

نانو تکنولوژی و منطق مبتنی بر spin

۱۴۸۸۷۷۹

تألیف و ترجمه

فرنوش فرزانه

دکتر کیوان ناوی

استاد دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر و

پژوهشکده علوم شناختی، و نیز دانشگاه شهید بهشتی



**NAGHOOS
PUBLICATION**

عنوان و نام پدیدآور	: نانوتکنولوژی و منطق مبتنی بر SPIN / تالیف و ترجمه فرنوش فرزانه.
مشخصات نشر	: تهران : ناخوس، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۰ ص: مصور (بخشی رنگی).
شابک	: 978-964-377-982-5
موضوع	: نانوتکنولوژی
موضوع	: Nanotechnology
موضوع	: اسپینترونیک
موضوع	: Spintronics
رده بندی دیسی	: ۶۲۰/۵
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ف ۲۷ ن ۲/۱۷۴ TV
سرشناسه	: فرزانه، فرنوش، ۱۳۶۵
وضعیت فهرس نویسی	: فیبا
شماره کتابشناسی	: ۴۶۳۹۴۸۵



**NAGHOOS
PUBLICATION**

برای دیدن به آدرس زیر مراجعه کنید:

www.naghoospres.com

انتشارات ناخوس

چاپ اول

نانو تکنولوژی و منطق مبتنی بر spin

نام کتاب

S.M.S : ۳۰۰۰۴۵۲۳۲۳

: انتشارات ناخوس

ناشر

در نوبت چاپ اول از دستگاه چاپ

دیجیتال استفاده شده است»

: فرنوش فرزانه، دکتر کیوان نوری

تألیف و ترجمه

: ۱۳۹۶

چاپ اول

: ۲۰۰ جلد

تیراژ

: نارنجستان

چاپ و صحافی

: یاسمن تجملی محدث

ناظر چاپ

: زهرا عزیزی

سرپرست صفحه آرا

: ۲۲۰۰۰۰ ریال

قیمت

: ۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۹۸۲-۵

شابک

: 978-964-377-982-5

ISBN

کلیه حق برای سرمایه گذار محفوظ است. تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، چاپ است. پلی کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

مرکز پخش: انتشارات ناخوس

۱- خیابان انقلاب-خیابان ۱۲ فروردین- بین وحیدنظری و روانمهر- بن بست حقیقت- پلاک ۴

تلفن و فاکس: ۶۶۳۷۸۹۵۸-۶۶۳۷۸۹۵۷

۲- کتابفروشی الیاس: خیابان انقلاب، نبش ۱۲ فروردین تلفن: ۶۶۳۰۵۰۸۲

۳- کتابفروشی گلریزان: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب، پلاک ۱۱ تلفن: ۶۶۹۷۶۲۳۰

فصل اول - مقدمه‌ای بر فناوری‌های نوین.....	۱۹
۱-۱- چالش‌های تکنولوژی ماسفت در ابعاد نانو.....	۱۹
۲-۱- بررسی انواع تکنولوژی‌های مبتنی بر فناوری نانو.....	۲۱
۱-۲-۱- آناه‌ای، لولوی نقطه-کوانتومی.....	۲۱
۲-۲-۱- تکنولوژی نانولوله کربنی.....	۲۴
۳-۲-۱- حلقه‌های رزنی.....	۳۱
۴-۲-۱- مدل هیبریدی.....	۵۰
۳-۱- معرفی متد مبتنی بر پخش و دستگاه‌های نانومغناطیس.....	۵۰
۱-۳-۱- دستگاه‌های مبتنی بر چرخش.....	۵۰
۲-۳-۱- دستگاه‌های مبتنی بر نانومغناطیس.....	۵۲
۱-۲-۳-۱- تاثیر نانومغناطیس بر دستگاه‌های محاسباتی.....	۵۳
۲-۲-۳-۱- کاربردهای مهم برای دستگاه‌های نانومغناطیس.....	۵۴
فصل دوم - کاربردهای درجه‌های چرخشی الکتریکی ساخته شده از اتصالات نقاط کوانتومی بایاس شده.....	۵۷
۱-۲- مقدمه.....	۵۷
فصل سوم - تکنولوژی ترانزیستورهای مبتنی بر چرخش برای مدارات و سیستم‌های منطقی ترکیبی از CMOS و چرخشی.....	۶۱
۱-۳- مقدمه.....	۶۱
۱-۱-۳- ماسفت‌های مبتنی بر چرخش (SpinMOSFET).....	۶۲
۱-۱-۱-۳- ساختار دستگاه.....	۶۲
۲-۱-۱-۳- ویژگی‌های ترانزیستور مبتنی بر چرخش.....	۶۳
۲-۱-۳- ماسفت‌های شبه چرخشی (Pseudo-Spin MOSFET).....	۶۴

