Archive of SID

WWW.IRAN3C.COM
First International Comprehensive Competition Conference on Engineering Sciences in Iran
September 2016
Anzali - Iran
اولین مسابقه کنفرانس بین المللی جامع علوم مهندسی در ایران

طراحی و شبیه سازی مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی جهت درایو الکترود تحریک مغز

مجید معماریان سرخابی[۱*]، محمد امین نجفقلی پور کلانتری[۲]

1. (memarian@tabrizu.ac.ir)

2. (Amin_najafgholipour@roshdiyeh.ac.ir)

۱و۲. گروه مهندسی برق، الکترونیک، موسسه آموزش عالی رشدیه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

چکیده

تحریک داخل جمجمه‌ای مغز جهت بهبود بیماری‌های سیستم اعصاب مرکزی روز به روز در حال گسترش است. محققان درصدد هستند تا ساختارهایی با قابلیت انتخاب بالا و در عین حال ساده جهت کاشت در مغز بیمار ارائه نمایند تا بتوانند علائم برخی از بیماری‌های سیستم اعصاب نظیر پارکینسون را بهبود بخشند. در این تحقیق ساختاری نوین جهت تولید پالس تحریک مغز ارائه شده است. بدین منظور ساختار نوینی از مبدلی دیجیتال به آنالوگ مبتنی بر هدایت جریان با ۴ بیت ورودی و محدوده ولتاژ آنالوگ خروجی بین ۱۰ الی ۱۵۰ میلی‌ولت طراحی و در سطح ترانزیستوری شبیه سازی شده است. جهت مدل‌سازی الکترود تحریک کاشته شده در مغز؛ از مشخصات الکتریکی الکترود شرکت مدترونیک استفاده شده است. ساختار ساده پیشنهادی مصرف توان پایینی در مقایسه با سایر مراجع داشته و امکان تولید ۱۶ نوع پالس تحریک مختلف با دامنه‌های متفاوت را می‌دهد.

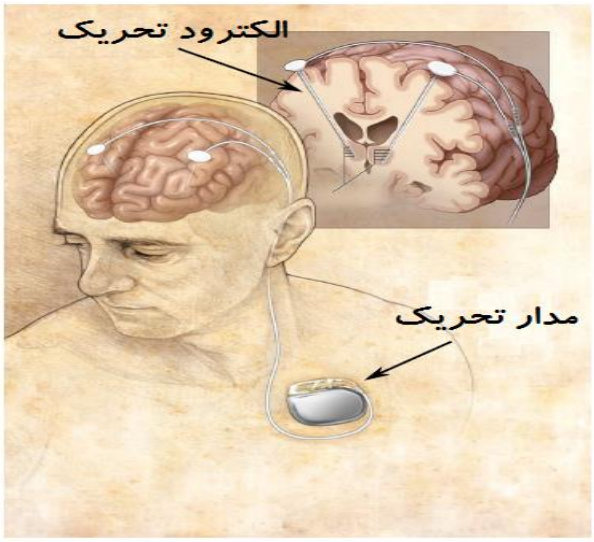
کلمات کلیدی: مبدل دیجیتال به آنالوگ، تحریک داخل جمجمه‌ای، الکترود تحریک مغز.

۱- مقدمه

بهبود بیماری‌های سیستم اعصاب مرکزی با استفاده از کاشت الکترود تحریک در نواحی مختلف مغز و ارسال پالس تحریک یکی از مباحث داغ حوزه مهندسی پزشکی است [۱-۲]. تاثیر مثبت تحریک نواحی مختلف مغز بر روی روند درمان بیماری‌های پارکینسون، رعشه و دیستونیا اثبات شده است و تجهیزات مرتبط با آن به سرعت در حال رشد و گسترش است. شکل (۱) نشان دهنده نمونه‌ای از دستگاه‌های تجاری ساخته شده توسط شرکت مدترونیک جهت تحریک نواحی عمقی مغز است[۳]. این تجهیزات از دو قسمت اصلی الکترود تحریک و مدار تحریک ساخته شده‌اند. الکترود تحریک با روش‌های جراحی در نواحی هدف مغز کاشته می‌شود. مدار تحریک نیز در قفسه سینه قرار داده شده و با سیم‌های مناسب به الکترود تحریک متصل می-شود. تمامی لوازم استفاده شده در این تجهیزات می‌بایست از مواد زیست سازگار با بدن انسان باشند و هیچگونه واکنش شیمیایی با اجزا بدن ندهند.

