

## فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات، روابط، فرمول‌ها

## کمیت‌های پایه و مشتق آنها

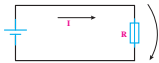
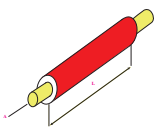
جدول زیر شامل برخی از واحدهای مهم دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) (International d' Unitès) (به فرانسوی) می‌باشد. لازم به ذکر است که واحدهای پایهٔ دستگاه SI شامل هفت واحد به قرار: m, kg, s, A, K, mol, cd می‌باشد.

کمیت مورد اندازه‌گیری	این واحد مشتق شده است از:	علامت واحد	نام واحد	
طول (length)		m	متر (meter)	حروف علامت واحد این کمیت‌ها، کوچک نوشته می‌شود.
جرم (mass)		kg	کیلوگرم (kilogram)	
زمان (time)		s	ثانیه (second)	
شدت نور (luminous intensity)		cd	کاندلا (candela)	
مقدار ماده (amount of substance)		mol	مول (mole)	
حجم (volum)	$\text{m}^3$	L	لیتر (liter)	
مقاومت (resistance)	$\text{W/A}^2$	$\Omega$	اُهم (ohm)	حرف اول علامت واحد این کمیت‌ها، بزرگ نوشته می‌شود.
شدت جریان الکتریکی (electric current)		A	آمپر (Ampere)	
دمای ترمودینامیکی (thermodynamic temperature)		K	کلوین (kelvin)	
فرکانس (frequency)	$1/\text{s}$	Hz	هرتز (hertz)	
نیرو (force)	$\text{kg}\times\text{m/s}^2$	N	نیوتن (newton)	
انرژی (energy)	$\text{N}\times\text{m}$	J	ژول (joule)	
توان (power)	$\text{J/s}$	W	وات (watt)	
ولتاژ الکتریکی (voltage)	$\text{W/A}$	V	ولت (volt)	

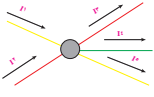
## پیشوندها و پسوندهای کوچک کننده و بزرگ کننده

پیشوندهای بزرگ کننده			پیشوندهای کوچک کننده		
نماد	پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب
E	اگزا	$10^{+18}$	a	آتو	$10^{-18}$
P	پنتا	$10^{+15}$	f	فمتو	$10^{-15}$
T	ترا	$10^{+12}$	p	پیکو	$10^{-12}$
G	گیگا	$10^{+9}$	n	نانو	$10^{-9}$
M	مگا	$10^{+6}$	$\mu$	میکرو	$10^{-6}$
K	کیلو	$10^{+3}$	m	میلی	$10^{-3}$
H	هکتو	$10^{+2}$	c	سانتی	$10^{-2}$
D	دکا	$10^{+1}$	d	دسی	$10^{-1}$

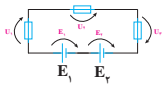
### جداول روابط

قانون اهم			
	U	ولتاژ:	$I = \frac{U}{R} \Rightarrow I A = I \frac{V}{\Omega}$
	I	شدت جریان:	
	R	مقاومت:	
مقاومت سیم			
	R	مقاومت هادی:	$R = \frac{\rho \cdot l}{A}, \frac{1}{K \cdot A} \Rightarrow [K] = \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ $\kappa = \frac{1}{\rho} \Rightarrow [\rho] = \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ $1 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 10^{-4} \Omega m = 10^{-4} \Omega cm$
	A	سطح مقطع:	
	l	طول هادی:	
	K	قابلیت رسانایی:	
	$\rho$	مقاومت ویژه:	
	در عایق ها و نیمه هادی ها:		$[\rho] = \Omega \cdot m$

## قانون گره (قانون اول کیرشهف)

	$I_r, I_l$	شدت جریان های ورودی:	$\sum I_{zu} = \sum I_{ab}$ $I_o + I_f + I_r = I_r + I_l$
	$I_r, I_f, I_o$	شدت جریان های خروجی:	
	$\sum I_{zu}$	مجموع شدت جریان های ورودی:	
	$\sum I_{ab}$	مجموع شدت جریان های خروجی:	

## قانون حلقه (قانون دوم کیرشهف)

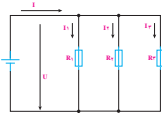
	$E_r, E_l$	ولتاژ منابع: (E)	$\sum E = \sum U_{verbr}$ $E_l + E_r = U_l + U_r + U_r$
	$U_l, U_r, U_r$	ولتاژ مصرف کننده ها: ( $U_{verbr}$ )	
	$\sum E$	مجموع ولتاژ منابع:	
	$\sum U_{verbr}$	مجموع ولتاژ مصرف کننده ها:	

## مدار و مقاومت ها

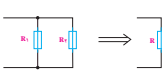
### مدار سری مقاومت ها

	$R_T$	مقاومت معادل (مقاومت کل):	<ul style="list-style-type: none"> <li>مجموع ولتاژ دو سر هر عنصر همان ولتاژ کل است.</li> <li><math>E = U_l + U_r + U_r</math></li> <li><math>R_T = R_l + R_r + R_r</math></li> </ul>
	$R_l, R_r, R_r$	تک تک مقاومت ها:	
	E یا U	ولتاژ کل:	
	$U_l, U_r, U_r$	ولتاژ تک تک مقاومت ها:	
	I	شدت جریان:	
	n	تعداد مقاومت های یکسان:	

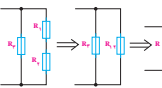
## مدار موازی مقاومت‌ها

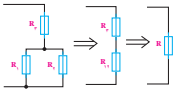
	R	مقاومت معادل: (مقاومت کل):	<p>● مجموع جریان عناصر همان جریان کل است.  <math>I = I_1 + I_2 + I_3</math>  <math>G = G_1 + G_2 + G_3</math></p> $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ $\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1} \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}$ <p>● برای n مقاومت یکسان: <math>R = \frac{R_1}{n}</math></p>
	$R_1, R_2, R_3$	تک تک مقاومت‌ها:	
	U	جریان کل:	
	$I_1, I_2$	جریان عناصر:	
	E یا U	ولتاژ:	
	G	رسانایی:	
	$G_1, G_2$	تک تک رسانایی‌ها:	
	n	تعداد مقاومت‌های یکسان:	

## مدار موازی دو مقاومت

	R	مقاومت معادل:	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
	$R_1, R_2$	مقاومت‌های موازی:	

## مدار گسترده موازی

	R	مقاومت معادل:	$R = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$
		تک تک مقاومت‌های سری:	
	$R_1, R_2$	مقاومت معادل: $R_1, R_2$ :	
	$R_3$	مقاومت تکی موازی $R_1, R_2$ :	

	R	مقاومت معادل:	$R = R_1 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
	$R_1, R_2$	تک تک مقاومت‌های موازی:	
	$R_{12}$	مقاومت معادل $R_1, R_2$ :	
	$R_3$	مقاومت تکی سری $R_{12}$ :	

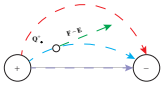
## پل اندازه‌گیری مقاومت

	$R_x$	مقاومت مجهول:	• شرط تعادل: $\frac{R_x}{R_n} = \frac{R_f}{R_r}$ $R_x = R_n \cdot \frac{R_f}{R_r}$
	$R_n$	مقاومت مقایسه:	
	$R_f, R_r$	مقاومت پل:	

