



عنوان:

# جزوه مبانی مهندسی برق

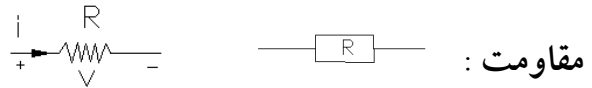
مدرس: جناب آقای مهندس قمری



[www.ieun.ir](http://www.ieun.ir)

هدف از گردآوری این مجموعه، ارائه جزوه‌ای کامل برای درک بهتر مفاهیم مبانی مهندسی برق بوده است  
جای آن دارد که از استاد فرزانه جناب آقای مهندس قمری که این واحد درسی را در محضر ایشان فرا گرفته‌ایم  
تشکر نمایم، همچنین از ایشان برای گردآوری، تکمیل و ویرایش این جزوه ماریاری نمودند کمال تشکر را داریم.

سید وحید اشرف، سید شهاب الدین حسینی، محسن رحمانی، مهدی رمضان‌ن‌ی، محمد زارعین، سارا و فریاری

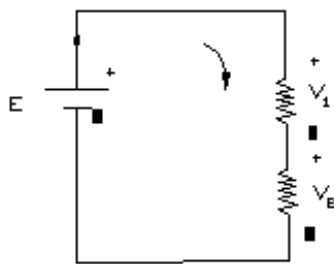
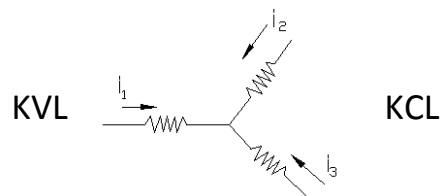
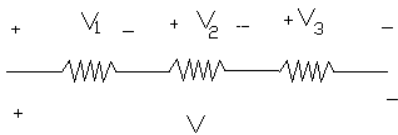


به هر المان الکتریکی که در برابر عبور جریان مقاومت از خود نشان دهد و دو سر آن پتانسیل بیافتد به آن مقاومت گویند .

در حالت ایدال مقاومت صفر است

به کمک ابر رساناها : شکل اصلی آن این است که در دمای محیط کاربرد ندارد با عبور الکترون از مقاومت دچار افت پتانسیل می شویم .

### قوانین حاکم : KVL ، KCL



این دو قانون بیشتر در مدارات فشرده کاربرد دارد .

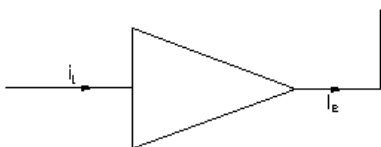
### مدارات الکتریکی :

(۱) مدارات فشرده (۲) مدارت گسترده

مدارات فشرده : جایی که ابعاد مدار نسبت به طول موجی که در آن مدار وجود دارد در صورتی که خیلی کوچکتر باشد به آن مدار فشرده گویند . ( $\lambda = 250$  زیر)

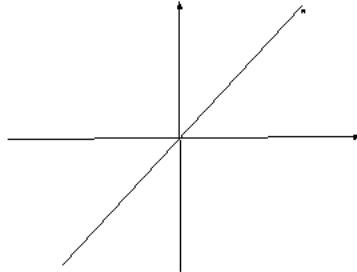
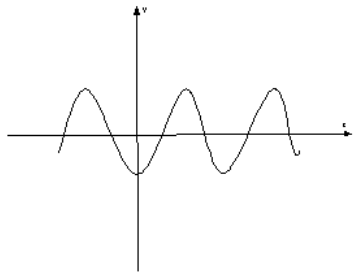
در مدار های فشرده از KVL ، KCL استفاده می شود .

مدارات گسترده : جایی که قوانین KVL ، KCL کاربرد ندارد مدار گسترده است در اینجا باید از قوانین ماکسول استفاده کرد . جایی که ابعاد مدار با طول موج آن قابل مقایسه است . ( $\lambda = 250$  بالای)



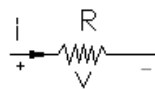
مثال : لامپ در اثر عبور جریان در خود مقاومت نشان می دهد طبق KVL ما افت پتانسیل در دو سر لامپ را داریم .

### جریان AC و DC :

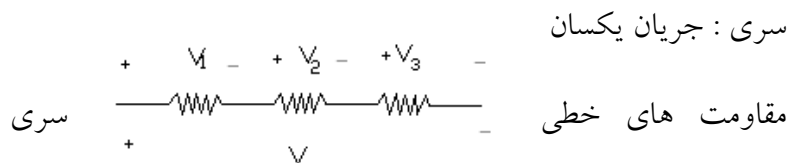


$$V = f(I \cdot t) \text{ کلی}$$

کلی ترین حالت یک مقاومت ( قانون اهم ) :



R خطی و تغییر نا پذیر با زمان : LTI



$$\text{KVL تحت قانون } V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n R_i I \longrightarrow V = I \sum_{i=1}^n R \longrightarrow V = IR$$

$$R = \sum_{i=1}^n R$$

در حالت سری

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n f_i \text{ در حالت کلی}$$

$$V = I^3 + 2I^e + e^{-t} + \ln t \quad V_1 = 2I^e + e^{-t} \quad V_2 = I^3 + \ln t$$

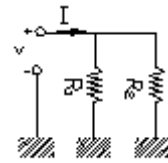
موازی : ولتاژ یکسان  $V = V_1 = V_2 = V_3$  سری  $I = I_1 = I_2 = I_3$

$$V = RI$$

$$\left. \begin{array}{l} V = R_1 I_1 \rightarrow I_1 = \frac{V}{R_1} \\ V = R_2 I_2 \rightarrow I_2 = \frac{V}{R_2} \\ \vdots \\ V = R_n I_n \rightarrow I_n = \frac{V}{R_n} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \frac{V}{R_i} \\ I = V \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \rightarrow V = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \end{array}$$

$$\rightarrow R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \rightarrow \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \rightarrow R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



خازن ها :

در حالت کلی  $q = f(V, t)$  و  $I = \frac{dq}{dt} = q'$

$$I = \frac{dcv}{dt} = C \frac{dV}{dt} + V \frac{dc}{dt}$$

ظرفیت خطی باشد .

$$I = \frac{\partial f}{\partial v} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial t} \cdot \frac{\partial v}{\partial t}$$

ظرفیت غیر خطی .

مثال :

$$\text{مثال : } q = V^3 + 1nV + e^{2v} + 3t^2, \quad V = \text{Sint}$$

$$I = q' \rightarrow I = \left( 3V^2 + \frac{1}{V} + 2e^{2v} \right) \cos t + 6t$$

$$I = 3\text{Sin}^2 t + \frac{1}{\text{Sint}} + 2e^{2\text{Sint}} \cos t + 6t$$

$$I = 3\text{Cos Sin}^2 t + \text{Cotgt} + 2e^{2\text{Sint}} \text{Cost} + 6t \rightarrow I = (t=3) = ?$$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{خازن های سری : } \begin{array}{c} q_1 \\ | \\ \text{---} \\ | \\ q_2 \end{array}$$

$$C = C_1 + C_2 \quad \text{خازن های موازی :}$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \longrightarrow V = \sum V_i, \quad V = \frac{q}{c}$$

$$V = \sum \frac{q_i}{c_i} \longrightarrow V = \sum \frac{q_i}{c_i} \longrightarrow V = q \sum \frac{1}{c_i} \longrightarrow q = \frac{V}{\sum \frac{1}{c_i}} \longrightarrow q = CV$$

$$V = \frac{q_1}{c_1} = \frac{q_2}{c_2} = \dots = \frac{q_n}{c_n} \quad \text{در حالت موازی}$$

$$\left. \begin{array}{l} q_1 = c_1 V \\ q_2 = c_2 V \\ q_3 = c_3 V \end{array} \right\} \longrightarrow \sum q_i = V \sum c_i \longrightarrow q = CV \quad \text{c} = \sum c_i$$

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \longrightarrow C = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \quad \text{خازن سری}$$

### سلف (سیم پیچ) :

سیم پیچ های با هسته حتما باید دارای فرو مغناطیس باشد .

