد و دارای کاربردهای مختلفی از جمله روبوتیک [۶]، پردازش سیگنال [۷]، استفاده در بیوسنسورها [۸] است. دو نوع راهبرد برای طراحی مدارات VLSI مدل ایژیکویچ وجود دارد: مد ولتاژ (بالای آستانه) [۹،۱۰] و مد جریان (زیر آستانه) [۱۱-۱۴] که مدارات مد جریان به خاطر مصرف توان بسیار پایین‌ترشان برای نورون‌های سیلیکونی مناسب‌تر هستند[۱].

از میان پیاده‌سازی‌های اخیر راهبرد مد جریانی، مدار ارائه شده در [۱۵] توان بالایی مصرف کرده و ابعاد زیادی اشغال می‌کند. مدار ارائه شده در [۱۶] به ازای تکنولوژی ۹۰ nm آن، دارای مصرف توان زیادی است و شکل موج‌های خوبی نیز تولید نمی‌کند. مدار [۱۷] نیز با آنکه ۱۷ الگوی خوب را تولید می‌کند ولی این امر با مداری با ابعاد بالا و تعداد پارامتر تنظیم زیاد محقق شده است. در نهایت، برای مدار [۱۳] هنوز توان و ابعاد مدار نیز متوسط است و تنها تعداد ۶ شکل موج با استفاده از این مدار بازتولید شده است.

در این مقاله، هدف ما طراحی و شبیه‌سازی یک مدار با توان و مساحت بسیار پایین است، در حالی که شکل موج‌های صحیح و دقیقی نیز داشته باشد. در ادامه، در بخش دوم مدل ایژیکویچ معرفی می‌شود. در بخش سوم مدار ارائه شده توصیف شده و در بخش چهارم نتایج شبیه‌سازی آورده شده است. در نهایت نیز بخش پنجم به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.