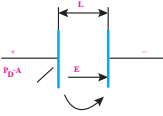
## کار الکتریکی و توان الکتریکی

کار الکتریکی		
$W$ کار الکتریکی $U$ ولتاژ $I$ جریان $t$ مدت زمان $Q$ بار الکتریکی $P$ توان الکتریکی	$W = U \cdot I \cdot t \Rightarrow [W] = V \cdot A \cdot s = W_s = J$ $W = P \cdot t \Rightarrow 1J = 1 W_s = 1 Nm$ $W = U \cdot Q \Rightarrow 1 kWh = 3/6 \cdot 10^6 W_s$	
توان الکتریکی (توان جریان مستقیم)		
$U$ ولتاژ $I$ جریان $R$ مقاومت $P$ توان الکتریکی $W$ کار الکتریکی	$P = UI \Rightarrow [P] = V \cdot A = VA = W = \frac{J}{s}$ $P = \frac{W}{T} \Rightarrow 1W = 1 \frac{Nm}{s} = \frac{J}{s}$ $P = I^2 \cdot R$	
تعیین توان با کنتور		
$P$ توان الکتریکی $C_z$ ثابت کنتور $n$ تعداد دوران چرخ کنتور در ساعت	$P = \frac{h}{C_z} \Rightarrow [P] = \frac{\frac{1}{kwh}}{\frac{1}{kwh}} = kw$	

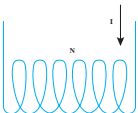
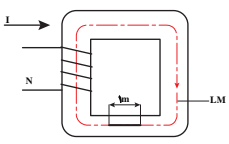
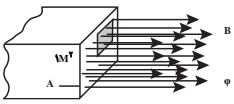
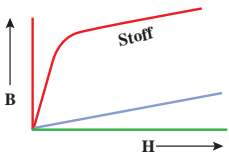
## شدت میدان الکتریکی

	<p>شدت میدان الکتریکی E بار الکتریکی در میدان <math>Q_0</math> نیروی روی بار <math>Q_0</math> F</p>	$E = \frac{F}{Q_0} \Rightarrow [E] = \frac{N}{C} = \frac{N}{As} = \frac{v}{m}$
--	---	--

## خازن

	<p>ظرفیت C بار ذخیره شده ولتاژ روی خازن U انرژی ذخیره شده W شدت میدان الکتریکی بین صفحات E ولتاژ الکتریکی بین صفحات U ظرفیت C فاصله صفحات l سطح موثر صفحات A (سطح مقطع میدان) ثابت دی الکتریک ثابت دی الکتریک خلأ چگالی بار سطحی بار روی صفحات Q نیروی بین صفحات خازن F</p>	$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow [C] = \frac{As}{v} = F$ $W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \Rightarrow [w] = V as = J$ $E = \frac{U}{l} \Rightarrow [E] = \frac{v}{m} = \frac{N}{As}$ $C = \epsilon \cdot \frac{A}{l} \Rightarrow [C] = \frac{As \cdot m^2}{Vm \cdot m} = F$ $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \Rightarrow [\epsilon] = \epsilon_0 = \frac{As}{V} = \frac{F}{m}$ $\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow [\sigma] = \frac{As}{m^2}$ $E = \frac{\sigma}{\epsilon} \Rightarrow [E] = \frac{As \cdot Vm}{m^2 \cdot As} = \frac{V}{m}$ $F = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \frac{U^2}{l^2} \cdot A \Rightarrow [F] = \frac{As \cdot V^2}{Vm} = N$
--	---	--

## کمیت‌های مغناطیسی

آمپر دور		
	<p><math>\theta</math>      آمپر دور</p> <p><math>I</math>      شدت جریان</p> <p><math>N</math>      تعداد دور سیم‌پیچ</p>	$\theta = I.N \Rightarrow [\theta] = A$
شدت میدان		
	<p><math>H</math>      شدت میدان مغناطیسی</p> <p><math>\theta</math>      آمپر دور</p> <p><math>I</math>      شدت جریان</p> <p><math>N</math>      تعداد دور سیم‌پیچ</p> <p><math>l_m</math>      طول متوسط خطوط میدان</p>	$H = \frac{\theta}{l_m} \Rightarrow [H] = \frac{A}{m}$ $H = \frac{I.N}{l_m}$
چگالی شار مغناطیسی		
	<p><math>B</math>      چگالی شار مغناطیسی</p> <p><math>\Phi</math>      شار مغناطیسی</p> <p><math>A</math>      مساحت سطح مقطع</p>	$B = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow [\Phi] = Vs = Wb$ $[B] = \frac{Vs}{m^2} = T$
چگالی شار مغناطیسی و شدت جریان		
	<p><math>B</math>      چگالی شار مغناطیسی</p> <p><math>H</math>      شدت میدان مغناطیسی</p> <p><math>\mu</math>      ثابت گذردهی</p> <p><math>\mu_0</math>      ثابت گذردهی خلأ</p> <p><math>\mu_r</math>      ضریب گذردهی نسبی</p> <p>میدان در هوا و مواد غیر فرومغناطیسی</p> <p><math>\mu=1</math></p>	<p><math>B = \mu.H</math></p> <p><math>\mu = \mu_0 \cdot \mu_r</math></p> <p>● میدان در موارد فرو مغناطیسی:</p> <p><math>\mu_0 = 1</math></p> <p><math>[\mu] = \frac{Vs}{Am} = \frac{H}{m}</math></p> <p><math>[\mu_0] = [\mu]</math></p> <p><math>[H] = \frac{A}{m}</math></p> <p><math>[B] = \frac{Vs}{m^2} = T</math></p>



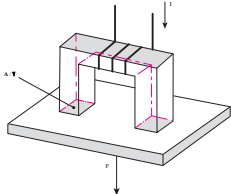
## مقاومت مغناطیسی

	$R_m$ مقاومت مغناطیسی $\theta$ آمپر دور $\Phi$ شار مغناطیسی $l$ طول متوسط خطوط میدان $\mu_o$ ثابت گذردهی خلأ $\mu_r$ ضریب گذردهی نسبی مساحت سطح مقطع	$R_m = \frac{\theta}{\Phi}$ $R_m = \frac{l_m}{\mu_o \mu_r A}$ $R_m = \frac{A}{V_s} = \frac{l}{H} = \frac{l}{\Omega s}$
--	--	--

## رسانایی مغناطیسی

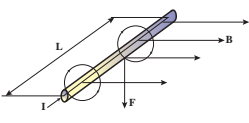
	$A$ رسانای مغناطیسی $R_m$ مقاومت مغناطیسی	$A = \frac{l}{R_m}$ $[B] = \frac{V_s}{A} = H = \Omega s$
--	--	--

## نیروی گیرنده مغناطیس الکتریکی

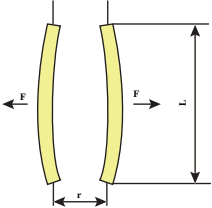
	$F$ نیروی گیرنده $B$ چگالی شار مغناطیسی $A$ سطح مؤثر (سطح کل قطب‌ها) $\mu_o$ ثابت گذردهی خلأ	$[F] = \frac{B^2 \cdot A}{2 \mu_o}$ $[F] = \frac{T^2 \cdot m^2}{V_s} = \frac{V A s}{A} = \frac{N m}{m} = N$
--	---	---

