

## گزارش کار مربوط به جلسه‌ی چهارم آزمایشگاه مدارهای الکتریکی

تهیه و تنظیم:

مبین خیری [994421017]

عطا میرزالی [984421037]

مهدی بیک باباپور [984421007]

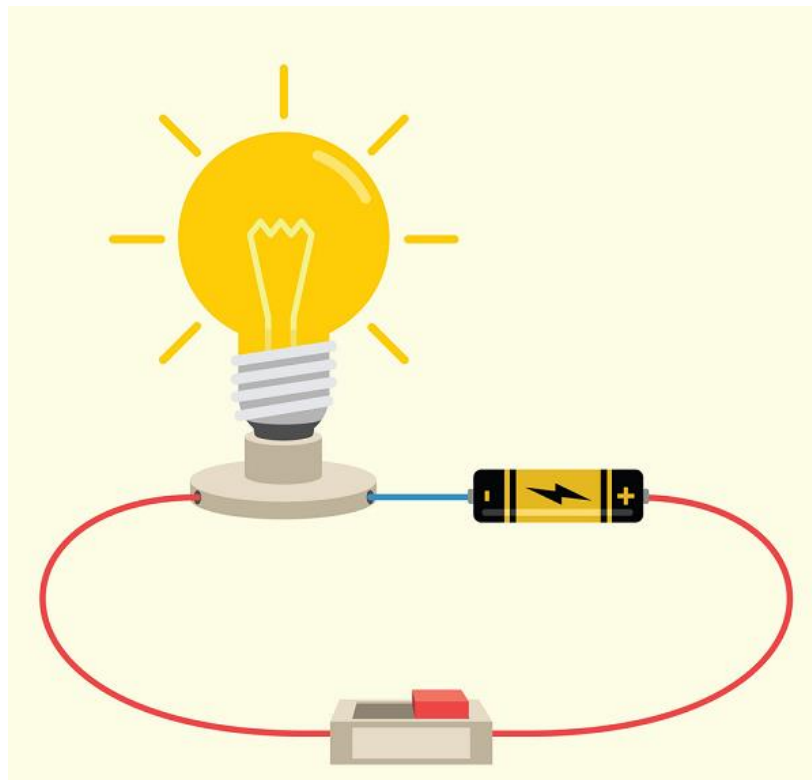
استاد راهنما: آقای محمدیان

مقدمه:

در گزارش کار پیش‌رو، ابتدا به مرور کلی و گذرای انواع تکنیک‌ها و روش‌های موجود جهت تحلیل مدارهای الکتریکی و الکترونیکی پرداخته و سپس نگاهی به مثال‌های بررسی‌شده در جلسه‌ی گذشته خواهیم داشت.

### تحلیل مدارهای الکتریکی چیست؟

تحلیل مدارهای الکتریکی معمولاً به فرایند مطالعه و تجزیه و تحلیل و محاسبه مقادیر مختلف الکتریکی مدار، به ویژه ولتاژها و جریان‌ها، گفته می‌شود.



در واقع، هرگاه جریان شاخه ها و ولتاژ گره های یک مدار را به دست آوریم، آن مدار را تحلیل کرده ایم. برای حل مسائل مختلف تحلیل مدارهای الکتریکی، ابتدا باید واحدهای اساسی زیر را یاد بگیریم:

- جریان (I): واحد جریان آمپر (A) است و به عنوان مقدار جریان ایجاد شده در اثر اعمال یک ولت به یک مقاومت یک اهمی تعریف می شود.
- ولتاژ (V): واحد ولتاژ ولت (V) است و به عنوان مقدار کمیت مورد نیاز برای اعمال بر یک مقاومت یک اهمی تعریف می شود که منجر به جریانی برابر با یک آمپر شود.