دیا مغناطیس هم جهت نمی شود . پارا مغناطیس به صورت جزئی هم جهت می شود .

فرو مغناطیس : به صورت متحد هم جهت می شوند آهن ربایی قوی دارند زمانی که تحت میدان قرار

می گیرند مقاومت مغناطیسی در فرو مغناطیس وجود ندارد

زمانی که سلف از جنس فرو مغناطیس باشد شار مغناطیسی در آن هدر نمی رود .

چگالی شار مغناطیس

$$B = \mu H \quad \text{شدت میدان مغناطیسی}$$

$$B = \frac{\phi}{A}$$

ضریب گذردهی مغناطیس

سطح مقطع

### فرمول های سلف :

ضریب خود القایی (هانری)



در حالت خطی :  $\phi = LI$  شار (وبر)

در حالت غیر خطی :  $\phi = f(I \cdot t)$

قانون فاراد :  $V = \frac{d\phi}{dt} = \phi'$

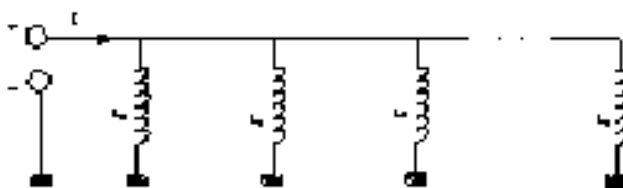
خطی  $V = L \frac{dI}{dt} + I \frac{dL}{dt}$

$V = L \frac{dI}{dt}$  تغییر ناپذیر خطی

غیره خطی  $V = \frac{\partial f}{\partial I} \cdot \frac{\partial I}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial t}$

مثال :  $\begin{cases} I = S \sin t \\ Q = 3t^2 + \ln t \end{cases} \longrightarrow v = ? \longrightarrow V = 6I \cos t + \frac{1}{t} \longrightarrow V = 3 \sin 2t + \frac{1}{t}$

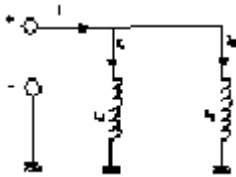
$$\left. \begin{array}{l} V_1 = L_1 \frac{dI}{dt} \\ V_2 = L_2 \frac{dI}{dt} \\ \vdots \\ V_n = L_n \frac{dI}{dt} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \sum V_i = \frac{dI}{dt} \sum L_i \longrightarrow V = \frac{dI}{dt} \sum L_i \longrightarrow \\ V = \frac{L dI}{dt} \quad , \quad L = \sum L_i \end{array}$$



سلف های خطی تغییر ناپذیر موازی :

V : یکسان

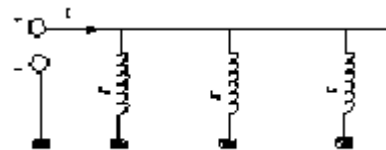
$$\left. \begin{aligned} V_1 &= L_1 \frac{dI_1}{dt} \rightarrow \frac{V}{L_1} = \frac{dI_1}{dt} \\ V_2 &= L_2 \frac{dI_2}{dt} \rightarrow \frac{V}{L_2} = \frac{dI_2}{dt} \\ &\vdots \\ V_n &= L_n \frac{dI_n}{dt} \rightarrow \frac{V}{L_n} = \frac{dI_n}{dt} \end{aligned} \right\} V \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i} = \sum_{i=1}^n \frac{dI_i}{dt} \rightarrow \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n I_i = \frac{dI}{dt}$$



$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \rightarrow L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

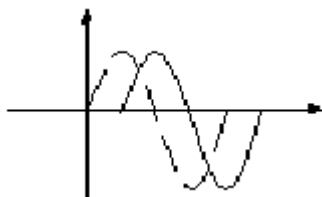
سلف از نظر سری و موازی بودن ، همانند مقاومت هستند .

و از نظر اینکه یک المان ذخیره کننده انرژی است مشابه خازن است .



مهم : تابع های مورد استفاده در برق :

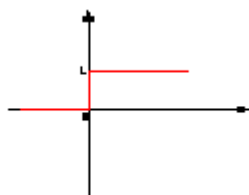
تابع سینوس : ( Sin )



$$A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = 2\pi f$$

تابع پله : ( Step )



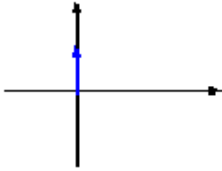
U(t)



تابع پله در مدار هایی که کلید داشته باشد استفاده می شود .

### تابع ضربه :

تابعی است که همیشه صفر است بجز در لحظه  $t=0$  که مقدار آن بی نهایت است مثل رعد و برق



$$\int_{0^-}^{0^+} \delta(t) dt = 1$$

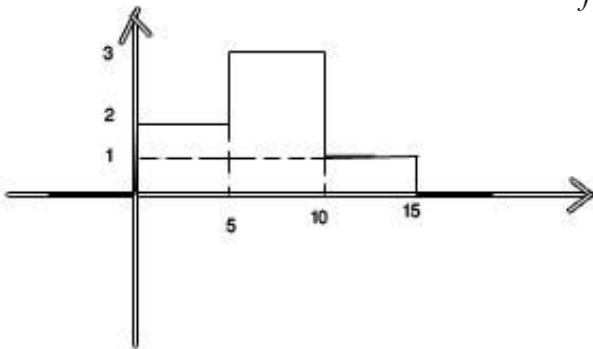
به صورت ریاضی :

زمانی که کلید روشن و خاموش شود .

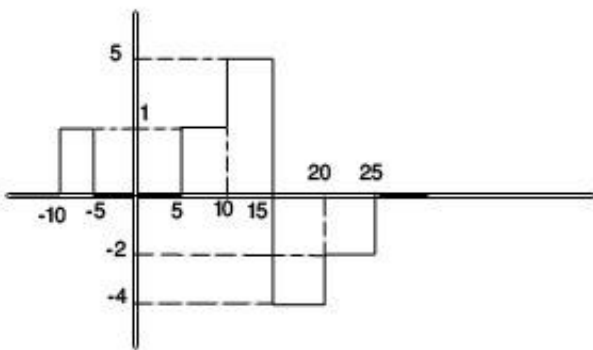
### ترکیب تابع پله و سینوس :

$$A \sin(\omega t + \varphi) u(t)$$

$$f(t) = 2u(t) + u(t-5) - 2u(t-10) - u(t-15)$$



$$f(t) = u(t+10) - u(t+5) + u(t-5) + 4u(t-10) - 9u(t-15) + 2u(t-20) + 2u(t-25)$$



خازن ها و سلف های مستقل ( یعنی سری و موازی نباشند ) تعدادشان بیان گر مرتبه مدار است .

$$f(t) = Ri(t) + \frac{1}{L} \int i(t) dt + L \frac{di}{dt}$$

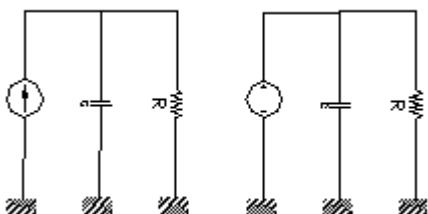
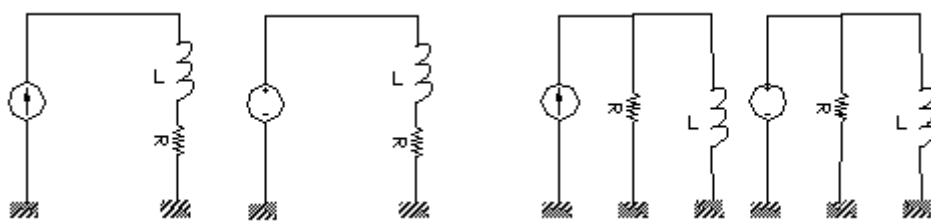
$$f'(t) = Ri'(t) + \frac{i(t)}{c} + Li''(t)$$

$$i(t) = u(t) \text{ or } \delta(t)_A$$

$$e(t) = u(t) \text{ or } \delta(t)_r$$

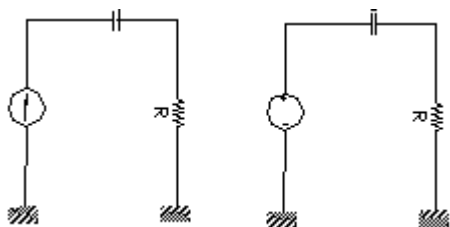
مدار های مرتبه اول :

پاسخ مدار : جریان یا ولتاژ شاخه ای از مدار در پاسخ به ورودی را گویند .