## نیروی‌های مغناطیسی میدان

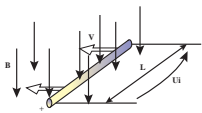
### نیرو بر سیم‌های جریانی در میدان مغناطیسی

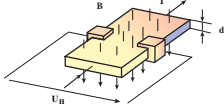
	$F$ نیرو $B$ چگالی شار مغناطیسی $l$ طول رسانا در میدان مغناطیسی $I$ شدت جریان $z$ تعداد رسانا در میدان $N$ تعداد دور سیم پیچ	$F = B \cdot I \cdot l \cdot z$ <p>● در سیم پیچ گردان</p> $I = 2 \cdot N$ $[F] = \frac{V_s}{m^2} \cdot A \cdot m = \frac{W_s}{m} = \frac{N m}{m} = N$
--	---	---

### نیروی بین دو سیم موازی

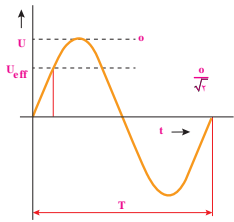
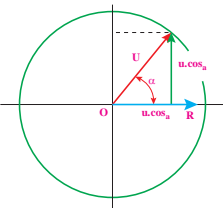
	<p>F نیروی بین دو سیم</p> <p><math>I_1</math> شدت جریان در رسانای ۱</p> <p><math>I_2</math> شدت جریان در رسانای ۲</p>	$F = \frac{\mu_o \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi \cdot r}$ $[F] = \frac{Vs \cdot A^2 \cdot m}{Am \cdot m} = \frac{Nm}{m} = N$ $\mu_o = 1/257 \times 10^{-6} \frac{Ws}{Am}$
---	---	--

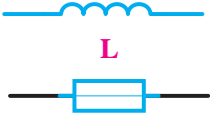

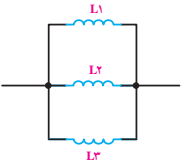
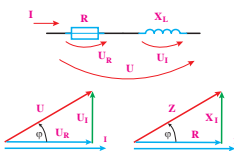
## القا

	<p><math>u_i</math> ولتاژ القا شده</p> <p><math>\Delta \emptyset</math> تغییرات شار</p> <p><math>\Delta t</math> مدت زمان تغییرات</p> <p>N تعداد دور سیم پیچ</p>	$u_i = -N \cdot \frac{\Delta \emptyset}{\Delta t} \Rightarrow [u_i] = \frac{Vs}{s} = V$
	<p><math>u_i</math> ولتاژ القا شده</p> <p>B چگالی شار مغناطیسی</p> <p>l طول مؤثر رسانا</p> <p>v سرعت</p> <p>z تعداد رسانا</p>	$u_i = B \cdot l \cdot v \cdot z \Rightarrow [u_i] = \frac{Vs}{m} \cdot \frac{m}{s} = V$
	<p><math>u_i</math> ولتاژ القا شده</p> <p>L خود القایی</p> <p><math>\Delta I</math> تغییرات جریان</p> <p><math>\Delta t</math> مدت زمان تغییرات</p> <p>N تعداد دور سیم پیچ</p> <p><math>\Phi</math> شار مغناطیسی</p> <p>I شدت جریان</p> <p><math>\mu</math> ثابت گذردهی</p> <p>A مساحت سطح مقطع سیم پیچ</p> <p><math>I_m</math> طول متوسط خطوط میدان</p> <p><math>\Lambda</math> رسانای مغناطیسی</p> <p>R مقاومت واقعی مدار سیم پیچ</p> <p><math>\tau</math> ثابت زمانی</p> <p>مدت زمان برای افزایش جریان</p> <p>t در روشن کردن</p>	$u_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L = \frac{N \cdot \Phi}{I} \Rightarrow [L] = \frac{Vs}{A} = H$ $L = \frac{N \cdot \Phi}{I} \Rightarrow [L] = \frac{Vs}{A} = H$ $L = N^2 \cdot \Lambda$ $\tau = \frac{L}{R}$ $t = \Delta \cdot \tau_m$

	<p>انرژی <math>W</math></p> <p>خود القایی <math>L</math></p> <p>شدت جریان <math>I</math></p>	$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \Rightarrow [W] = \frac{V_s}{A} \cdot A^2 = W_s = J$
	<p>ولتاژ هال <math>U_H</math></p> <p>شدت جریان <math>I</math></p> <p>ثابت هال (معکوس چگالی بار) <math>R_H</math></p> <p>چگالی شار مغناطیسی <math>B</math></p> <p>ضخامت صفحه هال <math>d</math></p>	$U_H = \frac{R_H \cdot I \cdot B}{d} \Rightarrow [R_H] = \frac{m^2}{As}$
		$[U_H] = \frac{m^2}{As} \cdot A \cdot \frac{Vs}{m^2} \cdot \frac{1}{m} = V$

کمیت‌های اصلی جریان متناوب

فرکانس، فرکانس زاویه‌ای، طول موج، مقدار لحظه‌ای، مقدار قله، مقدار مؤثر		
 	<p>فرکانس <math>f</math></p> <p>دوره تناوب <math>T</math></p> <p>فرکانس زاویه‌ای <math>\omega</math></p> <p>زاویه <math>\alpha</math></p> <p>مدت زمان <math>t</math></p> <p>طول موج <math>\lambda</math></p> <p>سرعت انتشار امواج <math>c</math></p> <p>مقدار لحظه‌ای ولتاژ <math>u</math></p> <p>مقدار قله ولتاژ <math>\hat{u}</math></p> <p>مقدار مؤثر ولتاژ <math>U, U_{eff}</math></p> <p>مقدار لحظه‌ای جریان <math>i</math></p> <p>مقدار قله جریان <math>\hat{i}</math></p> <p>مقدار مؤثر جریان <math>I, I_{eff}</math></p> <p>تعداد زوج قطب <math>p</math></p> <p>تعداد دور <math>n</math></p>	$f = \frac{1}{T} \Rightarrow [f] = \frac{1}{s} = Hz$ $\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow [\omega] = \frac{1}{s}$ <p>برای شکل سینوسی:</p> $\omega = 2\pi \cdot f \quad \alpha = \omega \cdot t$ $u = \hat{u} \cdot \sin \alpha \quad i = \hat{i} \cdot \sin \alpha$ $u = \hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad i = \hat{i} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ $\hat{i} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \quad \hat{u} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$ $f = p \cdot n$