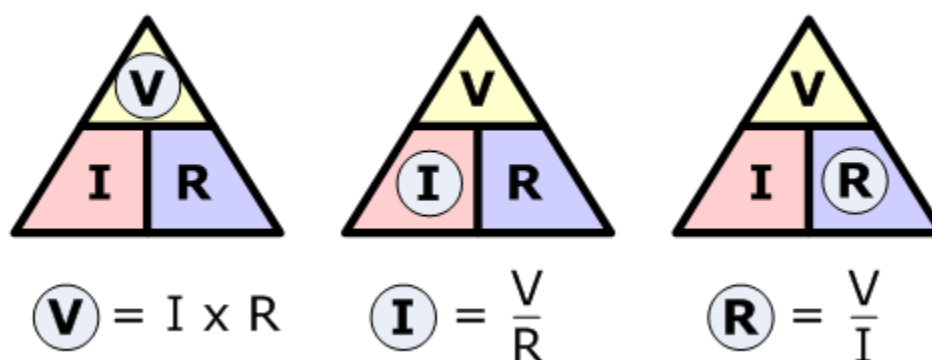
بسته به اندازه پیچیدگی مدار، از روش های مختلفی برای تحلیل مدار استفاده می شود. گاهی ممکن است تنها با قوانین ساده ای مانند قانون اهم تحلیل مدارهای الکتریکی را انجام داد. گاهی نیز پیچیدگی مدار به حدی است که باید از روش های پیشرفته تر استفاده کرد و محاسبات بیشتری را انجام داد. در ادامه، روش های مهم تحلیل مدارهای الکتریکی را معرفی می کنیم.

### قانون اهم

سال ها پیش، اهم، دانشمند آلمانی به این واقعیت پی برد که جریان گذرنده از یک مقاومت خطی در دمای ثابت، متناسب با ولتاژ دو سر آن است و رابطه عکس با مقدار مقاومت دارد. رابطه بین ولتاژ، جریان و مقاومت همان قانون اهم است که با رابطه زیر نشان داده می شود:

$$I = \frac{V}{R}$$

که در آن، V ولتاژ بر حسب ولت، اجریان بر حسب آمپر و R مقاومت بر حسب اهم است. قانون اهم کاربرد گسترده ای در فرمول ها و محاسبات مهندسی برق و تحلیل مدار دارد.



با دانستن دو مقدار از سه کمیت ولتاژ، جریان و مقاومت می توانیم با کمک قانون اهم مقدار کمیت سوم را بیابیم.

### قوانین کیرشهف (KVL) و: (KCL)

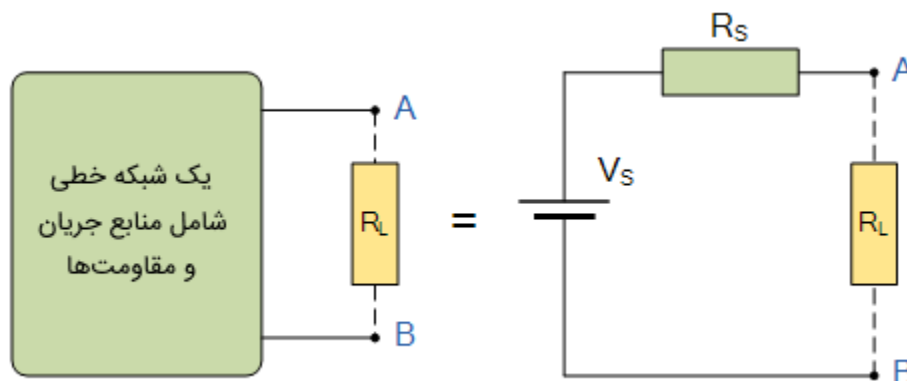
قوانین کیرشهف (قانون جریان کیرشهف یا KCL و قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL) از قوانین مهم و پایه ای تحلیل مدارهای الکتریکی هستند.