www.SID.ir

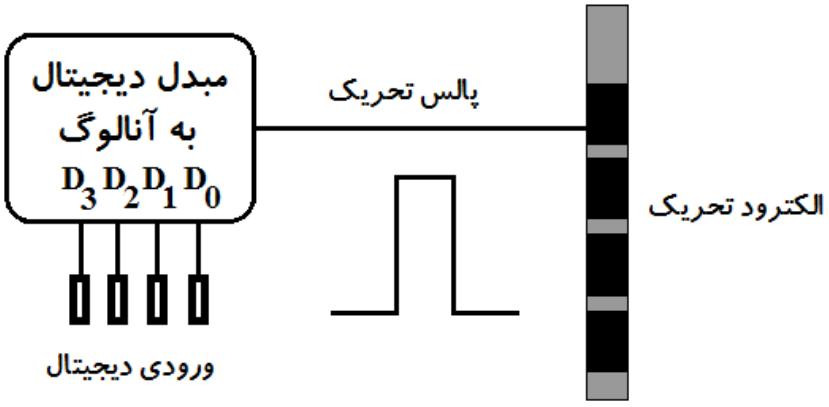
Archive of SID



شکل (۱)- نمونه ای دستگاه های تحریک عمقی مغز

الکترود تحریک عموما از جنس پلاتین ساخته شده و در نواحی هدایت الکتریکی بین الکترود و مغز از کنتاکت‌های تنگستن استفاده می‌نماید. مدار تحریک با استفاده از تکنولوژی مدار مجتمع و در حداقل سایز ممکن ساخته می‌شوند. عموما یک سیستم بی‌سیم نیز جهت ارتباط با دنیای بیرون تعبیه می‌شود تا پزشک معالج بتواند با برقراری ارتباط با سیستم تحریک، پارامترهای مناسب را جهت مداخله تنظیم نماید. آنچه در سیستم‌های تحریک عمق مغزی مهم است؛ رساندن پالس تحریک مناسب به ناحیه هدف در مغز است. لذا مدار تحریک باید بتواند پالسی با دامنه دلخواه تولید نماید.

در این مقاله پیشنهاد استفاده از یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی به عنوان مدار تحریک داده می‌شود و کارایی ساختار پیشنهادی در سطح ترانزیستوری بررسی و شبیه‌سازی می‌شود. بلوک دیاگرام سیستم پیشنهادی در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲)- بلوک دیاگرام پیشنهادی سیستم تحریک عمقی مغز

در ساختار مبدل دیجیتال به آنالوگ با توجه به مقادیر دیجیتال ورودی خود، پالس تحریک با دامنه و دوره تناوب دلخواه تولید می‌نماید. برای هر کنتاکتی که با مغز برخورد می‌کند، می‌توان یک مبدل جداگانه در نظر گرفت، این‌کار قدرت انتخاب در

