



انجمن مهندسان علمی تخصصی برق
تاسیس ۱۳۷۷



دانشگاه صنعتی شاهرود



نشریه علمی تخصصی ولتا

گاهنامه علمی-تخصصی
مهندسی برق

ولتا VOLTA

سال اول-شماره اول، زمستان ۱۴۰۲

فارسی-انگلیسی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

In the name of GOD

شناسنامه نشریه

صاحب امتیاز: نگار قراباغی
مدیرمسئول: نگار قراباغی
سر دبیر: محمدرضا خاموشی
ویراستار علمی: دکتر یونس سلگی
ترجمه: نیما نوری، نسیم امانی، مرضیه صالحی
طراحی گرافیک: نگار قراباغی
صفحه آرا: پارسا طهرانی
ویراستار ادبی: فاطمه سادات موسوی، محمد فصیحی،
محیا جلیلی، مهدیس شهرام فر
هیئت تحریریه: شایان حقیقی، نیلوفر جعفری، پارسا
طهرانی، محمدرضا خاموشی، نسیم امانی، نیما نوری، مهدی
مرتضوی آزاد

Editorial

Owner: Negar Gharabaghi
Headmaster: Negar Gharabaghi
Chief editor: Mohammadreza Khamooshi
Scientific editor: Dr Younes solgi
Translators: Nima Nouri , Nasim Amani
Graphic design: Negar Gharabaghi
Page Layout: Negar Gharabaghi
Manuscript editor: Fateme Sadat
mousavi, Mohammad Fasihi, Mahya Jalili,
Mahdis Shahramfar
Editors: Shayan Hghighi, Niloufar Jafari, , Parsa
Tehrani, Nasim Amani, mohammadreza
Khamooshi, Nima Nouri, Mahdi Mortazavi Azad

باتشکر ویژه از: دکتر صالح رازینی، دکتر یونس سلگی، دکتر
محسن حسن بابای نوزادیان، دکتر میثم شفاعی و جناب آقای
فرامرزی عین قلایی مسئول محترم نشریات دانشجویی

special tanks to : Dr.Saleh Razini , Dr.younes solgi
, Dr.Mohsen Hasan babayii Nozadian , Dr.Maysam
Shafae and Mr. Faramarz Ain ghalayii head of student
journals

سخن مدیر مسئول

نگار قراباغی



به نام خدایی که بر ذات وی محال است هرگز برد عقل، پی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. آنچه که پیش روی شماست شماره اول نشریه علمی تخصصی ولتا در اولین سال انتشار آن است. خود را موظف میدانم که قبل از هرسختی، از تلاش بی وقفه و کوشش شبانه روزی تمامی اعضا نشریه و تمام بزرگوارانی که ما را در این راه مساعدت فرمودند، تقدیر و تشکر لازم را به عمل آورم. امید است با تلاشی بیش از پیش و انگیزه ای مانا، این راه ادامه دار باشد و مجموعه ای مفید برای اساتید، دانشجویان و علاقمندان حوزه برق و تکنولوژی ارائه شود.

سخن سردبیر

محمد رضا خاموشی



به نام پروردگاری که کیمیا می کند داستان زندگی به نحوی زیامی کند

سپاسگزار خداوندی هستیم که به لطف و یاری او توانستیم دوستانی پُر تلاش و با اراده گرد هم آییم که پشتکار کافی را به کار بگیریم و اولین نسخه نشریه علمی و تخصصی ولتا را منتشر کنیم. خوشحالیم که بعد از یک سال از اتمام ویروس کرونا و سردرگمی های که در پی آن به وجود آمده بود را به خوبی مدیریت کرده و پشت سر بگذاریم و پس از کلی فراز و فرود، اولین ثمره از تلاشمان در قالب کاری گروهی نشان دهیم. این نشریه علمی تخصصی برق دانشگاه بوعلی سینا همدان که به تازگی شروع به کار کرده تمام تلاش خود را کرده تا بهترین را برای علاقه مندان ارائه دهد. بنده با افتخار به عنوان عضو کوچکی از این کار بزرگ، اولین نسخه نشریه علمی تخصصی ولتا را به شما علاقه مندان تقدیم میکنم.

PREFACE



Manager

Negar Gharabaghi

What in your hand, is first number of scientific–expert magazine of Volta in the first year of its publication. before any words we should appreciate all members of magazine and those who helped us for their efforts. we hope this path continue with more permanent efforts and motivation and present useful collection to teachers, students, and electrical and technology fan.



Chief editor

Mohammad Reza Khamooshi

We are so happy that one year after the disappearance of corona varus, we managed its ambiguines. After all contrasts within these years, present our first idea by cooperation. Volta, scientific–expert magazine which is recently begin to presser scientific article in electrical engineering do its best to present best to fans. I proudly as member of this big activity, present the first number of Volta scientific–expert magazine to all fans.

فهرست

- ۶ برق یا الکتریسیته از کجا آمد؟
- ۱۰ تلسکوپ فضایی جیمزوب
- ۱۸ هوش مصنوعی
- ۲۳ هوش مصنوعی در پیش بینی بارهای الکتریکی
- ۳۰ دیجیتال توین
- ۳۷ میکرو کنترلرهای ۳۲ بیتی بر پایه arm
- ۴۷ کامپیوترهای کوانتومی

Contents

- What is electricity 53
- James Webb Space Telescope 56
- Artificial intelligence 61
- AI in load forecasting 65
- Digital twin 70
- ARM 32bit micro controllers 75
- Quantum computers 82

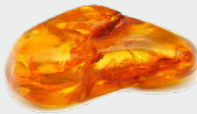
الکتریسیته یا برق از کجا آمد؟

(دانشمندان موثر در کشف الکتریسیته)

◀ نویسنده: شایان حقیقی

ذهنیت را داشتند که جادو مسبب این پدیده است. تالس ریاضی‌دان یونانی اولین کسی است که سعی کرد با یک روش علمی به دنبال دلیل اصلی این پدیده باشد؛ اما تا بیش از دو هزار سال بعد، این موضوع مبهم باقی ماند.

ویلیام گیلبرت، پزشک و فیزیک‌دان انگلیسی در سال ۱۶۰۰ میلادی توانست ماهیت مغناطیسی زمین را به اثبات برساند. او برای اولین بار از کلمه لاتین الکتریکوس که در حال حاضر الکتریسیته شناخته می‌شود، برای پدیده کهربا استفاده کرد. نظر گیلبرت این بود که این پدیده توسط مایعی ایجاد می‌شود که می‌تواند از یک مکان به مکان دیگر حرکت کند.



شکل ۱ - سنگ کهربا

گیلبرت کشفیات زیادی نیز در مورد مغناطیس داشت. او نمی‌دانست که الکتریسیته و مغناطیس دو روی یک سکه هستند. تا قرن هفدهم الکتریسیته و مغناطیس

دو پدیده جدا از هم باقی ماند. صد و پنجاه سال بعد شارل دوفی با آزمایشاتی که انجام داد، توانست به این نتیجه برسد که الکتریسیته دو نوع متفاوت دارد. وقتی یک تکه کهربا را مالش می‌دهیم، نوع اول به وجود می‌آید و وقتی یک تکه شیشه را مالش می‌دهیم، نوع دوم به وجود می‌آید. او همچنین متوجه شد اجسامی که الکتریسیته یکسان دارند یکدیگر را دفع و اجسامی که الکتریسیته یکسان ندارند یکدیگر را جذب می‌کنند. در واقع شارل دوفی به کشفیات اولیه‌ای از بارهای مثبت و منفی رسیده بود.

به الکتریسیته‌ای که توسط مالش به وجود می‌آید الکتریسیته ساکن می‌گویند. بنجامین فرانکلین، یکی از پدران بنیان‌گذار ایالت متحده آمریکا کسی بود که به دنبال ارتباط جرقه‌های آسمانی یا همان صاعقه با جرقه‌های مصنوعی که روی زمین تولید می‌شود بود. فرانکلین توسط یک بادبادک که یک سیم مسی به آن متصل بود و بطری لی‌دن که از آن زمانی برای ذخیره الکتریسیته استفاده می‌شد، توانست مقدار کمی از

کاربردی‌ترین انرژی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد برق است؛ اما شاید این سؤال برای هر کسی پیش‌آمده باشد که برق یا الکتریسیته را چه کسی کشف کرد؟ تا رسیدن به درک کامل این انرژی و استفاده از آن نمی‌توان گفت که شخص به‌خصوصی این کار را کرده است. انسان‌های زیادی در کشف ماهیت الکتریسیته نقش داشتند. ذره از بارهای الکتریکی تشکیل شده است که دو نوع مثبت و منفی دارد. الکترون، بار الکتریکی منفی و پروتون، بار الکتریکی مثبت است. از سرشناس‌ترین کسانی که به درک کامل الکتریسیته رسیده بودند، می‌توان به نیکولا تسلا و توماس ادیسون اشاره کرد. این دو نفر کسانی بودند که شب را برای ما روز کردند.

در جهانی زندگی می‌کنیم که الکتریسیته یا برق نقش مهمی را در رفاه زندگی مردم ایفا کرده و مسبب تحولات بزرگی در عرصه‌های مختلف شده است. فقط کافی است برای چند ساعت برق هر خانه‌ای قطع شود تا متوجه شویم که زندگی بدون برق چقدر سخت است. به عنوان مثال قطارهای برقی با سرعت سیصد کیلومتر بر ساعت جایگزین لوکوموتیوهای زغال‌سنگی شده و همچنین اتومبیل‌های برقی که به محیط زیست کمتر آسیب می‌رسانند، جایگزین اتومبیل‌های بنزینی شده‌اند. همه ما بدون آن که آگاه باشیم روزانه مقدار بسیار زیادی از انرژی برق استفاده می‌کنیم؛ مانند تلفن همراهی که هر روز در دست داریم. به صراحت می‌توان گفت که اگر الکتریسیته نبود شب‌ها همچنان تاریک بود و برای روشن کردن تاریکی باید انرژی زیادی مصرف می‌شد. صحبت از اختراع الکتریسیته یا کشف آن، در واقع یک داستان طولانی است. اما می‌توان گفت که الکتریسیته در جهان طبیعی رایج بوده؛ ولی نیروی الکتریکی نتیجه آزمایش‌های مختلف است.

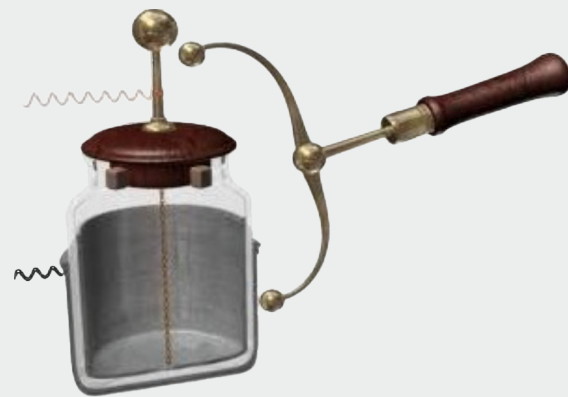
تاریخچه برق به ۲۵۰۰ سال پیش باز می‌گردد. زمانی که سنگ زرد رنگی به نام کهربا را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، خاصیتی پیدا می‌کند که می‌تواند اجسام سبک مثل پر یا علف خشک را جذب کند. این پدیده توسط یونانی‌ها کشف شد. سپس متوجه شدند که کهربا پس از مالش، برخی اجسام را دفع و برخی را جذب می‌کند؛ اما چون دلیل این پدیده را نمی‌دانستند، این



فیزیکدان دانمارکی کشف کرد در اطراف سیمی که از آن جریان الکتریکی عبور می‌کند، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. او یک قطب‌نما را کنار یک سیم حامل جریان قرار داد و متوجه شد که قطب‌نما منحرف می‌شود. بعد از آن آندره ماری آمپر فیزیکدان و کاشف فرانسوی دو سیم حامل جریان را در کنار یکدیگر قرار داد. او متوجه شد که وقتی جریان دو سیم هم جهت باشند، یکدیگر را جذب و وقتی مخالف یکدیگر باشند یکدیگر را دفع می‌کنند. دلیل این پدیده، میدان مغناطیسی اطراف سیم‌ها بود.

مایکل فارادی فیزیکدان و شیمی‌دان انگلیسی، نقش بسیار مهمی در علم الکتریسیته و مغناطیس ایفا کرده است. او با استفاده از آهن‌ربای دائمی، سیمی که حامل جریان بود را وادار به حرکت کرد. فارادی در واقع یک موتور الکتریکی بسیار ساده که اجداد موتورهای امروزی است، ساخته بود. ادامه آزمایش‌های فارادی با آهن‌ربا و جریان الکتریکی منجر به دستاوردهای مهم دیگر شد. در آزمایش بعدی یک دیسک مسی را بین دو قطب آهن‌ربا قرار داد و دیسک به گردش در آمد که منجر به تولید جریان شد. سپس با آزمایش‌های متعدد، اولین دینام توسط فارادی ساخته شد که به‌عنوان نسل اول موتورهای الکتریکی شناخته می‌شود. موادی همچون آهن، نیکل، کبالت و اکسیژن در اثر میدان مغناطیسی به شکلی جهت می‌گرفتند که ساختار مولکولی آن‌ها به‌صورت موازی با خطوط نیرو قرار می‌گرفت. مواد دیگری عمود بر نیروهای میدان جهت‌گیری می‌کردند. فارادی مواد دسته اول را پارامغناطیس و مواد دسته دوم را دیامغناطیس نامید. او تحقیقاتش را ادامه داد و به این نتیجه رسید که مواد پارامغناطیس خطوط مغناطیسی نیرو را بهتر از محیط پیرامون هدایت می‌کنند؛ درحالی‌که مواد دیامغناطیس رفتار عکس دارند.

صاعقه را ذخیره کند. او به این نتیجه رسید که ماهیت صاعقه با الکتریسیته ساکنی که روی زمین تولید می‌شود، یکسان است.



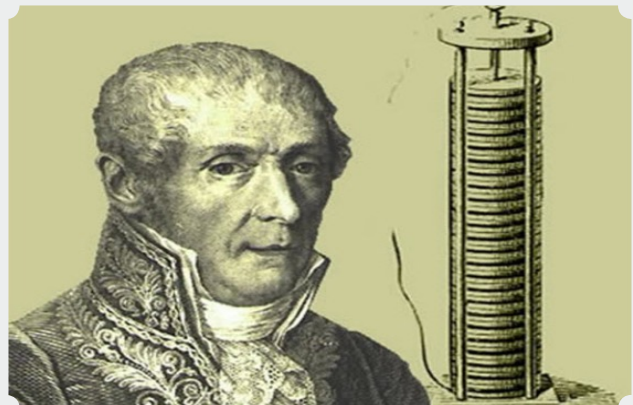
شکل ۲ - بطری لیدن

قدم بزرگ بعدی را فیزیکدان و مهندس فرانسوی به نام شارل کولن برداشت. در سال ۱۷۷۳ قانون خود را در مورد نیروی الکتریکی منتشر کرد. کولن کره‌های کوچکی را با الکتریسیته ساکن باردار می‌کرد و در تلاش بود که نیروهای جاذبه و دافعه بین آن‌ها را اندازه‌گیری کند. او این مقدار را با رابطه زیر اندازه‌گیری کرد.

$$F = k * q1 * q2 / r^2$$

کولن همچنین اکتشافات مهمی در مورد مغناطیس و قطب‌نما ارائه داد.

آلساندرو ولتا، دانشمندی ایتالیایی است که وی را با عنوان مخترع باتری می‌شناسند. ولتا دو وسیله فلزی که یکی از آن‌ها از جنس روی و دیگری از جنس مس بود را کنار یکدیگر قرار داد و بین آن‌ها نیز یک ورقه کاغذی که آغشته به آب‌نمک بود گذاشت. این آزمایش یک نمونه اولیه باتری بود که می‌توانست به‌وسیله سیم، الکتریسیته جاری را منتقل کند. یعنی باتری یک جریان پیوسته تولید کرد.



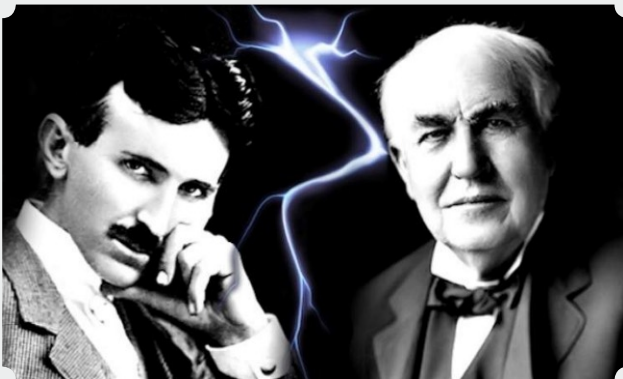
شکل ۳ - آلساندرو ولتا و نمونه اولیه یک باتری در قرن هجدهم هانس کریستین اورستد، شیمی‌دان و



شکل ۴ - اولین موتور الکتریکی

با اکتشافات این دانشمندان، آگاهی نسبی در مورد

بزرگ‌ترین مخترع تاریخ آمریکا شناخته می‌شود، یکی از صاحبان شرکت جنرال‌الکتریک بود که برای روشن کردن لامپ‌ها و موتورها از جریان مستقیم استفاده می‌کرد. جریان مستقیم جریانی است که ولتاژ آن ثابت است. جبهه دیگری در آن زمان در مقابل ادیسون تشکیل شد که معتقد بودند جریان متناوب عملکرد بهتری دارد. جریان متناوب جریانی است که ولتاژ آن ثابت نیست و در طول زمان در حال تغییر است. اصلی‌ترین افراد این جبهه نیکولا تسلا، مخترع و مهندس برق مجارستانی و جورج وستینگ‌هوس، کارآفرین و مهندس آمریکایی بودند که اعتقاد داشتند استفاده از جریان مستقیم بسیار پرهزینه است. چرا که تجهیزات گران‌قیمتی نیاز داشته و اتلاف انرژی زیادی داشته است. در این زمان جنگ یا رقابت سنگینی میان ادیسون و تسلا پیش آمد. سیستمی که تسلا ارائه داده بود بسیار کم‌هزینه و با اتلاف انرژی ناچیزی داشت. ادیسون با استفاده از جریان مستقیم و تسلا با استفاده از جریان متناوب در تلاش بودند برق کل کشور آمریکا را تأمین کنند. ادیسون می‌دانست سیستمی که از آن استفاده می‌کند کارایی کمتری دارد؛ اما با کنار گذاشتن آن به قیمت از دست دادن مبالغ هنگفتی تمام می‌شد. ادیسون برای کنار زدن تسلا و جذب افکار عمومی تلاش‌های زیادی کرد. با کشتن حیوانات به وسیله جریان متناوب در تلاش بود مردم را از سیستم تسلا بترساند؛ اما در نهایت تسلا پیروز میدان بود.



شکل ۵ - توماس ادیسون و نیکولا تسلا

سخن پایانی

کشف الکتریسیته و رسیدن به درک کامل این علم به دست یک شخص به‌خصوص نبوده و دانشمندان و مهندسان زیادی در کشف برق نقش داشته‌اند. الکتریسیته دنیا را روشن کرد و رفاه مردم را صد و هشتاد درجه چرخاند. در آینده‌ای نه‌چندان دور صنعت برق با

الکتریسیته و مغناطیس به وجود آمد. اما ماهیت الکتریسیته ناشناخته ماند. چرا که ریشه در اتم‌ها داشته و در آن زمان شناخت بسیار کمی از اتم‌ها داشته‌اند. دانشمندان رفته رفته به این نتیجه رسیدند که باید یک‌ذره الکتریکی وجود داشته باشد تا الکتریسیته ساکن، از جمع شدن این ذرات به وجود بیاید و جریان الکتریکی نیز از حرکت این ذرات از نقطه‌ای به نقطه دیگر ایجاد می‌شود. سپس بعد از کشف الکترون که همان ذره الکتریسیته بود، ماهیت الکتریسیته به شناخت کاملی رسید. به صراحت نمی‌توان گفت که این ماهیت را یک نفر کشف کرده است؛ چرا که دانشمندان زیادی به اکتشافاتی از ذره‌ذره ماهیت الکتریسیته رسیدند و هر یک نقش مهمی را ایفا کرده‌اند.

داخل هر اتم پروتون‌ها دارای بار الکتریکی مثبت و الکترون‌های اطراف آن دارای بار الکتریکی منفی هستند. در حالت عادی مقدار این دو باهم برابر است و اتم از نظر الکتریکی خنثی محسوب می‌شود. هر بار الکتریکی، اطراف خودش خاصیتی به نام میدان الکتریکی دارد. زمانی که یک بار الکتریکی پروتون یا الکترون در معرض میدان بار الکتریکی دیگری قرار بگیرد، نیرویی از طرف آن میدان به بار الکتریکی وارد می‌شود. اگر هر دو مثبت یا منفی باشند، نیرو دافعه و اگر هر دو غیر هم‌نام باشند، نیرو جاذبه است. الکترون‌های بیرونی‌ترین لایه‌های اتم فلزات، بستگی کمتری نسبت به هسته خود دارند و با کمترین انرژی از هسته کنده می‌شوند. هنگامی که الکترون‌های آزاد در میدان الکتریکی قرار گیرند، جریان الکتریکی بوجود می‌آید. موادی که تعداد الکترون‌های آزادشان زیاد هستند، رسانا و موادی که الکترون‌های آزاد کمی دارند، نارسانا هستند. یک بار الکتریکی منفی یا الکترون را در نظر می‌گیریم. می‌دانیم که در اطراف خودش میدان الکتریکی وجود دارد. یک الکترون دیگر را هم فرض می‌کنیم که با الکترون دیگر فاصله دارد. بین این دو نیروی دافعه وجود دارد. اگر دومی را به اولی نزدیک کنیم، باید مقداری انرژی مصرف شود تا به این نیرو غلبه کند. این انرژی در الکترون ذخیره می‌شود که به آن انرژی پتانسیل الکتریکی می‌گویند. سپس می‌توانیم نتیجه بگیریم الکترون رفتاری دارد که می‌خواهد از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر برود. به این رفتار الکترون اختلاف پتانسیل الکتریکی یا ولتاژ گویند. اختلاف پتانسیل الکتریکی در مدارهای باتری‌ها مشهود است.

توماس ادیسون، مخترع و مهندس آمریکایی که به‌عنوان

نوآوری‌های مختلفی که داشته است، جایگزین تمام انرژی‌ها خواهد شد و در رقابت با نفت برنده خواهد بود. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۵۰ تقاضای نفت نصف خواهد شد.

فهرست منابع:

<https://fa.wikipedia.org/wiki/>
<https://youtu.be/CwMrJoetfry>
barghnews.com/fa/news/42360/
farnet.io
imna.ir/news/519760/
school-mon.ru
ihoosh.ir
beytoote.com
rasekhoon.net/article/show/

تلسکوپ جیمز وب

◀ نویسنده: نیلوفر جعفری

مقدمه

حدود ۴۰۰ سال قبل و با اختراع تلسکوپ، دریچه جدیدی به روی بشر باز شد. در میانه قرن بیستم میلادی و با ساخت رادیو تلسکوپها، کهکشانشانهایی در فاصلههای بسیار دور مشاهده شدند. برخورد کهکشانشانها با استفاده از تلسکوپ هابل به اثبات رسید و اکنون نوبت به تلسکوپ «جیمز وب» (James Webb) رسیده است. به طور خلاصه مهم ترین تفاوتی که تلسکوپ جیمز وب با هابل دارد در این است که جیمز وب برخلاف هابل می‌تواند امواج فرورسرخ را دریافت کند که باعث می‌شود تصاویر را با جزئیاتی فراتر از تصاویری که هابل به دست آورده است ببینیم.

این تلسکوپ در تاریخ ۲۵ دسامبر سال ۲۰۲۱ معادل روز چهارم دی‌ماه سال ۱۴۰۰ شمسی در ساعت ۱۲:۲۰ بعدازظهر به وقت گرینویچ از مرکز فضایی Guiana به فضا پرتاب شد.

دلیلی که ما تلسکوپها را به خارج از اتمسفر زمین و در فاصله ای دور از زمین پرتاب می‌کنیم این است که ما در زیر اقیانوسی عظیم از هوا زندگی می‌کنیم و پرتوهای نور با برخورد به مولکولهای هوا، گرد و غبار و ذرات ریز آب پراکنده می‌شوند و تلسکوپها نمی‌توانند از فضا تصویر دقیقی به ما ارائه دهند.

از ۳۰ سال پیش تاکنون تلسکوپ هابل کشفیات خیلی زیادی برای ما انجام داده است و چشم خوبی برای ما بوده است. با استفاده از هابل بود که توانستیم متوجه شویم که عمر جهان تقریباً ۱۳/۸ میلیارد سال است، جهان چگونه در حال انبساط است، چرا باید چیزی به نام ماده تاریک وجود داشته باشد و کشفیات بزرگ دیگر...

اکنون داریم به کمک «جیمز وب» به یک چشم دیگر مجهز می‌شویم که مانند هابل دانش ما را درباره جهان افزایش می‌دهد. این تلسکوپ در مورد شکل‌گیری اولین کهکشانشانهای جهان، مقایسه آنها با کهکشانشانهای جدید، نحوه تشکیل منظومه شمسی و وجود زندگی در سیاره‌های دیگر مطالعه خواهد کرد.

بررسی ساختار، دلیل ساخت و اهمیت تلسکوپ

جیمز وب

شروع تلسکوپ فضایی جیمزوب تقریباً از سال ۱۹۹۰ بود. درست در زمان شروع به کار کردن هابل دانشمندان شروع به معرفی یک جانشین برای هابل کردند که ویژگیهای خیلی بهتری از هابل داشته باشد.

این پروژه فقط به ناسا مربوط نیست و در اصل کاری مشترک بین ناسا و آژانس فضایی اروپا و آژانس فضایی کانادا است. هرکدام بخشی از کار را برعهده داشتند. اسم این پروژه را در ابتدا تلسکوپ فضایی نسل بعد گذاشته بودند. (NGST)

اما سال ۲۰۰۲ به افتخار جیمز وب یکی از مدیران ناسا در دهه ۶۰ میلادی اسم پروژه را به تلسکوپ فضایی جیمز وب تغییر دادند. (JWST^۱)

تا ۱۹۹۷ ناسا تخمین زد که این پروژه ۵۰۰ میلیون دلار هزینه لازم دارد و تقریباً تا کامل شدن آن حدود ۱۰ سال طول می‌کشد. یعنی اولین تاریخی که برای پرتابش در نظر گرفته بودند سال ۲۰۰۷ بود! حدود ۱۴ سال تاریخ پرتاب جیمز وب عقب افتاد که این موضوع باعث شد هزینه‌های آن خیلی بیشتر از چیزی که پیشبینی کرده بودند بشود. این تلسکوپ با کشتی به گویان فرانسه (یک منطقه کوچک در امریکا جنوبی تحت حاکمیت فرانسه) منتقل شد. در آنجا با موشک Ariane 5 ساخت سازمان فضایی اروپا به فضا پرتاب شد.



شکل ۱ - لحظه پرتاب تلسکوپ جیمز وب

^۱James Webb Space Telescope

^۲Next Generation Space Telescope

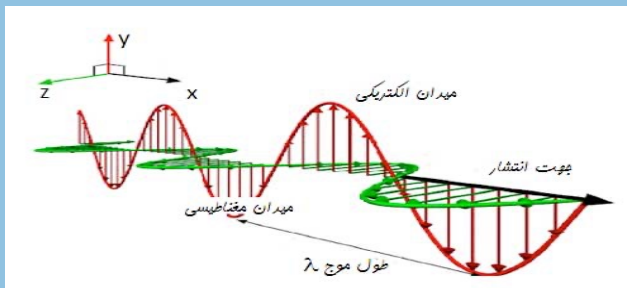


آن غیرممکن است. بنابراین، تمام اجزای سازنده تلسکوپ در نخستین تلاش باید ایده آل باشند. به همین دلیل ساختن این تلسکوپ نزدیک به دو دهه زمان برد. نکته مهم در طراحی تلسکوپ فضایی جیمز وب داشتن سمت سرد و سمت گرم است.

- در قسمت سرد مشاهده های تلسکوپ ثبت و ضبط می شوند.

- در حالی که قسمت گرم مسئول حمل پنل های خورشیدی و آنتن برای ارتباط با زمین است.

معرفی کوتاه الکترومغناطیس



پرتو های الکترومغناطیسی از یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی تشکیل شدند که بر همدیگر عمودند. هر چقدر فرکانس این امواج بیشتر باشد انرژی آن نیز بیشتر می باشد به عبارت دیگر فرکانس و انرژی آن باهم رابطه مستقیم دارد. فرکانس به طور ساده یعنی تعداد بالا پایین شدن یک موج در یک ثانیه پس هر چقدر موج در یک ثانیه بیشتر بالا پایین بشوند آن موج فرکانس بیشتری دارد.

یکی از اصلی ترین ویژگی هایی که تلسکوپ جیمز وب دارد و آن را متمایز می کند این است که به نحوی ساخته شده تا از امواج فروسرخ برای رصد ستاره ها و کهکشان ها استفاده کند.

هر جسمی که گرم باشد از خودش امواج فروسرخ منتشر می کند و هرچه گرم تر باشد با شدت بیشتری امواج فروسرخ را منتشر می کند.

اما اجرامی که در فضا هستند همه امواج الکترومغناطیسی را منتشر می کنند.

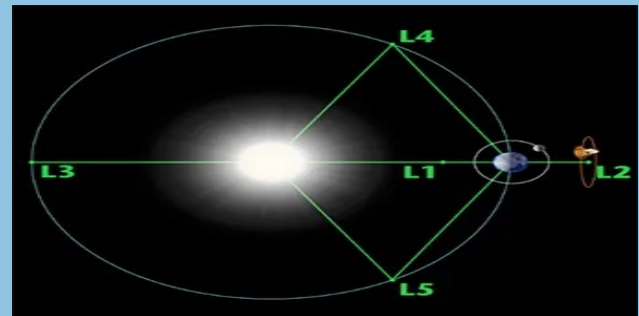
تفاوت اصلی هابل و وب: هابل وقتی که روی یک نقطه متمرکز می شود امواج مرئی و فرابنفش را دریافت می کند اما جیمز وب فقط امواج فروسرخ را دریافت می کند.

نقطه لاگرانژ

نقاط لاگرانژ نقاطی هستند که وقتی یک جسم نسبتا کم جرم در آنجا قرار می گیرد نیروی جاذبه ای که از طرف خورشید به آن وارد می شود با نیروی جاذبه ای که از طرف زمین به آن وارد می شود همدیگر را خنثی می کند. فضاییها از این نقاط برای کاهش مصرف سوخت استفاده می کنند.

پنج نقطه فضایی وجود دارند که در آن ها جرمی کوچک می تواند با الگویی ثابت با دو جرم بزرگتر بچرخد. از بین این پنج نقطه، سه تای آن ها ناپایدار و دو تای آن ها پایدار هستند. نقطه های لاگرانژ ناپایدار، به نام های L2، L1 و L3 در امتداد خط متصل کننده دو جرم بزرگ قرار گرفته اند. نقطه های پایدار لاگرانژ، به نام های L4 و L5، در نوک دو مثلث متوازی الاضلاعی که جرم های بزرگتر رأس آن ها هستند، قرار گرفته اند.

نقطه L1 که بر روی خط متصل کننده زمین و خورشید و بین آن ها قرار گرفته است، محل قرار گرفتن ماهواره SOHO است.



این تلسکوپ در فضا در یکی از نقاط لاگرانژی زمین و خورشید به نام L2 قرار گرفته است که تقریبا ۱/۵ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد.

این نقطه در ستاره شناسی بسیار مهم است، زیرا:

- فضاییها به راحتی با زمین در ارتباط است.
- خورشید، زمین و ماه در پشت فضاییها قرار می گیرند.
- در نتیجه، فضاییها یا تلسکوپ دید واضحی از فضای دوردست خواهند داشت.

جیمز وب در نقطه L2 قرار می گیرد، بنابراین دید این تلسکوپ نسبت به جهان بسیار واضح تر از تلسکوپ فضایی هابل است. برخلاف تلسکوپ هابل، اگر تلسکوپ جیمز وب دچار مشکل سخت افزاری شود به راحتی قابل تعمیر نخواهد بود، زیرا دسترسی تیمی از فضانوردان به

دلیل اهمیت امواج فرسرخ (۱) دنبال کردن مراحل تولد ستاره

سحابی ها، ابرهای خیلی بزرگی از گاز و گرد و غبار هستند که درون سحابی، این گازها بر اثر جاذبه به هم فشرده می‌شوند و ستاره های جدیدی را تشکیل می‌دهند. پس هرچه بهتر بتوانیم درون سحابی ها را ببینیم اطلاعات بیشتری را می‌توانیم از مراحل تولد ستاره ها بدست بیاوریم.

هابل دید خوبی به درون این سحابی ها ندارد زیرا از نور مرئی و فرا بنفش استفاده می‌کند و این امواج وقتی از فضای پر از گردوغبار سحابی رد می‌شوند مقدار زیادی از آن از بین می‌رود.

برای همین تلسکوپ جیمز وب از امواج فرسرخ استفاده می‌کند که طول موج آن بلندتر از نور مرئی و فرابنفش است. طول موج بلندتر جیمز وب باعث می‌شود که کمتر به موانعی که سر راهش قرار دارد برخورد کند. پس با این روش، ما می‌توانیم درون سحابی ها را خیلی بهتر مشاهده کنیم و مراحل تولد ستاره ها را دقیق تر دنبال کنیم.

البته روی هابل نیز یک دوربین فرسرخ جدید نصب شد ولی خب توان آن هیچوقت به اندازه یک تلسکوپی که کاملاً از فرسرخ استفاده کند نمی‌رسد.

(۲) انبساط جهان

میدان خیلی عمیق هابل (Hubble Ultra Deep Field) یک تصویر خیلی معروف از هابل است که نتیجه چندین سال کار کردن این تلسکوپ روی یک نقطه بسیار ریز از فضا است.

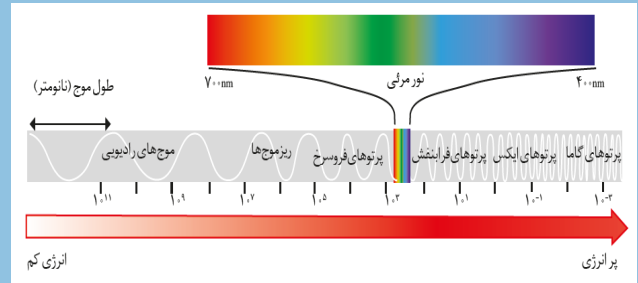
با زوم کردن روی این نقطه هابل توانست از اطلاعات خیلی زیادی از کهکشان که میلیاردها سال نوری از ما فاصله داشته عکس بگیرد. این کهکشان ها قدیمی ترین کهکشان هایی هستند که تاکنون توانستیم ببینیم. یعنی مربوط به دورانی می‌شوند که جهان تازه شکل گرفته است.

به خاطر انبساط جهان کهکشان های اولیه دائماً در حال دور شدن هستند. تمام این نقطه های ریزی که در شکل صفحه بعد می‌بینید هر کدام یک کهکشان کامل هستند که چند میلیون یا چند میلیارد ستاره دارد.

این تصویر به اندازه خودش فوق العاده بود ولی مساله اینجاست که می‌خواهیم بدانیم وقتی از این جلوتر برویم چه اتفاقی می‌افتد و آنجا چه می‌بینیم؟

تقسیم بندی فرکانسی امواج

حالا این امواج را از کمترین فرکانس تا بیشترین فرکانس دسته بندی کردیم و به هر کدام اسمی داده ایم.



کم فرکانس ترین آن امواج رادیویی است که در رادیو، تلویزیون، ماهواره و موبایل از آن استفاده میکنند. اگر فرکانس مقداری از فرکانس امواج رادیویی بیشتر باشد ریزموج نام می‌گیرد و بعد از آن امواج فرسرخ و بعد از فرسرخ، نور مرئی وجود دارد که چشم ما آن را می‌بیند. (سلول های شبکیه چشم انسان فقط فرکانس های محدوده نور مرئی را دریافت می‌کند.)

بعد از آن، امواج فرابنفش و بعد از آن نیز، پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما است که پر انرژی ترین امواج الکترومغناطیس هستند.

خود محدوده نور مرئی به رنگ های مختلف تقسیم بندی می‌شود که در آن نور قرمز کم فرکانس ترین و نور بنفش پرفرکانس ترین می‌باشد.

امواج الکترومغناطیس جز فرکانس ویژگی دیگری به نام طول موج نیز دارند.

فاصله بین دو قله پی در پی یا دو دره پی در پی را طول موج می‌گویند. طول موج با فرکانس و انرژی نسبت عکس دارد. هر چقدر فرکانس و انرژی بیشتر، طول موج کوتاه تر است یا هر چقدر فرکانس و انرژی کمتر باشد، طول موج بلندتر است.

وقتی که یک موج الکترومغناطیسی طول موج بلندتری داشته باشد، موقع حرکت کمتر به موانعی که سر راهش است برخورد می‌کند و در نتیجه مسافت طولانی تری را می‌تواند طی کند. برای همین از امواج رادیویی برای تلویزیون، ماهواره و موبایل و... استفاده می‌کنیم، چون طول موج بلندتری دارند و زمانی که در هوا حرکت می‌کنند کمتر به مولکول های هوا برخورد می‌کنند.

اکنون سوالی که پیش می‌آید این است که امواج فرسرخ چه ویژگی هایی دارد که تا این حد اهمیت دارد؟



۳) شناخت بهتر سیارات خارج از منظومه شمسی

ما برای اینکه متوجه شویم روی سطح سیارات چه موادی وجود دارد از روش طیف سنجی جذبی استفاده می‌کنیم. طیف سنجی جذبی: یعنی نوری که از این سیارات دریافت می‌کنیم را تجزیه و تحلیل می‌کنیم تا بفهمیم چه مولکول‌هایی روی سطح آنها وجود دارد. امواج فرسرخ نسبت به نور مرئی و فرابنفش خیلی بهتر می‌تواند این کار را انجام بدهد. پس با وجود تلسکوپ جیمز وب شناخت ما از سیارات خارج از منظومه شمسی نیز خیلی بیشتر می‌شود. یعنی از نظر جست و جوی زندگی فرا زمینی هم اهمیت زیادی دارد.

با وجود اینکه استفاده از امواج فرسرخ مزایای زیادی دارد اما چالش‌های بزرگی هم برای تلسکوپ وب ایجاد کرده است که یکی از دلایلی که باعث شد پرتاب آن چندین بار عقب بیافتد همین بود.

سپر خورشیدی تلسکوپ

تلسکوپ‌هایی که روی امواج فرسرخ متمرکز هستند برای اینکه بتوانند بهترین عملکرد خودشان را داشته باشند باید در دمای خیلی پایین، نزدیک به ۰ مطلق کار کنند. به این دلیل که همانطور که از قبل گفتیم، هر جسمی که گرم باشد یا از ۰ مطلق دمای بالاتری داشته باشد، از خودش امواج فرسرخ منتشر می‌کند. پس اگر تلسکوپ خودش گرم باشد، پرتوهای فرو سرخی که از بدنه خودش منتشر می‌شود با پرتوهای فرو سرخی که از کهکشان‌های دوردست دریافت می‌کند باهم تداخل پیدا می‌کنند و دقت کارایی خودش را از دست می‌دهد. پس تلسکوپ باید تا جایی که امکان دارد خنک بماند. برای حل این مشکل در تلسکوپ‌های قبلی از دستگاه‌های خنک‌کننده استفاده می‌شد.

به عنوان مثال در تلسکوپ Spitzer که سال ۲۰۰۳ پرتاب شد از هلیوم مایع برای خنک شدن استفاده می‌کرد. در تلسکوپ Wise نیز که سال ۲۰۰۹ پرتاب شد از دستگاه‌های خنک‌کننده استفاده می‌شد.

اما مشکل این روش اینجاست که سیستم خنک‌کننده آنها بعد از چند سال از کار می‌افتد در نتیجه دمای تلسکوپ به مرور بالاتر می‌رود. از طرفی هم فاصله جیمز وب از ما خیلی زیاد است و نمیتوان آن را مثل هابل تعمیر کرد. (هابل از اول به گونه‌ای ساخته شد که قابل تعمیر و ارتقا باشد.) ولی تلسکوپ جیمز وب ۱/۵ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد (یعنی تقریباً ۲۷۰۰ برابر دور تر از هابل).



مشکل اینجاست که کهکشان‌هایی که خیلی از ما دور هستند نور آن‌ها خیلی دچار red shift می‌شوند و آنقدر طول موجشان بلند می‌شود که وارد محدوده امواج فرسرخ می‌شوند و دیگر با هابل قابل مشاهده نیستند.

پدیده Red Shift

ستاره‌ها و کهکشان‌هایی که به خاطر انبساط جهان از ما دور میشوند، نوری که از خودشان منتشر میکنند اصطلاحاً کش می‌آید یعنی طول موج آن به سمت طول موج بلند می‌رود. (سمت طول موج نور قرمز) برای همین به آن Red Shift می‌گویند.

در اینجا تلسکوپ جیمز وب به کمک ما می‌آید. حالا که ما ابزاری داریم که می‌تواند امواج فرسرخ را با دقت خیلی بالایی رصد کند میتوانیم خیلی بیشتر پیش برویم و از اولین ستاره‌ها و کهکشان‌هایی که بعد از بیگ بنگ تشکیل شدند عکس برداری کنیم و به دنبال آن می‌توانیم مراحل تشکیل کهکشان‌ها و تولد ستاره‌ها را بهتر ببینیم.

اگر کهکشان‌ها را به کهکشان‌های تازه متولد شده، نوپا، کودک، نوجوان و جوان تقسیم کنیم، تلسکوپ هابل قادر به دیدن کهکشان‌های نوپا و تلسکوپ جیمز وب قادر به دیدن کهکشان‌های تازه متولد شده هستند. استفاده از امواج فرسرخ دلیل اصلی است که تلسکوپ وب اولین کهکشان‌های شکل گرفته را در فضا می‌بیند. هنگامی که در مورد دورترین اجسام صحبت می‌کنیم، نسبت عام اینشتین بسیار مهم می‌شود. بر طبق نسبیت عام اینشتین، انبساط جهان در واقع به معنای آن است که فضای بین اجسام کشیده می‌شود. به همین دلیل، اجسام (مانند کهکشان‌ها) از یکدیگر دور می‌شوند. بنابراین، اجسام بسیار دور در طول موج‌های نور مرئی دیده نمی‌شوند، زیرا نور رسیده از این اجسام به ما در محدود نور فرسرخ قرار دارد. تلسکوپ‌های فرسرخ، مانند تلسکوپ وب، بهترین انواع تلسکوپ برای مشاهده کهکشان‌های شکل گرفته در آغاز جهان هستی هستند.



رفته در تلسکوپ وب برای دریافت نور فرورسرخ، سطح آن‌ها با لایه نازکی از طلا پوشانده شده است. فلزات به دلیل آن که رسانای خوب جریان الکتریکی هستند نور را منعکس می‌کنند. همچنین، مقدار میدان الکتریکی درون فلزها برابر صفر است. نور، موج الکترومغناطیسی است. هنگام برخورد نور با فلز، الکترون‌های سطحی فلز نوسان خواهند کرد. الکترون‌ها به گونه‌ای حرکت می‌کنند که میدان الکتریکی کل درون فلز برابر صفر شود. بنابراین، ترکیب میدان الکتریکی الکترون‌های متحرک و میدان الکتریکی نور در فلز، برابر صفر خواهد شد. این صفر شدن با بازتاب نور از سطح فلز امکان پذیر خواهد بود. طلا نور آبی را بسیار ضعیف، اما نورهای قرمز و فرورسرخ را بسیار خوب منعکس می‌کند. بنابراین، سطح آینه‌های استفاده شده در تلسکوپ جیمز وب با لایه نازکی از این عنصر پوشش داده شده اند (حدود ۴۸ گرم طلا برای این کار استفاده شده است).