پاسخ پله :

منبع ورودی پله



پاسخ ضربه :

منبع ورودی دلتا

پاسخ پله

$$y(t) = \left[ y(\infty) + (y(0) - y(\infty))e^{-\frac{t}{\tau}} \right] u(t)$$

→ ثابت زمانی

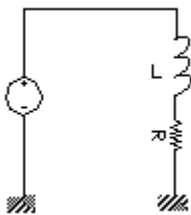
$$\tau = RC$$

↗ ثابت زمانی

$$\tau = LG$$

$$G = \frac{1}{R}$$

'(پاسخ پله) = پاسخ ضربه



نکته مهم :

سلف در لحظه کلید زنی مدار باز است و در حالت پایدار

(از نظر تئوری زمان نهایت) اتصال کوتاه می باشد و مثل یک سیم

بدون مقاومت عمل می کند .

خازن :

در لحظه کلید زنی ( صفر زمانی ) اتصال کوتاه می باشد و مثل یک سیم عمل می کند و در لحظه بینهایت به حالت پایدار مدار ، مدار باز است .

$$\tau = LG = 1 \times 1 = 1s$$

$$y(0) = 0$$

$$y(\infty) = \frac{e(t)}{R} = \frac{u(t)}{R} = \frac{1}{1} = 1A$$

$$y(t) = \left[ i(t) = 1 + (0 - 1)e^{-\frac{t}{1}} \right] u(t)$$

پاسخ پله

$$i(t) = (1 - e^{-t})u(t) = s(t)$$

$$u'(t) = \delta(t)$$

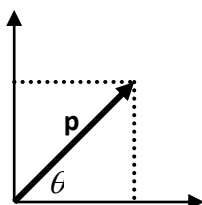
پاسخ ضربه

$$i'(t) = h(t) = e^{-t}u(t) + (1 - e^{-t})\delta(t)$$

$$f(t) \cdot \delta(t) = f(0) \cdot \delta(t)$$

از طریق خاصیت غربال

$$h(t) = e^{-t}u(t) + 0 \cdot \delta(t) = e^{-t}u(t)$$



اعداد مختلط :

در اعداد مختلط بحث در مورد دو بعدی بودن اعداد است

$$j = \sqrt{-1}$$

$$C = A + jB$$

زمانی از اعداد مختلط استفاده می کنیم که تابع یا منبع ورودی Sin باشد .

$$\frac{\rho|\theta}{e^{j\theta}} = \rho e^{j\theta} = \rho \cos \theta + j\rho \sin \theta$$

رابطه اویلر

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

اگر خواستیم ضرب یا تقسیم کنیم از مختصات قطبی استفاده می کنیم

$$C_1 + C_2 = (A_1 + A_2) + j(B_1 + B_2)$$

$$C_1 \times C_2 = \rho|\theta_1 \times \rho|\theta_2$$

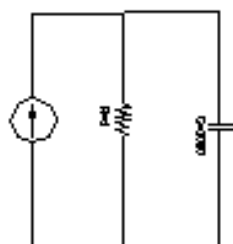
$$C = \rho_1 \rho_2 |\theta_1 + \theta_2$$

$$C = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\rho|\theta_1}{\rho|\theta_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} |\theta_1 - \theta_2$$

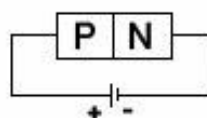
سلف به مقاومتی به اندازه  $j\omega L$  تبدیل می شود .

$$I = \frac{10\angle 30}{\frac{-j}{100\pi \times 100 \times \omega^{-1}} + j \times 100\pi \times 2 + 10}$$

نکته :

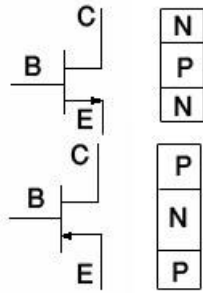


- سلف در بینهایت سیم است .
- خازن در صفر سیم است .



دیود :

ترانزیستور BJT:

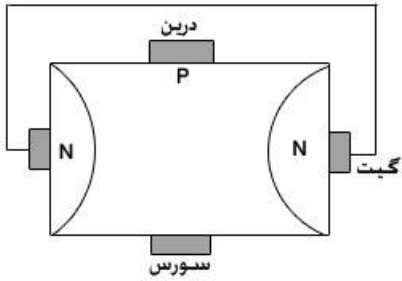


E : امیتر

B : بیس

C : کلکتور

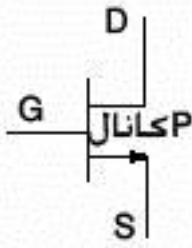
ترانزیستور FET:



D : درین

S : سورس

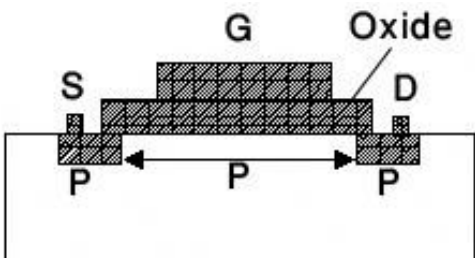
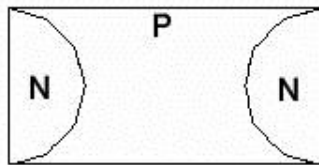
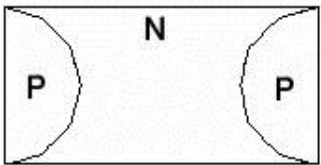
G : گیت



گیت = بیس

سورس = کلکتور

درین = امیتر



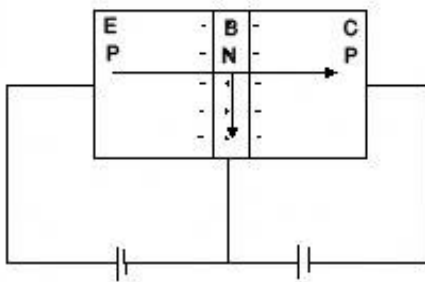
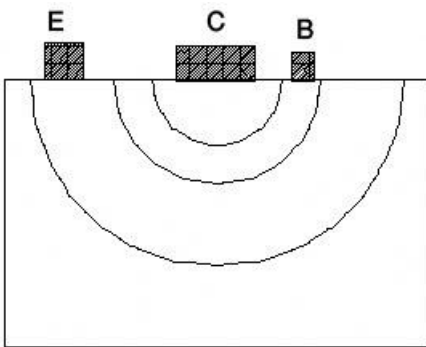
## نوع دیگر ترانزیستور : Mosfet

بلور هر گاه به P ، N تبدیل شود هادی می شود .

Oxide مثل خازن عمل می کند اگر به G علامت منفی دهیم .

طرف دیگر در ناحیه N حفره ها جمع می شود و کانال P را

تشکیل می شود .



حفره : عدم الکترون

مثبت : بلور P

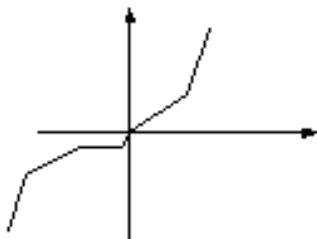
منفی : بلور N

### دیود زئر :

دیود هایی هستند که در بایاس معکوس کار کرده و ولتاژ ثابتی در دو سر آن می افتد و با ازدیاد ولتاژ

معکوس تا  $V_{BR}$  شدت میدان در ناحیه تهی باعث شکسته شدن پیوند کوالانسی اتم های

سیلیسیوم می شود .