مقاومت خود القایی، رسانایی خود القایی		
	<p>خود القایی <math>L</math>  مقاومت خود القایی <math>X_L</math>  فرکانس زاویه ای <math>\omega</math>  رسانایی خود القایی <math>B_L</math></p>	$X_L = \omega L \Rightarrow [L] = \frac{V_s}{A} = H$ $\Rightarrow [X_L] = \frac{1}{s} \cdot \Omega s = \Omega$ $B_L = \frac{1}{\omega L} \Rightarrow [B_L] = 1 / \Omega = S$ $\Rightarrow [\omega] = 1/s$
مدار سری خود القاءها		
	<p>خود القایی معادل <math>L</math>  تک تک خود القایی ها <math>L_1, L_2, \dots</math>  مقاومت خود القایی معادل <math>X_L</math>  تک تک مقاومت های خود القاءها <math>X_{L1}, X_{L2}, \dots</math></p>	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$ $X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3}$
مدار موازی خود القاءها		
	<p>خود القایی معادل <math>L</math>  تک تک خود القایی ها <math>L_1, L_2, \dots</math>  مقاومت خود القایی معادل <math>X_L</math>  تک تک مقاومت های خود القاءها <math>X_{L1}, X_{L2}, \dots</math></p>	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$ $\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} + \dots$
مدار سری مقاومت حقیقی و مقاومت خود القایی		
	<p>ولتاژ کل <math>U</math>  ولتاژ حقیقی <math>U_R</math>  ولتاژ خود القایی <math>U_L</math>  مقاومت حقیقی <math>R</math>  مقاومت خود القایی <math>X_L</math>  مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math>  زاویه اختلاف فاز <math>\phi</math></p>	$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ $U_R = U \cos \phi; U_L = U \sin \phi$ $U = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $R = Z \cos \phi; X_L = Z \sin \phi$

## مدار موازی مقاومت حقیقی و خود القایی

	<p>شدت جریان کل <math>I</math></p> <p>شدت جریان حقیقی <math>I_R</math></p> <p>شدت جریان خود القایی <math>I_L</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت خود القایی <math>X_L</math></p> <p>مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math></p> <p>رسانایی ظاهری <math>Y</math></p> <p>رسانایی حقیقی <math>G</math></p> <p>رسانایی خود القایی <math>B_L</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\varphi</math></p>	$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$ $I_R = I \cos \varphi \Rightarrow G = Y \cos \varphi$ $I_L = I \sin \varphi \Rightarrow B_L = Y \sin \varphi$ $Y = \sqrt{G^2 + B_L^2} \Rightarrow$ $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}$ $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}}$ $R = \frac{Z}{\cos \varphi}$ $X_L = \frac{Z}{\sin \varphi}$
--	---	---

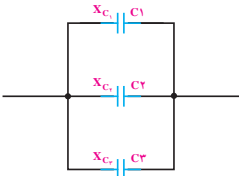
## مقاومت خازنی، رسانایی خازنی

	<p>ظرفیت <math>C</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>فرکانس زاویه ای <math>\omega</math></p> <p>رسانایی خازنی <math>B_C</math></p>	$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $B_C = \omega \cdot C$ $[C] = \frac{As}{V} = \frac{s}{\Omega} = F$ $[X_C] = \frac{1}{\frac{1}{s} \cdot \Omega} = \Omega$ $[B_C] = \frac{1}{\Omega} = S$
--	---	--

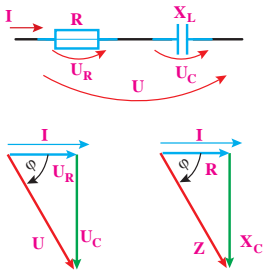
## مدار سری خازن ها

	<p>ظرفیت معادل <math>C</math></p> <p>تک تک ظرفیت ها <math>C_1, C_2, \dots</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>تک تک مقاومت های خازنی <math>X_{C1}, X_{C2}, \dots</math></p>	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ $X_C = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3}$ <p>برای دو خازن:</p> $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$
--	--	---

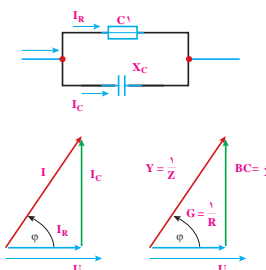
## مدار موازی خازن‌ها

	<p>ظرفیت معادل <math>C</math></p> <p>تک تک ظرفیت‌ها <math>C_1, C_2, \dots</math></p> <p>رسانایی خازنی معادل <math>B_C</math></p> <p>تک تک رسانایی خازنی <math>B_{C1}, B_{C2}, \dots</math></p> <p>تک تک مقاومت‌های خازنی <math>X_{C1}, X_{C2}, \dots</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p>	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ $B_C = B_{C1} + B_{C2} + B_{C3} + \dots$ $\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}} + \dots$ $X_C = \frac{X_{C1} \cdot X_{C2}}{X_{C1} + X_{C2}}$
---	--	---

## مدار سری مقاومت حقیقی و خازنی

	<p>ولتاژ کل <math>U</math></p> <p>ولتاژ حقیقی <math>U_R</math></p> <p>ولتاژ خازنی <math>U_C</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\phi</math></p>	$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$ $U_R = U \cdot \cos \phi$ $U_C = U \cdot \sin \phi$ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $R = Z \cdot \cos \phi$ $X_C = Z \cdot \sin \phi$
---	---	---

## مدار موازی مقاومت حقیقی و خازن

	<p>شدت جریان کل <math>I</math></p> <p>شدت جریان حقیقی <math>I_R</math></p> <p>شدت جریان خازنی <math>I_C</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math></p> <p>رسانایی ظاهری <math>Y</math></p> <p>رسانایی حقیقی <math>G</math></p> <p>رسانایی خازنی <math>B_C</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\phi</math></p>	$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$ $I_R = I \cdot \cos \phi$ $I_C = I \cdot \sin \phi \Rightarrow G = Y \cdot \cos \phi$ $Y = \sqrt{G^2 + B_C^2} \Rightarrow B_C = Y \cdot \sin \phi$ $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}}$ $R = \frac{Z}{\cos \phi}$ $X_C = \frac{Z}{\sin \phi} \Rightarrow R = \frac{Z}{\cos \phi}$
--	---	--

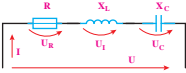
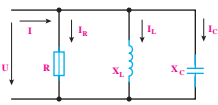
## مدار سری مقاومت حقیقی، خود القایی و خازنی

	<p>ولتاژ کل <math>U</math></p> <p>ولتاژ حقیقی <math>U_R</math></p> <p>ولتاژ خود القایی <math>U_L</math></p> <p>ولتاژ خازنی <math>U_C</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت القایی <math>X_L</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>مقاومت منتهی <math>X</math></p> <p>مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\varphi</math></p>	$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$ $U_R = U \cdot \cos\varphi$ $U_b = U \cdot \sin\varphi$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $R = Z \cdot \cos\varphi$ $X = Z \cdot \sin\varphi \text{ یا } X = X_L - X_C$
--	--	---

## مدار موازی مقاومت حقیقی، خود القایی و خازنی

	<p>شدت جریان کل <math>I</math></p> <p>شدت جریان حقیقی <math>I_R</math></p> <p>شدت جریان خود القایی <math>I_L</math></p> <p>شدت جریان خازنی <math>I_C</math></p> <p>شدت جریان <math>I_b</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت القایی <math>X_L</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>مقاومت ظاهری (امپدانس) <math>Z</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\varphi</math></p> <p>رسانایی حقیقی <math>G</math></p> <p>رسانایی خود القایی <math>B_L</math></p> <p>رسانایی خازنی <math>B_C</math></p> <p>رسانایی منتهی <math>B</math></p>	$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$ $I_R = I \cdot \cos\varphi$ $I_b = I \cdot \sin\varphi$ $Y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2} \Rightarrow$ $B = B_L - B_C$ $G = Y \cdot \cos\varphi \text{ و } B = Y \cdot \sin\varphi$ $Z = \frac{1}{\frac{1}{R} \sqrt{\left(\frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C}\right)^2}}$
--	--	--