- ۶۴ ۱-۲-۱-۳- ترکیبات مداری و ویژگی‌ها
- ۶۶ ۲-۲-۱-۳- طراحی به کمک شبیه‌ساز Spice
- ۶۹ ۲-۳- کاربردهای منطقی ترانزیستورهای مبتنی بر چرخش با مصرف پهنه انرژی
- ۷۰ ۱-۲-۳- دروازه‌های توانی با نگهداری غیرفرار (NVPG)
- ۷۳ ۲-۲-۳- مدارات غیرفرار دویا
- ۷۶ ۳-۲-۳- زمان سربه‌سر
- ۷۸ ۳-۳- تکنولوژی SRAM غیرفرار
- ۷۹ ۱-۱-۳- حاشیه نویز ایستای NV-SRAM
- ۸۰ ۳-۳-۳- کاراکتر انرژی NV-SRAM
- ۸۱ ۴-۳- کاربرد مدارات دویا برای سیستم‌های حافظه‌ای
- ۸۵ فصل چهارم- مدارات اجزای منطقی مجتمع مبتنی بر اتصالات تونل مغناطیسی (MTJ)
- ۸۵ ۱-۴- مقدمه
- ۸۶ ۲-۴- دستگاه‌های قابل برنامه‌ریزی میدان مبتنی بر GMR
- ۸۹ ۳-۴- دستگاه‌های قابل برنامه‌ریزی میدان مبتنی بر MTJ
- ۸۹ ۱-۳-۴- ساختار MTJ و نرخ مقاومتی-مغناطیسی تونل (TMR)
- ۹۰ ۲-۳-۴- منطق مغناطیسی مبتنی بر MTJ
- ۱۰۱ ۳-۳-۴- استفاده از STT در منطق مغناطیسی مبتنی بر MTJ
- ۱۰۵ ۴-۴- انتقال اطلاعات بین دروازه‌ها
- ۱۰۵ ۱-۴-۴- ارتباط مستقیم با استفاده از جریان بار
- ۱۰۸ ۲-۲-۴- دیواره‌های حوزه مغناطیسی (MDW) برای انتقال اطلاعات
- ۱۰۹ ۵-۴- دستگاه‌های حافظه در منطق (LIM) مبتنی بر MTJ
- ۱۱۰ ۶-۴- اتوماتای سلولی کوانتوم مغناطیسی (MQCA)
- ۱۱۰ ۱-۶-۴- مقدمه و پیش‌زمینه
- ۱۱۲ ۲-۶-۴- مشاهدات تجربی
- ۱۱۷ ۷-۴- منطق‌های مغناطیسی تمام چرخشی
- ۱۱۷ ۱-۷-۴- کاربردهای دستگاه‌های منطقی تمام چرخشی