بررسی بعضی تصاویری که تلسکوپ جیمز وب تا کنون تهیه کرده است

(A) تصاویر مربوط به ستاره‌ها و کهکشان‌ها
سیستم ستاره ای WR140:

از جالب‌ترین تصاویری که تلسکوپ جیمز وب تهیه کرده و در سپتامبر ۲۰۲۲ منتشر شد مربوط به سیستم ستاره ای WR140 است که در کهکشان راه شیری قرار دارد و حدود ۵۴۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد. اطراف این سیستم حلقه‌هایی دیده می‌شود.

این سیستم از دو ستاره بزرگ تشکیل شده که روی مدارهای بیضی شکل دور همدیگر می‌چرخند و هر ۸ سال یک بار به همدیگر نزدیک می‌شوند و دو باره از هم دور می‌شوند. وقتی بهم نزدیک میشوند به خاطر اثراتی که روی هم می‌گذارند اطرافشان مقدار زیادی غبار ایجاد می‌شود و سپس بادهای ستاره ای قدرتمندی که از سطح شان منتشر می‌شود که غبارها را به سمت بیرون هل می‌دهد و آن حلقه‌ها را ایجاد می‌کند. فاصله بین این حلقه‌ها نشان دهنده دور و نزدیک شدن این دو ستاره به همدیگر است.

این سیستم حدود دو دهه پیش توسط تلسکوپ زمینی کک در هاوایی بررسی شده بود ولی با آن تلسکوپ فقط دو حلقه اول دیده می‌شد در صورتی که تلسکوپ وب ۱۷ حلقه را پیدا کرد. حتی تلسکوپ وب نشان داد غباری که این حلقه‌ها را می‌سازد حاوی مواد ارگانیک و ذرات

راه حلی که برای این موضوع پیدا کردند این بود، که این تلسکوپ را طوری طراحی کنند که خودش، خودش را خنک نگه دارد.

برای اینکار از یک سپر خورشیدی استفاده کردند که جلوی نور خورشید و نوری که از زمین و ماه منتشر می‌شود را می‌گیرد.

این سپر از ۵ لایه تشکیل شده است. دمای پنج لایه با یکدیگر فرق دارند. هر لایه، از لایه پایین‌تر خود سردتر است. گرمای تابیده شده از هر لایه، بین لایه‌ها پخش می‌شود و به لایه دیگر منتقل نخواهد شد. دلیل این امر آن است که خلأ بین لایه‌ها، عایق بسیار خوبی برای گرما است. هر لایه یک ورقه نازک از یک غشای کاپتون است که یک طرفش با آلومینیوم و طرف دیگرش با سیلیکون پوشیده شده است. (ضخامت پوشش آلومینیوم 100nm و ضخامت پوشش سیلیکونی 50nm است.)

بلندترین قسمت تلسکوپ نیز همین سپر است که طول آن تقریباً ۲۱ متر است.

تلسکوپ طوری در محل خودش قرار می‌گیرد که سپرش همیشه به سمت خورشید قرار گیرد. سپر خورشیدی و رادیاتورهایی که در تلسکوپ استفاده شده و قرار گرفتن آن در نقطه لاگرانژ باعث می‌شود که دمای آن همیشه زیر ۲۳۰- درجه باقی بماند. با این روش، تا حدود خیلی زیادی جلوی تداخل امواج فرورسرخ گرفته می‌شود.

آینه‌های تلسکوپ

این تلسکوپ ۱۸ آینه ۶ ضلعی دارد و وقتی که کنار هم قرار می‌گیرند یک آینه بزرگ به قطر ۶/۵ متر می‌سازد (قطر آینه هابل فقط ۲/۴ متر است). این آینه‌ها از جنس یک فلز خیلی سبک به نام بریلیم با روکشی از طلا است. پرتوهای فرو سرخی که از فاصله‌های خیلی دور دریافت می‌شوند، وقتی به این آینه‌ها برخورد می‌کنند بازتاب می‌شوند و روی آن قسمت متمرکز می‌شوند.

دلیل استفاده از بریلیم: عنصر بریلیم (با نماد شیمیایی Be) و عدد اتمی ۴۰، فلزی شکننده است. اضافه کردن آن به برخی آلیاژها سبب تولید محصولاتی با مقاومت گرمایی بالا، بهبود مقاومت در برابر خوردگی، سختی بیشتر و کیفیت ریخته‌گری بهتری خواهد شد. بسیاری از قسمت‌های مافوق صوت تلسکوپ از بریلیم به دلیل سبکی، سختی و پایداری ساخته شده است.

دلیل استفاده از روکش طلا: برای بهبود آینه‌های به کار



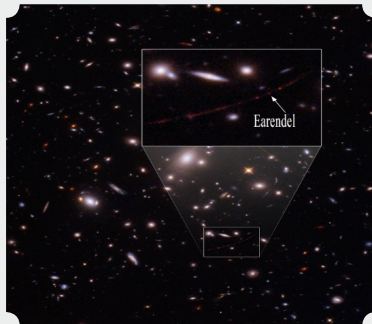
است که تا این لحظه توانستیم پیدا کنیم. یعنی حدوداً ۳۰۰ میلیون سال بعد از بیگ بنگ تشکیل شده است.

ستاره Earendel:

جیمز وب تصویر بهتری از دورترین و قدیمی ترین ستاره نیز به ما ارائه داده است.

این ستاره سال ۲۰۲۲ توسط تلسکوپ هابل کشف شده بود اما تلسکوپ وب تصویر بهتری از آن را به ما داد.

دیدن ستاره های کهکشان خودمان شاید خیلی کار سختی نباشد اما



پیدا کردن ستاره ها

در کهکشان های دیگر

اصلاً ساده نیست.

ستاره ایرندل ۱۲/۹

میلیارد سال نوری از ما

فاصله دارد که به لطف

لنز گرانشی توانستیم

آن را ببینیم.

سردترین یخ بین ستاره ای:

یک ابر مولکولی در فاصله ۵۰۰ سال نوری از زمین درون صورت فلکی آفتاب پرست قرار دارد. این ابر مولکولی

اینقدر ضخیم و متراکم است که نور ستاره های پشت سرش نمیتواند از آن عبور کند و به ما برسد.

تلسکوپ جیمز وب توانست به اعماق این ابر نفوذ کند و یخ های بین ستاره ای را با دمای ۲۶۳ درجه زیر صفر

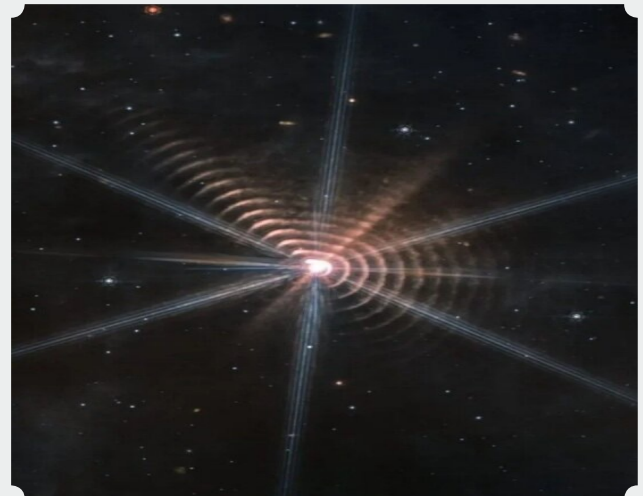
پیدا کند که حاوی مولکول های ضروری برای تشکیل زندگی بودند.

کهکشان (Phantom) Messier74:

این کهکشان حدود ۳۲ میلیون سال نوری از ما فاصله



غنی از کربن است. یعنی مولکول های اولیه ایجاد کننده زندگی درون غبارها وجود دارد.



کهکشان های Glass-Z11 و Glass-Z13:

ستاره شناس ها با استفاده از داده های تلسکوپ جیمز وب روی پروژه هایی به نام Glass کار می کنند که یکی

از خوشه های کهکشانی معروف به نام Abell 2744 یا Pandora را با دقت بالایی بررسی می کنند. این خوشه

به صورت یک لنز گرانشی عمل می کند و باعث می شود کهکشان های پشت سرش بزرگتر دیده شوند.

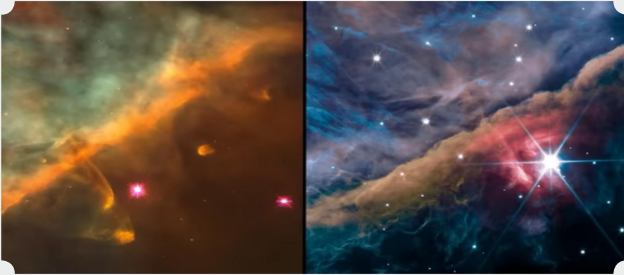
در این پروژه دو کهکشان خیلی دور را پیدا کردند. (Glass-z13 و Glass-z11) که به حدود ۱۳/۵ میلیارد

سال پیش مربوط می شوند. به نظر می آید کهکشان z13 قدیمی ترین کهکشانی



سحابی Orion:

یکی از مناطق معروف تولد ستاره ها ست که حتی با چشم غیر مسلح نیز می‌توانیم آن را ببینیم.



جیمز وب (تصویر سمت راست) و هابل (تصویر سمت چپ)

(C) تصاویر مربوط به سیارات:

سیارات فرا خورشیدی یعنی سیاراتی که جز منظومه خورشیدی ما نیستند بلکه درون نقاط دیگری از کهکشان ما قرار گرفتند. رصد سیارات نسبت به ستاره ها و کهکشان ها کار خیلی سخت تری است چون اندازه کوچک تری دارند و همچنین نور زیادی از سطح شان منتشر نمی‌شود.

تصویر رو به رو اولین تصویر مستقیمی است که جیمز وب از یک سیاره فرا خورشیدی گرفته است.

مشخص است که هنوز با دیدن یک تصویر از سطح یک دنیای بیگانه فاصله زیادی داریم. رصد گول های گازی مانند مشتری و زحل بین سیارات نسبتا راحت تر است.

برای همین یکی از فعالیت های وب رصد این سیارات گازی بوده اما اوایل ۲۰۲۳ توانست اولین اطلاعات خودش را از یک سیاره فرا خورشیدی صخره ای به دست بیاورد که حدود ۴۰ سال نوری از ما فاصله دارد. تقریبا هم اندازه زمین، ولی

خیلی گرمتر از آن است.

حدودا به گرمی سیاره

زهره می‌باشد.

وب روی سیارات منظومه

خورشیدی نیز کار کرده

است به عنوان مثال

تصاویر مختلفی از

مشتری گرفته است.

تصویر گرفته شده از مشتری توسط جیمز وب

جیمز وب می‌تواند قمرها و حلقه های سیارات را با وجود نوری که از سطح این سیارات منتشر می‌شود ببیند. برای همین دانشمندان امیدوارند بتوانند در آینده جزئیات بیشتری از این اجرام ثبت کنند.

این تلسکوپ از مریخ نیز تصاویری گرفته است. جیمز وب

به طور کلی برای رصد نقاط خیلی دور طراحی شده است.

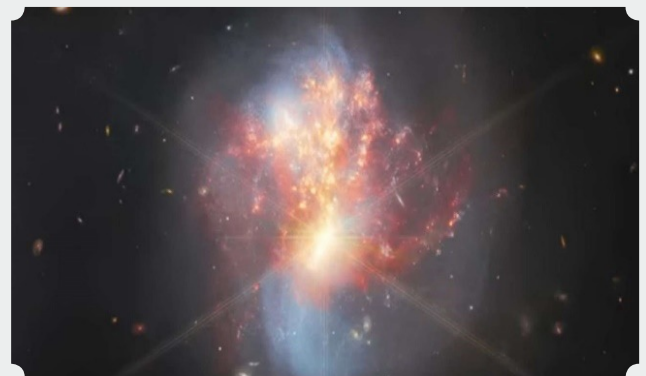
دارد و درون صورت فلکی ماهی قرار گرفته است.

برخورد دو کهکشان به نام IC1624:

این تصویر مربوط به برخورد دوتا کهکشان است با نام مشترک IC1624 که ۲۷۰ میلیون سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی نهنگ قرار گرفتند.

هابل نیز در گذشته از این برخورد عکس گرفته بود ولی جیمز وب به خاطر استفاده از پرتوهای فرسرخ توانسته به اعماق غبار این کهکشان نفوذ کند و ستاره هایی که در حال تشکیل هستند را با جزئیات بیشتری نشان دهد.

(B) تصاویر مربوط به سحابی ها:



جیمز وب به دلیل استفاده از پرتو های فرو سرخ میتواند تا اعماق گاز و غبار این سحابی ها را ببیند در نتیجه باعث می‌شود دانش ما از فرایند تشکیل ستاره ها بیشتر شود.

ستون های آفرینش:

بخشی از سحابی عقاب است که در صورت فلکی مار قرار گرفته و حدود ۷۰۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد. ظاهرش شبیه چند ستون است که داخل آنها گاز و غبار بهم فشرده می‌شوند و ستاره های جدید متولد می‌شوند برای همین به ستون های آفرینش معروف شده است.

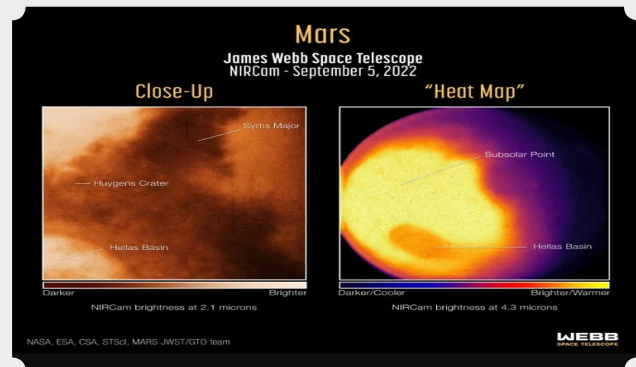


برخورد کرد. آسیبی که طی این برخورد به تلسکوپ وارد شد اینقدر زیاد نبود که جلوی فعالیتش را بگیرد ولی به هر حال این اتفاق همچنان ممکنه است رخ دهد. طبق گفته ناسا تا کنون حدود ۱۴ شهاب سنگ ریز به آینه های وب برخورد کرده است. به همین خاطر دانشمندان تصمیم گرفتند جهت این تلسکوپ را در زمان های مختلف به سمتی برگردانند که احتمال برخورد شهاب سنگ به آینه های آن کمتر شود. (اکنون شناخت تقریبی از برخورد شهاب سنگ ها در زمان های مختلف دارند.)

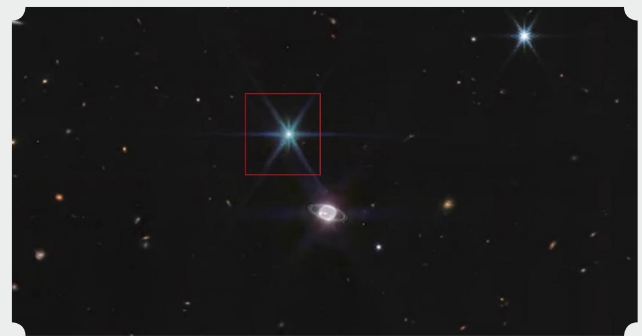
فهرست منابع:

- <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-whats-next>
- <https://blogs.nasa.gov/webb/2022/07/14/webb-images-of-jupiter-and-more-now-available-in-commissioning-data>
- <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-most-distant-galaxy>
- <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-exoplanet-image>
- <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-coldest-ice>
- <https://nap.nationalacademies.org/resource/aanm/web/tier3text/ngst.htm>
- <https://jwst.nasa.gov/content/webbLaunch/whereIsWebb.html>
- https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2002/03/Next_Generation_Space_Telescope_NGST
- https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webbhttps://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html
- <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
- https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/xdf.html
- <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/how-does-nasa-s-webb-telescope-stay-cool-in-chamber-a>
- <https://blog.faradars.org/تلسکوپ-جیمز-وب/>

هر چقدر سوژه عکاسی از آن فاصله بیشتری داشته باشد، حرکت آهسته تری دارد و شدت نورش خیلی زیاد نمی‌شود، بنابراین عکس برداری راحت تر انجام می‌شود. اما برای عکس برداری از مریخ به خاطر پرتو های فرو سرخ شدیدی که از سطح این سیاره منتشر می‌شود مجبور بودند که از نور دهی خیلی کوتاه مدت استفاده کنند تا تصویر زیاد روشن نشود. جیمز وب از نپتون هم عکس برداری کرده است و جزئیاتی از قمرها و حلقه های نپتون ثبت کرده که قبلا ندیده بودیم.



در این عکس ۷ تا از ۱۴ تا قمر نپتون دیده می‌شود. قمر مشخص شده به نام Triton از بقیه روشن تر است، چون از نیتروژن متراکم و منجمد پوشیده شده است که باعث می‌شود بیشتر نور خورشیدی که به آن تابیده شده را بازتاب کند.



مشکلات تلسکوپ جیمز وب:

با توجه به هزینه هایی که صرف ساخت و پرتاب این تلسکوپ شده انتظار داریم که این تلسکوپ مدت ها به کار خودش ادامه بده و چشم خوبی در فضا برای ما باشد. اما تا کنون که مدت زیادی از پرتاب آن نگذشته دچار مشکلاتی مثل نقص فنی و برخورد شهاب سنگ داشته است. نقص فنی آن در سپتامبر ۲۰۲۲ رخ داد که ناسا اعلام کرد یکی از چرخ های دوربین فرورسرخ میانی تلسکوپ دچار مشکل شده است. دانشمندان توانستند از روی زمین با تغییراتی که در عملکرد آن اعمال کردند مشکل را برطرف کنند. در می ۲۰۲۲ یک شهاب سنگ ریز به یکی از ۱۸ آینه اصلی آن

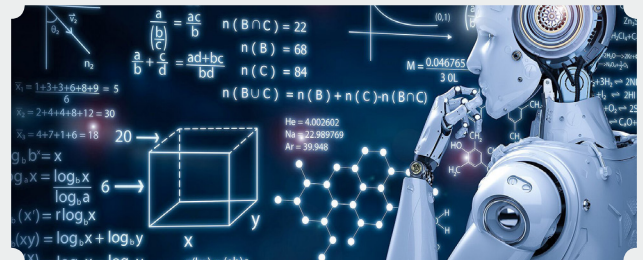
هوش مصنوعی

◀ نویسنده: پارسا طهرانی

هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)

با پیشرفت علم و درک اینکه بسیاری از کارها از عهده انسان بر نمی‌آید؛ انسان به فکر استفاده از هوش مصنوعی برای حل موضوعات و مشکلات خود افتاده است. رشته هوش مصنوعی یکی از گرایش‌های علوم و مهندسی کامپیوتر است. با این وجود از هوش مصنوعی می‌توان به‌عنوان یک موضوع بین رشته‌ای در تمام زمینه‌ها استفاده کرد. هوش مصنوعی که به اختصار AI خطاب می‌شود، هوشی است که توسط ماشین‌ها ظهور پیدا کرده است. هدف نهایی هوش مصنوعی، توسعه هوشی شبیه انسان‌ها در ماشین است. البته در بسیاری از زمینه‌ها حتی هوشی فراتر از هوش انسان که با حجم داده‌ی عظیم‌تری سروکار دارد. اما چیزی که به دنبال آن هستیم این است که بتواند نوع یادگیری مغز انسان را تقلید کند.

هوش مصنوعی شاخه‌های متعددی دارد. شاخه‌های هوش مصنوعی عبارتند از: یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی، سیستم‌های رباتیک، منطق فازی.



یادگیری ماشین (Machine Learning)

یادگیری ماشینی زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی است که به رایانه‌ها توانایی یادگیری بدون برنامه‌ریزی را می‌دهد و به ماشین یاد می‌دهد چطور خودش چیزهای جدید را یاد بگیرد. در هوش مصنوعی یادگیری ماشین آنقدر مهم و حائز اهمیت است که خیلی از سایت‌ها این دو واژه را معادل هم قرار می‌دهند. یادگیری ماشین از سه تکنیک اصلی استفاده می‌کند:

۱- یادگیری تحت نظارت ۲- یادگیری نیمه نظارت

۳- یادگیری بدون نظارت

در یادگیری نظارتی همانطور که از نام آن پیداست، از مجموعه آموزش‌هایی استفاده می‌کند که مجموعه داده‌ها،

برچسب‌گذاری شده‌اند. اما در یادگیری بدون نظارت، یک برنامه به دنبال الگوها در داده‌های بدون برچسب می‌گردد. یادگیری ماشین بدون نظارت می‌تواند الگوها یا روندهایی را پیدا کند که مردم به صراحت به دنبال آن نیستند. برای مثال، یک برنامه یادگیری ماشین بدون نظارت می‌تواند داده‌های فروش آنلاین را بررسی کند و انواع مختلفی از مشتریانی را که خرید می‌کنند شناسایی کند.

درک اساسی از یادگیری ماشین مهم است؛ اما یافتن استفاده مناسب از یادگیری ماشین در نهایت به افرادی بستگی دارد که تخصص‌های متفاوتی دارند.

هوش مصنوعی / الگوریتم‌ها

هوش مصنوعی موضوعی است که با استفاده از الگوریتم‌ها شکل می‌گیرد. به عبارتی دیگر پیشرفت الگوریتم‌ها منجر به پیشرفت هوش مصنوعی خواهد شد. در بسیاری از الگوریتم‌ها، هوش مصنوعی قادر به یادگیری از داده‌ها است. در واقع الگوریتم‌های یادگیری برای این اساس هستند که استراتژی‌ها، الگوریتم‌ها و استنتاج‌هایی که در گذشته عملکرد خوبی داشته‌اند، احتمال دارد در آینده نیز به خوبی کار کنند. تکنیک‌های مختلفی در الگوریتم‌های هوش مصنوعی به کار می‌روند که از جمله آن‌ها می‌توان به طبقه‌بندی، رگرسیون، خوشه‌بندی، شبکه‌های عصبی و... اشاره کرد.

هوش مصنوعی / داده‌ها

هوش مصنوعی مبتنی بر داده است. همانطور که اشاره شد، هوش مصنوعی با توجه به داده‌ها تصمیم‌گیری و در بعضی موارد نیز تغییر می‌کند اما مهم‌ترین قسمت ماجرا شناخت داده نیست؛ بلکه تجزیه و تحلیل و پیدا کردن الگوریتم آن است. این موضوع کاملاً منطقی است که هرچه داده بیشتر باشد الگوریتم کامل‌تری خواهیم داشت.

در هوش مصنوعی با انواع داده‌ها مانند داده‌های خام، ریزداده^۲، کلان‌داده^۳، داده تاریک^۴، داده آزاد^۵ و داده هوشمند^۶ سروکار داریم که در ادامه با توجه به نزدیکی به موضع به آن می‌پردازیم.

همان‌طور که اشاره شد، داده‌ها در هوش مصنوعی بسیار مهم هستند که می‌توانند از طریق حسگرها شناسایی شوند.

هوش مصنوعی / منابع انرژی تجدیدپذیر

RES^۷ یا همان منابع انرژی تجدید پذیر شامل منابع انرژی باد، خورشیدی، هوا گرمایی و... است؛ منبع انرژی تجدیدپذیر یک منبع انرژی پایدار است که از دارایی‌های پایان ناپذیر جمع آوری می‌شود. دستگاه‌های زیادی وجود دارند که از انرژی خورشیدی برای انجام کارهای مفید استفاده کنند، مانند کلکتورهای خورشیدی، پمپ‌های حرارتی با کمک خورشیدی، گرم‌کننده‌های هوا و آب خورشیدی، دستگاه‌های ثابت خورشیدی، اجاق‌های خورشیدی و خشک‌کن‌های خورشیدی. تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشید و باد پرهزینه است. البته می‌توان هزینه‌های آن را با توجه به هوش مصنوعی کنترل کرد. ادغام عرضه، تقاضا و منابع تجدیدپذیر انرژی در شبکه برق به طور مستقل توسط نرم‌افزار هوشمند کنترل می‌شود که تصمیم‌گیری و عملیات را بهینه می‌کند. در بسیاری از کشورها، فناوری هوش مصنوعی برای انجام انواع وظایف مختلف، مانند کنترل، پیش‌بینی و کارآمد ساختن عملیات سیستم قدرت گنجانده شده است.



بسیاری از روش‌های احتمالی در چند دهه گذشته توسعه یافته‌اند و اکنون به طور گسترده‌تری در عملیات سیستم قدرت و برنامه‌ریزی برای مقابله با انواع عدم قطعیت‌های موجود استفاده می‌شوند. نمونه‌هایی از این عدم قطعیت‌ها قطعی تجهیزات، پیش‌بینی بار، شرایط آب و هوایی، در دسترس بودن انرژی اولیه و ملاحظات عملیاتی است. مشکلات عمده‌ای می‌توانند در قابل اطمینان بودن منبع تغذیه وجود داشته باشند؛ به عنوان مثال: افت ولتاژ، هارمونیک‌ها، افزایش ولتاژ، تغییرات آهسته ولتاژ، عدم تعادل ولتاژ، تغییرات فرکانس، تغییرات ولتاژ سریع و غیره.

پیش‌بینی‌ها می‌توانند صنعت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را مورد تحول قرار دهند. به‌عنوان مثال پیش‌بینی درست آب و هوا نقش مؤثری در قابلیت اطمینان و کاهش عدم قطعیت انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. این موضوع تا حدی مهم است که به کاهش هزینه برق مصرف‌کننده‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای و به اپراتورهای شبکه و شرکت‌های برق کمک می‌کند تا قابلیت اطمینان سیستم قدرت را حفظ کنند. پیشرفت‌های جدید در فناوری



کلان‌داده‌ها (Big Data)

کلان‌داده‌ها به مجموعه داده‌هایی اطلاق می‌شود که از نظر سرعت، حجم و تنوع در سطح بالایی هستند؛ اما با تکنیک‌ها و ابزارهای سنتی پردازش نمی‌شوند. در شبکه‌های توزیع مدرن، یک مسئله داده‌های زیاد است که اجزای مختلفی را شامل می‌شود؛ چیزی که در شبکه‌های سنتی با آن سروکار نداشتیم. به دلیل اینکه با داده‌های محدودی سروکار داشتیم و همچنین توانایی سیستم‌ها برای جواب دادن به آن خیلی محدود بود.

روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به ما این امکان را می‌دهند که پردازش حجم عظیمی از داده را با سریع‌ترین و مؤثرترین روش ممکن انجام دهیم. در دیتاها با حجم کم تمام روش‌هایی که در گذشته از آن استفاده می‌کردیم بازدهی بسیار خوبی داشتند. نگرانی، بزرگی کلان‌داده نیست، بلکه یافتن الگوهای درون آن است.

امروزه سازمان‌ها و کسب‌وکارها حجم عظیمی از اطلاعات را ذخیره می‌کنند؛ به امید اینکه در آینده مورد استفاده و مفید واقع شوند. استخراج و جمع آوری داده به همین راحتی نیست.

ریز داده‌ها (Small Data)

با صحبت از هوش مصنوعی شاید کمتر کسی به فکر تعریف ریز داده‌ها باشد. ریز داده‌ها مجموعه‌ای از داده‌ها هستند که یک تحلیل‌گر بتواند به طور کامل آن‌ها را بفهمد و ارزیابی کند؛ یکی از مهم‌ترین موضوعات این است که در عمل چیزی با نام ریزداده وجود ندارد. درک ما از یک داده است که می‌تواند آن را طبقه بندی کند. خیلی اوقات امکان این وجود دارد که درک ما از یک موضوع بسیار پایین بوده باشد؛ اگر این داده‌ها را ریزتر تجزیه و تحلیل کنیم، می‌توانیم به درک بیشتر و شاید متفاوت تری از آن برسیم. به عبارتی در این بحث همان قدر که کلان‌داده مهم است، می‌توانیم بگوییم ریزداده نیز حائز اهمیت است.

در ادامه به بررسی جامعی از مقالات منتشر شده در مورد هوش مصنوعی با کاربرد آن در مهندسی برق می‌پردازیم.

^۷Renewable Energy Sources

بیش از حد کوچک است نمی‌تواند کیفیت توان و عملکرد کلی یک RES را بهبود ببخشد. درحالی که یک ESS که بیش از حد بزرگ است هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری بالاتری را بر RES تحمیل می‌کند.

در طول تحولات تدریجی در انرژی‌های نو، اثرات نامطلوب دسترسی به انرژی جدید در مقیاس بزرگ به تدریج ظاهر شده است (ایمنی و پایداری شبکه برق و عملکرد اقتصادی آن). یک شبکه ذخیره‌سازی انرژی تا حد زیادی به هزینه‌های RES اضافه می‌کند؛ اما انواع مقادیر و ساختار منابع برق در RES متنوع و عملکرد تجهیزات نیز متفاوت است.

ژنراتورهای الکتریسیته با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر متغیر یا همان VRE^۹ تنها زمانی می‌توانند برق تولید کنند که شرایط آب و هوایی مناسب باشد (زمانی که باد می‌وزد یا خورشید می‌تابد). درکل به هزینه‌های ادغام VRE در سیستم قدرت توجه زیادی شده است؛ اما باعث هزینه‌های قابل توجه اضافی در سیستم قدرت می‌شود.

هوش مصنوعی / الکترونیک قدرت

استفاده از هوش مصنوعی در الکترونیک قدرت قابلیت توانمندسازهای کلیدی فناوری‌هایی مانند سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، وسایل نقلیه الکتریکی و زیرساخت‌های شارژ آنها، محرک‌های سرعت متغیر، همچنین سیستم‌های منبع تغذیه بدون وقفه و ریزشبکه‌ها هستند.

الکترونیک قدرت با پتانسیل‌های بسیار زیاد از توسعه هوش مصنوعی بهره می‌برد. کاربردهای مختلفی از جمله بهینه‌سازی طراحی هیت سینک ماژول قدرت، کنترل‌کننده هوشمند برای دیود ساطع نور چندرنگ، کنترل ردیابی نقطه حداکثر توان برای سیستم‌های تبدیل انرژی بادی، تشخیص ناهنجاری برای اینورتر، پیش‌بینی عمر مفید باقی‌مانده یا همان RUL^{۱۰} برای ابرخان‌ها و غیره وجود دارد.

تعمیر و نگهداری در الکترونیک قدرت موضوعی است که شامل قابلیت اطمینان، نظارت بر وضعیت، پیش‌بینی RUL، آزمایش نمونه اولیه و غیره در برابر اهداف از پیش تعریف شده است. در سیستم‌های سنتی به‌جای یک روش متوالی، کار طراحی یک فرایند آزمون و خطای تکراری است. در هوش مصنوعی در زمینه الکترونیک قدرت به دنبال کاهش زمان طراحی، مدل‌سازی و بهینه‌سازی و کنترل هستیم.

هوش مصنوعی (یادگیری ماشینی، یادگیری عمیق، اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ و غیره) صنعت انرژی را متحول می‌کند. یک شبکه برق معمولی برای مدیریت یکپارچه‌سازی RES طراحی نشده است. تغییرات در ویژگی‌های منابع انرژی تجدیدپذیر RES چالش‌هایی را در برآورده کردن بارهای متغیر شبکه برق ایجاد می‌کند.

خروجی انرژی تجدیدپذیر دارای نوسان و متناوب است که برای عملکرد پایدار شبکه برق مساعد نیست و به‌طور جدی بر یکپارچگی تولید برق بادی و خورشیدی تأثیر می‌گذارد. با این وجود، ظرفیت نصب‌شده انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره انرژی توزیع‌شده همچنان در حال افزایش است.

سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی نوین

سیستم ذخیره‌سازی انرژی که اغلب به اختصار ESS^۸ نامیده می‌شوند، دستگاه‌ها یا گروهی از دستگاه‌هایی هستند که با هم مونتاژ شده‌اند و قادر به ذخیره انرژی به منظور تأمین انرژی الکتریکی در زمان‌های بعدی هستند. باتری ESS رایج‌ترین نوع استفاده نوین است.

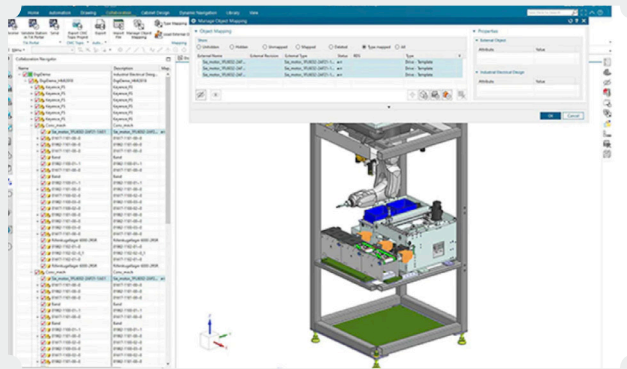


شکل ۱ - نمونه ای از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی نوین محققان الگوریتم‌ها و روش‌های زیادی را برای مدل‌سازی، بهینه‌سازی، تخمین حالت‌ها و بیان رفتار برای ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر و ESS معرفی کرده‌اند. ظرفیت ESS تأثیر زیادی بر اقتصاد کلی و ایمنی عملیاتی RES دارد و باید در مرحله برنامه‌ریزی و طراحی RES بهینه شود. یک ESS که

^۸Energy Storage System

^۹Variable Renewable Energy

^{۱۰}Remaining Useful Life



شکل ۲ - طراحی سطوح، مدار، شبکه و... زمینس مدل های دو بعدی و سه بعدی با استفاده از هوش مصنوعی توسعه یک ابزار طراحی کاملاً خودکار برای حل این موضوع صورت گرفته است. ابتدا، ما از آن برای ساخت یک مدل جایگزین از مبدل قدرت استفاده می‌کنیم که قادر به تخمین تنش حرارتی هر دستگاه در چندین به عنوان پارامترهای طراحی و نقطه کار آن است که چندین مرتبه در مقایسه با اجرای مدل شبیه‌سازی دقیق سریع‌تر است. برای کسب اطلاعات کامل‌تر می‌توانید در قسمت منابع به دنبال آن بگردید.

مدل‌سازی و بهینه‌سازی

مدل‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های الکترونیک قدرت در مورد مشخص کردن توپولوژی مدار، مدل جزء، پارامتر جزء و غیره است، به طوری که ابعاد سیستم، وزن، فرکانس کاری و غیره به عنوان ویژگی‌های بهینه (مانند تلفات توان، چگالی توان) منجر شود. به طور خاص، روش بهینه‌سازی برای کاهش راه حل اعمال می‌شود تا یک پیکربندی بهینه کلی ارائه کند، جایی که روش‌های فراابتکاری در هوش مصنوعی می‌توانند مورد بهره‌برداری قرار گیرند. روش‌های فراابتکاری برای بهینه‌سازی تصادفی برای کیفیت توان و شکل موج، طراحی مدار و تنظیم کنترل بررسی شده است؛ به عنوان مثال: در طراحی یک سیستم ریزشبه مبتنی بر انرژی خورشیدی ۵۰۰ کیلوواتی به عنوان یک کار بهینه‌سازی چندهدفه فرموله شده است که میانگین توزیع توان را به حداکثر می‌رساند و وزن سیستم را به طور همزمان به حداقل می‌رساند.

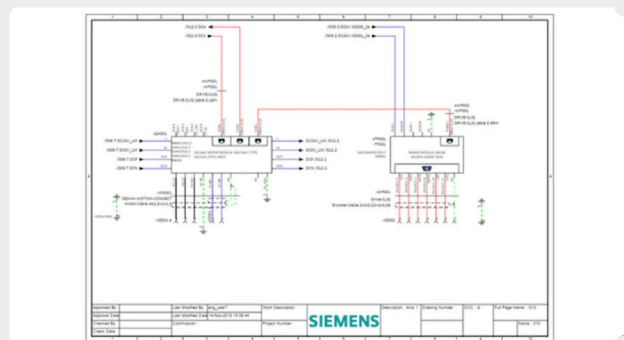
کنترل

اساساً برنامه‌های کنترلی با روش‌های هوش مصنوعی در سیستم‌های الکترونیک قدرت را می‌توان به عنوان بهینه‌سازی و رگرسیون طبقه‌بندی کرد. مشابه بهینه‌سازی در مرحله طراحی، وظایف مربوط به بهینه‌سازی در برنامه‌های کاربردی کنترل نیز با روش‌های فراابتکاری سروکار دارند. تجزیه و

کاهش زمان طراحی

یکی از کاربردهای روش‌های هوش مصنوعی یک مدل جایگزین در فرمول‌بندی برای کاهش تلاش محاسباتی است. در فرایند طراحی، مدل جایگزین مبتنی بر هوش مصنوعی به عنوان جایگزین عمل می‌کند و تلاش محاسباتی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. به این ترتیب، رابطه غیرخطی بین پارامترهای طراحی شده و مصرف طول عمر سالانه به صورت کمی مشخص می‌شود که می‌تواند روند طراحی تکراری را تسریع کند.

به عنوان یک مثال کاربردی از آنجایی که آسیب پذیرترین بخش مبدل‌های قدرت، دستگاه‌های نیمه‌هادی هستند، بیشترین توجه در این حوزه به بررسی حالت‌های خرابی آن‌ها معطوف شده است. سازندگان دستگاه‌های نیمه‌هادی تست‌های چرخه دمایی جامعی را انجام می‌دهند و روابط عملکردی بین دامنه و مقدار میانگین دمای محل اتصال و مصرف طول عمر دستگاه را کشف می‌کنند. با این وجود، تمرکز تحقیقات بیشتر بر روی بررسی بارگذاری حرارتی دستگاه‌های قدرت بوده است. این بررسی‌ها را می‌توان به صورت تجربی یا با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی دقیق انجام داد. در واقع باید مبدل قدرت را در معرض شرایط عملیاتی واقعی آن قرار دهیم و مشخصات حرارتی دمای محل اتصال را استخراج کند. این دما معمولاً با دمای محیط و جریانی که از مبدل قدرت در یک دوره زمانی معین عبور می‌کند مشخص می‌شود. سپس الگوریتم می‌تواند برای شمارش تعداد نوسانات دمای اتصال و استخراج دامنه آن‌ها و همچنین مقادیر میانگین از مشخصات حرارتی داده شده استفاده شود. فرایند حاضر به این معناست که هر بار که یک طراح می‌خواهد بررسی کند که چگونه پارامترهای طراحی مختلف بر طول عمر سیستم الکترونیک قدرت تأثیر می‌گذارند، باید شبیه‌سازی‌ها یا آزمایش‌های زمان‌بر را دوباره انجام دهد.



<https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>
<https://www.youtube.com/watch?v=HAdiVlit19M>
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document18584133/>
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document1003464/>
<https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/manufacturing/production-line-planning/industrial-electrical-design/>

تحلیل تجربی نشان می‌دهد که عملکرد خروجی کنترل کننده بهینه شده بسیار نزدیک به پاسخ‌های پله و سطح شیب‌دار ایده‌آل است. اما وظایف مربوط به رگرسیون در برنامه‌های کنترلی با نگاشت غیرخطی ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم به روش ایستا یا پویا سروکار دارند. به طور خاص، به تنظیم سیستم‌ها برای اطمینان از خروجی عملکرد موردنظر با اصول سیستم مربوط می‌شود.

ادغام علم مواد، الکترونیک قدرت و هوش مصنوعی

در اینجا، کاربرد هوش مصنوعی در نوآوری مواد، از جمله طراحی مواد، پیش‌بینی عملکرد، و سنتز بررسی می‌شود. تحقیقات روی مواد فعلی، عمدتاً یک روش آزمون و خطاست که بر اساس تعداد زیادی آزمایش هدایت شده توسط تجربه و تعداد کمی از محاسبات شبیه‌سازی کامپیوتری به‌عنوان مکمل است که نیروی انسانی، زمان و مواد زیادی مصرف می‌کند؛ بنابراین، یافتن روش تحقیق جدید برای تسریع در نوآوری مواد ضروری است. ظهور هوش مصنوعی طلوع جدیدی را برای توسعه علم مواد و الکترونیک به ارمغان می‌آورد.

بسیاری از داده‌ها در زمینه مواد به دلیل محدودیت محیط و شرایط آزمایشی گم شده، تکراری و ناسازگار هستند. تحقیقات در زمینه مواد به‌سرعت در حال توسعه است، به‌ویژه از این نظر که می‌تواند مواد جدید را سنتز کند و سنتزهای شیمیایی مختلف را پیش‌بینی کند.

Atom2Vec، یک برنامه بدون نظارت، جدول تناوبی عناصر را تنها در چند ساعت بازسازی کرد. این برنامه نمونه‌ای کاربردی از هوش مصنوعی است. Atom2Vec ابتدا با تجزیه و تحلیل لیست ترکیبات موجود در پایگاه داده آنلاین، تشخیص اتم‌های مختلف را می‌آموزد. سپس، مفهوم ساده پردازش زبان طبیعی را وام می‌گیرد؛ عناصر شیمیایی بر اساس محیط شیمیایی خود دسته‌بندی می‌شوند. درعین حال، توصیفگر اتمی برداری شده می‌تواند به‌عنوان ورودی استفاده شود؛ زیرا حاوی مقدار زیادی اطلاعات در مورد قانون تناوبی عناصر است که راهی جدید و مؤثر برای نمایش مقدار داده‌های مادی در آینده فراهم می‌کند.

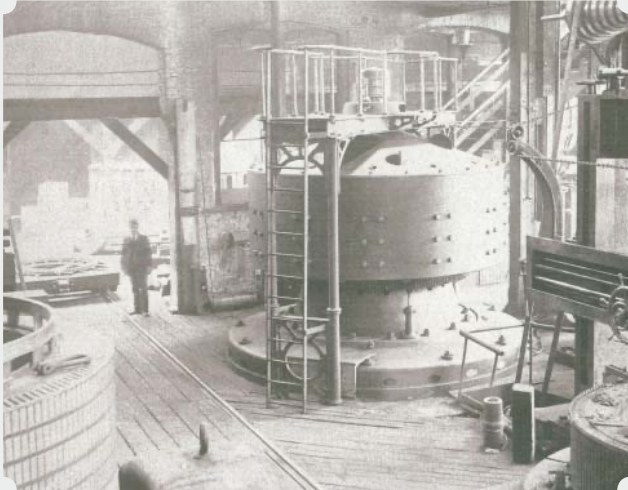
فهرست منابع:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document9200511/>
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp&arnumber=8793080>



هوش مصنوعی در پیش بینی بارهای الکتریکی

◀ نویسنده: نسیم امانی



شکل ۱ - فضای داخلی نیروگاه

اولین نیروگاه تولید برق متناوب جهان، نیاگارا فالز^۵، توسط نیکولا تسلا و جورج وستینگهاوس^۶ در سال ۱۸۹۵ ساخته شد. سیستم‌های جریان متناوب باعث شد که انتقال برق در فواصل بلند به عنوان یک راه حل اقتصادی ممکن شود و به شرکت‌های برق کمک کند تا از اقتصادی شدن مقیاس تولید برق بهره ببرند. با تولید کننده‌های بزرگتر برق، قیمت واحد برق کاهش می‌یافت. در همین حال، شرکت‌های برق شروع به تشویق مشتریان برای استفاده از برق کردند که باعث انگیزه در اختراع دستگاه‌های الکتریکی شد. با تنوع بیشتر مصارف برق، انحنای بیشتری در پروفایل بار ناشی از فعالیت‌های انسانی و تجاری، مانند روشن و خاموش کردن چراغ‌ها، استفاده از اتوهای برقی، گوش دادن به برنامه‌های رادیویی و خرید در فصول تعطیلات پیدا شد. بیشتر این فعالیت‌ها می‌توانند توسط متغیرهای تقویمی^۷ ثبت شوند، همان‌طور که در مدل‌های پیش‌بینی بار امروزی استفاده می‌شود.

اولین تهویه مطبوع مدرن در سال ۱۹۰۲ توسط ویلیس کاریر^۸ اختراع شد. تهویه مطبوع در کنار راحتی روزمره ای که برای ما به ارمغان آورد، چالش‌هایی را برای روش‌های پیش‌بینی بار مبتنی بر تقویم^۹ ایجاد کرد.

هوش مصنوعی (AI) در دنیای امروزی کاربردهای بسیاری دارد، مانند بینایی ماشین^۱ برای خودروهای خودران، تشخیص گفتار برای دستیاران شخصی و طراحی الگوریتم برای سیستم‌های بازی استراتژیک. اگر چه ما از راحتی‌هایی که هوش مصنوعی به زندگی روزمره ما آورده است لذت می‌بریم؛ اما ممکن است افراد کنجکاو شوند که هوش مصنوعی چگونه شروع شده و تکامل یافته است.