## جریان اشباع معکوس :

$$i_D = I_S (e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1)$$

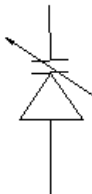
اعمال ولتاژ به دو یر دیود را بایاس گویند که خود دو حالت دارد اگر سمت P+ و N- باشد Forward Bias و بر عکس

### پدیده بهمنی :

الکترون ها و حفره ها مشابه برف در کوهستان سرازیر شده و جریان در جهت عکس از دیود خواهد گذشت. (ولتاژ معکوس)

زیر برای تنظیم ولتاژ به کار می رود . مدارات تنظیم ولتاژ : رگلاتور- آداپتور

زیر ها دیود هایی هستند که در بایاس معکوس کار کرده و ولتاژ ثابتی در دو سر آنها می افتد با ازدیاد ولتاژ معکوس تا  $V_{BR}$  ( ولتاژ شکست ) شدت میدان تا ناحیه تهی باعث شکسته شدن پیوند کوانس اتم Si می شود و حامل های زیادی آزاد می کند .



### دیود خازنی :

دیودی مشابه دیود زیر در ولتاژ معکوس کار کرده و به عنوان یک خازن متغیر عمل می کند .

در بایاس معکوس بهتر عمل می کند

کاربرد آن در مدار های تیونر رادیویی و TV است نام دیگر دیود خازنی ورکتور (Varactor) می باشد .

ظرفیت خازن های دیودی از رابطه های زیر بدست می آید :

$$C_T = C_0 \left(1 + \frac{V_r}{V_0}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$N_a$  : تعداد اتم های گروه ۳

$$C_{T0} = \left[ \frac{q \epsilon N_A N_D}{2V_0 (N_A + N_D)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$N_d$  : تعداد اتم های گروه ۵

$V_r$  : ولتاژ معکوس دو سر خازن

$V$  : ولتاژ تماس پیوندی در حدود ۰.۷ ولت است

$C_T$  : ظرفیت پایه

### دیود تونلی :

هر چه این مرز نازک تر باشد احتمال عبور بیشتر است برای این کار ناخالصی P و N را زیاد می کند .

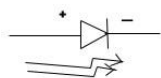
این قسمت یک مقاومت منفی ایجاد می کند .  $P = V.i = -Ri^2$  و مثبت :  $V = -Ri$

توان اگر منفی بود یعنی دستگاه تولید کننده انرژی است

توان اگر مثبت بود یعنی دستگاه مصرف کننده انرژی است ( کاربرد اسیلاتور )

### در ناحیه مقاومت منفی ، مشابه خازن و سلف است :

دو دستگاهی است که هم می تواند تولید کننده انرژی و مصرف کننده انرژی باشد اینها در نوسان سازها استفاده می شود .



### دیود LED :

لامپ رشته ای ۵W → ۱۰۰W ، ۲۵W → ۱۰۰W لامپ گازی ، ۹۹W → ۱۰۰W لامپ LED

### نکته :

دیود LED از عناصر گالیوم و آرسنیک ساخته شده است . به دلیل بهتر بودن نور از آن استفاده می شود

LED مادون قرمز : در کنترل ها ، در مخابرات .....



## دیود نوری :



دیودهایی که در قبال تابش نور به ما جریان

می دهد در صورتی که در بایاس معکوس باشد .

و میزان جریان معکوس متناسب با میزان نور تابیده

شده است

## کاربرد ها :

- Photocell : سلول های نوری که در تیر چراغ برق برای خاموش و روشن شدن اتوماتیک استفاده می شود .

- Photo Voltaice : سلول های خورشیدی که در قسمتی از ماشین قرار می دهند و مستقیماً از نور خورشید برای حرکت استفاده می کنند .

$$i_C = \beta i_B$$

$$i_C + i_B = i_E$$

$$i_E = (1 + \beta) i_B$$

$$i_C = \alpha i_E$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

در ترانزیستور ها مقدار  $V_p$  ثابت است .

نکته : ترانزیستور ها تقویت کننده جریان می باشد .

هر گاه در ترانزیستور ها جریان **B** بیس نداشته باشیم دستگاه خاموش است .

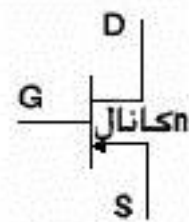
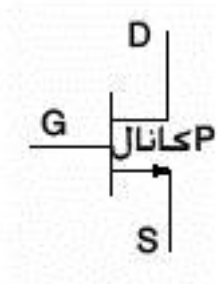
هر گاه به یک نزدیک شود تقویت بیشتر می شود .

## نواحی کار :

(۱) خاموش : کلید قطع است و جریان ندارد  $i_B = 0$  و  $i_E = 0$

(۲) فعال :

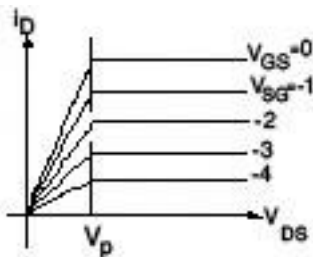
(۳) اشباع :



### ترانزیستور FET :

نکته : جریان در گیت صفر است

نواحی کار : خاموش ( مقاومت بینهایت ) مقاومت تریودی - اشباع ( تقویت کننده )



تمامی خطوط دارای شیب کمی هستند

ترانزیستورهای JFET :  $I_G=0, I_D=I_S, V_{GS}<V_P$

$$V_{DG} < -V_P \Rightarrow V_{DS} - V_{GS} < -V_P \Rightarrow V_{DS} < V_{GS} - V_P$$

$$V_{DG} > -V_P$$

نکته : چون در اینجا  $I_G=0$  می باشد پس  $i_D = 2k(V_{GS} - V_P)V_{DS} - V_{DS}^2$

$$R = \frac{V}{I}, R_D = \frac{1}{2k(V_{GS} - V_P)}$$

$I_S=I_D$  می باشد .

در این حالت ترانزیستور به مقاومت تبدیل می شود .

کانال n :  $V_P$  عدد منفی است .

کانال p :  $V_P$  عدد مثبت است .

نکته :  $V_{GS}$  عامل اصلی تقویت کننده جریان FET

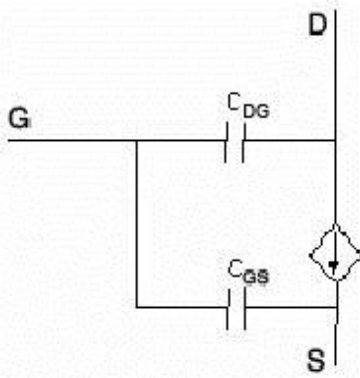
در ناحیه pinch off

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \approx I_{DSS} \left(1 - \left(\frac{V_{GS}}{V_P}\right)\right)^2$$

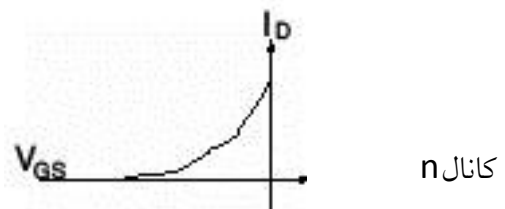
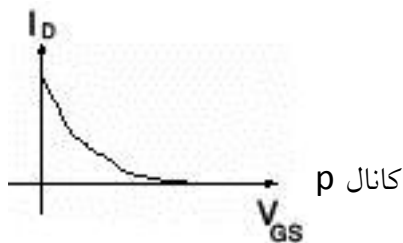
$$\lambda = \frac{1}{V_A}$$

$I_{DSS}$  : حداکثر جریانی که میتوان از سورس گرفت

نکته : در ترانزیستور FET منبع جریان وابسته به ولتاژ است ( جریان D تابعی از ولتاژ  $V_{GS}$  است )



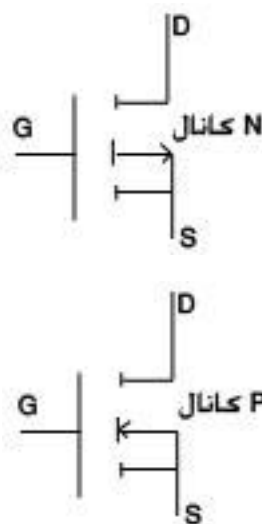
نکته : در ترانزیستور BJT منبع جریان وابسته به جریان است .