مدار سری	
$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$	$U = IZ$
	$U_R = IR$
	$U_L = I.X_L$
	$U_C = I.X_C$
برای مدار موازی	
$I = \frac{U}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$	$I_R = \frac{U}{R}$
	$I_L = \frac{U}{X_L}$
	$I_C = \frac{U}{X_C}$
	$I = \frac{U}{Z}$

مقاومت حقیقی  $R$

مقاومت خودالقایی  $X_L$

مقاومت خازنی  $X_C$

مقاومت ظاهری (امپدانس)  $Z$

ولتاژ کل  $U$

ولتاژ حقیقی  $U_R$

ولتاژ خودالقایی  $U_L$

ولتاژ خازنی  $U_C$

شدت جریان کل  $I$

شدت جریان حقیقی  $I_R$

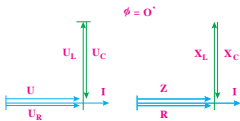
شدت جریان خودالقایی  $I_L$

شدت جریان خازنی  $I_C$

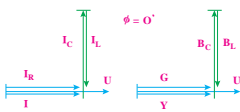
تشدید (موازی - سری)

<p>فرکانس تشدید <math>f_r</math></p> <p>فرکانس زاویه‌ای تشدید <math>\omega_o</math></p> <p>خودالقایی <math>L</math></p> <p>ظرفیت <math>C</math></p> <p>مقاومت حقیقی <math>R</math></p> <p>مقاومت القایی <math>X_L</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p> <p>ضریب کیفیت <math>Q</math></p> <p>ضریب تلفات <math>d</math></p> <p>شدت جریان خودالقایی <math>I_L</math></p> <p>شدت جریان خازنی <math>I_C</math></p> <p>شدت جریان کل <math>I</math></p> <p>ولتاژ خودالقایی <math>U_L</math></p> <p>ولتاژ خازنی <math>U_C</math></p> <p>ولتاژ کل <math>U</math></p> <p>پهنای باند <math>BW</math></p>	$X_L = X_C$ $[f_r] = \frac{1}{s}$ $d = \frac{1}{Q}$ $BW = \frac{f_r}{Q}$	$\omega_o.L = \frac{1}{\omega_o.C}$ $f_r = \frac{1}{2\pi.\sqrt{L.C}}$ $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L.C}}$
	<p>• تشدید موازی:</p> $Q = \frac{R}{\omega_o.L} = RC\omega_o$ <p>• تشدید سری:</p> $Q = \frac{\omega_o.L}{R} = \frac{1}{RC\omega_o}$	

مدار تشدید سری



مدار تشدید موازی



فرکانس تشدید  $f_r$

فرکانس زاویه‌ای تشدید  $\omega_o$

خودالقایی  $L$

ظرفیت  $C$

مقاومت حقیقی  $R$

مقاومت القایی  $X_L$

مقاومت خازنی  $X_C$

ضریب کیفیت  $Q$

ضریب تلفات  $d$

شدت جریان خودالقایی  $I_L$

شدت جریان خازنی  $I_C$

شدت جریان کل  $I$

ولتاژ خودالقایی  $U_L$

ولتاژ خازنی  $U_C$

ولتاژ کل  $U$

پهنای باند  $BW$

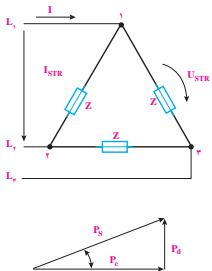


## توان در جریان متناوب

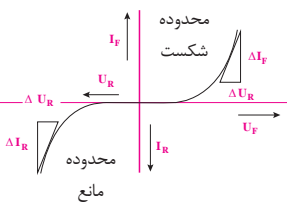
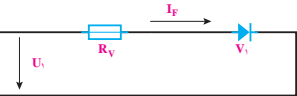
	<p>توان ظاهری <math>P_S</math></p> <p>توان حقیقی <math>P</math></p> <p>توان خازنی <math>Q_C</math></p> <p>توان خودالقایی <math>Q_L</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\phi</math></p> <p>ضریب توان حقیقی <math>\cos \phi</math></p> <p>ضریب توان <math>\sin \phi</math></p> <p>ولتاژ کل <math>U</math></p> <p>ولتاژ حقیقی <math>U_R</math></p> <p>ولتاژ خودالقایی <math>U_L</math></p> <p>ولتاژ خازنی <math>U_C</math></p> <p>شدت جریان کل <math>I</math></p> <p>شدت جریان خودالقایی <math>I_L</math></p> <p>شدت جریان خازنی <math>I_C</math></p> <p>مقاومت القایی <math>X_L</math></p> <p>مقاومت خازنی <math>X_C</math></p>	<p><math>P_S = U_e \cdot I_e \Rightarrow [S] = V \cdot A = VA</math></p> <p><math>P_S = \sqrt{P_e^2 + P_{d_l}^2}</math></p> <p><math>P_S = \sqrt{P_e^2 + P_{d_c}^2}</math></p> <p><math>P_e = P_S \cdot \cos \phi</math></p> <p><math>P_{d_l} = P_S \cdot \sin \phi \Rightarrow [P_{d_l}] = \text{var}</math></p> <p><math>P_{d_c} = P_S \cdot \sin \phi \Rightarrow [P_{d_c}] = \text{var}</math></p> <p><math>P_{d_l} = \frac{U_L^2}{X_L} \quad P_{d_c} = \frac{U_C^2}{X_C}</math></p> <p><math>P_{d_l} = I_L^2 \cdot X_L \quad P_{d_c} = I_C^2 \cdot X_C</math></p> <p><math>\sin \phi = \frac{P_{d_l}}{P_S} \Rightarrow \cos \phi = \frac{P_e}{P_S}</math></p>
--	--	--

## جریان سه فاز

	<p>ولتاژ خط <math>U_L</math></p> <p>ولتاژ فاز (شاخه) <math>U_P</math></p> <p>جریان خط <math>I_L</math></p> <p>جریان فاز (شاخه) <math>I_P</math></p> <p>توان ظاهری شاخه <math>P_{SP}</math></p> <p>توان حقیقی کل <math>P_e</math></p> <p>توان کل <math>P_d</math></p> <p>زاویه اختلاف فاز <math>\phi</math></p> <p>ضریب توان حقیقی <math>\cos \phi</math></p> <p>ضریب توان غیرحقیقی <math>\sin \phi</math></p>	<p>مدار ستاره</p> <p><math>I_L \quad I_P</math></p> <p><math>U_L = \sqrt{3} \cdot U_P</math></p> <p><math>P_S = \sqrt{(\sum P_e)^2 + (\sum P_d)^2}</math></p> <p><math>P_S = U_P \cdot I_P</math></p> <p><math>[S] = V \cdot A \cdot VA</math></p> <p><math>[P] = V \cdot A = W</math></p> <p><math>[Q] = V \cdot A = \text{var}</math></p> <p><math>P_S = 3 P_{SP}</math></p> <p><math>P_e = \sqrt{3} U_L \cdot I_L \cdot \cos \phi</math></p> <p><math>P_e = \sqrt{3} U_L \cdot I_L \cdot \sin \phi</math></p> <p><math>P_S = \sqrt{3} U_L \cdot I_L</math></p>
--	---	---