هوش مصنوعی از زمان مفهوم سازی در دهه ۱۹۴۰ چندین موج را طی کرده است. یکی از اولین کاربردهای تجاری هوش مصنوعی در صنعت برق بود که در دهه ۱۹۹۰ شبکه‌های عصبی مصنوعی^۲ (ANNs) برای پیش‌بینی بار کوتاه مدت استفاده می‌شدند. در سه دهه گذشته، هزاران مقاله پیش‌بینی بار مبتنی بر هوش مصنوعی منتشر شده است. امروزه، بیشتر مدل‌های پیش‌بینی بار مبتنی بر هوش مصنوعی که در مقالات علمی ارائه شده‌اند، هنوز در سطح نظری هستند و تعداد کمی از آن‌ها در عمل به کار گرفته شده‌اند.

پیش‌بینی بار در دوران قبل از رایانه‌های شخصی

پس از اختراع لامپ رشته ای در سال ۱۸۷۹، توماس ادیسون سلسله تلاش‌هایی را آغاز کرد تا چراغ الکتریکی خود را تجاری کند و سیستم روشنایی الکتریکی خود را به نمایش بگذارد. یکی از این تلاش‌ها ساخت ایستگاه خیابان پرل^۳ در سال ۱۸۸۲ بود، که اولین نیروگاه در ایالات متحده بود و برای ۸۲ مشترک در جزیره منهتن پاورل^۴ استفاده می‌شد. پروفایل‌های بار در طی آن سال‌های اولیه به سادگی تابع‌های پله‌ای بودند، در حالی که پیش‌بینی بار به سادگی شمارش تعداد چراغ‌های روشن شده در شب بود. همین روش تا امروز توسط بسیاری از شرکت‌های توزیع محلی برای برآورد بار چراغ‌های خیابان استفاده می‌شود.

^۱ computer vision

^۲ Manhattan Island

^۳ calendar variables

^۴ Artificial Neural Networks (ANN)

^۵ Niagara Falls Power Plant

^۶ Willis Carrier

^۷ Pearl Street Station

^۸ Nikola Tesla and George Westinghouse

^۹ calendar-based load forecasting

روش فیزیکی به بدن انسان متکی بود تا تأثیر آب و هوا بر بار سیستم را در بر بگیرد. امروزه، ما می‌توانیم اثرات آب و هوا را با استفاده از مدل‌های جامع با متغیرهای آب و هوای مختلف ثبت کنیم.

موج ها و زمستان های هوش مصنوعی

مدتها قبل از قرون وسطی، فیلسوفان و ریاضیدانان چینی، هندی و یونانی تحقیق در مورد استدلال صوری را آغاز کرده بودند. در دهه ۱۹۳۰، چندین ریاضی‌دان و منطق‌دان تلاش کردند تا به مفهوم قابل‌محاسبه بودن، یعنی توانایی حل مسئله به صورت مؤثر، رسمیت ببخشند. در دهه ۱۹۴۰، دانشمندان آغاز به بررسی این کردند که آیا ماشین‌ها می‌توانند مثل انسان‌ها فکر کنند. یکی از مشارکت‌کنندگان برجسته در این زمینه آلن تورینگ^{۱۳} بود که از اواخر دهه ۱۹۴۰ تا اوایل دهه ۱۹۵۰ یک سری مقالات در مورد ماشین‌های هوشمند منتشر کرد. از طرف دیگر، پایه‌های شبکه‌های عصبی زیستی در قرن نوزدهم توسط فیلسوفان و روان‌شناسانی مانند الکساندر بین و ویلیام جیمز^{۱۴} ساخته شد. بین و جیمز به طور مستقل پیشنهاد دادند که تعاملات بین نورون‌ها درون مغز منجر به افکار و فعالیت‌های بدنی می‌شود. تحقیقات در منطق ریاضی و روان‌شناسی در نهایت منجر به آغاز هوش مصنوعی شد. در سال ۱۹۴۳، عصب‌فیزیولوژیست وارن استورجیس مک‌کولوخ^{۱۵} و منطق‌دان والتر پیترس^{۱۶} اولین نورون‌های مصنوعی را که واحدهای منطقی اساسی یک مغز را مدل‌سازی می‌کردند، پیاده‌سازی کردند. مجموعه‌ای از این نورون‌های مصنوعی به عنوان یک شبکه عصبی مصنوعی شناخته می‌شود که از شبکه‌های عصبی زیستی که قسمتی از مغز حیوانات را تشکیل می‌دهند الهام گرفته شده است. شکل ۳ یک شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور^{۱۷} سه لایه را نشان می‌دهد که دارای چهار نورون در لایه ورودی، سه لایه پنهان و یک نورون در لایه خروجی است. در سال ۱۹۵۶، یک گروه از دانشمندان در پروژه تحقیقات تابستانی دارتموث^{۱۸} درباره هوش مصنوعی شرکت کردند که به عنوان تولد هوش مصنوعی به عنوان یک زمینه تحقیقاتی، شناخته شد.

با افزایش نفوذ بازار تهویه مطبوع، تأثیر آب و هوا در پروفایل‌های بار نقش اساسی ایفا کرد. در سال ۱۹۴۴، هنری ای. درایار^{۱۹}، یکی از اعضای مدیریت بار در شرکت برق فیلادلفیا، گفت: «یک جزء متغیر از بار وجود دارد که تأثیر آب و هوا را منعکس می‌کند». او سه متغیر آب و هوا را شرح داد: دما، سرعت باد و هوای ابری. از آن پس، پیش‌بینی بار توجه شرکت‌های برق و جامعه تحقیقاتی را به خود جلب کرد.

اولین رایانه الکترونیکی بنام انیاک (ENIAC) مخفف محاسبه‌گر و یکپارچه‌ساز عددی الکترونیکی^{۱۱} در سال ۱۹۴۵ ساخته شد. قبل از پذیرش گسترده رایانه‌های شخصی (PC)، بسیاری از روش‌ها به پیش‌بینی بار اعمال می‌شدند. کار درایار برخی از آن‌ها را نشان می‌دهد، که وزن‌ها را به متغیرهای مختلف اختصاص داده و بار سیستم را پیش‌بینی می‌کرد. این مفهوم شبیه به رگرسیون خطی چندگانه است که از چندین متغیر توضیحی برای پیش‌بینی نتیجه یک متغیر پاسخ استفاده می‌کند. به نظر می‌رسد در آن زمان، پارامترها توسط کامپیوترهایی که نرم‌افزارهای آماری اجرا می‌کردند، تخمین زده نمی‌شدند.

بعضی از پیش‌بینی‌کنندگان بار یک کتاب از پروفایل‌های دما که با پروفایل‌های بار برای انواع روزها در فصل‌های مختلف یکپارچه شده بودند نگه می‌داشتند. در صبح‌ها، آن‌ها پیش‌بینی آب و هوا را می‌دیدند، نزدیک‌ترین پروفایل دما را از کتاب انتخاب می‌کردند و پروفایل بار مطابق با آن روز را پیدا می‌کردند. این روش همچنین به عنوان روش روز مشابه^{۱۲} شناخته می‌شود که هنوز هم در بسیاری از اتاق‌های کنترل امروزی استفاده می‌شود، یا به صورت دستی مانند دوران قبل از رایانه‌های شخصی یا به صورت خودکار از طریق برنامه‌های کامپیوتری با الگوریتم‌های پیچیده.

بعضی از پیش‌بینی‌کنندگان بار راه‌های خلاقانه دیگری هم پیدا کردند. به عنوان مثال، یک پیش‌بینی‌کننده ممکن بود هر صبح سراسر آن منطقه را دوچرخه سواری کند. پس از بازگشت به دفتر، پیراهن خود را که در روز گرم و مرطوب، بسیار عرق کرده یا در روز سرد و بادی کمی عرق کرده است را وزن می‌کرد. یک پیراهن سنگین نشان‌دهنده بار بیشتری برای آن روز بود و برعکس. این

^{۱۱}Henry A. Dryar

^{۱۳}Alan Turing

^{۱۶}Walter Pitts

^{۱۲}The Electronic Numerical Integrator and Computer

^{۱۴}Alexander Bain and William James

^{۱۷}feedforward

^{۱۳}similar day method

^{۱۵}Warren Sturgis McCulloch

^{۱۸}Dartmouth Summer Research Project

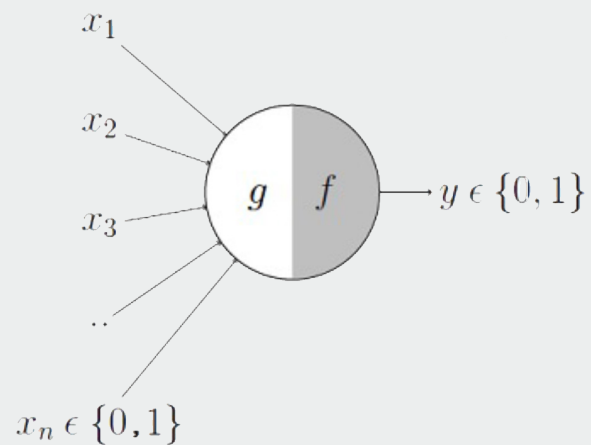
بعد برطرف شد، اما پیشرفت تحقیقات را به اندازه‌ای جدی کاهش داد تا سازمان‌های تامین مالی به حمایت مالی پایان دهند.

موج دوم هوش مصنوعی در میان دهه ۱۹۷۰ آغاز شد، زمانی که پل وربوس^{۲۱} یک الگوریتم پس انتشار^{۲۲} را برای آموزش عملی شبکه‌های عصبی چند لایه پیشنهاد کرد. در دهه ۱۹۸۰، پیشرفت‌های الکترونیک دیجیتال و محاسبات توزیعی، استفاده از شبکه‌های بزرگتر را ممکن ساخت. با تأسیس صدها شرکت هوش مصنوعی و جریان میلیون‌ها دلار به تحقیقات هوش مصنوعی، این علم شاهد اولین حباب تجاری خود بود. اما این حباب به سرعت در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۰ منفجر شد زیرا فروشندگان تجاری نتوانستند طیف گسترده‌ای از راه حل‌های عملی را توسعه دهند. این به عنوان زمستان دوم هوش مصنوعی شناخته می‌شود.

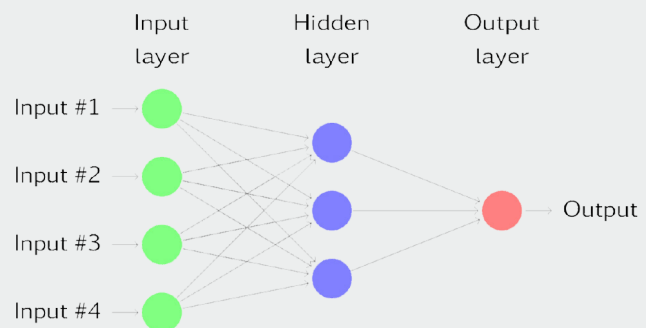
کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی بار الکتریکی

پیش‌بینی بار الکتریکی، فرایند تخمین میزان تقاضا و مصرف برق برای یک دوره‌ی زمانی و مکانی خاص است. این پیش‌بینی برای برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و بهینه‌سازی سیستم قدرت ضروری است، زیرا بر تولید، انتقال، توزیع و قیمت‌گذاری برق تأثیر می‌گذارد. اما باید در نظر داشت که پیش‌بینی بار یک کار چالش برانگیز است، زیرا به عوامل مختلفی مانند آب و هوا، فصل، نوع روز، رفتار مصرف‌کننده و رویدادهای مختلف، وابسته است. علاوه بر این، افزایش نفوذ منابع انرژی تجدیدپذیر، وسایل نقلیه الکتریکی و فناوری‌های شبکه هوشمند، عدم قطعیت و تغییرپذیری بیشتری را در الگوهای بار ایجاد می‌کند؛ بنابراین بهبود دقت و قابلیت اطمینان پیش‌بینی بار یک هدف کلیدی برای اپراتورهای سیستم قدرت است.

روش‌های سنتی پیش‌بینی بار مانند روش تجزیه و تحلیل رگرسیون، روش سری زمانی، رابطه مستقیمی بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار تاریخی برقرار می‌کنند و رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته را نشان می‌دهد؛ اما به دلیل ساختار ساده‌اش، عوامل مختلف بار را در نظر نمی‌گیرد که باعث کاهش دقت نتایج محاسبه می‌شود. به منظور بهبود دقت پیش‌بینی بار، روش پیش‌بینی بار مبتنی بر مدل هوش مصنوعی، توجه بیشتری به



شکل ۲ - نورون مک کلاچ و پیتز یا نورون MCP^{۱۹}



شکل ۳ - شبکه عصبی مصنوعی پیشخور سه لایه در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، پیشرفت‌های نظری و پیشرفت‌های تحقیقاتی زیادی در زمینه هوش مصنوعی صورت گرفت. با این حال، هوش مصنوعی سریعاً به زمستان اول خود رسید، یعنی پس از اینکه ماروین مینسکی و سیمور پاپرت دو نقطه ضعف شبکه‌های عصبی مصنوعی کشف کردند: (۱) شبکه‌های عصبی تک لایه قادر به پردازش مدار (یا) ی منطقی نبودند؛ و (۲) کامپیوترها به اندازه کافی پیشرفته نبودند تا بتوانند با زمان اجرای طولانی مورد نیاز برای شبکه‌های عصبی بزرگ به طور مؤثر سازگار شوند. نتایج این مطالعات در کتاب «پرسپترون: مقدمه‌ای بر هندسه محاسباتی»^{۲۰} منتشر شد.

در اوایل دهه ۱۹۷۰، زمینه هوش مصنوعی با چالش‌های بیشتری روبرو شد. به عنوان مثال، مردم دریافتند که برنامه‌های کاربردی مهم هوش مصنوعی مانند بینایی و پردازش زبان طبیعی نیاز به اطلاعات بیشتری درباره جهان دارند که در آن زمان توسط یک پایگاه داده قابل مدیریت نبود. اگرچه برخی از این چالش‌ها در سال‌های

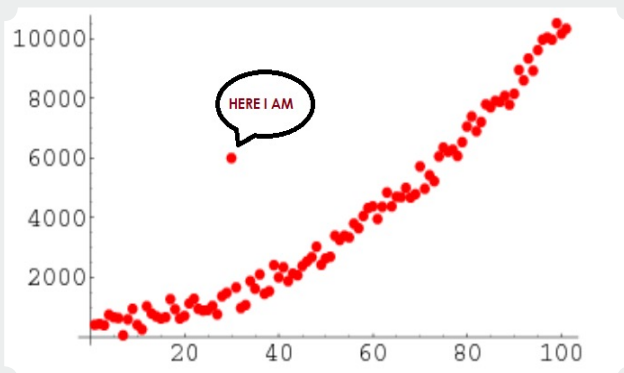
^{۱۹}McCulloch-Pitts neuron, or MCP neuron

^{۲۱}Paul Werbos

^{۲۲}Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry ^{۲۳}Backpropagation

تمیز کردن داده

پاکسازی یا تمیز کردن داده یک فرایند است که هدف آن حذف اطلاعات تکراری، اصلاح داده‌های پرت (داده‌هایی که خارج از یک ناحیه یا محدوده توزیع خاصی قرار می‌گیرند)^{۳۳} و ارائه فرمت یکسانی از داده است. مقادیر گم‌شده^{۳۴} در نمونه‌ها می‌توانند با استفاده از میانگین، مدیان، مد، مقدار تصادفی از نمونه‌های نزدیک یا با استفاده از روش خوشه‌بندی برای پیش‌بینی مقادیر گم‌شده تکمیل شوند. البته هنگامی که تعداد نمونه‌ها بسیار زیاد است و نسبت نمونه‌های دارای مقادیر گم‌شده به کل نمونه‌ها نسبتاً کم است، می‌توان مقادیر گم‌شده را حذف کرد.



هنگامی که اطلاعات را از منابع مختلف جمع‌آوری می‌کنیم، فرمت این اطلاعات یکسان نیست و باید آن‌ها را یکپارچه کنیم. چرا؟ چون مدل‌های هوش مصنوعی فقط زمانی می‌توانند این اطلاعات را به درستی شناسایی کنند و یاد بگیرند که فرمت آن‌ها یکسان باشد. برای این منظور، می‌توانیم از روش‌هایی مانند یکپارچه‌سازی فرمت عددی، زمان و تاریخ استفاده کنیم. همچنین، فرمت‌های یکپارچه شده نیازمند نرمال‌سازی داده هستند تا به بازه‌ی ۰ تا ۱ تغییر مقیاس داده شوند. روش‌های نرمال‌سازی می‌توانند شامل min-max و z-score و کدگذاری one-hot باشند.

ساخت ویژگی

در این مرحله، ویژگی‌های تأخیر زمانی و میانگین متحرک^{۳۵} ایجاد می‌شوند تا دقت پیش‌بینی را بهبود بخشند. ویژگی تأخیر زمانی اطلاعات درباره مقادیر گذشته ویژگی‌ها را به مدل اضافه می‌کند؛ در حالی که میانگین متحرک منحنی را صاف می‌کند و در نتیجه نویز را کاهش می‌دهد.

خود جلب کرده است. هوش مصنوعی (AI) شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که سعی می‌کند ماشین‌ها و سیستم‌هایی را ایجاد کند که قادر به انجام وظایفی باشند که به طور معمول نیاز به هوش انسانی دارند، مانند یادگیری، استدلال و تصمیم‌گیری. در حال حاضر، تحقیقات فراوانی در حوزه پیش‌بینی بار انجام شده است. بر اساس نوع ویژگی‌های ورودی، آن را می‌توان به پیش‌بینی سری زمانی چندمتغیره و پیش‌بینی سری زمانی تک متغیره تقسیم کرد. بر اساس طول پیش‌بینی، عمدتاً به پیش‌بینی فوق‌کوتاه‌مدت، کوتاه‌مدت، متوسط‌مدت و بلندمدت تقسیم می‌شود و نتایج پیش‌بینی بر اساس درجه تفصیل اطلاعات به پیش‌بینی نقطه‌ای، پیش‌بینی بازه‌ای و پیش‌بینی احتمالی تقسیم می‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که فرایند پیش‌بینی محدود به پیش‌بینی عددی نیست؛ بلکه شامل تمیزکردن داده‌ها و پردازش ویژگی‌ها نیز می‌شود.

پردازش داده

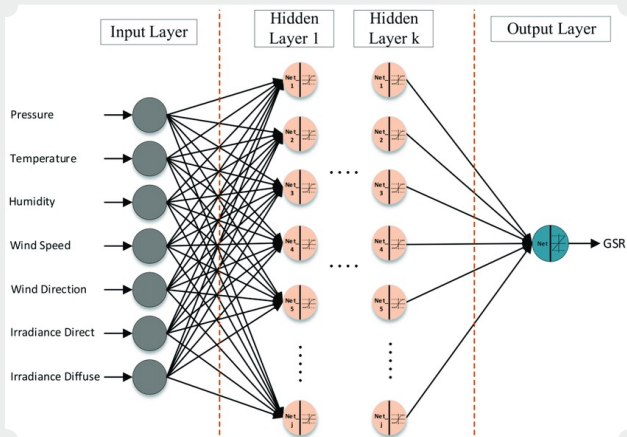
با توجه به نوع داده‌ها، پردازش داده بر اساس سری زمانی چندمتغیره یا سری زمانی تک متغیره انجام می‌شود. برای پیش‌بینی بار بر اساس سری زمانی چندمتغیره، ویژگی‌های بار مانند بار تاریخی، دمای هوا، فشار هوا، رطوبت نسبی، بارش، جهت باد، سرعت باد، تعطیلی‌ها و قیمت برق به عنوان عوامل مؤثر انتخاب می‌شوند. همان‌طور که مشاهده می‌شود سری زمانی چندمتغیره شامل حجم زیاد و انواع مختلفی از داده‌ها است. برای بهبود دقت پیش‌بینی، لازم است داده‌های ناهنجار که ممکن است در حجم زیادی از داده‌ها ظاهر شوند را اصلاح کرده و همچنین از بین انواع مختلف داده‌ها، داده‌هایی را که بیشترین تأثیر را بر نتایج پیش‌بینی دارند انتخاب کنیم. به عبارت دیگر، تمیزکردن داده و انتخاب ویژگی.



^{۳۳}outliers

^{۳۴}missing values

به حداقل می‌رسد. شکل ۴ نمودار ساختاری سه لایه BPNN را نشان می‌دهد که شامل لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی است. برای مسائل رگرسیون، تعداد نورون‌ها در لایه خروجی به طور کلی ۱ است.



شکل ۴ ساختار شبکه‌های عصبی پس انتشار با هفت ورودی، یک خروجی و چند گره پنهان مدل‌های شبکه عصبی بهبودیافته مبتنی بر BPNN زیادی برای جبران نقاط ضعف دقت کم و زمان اجرای طولانی BPNN وجود دارد مانند شبکه عصبی ال‌من^{۳۰} (ENN)، شبکه عصبی موجک^{۳۱} (WNN)، ماشین یادگیری افراطی^{۳۲} (ELM) و غیره.

مدل‌های یادگیری آماری

نظریه یادگیری آماری از برخی نمونه‌های آموزشی قوانین آماری استخراج می‌کند و با استفاده از این قوانین در نمونه‌های آزمایشی پیش‌بینی می‌کند. یادگیری آماری رایج شامل رگرسیون خطی^{۳۳} (LR)، رگرسیون بردار پشتیبان^{۳۴} (SVR)، درخت تصمیم^{۳۵} (DT)، جنگل تصمیم^{۳۶} (RF)، درخت تصمیم تقویت‌گرایان^{۳۶} (GBDT) و XGBoost و غیره است.

مدل‌های یادگیری عمیق

مدل‌های یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) توانایی یادگیری قوی‌تری برای تعداد زیادی نمونه داده دارد. شبکه RNN اطلاعات قبلی را به خاطر می‌سپارد و آن را در محاسبه خروجی فعلی استفاده می‌کند؛ زیرا گره‌های بین لایه‌های پنهان به یکدیگر متصل هستند و ورودی لایه پنهان شامل خروجی لایه ورودی و همچنین خروجی لایه پنهان قبلی در همان زمان است.

استخراج ویژگی

بعد از مراحل پردازش داده‌های فوق، استخراج ویژگی بخش بسیار مهمی است که بر دقت پیش‌بینی تأثیر می‌گذارد. سری‌های زمانی چندمتغیره عمدتاً شامل بار تاریخچه‌ای، دما، فشار هوا، رطوبت نسبی، بارش، جهت باد، سرعت باد، تاریخ، تعطیلی‌ها، قیمت برق و غیره می‌شوند. باید برخی از مؤلفه‌های مؤثرتر را از میان عوامل متعدد انتخاب کنیم تا از دخالت نویز جلوگیری شود و بدین ترتیب دقت پیش‌بینی افزایش یابد.

مدل‌های هوش مصنوعی

مدل‌های هوش مصنوعی به طور کلی به مدل‌های یادگیری ماشین و مدل‌های یادگیری عمیق تقسیم می‌شوند. در ابتدا، مدل‌های پایه را معرفی می‌کنیم تا ارزیابی کنیم که چگونه مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند دقت پیش‌بینی بار را افزایش دهند.

مدل‌های پایه

در این بخش، دو روش پیش‌بینی بار سنتی را بررسی می‌کنیم. اگر دقت پیش‌بینی مدل با مدل پایه برابر یا ضعیف‌تر باشد، مدل باید اصلاح یا رها شود. در پیش‌بینی بار، چندین مدل پایه مانند الگوریتم مانا^{۳۶} و الگوریتم پنجره‌ی لغزان^{۳۷} استفاده می‌شود. الگوریتم مانا، مقدار بار در زمان 1-Z را به عنوان مقدار پیش‌بینی بار در زمان Z استفاده می‌کند و به همین دلیل به عنوان «پیش‌بینی ساده»^{۳۸} نیز شناخته می‌شود. پیش‌بینی با استفاده از پنجره‌ی لغزان شامل یک محاسبه آماری مانند میانگین یا مد، یک بلوک پیوسته ثابت از مشاهدات قبلی و استفاده از آن به عنوان پیش‌بینی است.

مدل‌های یادگیری ماشین

مدل‌های یادگیری ماشین به مدل شبکه عصبی و مدل‌های یادگیری آماری تقسیم می‌شوند.

مدل‌های شبکه عصبی

ساده‌ترین مدل شبکه عصبی، مدل شبکه عصبی پس انتشار^{۳۹} (BPNN) است. BPNN نوعی شبکه پیشخور چندلایه است که با الگوریتم پیشخور بازگشتی آموزش می‌بیند. ایده اصلی آن روش گرایان کاهش‌ی است. میانگین مربعات خطای مقدار واقعی خروجی و مقدار خروجی مورد انتظار شبکه با فناوری جستجوی گرایان

^{۳۵}time lag and moving average features

^{۳۸}Naive prediction

^{۳۱}Wavelet Neural Network (WNN)

^{۳۶}Persistence algorithm

^{۳۹}Back Propagation Neural Network (BPNN)

^{۳۲}Extreme Learning Machine (ELM)

^{۳۷}Rolling window algorithm

^{۳۳}Elman Neural Network (ENN)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i^n |y_i - \tilde{y}_i| \quad (3)$$

که y مقدار واقعی نمونه‌ام است و \tilde{y} مقدار پیش‌بینی نمونه i است و N تعداد کل نمونه‌ها است.

هنگامی که داده‌های استفاده‌شده در مطالعات مختلف با یکدیگر متفاوت هستند، شاخص‌های دارای بعد نمی‌توانند به درستی کیفیت مدل‌های استفاده شده در مطالعات مختلف را مقایسه کنند. به همین دلیل، باید از شاخص بی‌بعد استفاده کنیم. شاخص‌های بی‌بعد معمولاً شامل ضریب تغییرات خطای مربعات جذر میانگین مربعات $(CVRMSE)^{۴۰}$ ، ضریب تشخیص $(R^2)^{۴۱}$ ، میانگین درصد قدرمطلق خطا $(MAPE)^{۴۲}$ می‌شود. معادلات به شرح زیر است:

$$R2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \tilde{y}_i|}{y_i} * 100 \quad (5)$$

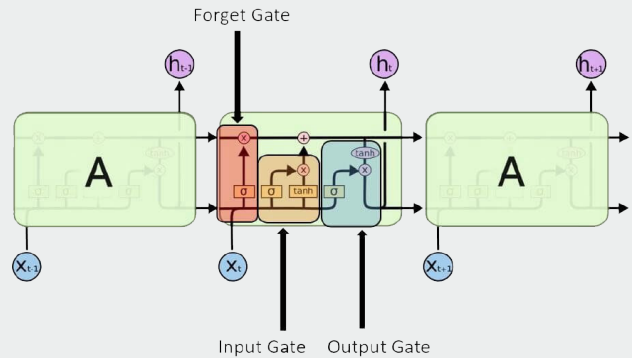
$$CVRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 / N}}{\sum_{i=1}^n y_i / N} \quad (6)$$

حرف آخر

روش‌های پیش‌بینی بار در شرکت‌های برق اغلب توسط اپراتورها و برنامه‌ریزان سیستم قدرت انجام می‌شود؛ اما نکته جالب این است که در رقابت پیش‌بینی بار، افراد مسلط به تکنیک‌های آماری، اقتصادسنجی و علوم کامپیوتر نتایج بهتری می‌گیرند و مدل‌هایی توسعه می‌دهند که در مقابل رقبا برتری دارند.

افراد جدید در حوزه پیش‌بینی بار دنبال بهترین روش برای

LSTM نوعی خاص از RNN است که در فرایند آموزش توالی بلند مدت، مشکلات ناپدید شدن گرادیان و انفجار گرادیان را حل می‌کند. اجزای اصلی شبکه LSTM شامل دروازه فراموشی، دروازه ورودی، دروازه خروجی و واحد حافظه است. ساختار خاص آن در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵ معماری شبکه LSTM

شاخص‌های ارزیابی

برای بررسی عملکرد مدل‌ها یا مقایسه آن‌ها برای بهبود پارامترها شاخص‌های ارزیابی مورد نیاز است. این شاخص‌ها به دو دسته بعدی و بی‌بعد^{۳۷} تقسیم می‌شوند.

در شاخص‌های دارای بعد، شاخص خطای میانگین مربعات $(MSE)^{۳۸}$ ، خطای جذر میانگین مربعات $(RMSE)^{۳۹}$ ، میانگین خطای مطلق (MAE) و غیره وجود دارد. MSE معیاری است که تفاوت بین مقدار پیش‌بینی مدل و مقدار واقعی را نشان می‌دهد. RMSE جذر ریاضی میانگین مربعات خطا است. MAE میانگین قدر مطلق انحراف بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی است.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_i^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^n (y_i - \tilde{y}_i)^2} \quad (2)$$

^{۳۷}Support Vector Regression

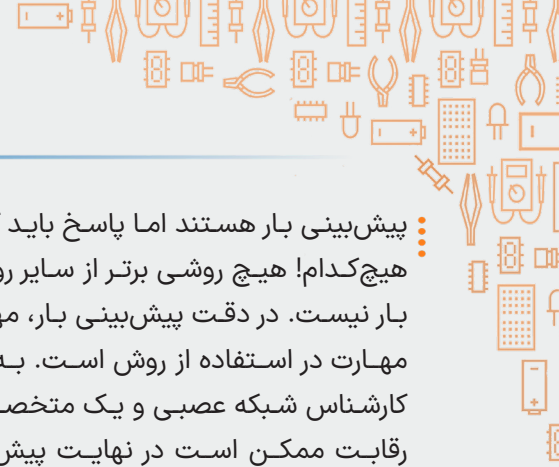
^{۳۸}Gradient Boosted Decision Tree (GBDT)

^{۳۹}Mean Squared Error

^{۴۰}Decision Tree

^{۴۱}dimensional indexes and dimensionless indexes

^{۴۲}Root Mean Squared Error



rule- Electronic Technology & Software Engineering
.24 (2021) 194-196

W.H. Li, H. Chen, K. Guo, S.R. Guo, J.M. Han, Y.Z. Chen- Research on electrical load prediction based on random forest algorithm- Computer Engineering and Applications 52 (2016) .236-243. Dec

B. Dietrich, J. Walther, M. Weigold, E. Abele- Machine learning based very short term load forecasting of machine tools- Appl. Energy .276 (2020), 115440

Z. Wang, T. Hong, M.A. Piette- Building thermal load prediction through shallow machine learning and deep learning- Appl. Energy 263 (2020)- 114683

M.H. Pham, M.N. Nguyen, Y.K. Wu- A novel short-term load forecasting method by combining the deep learning with singular spectrum analysis- IEEE Access 9 (2021) 73736-73746

Z. Chen, Q. Xue, R. Xiao, Y. Liu, J. Shen- State of health estimation for lithium ion batteries based on fusion of autoregressive moving average model and Elman neural network- IEEE Access 7 (2019) 102662-102678

Y.G. Cinar, H. Mirisaeae, P. Goswami- Period-aware content attention RNNs for time series forecasting with missing values- Neurocomputing 312 (2018) 177-186

پیش‌بینی بار هستند اما پاسخ باید کوتاه و ساده باشد: هیچ‌کدام! هیچ روشی برتر از سایر روش‌ها در پیش‌بینی بار نیست. در دقت پیش‌بینی بار، مهم‌تر از خود روش، مهارت در استفاده از روش است. به عنوان مثال، یک کارشناس شبکه عصبی و یک متخصص رگرسیون در یک رقابت ممکن است در نهایت پیش‌بینی‌های مشابهی داشته باشند؛ در حالی که پیش‌بینی‌های آن‌ها احتمالاً بهتر از پیش‌بینی‌های افراد بدون تجربه عمیق در استفاده از هر روش خاص یا تنظیم مدل‌ها خواهد بود. پیش‌بینی بار یک موضوع بین‌رشته‌ای است. ایجاد همکاری بین صنعت و دانشگاه و همچنین همکاری بین صنعت انرژی و دیگر حوزه‌ها مانند هواشناسی و علوم داده می‌تواند به دست‌یابی نظرات جدید و بهبودهای بیشتر منجر شود. با همکاری و تعامل، می‌توان مدل‌های بهتری توسعه داد.

فهرست منابع:

L. Ekonomou, C.A. Christodoulou, V. Mladenov- A short-term load forecasting method using artificial neural networks and wavelet analysis- International Journal of Power Systems 1 (2016) 64-68

Q.H. Wu, J. Gao, G.S. Hou, B. Han, K.Y. Wang, G.J. Li- Short-term load forecasting support vector machine algorithm based on multi-source heterogeneous fusion of load factors- Automation of Electric Power System 40 (5 (2016) 67:72, 92

W.N. Chen, Z.J. Hu, J.P. Yue, Y.X. Du, J. Qi- Short-term load prediction based on model of long-short-term memory network and light gradient boosting machine- Automation of Electric Power System (2020) 1-9

S.Sp. Pappas, L. Ekonomou, V.C. Moussas, P. Karampelas- Adaptive load forecasting of the Hellenic electric grid- J. Zhejiang Univ. Sci. A 9 (12) 008) 1724-1730

Y.F. Lin, S.S. Zheng- Time difference data cleaning algorithm based on normal distribution

^{۴۰} Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error

^{۴۱} R-Squared

^{۴۲} Mean Absolute Percentage Error

دیجیتال توین

◀ نویسنده: محمدرضا خاموشی

چکیده

دوقلوی دیجیتال، نمایش دیجیتالی یک جسم فیزیکی، فرآیند یا سرویس است. یک دوقلوی دیجیتال می‌تواند یک کپی دیجیتالی از یک شیء در دنیای فیزیکی مانند موتور جت، نیروگاه‌های بادی، یا حتی موارد بزرگ‌تر مانند ساختمان‌ها یا حتی کل شهر باشد. همچنین از فناوری دوقلوهای دیجیتال می‌توانیم برای تکثیر فرآیندها به منظور جمع‌آوری داده‌ها، برای پیش‌بینی عملکرد آن‌ها استفاده کنیم. در واقع دوقلوی دیجیتال، یک برنامه رایانه‌ای است که با استفاده از دیتای دنیای واقعی، شبیه‌سازی‌هایی را ایجاد می‌کند که می‌توانند عملکرد یک محصول یا یک فرآیند را پیش‌بینی کنند. این برنامه‌ها می‌توانند با کمک اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل نرم افزارها، میزان خروجی را افزایش دهند. با پیشرفت یادگیری ماشین و عواملی همچون داده‌های بزرگ، این مدل‌ها و الگوهای مجازی به یک اصل مهم در مهندسی مدرن برای ایجاد نوآوری و بهبود عملکردها تبدیل شده‌اند.

تاریخچه دوقلوهای دیجیتال

برای اولین بار در سال ۱۹۹۱، مفهوم دوقلوهای دیجیتال در کتاب دیوید گلرنتر با عنوان "Mirror Worlds" مطرح شد و مایکل گریوز^۱ اولین نفر از موسسه فناوری فلوریدا بود که قصد داشت این مفهوم را در تولیدات خود به کار گیرد. در سال ۲۰۰۲، گریوز به دانشگاه میشیگان منتقل شد و به‌طور رسمی در کنفرانس انجمن مهندسان تولید در تروی، مفهوم دوقلوی دیجیتال را معرفی و تشریح کرد؛ اما این ناسا بود که برای اولین بار مفهوم دوقلوی دیجیتال را پذیرفت و در سال ۲۰۱۰، جان ویکرز^۲ از ناسا از این ایده و فناوری برای ایجاد شبیه‌سازی دیجیتالی کپسول‌های فضایی استفاده کرد. زمانی که گارتنر^۳ این فناوری را به‌عنوان یکی از ۱۰ روند برتر استراتژیک فناوری معرفی کرد، مفهوم دوقلوی دیجیتال در سال ۲۰۱۷ بسیار گسترش یافت. از آن زمان تا به امروز، این مفهوم در مجموعه‌ای از برنامه‌ها و فرآیندهای صنعتی در حال

توسعه، مورد استفاده قرار گرفته است.

مفهوم دوقلوی دیجیتال

مفهوم دوقلوی دیجیتال مربوط به ساخت یک نسخه مشابه دیجیتالی از یک شیء فیزیکی و هماهنگ سازی داده‌ها با نسخه فیزیکی است. دانشگاه میشیگان آمریکا برای نخستین بار در سال ۲۰۰۳ مفهوم وجود یک معادل دیجیتالی برای یک نسخه فیزیکی ارائه نمود که با هدف نظارت، شبیه سازی و بهینه سازی شیء فیزیکی ایجاد می‌شد.

مفهوم کنونی دوقلوی دیجیتال مبهم و نیازمند شفافیت به نظر می‌رسد؛ اما می‌توان دوقلوی دیجیتال را به چهار دسته یا منظور تقسیم کرد که عبارتند از:

۱- توانایی همسان سازی: دوقلوی دیجیتال، همسان نسخه فیزیکی خود است؛ یعنی مدل دیجیتالی از نظر طراحی، تولید، استفاده، و نگهداری در وضعیتی مشابه با نسخه فیزیکی خود قرار دارد.

۲- دقت عمل بالا: دوقلوی دیجیتال می‌تواند به دقیق ترین شکل ممکن رفتار نسخه فیزیکی را در فضای مجازی شبیه سازی نماید. این عمل نیازمند مدلسازی مولتی فیزیک و به روزرسانی مداوم مدل در طول عمر آن است.

۳- تغییرات آنی: دوقلوی دیجیتال در زمانی کوتاه و با تأخیر کم نسبت به نسخه فیزیکی تغییر می‌کند. این عمل به لطف توسعه مخابرات سیار و فناوری اینترنت اشیا (IoT)^۴ انجام گرفته است.

۴- قابلیت کنترل: تغییراتی که بر روی دوقلوی دیجیتال یا دوقلوی فیزیکی صورت انجام می‌گیرند، نسخه مانند خود را کنترل می‌نماید. این خصلت موجب بسته شدن چرخه دوقلوی دیجیتال و فیزیکی و ایجاد همگرایی در آنها می‌شود.

ابزارهای مرتبط با دوقلوی دیجیتال

دوقلوی دیجیتال^۳ جز اصلی را شامل می‌شود که در شکل ۱ قابل مشاهده هستند.

^۱Michael Grieves ^۲Enigm John Vickers ^۳Gartner ^۴Internet of Things

زیاد جمع آوری این اطلاعات از رایانش مرزی استفاده می‌شود. رایانش مرزی به کمک فناوری 5G این امکان را به وجود می‌آورد که اطلاعات دریافتی پردازش شوند تا بار وارد به شبکه کم شود و احتمال نشت داده نیز کاهش یابد. همچنین به منظور محقق نمودن تعامل چندجانبه مدل دیجیتال با مدل فیزیکی عموماً از زبان نشانه گذاری خودکار استفاده می‌شود تا بتوان خصیصه های مربوط به دوقلو دیجیتال را مدل نمود. این مدل در رد و بدل کردن داده میان سیستم های مختلفی که به دوقلوی دیجیتال وصل هستند، مؤثر است.

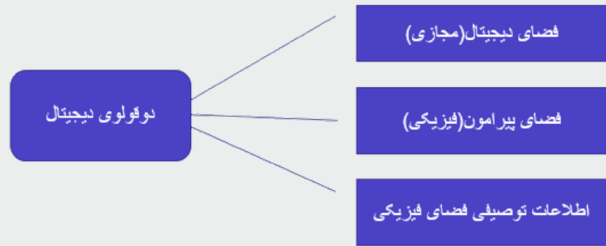
نحوه عملکرد فناوری دوقلوی دیجیتال

برای ایجاد یک دوقلوی دیجیتال، متخصصان ریاضی کاربردی یا علوم داده، در مورد فیزیک و داده‌های عملیاتی یک شیء فیزیکی یا یک سیستم، شروع به تحقیق می‌کنند تا بتوانند یک مدل ریاضی از آن را شبیه‌سازی کنند. توسعه دهندگان و پژوهشگران دوقلوهای دیجیتال باید اطمینان حاصل کنند که مدل رایانه‌ای مجازی می‌تواند از حسگرهایی که اطلاعات نسخه دنیای واقعی را جمع‌آوری می‌کنند، بازخورد دریافت کند. در نتیجه، نسخه دیجیتال می‌تواند هر آنچه در نسخه اصلی وجود دارد را در آن لحظه، تقلید و شبیه‌سازی کند.

یک دوقلوی دیجیتال می‌تواند به همان اندازه که شما نیاز دارید پیچیده یا ساده طراحی شود و مقادیر متفاوت اطلاعات تعیین می‌کند که مدل دقیقاً چگونه نسخه فیزیکی دنیای واقعی را شبیه‌سازی کند. از دوقلوی دیجیتال به همراه نمونه اولیه می‌توان برای ارائه بازخورد محصول در هنگام تولید استفاده کرد یا حتی نمونه اولیه می‌تواند به عنوان نمونه واقعی در کنار نسخه فیزیکی ارائه شود.

حل چالش‌ها با دوقلوی دیجیتال

از آنجا که دوقلوی دیجیتال در طیف وسیعی از صنایع، از خودروسازی گرفته تا بهداشت و تولید برق، قابل استفاده است، برای حل بسیاری از چالش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این رو می‌توان به چالش‌هایی همچون آزمایش خستگی و مقاومت در برابر خوردگی توربین‌های بادی و دریایی و بهبود کارایی در اتومبیل‌های مسابقه‌ای اشاره کرد. از این فناوری در مدل‌سازی بیمارستان‌ها برای صرفه‌جویی در هزینه‌های نظارت بر بیمار، نگهداری



شکل ۱ - سه جزء اصلی دوقلوی دیجیتال

شکل ۱ - سه جزء اصلی دوقلوی دیجیتال (BIM) از طریق سنسور اطلاعات مهم و ارزشمندی را یکپارچه نموده و داده های دریافت شده را در روند نظارت فراهم می‌کند، اما از تحلیل شرایط آبی تمام وضعیت‌های یک کارگاه ساختمانی ناتوان است. حتی با وجود امکانات فراهم شده توسط BIM، برنامه ریزی، نظارت و کنترل ایمنی زمان‌بر بوده و احتمال بروز خطا در آن وجود دارد. همچنین، برخی مدل های مدیریت ایمنی مبتنی بر سنسور، از سامانه های نظارتی گران قیمت نظیر پهبادها استفاده می‌نمایند.

به لطف توانمندی (BIM)، بخش قابل توجهی از مطالعات حوزه دوقلوی دیجیتال با محوریت این فناوری انجام گرفته است. همچنین می‌توان گفت که این دو شباهت هایی نیز با یکدیگر دارند که این شباهت ها به هدف، فناوری و کاربران نهایی مربوط می‌شوند.

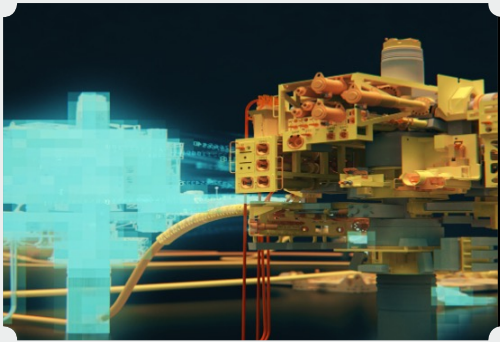
تاکنون کاربرد فناوری های مختلفی نظیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، واقعیت مجازی (VR)، اینترنت اشیا (IoT) و... در صنعت ساخت مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند. دوقلوی دیجیتال توانایی این را دارد تا اغلب این فناوری ها را تحت تأثیر قرار دهد و شکافهای موجود در آن ها را برطرف نماید. با استفاده از دوقلوی دیجیتال می‌توان میان ابزارهای مختلفی از جمله دید رایانه، سامانه‌های شناسایی برچسب، سنسورهای هوشمند، شبکه‌های ارتباطی مانند سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) و... که ممکن است به تنهایی مورد استفاده قرار بگیرند، ارتباط و همبستگی ایجاد کرد تا بدین ترتیب بتوان به شکلی تأثیرگذار به نظارت و کنترل پروژه پرداخت.