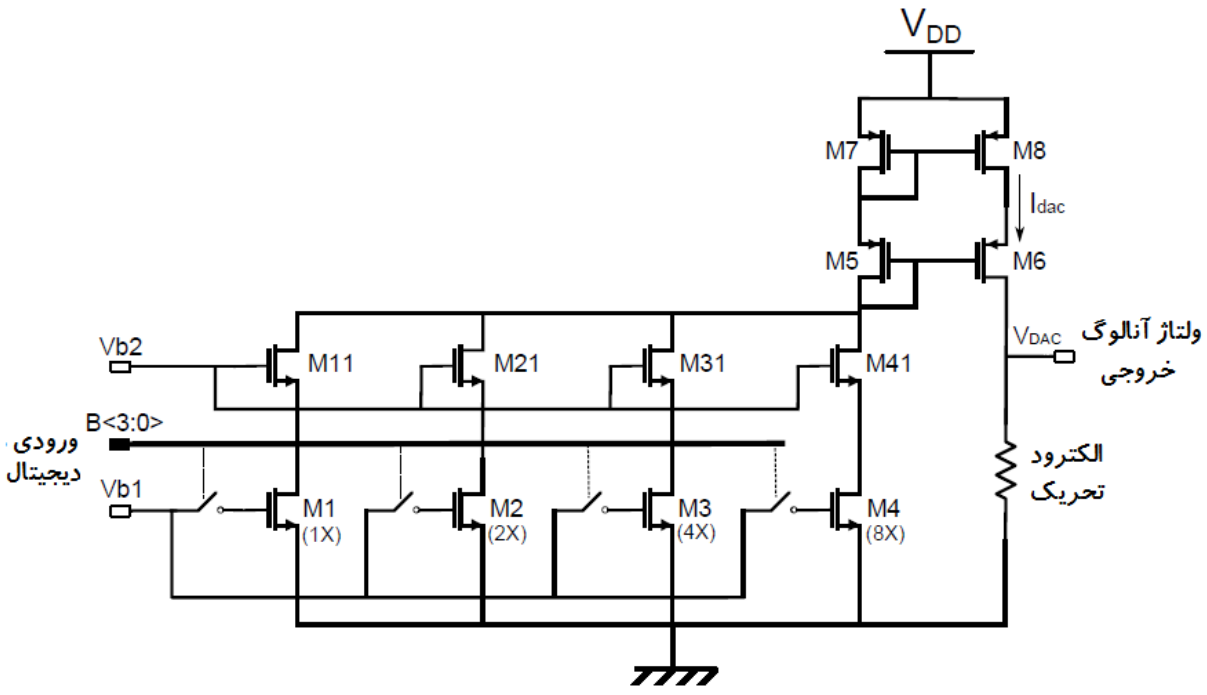
www.SID.ir

Archive of SID

ناحیه تحریک و پارامترهای تحریک برای هر قسمت مجزا از مغز را بالا می‌برد، اما پیچیدگی مدار، مصرف توان و سطح مصرفی سیلیکون افزایش خواهد یافت. لذا انتخاب ساختاری از مبدل دیجیتال به آنالوگ که مداری ساده و مصرف توان پایین‌تری دارد، می‌تواند معایب این سیستم را کاهش دهد. جزییات طراحی مبدل دیجیتال به آنالوگ پیشنهادی در زیر توضیح داده می‌شود.

۳- طراحی مبدل دیجیتال به آنالوگ

جهت پیاده‌سازی مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی، از ساختار هدایت جریانی[1] استفاده خواهیم نمود. این مدار در شکل (۳) نشان داده شده است. روش کار این مدار بدین صورت است: نسبت W/L ماسفت‌های M1، M2 ، M3 و M4 با ضرایب وزنی مختلف مقدار دهی می‌شوند. ولتاژ بایاس در پایه گیت این ماسفت‌ها (V_{b1}) توسط سوییچ‌هایی که با ورودی دیجیتال باز و بسته می‌شوند؛ کنترل می‌شوند. هنگامی که هر کدام از بیت‌های ورودی برابر با "۱" باشد، سوییچ مربوطه بسته شده و ماسفت روشن می‌شود. سپس متناسب با سایز ماسفت‌های موجود در مسیر، جریان در مدار جاری می‌گردد.