مدار مثلث			
	ولتاژ خط $U_L$ ولتاژ فاز (شاخه) $U_P$ جریان خط $I$ جریان فاز (شاخه) $I_P$ توان ظاهری شاخه $P_S$ توان حقیقی کل $P_e$ توان کل $P_d$ زاویه اختلاف فاز $\phi_1$ ضریب توان حقیقی $\cos\phi$ ضریب توان غیر حقیقی $\sin\phi$	$I_L = \sqrt{3} I_P$ $U_L = U_P$	$S = \sqrt{(\sum P)^2 + (\sum Q)^2}$
		$P_e = 3 U_P \cdot I_P \cdot \cos\phi$ $P_d = 3 U_P \cdot I_P \cdot \sin\phi$ $P_s = 3 U_P \cdot I_P$	

دیودهای نیمه هادی

منحنی مشخصه			
	ولتاژ مستقیم $U_F$ ولتاژ معکوس $U_R$ جریان مستقیم $I_F$ جریان معکوس $I_R$ مقاومت استاتیکی مستقیم $R_F$ مقاومت استاتیکی معکوس $R_R$ مقاومت اختلافی مستقیم $r_F$ مقاومت اختلافی معکوس $r_R$	$R_F = \frac{U_F}{I_F}$ $R_R = \frac{U_R}{I_R}$	$r_F = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$ $r_R = \frac{\Delta U_R}{\Delta I_R}$
مدار دیود (دیودهای نوری)			
	ولتاژ اتصال $U_1$ ولتاژ معکوس $U_R$ ولتاژ مستقیم $U_F$ جریان مستقیم $I_F$ جریان معکوس $I_R$ مقاومت محافظ $R_V$ حداکثر توان تلف مجاز $P_{tot}$	$R_V = \frac{U_1 - U_F}{I_F}$ $P_{tot} = I_{Fmax} \times U_{Fmax}$ $U_{Rmax} \geq U_{1max}$	

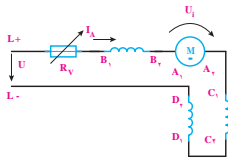
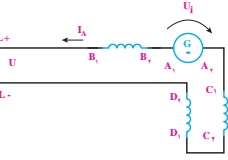
کمیت جریان مستقیم در مدار امیتر		
	<p>ولتاژ امیتر - کلکتور <math>U_{CE}</math>  ولتاژ امیتر - بیس <math>U_{BE}</math>  ولتاژ کلکتور - بیس <math>U_{BC}</math>  جریان کلکتور <math>I_C</math>  جریان امیتر <math>I_E</math>  جریان بیس <math>I_B</math>  حداکثر توان تلف مجاز <math>P_{tot}</math>  توان تلف <math>P_V</math>  نسبت جریان مستقیم <math>B</math></p>	$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$ $I_E = I_C + I_B$ $P_V = U_{CE} \times I_C$ $P_V < P_{tot}$ $B = \frac{I_C}{I_B}$
تنظیم نقطه کار با مقاومت محافظ بیس		
	<p>ولتاژ در مقاومت محافظ بیس <math>U_{RV}</math>  ولتاژ کاری <math>U_b</math>  ولتاژ امیتر - بیس <math>U_{BE}</math>  جریان بیس <math>I_B</math>  جریان کلکتور <math>I_C</math>  مقاومت کلکتور <math>R_C</math>  مقاومت محافظ بیس <math>R_V</math>  نسبت جریان مستقیم <math>\beta</math></p>	$U_{RV} = U_P - U_{BE}$ $U_{RV} = I_B \times R_V$ $R_V = \frac{U_b - U_{BE}}{I_B}$ $R_V = \frac{(U_b - U_{BE}) \times B}{I_C}$ $R_C = \frac{U_b - U_{BE}}{I_C}$
تنظیم نقطه کار با توزیع کننده ولتاژ بیس		
	<p>جریان بیس <math>I_B</math>  جریان کلکتور <math>I_C</math>  جریان بایاس <math>I_q</math>  نسبت جریان بایاس <math>(3 &lt; q &lt; 10)q</math>  مقاومت کلکتور <math>R_C</math>  مقاومت امیتر <math>R_E</math>  مقاومت های توزیع ولتاژ <math>R_1, R_2</math>  بیس <math>R_1, R_2</math>  ولتاژ کاری <math>U_b</math>  ولتاژ در <math>R_E</math> <math>U_{RE}</math>  ولتاژ در <math>R_2</math> <math>U_{R2}</math>  نسبت مقاومت <math>(3 &lt; q &lt; 10)m</math></p>	$R_V = \frac{U_{RZ}}{I_q} \quad q = \frac{I_q}{I_B}$ $R_E = \frac{R_C}{m} \quad R_E = \frac{U_{RE}}{I_C}$ $R_1 = \frac{U_b - U_{R2}}{I_q + I_B}$ $R_C = \frac{U_b - U_{CE} - U_{RE}}{I_C}$

ماشین های جریان مستقیم  
ماشین جریان مستقیم تحریک خارجی

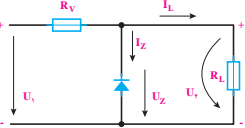
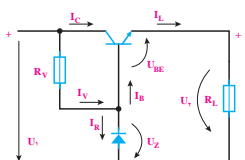
	<p>ولتاژ شبکه <math>U</math></p> <p>ولتاژ القایی متقابل <math>U_i</math></p> <p>ولتاژ جاروبکها <math>U_B</math></p> <p>جریان هسته <math>I_A</math></p> <p>جریان قله راه اندازی <math>I_r</math></p> <p>مقاومت هسته <math>R_A</math></p> <p>مقاومت راه انداز <math>R_V</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ <math>R_K</math></p> <p>جبران کننده <math>R_K</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ قطب</p> <p>برگردان <math>R_{WP}</math></p> <p>ولتاژ ترمینال <math>U</math></p> <p>جریان هسته <math>I_A</math></p>	$U = U_i + U_B + I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$ $R_V = \frac{U - U_B}{I_r} - R_A - R_{WP} - R_K$ <p>● اگر ماشین سیم پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران کننده نداشته باشد:</p> $R_K = 0 \Omega \text{ یا } R_{WP} = 0 \Omega$ $U = U_i - U_B - I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$
--	---	--

ماشین های جریان مستقیم تحریک موازی

	<p>ولتاژ شبکه <math>U</math></p> <p>ولتاژ القایی متقابل <math>U_i</math></p> <p>ولتاژ جاروبکها <math>U_B</math></p> <p>جریان شبکه <math>I</math></p> <p>جریان هسته <math>I_A</math></p> <p>جریان تحریک <math>I_e</math></p> <p>جریان قله راه انداز <math>I_r</math></p> <p>مقاومت هسته <math>R_A</math></p> <p>مقاومت تحریک <math>R_e</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ <math>R_K</math></p> <p>جبران کننده <math>R_K</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ قطب برگردان <math>R_{WP}</math></p>	$U = I_e \times R_e \quad I = I_A + I_e$ $U = U_i + U_B + I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$ $R_V = \frac{U - U_B}{I_r - I_e} - R_A - R_{WP} - R_K$ <p>● اگر ماشین سیم پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران کننده نداشته باشد</p> $R_K = 0 \Omega \text{ یا } R_{WP} = 0 \Omega$ $I = I_A - I_e$ $U = I_e \times R_e$ $U = U_i + U_B - I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$
--	---	---