پایه و اساس دوقلوی دیجیتال، داده و اطلاعات ورودی هستند. این اطلاعات به کمک ابزارهایی نظیر سنسور، برچسب ها، RFID^۸، دوربین، اسکنر و... به صورت لحظه‌ای در زمان کوتاهی جمع آوری شده و به هم مرتبط می‌شوند. دوقلوی دیجیتال حجم زیادی از اطلاعات گوناگون را با سرعت زیاد دریافت می‌کند. به دلیل سختی و هزینه

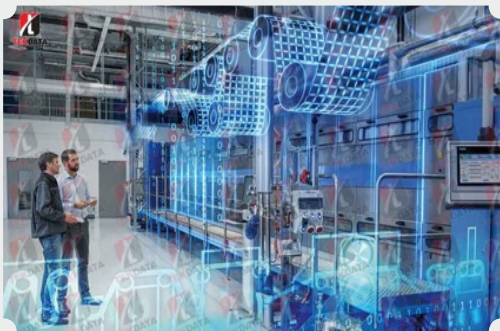
^۵Building Information model ^۶Virtual Reality ^۷Global Positioning System ^۸Radio Frequency Identification

می‌تواند خطر اتفاقات و آسیب‌های برنامه‌ریزی نشده را کاهش داده، با پیش‌بینی آسیب‌ها قبل از وقوع آن‌ها، هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش داده و با برنامه‌ریزی نگهداری، تعمیر و سفارش قطعات جایگزین، از تأثیر منفی بر اهداف تولید جلوگیری کند. دوقلوی دیجیتال همچنین می‌تواند با تجزیه و تحلیل مدل‌های سفارشی‌سازی شده، پیشرفت مستمر داشته باشد و از طریق آزمایش عملکرد در زمان واقعی، کیفیت محصول را تضمین کند.

با تمام ویژگی‌های منحصر به فرد این فناوری، استفاده از دوقلوی دیجیتال در تمام زمینه‌ها مناسب و کاربردی نیست و می‌تواند پیچیدگی‌ها را افزایش دهد. برخی از مشکلات کسب و کار، به سادگی و بدون استفاده از دوقلوی دیجیتال، بدون سرمایه‌گذاری و صرف زمان و هزینه بسیار، قابل حل هستند.



شکل ۲ - شبیه‌سازی دکل نفتی



شکل ۳ - شبیه‌سازی مسیر لوله‌ها در کارخانه جات

کاربرد دوقلوهای دیجیتال

دوقلوهای دیجیتال در مجموعه‌ی گسترده‌ای از صنایع و با کاربردها و اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از نمونه‌های قابل توجه عبارت‌اند از:

۱- تولید دوقلوی دیجیتال می‌تواند زمان تولید را کاهش داده و

پیشگیرانه، ارائه‌ی مراقبت‌های بهداشتی و پیدا کردن راه و روش‌های پیشرفت در این حوزه نیز استفاده می‌شود. یک دوقلوی دیجیتال به کاربران این امکان را می‌دهد تا راه‌حل‌های مربوط به توسعه چرخه عمر محصول، تولید و بهبود فرآیند تولید محصول و آزمایش نمونه اولیه را بررسی کنند. در چنین مواردی، یک دوقلوی دیجیتال عملاً می‌تواند مشکل را در نمونه، شناسایی و قبل از مرحله تولید، آن را رفع کند.

انواع دوقلوی دیجیتال

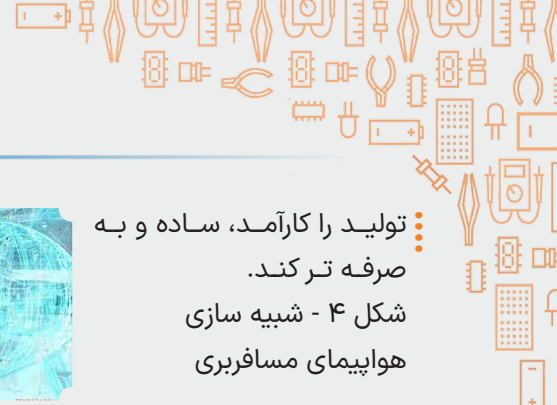
دوقلوی دیجیتال را می‌توان به سه نوع تقسیم کرد که زمان‌های مختلف استفاده از فرآیند را نشان می‌دهند: مدل پیش‌الگوی دوقلوی دیجیتال^۱ DTP: این کار قبل از تولید یک محصول فیزیکی انجام می‌شود. نمونه دوقلوی دیجیتال^۲ DTI: این کار پس از تولید روی یک محصول به منظور اجرای آزمایش‌ها با سناریوهای مختلف انجام می‌شود.

جمع‌آوری دوقلوی دیجیتال DTA: این مدل، اطلاعات DTI را برای تعیین قابلیت‌های یک محصول، اجرای پیش‌آزمایش‌ها و آزمایش پارامترهای عملیاتی جمع‌آوری می‌کند. هر زمان که محصول یا فرآیندی باید آزمایش شود، چه در مرحله طراحی، اجرا، نظارت و چه در مرحله بهبود محصول، از دوقلوهای دیجیتال می‌توان برای صرفه‌جویی در وقت و هزینه استفاده کرد.

مزایای استفاده از دوقلوی دیجیتال

مزایای استفاده از دوقلوی دیجیتال بسته به زمان و مکان استفاده از آن، متفاوت است. برای مثال، استفاده از دوقلوی دیجیتال برای نظارت بر محصولات موجود مانند توربین بادی یا خط لوله انتقال نفت، می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش دهد. از دوقلوهای دیجیتال همچنین می‌توان برای نمونه‌سازی قبل از تولید، کاهش مشکل محصول و کوتاه شدن زمان عرضه محصول به بازار استفاده کرد. از سایر موارد استفاده از دوقلوی دیجیتال می‌توان به بهبود فرآیند، چه نظارت بر سطح کارکنان در برابر خروجی و چه هم‌ترازی یک زنجیره تأمین با نیازهای تولید یا نگهداری اشاره کرد. از مزایای مشترک این فناوری می‌توان به افزایش قابلیت اطمینان و در دسترس بودن از طریق نظارت و شبیه‌سازی برای بهبود عملکرد اشاره کرد. این فناوری همچنین

^۱Digital Twin Prototype ^۲Digital Twin Instance



۷- دوقلوی دیجیتال شهری

در قلمرو شهرهای هوشمند یک دوقلوی دیجیتال مدلی مجازی از شهر است؛ یک کپی از دنیای واقعی؛ دوقلوی دیجیتال به سرعت در حال تبدیل شدن به ابزاری ضروری برای تجسم بهتر از شهر در زمان واقعی با استفاده از منابع داده‌ای از ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، تأسیسات

مشاغل، جابه‌جایی افراد و وسایل نقلیه هستند. اگر ما بتوانیم همه چیز را در یک مدل مجازی قبل از اجرا آزمایش کنیم، هم هزینه‌ها و هم احتمال شکست در دنیای واقعی را کاهش داده‌ایم. آزمایش و نمونه‌سازی می‌تواند مقاومت شهری را به طرز چشم‌گیری بهبود بخشد. با داشتن اطلاعات در زمان واقعی از هر وضعیت اضطراری، برنامه‌ریزان شهری را قادر می‌سازد تا بتوانند منابع لازم را به آن اختصاص دهند. همچنین برنامه‌ریزی عملیاتی و بهینه‌سازی ترافیک بهبود بخشیده می‌شود. یک مثال مناسب برای استفاده از دوقلوی دیجیتالی استفاده از آن در سازمان آتش‌نشانی است.

در صورت بروز آتش‌سوزی در یک منطقه شهری آتش‌نشانان می‌توانند با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی ایجاد شده توسط دوقلوی دیجیتال و سنسورهای نصب شده از محل آتش‌سوزی، تجمع ساکنان محل را شناسایی کرده و رفتارهای آتش را پیش‌بینی کنند. دوقلوی دیجیتال شهری فراتر از استفاده از دوربین‌های که در محیط شهری است و می‌تواند به ذی‌نفعان مختلف سرویس‌های مختلفی را ارائه دهد. با استفاده از دوقلوی دیجیتال می‌توان کمبودها را شناسایی کرد و محیط و خدمات را بهبود بخشید. لازمه پیاده‌سازی دوقلوی دیجیتال داشتن سیاست‌های داده باز و توسعه ساختار شهری در بخش‌های مختلف است تا هرکسی که مجوز لازم برای دسترسی را دارد بتواند به برنامه‌های این سیستم دسترسی پیدا کرده و راه‌حل‌های لازم را ارائه کند.



شکل ۵ - لایه لایه کردن ساختار شهری توسط دوقلوی دیجیتال



تولید را کارآمد، ساده و به صرفه تر کند.

شکل ۴ - شبیه‌سازی هواپیمای مسافربری

۲- خودروسازی

نمونه‌ی دیگر از کاربردهای دوقلوهایی دیجیتال، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های عملیاتی، در صنعت خودرو است به طوری که یک وسیله نقلیه به منظور ارزیابی وضعیت آن در نسخه واقعی و اطلاع از پیشرفت‌های محصول، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- فروش

خارج از تولید و صنعت، از دوقلوی دیجیتال در بخش خرده‌فروشی برای مدل‌سازی و افزایش تجربه مشتری چه در سطح یک مرکز خرید و چه در سطح فروشگاه‌های خاص استفاده می‌شود.

۴- مراقبت‌های بهداشتی

بخش پزشکی از دوقلوی دیجیتال در زمینه‌هایی مانند اهدای عضو و آموزش جراحی بهره‌مند شده است. این فناوری، افرادی که در بیمارستان‌ها هستند، اماکنی که ممکن است عفونت وجود داشته باشد و کسانی که ممکن است از طریق تماس با عفونت در معرض خطر باشند را مدل‌سازی و مشخص می‌کند.

۵- مدیریت بحران

تغییرات آب و هوایی در سال‌های اخیر در سراسر جهان تأثیرات مخرب بسیاری را بر جای گذاشته است. دوقلوی دیجیتال می‌تواند با ایجاد آگاهی از زیرساخت‌های هوشمند، برنامه‌های واکنش اضطراری و نظارت بر تغییرات آب و هوا، با این تغییرات و اثرات مخرب آن مقابله کند.

۶- شهرهای هوشمند

می‌توان از دوقلوهایی دیجیتال برای کمک به پایداری بیشتر اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی شهرها استفاده کرد. مدل‌های مجازی می‌توانند تصمیمات برنامه‌ریزی شده را هدایت کنند و راه‌حلی برای بسیاری از چالش‌های پیچیده شهرهای مدرن ارائه دهند. به‌عنوان مثال، با پاسخ‌های به‌موقع به مشکلات می‌توان جلوی برخی از اتفاقات را گرفت. با استفاده از دوقلوهایی دیجیتال می‌توان از ظرفیت بیمارستان‌ها آگاه شد تا در برابر بحران‌ها، واکنش‌ها هدفمند باشند.

۸- کاربرد دوقلوی دیجیتال در صنعت ساخت

در صنعت ساخت، دوقلوی دیجیتال می تواند از تحلیل ها و شبیه سازی های مبتنی بر هوش مصنوعی برای بازنمایی اشیاء، کارکنان، تجهیزات و شرایط مختلف در وضعیت لحظه ای آنها استفاده کند و موجب تصمیم گیری و دستیابی به نتایج بصری تر شود. دوقلوی دیجیتال مدل اطلاعاتی و مدل فیزیکی محصول را در کنار هم قرار می دهد و به همین علت به بهینه سازی مکرر مدل ها منجر می شود. این نحوه بهینه سازی روند کلی طراحی را کوتاه نموده و احتمال پرداخت هزینه اضافی در پی دوباره کاری را نیز کاهش می دهد.

فناوری دوقلوی دیجیتال کاربردهای گوناگونی در صنعت دارد که بیشتر این کاربردها در مراحل مختلف تولید یک محصول هستند. دوقلوی دیجیتال به کمک حجم گسترده ای اطلاعاتی که در اختیار دارد، می تواند در بخش ساخت، هزینه ها را کاهش و کیفیت را افزایش دهد. همچنین با فراهم آوردن اطلاعات پروژه به شکل مفصل، منجر به مدیریت مؤثر ذینفعان آن پروژه شود. افزون بر موارد مذکور، دوقلوی دیجیتال می تواند در بخش های مختلف مدیریتی نظیر مدیریت منابع، مصالح، زمان بندی، کیفیت و توالی امور کمک رسانی کند.

در بخش عملیاتی و نگهداری پروژه، کاربران پروژه ممکن است از نظر قابل اعتماد بودن و یا راحتی دچار تردید و نگرانی شوند. وجود عملیات ها و ذینفعان مختلف در یک پروژه، در یکپارچگی داده ها اختلال ایجاد می کند. این اختلال به کمک دوقلوی دیجیتال و گردش راحت تر اطلاعات برطرف می شود. علاوه بر آن دوقلوی دیجیتال به مدیریت تأسیسات، تعمیر و نگهداری، نظارت، روند آمادگی و پشتیبانی، و شبیه سازی انرژی در پروژه کمک می کند. این دوقلو به مدیران تأسیسات کمک می کند تا در خصوص نگهداری ساختمان، مدیریت عملکرد ساختمان، صرفه جویی در زمان و هزینه و بهینه سازی مصرف انرژی تصمیم گیری نمایند.

بخشی که کمتر از سایر قسمت ها مورد توجه محققین و پژوهش کنندگان قرار گرفته است، بخش تخریب و بازیابی است. دوقلوی دیجیتال به حفظ و نگهداری تجهیزات و دارایی هایی که در معرض تخریب در آینده نزدیک هستند کمک می کند.

در زمینه تأثیر دوقلوی دیجیتال بر یکپارچگی سیستم سازه های ساختمان ها؛ در تحقیقاتی که توسط آنجیلیو^{۱۱}

بر روی سنگی تاریخی انجام گرفته است، عنوان شده است که تغییرات سازه های در مراحل مختلف ساخت از طریق دوقلوی دیجیتال به وضوح قابل فهم می باشد. همچنین به کمک آن می توان از کارایی اجزا به هنگام ورود بار و نیرو به ساختمان اطمینان حاصل کرد.

از دوقلوی دیجیتال می توان استفاده های گوناگونی در جهت بهبود وضعیت موجود در پروژه های ساخت داشت. در تحقیقات انجام گرفته توسط کاوون-روئن و ژو^{۱۲} مدل همزاد دیجیتال برای پایداری ساختمان های راه آهن را به کمک یک مدل شش بعدی BIM طراحی شده است. در پژوهش دیگری که توسط پن و ژنگ^{۱۳} انجام گرفته است، یک ساختار حلقه بسته از دوقلوی دیجیتال ارائه شده است که با BIM، اینترنت اشیاء و روش های داده کاوی پیوند خورده است. از این ساختار می توان برای مدیریت پروژه به شکل پیشرفته و بهینه سازی آسان تر روندهای ساخت استفاده نمود.

دوقلوی دیجیتال بستری را فراهم کرده تا بتوان شرایط واقعی محیط ساخت را به صورت مجازی درآورد. بنابراین می توان موارد گوناگون مربوط به یک پروژه ساخت را در یک فضای غیرواقعی شبیه سازی کرده و اطلاعات کارگاه را به صورت لحظه ای در این محیط مجازی دریافت نماییم. به کمک این ابزار و حجم وسیع داده ای که در اختیار ذینفعان می گذارد، می توان اتفاقات محیط کار و ریسک های مربوطه را بهتر شناسایی کرده یا حتی از طریق ترکیب آن با ابزارهای دیگر نظیر هوش مصنوعی فرآیند شناسایی شرایط نایمن را به صورت خودکار انجام داد. در انتها باید گفت که دوقلوی دیجیتال می تواند ابزاری بسیار مناسب و کاربردی در مسیر ایمن سازی پروژه های صنعت ساخت باشد. با این وجود باید توجه داشت که کاربرد این ابزار در این صنعت به ویژه از جنبه ایمنی، به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته است و نیاز به انجام تحقیقات گسترده در این حوزه و بررسی امکان ترکیب دوقلوی دیجیتال با فناوری های مختلف به منظور افزایش کارایی آن می باشد.

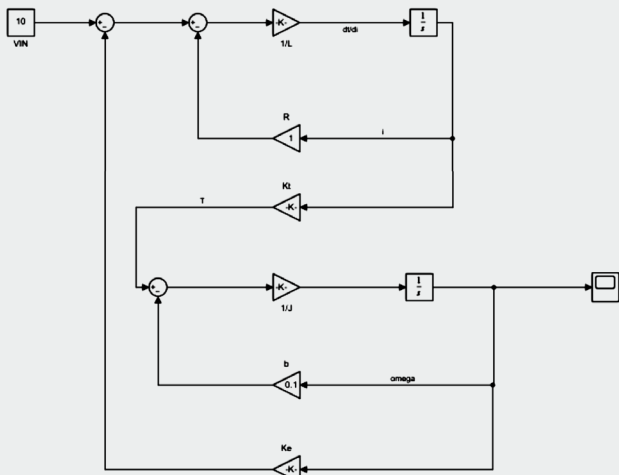
نمونه پروژه مدل و شبیه سازی موتورهای DC

یک محرک رایج در سیستم های کنترل، موتور^{۱۴} (DC) است که این به طور مستقیم حرکت چرخشی را فراهم می کند و به همراه چرخ ها یا درام ها و کابل ها می تواند حرکت انتقالی را فراهم کند. مدار معادل الکتریکی

^{۱۱}Grigor Angjeliu ^{۱۲}Kaewunruen and Xu ^{۱۳}Pan and Zhang ^{۱۴}Direct Current

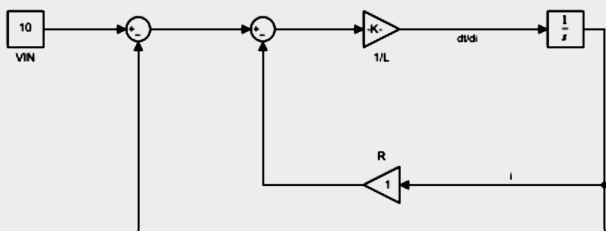


خروجی، مدل سازی به صورت نموداری نمایی بر حسب داده ها خواهد بود. موتور دی سی یک سیستم کوپل شده است که به صورت الکترومکانیکی است و دارای دو بخش مدار الکتریکی و مکانیکی می باشد؛ که این دو قسمت به دلیل مکانیزمی که در سیستم وجود دارد، این دو با هم کوپل شده اند؛ که ما می توانیم آن را به صورت یک معادله درجه دو بنویسیم و پیاده سازی کنیم. برای شروع مدل سازی در محیط سیمولینک متلب ابتدا ما از قسمت (simulink library Browser)، یک ورودی ثابت (constant) جمع کننده (sum)، اسکوپ (scope)، انتگرال گیر (integerator) و بهره (gain) لازم داریم. برای رسم خطوط مانند شکل ۷ آنها را به یکدیگر متصل می کنیم.



شکل ۷

شکل ۸ کوپل شده سیستم مکانیکی و الکتریکی موتور دی سی در بستر محیط شبیه سازی متلب می باشد.



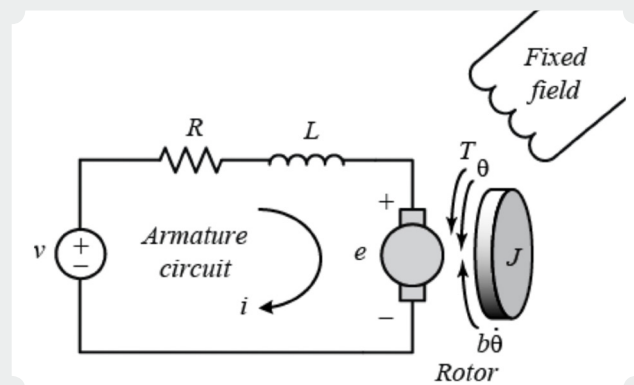
شکل ۸

اگر قرار باشد که قسمت الکتریکی را در مدار به تنهایی رسم کنیم، به صورت شکل بالا خواهد بود. که این مدار بر اساس فرمول: $di/dt = 1/L(v_e - Ri)$ خواهد بود.

آرمیچر و نمودار بدنه آزاد روتور در شکل زیر نشان داده شده است.

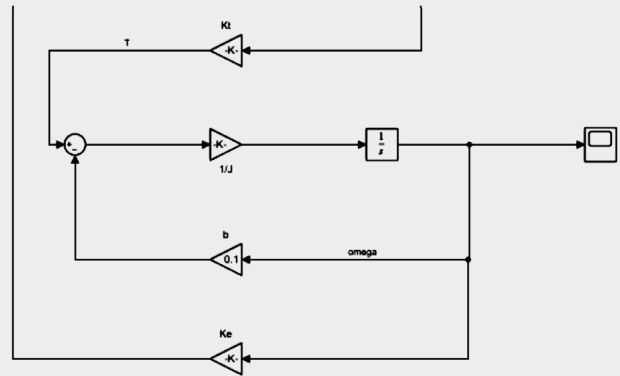
(T)	گشتاور موتور ثابت	0.01 N.m/Amp
(J)	ضریب گشتاور روتور	0.01 kg.m ²
(Ke)	ثابت نیروی الکترو موتور	0.01 V/rad/sec
(R)	مقاومت الکتریکی	1 Ohm
(L)	اندوکتانس الکتریکی	0.5 H

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{روابط دیفرانسیلی} \\ \text{موتورهای دی سی} \end{array} \right. \begin{cases} J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = Ki \\ L\frac{di}{dt} + Ri = V - K\dot{\theta} \end{cases} \begin{array}{l} \text{فرمول قسمت مکانیکی موتور} \\ \text{فرمول قسمت الکتریکی موتور} \end{array}$$



شکل ۶- ساختار موتور dc از نظر کنترل

برای مدل سازی موتور دی سی در نرم افزار متلب به کمک قسمت سیمولینک این برنامه ابتدا بعد از انتخاب ایکن های "sum-gani" و همچنین ایکن های ورودی و خروجی و تبدیل انتگرال شروع به رسم می کنیم. همانطور که در تصویر دیده می شود قسمت بالایی تصویر مربوط به فرمول مکانیکی موتور دی سی می باشد و قسمت پایین آن مربوط به قسمت الکتریکی آن. می دانیم وظیفه موتور، تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی می باشد؛ با توجه به تصویر که نحوه رسم و اتصال هر کدام از ایکن ها را به طور واضح نشان داده است، هر گام از مدل سازی را پیش می بریم. این بدین منظور است که مدل سازی ما با کمک روابط ریاضی است که توانسته ایم با دادن ورودی به مدار موتور دی سی شبیه سازی شده، خروجی داشته باشیم که در انتهای شبیه سازی بعد از مقدار دهی به ورودی و اجرا کردن آن با کلیک بر روی قسمت اسکوپ یا



شکل ۹

قسمت پایینی مدار (شکل شماره ۹) مربوط به قسمت مکانیکی موتور دی سی می‌باشد که همانطور در شکل می‌بینید شبیه ساز شده فرمول $T=bw+J\dot{w}$ خواهد بود که در نهایت با مدار کامل کوپل شده؛ که شکل ۷، مدار کامل آن خواهد بود و اما در آخر ما برای اطمینان از شبیه سازی خود با مقدار دهی در هر gain مانند شکل ۷ - که شکل کلی از پروسه شبیه سازی است را انجام می‌دهیم و سپس با کلیک بر روی آیکون RUN سیمولینک پاسخ نهایی نمایان می‌شود.

با کلیک بر روی scope پاسخ نهایی برای ما به صورت یک نمودار نمایی نمایان می‌شود که این نمودار نسبت به داده های اولیه و gain متغیر خواهد بود.

فهرست منابع:

<https://iranmct.com/>

ویدئو آقای "کریس اوکانر" مدیر بخش تجاری اینترنت اشیا کمپانی (ای ام بی)

<https://iranautomation.com/>

مقاله بررسی کاربرد دوقلوی دیجیتال در بهبود شرایط ایمنی پروژه های ساخت - علی زمانی



میکروکنترلرهای ۳۲ بیتی بر پایه arm

◀ نویسنده: نیما نوری

مقدمه

میکروکنترلرها یا با دیگر دستگاه ها از پروتکلها و رابط های I2C, UART/USART, SPI و همچنین برای ساخت و جمع آوری سیگنال ها به صورت آنالوگ و دیجیتال، پروتکل و رابط های ADC و DAC در میکروکنترلر ها تعبیه شده اند. برای شمارش و زمان بندی نیز واحدی هایی مانند شمارنده ها به نام TIMER برای ساخت فرکانس یا زمان های دلخواه و متفاوت برای کاربردهای مختلف نیز در میکروکنترلر ها قرار گرفته اند. میکروکنترلر ها از جنبه های مختلف قابل دسته بندی هستند؛ مانند ساختار ۳۲ بیتی یا ۱۶ بیتی که به معماری های شست دست (۱ و ۲ و Thumb) و ۸ بیتی که از خانواده ای دیگر با قابلیت ها و سرعت کمتر است.

در این نوشتار عمده توجه ما بررسی میکروکنترلر های ۳۲ بیتی خانواده ARM خواهد بود.

شرکت ARM در واقع خود تولید کننده و عرضه کننده میکروکنترلرها نیست بلکه تنها معماری و طراحی میکروکنترلرها را انجام می دهد. شرکت های دیگری مانند Texas Instrument, STM32, Microchip از هسته ARM استفاده کرده و همچنین امکانات متعددی از سوی خود به میکروکنترلر برای کاربرد های مد نظر خود می افزایند. شرکت ARM تا کنون خانواده گسترده ای از هسته های میکروکنترلر به نام CORTEX را طراحی کرده است.

خانواده های

CORTEX M-0

CORTEX M+0

CORTEX M 1

CORTEX M 4

CORTEX M 7

به ترتیب نام گذاری شده از قابلیت ها و فرکانس کاری کم برای کاربردهایی که نیازمند پردازش بالا نیستند تا آخرین رده که مجموعه کاملی از پین های ورودی و خروجی زیاد، فرکانس کاری بالا، وجود تنظیمات گسترده تر برای امکانات جانبی و وجود قابلیت های پیشرفته تر را برای کاربردهای گسترده شامل می شوند.

در دنیای مدرن کنترل کردن دستگاه ها یکی از کلیدی ترین ابزارها برای به دست گرفتن مشخصه های رفتاری و عملکرد یک سیستم است. در دنیای حقیقی ما برای تحقق نیازهای نرم افزاری خود نیازمند سخت افزار هایی بهینه و قدرتمند هستیم. ما برای ساخت این سخت افزار مجموعه از قطعات را در کنار یکدیگر قرار می دهیم. در سر همبندی یک کامپیوتر ما به

CPU^۱؛ برای پردازش عملیات ها

GPU^۲؛ برای پردازش گرافیکی

RAM^۳؛ برای دسترسی سریع به داده ها

HHD^۴؛ واحد حافظه عمومی برای ذخیره سازی کلی

Mother Board برای ایجاد ارتباط میان همه ی قطعات نیازمند هستیم.

اما ساخت یک کامپیوتر شخصی به منظور انجام عملیات های سنگین و اطلاعات حجیم استفاده می شود. پس هنگامی که عملیات پردازش ما بسیار محدود بوده و نیاز به حجم ذخیره سازی زیاد نباشد؛ آیا پرداخت هزینه بسیار زیاد برای سرهم بندی یک سخت افزار با شاخص های بسیار بالا یا متوسط توجیه اقتصادی دارد؟ پس از این پرسش است که میکروکنترلرها به منظور کاهش هزینه ها و ارائه عملکرد های کامپیوترها در ابعاد کوچکتر وارد به کار گرفته شدند.

MCU^۵

میکروکنترلر

بیایید همان ساختار PC را متصور شویم و همه قطعات را در یک بسته بندی مشخص گردآوری کنیم. این بار برای پردازش از CPU خاصی بهره می بریم؛ البته در میکروکنترلرهای ۸ بیتی سری ATmega وظیفه پردازش بر عهده ALU^۶ می باشد. برای ذخیره سازی از فضاهای ذخیره سازی SRAM, FLASH, EEPROM در حجم کمتر و تنوع بسیار زیاد مانند ۵۱۲ کیلوبایت یا بیشتر و کمتر از این مقدار استفاده شده است. به منظور برقراری ارتباط میان خود

^۱Central Processing Unit ^۲Graphic Processing Unit ^۳Random Access Memory ^۴Hybrid Hard drive ^۵Micro Controller Unit

^۶Arithmetic Logic Unit

قرار داده شده است.

شکل ۳ - بلوک کلی میکرو کنترلر STM32F407VG (تصویر مربوطه در انتهای مقاله آورده شده است)

برای بررسی کامل قدم به قدم با یکدیگر پیش می‌رویم و بلوک دیاگرام‌های مهم و کاربردی را یکی پس از دیگری از شکل ۳ مورد بررسی قرار می‌دهیم. اگر به سمت چپ بالای تصویر نگاه کنیم بخش اصلی میکروکنترلر (ARM CORTEX M4) و همچنین پروتکل‌های پروگرام و دیباگ کردن به نام‌های JTAG و SWI را مشاهده خواهیم کرد. پروتکل SWI را می‌توان با تعداد پین کمتر نسبت به پروتکل JTAG در میکرو کنترلرهای STM32 مورد استفاده قرار داد.

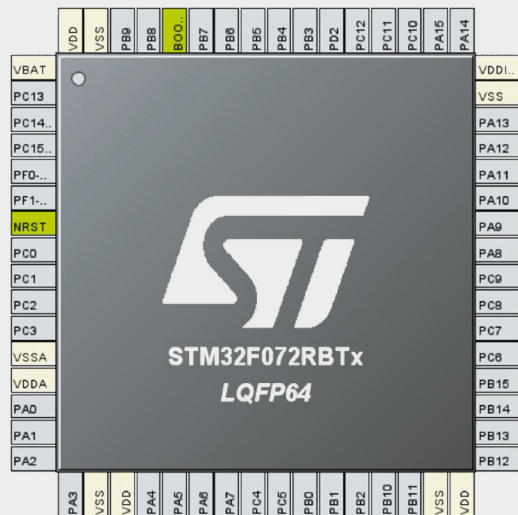
NVIC^v

وظیفه این بلوک بررسی و اعمال ترتیب‌های وقفه در میکرو کنترلر است. در میکرو کنترلرها از وقفه‌ها به منظور استفاده بهینه از میکروکنترلر و عدم ایجاد دستورات پردازشی زیاد و چرخش در حلقه اصلی برنامه استفاده می‌شود. وقفه بدین گونه رخ می‌دهد که هنگامی میکروکنترلر یک فرایند خاص داخلی را آغاز کرد یا به پایان رساند و یا هنگامی که میکروکنترلر به صورت خارجی مورد تحریک واقع شد، وقفه مورد نظر در میکرو کنترلر این تحریک را متوجه شده و می‌تواند با نوشتن توابع و دستورات از این وقفه‌ها بهره‌برداری کند. واحد NVIC این وقفه‌ها را اولویت بندی و مدیریت می‌کند که هنگام رخداد چند وقفه کدامین وقفه اولویت بالاتری دراد و دستورات مربوط به آن باید اجرا بشود.

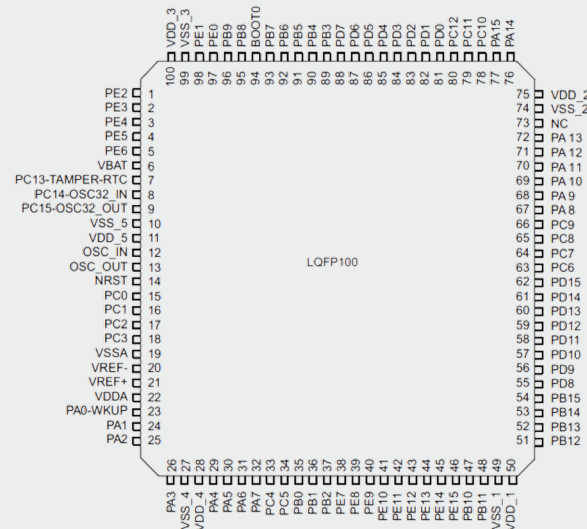
DMA[^]

واحد دسترسی مستقیم به حافظه مسئولیت ارتباط و انتقال داده از حافظه به صورت مستقیم به واحد‌های جانبی میکروکنترلر یا انتقال داده‌ها از حافظه به حافظه دیگر بدون درگیر کردن واحد پردازشی را دارد. یک مثال خاص از کارکرد این واحد بدین گونه است که هنگام استفاده از واحد ADC سیگنال نمونه برداری شده مستقیماً به بلوک حافظه منتقل شده و دیگر میکروکنترلر درگیر پردازش‌های مربوط به واحد ADC نمی‌گردد.

بلوک‌های معرفی شده از خود برگه اطلاعات میکرو کنترلر‌ها گرفته شده‌اند و دارای پیچیدگی‌هایی نسبت به بلوک‌های عمومی معرفی امکانات جانبی هستند. برای جلوگیری از کسل کننده شدن نوشتار از آوردن رجیستری‌های کنترلی CTR و توصیف بیت‌های کنترلر صرف نظر شده است. خوانندگان محترم می‌توانند با نگاه دقیق‌تر نسبت به تصاویر آورده شده از عملکرد کلی این رجیسترهای کنترلی آگاه شوند، همچنین علاقه‌مندان می‌توانند با مطالعه مراجع نسبت به این رجیسترها آگاهی پیدا کنند.



شکل ۱ - تصویری از میکروکنترلر خانواده ST در محیط نرم‌افزار stm32cubemx

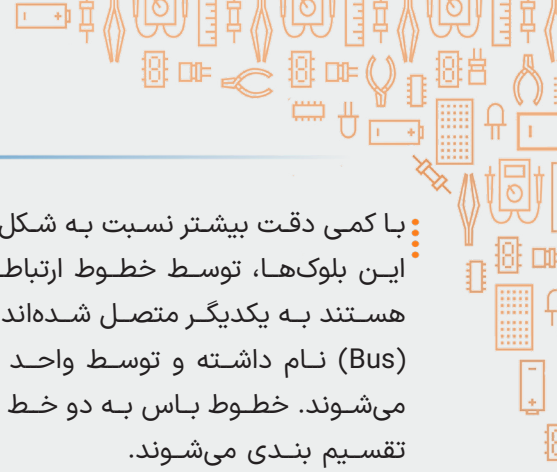


شکل ۲ - تصویری از میکروکنترلر خانواده ST در پکیج QLPF

برای آشنایی بهتر با ساختار میکروکنترلرها، یک میکرو کنترلر از خانواده STM32 (GV704F23MTS) به منظور توصیف معماری و ویژگی‌ها به عنوان مبنا

^vNested Vector Interrupt Controller [^]Direct Memory Access [^]Advanced Peripheral Bus [^]Advance High Speed Bus [^]System Bus

^vData Bus ^vInstruction Bus



سرعت بسیار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد) و حافظه FLASH (حافظه FLASH نیز یک حافظه غیر فرار بوده و داده‌ها را به طور دائمی و پس از جدا شدن از منبع تغذیه هم در درون خود حفظ می‌کند) به صورت دو طرفه انتقال داده می‌شوند. دستورات عمل‌های پردازشی نیز توسط خط I Bus همانند خط D Bus به صورت دو طرفه انتقال پیدا می‌کنند.

S Bus نیز به طور کلی عملکرد کلی سیستم را در بر می‌گیرد و تقریباً به همه بلوک‌ها دسترسی دارد. حال به بررسی فرکانس کاری و نحوه عملکرد فرکانس کاری میکروکنترل می‌پردازیم. اگر به مرکز و سمت راست بلوک دیاگرام شکل 3 نگاه کنید؛ واحد RC را مشاهده خواهید کرد. ابتدا نگاهی به برخی عبارات به منظور آشنایی با واحد‌های ساخت فرکانس خواهیم انداخت.

^{۱۴}HSE؛ کریستال پر سرعت خارجی

^{۱۵}HSI؛ کریستال پرسرعت داخلی

^{۱۶}LSE؛ کریستال سرعت پایین خارجی

^{۱۷}LSI؛ کریستال سرعت پایین داخلی

^{۱۸}PLL؛ حلقه فازی قفل شده

شکل 4 - درخت زمانبندی میکروکنترلر GV704F23MTS برگرفته شده از نرم افزار XMEBUC23MTS (تصویر مربوطه در انتهای مقاله آورده شده است)

در شکل ۴ درخت زمانبندی میکروکنترلر آورده شده است که توانایی این را دارد مفاهیم را راحت تر از روی آن شرح داد. کریستال‌های مورد استفاده در میکروکنترلر به دو دسته بندی کلی کریستال‌های داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند. به منظور استفاده از کریستال‌های خارجی، ابتدا می‌بایست پین‌های مربوط به ورودی و خروجی کریستال میکروکنترلر را پیدا کرده و همچنین دو خازن برای پایداری کریستال از گره‌ها به زمین اضافه شود. می‌توان فرکانس بخش‌های مختلف را با مقسم‌ها^{۱۹} تغییر داده و فرکانس مد نظر را ساخت. همچنین واحد PLL این توانایی را دارد که فرکانس ورودی را تا حد مجازی افزایش دهد. باید توجه داشت افزایش فرکانس بیش از مقدار تعیین شده، در برگه دیتای میکروکنترلر ممکن است عملکرد کلی میکروکنترلر را با اختلال همراه کند.

با کمی دقت بیشتر نسبت به شکل ۳ متوجه می‌شویم این بلوک‌ها، توسط خطوط ارتباطی که دارای پیکان هستند به یکدیگر متصل شده‌اند. این خطوط باس (Bus) نام داشته و توسط واحد Bus Matrix کنترل می‌شوند. خطوط باس به دو خط انتقال APB و AHB تقسیم بندی می‌شوند.

APB^۹

از این خط به منظور اتصال واحد‌های جانبی نظیر ADC، UART/USRAT، SPI و... استفاده می‌شود. دلیل این امر این است که فرکانس کارکرد واحدهای جانبی مانند ADC، SPI و غیره بسیار پایین تر از سرعت کاری خود میکروکنترلر است. تفاوت سرعت‌های کاری باعث اختلال و کاهش سرعت پردازش میکروکنترلر می‌شود، پس با ایجاد این خطوط واحد‌های جانبی با سرعت پردازشی کمتر می‌توانند با واحدهای پردازشی با سرعت بالاتر بدون لطمه زدن به فرایند و پردازش کلی ارتباط برقرار کنند.

AHB^{۱۰}

از این خط ارتباطی به منظور اتصال واحد‌های که با فرکانس کاری و سرعت بالا باید با یک دیگر در ارتباط باشند، استفاده می‌شوند؛ مانند: اتصال خود هسته پردازنده ARM با واحد‌های حافظه و یا USB و دوربین برای کاربرد‌های پردازش تصویر و... .

حال پس از آشنایی کلی با خطوط باس، خطوط انتقال اصلی که از هسته پردازنده خارج شده‌اند را بررسی می‌نماییم. همانطور که در تصویر در کنار بلوک هسته ARM مشخص است ۳ خطی اصلی:

^{۱۱}S Bus؛ باس سیستم

^{۱۲}D Bus؛ باس دیتا

^{۱۳}I Bus؛ باس دستورات

از این بلوک خارج شده‌اند.

برای توصیف این خطوط می‌توان گفت داده در میکروکنترلرها از دو بخش کلی تشکیل شده است. داده، اطلاعات و همچنین دستورات که برای پردازش بر روی اطلاعات است، را در بر می‌گیرد. به طور عمومی اطلاعات (دیتا) از طریق خطوط D Bus به حافظه SARM (حافظه SRAM یک حافظه غیر فرار است که برای انتقال داده با

^{۱۴}High Speed External Clock ^{۱۵}High Speed Internal Cloak ^{۱۶}Low Speed External Clock ^{۱۷}Low Speed Internal Clock

^{۱۸}Phase Loop Locked ^{۱۹}prescalers ^{۲۰}General Popups Input/Output

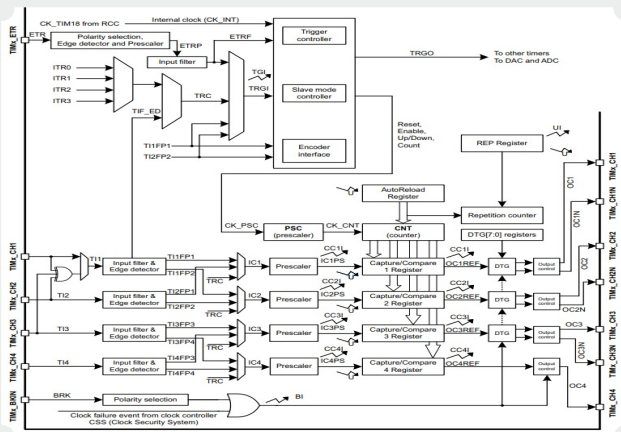
از نوشتن منطق بر روی این خطوط به منظور فعال یا غیر فعال کردن یا فهماندن ارسال دستور یا داده در ماژول های مختلف مانند LCD ها استفاده می شود. همچنین استفاده از وقفه خارجی مانند فشردن دکمه ها نیز کاربرد فراوانی دارند.

Timers

تایمر ها در واقع شمارنده هایی هستند که با توجه به تنظیمات صورت گرفته می توانند به صورت صعودی یا نزولی شمارش تا یک عدد خاص را انجام دهند. تایمرها به چند دسته مختلف تقسیم می شوند. ما به بررسی تایمر معمولی به منظور آشنایی کلی با واحد تایمر می پردازیم. تایمرها می توانند از فرکانس مرکزی میکروکنترلر استفاده کرده و با رجیسترهای:

Prescaler مقسم فرکانس

ARR: Auto Reload Register بارگذاری مجدد تنظیم کرد. مقسم فرکانسی تنها فرکانس مرکزی میکروکنترلر را به عدد دلخواه ما نزدیک می کند. می توان مقدار مقسم را با یک رجیستر ۱۵ بیتی تنظیم کرد، با این انتخاب ما توانایی انتخاب عددی بین ۰ و ۲^{۱۵} را خواهیم داشت. پس از تنظیم مقسم می توان با ARR بارگذاری مجدد را تنظیم کرد.

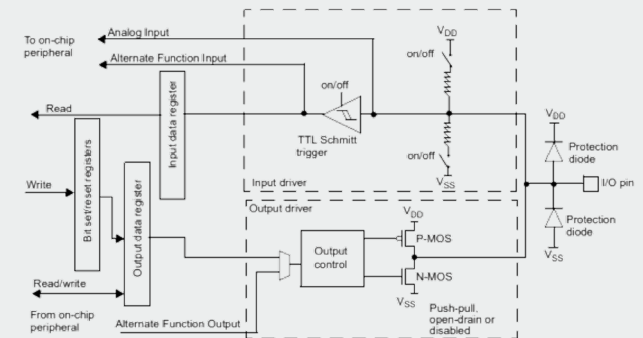


شکل ۶ - بلوک دیاگرام تایمر در میکروکنترلر STM32F407VGT

این رجیستر ۱۵ بیتی را نیز همچنین می توان با عدد دلخواه تنظیم کرد. در نهایت برای بدست آوردن فرکانس دلخواه از فرمول زیر استفاده می شود. جمع کردن این دو رجیستر با عدد ۱ برای این است که قرار گیری عدد ۰ در این رجیسترها فرکانس نامشخصی تولید نکند.

خصوصیاتی که بیان شد به طور کلی برای همه میکروکنترلر ها از خانواده و سازندگان مختلف مشترک هستند. همچنین واحدهای جانبی نظیر GPIOs و ADC و DAC و واحدهای ارتباطی نظیر SPI و UART/USART در بخش های بعدی تشریح خواهند شد. همچنین خالی از لطف نیست اگر خصوصیات میکروکنترلر (STM32F407VGT) را با توجه به واحد های مختلف آن بیان کنیم. این میکروکنترلر دارای دو باس APB یکی با سرعت ۴۸ MHz و دیگری با سرعت ۸۴ MHz می باشد. همچنین به یک باس AHB اصلی با سرعت ۱۶۸ MHz مجهز شده است. در بخش حافظه نیز این میکروکنترلر به ۱ مگابایت حافظه FLASH و 196 کیلوبایت حافظه SRAM مجهز شده است. همچنین مقدار کریستال های داخلی و خارجی آن در شکل ۴ درخت زمانبندی آن قابل مشاهده است.