### ترانزیستور MOSFET :

نکته : در این ترانزیستور  $V_T$  داریم

در اینجا نیز  $G=0$  می باشد .



ناحیه کار : ۱- خاموش  $V_{GS} < V_T$

۲- اهمی ، مقاومتی ، تریودی ، خطی  $V_{GS} < -V_T$

۳- اشباع  $V_{DG} < -V_T$

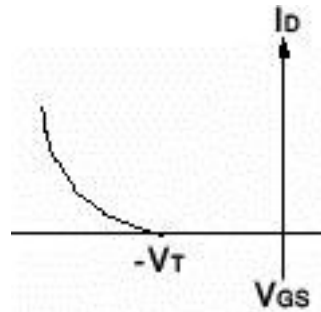
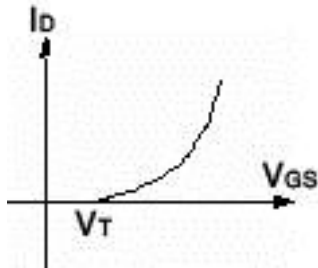
فرمول قسمت ۲  $I_D = k [2(V_{GS} - V_T) V_{DS} - V_{DS}^2]$

$$R_D = \frac{1}{2k(V_{GS} - V_T)}$$

فرمول قسمت ۳

$$i_D = k(V_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda V_{DS})$$

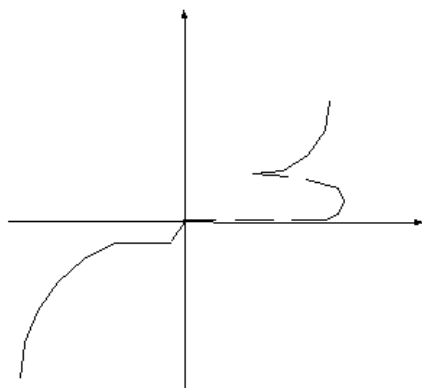
$$i_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$



## الکترونیک صنعتی

### تایر یستور ( SCR ) :

تایر یستور المانی است مشابه دیود که برای روشن شدن آن علاوه بر مستقیم ، بایستی یک پالس مثبت به پایه ی اعمال شود تا ، تایر ستور روشن شود . خاموش شدن آن کاملاً مشابه دیود است . یعنی به محض اینکه جریان یا ولتاژ دو سر آن معکوس شود SCR خاموش می شود. تایر ستور ها ممکن است برای جریان چند میلی آمپر چند کیلو آمپر ساخته شود و اندازه ی آنها کوچکتر از پشت ناخن تا بزرگتر از قد یک انسان تغییر می کند .



در قسمت مثبت یک جایی که آتش گیت ایجاد کنیم مقاومت صفر ولتاژ بالا است در قسمت پر رنگ تغییرات ولتاژ نمایی است برای روشن شدن SCR دو شرط لازم است که یکی از شروط اضافه بر دیود است

۱- ولتاژ آنداز کاتدبیشتر باشد

۲- بایستی به گیت یک پالس آتش بشود .

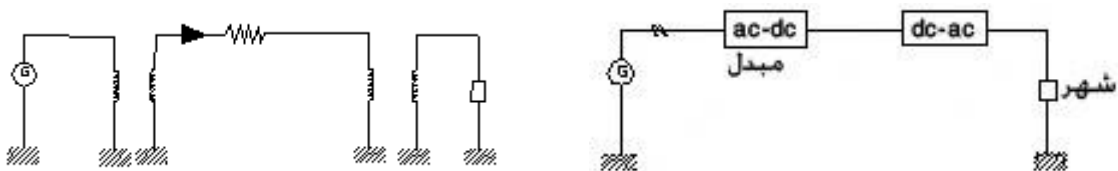
## کاربرد تایر یستور :

از SCR در مواردی یک سو سازی کنترل شده و تغییر ولتاژ مؤثر دار خواسته باشیم استفاده می شود. همچنین از این آلمان در مبدل های ( CONVERTOR ) AC به DC ( مثل UPS منبع خورشیدی ) و یک سو ساز ( RECTIFIER ) و یا DC به AC ( معکوس کننده inverter ) و یا DC به DC ( برش : CHOPPE که فقط سطح ولتاژ را تغییر می دهد  $V_{100} 10$  و یا AC به AC ( سیلکو کانورتر : CYCLOCONVERTER ) اگر تغییرات آن علاوه بر سطح ولتاژ سطح فرکانس را نیز تغییر می دهد.

$$20\text{HZ} \rightleftharpoons 5\text{OHZ}$$

از موارد دیگر کاربرد آن در HVDC high voltage است .

در مسافت های بیشتر  $500\text{ km}$  از برق HVDC سلف و خازن نداریم و فقط یک ژنراتور داریم . اما در AC سلف و خازن داریم و هزینه ی بیشتری می برد .  
برق سه فاز را زمانی انتقال می دهیم که تایرستور داشته باشیم .



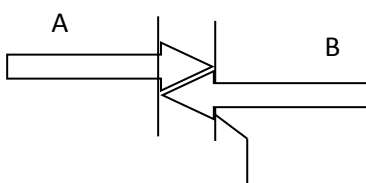
چرا از ترانس در خطوط انتقال استفاده می شود :

زیرا بالای سطح ولتاژ باعث می شود تلفات خط انتقال پایین آید .

Ø : زاویه بین ولتاژ و جریان توان ظاهر : S

ترانس بزرگ : KVA ترانس کوچک : MVA

باید جمع اعداد ( توان ها برابر باشد  $1+1+1 = 1/5 + 1/5$  در غیر این صورت نمی توان با هم آنها را روشن کرد .



« TRIAC »

در هر دو جهت هدایت دارد بسته به اینکه ولتاژ A از B بیشتر باشد و یا B از A در یکی از آن دو جهت عبور جریان خواهد داشت مشابه با (AD/DC) تریستور برای اینکه روشن شود بایستی به پای Gate یک ضربه ی ولتاژ (پارس سوزنی) (باریک هستند) اعمال شوند تا TRIAC روشن شود از TRIAC در کنترل الکتروموتورهای « سنکرون » AC و « آسنکرون » AC استفاده می شود .

همزمان

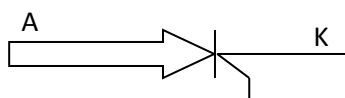
همزمان

\* تریستور (AC/DC)

\* تریاک (AC)

از « TRIAC » در ساخت دیمر استفاده می شود (کلیدهای متغیر)

دید تریستور جریان را یکسو می کند به این معنی که جریانی خلاف جهت از آنها عبور نمی کند .



« GTO »

« GTO » تریستوری است که با اعمال پالس (+) آن را روشن نموده و با اعمال پالس (-) آن را خاموش می کند بنابراین GTO دارای کنترل بیشتری نسبت به نوع قبلی است .

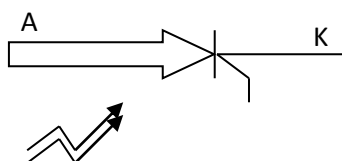
« Lascr »

با نور خاموش ، روشن می شوند این تریستورها ، به جای پالس الکتریکی از یک پالس نوری (فلاش) استفاده می شود این تریستورها و کاربرد آن در مواقعی است که ایزالسیون (جداسازی) کامل بین واحد کنترل و واحد قدرت الزامی باشد .

۱- روش نور

برای ایزالسیون از این ۲ مورد استفاده می شود

۲- ترانسفورماتور



کلید های قدرت :

۱- کلید غیر قابل زیر باز سکسیونر

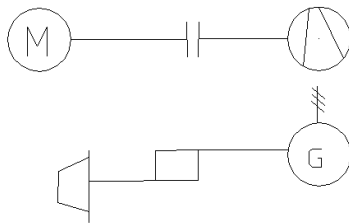
۲- سکیونر قابل قطع زیر بار

۳- دیژنگتور قابل وصل زیر بار ( کاملترین )

دیژنگتور داخل محفظه یا گاز  $SF_6$  ( هگزا فلورید گوگرد ) است، اگر کلید برق دار را ببندیم باعث جرقه ( قوس الکتریکی ) می شود بنابراین در داخل دیژنگتور از  $SF_6$  استفاده می کنند و خاصیت های آن عبارتند از ۱- جرقه را حداقل می کند ۲-  $SF_6$  رفع حرارت می کند ۳- عایق است .