 	<p>ولتاژ شبکه <math>U</math></p> <p>ولتاژ القایی متقابل <math>U_i</math></p> <p>ولتاژ جاروبکها <math>U_B</math></p> <p>مقاومت هسته <math>R_A</math></p> <p>مقاومت تحریک <math>R_e</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ <math>R_K</math></p> <p>جبران کننده <math>R_{WP}</math></p> <p>مقاومت سیم پیچ قطب</p> <p>برگردان <math>R_{WP}</math></p> <p>مقاومت راه انداز <math>R_V</math></p> <p>جریان هسته <math>I_A</math></p> <p>جریان قله راه انداز <math>I_r</math></p> <p>ولتاژ جاروبکها <math>U_B</math></p> <p>جریان هسته <math>I_A</math></p> $U = U_i + U_B + I_A \times (R_A + R_e + R_{WP} + R_K)$ $R_V = \frac{U - U_B}{I_r} - R_A - R_{WP} - R_K - R_e$ <p>● اگر ماشین سیم پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران کننده نداشته باشد</p> $R_K = 0 \Omega \text{ یا } R_{WP} = 0 \Omega$ $U = U_i - U_B - I_A \cdot (R_A + R_e + R_{WP} + R_K)$
--	--

## تثبیت ولتاژ

تثبیت ولتاژ با دیود زنر		
	<p><math>P_{tot}</math> توان تلف</p> <p><math>U_1</math> ولتاژ ورودی</p> <p><math>U_Z</math> ولتاژ خروجی (ولتاژ Z)</p> <p><math>I_Z</math> جریان Z</p> <p><math>I_L</math> جریان بار</p> <p><math>R_V</math> مقاومت محافظ</p>	$P_{tot} = U_Z \times I_{Zmax}$ $P_{Vmax} = \frac{U_{1min} - U_Z}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$ $P_{Vmin} = \frac{U_{1max} - U_Z}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$ $I_{Zmin} = 0.1 \cdot I_{Zmax}$
تثبیت ولتاژ با ترانزیستور سری		
	<p><math>U_1</math> ولتاژ ورودی</p> <p><math>U_r</math> ولتاژ خروجی</p> <p><math>U_{BE}</math> ولتاژ امیتر - بیس</p> <p><math>U_{CE}</math> ولتاژ امیتر - کلکتور</p> <p><math>U_Z</math> ولتاژ زنر</p> <p><math>I_Z</math> جریان Z</p> <p><math>I_L</math> جریان بار</p> <p><math>R_V</math> مقاومت محافظ</p> <p><math>R_L</math> مقاومت بار</p> <p><math>B</math> ضریب تقویت جریان</p>	$U_r = U_Z - U_{BE}, I_L = \beta \times I_B$ $R_{Lmin} = \frac{U_r}{I_{Cmax}}$ $R_V = \frac{U_1 - U_Z}{I_Z + I_B}$ $U_{1min} = U_r + U_{CEmin}$ $U_{1max} = R_V \cdot (I_{Zmax} + I_{Bmax}) + U_Z$

## حداقل سطح مقطع سیم‌ها با توجه به استحکام مکانیکی

نوع سیم	سطح مقطع به $\text{mm}^2$
سیم سیار برای دستگاه‌های کوچک تا ۱A، حداکثر طول ۲m	۰/۱
مشابه سیم بالا، در داخل تابلوهای کنترل	۰/۲
سیم سیار برای دستگاه‌های کوچک تا ۲/۵A حداکثر طول ۲m یا شبکه روشنایی برای فضاهای داخلی بین تک تک لامپ‌ها یا سیم‌ها در تابلوهای کلید و توزیع کننده‌های تا ۲/۵A	۰/۵
سیم سیار دستگاه‌ها تا ۱۰A یا سیم‌های داخل یا روی وسایل روشنایی (سریچ) یا سیم‌های تابلوهای کلید و توزیع کننده‌های تا ۱۶A یا سیم‌های تا طول ۱۰m بدون تجهیزات انشعاب‌گیری در وسایل خانه	۰/۷۸
سیم سیار برای دستگاه‌های تا ۱۶A یا سیم‌های تابلوهای کلید و توزیع کننده‌ها تا ۲۰A	۱/۰
سیم‌های عایق ثابت یا سیم‌های در فضای دارای خطر ویژه (مثلاً فضاهای دارای خطر آتش‌سوزی)	۱/۵
سیم کشی آزاد با فاصله نقاط بست تا ۲۰m	۴
سیم کشی آزاد با فاصله نقاط بست از ۲۰m تا ۴۵m	۶

## مشخصه رنگ مقاومت‌ها

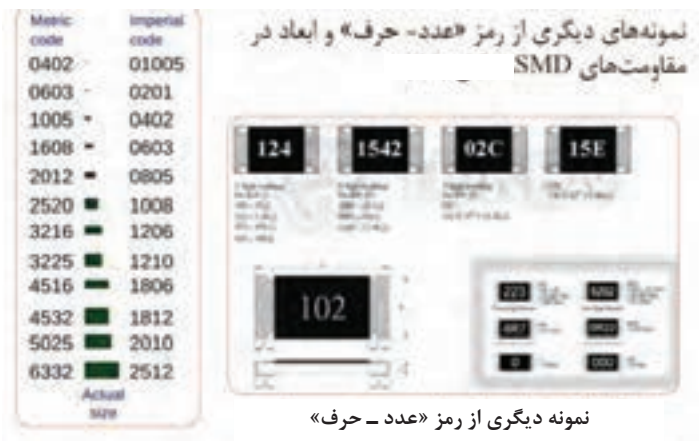
رنگ حلقه‌ها یا نقطه‌ها		حلقه ۱. رقم ۱.	حلقه ۲. رقم ۲.	حلقه ۳. ضریب	حلقه ۴. تولرانس به %	ضریب دما
طبق DIN EN ۶۰ ۰۶۲	طبق IEC ۷۵۷	مقاومت به $\Omega$				
سیاه (sw)	BK (سیاه)	-	۰	۱	-	$\pm 250.10^{-6}/K$
قهوه‌ای (br)	BN (قهوه‌ای)	۱	۱	۱۰	$\pm 1$	$\pm 100.10^{-6}/K$
قرمز (rt)	RD (قرمز)	۲	۲	۱۰ <sup>۲</sup>	$\pm 2$	$\pm 50.10^{-6}/K$
نارنجی (or)	OG (نارنجی)	۳	۳	۱۰ <sup>۳</sup>	-	$\pm 15.10^{-6}/K$
زرد (gb)	YE (زرد)	۴	۴	۱۰ <sup>۴</sup>	-	$\pm 25.10^{-6}/K$

سبز (gn)	GN (سبز)	۵	۵	۱۰ <sup>۵</sup>	± ۰/۵	± ۲۰.۱۰ <sup>-۶</sup> /K
آبی (bl)	BU (آبی)	۶	۶	۱۰ <sup>۶</sup>	± ۰/۲۵	± ۱۰.۱۰ <sup>-۶</sup> /K
بنفش (vl)	VT (بنفش)	۷	۷	۱۰ <sup>۷</sup>	± ۰/۱	± ۵.۱۰ <sup>-۶</sup> /K
خاکستری (gr)	GY (خاکستری)	۸	۸	۱۰ <sup>۸</sup>	-	± ۱.۱۰ <sup>-۶</sup> /K
سفید (ws)	WH (سفید)	۹	۹	۱۰ <sup>۹</sup>	-	-
طلایی (au)	GD (طلایی)	-	-	۰/۱	± ۵	-
نقره‌ای (ag)	SR (نقره‌ای)	-	-	۰/۰۱	± ۱۰	-
بدون رنگ		-	-	-	± ۲۰	-

در یک مقاومت با ۵ یا ۶ حلقه رنگی حلقه ۱. رقم ۱، حلقه ۲. رقم ۲. و حلقه ۳. رقم ۳. را بیان می‌کند. حلقه ۴. ضریب، حلقه ۵. تolerانس و حلقه ۶. ضریب دما را بیان می‌کند.