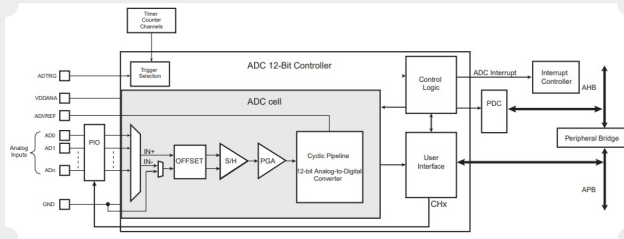
GPIOs^{۲۰}



شکل ۵ - دیاگرام خطوط GPIO

همه امکانات جانبی میکروکنترلرها بر روی خطوط ورودی و خروجی قرار گرفته اند. در واقع می توان امکاناتی را که بر روی خطوط خاص تعریف شده اند را فعال نمود و از آن ها بهره برد. اما در حالت کلی این خطوط بدون فعال سازی امکانات جانبی بر روی آن ها نیز توانایی های مختلفی دارد. به طور کلی این خطوط توانایی استفاده در حالت وقفه و نوشتن منطق ۱ یا ۰ را بر روی خود دارند. در بلوک دیاگرام کلی (شکل ۵) این خطوط مجهز به حالت های pull up و pull down هستند. حالت pull up به منظور اتصال خط به منبع (source) برای عبور جریان استفاده می شود و حالت pull down به منظور جریان کشی و sink کردن ورودی به کار برده می شود. اگر از این خطوط به عنوان یک خروجی (output) استفاده شود می توان از حالت های push pull و open drain بهره برد.

^{۲۱}Analog to Digital Converter ^{۲۲}Digital to Analog Converter ^{۲۳}Universal Asynchronous / synchronous Receive Transmit



شکل ۷ - بلوک دیاگرام ADC

همانطور که مشخص است ADC برای نمونه برداری از سیگنال ورودی نیازمند یک پالس کلاک برای انجام زمان بندی نمونه برداری است. این مهم می‌تواند به دو صورت داخلی و از طریق فرکانس اصلی میکروکنترلر تولید و استفاده بشود یا می‌توان این پالس را به صورت تریگر از پایه های میکروکنترلر به صورت ورودی و از یک منبع کلاک خارجی استفاده کرد. ADC دارای دو حالت ورودی تک سر با ورودی کاملاً دیفرانسیلی است و می‌تواند مقدار بهره ورودی دیفرانسیلی تنظیم کرد.

در صورت نیاز به فیلتر کردن نویز بروی پایه ADC یک خازن ایزولاتور خارجی برای فیلتر کردن نویز مورد نیاز است.

DAC^{۲۲}

DAC یک مبدل دیجیتال به آنالوگ خروجی ۱۲ بیتی است که همچنین می‌توان در حالت ۸ یا ۱۲ بیتی پیکربندی شده و ممکن است همراه با کنترلر DMA استفاده شود که در حالت ۱۲ بیتی، داده ها می‌توانند به چپ یا راست تراز شوند. یک ولتاژ مرجع ورودی، VDDA به اشتراک گذاشته شده با ADC، در دسترس است. خروجی می‌تواند به صورت اختیاری برای جریان بالاتر بافر شود.

در این بخش نظر خود را معطوف به امکانات ارتباطاتی سریال بین میکرو کنترلر های مختلف می‌کنیم. در میکروکنترلر ها امکانات متعددی برای برقراری ارتباط با دستگاه های مختلف گردآوری شده است، که هر یک بر حسب امکانات و ساختار خود کاربرد خاص خود را دارد. در این بخش به بررسی مختصر رابط های UART/USART، SPI، می‌پردازیم.

$$\frac{F_{cl}}{(Prescaler + 1) \times (ARR + 1)} = F_{timer}$$

تایمرها قابلیت دریافت پالس ساعت را در حالت Input Capture داشته و می‌توانند برحسب سیگنال ورودی وقفه ایجاد نمایند. یکی از کاربردهای مهم تایمرها ایجاد وقفه ها است، چرا که می‌توان با ایجاد وقفه‌ها در بازه های زمانی دلخواه مانع از استفاده دستورات تاخیر (Delay) که عملکرد کلی میکروکنترلر را دربر می‌گیرد شد و دستورات و توابع را با زمانبندی دلخواه اجرا کرد. از ویژگی های خاص تایمرها که به آن نمی‌پردازیم ساخت پالس‌های PWM عرض مدولاسیون پالس می‌باشد. در یک توصیف مختصر در این حالت تایمر یک پالس با DUTY CYCLE دلخواه ایجاد می‌کند که امکان خروجی گرفتن از آن توسط پین‌های میکروکنترلر برای کاربردهای کنترل موتور و غیره استفاده می‌شود.

ADC^{۲۱}

ADC یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۲ بیتی (ADC) است؛ بدین معنی که سطوح ولتاژ ورودی می‌تواند به سطح تقسیم بندی شده و در هر مرحله مقدار واقعی را از رابطه زیر بدست آورد.

$$V_{out} = \frac{2^{12} \times V_{in}}{V_{ref}}$$

سطوح تبدیل ها می‌تواند از سطح ولتاژ مرجع داخلی به ADVREF که یکی از پین‌های تعریف شده میکرو کنترلر می‌باشد تغییر یابد. همچنین میکرو کنترلر های ARM از ADC های با رزولوشن ۱۰ بیتی نیز پشتیبانی می‌کنند، که در صورت استفاده می‌توان تنها در فرمول مربوطه رقم ۱۲ را به رقم ۱۰ تغییر داد.

مدار مقایسه امکان تشخیص خودکار مقادیر زیر یک سطح، بالاتر از یک سطح، در یک محدوده داده شده یا خارج از محدوده را می‌دهد. همچنین سطوح و محدوده ها کاملاً قابل تنظیم هستند.

^{۲۴}Interrupt

^{۲۵}Transmit Data

^{۲۶}Receive Data

^{۲۷}Clock

^{۲۸}Serial Peripheral Interface

^{۲۹}Master In/Slave Out

UART/USART^{۲۳}

فرستنده گیرنده سنکرون یا غیر سنکرون (UART/USART) راه انعطاف پذیری برای تبادل داده دوطرفه کامل با تجهیزات خارجی ارائه می دهد که به فرمت داده سریال غیر سنکرون استاندارد NRZ نیاز دارد. USART می تواند با استفاده از یک مولد باد ریت قابل برنامه ریزی با طیف بسیار وسیعی از نرخ های باد ریت کار کند. ارتباط داده با سرعت بالا با استفاده از DMA (دسترسی مستقیم به حافظه) برای پیکربندی چند بافر امکان پذیر است. همچنین، UART را می توان با وقفه^{۲۴} استفاده کرد.

شکل ۸ - ارتباط UART/USART در میکرو کنترلر stm32f072

(تصویر مربوطه در انتهای مقاله آورده شده است)

همانطور که در شکل قابل مشاهده است ارتباط UART/USART از سه بخش اصلی سازماندهی کلاک، بخش فرستنده و بخش گیرنده تشکیل شده است. TX^{۲۵}؛ فرستنده مسئولیت ارسال داده ها را بر عهده دارد. RX^{۲۶}؛ گیرنده مسئولیت دریافت داده ها را دارد. CK^{۲۷}؛ واحد ساعت مسئولیت ساخت پالس ساعت برای ارتباط سنکرون را دارد.

شرح عملکرد کلی UART بدین شکل است که یک پین RX مسئولیت دریافت داده و پین دیگری TX مسئولیت ارسال داده را برعهده می گیرد. از آنجا که ارتباط UART یک ارتباط غیر همزمان است پس نیازی به پالس ساعت برای دریافت و ارسال ندارد. به منظور استفاده از USART با منبه کلاک را تعریف کرده و خط جداگانه ای برای این حالت ارتباطی در نظر بگیریم. ارتباط سریال ویژگی های بسیار زیادی دارد که با توجه به شمای درخت عملکردی آن که در شکل 7 آورده شده است می توان با استفاده از رجیستر های کنترلی شماره ۱ و ۲ تنظیمات در ارتباط سریال سنکرون و آسنکرون را اعمال کرد. پس از اعمال تنظیمات مربوطه و ساخت ساختار مد نظر برای ارسال و دریافت داده که به طور مختصر در بخش ویژگی ها توصیف شده اند دیتای مورد نظر از خطوط APB در شیفت رجیستر ارسال دیتا قرار گرفته و پس از آن در رجیستر دیتا ورودی به منظور ارسال قرار می گیرد. پس از قرار گیری دیتا در رجیستر داده ارسالی، ارسال با نرخ

باد ریت مد نظر آغاز می شود. از سوی دیگر نیز همین اتفاق برای دریافت یک داده دقیقاً تکرار شده و مراحل یکی پس از دیگری انجام می پذیرند.

باد ریت (Baud rate) چیست: باد ریت به نرخ ارسال بیت داده ها بر واحد زمان گفته می شود. یکی از پر استفاده ترین نرخ های باد ریت، نرخ ۹۶۰۰ است.

اگر بخواهیم برخی از ویژگی های ارتباط سریال را نام ببریم می توانیم به موارد زیر اشاره کنیم:

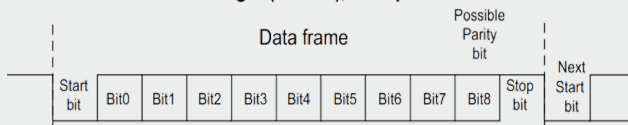
۱- انتخاب داده بسته می تواند ۸، ۷ و ۹ بیتی صورت بگیرد.

۲- ارتباط می تواند دو یا یک طرفه باشد.

۳- می توان بیت شروع داده را از میان ۲ یا ۱ بیت آغاز و همچنین بیت پایان را از میان ۱ یا ۲ بیت پایان انتخاب کرد.

۴- می توان طیف گسترده ای از باد ریت های مختلف را به منظور استفاده در رجیسترهای کنترلی ست کرد.

9-bit word length (M = 01), 1 Stop bit



شکل ۹ - نمای کلی یک بسته حاوی داده ۹ بیتی در ارتباط غیر سنکرون

SPI^{۲۸}

مدار رابط محیطی سریال (SPI) یک لینک کننده داده سریال همزمان است که ارتباط با دستگاه های خارجی در حالت Master یا Slave را فراهم می کند. رابط سریال اساساً یک شیفت رجیستر است که بیت های داده را به صورت سریال یعنی بیت به بیت و پشت سر هم به SPI های دیگر ارسال می کند. در هنگام ارسال داده، یک سیستم که می تواند میکرو کنترلر مد نظر ما یا هر دستگاهی که توانایی انتقال داده در حالت master را داشته باشد، SPI به عنوان master عمل کرده و جریان داده را کنترل می کند، در حالی که در دستگاه های دیگر که به عنوان slave هستند، داده ها توسط master به داخل و خارج منتقل می شوند (شیفت پیدا می کنند). میکرو کنترلر ها مختلف می توانند به ترتیب master باشند و این یعنی در ارتباط SPI یک ارتباط چند حالته است بدین منظور که می توان خطوط باسی را در نظر

^{۲۳}Serial Peripheral Interface ^{۲۴}Serial Clock ^{۲۵}Slave Pin select

slave نیز داده ها را دریافت کرد.
Half Duplex Communication:
ارتباط یک طرفه در زمانی برقرار می‌شود که تنها master دیتا را فرستاده و از سمت دیگر دیتای ارسال نخواهد شد.
در پایان هدف این نوشتار ایجاد یک آشنایی کلی نسبت به سخت افزار و امکانات جانبی میکروکنترلرهای ۳۲ بیتی برای مهندسان و دانشجویان گرامی بوده است. بخش مهم‌تر دسترسی و استفاده بهینه از این امکانات است که توسط محیط های برنامه نویسی IDE صورت می‌گیرد، که پرداختن به آن از حدود این شماره از مجله خارج می‌باشد. در پایان امیدوارم از خواندن این نوشته لذت برده باشید.

فهرست منابع:

دکتر سهیلا غروی ، درس معماری ریز پردازنده ها

خوش باطن،محمد :>مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM به زبان C سری LPC17XX ویراست دوم< . انتشارات نیاز دانش:۱۳۹۵

ره افروز،امیر :> میکرو کنترلر هایAVR و کاربرد های ان ها < . انتشارات نص:1394

Udemy - Mastering Microcontroller and Embedded Driver Development 2022-10

STM32F405xx STM32F407xx DATA SHEET / reference manual

STM32F072TBT6 data sheet / reference manual

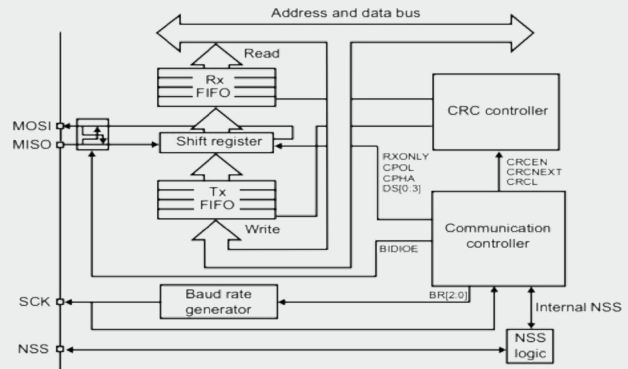
ST Presentation Documents

Atmel sam3x8e data sheet

www.Arduino.cc

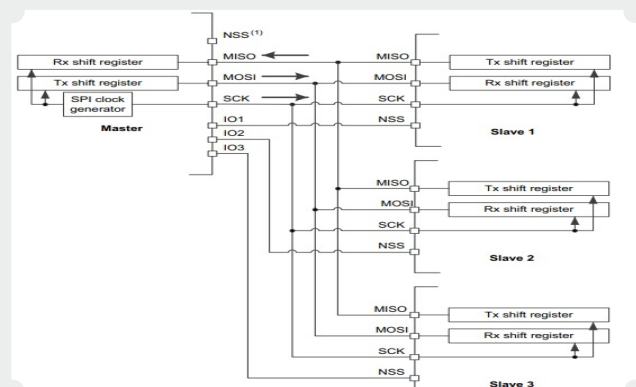
www.wiki.st.com

گرفت که دستگاه های master و slave متعدد با یکدیگر در ارتباط هستند. با این حال، تنها برای یک slave این امکان وجود دارد که خروجی را شیفت بدهد تا در هر زمان داده ها را به Master برساند.



شکل ۱۰ - شماتیک ارتباط سریال

بین های مورده استفاده در ارتباط سریال:
MISO^{۳۹}: از این پین برای انتقال داده از سمت master به سمت slave استفاده می‌شود.
MOSI^{۳۰}: از این پین برای انتقال داده از سمت slave به سمت master استفاده می‌شود.
SCK^{۳۱}: این پین خروجی ساعت از ارتباط سریال است که همواره از طرف master تولید می‌شود.
NSS^{۳۲}: از این پین برای انتخاب slave مورد نظر استفاده می‌شود.



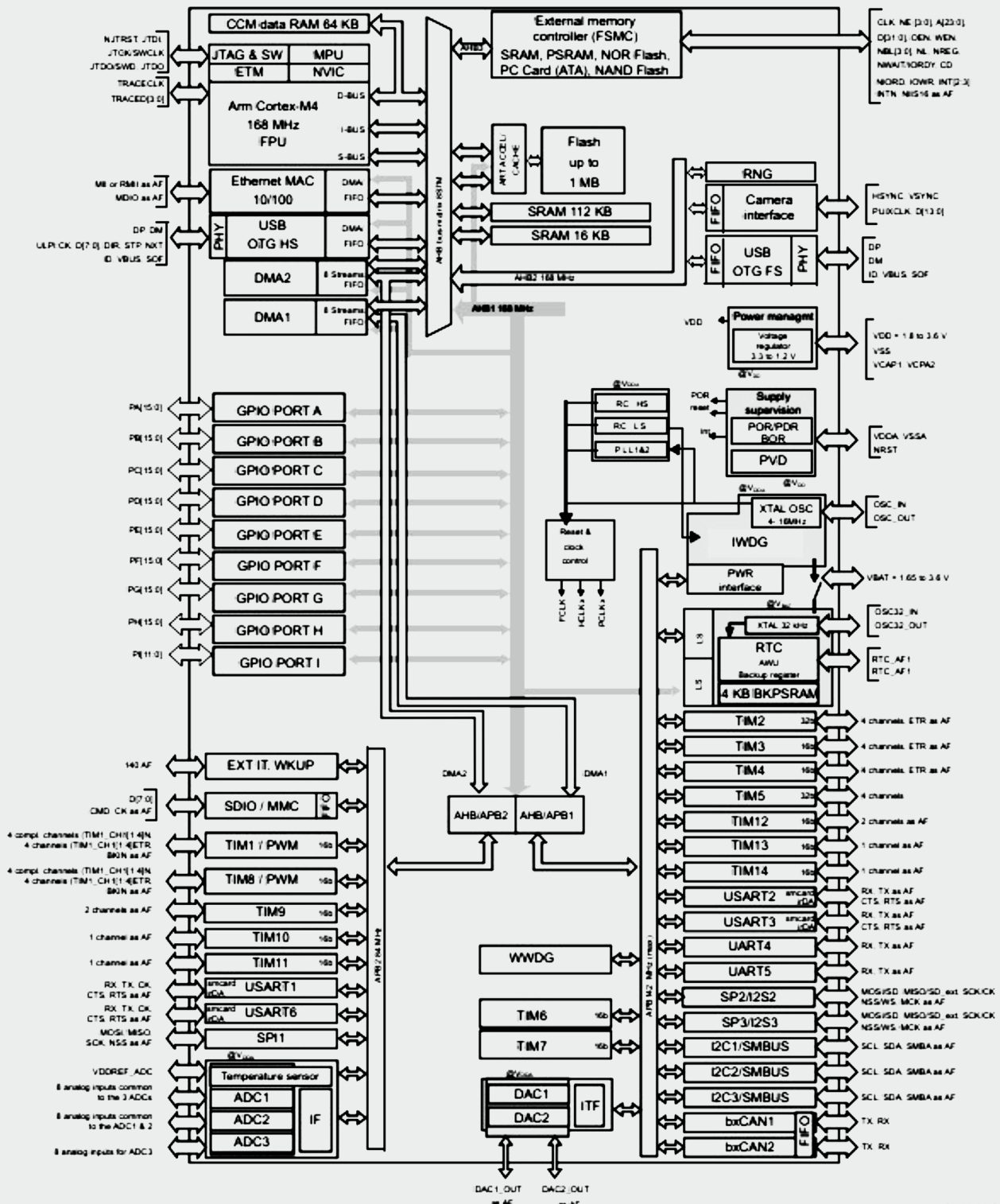
شکل شماره ۱۱ - ارتباط سریال چند slave

ارتباط SPI می‌تواند حالات مختلفی داشته باشد که به صورت زیر هستند:

Full Duplex Communication:

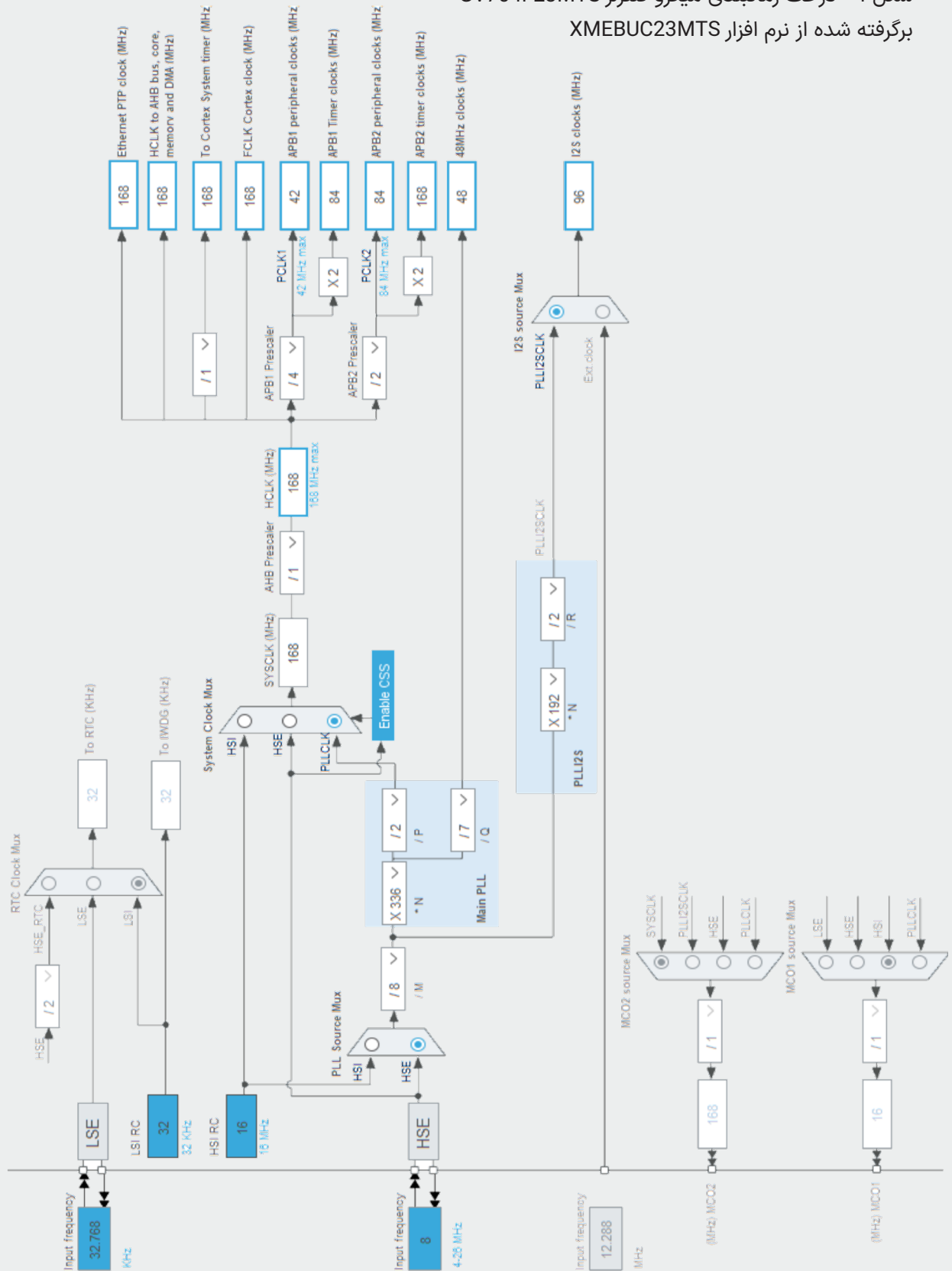
ارتباط دو طرفه بین یک master و slave می‌باشد، یعنی پس از ارسال دیتا از طرف master می‌توان در یک سیکل نوشته شدن داده در شیفت رجیستر مشترک از طرف

شکل ۳ - بلوک کلی میکرو کنترلر STM32F407VG

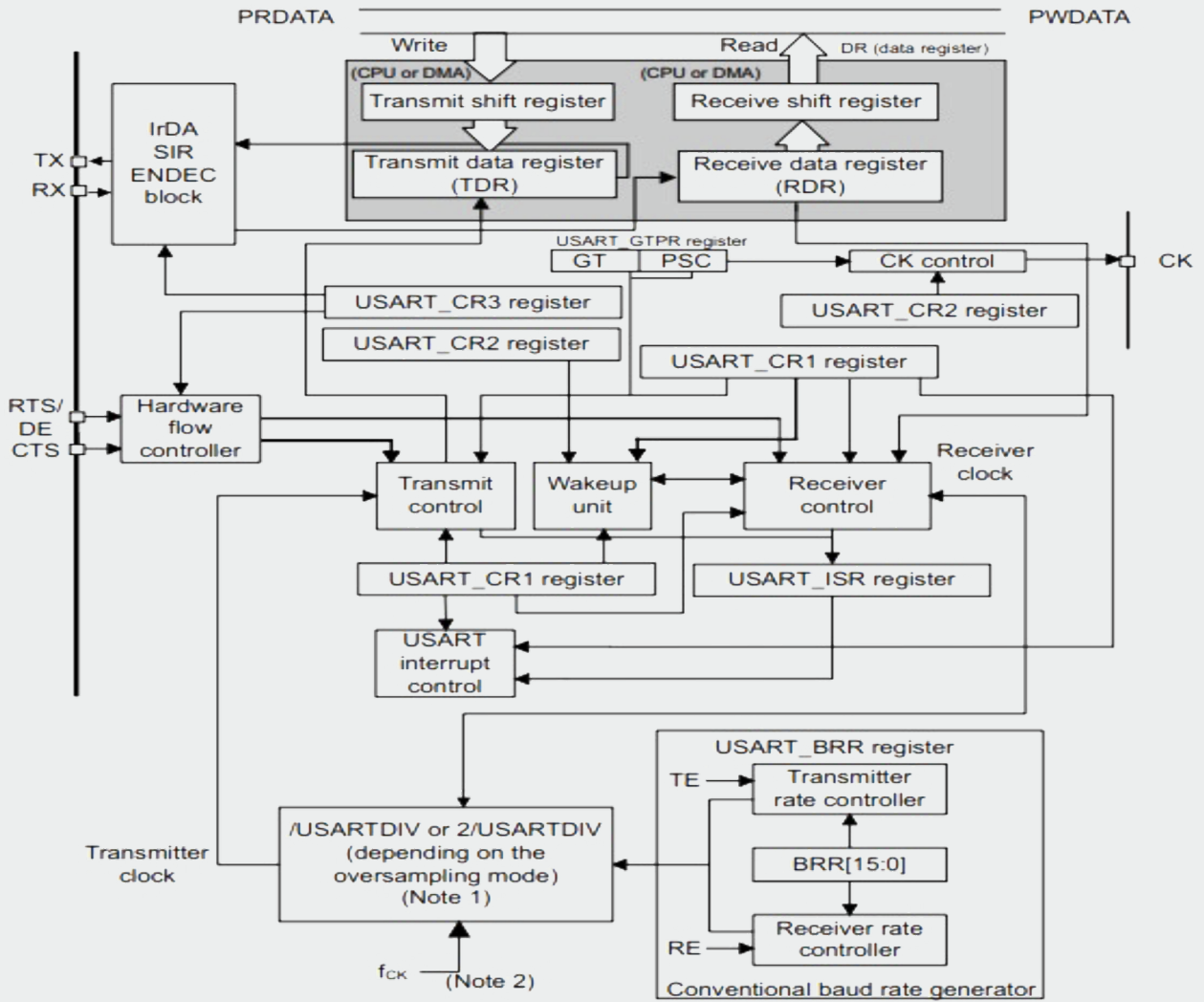


MS19920V4

شکل 4 - درخت زمانبندی میکرو کنترلر GV704F23MTS
برگرفته شده از نرم افزار XMEBUC23MTS



شکل ۸ - ارتباط UART/USART در میکرو کنترلر stm32f072





کامپیوترهای کوانتومی

◀ نویسنده: مهدی مرتضوی

انگیزه‌ها طوری طراحی و برنامه ریزی شده بود که هر روز یک دستورالعمل جدید برای رمزنگاری پیام‌ها، دریافت می‌کرد و پیام‌های هر روز مطابق با آن دستورالعمل رمزنگاری می‌شدند. در هر روز ۱۵۹ میلیون حالت وجود داشت که اگر ۱۰ نفر به مدت هفت روز و بیست و چهار ساعته مشغول بررسی حالات بودند و بررسی هر حالت فقط ۱ دقیقه زمان می‌برد، بیست میلیون سال وقت لازم بود تا رمز شکسته شود. به همین دلیل کشور انگلستان به کمک محققان خود ابزاری را برای پردازش سریع‌تر این حالات توسعه داد که موفق به شکستن کدهای انگیزه‌ها شد، آن وسیله نمونه‌ای از کامپیوترهای اولیه بود. در علوم مهندسی، به منظور کاهش هزینه‌های ساخت، افزایش دقت و کارایی ابزار مختلف، از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری استفاده می‌شود. این شبیه‌سازی‌ها با توابع و الگوریتم‌های محاسباتی و ریاضیاتی پیچیده میسر می‌شوند. این الگوریتم‌ها، متعاقباً احتمالات و پردازش بیشتری دارند که ممکن است روزی ابرکامپیوترهای کلاسیک نیز نتوانند پردازش‌ها را با همین سرعت انجام دهند. همین امر موجب شده است که توسعه‌ی سخت افزار کامپیوترهای کلاسیک و نسل جدید کامپیوترها یا همان کامپیوترهای کوانتومی، مورد مطالعه و توسعه قرار بگیرد.

قیاس کامپیوترهای کلاسیک و کوانتومی

مروری بر چگونگی کار کامپیوترها و دلیل استفاده از کامپیوتر کوانتومی

کامپیوترها، ابزارهای الکترونیکی هستند که ما از آن‌ها برای حل مسائل پیچیده، شبیه‌سازی‌ها، مطالعه و بررسی داده‌های مختلف استفاده می‌کنیم، اما کامپیوتر چگونه کار می‌کند؟

کامپیوترها و در کل تمام تجهیزات الکترونیکی که با دریافت و پردازش برخی اطلاعات، نتایج و اطلاعات جدیدی که دلخواه توسعه دهندگان و کاربران نرم افزارها باشد و تمام اطلاعات ممکن ورودی و خروجی را به کدهای متشکل از صفر و یک که به سیستم باینری

برای نگارش و انتقال مطلب به شکل ساده، تلاش شده پیوست‌هایی در پایان متن آماده شود؛ توصیه می‌شود از صفحات پیوست برای درک بهتر مفاهیم استفاده کنید.

پیشگفتار

امروزه با توسعه وسیع اطلاعات، نیاز به پردازنده‌های پیشرفته با سرعت و دقت بالا که بتوانند حجم وسیعی از اطلاعات را مورد مطالعه و بررسی قرار دهند، بیشتر و بیشتر می‌شود.

شبیه‌سازی‌ها در علوم مختلف مانع از در هدررفت زمان و انرژی در فرایند ساخت می‌شوند و با استفاده از پردازش اطلاعات مختلف می‌توان فرایندهای ساخت را بهینه و محصولاتی با کیفیت و کارایی بیشتر تولید کرد. روند توسعه‌ی دانش و فناوری به اطلاعات و پردازنده‌های آن گره خورده که در این مقاله، با مهم‌ترین چالش‌ها در مسیر توسعه این پردازنده‌ها از جمله ورود به دنیای قوانین فیزیک کوانتوم و لزوم شناخت و مهار ویژگی‌های کوانتومی با ساخت تجهیزات مناسب آشنا می‌شویم.

یکی از پاسخ‌های احتمالی به چالش یاد شده ساخت کامپیوترهای کوانتومی است که با استفاده از قوانین کوانتومی مانند برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی، نسل جدیدی از پردازنده‌ها را نوید می‌دهند که برعکس کامپیوتر و پردازنده‌های کلاسیک در ابری از احتمال حالات قرار دارند و می‌توانند اطلاعات را به شکل موازی پردازش کنند که این امر موجب برتری در سرعت اجرای این پردازنده‌ها نسبت به پردازنده‌های کلاسیک می‌شود.

امروزه مسائل و شبیه‌سازی‌ها با توجه به تعدد اطلاعات و احتمالات ممکن‌الوقوع زمان بسیار زیادی را به خود اختصاص می‌دهند که انجام آنها برای انسان‌ها غیر ممکن است.

برای مثال، می‌توان به ماشین انگیزه^۱ که یک ماشین رمزنگاری است اشاره کرد که در جریان جنگ جهانی دوم توسط نیروی‌های نازی، مورد استفاده قرار می‌گرفت.

^۱Enigma

تفاوت واحد پردازش اطلاعات بیت و کیوبیت

بیت‌ها کوچکترین واحد پردازش اطلاعات در کامپیوترهای کلاسیک هستند که هر بیت فقط می‌تواند یک عدد صفر یا یک را شامل شود که این صفر و یک را می‌توان با دو سطح مختلف ولتاژ یا خاموش و روشن شدن یک پالس لیزری قرارداد کرد.

در کامپیوترهای کوانتومی کوچک ترین واحد پردازش اطلاعات یک کیوبیت می‌باشد که می‌تواند در آن واحد، هر دو مقدار صفر و یک را داشته باشد؛ یعنی در حالت برهم نهی از حالت های پایه صفر و یک قرار داشته باشد. درهم‌تنیدگی کوانتومی بیان می‌دارد که اگر یک سیستم کوانتومی در زیرحالاتی هم بسته توزیع شود تا قبل از اندازه گیری نمی توان بیان کرد که سیستم با چه احتمالی در کدام یک از حالات قرار دارد.

جهت تعریف صفر و یک برای یک کیوبیت می‌توان از هر سیستم دو حالتی ریز مقیاس فیزیکی، مثل چرخش به بالا و پایین در یک الکترون یا قطبش عمودی و افقی یک فوتون که بتوان به روی آن خاصیت درهم‌تنیدگی کوانتومی نیز ایجاد کرد، استفاده کرد که هر یک از این حالات و قرارداد های آنها نوع خاصی از انواع کامپیوتر های کوانتومی و تجهیزاتی را شامل می‌شود که در ادامه به معرفی کیوبیت‌های ذیل می‌پردازیم:

- فراسانا^۲

- فوتونیک^۳

- تله یونی^۴

در مقیاس کوانتوم، تجهیزات، نوبزپذیری بسیار بالایی دارند که با افزایش تعداد کیوبیت‌ها، طراحی و اجرای پروتکل های خطاگیر، شکل ساخت کیوبیت‌ها، ماهیت مسائل و الگوریتم هایی که برای پردازش تعریف می شوند، می توان میزان این خطاها را به شکل چشم گیری کاهش داد.

انواع کامپیوترهای کوانتومی: فراسانا

در این حالت از کیوبیت ها، مداری از یک ابررسانا که مقاومت بسیار کمی در برابر حرکت الکترون ها دارد، به شکل حلقه ای مفروض می‌شود که این حلقه یکپارچه نیست و دارای دو شکاف کوچک به موازات هم است که الکترون ها با تونل زنی کوانتومی می‌توانند از قسمتی به قسمت دیگر این مدار ناپیوسته بروند - تونل جوزفسون - و با این جابه‌جایی می‌توان جهت جریان یا جهت

معروف است تولید و تبدیل می کنند.

برای پردازش های محاسباتی و منطقی در سیستم باینری از ترکیب مدار های منطقی استفاده می‌شود. مدار های منطقی در کامپیوتر های نسل اول با رله و لامپ های خلاء ساخته می‌شدند که علی‌رغم پیشرفته بودن در زمان خود، دارای معایبی نظیر فضای اشغالی بسیار زیاد، سرعت کم و ناتوانی در پردازش محاسبات پیچیده و هزینه‌ی بسیار به دلیل سوختن لامپ های خلاء و لزوم تعویض مداوم آنها بودند که دانشمندان را به توسعه‌ی کامپیوتر ها واداشت که با شناختن ویژگی‌های مواد نیمه رسانا و ساختن ترانزیستور^۱ ها این هدف حاصل شد. افزایش تعداد ترانزیستورها و کوچک کردن ابعاد آنها و در نتیجه فراهم شدن مدارهای منطقی متعدد که ترکیب های متفاوت آنها امکان پردازش های محاسباتی و منطقی بیشتری را برای توابع پیچیده تر از پروژه های فضایی تا ساختن ترکیب های شیمیایی و... را برای ما فراهم کرد. امروزه چیپ ها با لیتوگرافی کمتر از ۵ نانومتر ساخته می‌شوند.

اما این فرایند در این نقطه دچار مشکلی می‌شود که به دلیل غالب شدن مباحث فیزیک کوانتوم به تجهیزاتی که با پیروی از قوانین فیزیک کلاسیک طراحی شده اند، به وجود می‌آید. وقتی مقیاس تجهیزات به کوچک تر از ده نانومتر می رسد، پدیده ای موسوم به تونل زنی کوانتومی در الکترون هایی که در ترانزیستورهای پردازنده‌ی کامپیوتر قرار دارند اتفاق می‌افتد و الکترون ها می‌توانند از یک سد انرژی گذشته به ترانزیستور دیگری بروند و در نتیجه مدار های منطقی که سازنده مدارهای پردازشی برای توابعی است که ما تعریف کردیم، دچار مشکل می شوند و نتایج حاصل اشتباه خواهند شد.

اهمیت شبیه سازی ها در فرایندهای تولید در صنایع مختلف و پیچیدگی های محاسباتی بیشتر در عصر کنونی - که به عصر اطلاعات معروف است - ما را بر آن می دارد که کامپیوتر های پیشرفته تر با قابلیت های پردازشی بیشتر بسازیم که چالش یادشده در ساخت تجهیزات سازنده این کامپیوترها مانع این امر شده و اکنون دانشمندان راه حل های مختلفی را برای این مسئله را امتحان می‌کنند و توسعه می‌دهند که یکی از آنها ساختن کامپیوترهایی با تجهیزاتی است که با قوانین فیزیک کوانتوم سازگار باشند که به این کامپیوترها، کامپیوتر های کوانتومی می‌گوییم.

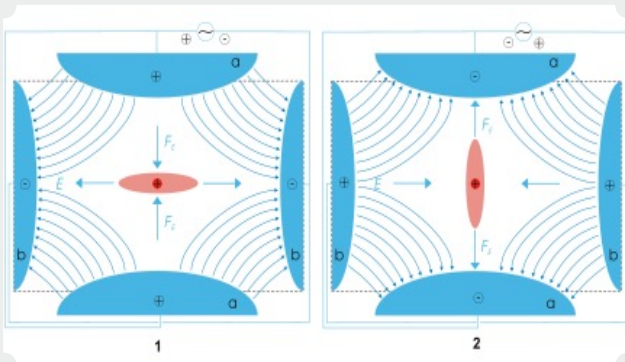
^۱Superconducting qubit ^۲Photonic qubit ^۳Ion trap qubit



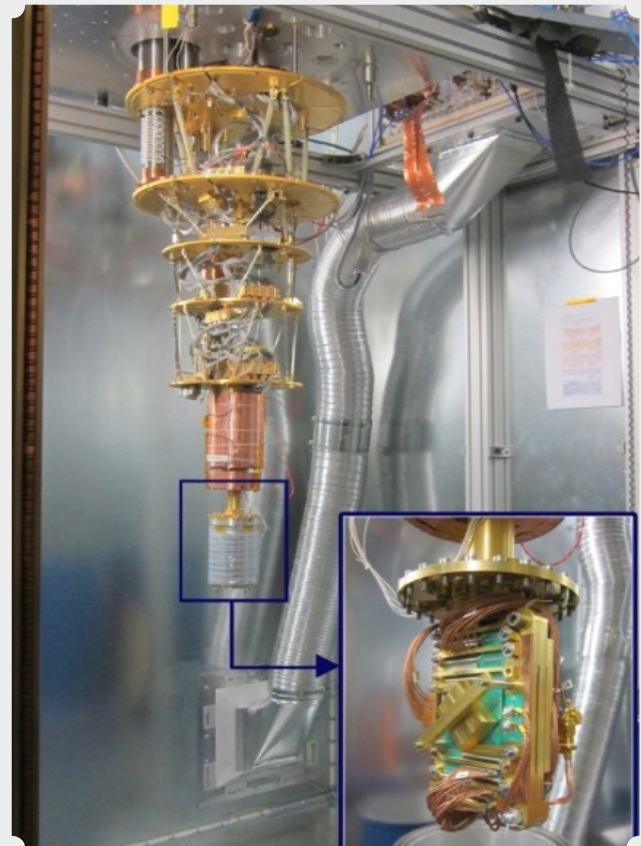
گشتاور مغناطیسی را به شکل صفر و یک قرارداد کرد که مدار ذکر شده به صورت کلی، در برهم نهی مابین این صفر و یک قرار دارد. لزوم ابرسانی مدار و نیاز به افزایش تعداد کیوبیت ها باعث می شود، تجهیزاتی خنک کننده با استفاده از هلیوم مایع در این کامپیوترها استفاده شود تا بتوان دمایی بسیار نزدیک به صفر مطلق را ایجاد کرد که این فرایند موجب افزایش حجم، اعمال محدودیت در افزایش کیوبیت ها و همچنین استفاده از این نوع کامپیوترها شود.

انواع کامپیوترهای کوانتومی: تله یونی

در این نوع از کیوبیت ها یک یون -معمولا با بار مثبت- را با استفاده از لیزرها، ابری از ذرات باردار و میدان های الکتریکی، در یک تله یونی قرار می دهند که در این حالت، یون در یک چاه پتانسیل قرار دارد و سطوح مختلف انرژی آن که قابل اندازه گیری نیز هست به عنوان صفر و یک های این کیوبیت تعریف می شود. این کیوبیت ها ماندگاری کوانتومی بالایی دارند و می توان با دقت بالایی خواص کوانتومی آنها را مورد مطالعه و بررسی قرار داد.



شکل ۲ - شماتیکی از یک تله یونی که به آن تله های پل نیز گفته می شود که یک یون با بار مثبت با میدان های الکتریکی ناشی از ذرات باردار به دام افتاده است.



شکل ۱ - نمونه کامپیوتر کوانتومی با کیوبیت های ابر رسانا

انواع کامپیوترهای کوانتومی: فوتونیک

این نوع از کیوبیت ها بر اساس تابش نور و امواج الکترومغناطیسی کار می کنند. صفر و یک این کیوبیت ها براساس قطبش فوتون ها تعریف می شود که با استفاده از مدار های نوری و آشکارساز های فوتودیود، حالت کیوبیت مشخص می شود.

برای کار با کیوبیت های فوتونی (نوری) از تراشه های اپتیکی که متشکل از دیود های نوری، آینه، شیشه نیمه فراتاب و دیگر عناصر نوری است؛ استفاده می شود که امکان تغییر در قطبش فوتون ها و انجام عملیات های

سخن پایانی

نیاز انسان ها به ساخت تجهیزاتی که بتواند محاسبات پیچیده و داده کاوی های پروژه محور را به منظور ارتقای فرایند های تولیدی و مطالعاتی داشته باشند با توسعه ی کامپیوترها در دست اجرا است. همانطور که پیش تر ذکر شد غالب شدن شرایط و قوانین فیزیک کوانتوم در مقیاس های بسیار کوچک بر ادوات کامپیوتر های کلاسیک، محققان را بر آن داشته که به دنبال راه حل هایی باشند که از طیف وسیعی از فعالیت ها در

گیت‌های منطقی Logic Gates

خروجی  ورودی

ورودی	خروجی
۱	۰
۰	۱

NOT

خروجی  ورودی ۱
ورودی ۲

ورودی ۲	ورودی ۱	خروجی
۰	۰	۰
۱	۰	۰
۰	۱	۰
۱	۱	۱

AND

خروجی  ورودی ۱
ورودی ۲

ورودی ۲	ورودی ۱	خروجی
۰	۰	۰
۱	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۱	۱

OR

خروجی  ورودی ۱
ورودی ۲

ورودی ۲	ورودی ۱	خروجی
۰	۰	۰
۱	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۱	۰

XOR

ترانزیستورها یکی از مهم ترین ادوات الکترونیکی هستند که بر اساس توسعه‌ی مواد نیمه رسانا ساخته شدند. سیلیسیم به عنوان یک نیمه رسانا در لایه ظرفیت خود چهار الکترون دارد و از کنار هم قرار گرفتن شان کریستال سیلیسیم به وجود می‌آید که در حالت عادی الکترون آزاد ندارد ولی با دادن انرژی لازم، الکترون ها می‌توانند از ساختار خود جدا شوند. سیلیسیم به تنهایی کاربردی در ادوات نیمه رسانا ندارد و در ترکیب با فسفر که پنج الکترون ظرفیت دارد و بور که سه الکترون ظرفیت دارد، موادی می‌سازد که الکترون های آزاد راحت تر در آن حرکت کنند که به ترتیب به هر کدام از ترکیب ها، آلیش N و P می‌گوییم.

حوزه ساخت قطعات کامپیوتر های کلاسیک، با ترکیب ها و مواد جدید تا توسعه‌ی کامپیوتر های کوانتومی را شامل می‌شود.