قانون جریان کیرشهف یا KCL بیان می کند که جریان یا بار الکتریکی وارد شده به یک گره از مدار الکتریکی دقیقاً برابر با بار یا جریانی است که از آن خارج می شود. به عبارت دیگر، مجموع جبری تمام جریان های وارد شده به یک گره باید برابر صفر باشد. این ایده کیرشهف، با نام پایداری یا بقای بار نیز شناخته می شود.

قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL بیان می کند که در هر شبکه حلقه بسته، کل ولتاژ حلقه برابر با مجموع تمام افت ولتاژهای موجود در آن است. به عبارت دیگر، مجموع تمام ولتاژهای حلقه باید برابر با صفر باشد. این ایده کیرشهف، به عنوان بقا یا پایداری انرژی نیز شناخته می شود.

### قضیه تونن:

قضیه تونن بیان می کند که هر مدار خطی متشکل از منابع ولتاژ و مقاومت ها را می توان با یک منبع ولتاژ با مقاومت سری با آن جایگزین کرد. به عبارت دیگر، می توان هر مدار الکتریکی را بدون توجه به میزان پیچیدگی، با یک مدار دو سر شامل منبع ولتاژ و مقاومت یا امپدانس سری با آن ساده کرد.



برای رسیدن به مدار معادل تونن، کارهای زیر را انجام می دهیم:

- محاسبه ولتاژ مدار باز (ولتاژ تونن).
- خاموش فرض کردن منابع مستقل (اتصال کوتاه کردن منبع ولتاژ مدار و مدار باز کردن منبع جریان).
- اعمال یک منبع جریان تست با مقدار 1 آمپر یا یک منبع ولتاژ تست با مقدار یک ولت به دو سر مدار و محاسبه ولتاژ منبع جریان یا جریان منبع ولتاژ (ولتاژ منبع جریان همان مقاومت تونن است و عکس جریان منبع ولتاژ نیز مقاومت تونن).

### قضیه نورتن:

قضیه نورتن دوگان قضیه تونن است و بیان می کند: «هر مدار خطی از منابع انرژی و مقاومت ها را می توان به یک منبع جریان موازی با مقاومت کاهش داد. برای محاسبه منبع جریان معادل، دو سر مقاومت مورد نظر را اتصال کوتاه کرده و جریان گذرنده از آن را محاسبه می کنیم. توجه کنید که در این حالت، منابع در مدار حضور دارند.

### تحلیل مش:

قوانین مداری کیرشهف ابزار اساسی تحلیل هر مدار پیچیده ای را به ما می دهند، اما راه های دیگری مانند روش تحلیل جریان مش و روش تحلیل ولتاژ گره وجود دارند که ریاضیات و محاسبات تحلیل شبکه های بزرگ را کاهش می دهند.

مش در واقع ساده ترین حلقه در مدار است که شاخه ای درون آن وجود ندارد. به همین دلیل، مش فقط در مدارهای مسطح (یعنی مدارهایی که روی کاغذ بتوان رسم کرد بدون اینکه شاخه ها یکدیگر را قطع کنند مگر در گره ها) تعریف می شود.

### تحلیل مش در گام های زیر انجام می شود:

- تبدیل منابع جریان به منابع ولتاژ (در صورت امکان).
- شماره گذاری مش ها و تعیین جهت جریان آن ها (معمولاً ساعتگرد).
- در نظر گرفتن جریان برای شاخه هر مش هم جهت همان مش و هم اندازه آن و برای شاخه های مشترک بین دو مش برابر تفاضل آن ها.
- نوشتن KVL در تمام مش ها و برحسب جریان مش ها.
- به دست آمدن یک دستگاه معادلات خطی و حل آن.

### تحلیل گره:

تحلیل گره، مکمل تحلیل مش است. این روش، ابزاری قدرتمند برای تحلیل مدارهای الکتریکی محسوب می شود و همان گونه از نام آن مشخص است، از معادلات قانون جریان کیرشهف (KCL) برای پیدا کردن ولتاژهای مدار استفاده می کند. در تحلیل گره، مدار با ولتاژ گره ها نسبت به یک گره مرجع (زمین) تحلیل می شود.