**BUSBAR** : مسیر بلندی از آلومینیوم و مس با سطح مقطع دایره ای و مستطیلی توخالی و توپر که برق روی آن می آید و این برق های جمع شده را به ترانس انتقال می دهد.

**ACSR** : هادی آلومینیوم تقویت شده با فولاد در سیم های دکل های فشار قوی استفاده می شود .



کمپرسور با راه انداز موتور و کوبلاژ قابل تنظیم :

توربین و ژنراتور با کوبلاژ دنده ای ثابت

سیم زمین برای محافظت :

سیم کابل :

سیم خبر سیگنال :

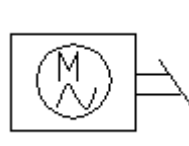
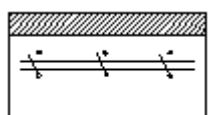
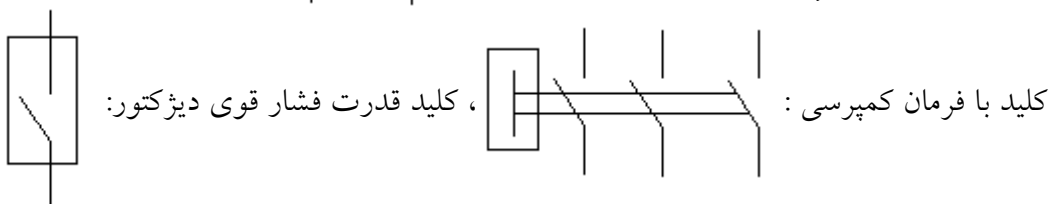
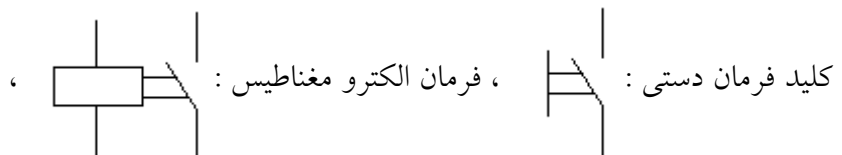
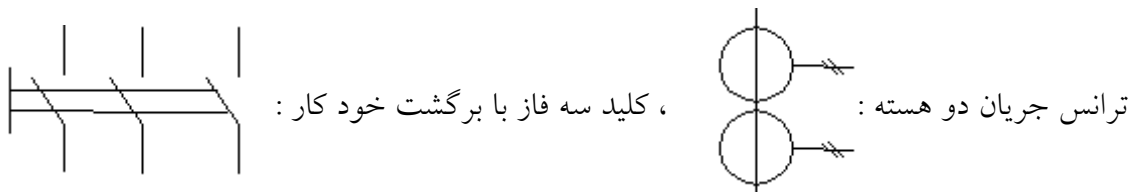
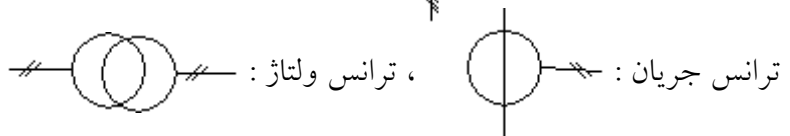
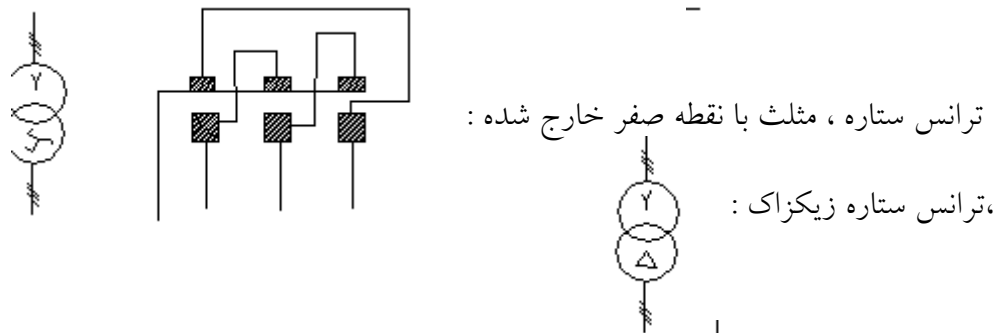
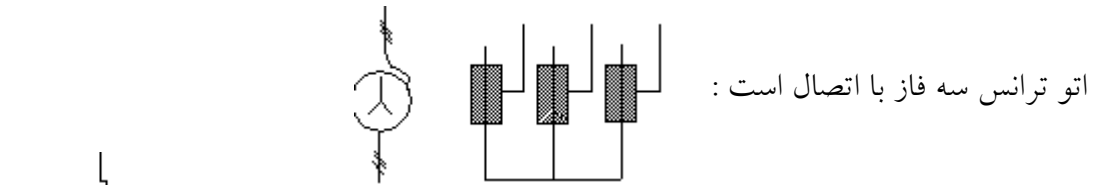
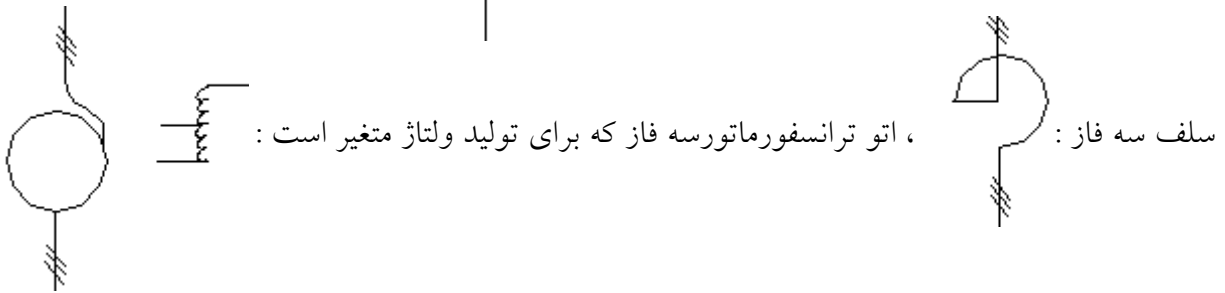
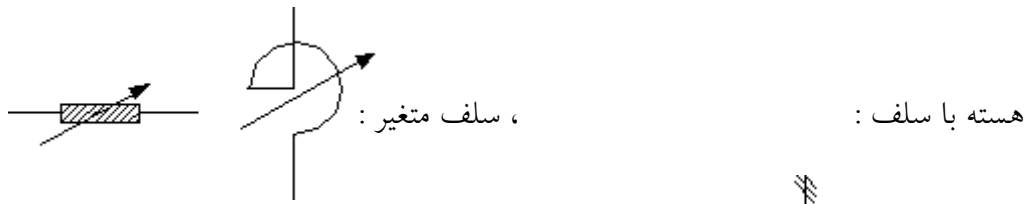
سیم مخابرات :

پریز با حفاظت : ، پریز دو پل : ، پریز : ، لامپ :

پریز آنتن : ، پریز تلفن : ، جعبه تقسیم : ، لامپ گازی :

کتور برق : ، جعبه برق رسانی در منزل : ، برق :

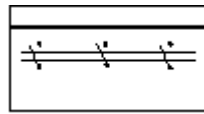
آژیر : ، زنگ اخبار : ، پیچک (سیم پیچ) :



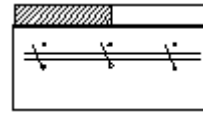


فرمان الکترو موتور :

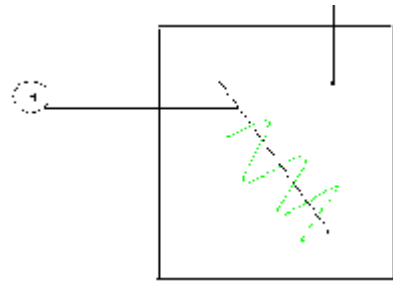
، دیژکتور روغنی :