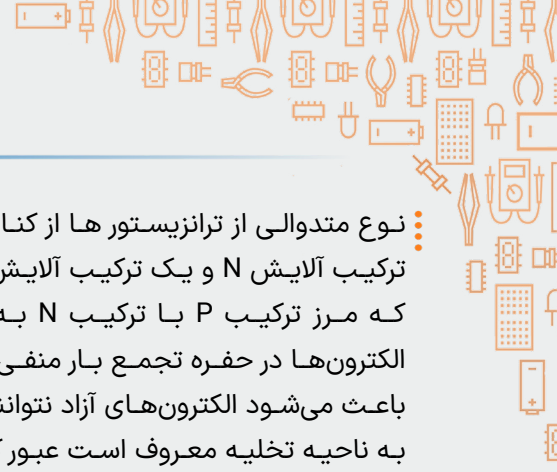
کامپیوتر های کوانتومی کنونی، نمونه هایی برای ارزیابی این پاسخ احتمالی به نیاز جوامع انسانی است که عملکرد های فنی و سازه‌ای آن در دست توسعه به روش های متفاوتی است که در گزارش بالا به اختصار سه مورد را معرفی کردیم.

توسعه روش ها و الگوریتم های اجرایی توسط این کامپیوترها، مزید بر توسعه‌ی فناوری های کوانتومی در ساخت ادوات، نیز از موضوعات مورد بحث است که برای اظهار کوانتومی باید مسائل و الگوریتم های بهینه‌ای پیدا کرد که اجرای آن در کامپیوتر های کلاسیک، زمان بسیار طولانی و ناممکنی را نیاز داشته باشد و با هیچ الگوریتمی نتوان این بازه زمانی را کاهش داد ولی کامپیوترهای کوانتومی بتوانند در زمان معقولی آن را اجرا کنند.

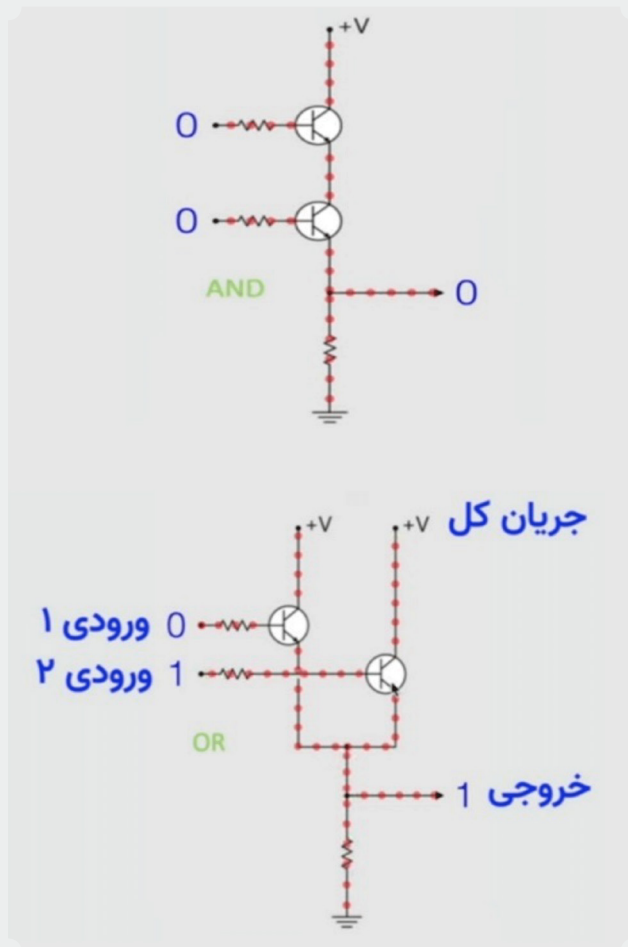
در موضوع کامپیوترهای کوانتومی علاوه بر افزایش تعداد کیوبیت ها، نوع کیوبیت و حجم کوانتومی نیز از صفات مهم در ارزیابی کامپیوتر های کوانتومی می‌باشد.

پیوست ها

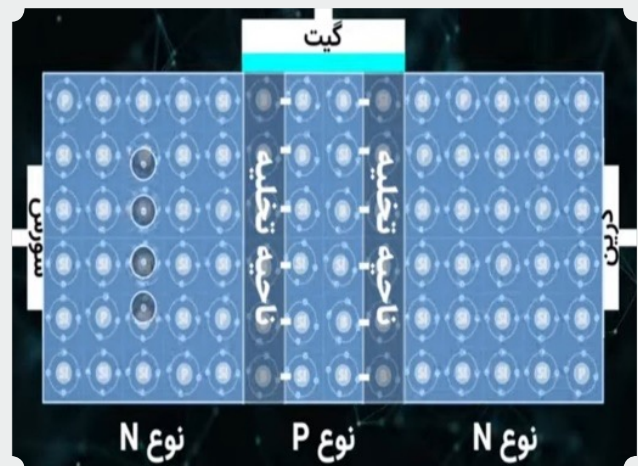
حروف الفبا، اعداد و برخی کاراکترها، سنگ بنایی برای تجزیه تمام منابع اطلاعات از تصاویر تا اصوات هستند که همین حروف و اعداد و کاراکترها را نیز می‌توان در سیستمی متشکل از دو عدد صفر و یک، کدگذاری و قرارداد کرد که از این سیستم می‌توان در هر مجموعه‌ی دو حالت استفاده کرد. مثلا با روشن و خاموش کردن یک چراغ می‌توان یک جمله را که به کد باینری شده مخابره کرد، به طوری که روشن بودن چراغ را عدد یک و خاموش بودنش را عدد صفر فرض کنیم (یا برعکس). نمونه‌ای از مدارهای منطقی و چگونگی ساز و کار آنها در پردازش اطلاعات ورودی و نمایش خروجی.



از ترانزیستور ها برای ساختن مدارهای منطقی و از ترکیب های مختلف مدارهای منطقی عملگرهای محاسباتی و مقایسه ای و منطقی ایجاد می شود.

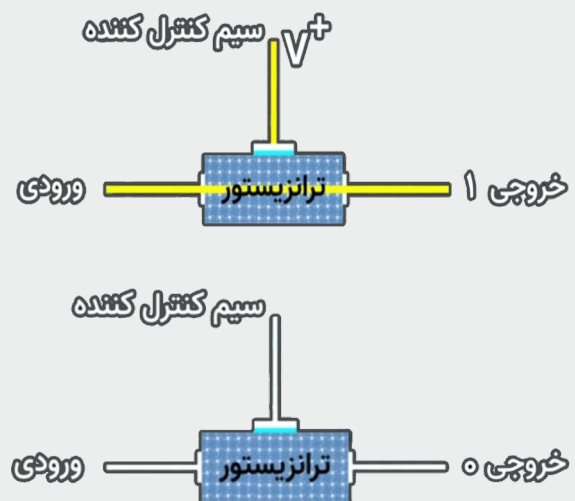


نوع متدوالی از ترانزیستور ها از کنار هم قرار گرفتن دو ترکیب آرایش N و یک ترکیب آرایش P ساخته می شود که مرز ترکیب P با ترکیب N به دلیل قرار گرفتن الکترون ها در حفره تجمع بار منفی ایجاد می شود که باعث می شود الکترون های آزاد نتوانند از این ناحیه به ناحیه تخلیه معروف است عبور کنند اما اگر ولتاژی به سیم متصل به ترکیب P اعمال شود، الکترون هایی که در ناحیه تخلیه قرار گرفته بودند به سمت سیم رفته و مسیر عبور دیگر الکترون های آزاد از پایه سورس به درین باز می شود.



تونل زنی کوانتومی پدیده ای است که در مقیاس های کوانتومی رخ می دهد و الکترون های آزاد که به دلیل تجمع بار منفی در محل تلاقی ساختار های N و P نمی توانستند از ناحیه تخلیه عبور کنند، تحت تاثیر این پدیده از سد انرژی مقابل شان رد شده و در نتیجه بجای اینکه خروجی ترانزیستور صفر باشد، عدد یک حاصل می شود که باعث تغییر و به هم خوردن نتایج مدار های منطقی و محاسبات لایه های بالاتر می شود. درهم تنیدگی کوانتومی نوعی ارتباط مابین دو ذره است که حالت کوانتومی یکی بر دیگری اثر می گذارد و برعکس.

همچنین قوانین و محاسبات مربوط به درهم تنیدگی درباره ی توزیع احتمالات در زیر گروه های هم بسته، مطابق معادله ی زیر است (کت یک با کت صفر برابر است).



$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

تونل جوزفسون یک عنصر مداری است که برای ساخت کیوبیت‌های فوق رسانا استفاده می‌شود و در مباحث کوانتومی دارای اهمیت بسیاری است. این عنصر مداری شامل دو الکتروود فلزی است که توسط یک لایه‌ی نازک از ماده‌ی عایقی (مانند اکسید آلومینیوم) از هم جدا شده‌اند. در دماهای پایین، الکترون‌ها از روی این لایه‌ی عایقی به روی الکتروود دیگر تونل می‌کنند و این اتصال تونلی امکان برقراری جریان بین دو الکتروود را با اندازه‌گیری گشتاور مغناطیسی کوانتومی (یا حتی با استفاده از جریان الکتریکی) فراهم می‌کند.

فهرست منابع:

- Georgescu I M, Ashhab S, Nori F. Quantum simulation . Rev Mod Phys, ۲۰۱۴
- Biamonte J, Wittek P, Pancotti N, et al . Quantum machine learning . Nature, ۲۰۱۷
- Arute F, Arya K, Babbush R, et al . Quantum supremacy using a programmable superconducting processor . Nature, ۲۰۱۹
- Woodford C . Quantum computing .
 explainthatstuff.com , ۲۰۲۱

Where did the electricity come from?

▶ Author: shayan haghghi

Nowadays, the most practical energy source in use is electricity. But maybe this question has occurred to anyone: who discovered electricity? Until achieving a complete understanding of this energy and its utilization, we can't say that a specific individual has done it. Many people have contributed to the discovery of the nature of electricity. Electricity consists of electric charges, which have two types: positive and negative. Electron is the negative charge and proton is the positive. Thomas Edison and Nicola Tesla can be mentioned as the most renowned individuals who reached to a complete understanding of the electricity. These two individuals were the ones who turned the night into day for us.

We live in a world where electricity has played a significant role in people's prosperity and has caused big changes in various fields. We just need to disconnect the electricity of a house for hours to realize how difficult it is to live without electricity. For example, electric trains with speed of 300 kilometers per hour have replaced with coal locomotives, and electric cars, which have less impact on the environment, have replaced with gasoline cars. We all use a high amount of electrical energy daily without realizing it, like the smartphones that we have in our hands every day. We can certainly say that if electricity didn't exist, the nights would still be dark, and a lot of energy would be used to light the darkness. indeed, talking about electricity and its discovery is a lengthy topic. we can say that electricity was common in the natural world, but electricity power is the result of many experiments.

The history of electricity backs to 2500 years ago. When we rub a yellow stone called amber with woolen cloth, It makes a property that can attract lightweight objects like feathers or dry grass. This phenomenon discovered by the Greeks. Then, they realized that amber repelled some substances and attracted some others. But they thought magic caused it because they didn't know the reason for this phenomenon. Thales, the Greek mathematician, was the first person who tried to find a scientific cause to seek a rational explanation for this phenomenon. However, this issue remained ambiguous for more than 2000 years.

William Gilbert, an English physician and physicist, was able to provide evidence for the magnetic nature of the Earth in the year 1600 AD. He was the first person to use the Latin word «electricus», which is now known as electricity, to describe the phenomenon of

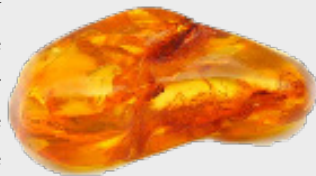


Figure1- Amber stone

amber. Gilbert's belief was that this phenomenon was created by a fluid that could move from one place to another. Gilbert also made many discoveries about magnetism. He didn't know that electricity and magnetism are two sides of a same coin.

Electricity and magnetism remained separated until the 17th century. 150 years later, Charles Dufay was able to determine that electricity had two different types through his experiments. When we rub a piece of amber, the first type is created, and when we rub a piece of glass, the second type is created. He also noticed that objects with the same electrical charge repel each other, and objects with opposite electrical charges attract each other. In fact, Charles Dufay had made initial discoveries about positive and negative charges. The electricity generated by rubbing is called static electricity. Benjamin Franklin, one of the founding fathers of the United States, was the person who tried to establish a connection between celestial sparks, also known as lightning, and the artificial sparks generated on earth. Franklin, using a kite with a copper wire attached to it and a Leyden jar, was able to capture a small amount of lightning and store it. Leyden jars were used at the time for storing electricity. He concluded that the nature of lightning is the same as the static electricity produced on the Earth.



Figure2- Leyden jar

Charles Coulomb, the French physicist and engineer, took the next big step. In 1773, he published his law regarding electrical forces. Coulomb charged small spheres with static electricity and was attempting to measure the attractive and repulsive forces between them. He measured this quantity using the following equation:

$$F = K \times q_1 \times q_2 / r^2$$

Coulomb also made important discoveries about magnetism and compasses.

Alessandro Volta was an Italian scientist who is known as the inventor of the battery. Volta placed two metal discs, one made of zinc and the other of copper, next to each other and inserted a paper soaked in saltwater between them. This experiment was an early prototype of a battery that could transmit current electricity through a wire. Which means the battery produced continuous current.



Figure 3- Alessandro Volta an the fist prototype of battery

In the 18th century, Hans Christian Oersted, a Danish chemist and physicist, discovered that an electric current flowing through a wire creates a magnetic field around it. He placed a compass near the wire carrying the electric current and realized that the compass needle moved. After that, André-Marie Ampère, the French physicist and discoverer, placed two wires carrying current next to each other. He realized that when the current in the two wires flowed in the same direction, they attracted each other, and when they flowed in opposite directions, they repelled each other. The reason for this phenomenon was the magnetic field around the wires.

Michael Faraday, an English physicist and chemist, played a very important role in the fields of electricity and magnetism. He used a wire carrying an electric current to induce motion in a permanent magnet. Faraday essentially built a very simple electric motor, which can be considered an ancestor of today's motors. Faraday's continued experiments with magnets and electric currents led to other significant achievements. In the next experiment, he placed a copper disk between two poles of a magnet, and the disk started to rotate, leading to the generation of an electric current. Then, through numerous experiments, Faraday constructed the first dynamo, which is recognized as the first generation of electric motors. Materials such as iron, nickel, cobalt, and oxygen align their molecular structure in response to a magnetic field, orienting themselves parallel to the lines of force. Other materials aligned perpendicular to the forces of the magnetic field. Faraday referred to the first group of materials as paramagnetic and the second group as diamagnetic.

He continued his research and concluded that paramagnetic materials conduct magnetic field lines better than the surrounding medium, while diamagnetic materials exhibit the opposite behavior. With the discoveries of these scientists, a relative understanding of electricity and magnetism emerged. However, the nature of electricity remained unknown. Because it had its roots in atoms, and at that time, there was very limited knowledge about atoms. Scientists gradually came to the conclusion that there must be an electric particle to give rise to static electricity by gathering these particles and that electric current is generated by the movement of these particles from one point to another. After the discovery of the electron, which turned out to be the electric particle, the nature of electricity reached complete understanding. It cannot be explicitly stated that one person discovered this nature because many scientists contributed to the discoveries about the particle-by-particle nature of electricity, and each played a significant role.



Figure 4- The first electric motor

Inside every atom, protons carry a positive electric charge, while electrons orbiting around it carry a negative electric charge. In the normal state, the quantity of these two charges is equal, and the atom is considered electrically neutral. Every electric charge has a property known as an electric field around it. When an electric charge, whether it's a proton or an electron, is exposed to the electric field of another charge, a force from that field acts on the electric charge. If both charges are positive or negative, there is a repulsive force, and if they are of opposite sign, there is an attractive force. In some materials, electrons are not confined to a single atom but are free to move within the material. These electrons are called free electrons. Materials with a large number of free electrons are conductors, while materials with few free electrons are insulators. Let's consider a negative electric charge, or an electron. We know that it creates an electric field around itself. Let's also assume another electron that is at a distance from the first electron. There is a repulsive force between these two electrons. If we bring the second electron closer to the first one, energy must be expended to overcome this force. This energy is stored in the electron and is called electrical potential energy. Then we can conclude that the electron tends to

move from higher potential to lower potential. This behavior is known as electric potential difference or voltage. Electric potential difference is evident in battery circuits.

Thomas Edison, an American inventor and engineer known as one of the greatest inventors in American history, had an electric company called General Electric. They used direct current for lighting lamps and motors. Direct current is a type of current where the voltage remains constant. On the other hand, in opposition to Edison, another group believed that alternating current performs better. Alternating current is a type of current where the voltage is not constant and changes over time. The leading figures in this camp were Nikola Tesla, a Hungarian electrical engineer and inventor, and George Westinghouse, an American entrepreneur and engineer, who believed that the use of direct current was very costly. This was because the equipment was expensive and consumed a lot of energy. At that time, there was intense competition and rivalry between Edison and Tesla, often referred to as the “War of Currents.” Edison knew that the system he was using had lower efficiency, but he was willing to sacrifice it to avoid losing significant amounts of money. Edison made significant efforts to discredit Tesla and influence public opinion negatively towards him. Tesla ultimately prevailed despite Edison’s attempts to scare people away from his alternating current system by electrocuting animals.

Conclusion

The discovery of electricity and achieving a complete understanding of this science was not the work of a single individual, many

<https://youtu.be/CwMrJoetfry>

barghnews.com

farnet.io

ihoosh.ir

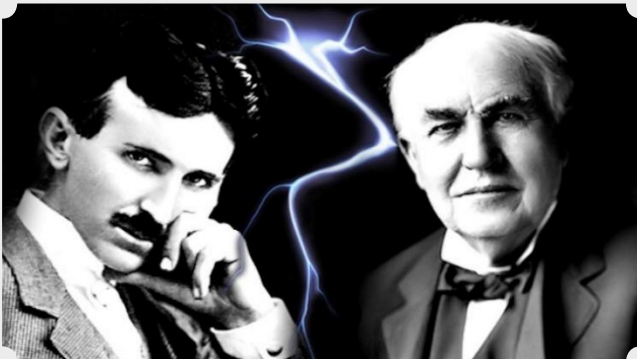


Figure 5- Thomas Edison and Nikola Tesla

scientists and engineers played a significant role in the exploration of electricity. Electricity illuminated the world and transformed people’s well-being dramatically. In the not-so-distant future, the electric power industry, with its various innovations, is poised to replace all other forms of energy and emerge victorious in competition with oil. It’s predicted that in 2050, the demand for oil will be reduce in half. Electricity isn’t just in the outside world; it’s a vital part of our own bodies. Small electrical signals travel through all the nerves in our bodies, and life has made extensive use of this property of atoms.

References

<https://fa.wikipedia.org>

James Webb Space Telescope

▶ Author: Niloufar Jafari

A negative correlation can be observed between the energy and frequency of a wave and the wavelength of that wave. In particular, an increase in the frequency and energy of a wave results in a corresponding decrease in wavelength; conversely, a decrease in frequency and energy leads to an increase in wavelength.

A longer wavelength of an electromagnetic wave results in a reduced number of obstacles encountered during its path, thereby facilitating its propagation over a wider distance. The utilization of radio waves for television, satellite, mobile communication, and other purposes is due to the fact that their protracted wavelengths cause less interaction with air molecules as they travel through the atmosphere.

An essential feature that sets the James Webb telescope apart is its capability to observe stars and galaxies via infrared wavelengths.

Objects that possess thermal energy emit infrared radiation, the intensity of which increases in direct proportion to the item's temperature.

Nevertheless, it is critical to acknowledge that celestial bodies possess the capacity to produce an extensive spectrum of electromagnetic radiation.

The principal differentiation between the Webb and Hubble telescopes pertains to their individual wavelength capacities. In contrast to the Hubble telescope, which can detect visible and ultraviolet wavelengths when its objective is focused on a particular area, the James Webb telescope is limited to detecting infrared radiation exclusively.

The current investigation concerns the noteworthy attributes of infrared radiation that hold considerable significance.

The significance of infrared waves lies in its inherent properties and applications.

1) Tracing the Phases of Stellar Formation

Nebulae are vast assemblages of gas and dust formed when the compression of these gaseous components is induced by gravitational forces. This compression ultimately results in the formation of young stars. The accumulation of more comprehensive observations of nebulae facilitates an enhanced understanding of the multifaceted processes entailed in the formation of stars.

The observation of nebulas by the Hubble Space Telescope is impeded by its dependence on visible and ultraviolet light, as a considerable fraction of these electromagnetic waves experience attenuation as they traverse the powdery regions of the nebulas.

In accordance with this justification, the James Webb telescope makes use of infrared radiation, which differs from ultraviolet and

visible electromagnetic radiation in that it has a longer wavelength. James Webb's instrument uses a longer wavelength, which reduces the likelihood that it will run into obstacles on its course. By employing this approach, it is possible that our capacity to examine the internal configurations of nebulae and precisely delineate the consecutive stages of stellar genesis could be improved.

Undoubtedly, an extra infrared camera has been integrated into the Hubble Space Telescope platform. It is nevertheless essential to observe that its capabilities will fall short of those of a specialized infrared telescope.

2) expansion of the world

The Hubble Ultra Deep Field, an internationally recognized image obtained through the utilization of the Hubble Space Telescope, signifies the result of an extended period of rigorous observation centered on an exceedingly minute area within the universe.

Through the implementation of a magnification technique, the Hubble Space Telescope effectively acquired a considerable volume of data concerning the remote galaxy located billions of light years from our own. As of now, the observed galaxies are regarded as the oldest galaxies that have been scientifically documented. The aforementioned entities can be ascribed to the era of the universe's inception.

The phenomenon known as the expansion of the universe is ascribed to the perpetual separation of early galaxies. Every infinitesimal dot depicted in the image corresponds to an entire galaxy, which is comprised of millions or billions of stars.

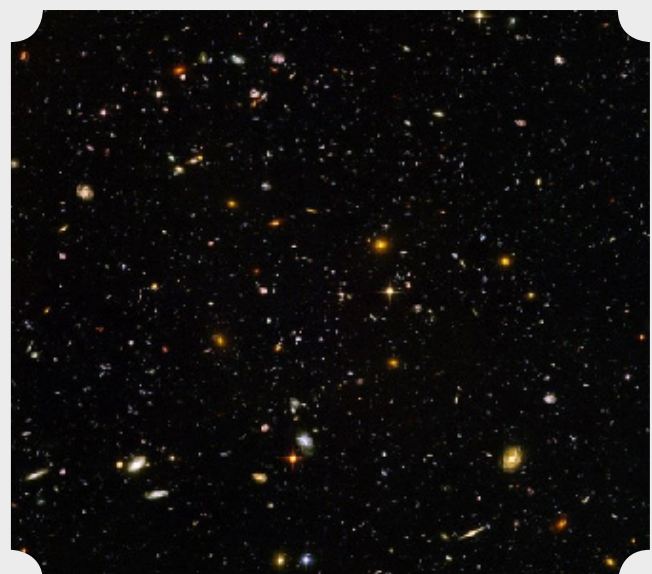


Figure 1 Although the image was already visually appealing, our curiosity lies in the consequences of delving deeper and observing

the results.

The issue is that distant galaxies' light experiences a red shift, which causes their wavelengths to lengthen to the point where they enter the infrared spectrum and are no longer detectable by Hubble.

The Red Shift phenomenon

As the universe expands, light from stars and galaxies that are obscuring our view experiences so-called stretching, which significantly increases its wavelength. (Wavelength of the side of the red light) As such, it is referred to as "Red Shift."

The James Webb telescope is utilized in this situation. Now that we have a highly precise instrument for observing infrared radiation, we can photograph the initial stars and galaxies that emerged subsequent to the Big Bang. This will allow us to trace the evolutionary progression of galaxies from their inception to their birth. Observe the constellations more clearly.

When the galaxies are categorized as newborn, infant, child, adolescent, and juvenile, both the Hubble and James Webb telescopes possess the capability to observe neonatal galaxies. Primarily due to its utilization of infrared radiation, the Webb Telescope is capable of observing newly formed galaxies in space.

General relativity by Albert Einstein becomes extremely significant when discussing the most distant objects. According to Einstein's theory of general relativity, the distance between objects is actually extending as the universe expands. This results in the separation of objects (including galaxies). As a result, because the light that these objects emit is in the infrared spectrum, it is invisible to the human eye through visible light wavelengths. For the most effective observation of early-forming galaxies in the universe, infrared observatories, such as the Webb Telescope, are the most suitable.

3) Greater knowledge regarding planets beyond the solar system

Absorption spectroscopy is a technique employed to ascertain the composition of substances present on the surfaces of celestial bodies.

Absorption spectroscopy: That is, the composition of the molecules on the surface of these planets is determined by analyzing the light they emit.

Infrared wavelengths are significantly more effective at this than ultraviolet and visible light. Thus, the James Webb Telescope will significantly increase our understanding of planets beyond the solar system. This indicates its critical importance with regard to the pursuit of extraterrestrial life.

While the utilization of infrared radiation offers numerous benefits, it has concurrently presented significant obstacles for the Webb telescope, contributing to its multiple launch postponements.

• Telescope shield against the sun

To function optimally, infrared-focused telescopes must operate at

temperatures almost identical to absolute zero.

This is due to the fact that, as previously stated, infrared wavelengths are emitted by any object whose temperature is hotter than absolute zero. Therefore, the accuracy of the telescope will be compromised if the infrared rays it receives from distant galaxies are disrupted by the infrared rays emitted from its body when the telescope is heated. Preferably, the telescope ought to be maintained at a low temperature.

In previous observatories, cooling devices were implemented as a solution to this issue.

As an illustration, the Spitzer telescope, initiated in 2003, operated on liquid helium to provide cooling. Cooling mechanisms were also implemented in the 2009-launched *Wise* telescope.

The cooling mechanism stops working after a few years, which causes the telescope's temperature to gradually rise, which detracts from this strategy. Conversely, James Webb's distance from Earth is exceedingly great, rendering it unrepairable, in contrast to Hubble, which was designed from the start to be upgradeable and repairable. However, from Earth, the James Webb Telescope is 1.5 million kilometers away. (approximately 2700 times further than Hubble). They devised a solution by incorporating self-cooling mechanisms into the telescope design.

In order to accomplish this, a solar shield was employed, which effectively obstructs the illumination emanating from the sun, earth, and moon.

This shield is composed of five layers. Distinction exists between the temperatures of the five strata. Each successive stratum is colder than the one beneath it. Each layer's radiated heat is dispersed throughout the other layers; it is not conveyed to another. This is due to the fact that the space between the strata is an exceptionally effective heat insulator. Each layer consists of a narrow sheet of Kapton membrane that is silicone-coated on one side and aluminum-coated on the other. The aluminum coating has a 100 nm thickness, while the silicon coating has a 50 nm thickness.

With a length of approximately 21 meters, this shield constitutes the pinnacle of the telescope.

Due to the telescope's positioning, its shield is perpetually exposed to the sun. Due to its solar shield, radiators, and Lagrange point location, the telescope's temperature is perpetually maintained below -230 degrees. By employing this technique, the interference caused by infrared radiation is substantially mitigated.

Telescope mirrors

When the eighteen six-sided mirrors of this telescope are arranged in concert, they produce a substantial mirror measuring 6.5 meters in diameter. The Hubble mirror has a diameter of a mere 2.4 meters. These mirrors are constructed from beryllium, an extremely light metal, that has been coated in gold.

When far-received infrared rays strike these mirrors, they are re-

flected and concentrated on that particular region.

Motivation for employing beryllium:

Beryllium, denoted by the atomic number 40 and chemical symbol Be, is a brittle metal. By incorporating it into specific alloys, one can yield products that exhibit enhanced resistance to heat and corrosion, increased hardness, and improved casting quality. A substantial portion of the telescope's ultrasonic components are composed of beryllium due to its light weight, durability, and strength.

Motivation for employing gold plating:

To enhance the Webb telescope's ability to detect infrared light, a thin layer of gold is applied to the surface of the reflectors. Metals exhibit light reflection due to their exceptional electrical conductivity. Furthermore, the electric field strength within metals is negligible. Light is a form of electromagnetic radiation. The incident light induces oscillations in the surface electrons of the metal. The movement of the electrons results in the elimination of the entire electric field within the metal. Consequently, the confluence of the electric fields generated by electrons in motion and light within the metal will be negligible. It will be possible to achieve this zeroing by having light reflect off the metal surface.

Gold only partially reflects blue light, but it reflects red and infrared light exceptionally well. Therefore, a fine layer of this element covers the surface of the mirrors utilized by the James Webb telescope. (roughly 48 grams of gold were utilized.)

[An examination of a selection of the images generated thus far by the James Webb telescope.](#)

Star WR140 system

A September 2022 publication of one of the most intriguing images courtesy of the James Webb telescope pertained to the WR140 star system, situated within the Milky Way and situated at an estimated distance of 5400 light years. Rings are visible encircling this system. This system is comprised of two massive stars that follow elliptical orbits and approach and depart from one another every eight years. Due to the effects they have on one another, they generate a great deal of dust around themselves when they approach one another. Subsequently, robust stellar winds emanate from their surfaces, propelling the dust outwards and resulting in the formation of those rings. The distance between these rings indicates the proximity and separation of these two stars.

Twenty years ago, the Keck Earth Telescope in Hawaii examined this system; however, its visibility was limited to the initial two rings. In contrast, the Webb telescope detected a total of seventeen rings. The Webb telescope provided further evidence that the dust comprising these rings is composed of carbon-rich particles and organic matter. In other words, the dust contains primary life-forming molecules.

Glass-Z13 and Glass-Z11 galaxies

Using data from the James Webb telescope, astronomers are constructing the Glass project, which employs high precision to in-

vestigate one of the most renowned galaxy clusters, Abell 2744 or Pandora. By acting as a gravitational lens, this cluster elongates the galaxies situated behind it.

This endeavor yielded the discovery of two extremely distant galaxies. (Glass-z11 and Glass-z13) from approximately 13.5 billion years in the past are related.

It appears that Galaxy Z13 is the earliest galaxy to date that has been discovered. Its formation occurred approximately 300 million years subsequent to the Big Bang.

The Earendel Star

Additionally, James Webb has improved our understanding of the most distant and ancient star.

Although the Hubble telescope first identified this star in 2022, it was the Webb telescope that provided a more detailed image of it. It may not be too difficult to observe the stars within our own galaxy, but locating stars in other galaxies is an entirely different matter. We were able to discern the distance of 12.9 billion light years between us and the Erendel star by utilizing the gravitational lens.

The most frigid interstellar ice:

In the constellation Chameleon, situated at a distance of 500 light years from Earth, is a molecular cloud. This molecular cloud is so dense and viscous that it prevents the light from the stars behind it from reaching us.

By penetrating deeply into this cloud, the James Webb telescope discovered interstellar ices that were 263 degrees below zero and contained the molecules essential for the genesis of life.

Phantom 74 Messier Galaxy

This galaxy is situated in the constellation Pisces and is approximately 32 million light years from Earth.

The IC1624 collision of two galaxies

This image pertains to the collision of two galaxies whose common designation is Ic1623. Situated in the Whale constellation, it is 270 million light-years away from Earth.

Hubble also recorded a previous collision. However, James Webb's utilization of infrared radiation enabled him to effectively penetrate the dense material and developing stars of this galaxy. demonstrate in greater detail.

Nebula-related images:

James Webb's capability to observe profoundly into the gas and particles of these nebulae via infrared radiation contributes to our understanding of the star formation process.

Foundations of Creation:

It is a component of the Eagle Nebula, situated in the Serpent constellation and at a distance of approximately 7000 light years from Earth. As its form resembles multiple columns where gas and particles are compressed and new stars are formed, it is referred to as the "columns of creation."

The Orion Nebula

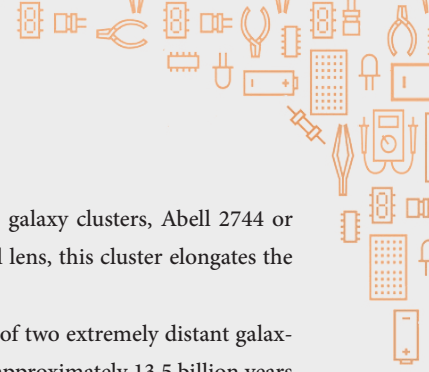




Figure 2 Hubble (left image) and James Webb (right image)

Pictures related to planets:

Planets located in regions of our galaxy that are not components of our solar system are referred to as extrasolar planets. Planets are considerably more difficult to observe than galaxies and stars due to their diminutive size and low surface light emission.

James Webb's facing image is the first direct image of an extrasolar planet.

Uncertainty persists as to when an image of the surface of an extra-terrestrial world will be visible.

The observation of interplanetary gas giants such as Saturn and Jupiter is comparatively simpler.

Consequently, the web conducts observations of gas planets as one of its activities. However, in early 2023, it acquired its initial data from a stony extrasolar planet situated approximately 40 light years distant from Earth. It is nearly the same size as the Earth but considerably hotter. It has an approximate temperature of Venus.

Webb has also performed research on the solar system's planets, including the acquisition of numerous images of Jupiter.



Figure 3 A photograph of a planet by James Webb

James Webb is capable of perceiving the moons and rings of the planets, notwithstanding the light emanating from their surfaces. Scientists therefore anticipate the ability to document additional

characteristics of these objects in the future.

Additionally, this telescope has captured images of Mars. James Webb is typically engineered for distant observations. As the distance increases, the subject's motion becomes more gradual, and the light intensity remains relatively constant, thereby facilitating the process of capturing photographs. However, due to the intense infrared radiation that Mars' surface emits, a very brief exposure was required in order to capture an image of the planet. This was necessary to prevent the image from being overly brilliant.

James Webb has captured previously unseen details of Neptune's rings and moons through his photographs.

Seven of Neptune's fourteen moons are visible in this image. Triton is comparatively brighter than the other moons due to its dense, solid nitrogen cover, which effectively reflects the majority of the incident sunlight.

Challenges posed by the James Webb telescope:

Taking into account the expenditures associated with its construction and launch, we anticipate that this telescope will function for an extended period of time and serve as a reliable observatory in outer space. Its only issues to date, however, have arisen shortly after its launch and include technical malfunctions and meteoric impacts. NASA declared in September 2022 that a technical malfunction had transpired on one of the mid-infrared camera wheels of the telescope. Scientists successfully resolved the issue at its core by implementing modifications to its functioning.

A minor meteorite struck one of the object's eighteen primary reflectors in May. Although the extent of the damage inflicted on the telescope as a result of this collision was insufficient to impede its operations, such an outcome is still conceivable.

NASA estimates that fourteen minor meteorites have struck the web

reflectors to date. Determining this rationale, the scientists resolved to alter the telescope's orientation periodically so as to diminish the likelihood of the projectile colliding with its mirrors. (They now have an approximation of what meteorite impacts were like at various times.)

References:

<https://www.space.com>

<https://youtu.be/NOzTCzdXNLW>

<https://nap.nationalacademies.org>

<https://www.esa.int>

<https://science.howstuffworks.com>

<https://imagine.gsfc.nasa.gov>

<https://www.nasa.gov>

<https://blog.faradars.org>

Artificial Intelligence

▶ Author: Parsa Tehrani

Artificial Intelligence

With the advancement of science and the realization that many tasks are beyond the capabilities of humans, people have turned to artificial intelligence (AI) to solve their problems and overcome their obstacles. Artificial intelligence is one of the subfields of computer science and engineering. However, AI can be utilized in a variety of disciplines. The abbreviation AI refers to the intelligence exhibited by machines. The ultimate aim of artificial intelligence is to create machines with human-like intelligence. In many disciplines, AI transcends human intellect due to its ability to process greater volumes of data. However, what we hope to achieve is the capacity to simulate the human brain's learning process. Multiple disciplines of artificial intelligence exist, such as machine learning, deep learning, natural language processing, robotics systems, and fuzzy logic.

Machine Learning

Machine learning is a subset of artificial intelligence that enables computers to learn without explicit programming and instructs machines on how to learn independently. In artificial intelligence, machine learning is so essential and significant that many websites consider these two terms synonymous. Machine learning employs three primary strategies:

- 1. supervised learning:** As its name suggests, it employs a set of labeled training data. In supervised learning, a program acquires knowledge from a set of labeled data.
- 2. Semi-supervised learning:** In this method, the program searches unlabeled data for patterns. It incorporates supervised and unsupervised learning elements.
- 3. Unsupervised learning:** In unsupervised learning, a program searches unlabeled data for patterns or trends. It is able to spot trends and patterns that people are not actively pursuing. For instance, an unsupervised machine learning program can analyze online sales data and classify customers based on their purchasing patterns.

Understanding the fundamentals of machine learning is essential, but the appropriate application of machine learning ultimately depends on individuals with specialized knowledge.

artificial intelligence / Algorithms

Algorithms shape the field of artificial intelligence. In other words, algorithmic advancements will lead to artificial intelligence advancements. In numerous algorithms, artificial intelligence is capable of data-driven learning. In fact, learning algorithms are based

on the assumption that strategies, algorithms, and inferences that performed well in the past will likely continue to perform well in the future. In artificial intelligence algorithms, classification, regression, clustering, neural networks, and other techniques are utilized.

Data-driven Artificial Intelligence

“Artificial intelligence is data-driven.” As stated, artificial intelligence makes decisions based on data and adapts to it in some cases. However, the most important aspect is not only comprehending the data but also analyzing and discovering the underlying algorithm. It stands to reason that the more information we have, the more exhaustive the algorithm will be.

In artificial intelligence, various categories of data are encountered, including raw data, fine-grained data, contextual data, unstructured data, intelligent data, and others. Based on their proximity to the topic, we will delve into these categories in the following sections. As previously stated, data is crucial to artificial intelligence and can be identified by sensors.

Big Data

Big data is a compilation of data characterized by high velocity, volume, and variety, making it difficult to process with conventional techniques and instruments. In modern distributed networks, coping with significant quantities of data is a common issue involving multiple components, whereas in traditional networks this was not the case. Due to limited data and the limited capacity of systems to process it, the efficacy of our previous methodologies was severely constrained.

Methods based on artificial intelligence enable us to process vast amounts of data using the most rapid and efficient means possible. All of the methods we've utilized in the past have performed exceptionally well with limited datasets. Not the quantity of big data itself is of concern, but rather discovering patterns within it. Today, businesses and organizations retain enormous quantities of data in the hope that it will be useful and valuable in the future. However, data extraction and collection are not simple tasks.

Small Data

When discussing artificial intelligence, it is possible to neglect the concept of limited data. Small data refers to a data set that an analyst can completely comprehend and assess. One of the most significant aspects is that there is no practical concept known as “small data.” Our knowledge of data enables us to classify it. There are instances in which our comprehension of a subject is limited. By analyzing smaller subsets of data, we may be able to obtain a deeper and potentially distinct understanding of the data. In other words,

just as large data is significant for this discussion, tiny data is also significant.

Following is a comprehensive survey of published articles concerning the application of artificial intelligence to electrical engineering



Renewable Energy Sources / Artificial Intelligence (AI).

Renewable energy sources, or RES, include wind, solar, and thermal energy, among others. A renewable energy source is a sustainable energy source that is derived from non-depletable resources. Solar collectors, solar-assisted heat exchangers, solar air and water heaters, solar-powered appliances, solar microwaves, and solar dryers are examples of devices that utilize solar energy to perform beneficial duties.

Costly is the production of electricity from renewable energy sources such as solar and wind. However, the costs can be controlled through the use of artificial intelligence. Power grid integration of supply, demand, and renewable energy sources is autonomously managed by software that optimizes decision-making and operations. In a number of nations, AI technology has been integrated into a variety of tasks, including power system operations management, control, and prediction.

Numerous approaches have been devised over the past few decades and are now widely used in power system operations and planning to resolve various uncertainties. Equipment failures, load forecasting, weather conditions, the availability of primary energy, and operational contingencies are examples of these uncertainties. Power supply reliability issues, such as voltage drops, harmonics, voltage rises, sluggish voltage variations, voltage imbalances, frequency variations, and rapid voltage changes, can pose significant obstacles.

Predictions can revolutionize the industry's use of renewable energy sources. Accurate weather forecasting, for instance, plays a significant role in enhancing reliability and reducing uncertainty about renewable energy sources. This factor is essential for reducing electricity costs for consumers, greenhouse gas emissions, and grid administrators' and utility companies' power system reliability. Recent advances in artificial intelligence (AI) technology, such as machine learning, deep learning, the Internet of Things (IoT), big data, etc., are transforming the energy sector.

A conventional power grid is not intended for the integrated administration of renewable energy sources. The variable characteristics of renewable energy sources make it difficult to satisfy the fluctuating demands of the power grid. The intermittent and variable production of renewable energy has a negative impact on the stability of the power grid. In spite of this, the installed capacity of

renewable energy and distributed energy storage continues to grow

Innovative Energy Storage Systems

Energy Storage Systems (ESS) are devices or groups of devices designed to store electrical energy for future use. The majority of ESS are battery-powered. To integrate renewable energies and ESS, researchers have developed numerous algorithms and methods for modeling, optimization, state estimation, and behavior representation. ESS capacity has a substantial impact on the overall economics and operational safety of renewable energy systems (RES) and should be optimized during planning and design. An insufficient ESS cannot enhance the power quality and overall performance of a RES, while an oversized ESS increases the investment and maintenance costs associated with RES.

During the gradual transition to renewable energies, negative impacts on the safety, stability, and economic performance of the power grid have arisen as a result of widespread access to new energy sources. An energy storage network significantly increases the cost of RES, but the types and structures of power sources in RES are diverse, and equipment efficacy varies.

Variable renewable energy sources (VRE) electricity generators can only produce electricity when favorable weather conditions exist (e.g., when the wind moves or the sun beams). Significant attention has been paid to the integration costs of VRE into the power system, but they also result in considerable additional costs to the power system.

In the field of electrical engineering, numerous algorithms and methods for modeling, optimization, state estimation, and behavior representation have been developed for the integration of renewable energies and ESS (Energy Storage Systems). ESS capacity has a substantial impact on the overall economics and operational safety of renewable energy systems (RES) and should be optimized during planning and design. An insufficient ESS cannot enhance the power quality and overall performance of a RES, whereas an oversized ESS increases the investment and maintenance costs associated with RES.

During the incremental transition to renewable energies, negative impacts on the safety, stability, and economic performance of the power grid have progressively emerged as a result of the widespread access to new energy sources. An energy storage network substantially increases the price of renewable energy sources. However, the varieties and structures of RES power sources are diverse, as is the equipment's efficacy.



Electricity generators that utilize variable renewable energy sources (VRE), also known as VRE generators, can only produce electricity when the weather is favorable (when the wind moves or the sun beams). Significant attention has been paid to the integration costs of VRE into the power system, but they also result in considerable additional costs to the power system.

Artificial Intelligence (AI) in Power Electronics

Using artificial intelligence in power electronics enables significant advancements in technologies such as renewable energy systems, electric vehicles and their charging infrastructure, variable-speed motors, uninterruptible power supplies, and microgrids.

Power electronics benefit significantly from AI's enormous potential. Applications include the optimization of heat sink design for power modules, intelligent control for multi-color light-emitting diodes, maximum power point tracking control for wind energy conversion systems, fault detection for inverters, and remaining useful life (RUL) prediction for supercapacitors, among others.

Maintenance and management of power electronics encompass objectives such as reliability, condition monitoring, predictive maintenance, initial sample testing, and others. In conventional systems, a sequential approach involving design, testing, and iterative error correction is frequently used. In the domain of power electronics and AI, the focus is on reducing design, modeling, optimization, and control time.

Reduction in Designing Time

Using substitute models to reduce computational effort is one of the applications of artificial intelligence techniques. An AI-based substitute model functions as a replacement and significantly reduces computational effort during the design process. Thus, the nonlinear relationship between the designed parameters and the annual life consumption can be determined quantitatively, accelerating the iterative design process.

As semiconductor devices are the most vulnerable components in power converters, significant effort has been devoted to researching their failure modes. Semiconductor device manufacturers conduct exhaustive thermal cycling tests and discover the performance relationships between the temperature range, average junction temperature, and the device's lifespan. Despite this, more research has been conducted on the thermal burden of power devices.