مراحل تحلیل مدار با روش تحلیل گره به صورت زیر است:

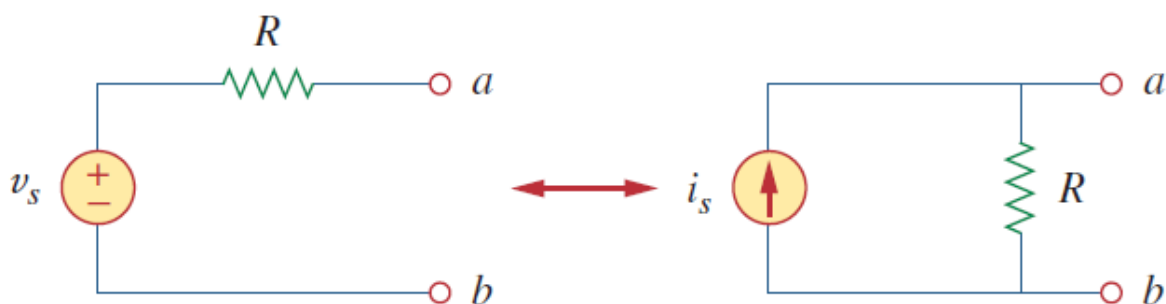
- شماره گذاری گره های مدار.
- انتخاب یک گره به عنوان گره مرجع.

- نوشتن جریان شاخه ها را بر اساس تفاضل ولتاژ دو سر گره تقسیم بر امپدانس آن.
- نوشتن معادلات قانون جریان کیرشهف برای گره ها (جز در گره مرجع).
- به دست آوردن دستگاه معادلات و حل آن.

### تبدیل منبع در مدار:

همان طور که می دانیم، معادلات ولتاژ گره (یا جریان مش) را می توان با تحلیل یک مدار، وقتی که منابع همه منبع جریان مستقل (یا ولتاژ مستقل) باشند، به دست آورد.

بنابراین، گاهی لازم است در تحلیل مدار، منبع ولتاژ سری با مقاومت را با منبع جریان موازی با مقاومت یا بالعکس جایگزین کنیم. هر کدام از این جایگزینی ها یک «تبدیل منبع» نامیده می شود.



### قضیه جمع آثار:

اساس قضیه جمع آثار بر مشخصه خطی بودن استوار است. قضیه جمع آثار بیان می کند که ولتاژ یا جریان در عنصری از یک مدار خطی برابر با جمع جبری ولتاژ یا جریان آن عنصر است که از عملکرد هر کدام از منابع به تنهایی ناشی شده باشد. اصل جمع آثار از طریق محاسبه تأثیر هریک از منابع به صورت جداگانه به ما کمک می کند تا تحلیل یک مدار با بیش از یک منبع مستقل را آسان تر انجام دهیم.

برای اعمال قضیه جمع آثار باید به دو نکته توجه کنیم.

- باید در هر زمان فقط یکی از منابع مستقل روشن باشد و بقیه منابع را خاموش فرض کنیم. برای خاموش کردن منابع ولتاژ را صفر ولت (اتصال کوتاه) و منابع جریان را برابر با صفر آمپر (مدار باز) در نظر می گیریم. در این صورت مدار حاصل بسیار ساده تر قابل تجزیه و تحلیل است.
- منابع وابسته باید دست نخورده باقی بمانند؛ زیرا توسط متغیرهای مدار کنترل می شوند.

قضیه جمع آثار را می توان در سه گام اعمال کرد:

- تمام منابع مستقل به غیر از یکی از آن ها را خاموش و ولتاژها و جریان های ناشی از منبع باقی مانده را با استفاده از تکنیک های آنالیز مش و آنالیز گره محاسبه می کنیم.
- گام اول را برای سایر منابع مدار نیز تکرار می کنیم.
- مقدار کلی را با استفاده از جمع جبری آثار ناشی از تمام منابع مستقل به دست می آوریم.