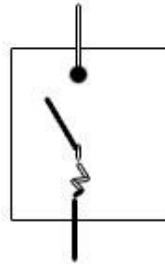
کلید هوایی :



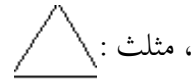
دیژکتور کم روغن :



کلید قدرت با فرمان موتوری :



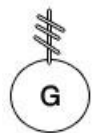
کلید قدرت با فرمان دستی :



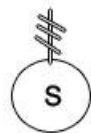
، مثلث :



کلید ستاره مثلث :



مولد گازی :



مولد بخار :



مولد اتمی :

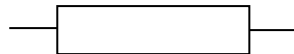


مولد دیزلی :

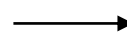


مولد آبی :

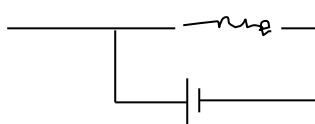
فیوز



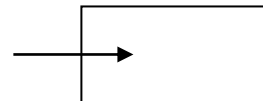
برقگیر :



جرقه گیر :



موج گیر :



جهت برق رسانی :

استانداردهای VDE : استانداردهای آلمانی در رابطه با تأسیسات الکتریکی .

VDE ۰۱۰۰ : نصب تأسیسات فشار قوی زیر ۱۰۰۰ ولت

VDE ۰۱۰۱: نصب تاسیسات فشار قوی بالای ۱۰۰۰ ولت

VDE ۰۱۰۵: قوانین نحوه کار و فعالیت در تاسیسات الکتریکی

VDE ۰ ۱۰۷ و VDE ۰۱۰۸: تاسیسات الکتریکی در مراکز پزشکی ، فروشگاه ، سینما ، تئاتر ، و سالن های کنفرانس

VDE ۰ ۱۱۳: تجهیزات الکتریکی ماشین های افزار

VDE ۰۱۱۵: تاسیسات الکتریکی در قطارهای برقی

VDE ۰ ۱۱۸ و VDE ۰ ۱۱۹: تاسیسات الکتریکی در معدن

VDE ۰ ۱۳۰: تاسیسات الکتریکی روستایی

VDE ۰ ۱۳۱: قوانین نصب و ساختمان حصار الکتریکی

VDE ۰ ۱۳۲: قوانین مربوط به آتش نشانی در تاسیسات الکتریکی

VDE ۰ ۱۳۴: کمک های اولیه در برق زدگی

VDE ۰ ۱۳۶: تاسیسات الکتریکی در شیلات و بنادر

VDE ۰ ۱۴۳: شستن و تمیز نمودن تاسیسات الکتریکی زیر ولتاژ ( در حالی که برق دار است )

VDE ۰ ۱۶۵ ، VDE ۰ ۱۶۶: تاسیسات الکتریکی با امکان انفجار و آتش سوزی

VDE ۱۶۸: تاسیسات الکتریکی تونل های زیر زمینی

VDE ۱۷۱ ، VDE ۱۷۰: خطرات جوی برف و باران و رعدوبرق در تاسیسات الکتریکی ،

VDE ۰ ۱۹۰: زمین کردن ، نمودن تاسیسات الکتریکی در ارتباط با لوله کشی آب شهری

VDE ۰ ۵۴۵: جوشکاری ( ۵۰۰ - ۵۴۵ )

در سیستم تک فاز به سیم برگشت فاز نول می گویند ، سیم نول اداری همان جریان فاز است ولی پتانسیل آن زمین شده است در مقابل سیم ارت ( سیم محافظتی یا سیم زمین ) از نظر پتانسیل و هم از نظر جریان خنثی است . یا در زمین است

در سیستم سه فاز دلیل اینکه ولتاژها و جریان های سه فاز با هم ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارد نیازی به سیم نول ندارد. به عبارت دیگر هرگاه جریان یک یا دو خط مثبت باشد جریان خط یا خط های دیگر منفی است و جمع جبری آنها صفر می شود.

### کنتورها :

۱- تک فاز ← در منازل است ولی اگر آسانسور در منازل باشد باید از برق سه فاز تا تک فاز استفاده شود. ۲- سه فاز ← کارخانه ها

کنتورها :

۱- توان Ractive ← توانی که مصرف می شود ( کنتر منزل فقط توان Ractive است ).

۲- توان Ractive توان ذخیره شد ( پر شده در چاله ها )

کنتورها:

۱- چند تعرفه

۲- یک تعرفه

کنتورهای تعرفه ای حتماً دیجیتال هستند و به سه شکل اطلاعات را به اداره برق می فرستند .

۱- از طریق خط تلفن ( مودم )

۲- از طریق مادون قرمز ( اطلاعات را از دستگاه میگیرد و هیچ خطایی ندارد ).

۳- استفاده از سیم برق .

### برق سه فاز :

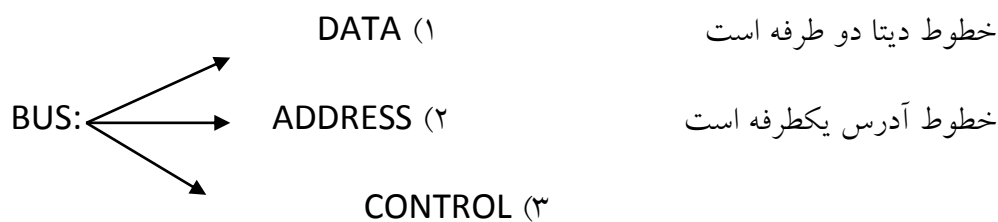
در سیستم سه فاز دلیل اینکه ولتاژها و جریان های سه فاز با هم ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارد نیازی به سیم نول ندارد. به عبارت دیگر هرگاه جریان یک یا دو خط مثبت باشد جریان خط یا خط های دیگر منفی است و جمع جبری آنها صفر می شود.

ریز پردازنده : ( میکرو پروسور )

دستوراتی که اجراء می کنند : (۱) محاسباتی (۲) منطقی (۳) دستورات جانبی (۴) دستورات پرش و فرا خوانی ریز برنامه ها

اولین CPU توسط ون نیومن ساخته شده است و سیستم پردازش آنها به صورت واحد داخل تراشه نبود و ترانزیستور هم وجود نداشت و فکر اولیه این بود که CPU کار اصلی آن خط به خط فرامین داخل حافظه را اجراء کند که رابطه مستقیمی با حافظه دارد

حافظه ↔ cpu



### اصلی ترین فرمان های کنترل : System Bus

(۱) CS (Chip Select) انتخاب تراشه.

(۲) RD (Read) خواندن از حافظه.

(۳) WR (Write) نوشتن در حافظه.

### معماری هاروارد :

حافظه داده ↔ cpu ↔ حافظه برنامه

در معماری های قدیم هم دیتا و هم برنامه در یک سیستم بوده و سرعت آن کم بود ولی در معماری هاروارد سرعت بالاست

در CPU های اولیه فکر می کردند هر چه دستورات بیشتر باشد بهتر است و بعدا بررسی شد که نیازی به همه دستورات نیست و دستورات بهینه اصلی را داشته باشیم.

### انواع CPU :

(۱) با دستورات مفصل ( CISE ) (۲) با تعداد دستورات کاهش یافته ( RISE )

### انواع حافظه :

(۱) فرار : Volatile

با قطع برق حافظه پاک می شود .

(۲) غیر فرار : Non.Volatile

با قطع برق از بین نمی رود . ( ROM – FLASH – OTP – EPROM – EEPROM )

### حافظه جانبی :

۱. مغناطیسی Tape

۲. نوری ED , DVD

### :Non.Volatile

۱. یکبار اطلاعات نوشته شده و دیگر تغییر نمی کند و صرفاً قابل خواندن است ( OTP , ROM )

۲. می توان چندین بار نوشت و پاک کرد ( Flash , EEPROM , EPROM )

کنترل کننده منطقی برنامه پذیر PLC (Programable Logic Controller)

منبع تغذیه	CPU	DI	DO	AI	AO	شبکه صنعتی
------------	-----	----	----	----	----	------------

این دستگاه در کارخانه ها استفاده می شود یا به عبارتی در اتوماسیون صنعتی.