These investigations can be conducted experimentally or with the aid of accurate simulation models. In order to extract the thermal characteristics of the junction temperature, the power converter must be subjected to actual operational conditions. Typically, this temperature is determined by the ambient temperature and the current flowing through the power converter during a predetermined time interval. An algorithm can then be used to determine the number of temperature fluctuations, their range, and the average values

from the thermal specifications provided.

The current procedure necessitates that simulations or time-consuming experiments be repeated whenever a designer wishes to examine how various design parameters impact the lifecycle of a power electronic system.

In order to resolve this issue, an automated design tool has been created using artificial intelligence. Initially, we used it to build a replacement model of a power converter. This model can estimate the thermal stress of each device in the converter based on design parameters and the operating point, which is quicker than conducting multiple instances of accurate simulation models. You can refer to the references section for additional information.

Simulation and optimization

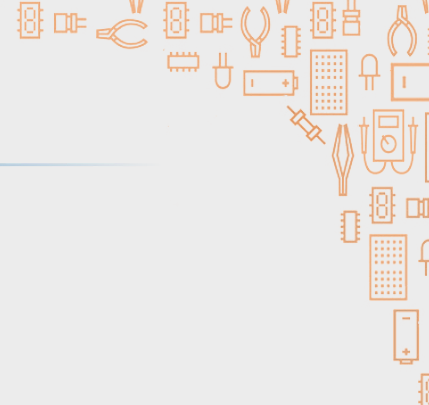
Modeling and optimization of power electronic systems entail determining circuit topology, component models, parameters, etc., such that system dimensions, weight, operating frequency, etc., result in optimal characteristics (such as power losses and power density). Particularly, optimization methods are used to investigate solution space and provide a general optimal configuration, which can then be leveraged by metaheuristic methods in artificial intelligence. For random optimization of power quality and waveform shape, circuit design, and control tuning, metaheuristic methods have been studied. In the design of a 500 kW solar energy-based microgrid system, for instance, a formulation for multi-objective optimization has been devised to maximize the average power distribution while minimizing the system's weight.

Control

In power electronic systems, control programs employing artificial intelligence methods can be classified as optimization and regression. Similarly, to design-phase optimization, control application optimization also employs metaheuristic methods. Analyses of experimental data demonstrate that the output performance of the optimized controller is very close to optimal step and ramp responses. Nevertheless, regression tasks in control programs involve the mapping of system inputs and outputs using nonlinear mappings. System tuning refers specifically to the process of modifying systems to accomplish the intended performance output in accordance with the respective system principles.

Integration of materials science, electrical engineering, and artificial intelligence

This article examines the use of artificial intelligence in material innovation, including material design, performance prediction, and synthesis. Current materials research is predominately based on trial-and-error methods, which involve a large number of controlled experiments motivated by experience and a small number of computational simulations as a supplement, which consume hu-



man resources, time, and materials. Therefore, it is essential to discover new research methods to accelerate material innovation. The emergence of artificial intelligence ushers in a new era of materials science and electronics development. Due to environmental constraints and experimental conditions, there are numerous absent, redundant, and inconsistent pieces of data in the materials field. Research on materials is expanding rapidly, particularly in terms of synthesizing new materials and predicting diverse chemical synthesis. A few hours later, Atom2Vec, an unsupervised program, effectively reconstructed the periodic table by analyzing the catalog of available compounds in an online database. This program is an application of artificial intelligence. Atom2Vec initially recognizes distinct elements by analyzing the compound inventory. Then, we utilize the concept of straightforward natural language processing to classify chemical elements based on their chemical environment. Nonetheless, the vectorized atomic descriptor can be used as input because it contains a substantial quantity of information about the periodic law of elements, providing a novel and efficient method to represent material data in the future.

References

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9200511>

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8793080>

<https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>

<https://www.youtube.com/watch?v=HAdiVIitI9M>

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8584133>

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10003464>

Artificial intelligence in electric load forecasting

▶ Author: Nasim Amani

In today's world, artificial intelligence (AI) has several uses, including computer vision for self-driving cars, voice recognition for personal assistants, and algorithm design for strategic gaming systems. Although we appreciate the benefits that AI has brought to our lives, some individuals may be intrigued by how AI began and progressed.

Since its inception in the 1940s, artificial intelligence has gone through various phases. In the 1990s, artificial neural networks (ANNs) were employed for short-term load forecasting in the power sector, which was one of the earliest commercial uses of artificial intelligence. Thousands of studies on AI-based load forecasting have been published over the last three decades. Most AI-based load forecasting models reported in scientific articles today are still theoretical, and only a handful have been used in reality.

Load forecasting in the pre-PC era

Thomas Edison launched a series of efforts to sell and demonstrate his electric lighting system after creating the incandescent light bulb in 1879. The Pearl Street Station, the first power station in the United States, was built in 1882 and served 82 customers on Manhattan's Powell Island. Load profiles were essentially step functions back then, and load forecasting was as easy as counting the number of lights on at night. Many local distribution firms use the same approach to evaluate the load of street lighting.

Nikola Tesla and George Westinghouse constructed the world's first alternating current power plant, the Niagara Falls Power Plant, in 1895. Alternating current systems enabled long-distance power transmission as a cost-effective alternative, allowing power corporations to capitalize on economies of scale in power production. The unit price of power would fall as the number of energy producers increased. Meanwhile, power providers encouraged consumers to utilize electricity, which fueled the development of electrical gadgets. More curves in the load profile were identified when power usage varied owing to human and commercial activities such as turning lights on and off, using electric irons, listening to radio programs, and shopping during holiday seasons. The majority of these activities may be represented by calendar variables, which are now included in load forecasting models.

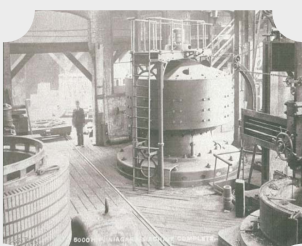


Figure 1- The interior of Power Plant No. 1

Willis Carrier created the first modern air conditioner in 1902. Along with the ease of air conditioning, it has presented obstacles to calendar-based load forecasting methodologies. The influence of weather on load profiles became more important as the air conditioning market's penetration rose. In 1944, Henry A. Dryar, a member of the Philadelphia Electric Company's load management department, said, "There is a variable component of load that reflects the effect of weather. He spoke about three weather factors: temperature, wind speed, and cloud cover. Load forecasting has since piqued the interest of power corporations and the scientific community.

ENIAC (the Electronic Numerical Integrator and Computer) was the first electronic computer created in 1945. Many approaches were used to anticipate load prior to the widespread deployment of personal computers (PCs). Some of these are shown in Dryar's study, which gave weights to various factors and anticipated system loads. This idea is comparable to multiple linear regression, which predicts the result of a response variable using numerous explanatory factors. It seems that the parameters were not computed by computers running statistical software at the time.

Some load predictors maintained a book containing temperature profiles along with load profiles for various days throughout the year. They looked at the weather prediction in the mornings, chose the closest temperature profile from the book, and calculated the appropriate load profile for that day. It is still utilized in many control rooms today, either manually as it was before the PC age or automatically via computer programs with complicated algorithms. Some forecasters came up with novel solutions. A forecaster, for example, would cycle across the region every morning. When he got back to the workplace, he weighed his shirt, which was either quite sweaty on a hot and humid day or a little sweaty on a chilly and windy day. A heavy shirt denoted a heavier burden for the day, and vice versa. The human body was used in this physical way to account for the influence of weather on system load. We can now capture climatic impacts using complete models with many climate variables.

Waves and winters of artificial intelligence

Chinese, Indian, and Greek philosophers and mathematicians were studying formal reasoning well before the Middle Ages. In the 1930s, several mathematicians and logicians sought to codify the idea of computability, or the ability to solve problems effectively. Scientists started to study whether robots might think like humans in the 1940s. Alan Turing was a significant addition to this topic, publishing a series of articles on intelligent machines from the late 1940s through the early 1950s. On the other hand, philosophers

and psychologists such as Alexander Bain and William James laid the groundwork for brain networks in the nineteenth century. Bain and James both claimed that interactions between neurons in the brain result in ideas and physical acts. Artificial intelligence began as a result of research in mathematical logic and psychology. Warren Sturgis McCulloch, a neurophysiologist, and logician Walter Pitts created the first artificial neurons in 1943, modeling the fundamental logical components of the brain. An artificial neural network is a collection of these artificial neurons that is inspired by the biological neural networks seen in the animal brain. A three-layer feedforward artificial neural network with four neurons in the input layer, three neurons in the hidden layer, and one neuron in the output layer is shown in Figure 3. A group of scientists took part in the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence in 1956, which marked the beginning of artificial intelligence as a study topic.

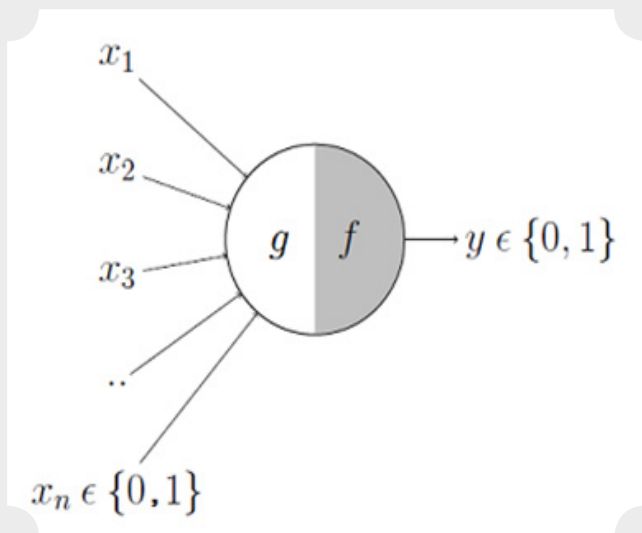


Figure 2- McCulloch-Pitts neuron, or MCP neuron

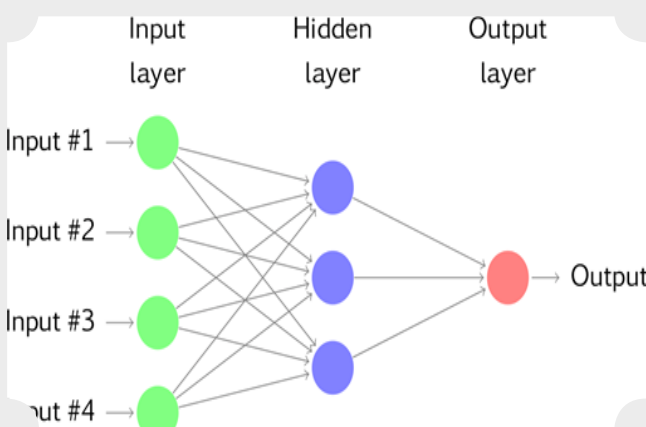


Figure 3- Three-layer feedforward artificial neural network

There were significant theoretical discoveries and research achievements in the area of artificial intelligence in the 1950s and 1960s. However, Marvin Minsky and Seymour Papert discovered two flaws in artificial neural networks: single-layer neural networks were unable to process logic circuits; and computers were not advanced

enough to effectively adapt to the long execution times required for large neural networks. These findings were included in the book “Perceptron: An Introduction to Computational Geometry.”

The science of artificial intelligence confronted new obstacles in the early 1970s. People understood, for example, that essential AI applications like vision and natural language processing needed more knowledge about the environment than a database could manage at the time. Although some of these problems were addressed in the years that followed, development slowed to the point that funding organizations stopped sponsoring research.

In the mid-1970s, Paul Werbos presented a backpropagation algorithm for practical training of multi-layer neural networks, ushering in the second wave of artificial intelligence. Advances in digital electronics and distributed computing enabled the use of larger networks in the 1980s. With the formation of hundreds of AI startups and millions of dollars pouring into AI research, the science saw its first commercial bubble. However, the bubble burst swiftly in the late 1980s and early 1990s due to commercial suppliers’ failure to produce a broad variety of feasible solutions. This is regarded as artificial intelligence’s second winter.

Application of artificial intelligence in electric load forecasting

The technique of calculating the quantity of energy demand and consumption for a certain time and location is known as electric load forecasting. Because it influences electricity production, transmission, distribution, and price, this forecast is critical for power system planning, operation, and optimization. However, it should be noted that load forecasting is a difficult process since it is dependent on a variety of elements such as weather, season, day of the week, consumer behavior, and numerous events. Furthermore, as renewable energy sources, electric cars, and smart grid technologies become more prevalent, load patterns will become more unpredictable and variable. As a result, enhancing the accuracy and dependability of load forecasting is a top priority for power system operators.

Traditional load forecasting approaches, such as regression analysis and time series forecasting, create a direct link between expected and historical values and demonstrate the relationship between independent and dependent variables. However, owing to its simplistic structure, it does not take into account numerous load variables, reducing the accuracy of the computation findings. The load forecasting approach based on an artificial intelligence model has gained popularity in order to increase the accuracy of load forecasting. Artificial intelligence (AI) is a subfield of computer science that aims to develop robots and systems capable of doing activities that would ordinarily require human intellect, such as learning, thinking, and decision-making.

A lot of research is now being done on the topic of load forecasting. It is classified as multivariate time series forecasting or univariate

time series forecasting based on the kind of input information. The forecast is split into ultra-short-term, short-term, medium-term, and long-term forecasts based on the duration of the forecast, and the forecast results are classified into point forecasts, interval forecasts, and probability predictions depending on the degree of information detail. It is vital to note that the prediction process comprises data cleansing and feature analysis in addition to numerical prediction.

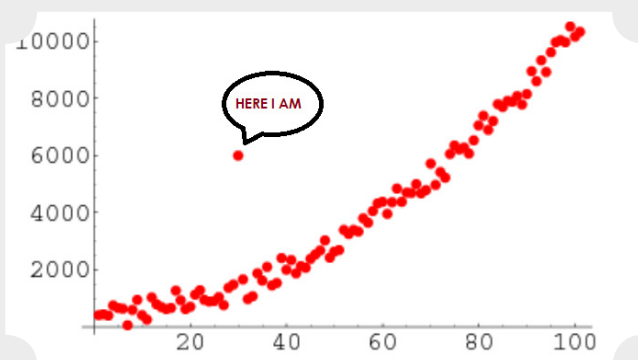
Data processing

Data processing is based on multivariate or univariate time series, depending on the kind of data. Load parameters such as historical load, air temperature, air pressure, relative humidity, precipitation, wind direction, wind speed, shutdowns, and electricity price are chosen as useful factors for multivariate time series load forecasting. As you can see, multivariate time series encompass a large volume and a variety of data types. To increase prediction accuracy, it is required to rectify any aberrant data that may occur in a huge quantity of data as well as to choose the data from among the many categories of data that has the largest effect on the prediction results, a process known as cleaning. Selection of data and features.

Data cleaning

Data cleaning is the process of removing duplicate data, correcting outliers (data that fall outside of a specified distribution region or range), and providing data in a standard manner.

Missing values in samples may be filled using the mean, median, mode, a random value from neighboring samples, or by predicting missing values using a clustering algorithm. Of course, missing values may be deleted when the number of samples is quite large and the ratio of samples with missing values to total samples is very low.



When we acquire information from many sources, the format is not always the same, and we must combine it. Why? Because artificial intelligence models can only accurately recognize and learn this information if it is presented in the same way. Methods such as numeric, time, and date format integration may be used for this purpose. Furthermore, integrated formats need data normalization to be rescaled to the 0–1 range. Methods of normalization include min-max, z-score, and one-shot coding.

Feature Creation

To increase forecasting accuracy, time lag and moving average features are created at this stage. The time-lag feature contributes information about the features' previous values to the model, while the moving average smooths the curve, minimizing noise.

Features Extraction

Following the preceding data processing procedures, feature extraction is a critical phase that influences prediction accuracy. Historical load, temperature, air pressure, relative humidity, precipitation, wind direction, wind speed, date, holidays, power price, and so on are examples of multivariate time series. To reduce noise interference and boost prediction accuracy, we must pick some of the most effective components from among several variables.

Artificial intelligence models

Machine learning models and deep learning models are the two types of artificial intelligence models. To begin, we provide baseline models to assess how AI models may increase load forecasting accuracy.

Basic models

This section looks at two conventional load forecasting techniques. If the model's prediction accuracy is equal to or worse than that of the basic model, the model should be updated or abandoned. Several fundamental methods, including as the Persistence algorithm and the Rolling window approach, are employed in load forecasting. Persistence algorithm, often known as "Naive prediction," utilizes the value of load at time $z-1$ as the projected value of load at time z . Forecasting using a sliding window entails computing a statistic, such as the mean or mode, and then utilizing a fixed continuous block of past data as a prediction.

Machine learning models

Machine learning models are divided into neural network models and statistical learning models.

Neural network models

Back-Propagation Neural Network (BPNN) is the most basic neural network model. BPNN is a multi-layer feedforward network that is trained using the recurrent feedforward technique. Its central concept is the gradient descent technique. The gradient search methodology minimizes the mean square error between the network's actual and predicted output values. The input layer, hidden layers, and output layer are shown in Figure 4 of the BPNN's three-layer structure design. In general, the number of neurons in the output layer for regression issues is 1.

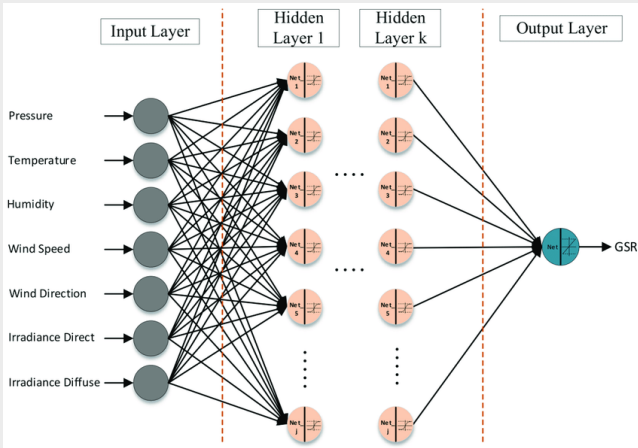


Figure 4- The structure of backpropagation neural networks with seven inputs, one output and several hidden nodes.

Many BPNN-based upgraded neural network models exist to compensate for the shortcomings of BPNN's poor accuracy and high execution time, such as Elman Neural Network (ENN), Wavelet Neural Network (WNN), Extreme Learning Machine (ELM), and others.

Statistical learning models

Statistical learning theory derives statistical rules from training data and predicts test samples using these rules. Linear regression (LR), support vector regression (SVR), decision tree (DT), decision forest (RF), gradient boosting decision tree (GBDT), and XGBoost are all examples of common statistical learning.

Deep learning models

Deep learning models with a high number of data samples, such as Recurrent Neural Networks (RNN) and Convolutional Neural Networks (CNN), have better learning capacity. Because the nodes between the hidden layers are connected and the input to the hidden layer includes the output of the input layer as well as the output of the previous hidden layer at the same time, the RNN remembers the previous information and uses it to calculate the current output. In the long-term sequence training process, LSTM is a form of RNN that handles gradient vanishing and gradient bursting difficulties. The primary components of an LSTM network are a forgetting gate, an input gate, an output gate, and a memory unit. Figure 5 depicts its particular structure.

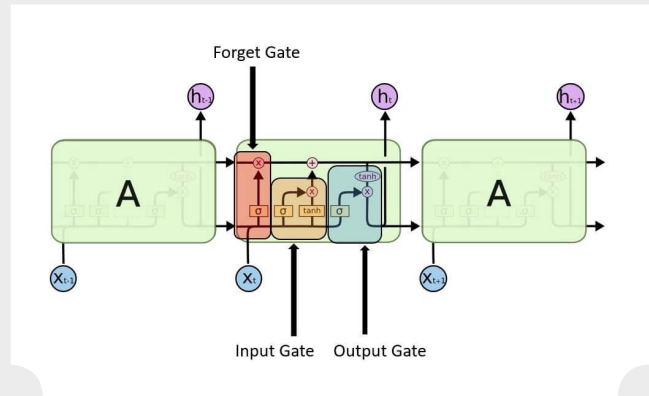


Figure 5- LSTM network architecture

Evaluation metric

Evaluation metrics are essential for assessing the performance of models and facilitating comparisons in order to enhance parameters. The metrics may be classified into two distinct types, namely dimensional and dimensionless.

In the field of metrics with dimensions, many measures are often used, including mean square error (MSE), root mean square error (RMSE), and mean absolute error (MAE), among others. The Mean Squared Error (MSE) is a metric used to quantify the disparity between the predicted amount generated by a model and the corresponding actual value. The acronym RMSE stands for root mean square error. The Mean Absolute Error (MAE) is a metric that quantifies the average absolute difference between the predicted amount and the actual value.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_i^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \tag{1}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^n (y_i - \tilde{y}_i)^2} \tag{2}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i^n |y_i - \tilde{y}_i| \tag{3}$$

In the above equation, y_i represents the actual value of sample i , \tilde{y}_i represents the predicted value of sample i , and N represents the total number of samples.

When the data used in different studies are different from each other, the application of dimensional metrics becomes inadequate for accurately comparing the performance of the models employed throughout these investigations. Therefore, it is essential that we use the dimensionless index. Dimensionless indices usually include the Coefficient of Variation of Root Mean Squared Error (CVRMSE), the coefficient of determination (R^2), and the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The equations are presented as follows:

$$R2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} * 100 \quad (5)$$

$$CVRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / N}}{\sum_{i=1}^n y_i / N} \quad (6)$$

The last word

Load forecasting techniques are often used by power system operators and planners in power companies. However, in the load forecasting competition, people who are adept in statistical approaches, econometrics, and computer science provide better results and design models that outperform their opponents.

Newcomers to the area of load forecasting are seeking the best strategy, but the quick and easy response should be none! In load forecasting, no technique is preferable to another. The ability to apply the strategy is more significant than the method itself in terms of load forecasting accuracy. In the same competition, a neural network specialist and a regression expert may wind up with equal forecasts, but their predictions are likely to be better than those of those who have no deep expertise using any specific approach or modifying the models.

Load forecasting is a multidisciplinary subject. Collaboration between industry and academia, as well as between the energy sector and other areas like meteorology and data science, may lead to new insights and advancements. Better models may be generated through collaboration and interaction

References

1. L. Ekonomou, C.A. Christodoulou, V. Mladenov- A short-term load forecasting method using artificial neural networks and wavelet analysis- *International Journal of Power Systems* 1 (2016) 64–68.
2. Q.H. Wu, J. Gao, G.S. Hou, B. Han, K.Y. Wang, G.J. Li- Short-term load forecasting support vector machine algorithm based on multi-source heterogeneous fusion of load factors- *Automation of Electric Power System* 40 (5 (2016) 67–72, 92.
3. W.N. Chen, Z.J. Hu, J.P. Yue, Y.X. Du, J. Qi- Short-term load prediction based on model of long-short-term memory network and light gradient boosting machine- *Automation of Electric Power System* (2020) 1–9.
4. S.Sp. Pappas, L. Ekonomou, V.C. Moussas, P. Karampelas- Adaptive load forecasting of the Hellenic electric grid- *J. Zhejiang Univ. Sci. A* 9 (12) 008) 1724–1730.
5. Y.F. Lin, S.S. Zheng- Time difference data cleaning algorithm based on normal distribution rule- *Electronic Technology & Software Engineering* 24 (2021) 194–196.
6. W.H. Li, H. Chen, K. Guo, S.R. Guo, J.M. Han, Y.Z. Chen- Research on electrical load prediction based on random forest algorithm- *Computer Engineering and Applications* 52 (2016) 236–243. Dec.
7. B. Dietrich, J. Walther, M. Weigold, E. Abele- Machine learning based very short term load forecasting of machine tools- *Appl. Energy* 276 (2020), 115440.
8. Z. Wang, T. Hong, M.A. Piette- Building thermal load prediction through shallow machine learning and deep learning- *Appl. Energy* 263 (2020)- 114683.
9. M.H. Pham, M.N. Nguyen, Y.K. Wu- A novel short-term load forecasting method by combining the deep learning with singular spectrum analysis- *IEEE Access* 9 (2021) 73736–73746.
10. Z. Chen, Q. Xue, R. Xiao, Y. Liu, J. Shen- State of health estimation for lithium ion batteries based on fusion of autoregressive moving average model and Elman neural network- *IEEE Access* 7 (2019) 102662–102678.
11. Y.G. Cinar, H. Mirisae, P. Goswami- Period-aware content attention RNNs for time series forecasting with missing values- *Neurocomputing* 312 (2018) 177–186.

Digital Twin

▶ Author: Mohammadreza Khamooshi

A digital representation of a physical object, process, or service constitutes its digital twin. A digital twin may represent a digital replica of a tangible entity, including but not limited to jet engines, wind turbines, structures, or an entire metropolis. Additionally, processes can be replicated using digital twin technology so that data can be gathered to predict their performance. A digital twin is a computer program that generates simulations capable of predicting the performance of a product or process using data from the physical world. The implementation of software analysis, artificial intelligence, and the Internet of Things can assist in augmenting the output of these programs. In order to foster innovation and enhance performance, these virtual models and patterns have emerged as a fundamental principle in contemporary engineering due to the development of machine learning and other factors, including big data.

Definition of a digital twin

Synchronizing the data of a digital duplicate of a physical object is associated with the notion of a digital twin. In 2003, the University of Michigan, America, introduced the notion of a digital equivalent for a physical version and a digital version designed to simulate, monitor, and optimize the physical object for the first time.

The physical product, which Michael Graves referred to as its digital counterpart, was his proposal. In contrast, the National Aeronautics and Space Administration (NASA) implemented a digital twin for the first time in practice during the Apollo mission to monitor the spacecraft's status.

Despite the fact that the current definition of digital twin appears ambiguous and requires clarification, it can be categorized or utilized for the following four purposes:

1. The capability to simulate: the digital twin is identical to its physical counterpart; that is, the digital model is in the same design, production, usage, and maintenance condition as the physical counterpart.
2. Possessing a high degree of operational precision: the digital counterpart is capable of faithfully simulating the physical version's behavior within the virtual environment. This procedure necessitates the implementation of multi-physical modeling and ongoing model updates throughout its lifespan.
3. Being in the moment: Unlike the corporeal version, the digital counterpart undergoes changes rapidly and with minimal latency. Due to the advancements in mobile communication and Internet of Things (IoT) technology, this has been accomplished.
4. Controllability: any modifications implemented on the physical or digital counterpart of the visage have the ability to influence the corresponding version. This function generates convergence between digital and corporeal siblings by closing their cycle

Tools associated with digital twin

Digital twins are composed of the four components illustrated in Figure 1:

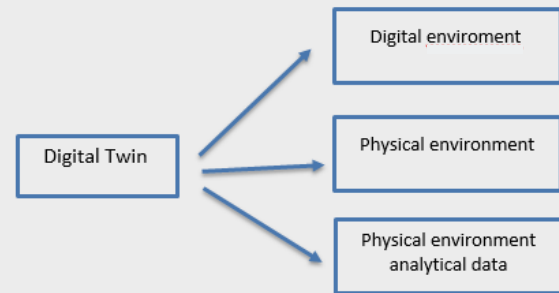


Figure 1

Building Information Modeling (BIM) incorporates critical and valuable data via sensors and utilizes the acquired data in the monitoring procedure. However, it lacks the capability to analyze the present conditions of every circumstance on a construction site. Despite the benefits offered by BIM, the processes of safety planning, monitoring, and control remain laborious and susceptible to errors. Additionally, certain sensor-based safety management models employ costly surveillance equipment, including drones. The ability (BME) has facilitated a substantial portion of the research conducted in the domain of digital twins that is centered on this technology. Additionally, it is possible to assert that these two share similarities, which pertain to their intended use, underlying technologies, and ultimate consumers.

The application of numerous technologies in the construction industry, including BIM, virtual reality (VR), and the IOT, has been studied and investigated to date. The digital twin is capable of influencing the majority of these technologies and filling in their extant spaces. Communication between diverse tools, including but not limited to computer vision, tag recognition systems, smart sensors, and communication networks like the Global Positioning System (GPS), is feasible through the utilization of digital equivalents. and fostered solidarity in order to facilitate efficient monitoring and control of the undertaking.

Input and data constitute the digital twin's foundation. Rapidly, this data is gathered and interconnected through the utilization of instruments including sensors, gauges, RFID devices, cameras, scanners, and so forth. A lot of different kinds of information are delivered quickly to the digital twin. Border computing is utilized in lieu of gathering this information due to its expense and complexity. The utilization of 5G technology in border computing enables the processing of received data, thereby reducing network load and the likelihood of data leakage. Additionally, mapping and fusing the ac-

quired information will be required for comprehension.

Furthermore, to facilitate the intricate interplay between the physical and digital models, it is customary to employ the automatic markup language (AutomationML) to represent the digital counterparts attributes. Effective data exchange has occurred between various systems that are linked to the digital twin using this model.

The operation of digital twin technology

Applied mathematicians or data scientists investigate the mechanics and operational data of a physical object or system in order to simulate a mathematical model of it and produce a digital twin. It is imperative for digital twin developers and researchers to guarantee that the virtual computer model is capable of receiving feedback from sensors that gather data from the physical counterpart. As a result, the digital version can simulate and replicate whatever is happening in the original version at that precise moment (Figure 3). The level of complexity or simplicity in the design of a digital twin is determined by the quantity of information utilized to simulate the physical world to a precise degree. In the midst of production, a digital duplicate of the prototype may be utilized to solicit product feedback; alternatively, the prototype itself may be presented alongside the physical version as a tangible sample.

Solving challenges with a digital twin

Due to the digital twin's applicability across numerous industries, including automotive, healthcare, and power generation, it is currently being investigated as a potential solution to numerous problems. Thus, difficulties such as fatigue testing and enhancing the performance of racing vehicles and wind and marine turbines against corrosion can be mentioned. By simulating hospitals, this technology reduces expenses associated with patient monitoring, preventive maintenance, health care delivery, and the identification of methods and approaches for advancement in this domain. Through the use of digital peers, users are able to investigate solutions pertaining to prototype testing, product life cycle development, manufacturing, and process optimization. A digital peer can, in such circumstances, practically detect the flaw in the sample and correct it prior to production.

The formation of digital twins

In 1991, the book «Mirror Worlds» by David Gelreuter introduced the notion of digital twins. Michael Graves, an individual affiliated with the Florida Institute of Technology, was the initial practitioner of this concept in his productions. Graves made the formal introduction and description of the digital twin concept at the 2002 Society of Manufacturing Engineers conference in Troy, subsequent to his transfer to the University of Michigan. However, it was NASA that initially adopted the digital twin notion and technology in 2010, with John Vickers of NASA employing the concept to gener-

ate digital simulations of space capsules. Gartner's 2017 identification of the digital twin as one of the ten most significant strategic technology trends accelerated the spread of the concept. Subsequent to that time, this notion has been implemented in an assortment of emerging industrial processes and applications.

Classifications of digital twins

Three distinct categories of digital twins can be distinguished, each representing a distinct phase of process utilization.

Whether during the design, implementation, monitoring, or product development stages, digital twins can be utilized to assess a process or product in order to reduce costs and save time.

The benefits of employing a digital twin

Whether and where a digital twin is implemented can affect the extent of its advantages. For instance, maintenance expenses can be reduced by employing a digital twin to oversee pre-existing equipment like a wind turbine or an oil transmission pipeline. Additionally, digital duplicates can be implemented in pre-production prototyping to decrease product defects and accelerate time to market. The digital peer can also be used to improve processes by making sure that the supply chain is in sync with the needs of production or maintenance, or it can be used to keep an eye on staffing levels in relation to output.

Common advantages of this technology include enhanced availability and dependability via performance simulation and monitoring. By predicting malfunctions prior to their occurrence, this technology can also mitigate the risk of unscheduled events and breakdowns, lower maintenance expenses, and prevent adverse effects on production objectives through the organization of maintenance, restorations, and replacement part orders. In addition to analyzing customization models to facilitate continuous development, Digital twin can guarantee product quality by conducting real-time performance testing.

Due to the distinctive characteristics of this technology, the application of digital twins is not feasible and appropriate in every domain and may introduce further complexities. Certain business challenges may be resolved expeditiously and inexpensively, without the need for a digital twin.



Figure 2- Oil rig simulation

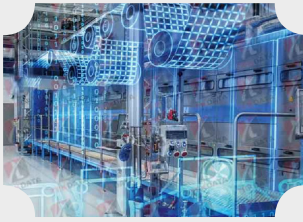


Figure 3-Simulation of the path of pipes in Jat factory

The application of digital twins

Digital twins find utility across diverse industries and serve a multitude of purposes and applications. Prominent examples include:

Production

In addition to reducing production time, the digital twin can simplify, streamline, and reduce the cost of production.

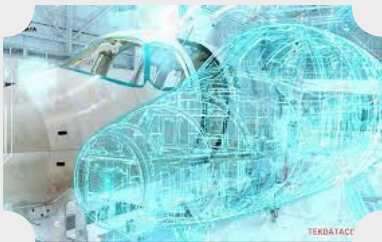


Figure 4-airplane simulation

Vehicle manufacturing

The car industry is one application of the digital twins, which are utilized to gather and analyze operational data of a vehicle for the purpose of assessing its actual condition and providing insights for product enhancements.

Sale

Beyond the realms of manufacturing and industry, the retail sector employs digital twins to simulate and improve the consumer experience, encompassing both individual stores and shopping centers.

Medical Cares

The digital twin has proven advantageous in the medical industry across various domains, including risk-taking procedures, surgical training, and organ donation. Individuals who are in hospitals, locations where infections may exist, and who may be at risk through contact with infection are modeled and identified by the technology.

Crisis Management

The pervasive consequences of climate change in recent years have been detrimental on a global scale. Digital twins can combat the destructive effects of these changes by increasing public awareness of intelligent infrastructure, emergency response plans, and climate change monitoring.

Smart cities

Additionally, cities can be made more economically, environmentally, and socially sustainable through the use of digital twin. In addition to assisting with the resolution of numerous complex chal-

lenges faced by contemporary cities, virtual models can also aid in planning decisions. By promptly addressing issues, for instance, certain incidents may be averted. By utilizing digital twins, it becomes feasible to ascertain the capacity of hospitals in order to facilitate targeted responses to crises.

Digital twin for urban areas

A digital twin, coming into smart cities, is a model of the physical world that serves as a virtual representation of the city. Real-time visualization of the city using data sources including urban infrastructure and buildings, vehicles, people movement, and business facilities is rapidly transforming digital twins into an important instrument.

if we effectively lower both the cost of and the chance of failure by testing everything in a virtual model before putting it into action, Prototyping and experimentation can significantly enhance urban resilience. Just by having up-to-date emergency information situations, it will empower urban planners to effectively distribute the required resources. Additionally, optimization of traffic and operational planning are enhanced. The implementation of a digital twin within the fire department is an illustrative example.

When something fires in an urban region, firefighters can identify the population of the area and predict the behavior of the fire using 3D models created by digital twins and sensors installed at the site of the fire. The urban digital twin goes beyond the use of cameras in the urban environment and can provide different services to different costumers. Using a digital twin, demands can be identified and the environment and services can be improved. The requirement for the implementation of the digital twin is to have open data policies and the development of the urban structure in different sectors so that anyone who has the necessary permission can access the programs of this system and the take suitable decision.



Figure 5-slicing urban structure by digital tween

Application of digital twin in construction

In the construction, the digital twin can use analyzes and simula-

tions based on artificial intelligence to represent objects, employees, equipment, and various conditions in real time and make decisions and achieve more profitable results. The digital twin combines the information model and the physical model of the product and therefore leads to frequent optimization of the models. This optimization method shortens the overall design process and reduces the possibility additional affords after reconstruction.

Digital twin technology has various applications in the industry, most of these applications are in different stages of production. The digital twin can reduce costs and increase quality in the manufacturing sector with the help of the vast amount of information. Also, by providing project information in a detailed form, it leads to the effective management of the project's costumers. In addition to the mentioned cases, the digital twin can help in various management departments such as resource management, materials, timing, quality and sequence of affairs.

In the project operational and maintenance section, the users of the project may have doubts and worries in terms of reliability or convenience. Having different operations and costumers in a project disrupts data integrity. This problem is solved with the help of digital twin and easier circulation of information. In addition, the digital twin helps with facility management, maintenance, monitoring, support, and energy simulation in the project. This twin helps facility managers to make decisions regarding building maintenance, building performance management, saving time and money, and optimizing energy consumption.

The section that has been ignored from researchers than the other is the destruction and recovery. A digital twin helps preserve equipment and assets that will likely destruct in the near future.

In the context of the effect of the digital twin on the integrity of the building structures system; In the research conducted by Grigor Angjeliu on a historical stone, it shows that the changes of the structures in different stages of construction are clearly understandable through the digital twin. It can also be used to ensure the efficiency of components when put pressure and force on the building.

Digital twin can be used in various ways to improve the existing situation in construction projects. In the research conducted by Kaewunruen and Xu, a digital twin model for the stability of railway buildings is designed with the help of a six-dimensional BIM model. In another research conducted by Pan and Zhang, a closed-loop structure of digital twin is presented, which is linked with BIM, Internet of Things and data mining methods. This structure can be used for advanced project management and easier optimization of construction processes.

The digital twin provides a platform that the real conditions of the construction environment can be virtually modeled. Therefore, it is possible to simulate different cases related to a construction project in an unreal situation and receive workshop information instantly in this virtual environment. With the help of this tool and the large

amount of data it provides to the costumers, it is possible to better identify the status of the work environment and related risks, or even by combining it with other tools such as artificial intelligence, the process of identifying unsafe situation automatically can be performed.

In the end, it should be mentioned that the digital twin can be a very suitable and practical tool in the way of securing projects in the construction industry. However, it should be noted that the use of this tool in this industry, especially from the safety aspect, has not been well studied and there is a need to conduct extensive research in this field and investigate the possibility of combining digital twin with different technologies in order to increase its efficiency.

DC motors modelling and simulations

A common actuator in control systems is the (DC) motor, which directly provides rotary motion and can provide translational motion along with wheels or drums and cables. The electric equivalent circuit of the armature and the free body diagram of the rotor are shown in the figure below.

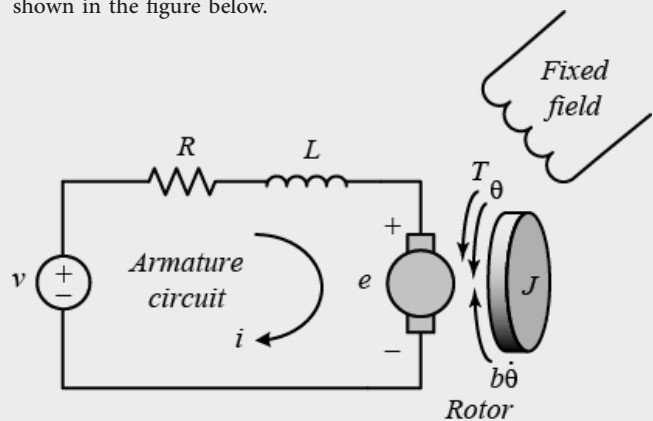


Figure6 – DC motor structure

0.01 N.m/Amp	torque steady motor (T)
0.01 V/rad/sec	electromotor constant force (Ke)
1 Ohm	resistance (R)
0.5 H	inductance (L)

DC motor differential relations

$$\begin{cases}
 J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = K_i i & \text{mechanical side formula} \\
 L\frac{di}{dt} + Ri = V - K_e \dot{\theta} & \text{Electrical side formula}
 \end{cases}$$

$T = K_t i$
 $e = K_e \dot{\theta}$

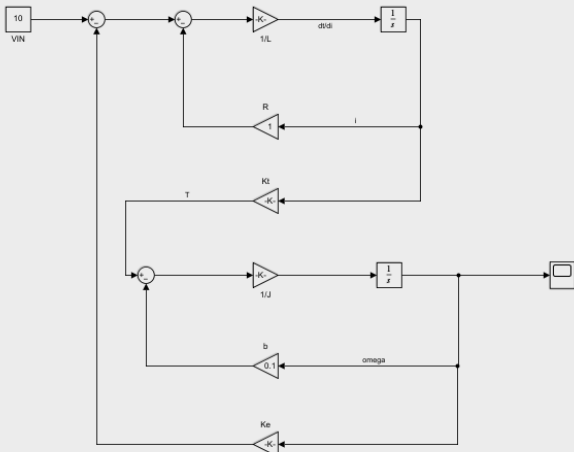
To model the DC motor in MATLAB software, with the help of the Simulink, we start placing component after selecting the “sum-gani” icons, as well as the input and output icons and the integral transformation. As you can see in the picture, the upper part of the picture is related to the mechanical formula of the DC motor and

the lower part is related to its electrical part. We know that the task of the engine is converting electrical energy into mechanical energy; According to the image that clearly shows how to wire and connect each of the components, we advance the model step by step. This is for our modeling with the help of mathematical relations that we have been able to get an output by giving input to the simulated DC motor circuit which at the end of simulation after giving data to the input and run the simulation, by clicking on the scope or output, model will be graphical exponential with respect to its data.

The DC motor is a coupled system that is electromechanical and has two electrical and mechanical circuit parts; these two parts are coupled together due to the mechanism in the system.

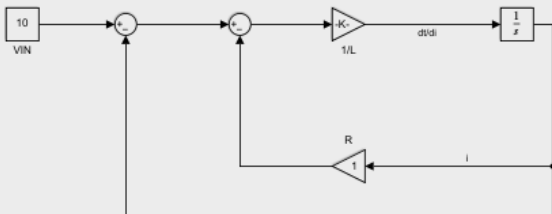
which we can implement as a quadratic equation. To start modeling in the MATLAB Simulink, we first need a constant input, sum, scope, integrator and gain from the Simulink library browser section.

To wire, like Figure 7 we connect items t to each other.



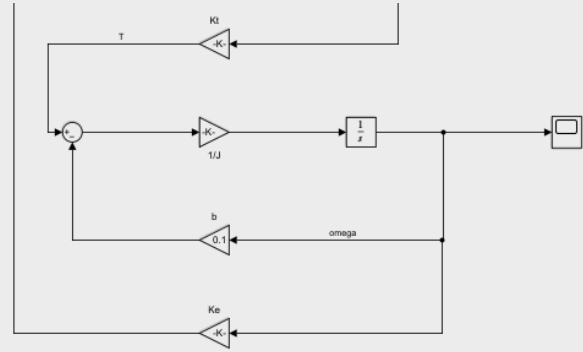
Figure_7

Figure-8 is the coupled mechanical and electrical system of the DC motor in the MATLAB Simulink



Figure_8

If we were to draw the electric part in the circuit alone, it would be in the form of the above figure. This circuit will be based on the formula. $di/dt=1/L(v-e-Ri)$



Figure_9

The lower part of the circuit (figure 9) is related to the mechanical part of the DC motor which, as you can see in the figure, will be simulated by the formula $T=b\omega+J$, which is finally coupled with the complete circuit; Figure 7 will be its complete circuit, but in the end, to ensure our simulation is working , we set the value in each gain as in Figure 7 - which is the general form of the simulation process - and then click on the RUN icon. Simulink will display the final result.

By clicking on the scope, the final answer will be display in the form of an exponential graph, which will be variable compared to the initial data and gain.

References

<https://iranmct.com/>

Video Mr. "Chris O'Connor", the director of the Internet of Things (IoT) business department of the company.

<https://iranautomation.com/>

Article investigating the use of digital twin in improving safety conditions

ARM 32 bit micro controllers

▶ Author: Nima Nouri
introduction

In the modern world, controlling devices is one of the most key features to obtain the behavioral characteristics and performance of a system. In the real world, we need optimal and powerful hardware to fulfill our software needs. We put together a set of components to make this hardware. In the assembly of a computer, we need:

CPU¹ : To performing general Operation

GPU² : To perform graphical operation

RAM³ : Fast store and access to data

HHD⁴ : To store general data by slower speed

Mother Board: An interconnection between components

But the assembling of a personal computer is used to perform heavy operations and massive data. So, when our processing operations are very limited and the data size is not large; Is it economically justified to pay a lot of money to assemble a hardware with very high or average specification? after this question , microcontrollers were used in order to reduce costs and provide computer functions in smaller dimensions.