فصل پنجم - دستگاه‌های منطقی مبتنی بر مغناطیس.....	۱۲۳
۱-۵- مقدمه.....	۱۲۳
۲-۵- دستگاه‌های منطقی مغناطیسی.....	۱۲۴
۱-۲-۵- کدگذاری موج چرخشی با استفاده از دامنه.....	۱۲۵
۲-۲-۵- کدگذاری موج چرخشی بر اساس فاز.....	۱۲۶
۳-۲-۵- کدگذاری موج چرخشی بوسیله فرکانس.....	۱۲۸
۳-۵- دروازه‌ها، منطقی مبتنی بر موج چرخشی و معماری‌های آن‌ها.....	۱۳۵
فصل ششم - بررسی کارهای انجام شده با استفاده از منطق نانومغناطیس.....	۱۴۷
۱-۶- بررسی مدارات اساسات تصادفی با استفاده از منطق نانومغناطیس.....	۱۴۷
۱-۶-۱- مقدمه.....	۱۴۷
۱-۶-۲- مروری بر منطق تصادفی و ویژگی‌های آن.....	۱۴۹
۱-۶-۳- محاسبات تصادفی.....	۱۵۱
۱-۶-۴- تولید کننده اعداد تصادفی مبتنی بر pNML، به عنوان المان پایه مدارات محاسباتی تصادفی.....	۱۵۳
۱-۶-۴-۱- طراحی pNML SNG مبتنی بر تابع اکثریت.....	۱۵۳
۱-۶-۴-۲- عملکرد تولید اعداد تصادفی با استفاده از pNML SNG.....	۱۵۵
۱-۶-۴-۳- جلوگیری از وابستگی ناخواسته در بیت‌های رندوم.....	۱۵۷
۱-۶-۴-۴- انتشار بیت‌های رندوم.....	۱۵۸
۱-۶-۴-۵- معیار مدارات محاسباتی رندوم pNML.....	۱۶۰
۱-۶-۴-۶- ضرب‌کننده pNML SC.....	۱۶۰
۱-۶-۴-۷- مدار شناسایی چندجمله‌ای برن اشتاین.....	۱۶۲
۲-۶- طراحی مدار محاسباتی و منطقی مبتنی بر pNML، و محاسبات سیستمولیک آرایه‌ای... ..	۱۶۴
۲-۶-۲- اصول کارکرد pNML.....	۱۶۵
۲-۶-۳- معماری، مسیریابی سیگنال و مجتمع‌سازی.....	۱۶۵
۲-۶-۴- واحد محاسباتی منطقی pNML.....	۱۶۷
۲-۶-۴- شبیه‌سازی.....	۱۶۸

- ۳-۶- پیاده سازی حافظه در منطق مبتنی بر منطق نانومغناطیس (NML) ۱۶۹
- ۱-۳-۶- مقدمه ۱۶۹
- ۲-۳-۶- ساختار منطق در حافظه (LIM) ۱۷۲
- ۱-۲-۳-۶- بستر مسیریابی ۱۷۴
- ۲-۲-۳-۶- بستر منطقی جستجوی زوج فرد ۱۷۶
- ۳-۲-۳-۶- بستر منطقی فیلتر دو جمله ای ۱۷۷
- ۱-۳-۶- معماری منطق در حافظه (LIM) ۱۷۸
- ۱-۶- طراحی مدارات جمع کننده قابل تست مبتنی بر محاسبات نانومغناطیس چرخشی ۱۸۱
- ۱-۴-۶- مقدمه ۱۸۱
- ۲-۴-۶- درونمای مبتنی بر حافظه کار (CR) ۱۸۲
- ۳-۴-۶- نگاشت منطقی بازگشتی با تکنولوژی NML ۱۸۲
- ۴-۴-۶- روش اول طراحی تمام جمع کننده با انتشار رقم نقلی بازگشتی و قابل تست [239] ۱۸۴
- ۵-۴-۶- روش طراحی دوم یک تمام جمع کننده n بیتی با انتشار رقم نقلی بازگشتی و قابل تست [239] ۱۸۷
- ۶-۴-۶- مقایسه تمام جمع کننده n بیتی با انتشار رقم نقلی روش ۱ و ۲ ۱۸۸
- ۵-۶- منطق تصادفی مبتنی بر چرخش برای محاسبات اسدرف بهینه انرژی ۱۸۹
- ۱-۵-۶- مقدمه ۱۸۹
- ۲-۵-۶- مروری بر محاسبات تصادفی ۱۹۱
- ۳-۵-۶- SPINTASTIC از نقطه نظر دو جنبه کلیدی منطق مبتنی بر چرخش ۱۹۲
- ۴-۵-۶- طراحی منطق SPINTASTIC ۱۹۴
- ۵-۵-۶- روش تجربی و نتایج مقایسه SPINTASTIC با طراحی های مبتنی بر CMOS ۱۹۶
- ۶-۶- طراحی یک تمام جمع کننده یک بیتی مبتنی بر منطق نانومغناطیس عمودی، با استفاده از تابع اکثریت ۵ ورودی ۱۹۸
- ۱-۶-۶- مقدمه ۱۹۸
- ۲-۶-۶- تئوری منطق نانومغناطیس عمودی ۱۹۹
- ۶-۶- منطق نانومغناطیس عمودی مبتنی بر گیت های منطقی ترشولد (TLG) ۲۰۰