برق ورودی به این دستگاه ۲۲۰ ولت AC تک فاز و خروجی آن ۱۱۰،۲۴،۱۲،۵ ولت می باشد. در این دستگاه وجود ماژول cpu الزامی است که کار آن پردازش است.

معروفترین زبان برنامه نویسی در PLC زبان برنامه نویسی Ladder Diagram است.

### دلایل بوجود آمدن PLC :

۱. استاندارد سازی کارها (اتوماسیون صنعتی).
  ۲. پیدا کردن راهکاری که برنامه نویسی را ساده کند (همگانی شدن).
- PLC ها بر اساس اینکه چند ورودی یا خروجی داشته باشد طبقه بندی می شود :

۱.  $\mu$  plc که تعداد ورودی و خروجی های آن زیر ۶۴ عدد می باشد.
۲. mini plc که تعداد ورودی و خروجی های آن زیر ۵۱۲ عدد می باشد.
۳. و اگر تعداد ورودی و خروجی ها بیشتر از ۵۱۲ عدد باشد plc گویند.

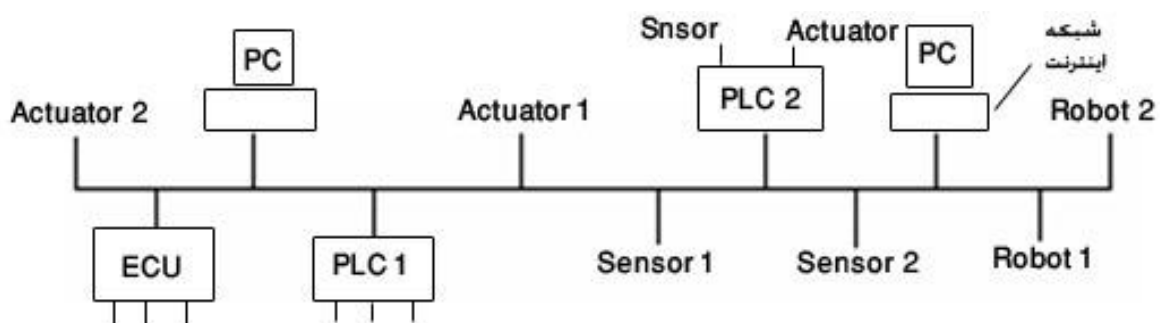
### تفاوت دیجیتال و آنالوگ :

۱. در دیجیتال فقط عامل صفر و یک داریم که صرفاً دو حالت را بررسی می کند. (در باز یا بسته).
۲. در آنالوگ حالات متغیر نیز بررسی می شود که بیشتر از دو حالت را شامل می شود (در کمی باز کمی بسته).

### خروجی ها :

(AO : Analog Output , DO : Digital Output)

خروجی ها باید به یک محرک Actuator متصل باشند و یک کار انجام دهند.



### انواع شبکه :

جریان  $20\text{mA} - 4\text{mA}$  می باشد که از حسگرها می آید و به محرک ها داده می شود. (هوشمند نیستند).

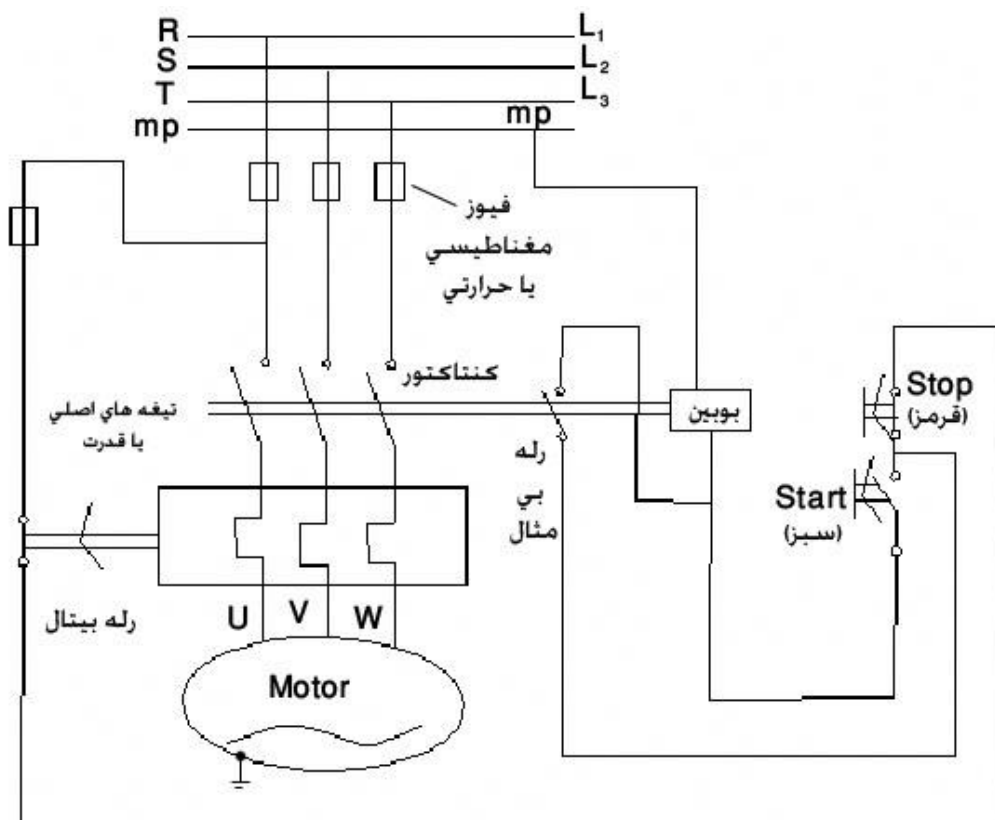
Sensor ها و Actuator هایی که به plc مستقیما وصل می شوند غیر هوشمند هستند (دارای یک  $C$   $\mu$  است).

اما Sensor ها و Actuator هایی که به شبکه به غیر از plc متصل می شوند هوشمند هستند و هر کدام دارای یک  $C$   $\mu$  داخلی هستند.

شبکه های صنعتی جدید Field Bus است که انواع آن عبارتند از :

Can \_ Canopen \_ Device Net \_ Foundation \_ Profi Bus که تمامی این شبکه ها هوشمند می باشند.

مدار فرمان در یک الکترو موتور سه فاز :



توضیحات :

- چون جریان راه اندازی بالا می باشد از کلیدهای کانکتور استفاده می شود.

- اگر از بوبین جریان بگذرد کلیدها را وصل می کند.
  - به تیغه هایی که جریان اصلی از آن ها می گذرد تیغه ی اصلی گویند.
  - تیغه هایی که با وصل شدن ، به بوبین برق می رسانند **N.O (Normally Open)** گویند (ذاتا باز).
  - تیغه هایی که با وصل شدن ، برق بوبین را قطع می کنند **N.O (Normally Close)** گویند (ذاتا بسته).
  - با فشار دادن کلید **Start** به بوبین برق داده می شود و تیغه های کمکی و اصلی وصل می شوند و بعد از **Start** کلید کمکی مدار را باز نگه می دارد.
  - کار رله بی متال
- اگر به موتور زیاد فشار آید کلید داغ می شود و کلید را قطع می کند که به آن رله ی **Over Load** هم می گویند(بار زیاد). مکانیزم این کلید اینطوراست که در اثر گرما فلزهای کلید خم می شوند و کلید را می بندند(بی متال یعنی دو فلز).
- برای سه فاز سه تار در رله بی متال قرار دارد که بر اثر کشیدن بار زیاد کلید مربوط به خود را قطع می کنند و باعث می شود که برق بوبین قطع شود که در نهایت کلید اصلی عمل کرده و قطع می شود و موتور خاموش می شود.
- تیغه کمکی کار اتصال دائم و قطع دائم را بر عهده دارد.
- برای خاموش کردن به صورت دستی از کلید **Stop** استفاده می کنیم که تیغه کمکی را قطع کرده و برق دیگر به بوبین داده نمی شود و مدار قطع می شود.