اما تحلیل مدارهای الکتریکی با استفاده از قضیه جمع آثار یک عیب بزرگ دارد. در اکثر موارد تحلیل مدار با استفاده از این روش ممکن است، زمان بیشتری طول بکشد. اگر مدار شامل سه منبع مستقل باشد، باید سه مدار ساده تر را هر بار برای محاسبه اثر یکی از منابع مستقل، آنالیز کنیم. با این حال قضیه جمع آثار در کاستن از پیچیدگی تحلیل یک مدار و تبدیل آن به مداری ساده تر، از طریق مدار باز کردن منابع جریان مستقل و اتصال کوتاه کردن منابع ولتاژ مستقل، بسیار مفید است.

لازم است به این نکته توجه کنیم که قضیه جمع آثار برای مدارات با مشخصه خطی صادق است و به همین دلیل برای محاسبه توان ناشی از هر منبع قابل اعمال نیست؛ زیرا توان جذب شده توسط مثلاً یک مقاومت به مربع جریان یا ولتاژ بستگی دارد. اگر به محاسبه توان یک المان نیاز داشته باشیم، باید ابتدا ولتاژ یا جریان آن المان را با قضیه جمع آثار محاسبه کنیم.

### قضیه هم پاسخی:

قضیه هم پاسخی در تحلیل مدارهای الکتریکی برای منابع ولتاژ و جریان مستقل بیان می شود. در ادامه، این قضیه را برای منابع ولتاژ و جریان بیان می کنیم.

### قضیه هم پاسخی برای منابع ولتاژ مستقل:

فرض کنید منبع ولتاژ مستقل یک مدار الکتریکی در شاخه  $n$  ام آن جریان الکتریکی  $I$  را تولید کند (منظور از شاخه یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی است). حال اگر محل منبع ولتاژ مستقل را تغییر دهیم به صورتی که از محل اولیه برداشته شده و به شاخه  $n$  ام منتقل شود، آنگاه منبع ولتاژ مستقل (در محل جدید) در محل قبلی خود جریانی تولید می کند. این جریان برابر با جریان شاخه  $n$  ام ناشی از منبع ولتاژ مستقل در محل قبلی است.

هنگام استفاده از قضیه هم پاسخی برای منبع ولتاژ مستقل گام های زیر طی می شود:

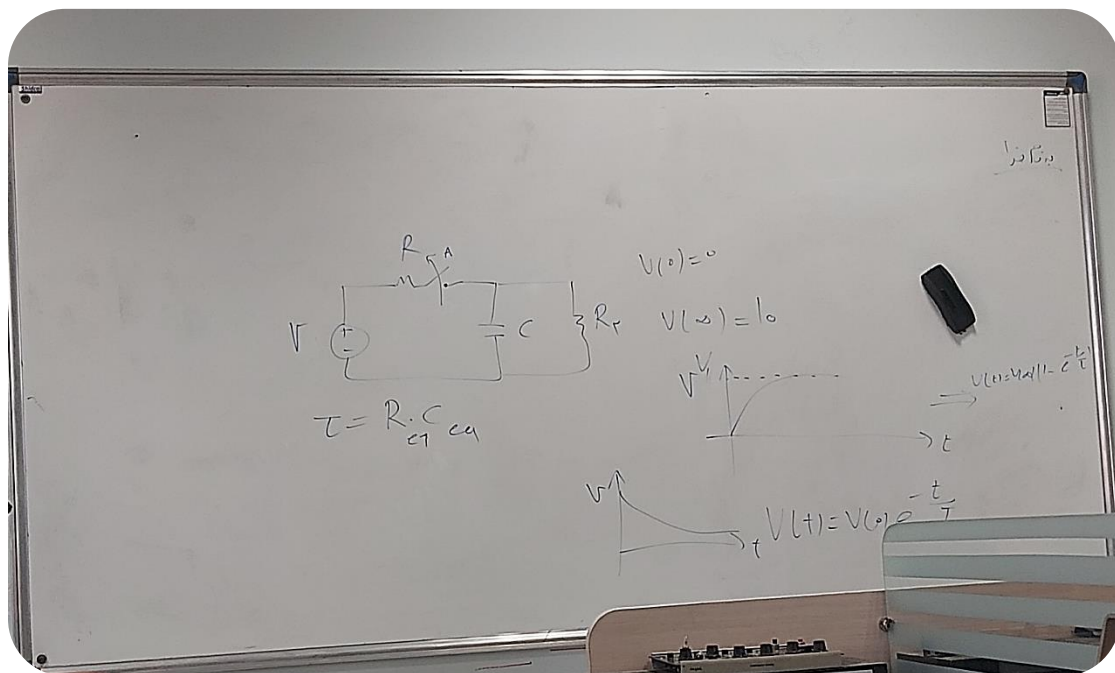
- منبع ولتاژ مستقل در محل قبلی اتصال کوتاه می شود. به عبارت دیگر، آن را از مدار بر می داریم و دو سر آن را با یک سیم اتصال کوتاه می کنیم.
- پلاریته منبع ولتاژ مستقل در محل جدید مطابق با پلاریته جریان شاخه است. پلاریته طوری در نظر گرفته می شود که جریان از قطب منفی منبع ولتاژ وارد و از قطب مثبت خارج شود.