MCU⁵

Let's imagine the same PC structure and gather all the component in a specific package. This time, we use a special CPU for processing, although in AT mega and 8-bit series microcontrollers, the task of processing is performed by the ALU⁶ . For storage component, SRAM, FLASH, EEPROM storages are used in a smaller volume and a great variety, such as 512 kilobytes or more and less than this size. In order to communicate between the microcontrollers themselves or with other devices, protocols and SPI, UART/USART, I2C interfaces, as well as for making and collecting analog and digital signals, protocols like ADC and DAC interfaces are embedded in microcontrollers. For counting and timing, units like counters which are named TIMERS placed in microcontrollers to create desired and different frequencies or times for variety of applications. Microcontrollers can be categorized in different aspects; Such as 32-bit or 16-bit structure, which is similar to Thumb architectures (1 and 2 Thumb) and 8-bit, which is from another family with lower features and speed.

- 1 Central Processing Unit
- 2 Graphic Processing Unit
- 3 Random Access Memory
- 4 Hybrid Hard drive
- 5 Micro Controller Unit
- 6 Arithmetic logic Unit

In this article, our main focus will be on 32-bit microcontrollers of the ARM family.

ARM company is not actually a manufacturer and supplier of microcontrollers, but only do architecture design of microcontrollers. Other companies Microchip, STM32, Texas Instrument use the ARM core and also add many features to the microcontroller for their desired applications. ARM company has designed a wide range family of microcontroller cores called CORTEX.

CORTEXM0, CORTEX M0+, CORTEX M1, CORTEX M4 ,CORTEX M7

Families sorted by the order of performance and frequency from left to right, that do not require high processing to, has a complete set of high input and output pins, higher frequency, the wider settings for peripherals and more advanced features are included for extensive applications.

The introduced blocks are taken from the data sheets of the microcontrollers and are more complicated than the general blocks for introducing peripherals. In order to prevent meaningless context, CTR control registers and description of control bits have been omitted. Readers can learn about the general function of these control registers by looking more closely at the figures, and those interested can learn more about these registers by reading the references.

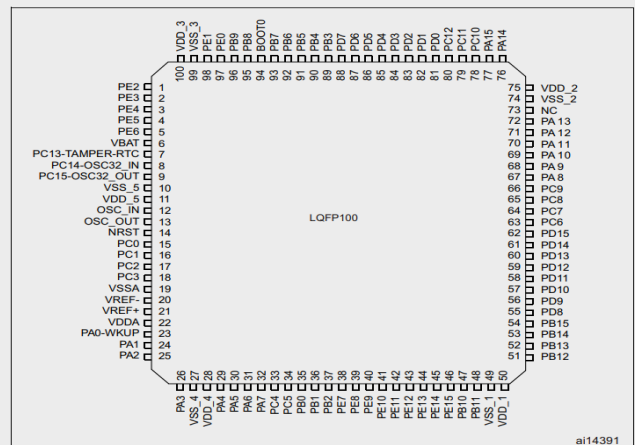


Figure 1 the picture of the ST family microcontroller in the stm32cubeMX software environment

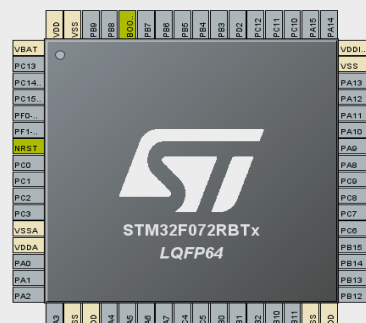


Figure 2 the image of ST family microcontroller with LQFP package

For better understanding, a microcontroller from the STM32 family (STM32F407VG) has been selected for the basis of this article and describe microcontroller architecture and features.

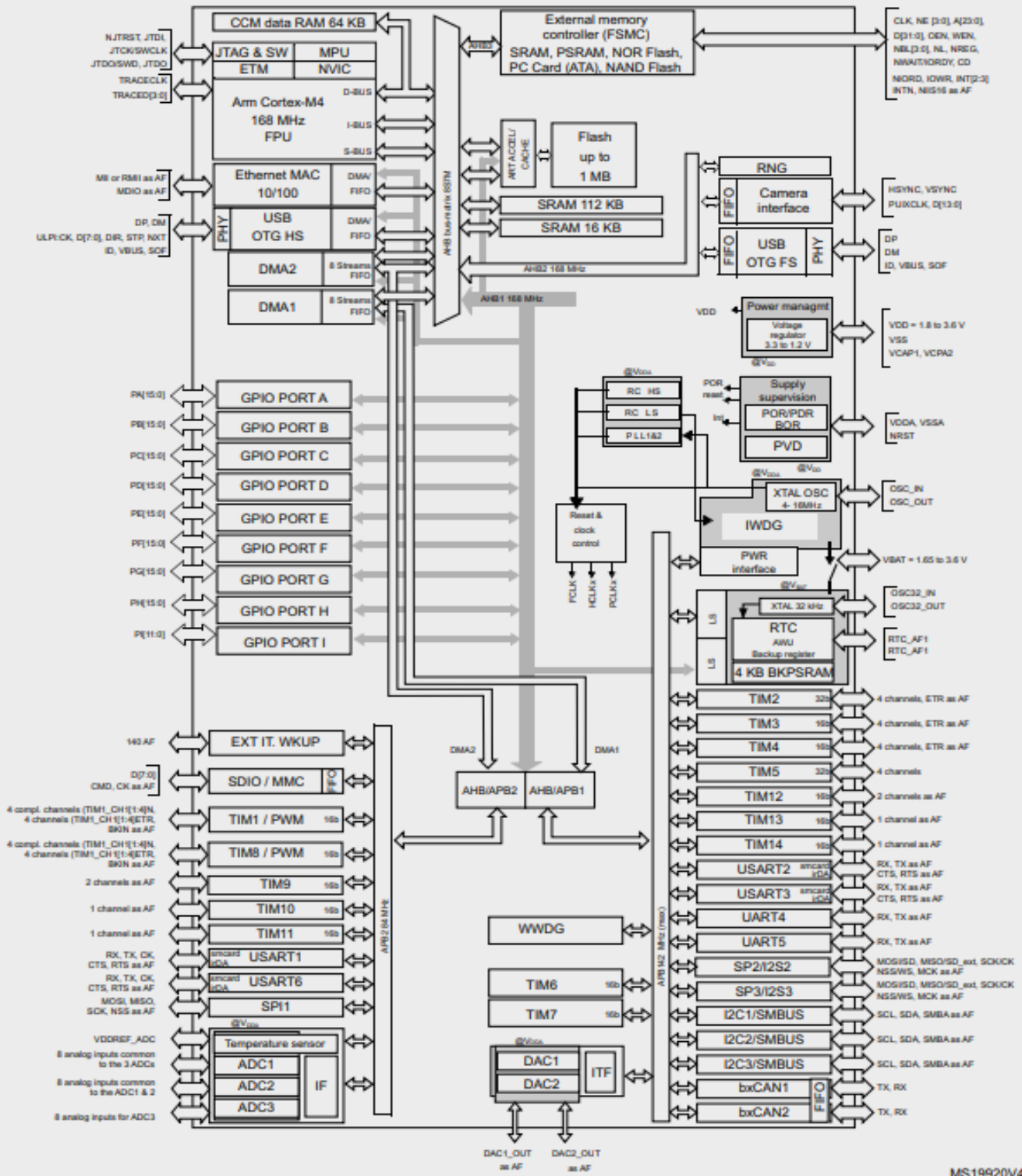


Figure 3 STM32F407VG main block

For a complete review, we together, go step by step and introduce the important and important block diagrams one after the other from Figure 3.

If you look at the upper left side of the picture, you will see the main part of the microcontroller (ARM CORTEX M4) and also the programming and debugging protocols called JTAG and SWI. SWI protocol can be used in STM32 microcontrollers with less pins than JATG protocol.

NVIC⁷

The task of this block is to check and apply interrupt sequences in the microcontroller. In microcontrollers, interrupts are used in order to optimally use the microcontroller and not doing heavy processing commands and repetition in the main loop of the program. The interrupt occurs in such a way that when the microcontroller starts or finishes a specific internal process, or when the microcontroller is externally triggered, the expected interrupt in the microcontroller is detected and corresponding written Functions and commands can be executed. The NVIC unit prioritizes and manages these interrupts, which interrupt has the highest priority when multiple interrupts occur, and the corresponding commands must be executed.

DMA⁸

The direct memory access unit is responsible for communicating and transferring data from the memory directly to peripheral units of the microcontroller or transferring data from memory to another memory without passing in the processing unit. A specific example is as follows: By the time we use the ADC unit, the sampled signal is transferred directly to the memory block and the microcontroller is no longer involved in the processes related to the ADC unit.

With closer look at Figure 3, we notice that these blocks are connected to each other by communication lines that bolded by arrows. These lines are called Bus and are controlled by the Bus Matrix unit. Bus lines are divided into two transmission lines APB and AHB.

APB⁹

These lines are used to connect peripheral units such as ADC, UART/USRAT, SPI, etc. The reason for this is that the operating frequency of important units such as SPI, ADC, etc. is much, much lower than the operating speed (frequency) of the microcontroller itself. The difference in operating speeds causes disruption and reduction in the processing speed of the microcontroller, so by adding these lines, peripheral units with a lower operating speed can communicate with processing units with a higher speed without malfunctioning the overall process.

AHB¹⁰

7 Nested Vector Interrupt Controller

8 Direct Memory Access

9 Advanced Peripheral Bus

10 Advance High Speed Bus

This communication line is used to connect units that need to communicate with each other with high operating frequency and speed. Such as: connecting the core of the ARM processor with memory units or USB and camera for image processing applications.

Now, after a general introduction to the bus lines, we will check the main transmission lines that come out of the processor core. As shown in the image beside of the ARM core block, there are 3 main lines:

S Bus¹¹

D Bus¹²

I Bus¹³

Are come out of this block.

To introduce these lines, we can mention that data in microcontrollers is consists of two parts. Data includes information as well as instructions for processing on information. In general, information (data) through D bus lines to SARM memory (SRAM memory is a non-volatile memory that is used to transfer data at a very high speed) and FLASH memory (FLASH memory is also a non-volatile memory and It keeps the data permanently inside itself even after being disconnected from the power source.) are transmitted bidirectional. Processing instructions are also transmitted bidirectionally by the I Bus line as well as the D Bus line. S Bus generally control the overall aspects of the micro controller and has access to almost all blocks.

Now let's take look at the operating frequency and it works. If you look at the center and right side of the block diagram in Figure 3. You will see the RC unit. First, we will take a look at some expressions in order to get familiar with frequency units.

HSE¹⁴

HSI¹⁵

LSE¹⁶

LSI¹⁷

PLL¹⁸

Figure 4 shows the clock tree of the microcontroller, which can be used to explain the concepts more easily. The crystals used in the microcontroller are divided into two general categories; Internal and external crystals. In order to use external crystals, you must first find corresponding the input and output pins of the microcontroller crystal and also add two capacitors to stabilize the crystal from the nodes to the ground. You can change the frequency of different parts with prescalers and create the desired frequency. Also, the PLL

11 System Bus

12 DATA Bus

13 Instruction Bus

14 High Speed External Clock

15 High Speed Internal Cloak

16 Low Speed External Clock

17 Low Speed Internal Clock

18 Phase Loop Locked

unit has the ability to increase the input frequency to the maximum frequency. It should be noted that increasing the frequency beyond the value specified in the data sheet of the microcontroller may disrupt the overall performance of the microcontroller.

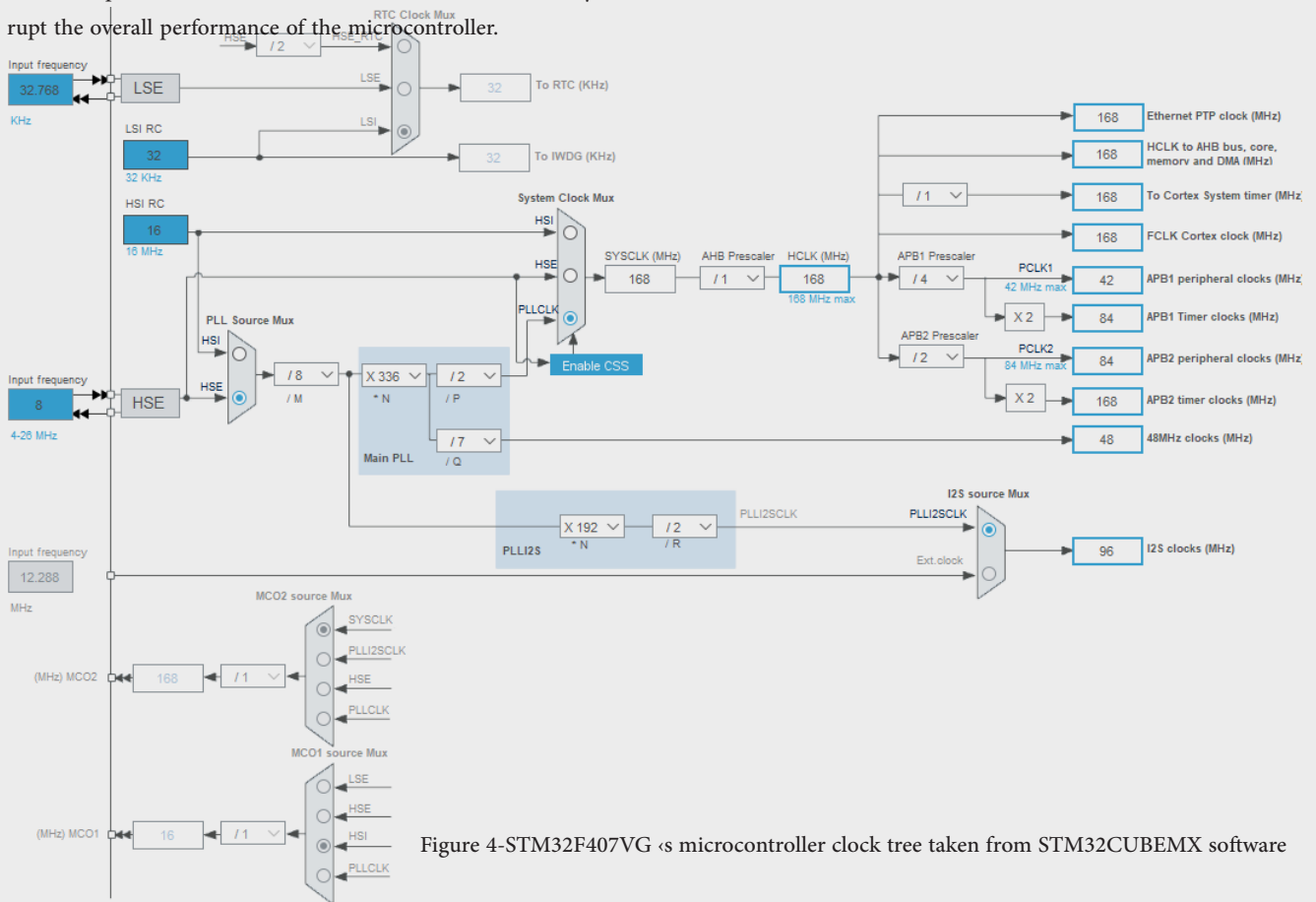


Figure 4-STM32F407VG microcontroller clock tree taken from STM32CUBEMX software

The mentioned features are generally common to all microcontrollers from different families and manufacturers. Also, peripheral units such as GPIOs, ADC and DAC and communication units such as SPI and UART/USART will be explained in the next sections. Also, it is so good we explain the characteristics of STM32F407VGT microcontroller according to its different units. This microcontroller has two APB buses, one with a speed of 48 MHz and another with a speed of 84 MHz. It is also equipped with a main AHB bus with a speed of 168 MHz. In the memory section, this microcontroller is equipped with 1 MB of FLASH memory and 196 KB of SRAM memory. Also, the amount of its internal and external crystals can be seen in Figure 4 of its clock tree.

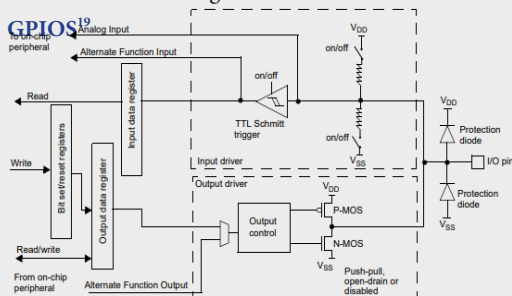


Figure 5 GPIO structure

19 General Popups Input/Output

All peripherals of microcontrollers are connected to the input and output lines. In fact, it is possible to activate the capabilities that are defined on specific lines. But in general, these lines have different abilities without activating the additional capabilities on them. In general, these lines have the ability to be used in interrupt mode or write logic 1 or 0 on them. In the general block diagram of GPIO's structure in figure 5 these lines are equipped with pull up and pull-down modes. The pull up mode is used to connect the line to the source in order to source current, and the pull-down mode is used to sink current from the load. If the lines are used as an output, push pull and open drain modes can also be used.

Writing logic on these lines is used to enable or disable or clarify the sending of commands or data in different modules such as LCDs. Also, the use of external interrupt such as pressing button is also very popular method.

Timers

Timers are actually counters that can count up or down to a certain number according to the settings. Timers are divided into several different categories. We will examine the normal timer in order to get familiar with the timer unit. Timers can be set by using the main

frequency of the microcontroller and registers related to:

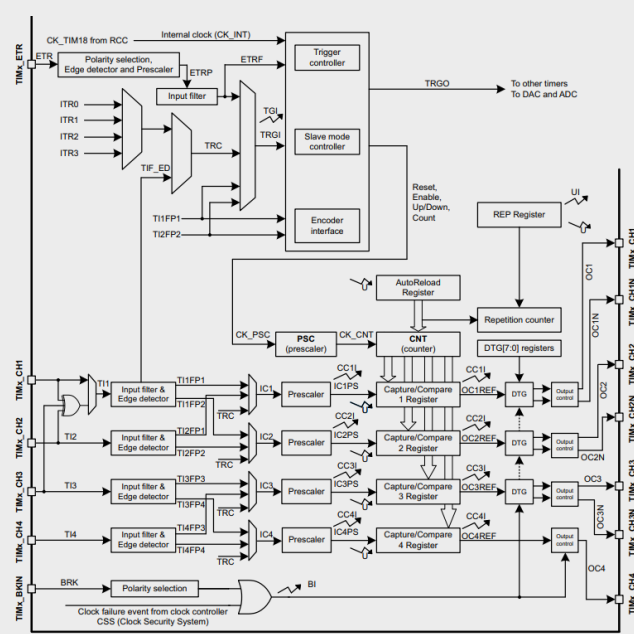


Figure 6 Timer Structure in STM32F407VGT

prescalers

ARR: Auto Reload Register

The frequency prescalers only set the main frequency of the microcontroller to our desired frequency. It is possible to set the value of the prescaler with a 15-bit register, with this choice we have the ability to choose a number between 0 and 2¹⁵. After setting the prescaler, you can set reload with ARR. This 15-bit register can also be set with an arbitrary number. Finally, the following formula is used to obtain the desired frequency. Adding these two registers with the number 1 is just for that adding of the number 0 in these registers does not produce an unknown frequency.

$$\frac{F_{cl}}{(Prescaler + 1) \times (ARR + 1)} = F_{timer}$$

Timers have the ability to receive clock pulses as Input Capture mode and can make interrupts according to the input signal. One of the important uses of timers is creating interrupts, because by creating interrupts in arbitrary time intervals, it is possible to prevent the use of delay commands which includes the overall operation of the microcontroller, and to execute commands and functions with arbitrary timing.

One of the special features of timers that we do not discuss in this article is the PWM. Briefly, in this mode, the timer creates a pulse with a desired DUTY CYCLE, which can be output by micro control pins for motor control applications, etc.

ADC²⁰

ADC is a 12-bit analog-to-digital converter, which means that the input voltage levels can be divided into 2¹² levels, and in each step,

20 Analog to Digital Converter

the actual value can be obtained from the following equation.

$$V_{out} = \frac{2^{12} \times V_{in}}{V_{ref}}$$

The conversion levels can be changed from the internal reference voltage level with respect to ADVREF which is one of the defined pins of the microcontroller. Also, ARM microcontrollers support ADCs with 10-bit resolution, which if selected, voltage levels reached just by changing s12 to 10 in the relevant formula.

This block also included the comparison circuit which, allows automatic detection of values below a level, above a level, within a given range or outside the range. Also, levels and ranges are fully adjustable.

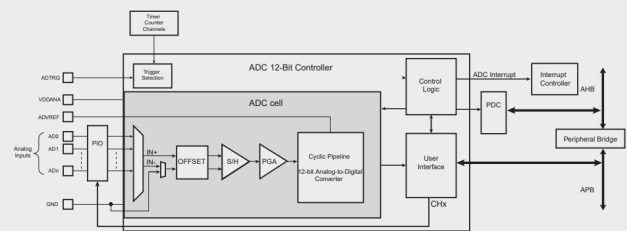


Figure 7 ADC structure

clearly, ADC needs a clock pulse for sampling the input signal. This can be produced and used internally and through the main frequency of the microcontroller, or this pulse can be captured as a trigger from the microcontroller pins as an input and from an external clock source.

ADC has two modes of single-ended input or fully differential input, and the differential input gain value can be adjusted.

If noise filtering is required on the ADC pin, an external isolator capacitor is required to filter the noise.

DAC²¹

A DAC is a 12-bit output digital-to-analog converter that can also be configured in 8- or 12-bit mode and may be used parallel with a DMA controller. In both mode, data can be left or right aligned. An input reference voltage, VDDA shared with the ADC, is available to reference output voltage. The output can optionally be buffered for higher current.

In this section, we focus on serial communication between different microcontrollers.

In micro-controllers, there are many capabilities for communicating with different devices, each of which has its own use according to its features and structure. In this section, we will briefly review UART/USART, SPI interfaces

UART/USART²²

Synchronous or Asynchronous Transceiver (USART/UART) pro-

21 Digital to Analog Converter

22 Universal Asynchronous/ synchronous Receive Transmit

vides a flexible way for full bidirectional data exchange with external equipment that requires USART standard NRZ non-synchronous serial data format. It can work with a wide range of baud rates using a programmable baud rate generator.

High-speed data communication is possible using DMA (Direct Memory Access) for multiple buffer configurations. Also, UART can be used with interrupts.

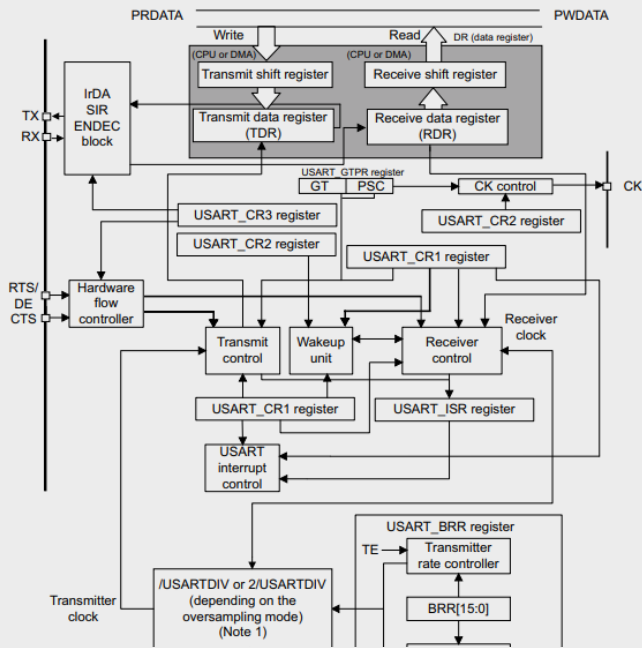


Figure 8 UART/USART structure in STM32F072RBT6

As can be seen in the figure 8, the UART/USART connection consists of three main parts. Clock organization section, send section and receive section.

TX:

The send is responsible for sending the data.

RX:

The recipient is responsible for receiving the data.

CK:

The clock unit is responsible for generating the clock pulse for synchronous operation.

The general function of UART is that one RX pin is responsible for receiving data and another TX pin is responsible for sending data. Since UART communication is an asynchronous communication, it does not need a clock pulse to receive and send. In order to use USART with a clock source, define a separate line for this communication mode. Serial communication has many features, according to its functional tree diagram shown in Figure 7, it is possible to apply synchronization and asynchronization settings in serial communication using control registers number 1 and 2. After applying the relevant settings and building the desired structure for sending and receiving data, which are briefly described in the features. the desired data from the APB lines is loaded in the data transmission

shift register and then it load in the data register for transmission. After loading the data in the sending data register, the sending starts with the desired baud rate. On the other hand, the same thing is repeated exactly to receive a data and the steps are done one after the other.

what is Baud rate: Baud rate is the rate of sending data bits per unit of time. One of the most used baud rates is 9600.

If we want to name some features of UART/USART as serial communication, we can:

1. Data transmission packet can be 8, 7 and 9 bits.
2. Communication can be bidirectional or only one-way.
3. You can choose the start bit of the data from 2 or 1 start bit and also the end bit from 1 or 2 end bits.
4. A wide range of different baud rates can be set for use, in control registers.

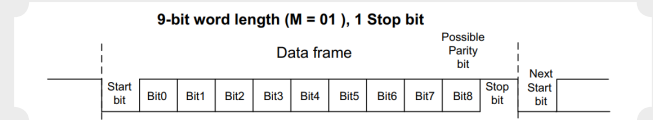


Figure 9 Overview of a packet containing 9-bit data in SPI²³

A Serial Peripheral Interface (SPI) circuit is a synchronous serial data linker that provides communication with external devices in Master or Slave mode. A serial interface is basically a shift register that sends bits of data serially, bit by bit, in sequence to other SPIs. In sending data, a system that can be the microcontroller or any device capable of transmitting data in master mode, SPI acts as the master and controls the data flow, while in other devices which are slaves, the data is transferred in and out by the master (shifts). Different micro-controllers can be masters in order, and this means that SPI communication is a multi-mode communication in order to consider bus lines where multiple master and slave devices are connected to each other. However, it is possible for only one slave to shift the output to deliver data to the master at any time.

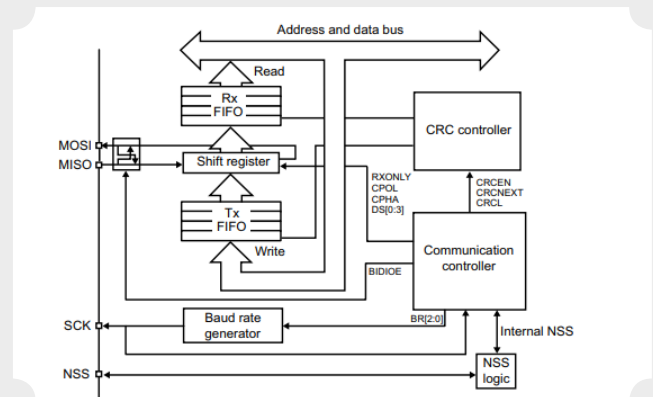


Figure 10 SPI structure

SPI pins:

MISO²⁴ :

This pin is used to transfer data from the master to the slave.

MOSI²⁵:

This pin is used to transfer data from the slave to the master.

SCK²⁶ :

This pin is the clock output of serial communication, which is always produced by the master.

NSS²⁷ :

This pin is used to select the desired slave.

SPI communication can have different modes which are as follows:

Full Duplex Communication:

There is a bidirectional communication between a master and a slave, that is, after sending data from the master, data can be received from the slave in one cycle of writing data in the common shift register.

Half Duplex Communication:

unidirectional communication is established when only the master sends data and no data is sent from slave.

In the end, the goal of this article was to create a general familiarity with the hardware and peripheral features of 32-bit microcontrollers for engineers and students. The most important part is the access and optimal use of these facilities, which is done by IDE programming environments, which is beyond the scope of this issue of the magazine. At the end, I hope you enjoyed reading this article.

references

1. دکتر سهیلا غروی ، درس معماری ریز پردازنده ها
2. خوش باطن،محمد :<مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM به زبان C سری LPC17XX ویراست دوم> . انتشارات نیاز دانش:1395
3. ره افروز،امیر :< میکرو کنترلر های AVR و کاربرد های ان ها > . انتشارات نص:1394
4. Udemy - Mastering Microcontroller and Embedded Driver Development 2022-10
5. STM32F405xx STM32F407xx DATA SHEET / reference manual
6. STM32F072TBT6 data sheet / reference manual
7. ST Presentation Documents
8. Atmel sam3x8e data sheet
9. www.Arduino.cc
10. www.wiki.st.com

24 Master In/Slave Out

25 Master Out / Slave In

26 Serial Clock

27 Slave Pin select

Quantum computers

▶ Author: Mahdi Mortazavi Azad

For simple writing and explanation of the article, is tried to add some appendices at the end of context. it is recommended to read appendices for better understanding.

Preface

Nowadays, with the wide development of information, the need for advanced processors with high speed and accuracy for studying and analyzing large amount of information is increasing more and more.

The Simulations in different fields of science prevent the waste of time and energy in the manufacturing process and by using the process of different information, manufacturing processes can be optimized and products with higher quality and efficiency produced. The developments in the science and the technology is tied to information and its processors, which in this article, we will familiar with the most important challenges in the development of these processors, such the entering to the world of laws of Quantum Physics and the need of recognizing and controlling quantum characteristics by developing suitable equipment.

A possible answer to the mentioned challenges is the design of quantum computers, which introduce a new generation of processors by using quantum laws such as superposition and entanglement, which, unlike classical computers and processors, they are in a cloud of possible states and they can process information in a parallel way, which leads speed superiority to these processors, compared to classical ones.

Nowadays, problems and simulations take a lot of time with respect to the much of information and occurrences possibilities, which are impossible for humans to do.

For instance, the Enigma which is cryptography machine can be indicated which was used by the Nazi forces during the World War II. Enigma was design and developed on way that every day got new instructions for encryption of messages, daily messages encrypted by the instruction of that day. every day 159×10^{18} ciphers were available which if 10 men for 7 days and 24 hours, testing ciphers and each cipher took a minute, it took 20 million years to decrypt messages. So Britain With the help of its researchers, for faster processing developed a tool for decryption which was developed to successfully encrypt the ciphers. It was one of the early computer's patents. In engineering, in order to reduce production costs, Increasing the accuracy and efficiency of different tools, simulators are used. These simulations perform with the functions and the complex arithmetic and mathematical algorithms. These algorithms, subsequently, have more probabilities and process that may one day classic supercomputers also won't do the tasks with the same speed.

As result the classic computer generation and newer version (quantum computer) hardware are being studied and developed.

Compare of classic computers with quantum ones.

CLASSIC COPUTERS VS QUANTUM COMPUTERS

An overview on how computers work and the need for quantum computers are electronic devices that we use to solve complex problems, simulations, study and examine different data, but how does a computer work?

Computers and, in general all electronic devices, compute new results and information that are desired for software developers and users, by receiving and processing some data and convert all possible input and output information into codes consisting of zero and one which is known as binary system.

For arithmetic and logical processing in binary systems, the combination of logic circuits is used. Logical circuits in first generation computers were designed with relays and vacuum tubes which, despite being innovative in their time, had disadvantages such as bulkiness, low speed and inability to process complex calculations, and high cost due to the burning of vacuum tubes, and permanent need of their replacement that made scientists develop computers, which these goals were achieved by studying the properties of semi-conductors and making transistors. Increasing numbers and reducing dimensions of transistors, as a result, the provision of multiple logical circuits, whose different combinations provide the capability of computational and logical process for more complex functions from space projects to making chemical compounds and etc. Today, transistors are fabricated lower than 5nm lithography.

But here, this process encounters a problem, which is caused by the dominance of quantum physics topics on devices that were designed by following the laws of classical physics. When the dimensions of the devices are being lesser than ten nanometers, a phenomenon which is called quantum tunneling occurs in the electrons in the transistors of the computer processor and the electrons can pass the energy barrier and go to another transistor, and as a result, the logic circuits that are base the processing circuits for the functions that we defined, will encounter problems and the results will be wrong. The importance of simulations in the production processes of different industries and more computational complexity in the current age -which is known as the information age- motivate us to build more innovative computers with more processing capabilities, which the mentioned challenges prevent us to designing the base of the devices for these computers, and now scientists are trying and developing different solutions for these problems, which one of them is to build computers with devices that are compatible with

the laws of quantum physics, which we call quantum computers.

The difference between bit and qubit information processing unit

Bits are the smallest unit of information processing in classical computers, where each bit can only include a zero or one, which can be contracted with two different voltage levels or turning off and on a laser pulse.

In quantum computers, the smallest information processing unit is a qubit, where each qubit can have both the zero and one values; It means in the superposition state should be the basic zero and one states. Quantum entanglement say that if a quantum system is distributed in closed substates, before measurement it is not possible to state, the system with what probability is in which of the states. For defining zero and one into qubit, any system of two physical small-scale states can be used, such as spin-up and down in an electron or vertical and horizontal polarization of a photon, on which quantum entanglement can be created, which each of these states and their contracts include a special type of quantum computers and their devices, which in the following we will introduce the qubits types:

Superconducting qubit

Photonic qubit

Ion trap qubit

In the quantum scale, the devices have very high level of noise, which by increasing the number of qubits, designing and implementing error-detecting protocols, the shape construction of the qubits, the nature of the problems and algorithms that are defined for processing, the errors can be significantly reduced.

Super conducting

In these qubits, a superconductor circuit, which has low resistance to the movement of electrons, is assumed to be in the loop form, which is not integrated and has two small holes parallel to each other, which electrons can displace through this discontinuous circuit from one part to another by quantum tunneling. _Josephson tunnel_ and with this displacement, the direction of the current or the direction of the magnetic moment can be contracted as zero and one, and the mentioned circuit is generally in the superposition between this zero and one.

The necessity of circuit superconductivity and the need of increasing the number of qubits cause liquid Helium to be used in these computers, to restrict a temperature very close to absolute zero, which this process cause increasing in size of these computers, imposes restrictions on increasing qubits and also using this type of computers.

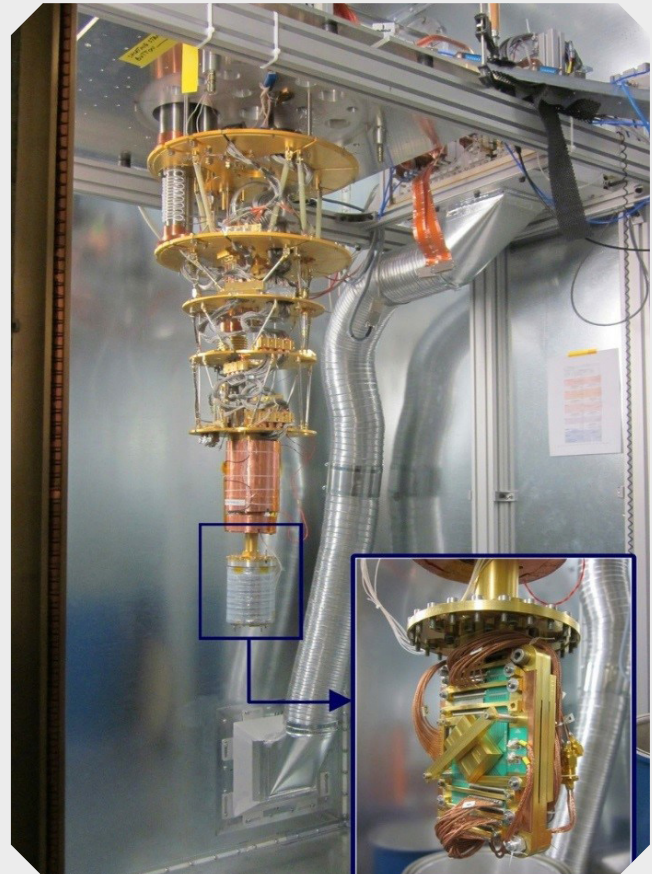


figure 1 an example of quantum computer with superconducting qubits.

Photonic

This type of qubits work based on light radiation and electromagnetic waves. The zero and one of these qubits are defined based on the polarization of photons, which, using optical circuits and photodiode detectors, determine the state of the qubit.

In order to use photonic qubits, optical chips consist of light diodes, mirrors, semi-transparent glass and other optical elements are used which allows changing the polarization of photons and performing quantum operations.

This series of quantum computers can also be used at room temperature, and due to its high speed, it can be used in information transmission, cryptography, and quantum telecommunications, but the limitations in working with photons lead to the construction of optical chips which this equipment are under development.

Ion trap qubits

In this type of qubits, an ion - usually with a positive charge - by using lasers cloud of charged particles and electric fields is placed in an ion trap which in this state, the ion is in a potential well and has different energy levels which can be measured is defined as zeros and ones of this qubit. These qubits have high quantum stability and their quantum properties can be studied and analyzed with high accuracy.

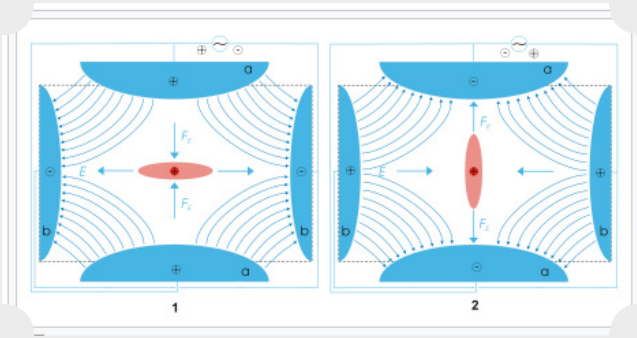


Figure 2 a schematic of an ion trap which it is also called bridge traps that an electric field from charged particle trapped an ion with positive charge.

At the end

The need of humans to build equipment that can perform complex calculations and project-oriented data mining in order to improve production and study processes; is being implemented by the development of computers. As mentioned earlier, the dominance of the conditions and laws of quantum physics in very small scales on classical computer devices, have researchers to look for solutions from a wide range of activities in the classical computer parts designing field, new compounds and materials up to the development of quantum computers.

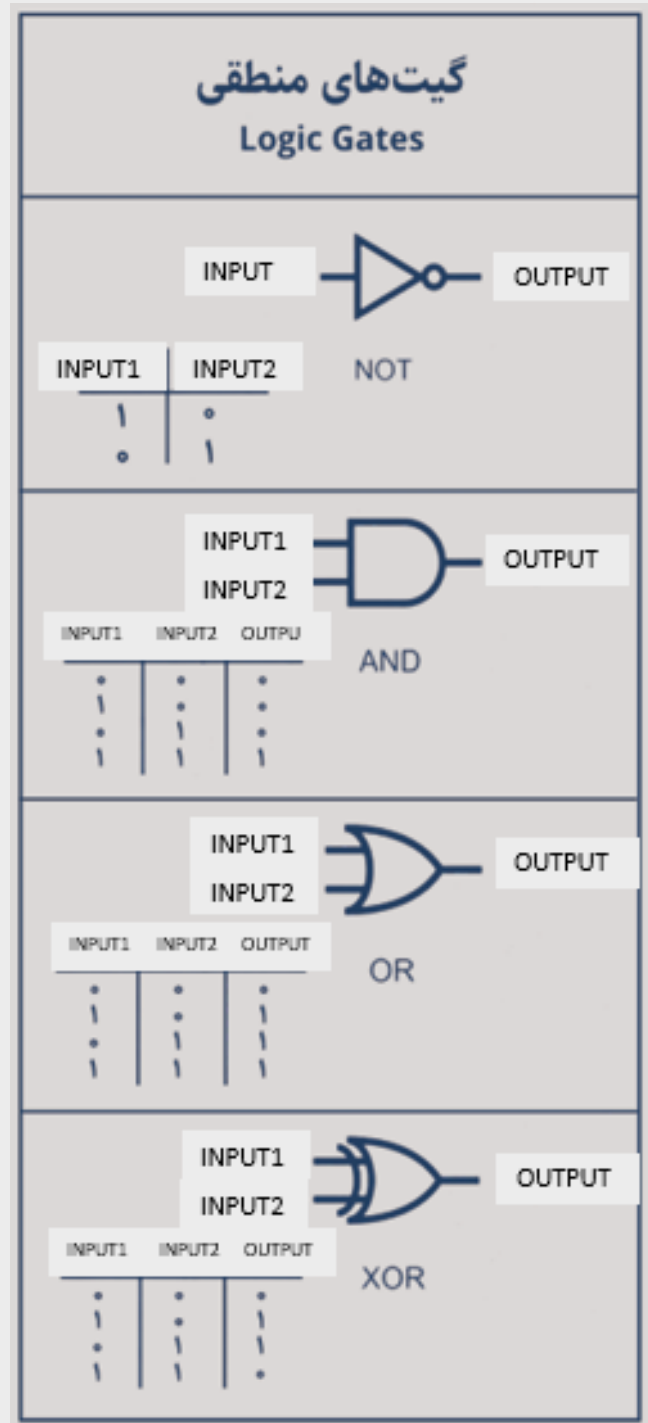
Current quantum computers, are the examples to evaluate this possible answer to the human needs, whose technical and structural functions are being developed in different ways, which we briefly introduced three cases in the above content.

The development of methods and practical algorithms by these computers, in addition to the development of quantum technologies in the design of the devices, is also one of the important topics which in order to express the superiority of quantum, optimal problems and algorithms must be found, which their implementation in classical computers takes a lot of time and it is impossible and no more algorithm can reduce this time period, but quantum computers can execute it in a reasonable time.

In the quantum computers topic, in addition to increasing the number of qubits, the type of qubit and quantum volume are also important characteristic in the evaluation of quantum computers.

APPENDIX

Alphabets, numbers and some characters are the fundamental for analyzing all sources of information from images to sounds, which these letters, numbers and characters can be coded and contracted in a system consisting of two numbers zero and one, which this system Can be used in any set of two modes system. For example, by turning on and off a light, a sentence converted into binary code can be transmitted, so that when the light is on, it is assumed to be one and when it is off, it is assumed to be zero (or vice versa).



An example of logical circuits and their functions in input/output data processing.

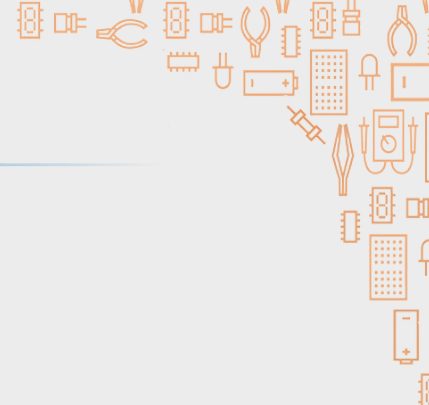
Quantum tunneling is a phenomenon that occurs at quantum scales and the free electrons, which could not pass through the depletion region due to the high density of negative charge at the junction of N and P structures, influenced by this phenomenon, electrons passed the front energy barrier and as a result instead of the transistor zero output, the number one will be obtained, which will change and confuse the results of logic circuits and calculations of higher layers.

Quantum entanglement is a type of communication between two particles whose quantum state of one affects the other and vice versa. Also, the rules and calculations related to entanglement about the distribution of probabilities in closed subgroups are according to the following equation.

Josephson tunnel is a junction that is used to design superconducting qubits and is very important in quantum topics. This circuit element consists of two metal electrodes separated by a thin layer of insulating material (like aluminum oxide). At low temperatures, electrons tunnel through this insulating layer to the other electrode, and this tunnel junction allows current to flow between the two electrodes by measuring the quantum magnetic moment (or even using an electric current).

References

- Georgescu I M, Ashhab S, Nori F. Quantum simulation . Rev Mod Phys, 2014
- Biamonte J, Wittek P, Pancotti N, et al . Quantum machine learning . Nature, 2017
- Arute F, Arya K, Babbush R, et al . Quantum supremacy using a programmable superconducting processor . Nature, 2019
- Woodford C . Quantum computing . explainthatstuff.com , 2021



نشریه علمی تخصصی ولتا تمام تلاش خود را به کار گرفت تا نوشتار، محتوا و سایر موارد عاری از خطا و در شان خوانندگان محترم باشد اما به هر حال به دلیل نوپا بودن نشریه با کم و کاستی هایی رو به رو خواهد بود لذا از تمامی شما عزیزان خواستاریم در صورت داشتن نقد، نظریه یا ایده آن را با ما در میان بگذارید چرا که این امر به بهبود فعالیت ها و سامان بخشی این نشریه مساعدت خواهد نمود.

راه ارتباطی:

volta1402basu@gmail.com