شکل (۳)- ساختار پیشنهادی برای پیاده‌سازی مبدل دیجیتال به آنالوگ ۴ بیتی

با توجه به وضعیت هر چهار بیت ورودی در مبدل جملات دیجیتال B<3:0> ، جمع جریان از ماسفت‌های M5 و M7 عبور می‌کند. ترانزیستورهای M6 و M8 نیز مانند آینه جریان عمل کرده و جریان قسمت ورودی مدار را به الکترود تحریک تزریق می‌نمایند(I_{dac}). مقدار امپدانس الکترود تحریک به صورت یک مقاومت با مقدار ۲٫۵کیلواهم مدل می‌شود که برابر با

[1] Current-steering Digital-to-Analogue Converter

www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت الکترود تحریک ساخت شرکت مدترونیک می‌باشد[۴]. در حالت ایده‌آل مقدار ولتاژ خروجی (V_{DAC}) این مبدل می-بایست به صورت رابطه (۱) محاسبه شود.

$$V_{DAC} = R(B_0 \times I + B_1 \times 2I + B_2 \times 4I + B_3 \times 8I) \qquad (1)$$

که در این معادله مقدار R نشان دهنده مقاومت معادل الکترود تحریک، B نشان دهنده ورودی‌های دیجیتال و I نشان دهنده جریان پایه‌های است که از ماسفت‌های M1 و M11 عبور خواهد کرد.

۴- شبیه سازی ساختار پیشنهادی

این ساختار با استفاده از نرم افزار H-space و تکنولوژی ۰,۱۸ میکرومتر و در سطح مداری شبیه‌سازی می‌شود. مقدار تغذیه این ساختار ۱,۸ولت انتخاب می‌شود. جهت تولید مقادیر آنالوگ خروجی، ابعاد ماسفت‌های استفاده شده به صورت جدول (۱) بدست می‌آید.

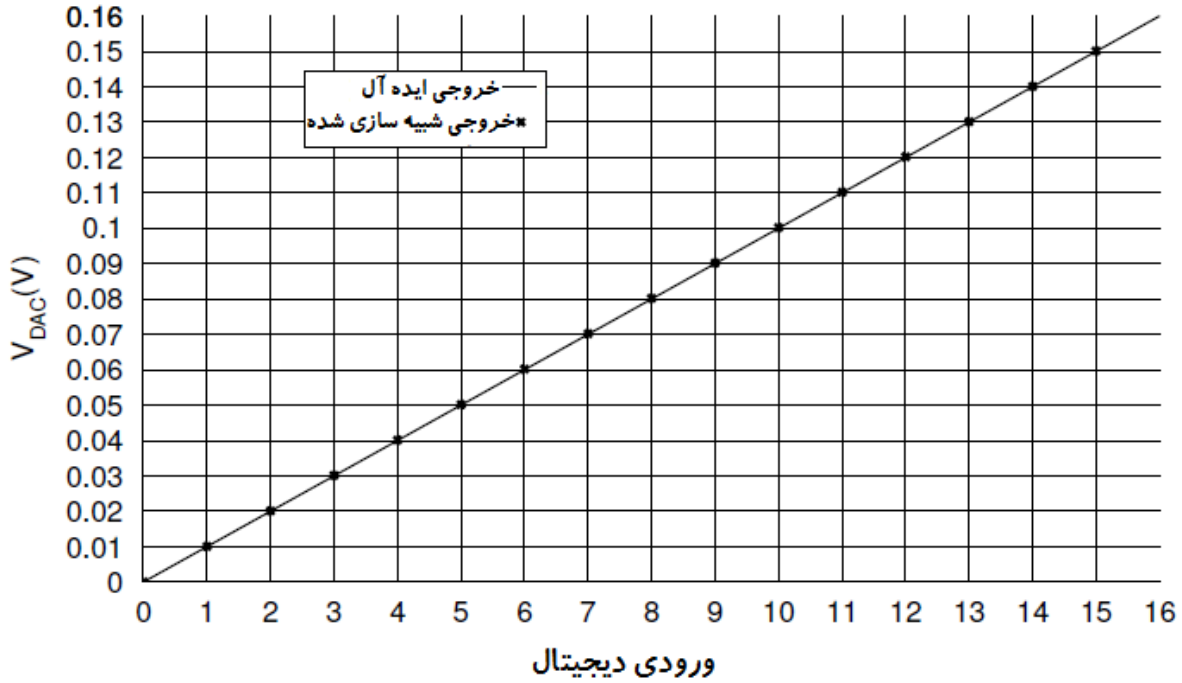
جدول شماره ۱- سایز ماسفت‌های استفاده شده در مبدل دیجیتال به آنالوگ