۲۰۲	۴-۶-۶- بررسی نتایج تجربی و راه‌های بهبود طراحی
۲۰۴	۵-۶-۶- نتیجه‌گیری و نگاهی به آینده
۲۰۷	فصل هفتم - ارائه روش جدیدی برای طراحی مدارات مبتنی بر منطق نانومغناطیسی (NML)
۲۰۷	۱-۷- مقدمه
۲۱۰	۲-۷- روش‌های طراحی و شبیه‌سازی قبلی مدارات مبتنی بر NML
۲۱۲	۳-۷- روش جدید طراحی و شبیه‌سازی مدارات مبتنی بر NML
۲۱۴	۴-۷- نتایج الگوریتم شبیه‌سازی و نگاهی به آینده
۲۱۷	فصل هشتم - نتیجه‌گیری
۲۱۷	۱-۸- نتیجه‌گیری
۲۲۵	پیوست - حساب کامپیوتری
۲۲۵	۱- مقدمه
۲۲۶	۲- سلول‌های نیم‌جمع‌کننده و تمام‌جمع‌کننده
۲۲۶	۱-۲- نیم‌جمع‌کننده
۲۲۷	۲-۲- تمام‌جمع‌کننده
۲۲۸	۳- کمپرسور
۲۳۰	۴- انواع کمپرسور
۲۳۱	۱-۴- کمپرسورهای عمومی
۲۳۱	۱-۱-۴- کمپرسورهای متعارف
۲۳۱	۲-۱-۴- کمپرسور نامتعارف
۲۳۳	۲-۴- کمپرسورهای پیشرفته متعارف
۲۳۶	۳-۴- کمپرسورهای پیشرفته نامتعارف
۲۳۹	۵- نتیجه‌گیری
۲۴۱	مراجع

ابعاد CMOS با توجه به قانون مور قادر به کاهش بوده اما با این حال به نظر می‌رسد که کاهش بیشتر ابعاد ماسفت، با توجه به عوامل متعدد که از جمله مهم‌ترین آنها افزایش سریع دمای تراشه با توجه به افزایش فشردگی آن است، در اواخر دهه با این‌بست مواجه شده است. از دیگر چالش‌های پیش‌رو، وجود مشکلاتی چون افزایش جریان‌های نشتی و افزایش توان مصرفی در تکنولوژی سیلیکونی، و نیاز مبرم به دستگاه‌های محاسبه‌گری با مصرف انرژی دو الی سه برابر کمتر نسبت به دستگاه‌های مبتنی بر ماسفت در کاربردهایی چون سیستم‌های تعبیه‌شده^۱ وجود دارد. کاربردهای پزشکی و سیار، پردازنده‌هایی با مصرف توان بسیار کمین را که بتوانند در محیط بدون نیاز به منبع توان خارجی کار کنند، را ترجیح می‌دهند. اگر این امر ممکن شود، کاربردهای بسیاری در الکترونیک پوششی، دستگاه‌های پزشکی تعبیه‌شده به منظور نظارت بر سلامت بیمار و شبکه‌های سنسوری که زیرساخت‌های حیاتی مانند ساختمان‌ها و پل‌ها را نظارت می‌کنند، به حقیقت می‌پیوند.

با توجه به دلایل فوق و چالش‌های فزاینده ماسفت و عملکرد آنها در ابعاد کوچکتر، از میان تکنولوژی‌های جایگزینی مطرح‌شده، در این کتاب سعی بر آن است که به کارگیری ادوات مبتنی بر چرخش^۲ و منطق نانومغناطیس^۳، به منظور غلبه بر محدودیت‌های موجود و کاربردهایی چون حافظه و منطق‌های غیرفرار، پیاده‌سازی توابع خاص محاسباتی در منطق پردازنده کم مصرف، با روشی بهتر از آنچه ماسفت می‌تواند محاسبه نماید و قابل پیاده‌سازی در روی مکانهای فیزیکی متعدد برای انجام فعالیت‌های محاسباتی یا پردازش سیگنال باشد، بررسی گردد. در این راستا، ابتدا به بررسی تکنولوژی‌های جایگزین سیلیکونی پرداخته شده، سپس منطق نانومغناطیس و ادوات مبتنی بر چرخش، همچنین روش‌ها و تحقیقات انجام‌شده در حوزه طراحی مدارات کم‌مصرف و کارا بر اساس این نانو تکنولوژی بررسی شده است.

با تشکر از استاد گرانقدرم جناب دکتر ناوی، این اثر را به پدر و مادر مهربان و همسر عزیزم که همواره پشتیبان لحظه‌های زندگی‌ام بودند، تقدیم می‌کنم.

^۱ Embedded Systems

^۲ Spintronic Devices

^۳ Nanomagnetic