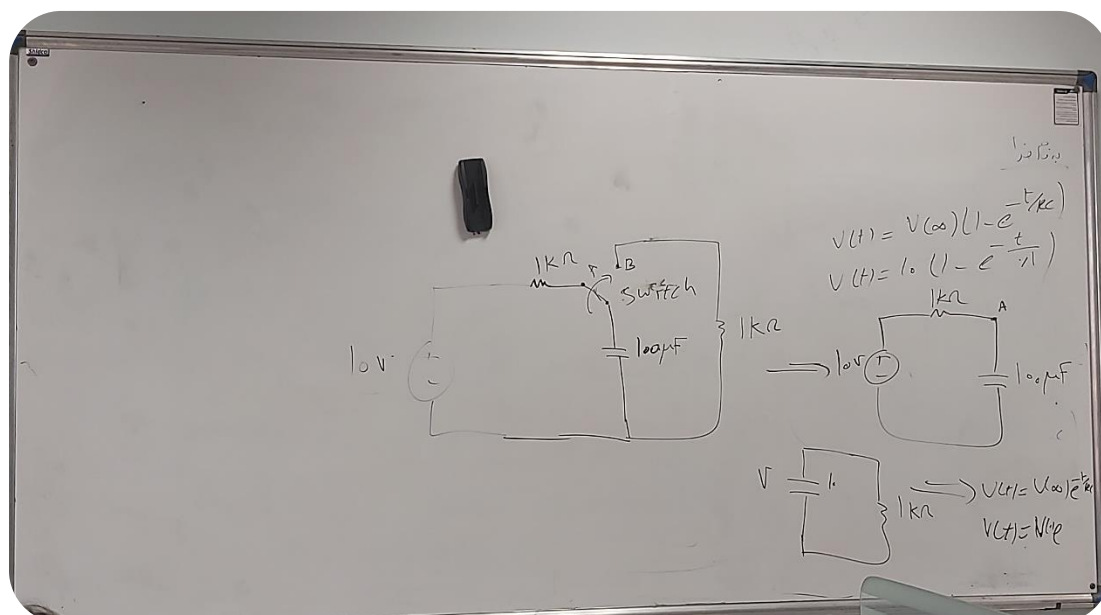
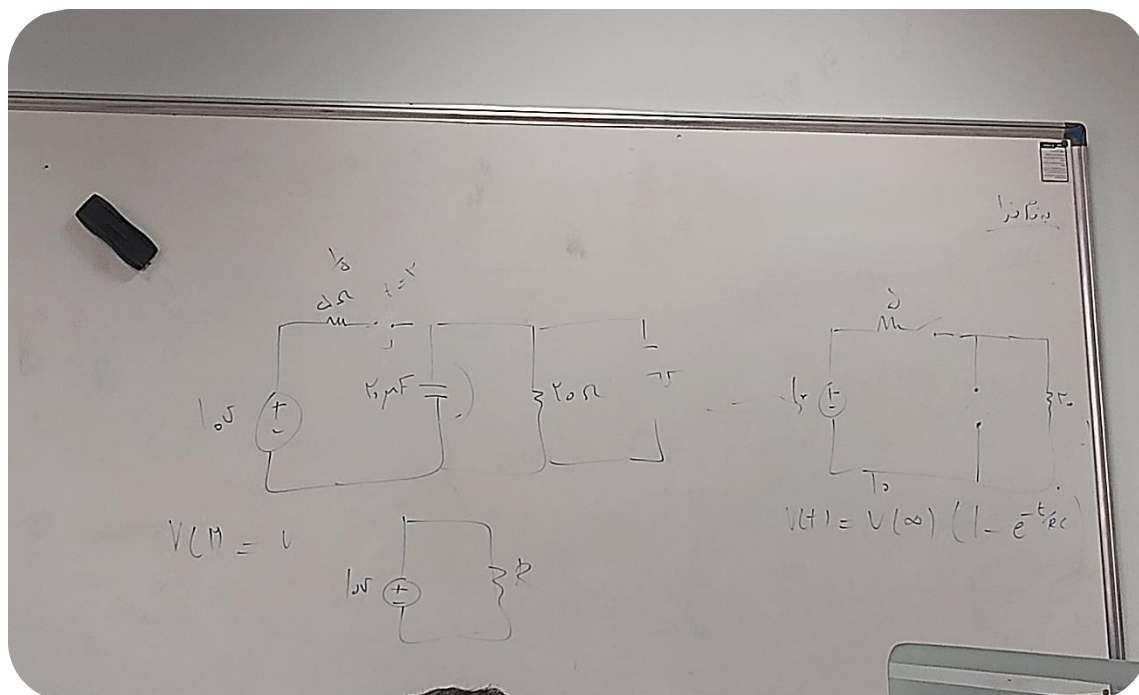
### قضیه هم پاسخی برای منابع جریان مستقل:

فرض کنید منبع جریان مستقل یک مدار الکتریکی در گره  $n$  ام آن ولتاژ الکتریکی  $V$  را تولید کند (منظور از گره محل اتصال مشترک دو یا چند المان مختلف مدار است). حال اگر محل منبع جریان مستقل را به گونه ای تغییر دهیم که از محل اولیه برداشته شده و به گره  $n$  ام متصل شود، آنگاه منبع جریان مستقل (مستقر شده در محل جدید) در محل قبلی خود ولتاژی تولید می کند که دقیقاً برابر با ولتاژ  $V$  است. این ولتاژ، همان ولتاژ گره  $n$  ام ناشی از منبع جریان مستقل در محل قبلی است. هنگام اعمال این قضیه به مدارهای الکتریکی گام های زیر طی می شود:

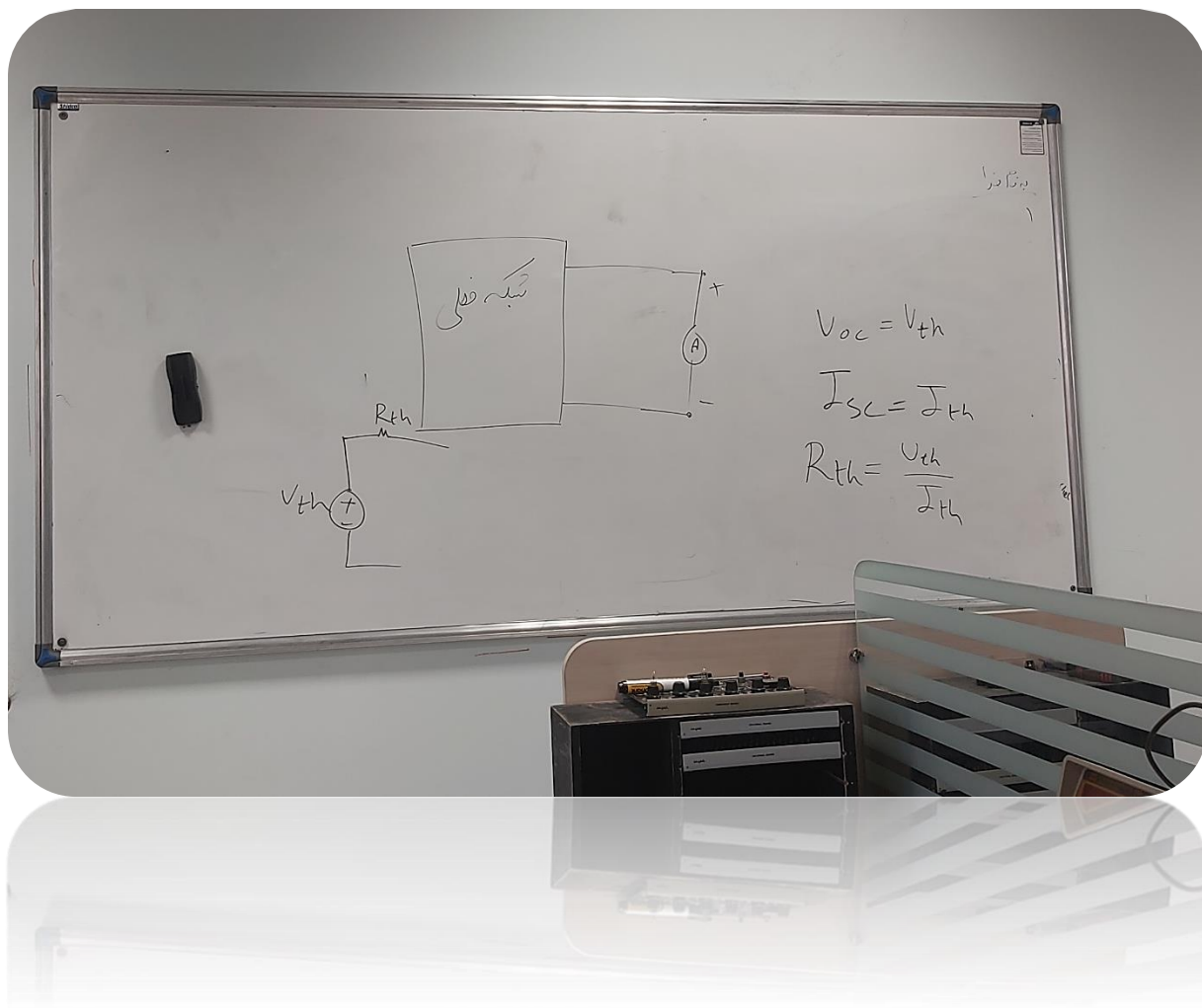
- منبع جریان مستقل از مدار برداشته شده و دوسر آن مدار باز می شود.
- پلاریته منبع جریان در گره جدید به صورتی است که با پلاریته ولتاژ آن گره در مدار قبلی همخوانی داشته باشد. به عبارت دیگر، جهت منبع جریان مستقل، واردشونده از قطب مثبت ولتاژ است.

تصاویر مرتبط با آزمایش ها و مثال های بررسی شده در این جلسه:









پایان.