MOSFET	TYPE	VALUE(W/L) (μm/μm)
M5-M7	PMOS	$^{4.9}/_{0.18}$
M6-M8	PMOS	$^{5}/_{0.18}$
M11	NMOS	$^{0.33}/_{0.18}$
M21	NMOS	$^{0.66}/_{0.18}$
M31	NMOS	$^{1.32}/_{0.18}$
M41	NMOS	$^{2.64}/_{0.18}$
M1-M2-M3-M4	NMOS	$^{0.33}/_{0.18}$

مقادیر ولتاژهای آنالوگ خروجی نسبت به هر جمله دیجیتال در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود مبدل دیجیتال به آنالوگ طراحی شده می‌تواند در محدوده ۱۰ الی ۱۵۰ میلی‌ولت خروجی خطی و نزدیک به ایده آل تولید نمایید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴)- مقادیر آنالوگ خروجی مبدل نسبت به ورودی‌های دیجیتال

با توجه به ساختار مداری این مبدل، مقدار مصرف توان متناسب با مقدار ولتاژ تزریق شده به الکترود بوده و بین ۴ میکرو وات الی ۶۰ میکرو وات می‌باشد. لذا مقدار مصرف باتری این ساختار بسیار پایین بوده و زمان مورد نیاز جهت تعویض باتری-های سیستم نیز به شدت افزایش خواهد یافت.

5- نتیجه‌گیری

در این پژوهش مبدلی دیجیتال به آنالوگ با قابلیت تولید پالس تحریک جهت تغذیه الکترود کاشته شده در مغز ارائه شد. طراحی و شبیه سازی این مبدل در سطح ترانزیستور و توسط نرم افزار H-space انجام گردید. این مبدل توسط چهار بیت دیجیتال ورودی خود؛ می‌تواند مقادیر آنالوگ خروجی با گام‌های ۱۰ میلی‌ولت تولید نمایید. حداقل مقدار آنالوگ خروجی برابر با ۱۰ میلی‌ولت و حداکثر مقدار آن ۱۵۰ میلی‌ولت می‌باشد. جهت مدل سازی امپدانسی الکترود کاشته شده در مغز، الکترود شرکت مدترونیک مد نظر قرار داده شد. خروجی خطی با قابلیت انتخاب خوب نوید ساختاری با کارایی بالا جهت تغذیه الکترودهای کاشته شده در مغز را می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1. D. Boinagrov, J. Loudin, and D. Palanker, "Strength-duration relationship for extracellular neural stimulation: numerical and analytical models." *Journal of Neurophysiology*, vol. 104, no. 4, pp. 2236–2248, Oct 2010.
2. R. J. Coffey, "Deep brain stimulation devices: a brief technical history and review." *Artificial Organs*, vol. 33, no. 3, pp. 208–220, 2009.
3. G. Chunping, "Finite element modelling of the human brain and application in neurological procedures,"Ph.D. dissertation, National University of Singapore, 2007.
4. H. C. F. Martens, E. Toader, M. M. J. Decr´e, D. J. Anderson, R. Vetter, D. R. Kipke, K. B. Baker, M. D. Johnson, and J. L. Vitek, "Spatial steering of deep brain stimulation volumes using a novel lead design."*Clinical Neurophysiology*, vol. 122, no. 3, pp. 558–66, Mar. 2011.

www.SID.ir