## مقاومت SMD:

نمونه‌های دیگری از رمز «عدد - حرف» و ابعاد در مقاومت‌های SMD، (شکل زیر).  
نمونه دیگری از رمز «عدد - حرف»



یکی از محاسبه‌گرهای مقاومت SMD را مشاهده می‌کنید.

## SMD resistor code calculator

marking on the SMD resistor :

103

calculator

calculated resistance value:

10K $\Omega$

this simple calculator will help you determine the value of any SMD resistor. To get started, input the 3 or 4 digit code and hit the calculate button or Enter.

Note: The program was tested rigorously, but it still may have a few bugs. so, when in doubt (and when its possible) don't hesitate to use a multimeter to double-check the critical components.



## • تشریح علائم اختصاری

SOIC و SMD همان DIP هستند. که نوع اتصالات آنها به صورت سطحی روی فیبر مدار چاپی می باشد. این نوع پکیج ها به ساده ترین روش لحیم کاری می شوند. در پکیج های SMD هر پین معمولاً  $1/27\text{mm}$  از یک دیگر فاصله دارند.

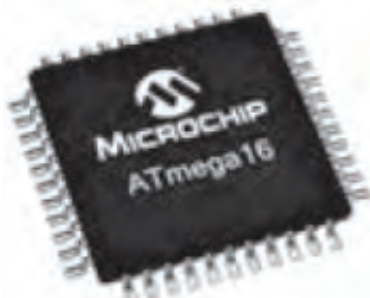
SSOP نوع کوچک تری از پکیج های SOIC هستند. پکیج های مشابه دیگر شامل TSOP و TSSOP است، (شکل روبه رو)



تصویر ظاهری انواع پکیج ها SOIC

بسته بندی های QFP پین ها در چهار طرف IC قرار گرفته اند. پین های هر طرف این نوع پکیج از ۸ تا ۷۰ پایه در هر طرف با فاصله هر دو پین در هر طرف از  $0/4\text{mm}$  تا  $1\text{mm}$  است.

تصویر ظاهری بسته بندی های QFN شبیه به QFP است، (شکل روبه رو)



تصویر ظاهری انواع پکیج های QFP

اتصالات در بسته بندی های QFN بسیار ظریف و نازک است. قسمت های اتصال این نوع پکیج روی لبه های پایینی IC قرار دارد.

پکیج های VQFN, TQFN و MLF کوچک ترین اندازه استاندارد بسته بندی در QFN هستند. بسته بندی های DFNT, DFN، پکیج هایی هستند که پین ها در دو طرف آن قرار می گیرد. بسیاری از میکروپروسورها، سنسورها و سایر آی سی های مدرن و پیشرفته در پکیج های QFN و QFP تولید شده است، (شکل زیر)



تصویر ظاهری انواع پکیج های DFNT, DFN

در نهایت برای IC های پیشرفته پکیج های BGA وجود دارد. که در آنها پین ها در دو ردیف در ابعاد بسیار ریز در زیر IC قرار گرفته است. (شکل روبه رو)



تصویر ظاهری انواع پکیج های BGA

اولین میکروکنترلر در سال ۱۹۷۱ توسط شرکت انام آشنای intel ساخته شد و این شرکت اولین میکروکنترلر کاربردی خود را در سال ۱۹۸۰ با نام ۸۰۸۰ روانه بازار کرد. بعد از آن میکروکنترلر توسط شرکت اینتل با سری چیپهای ۸۰۵۲، ۸۰۵۱، ۸۰۵۰، AT۸۰۵۰ شرکت راینلگ با سری چیپهای ۸۰۵۳، ۸۰۵۲، ۸۰۵۱، Z۸۰۵۱ و شرکت موتورولا با سری چیپهای ۶۸۱۱، ۶۸۱۰، ۶۸۰۱ گسترش یافت. در حال حاضر میکروکنترلرهای پرکاربرد موجود دارای انواع زیر هستند که هر یک کاربردها و ویژگیهای مخصوص به خود را دارند:

خانواده AVR: ساخت شرکت ATMEL

خانواده PIC: ساخت شرکت MicroChip

خانواده ARM: ساخت شرکت های STM، NXP، ATMEL

خانواده FPGA: ساخت شرکت های Altera، Xilinx

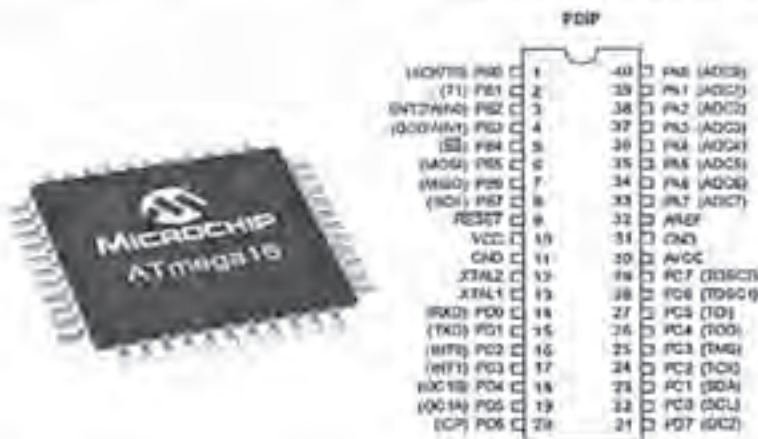
هر یک از خانواده‌های فوق دارای زیرمجموعه‌های بسیاری می باشد اما به صورت کلی می توان آنها را به صورت جدول زیر مقایسه نمود. در جدول زیر منظور از قدرت پردازش اطلاعات در مصارف عمومی ( کارهای کنترلی) اختصاصی ( مانند پردازش تصویر) می باشد.

سری میکروکنترلر	تعداد پین ها	فرکانس کارکرد	مدارهای داخلی	تیمبر	قابلیت یو آر تی سی	تعداد پین های ورودی	تعداد پین های خروجی	تعداد پین های آنالوگ	تعداد پین های دیجیتال
خانواده AVR	۱۲۸	۱۰MHz	۲۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K
خانواده PIC	۴۰	۱۰MHz	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K
خانواده ADXL	۲۰	۱۰MHz	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K
خانواده PIC16	۴۰	۱۰MHz	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K	۱۰K

### معرفی میکروکنترلر Atmega16

میکروکنترلر Atmega16 یک میکروکنترلر پرکاربرد در بازار است و در پروژه های زیادی استفاده می شود. بهترین استفاده این میکروکنترلر در پکیج PDIP است که همانند Atmega ۲۲ دارای ۴۰ پین و ۲۲ پین ورودی و خروجی دارد (شکل زیر). این میکروکنترلر AVR در پکیج ۴۰ پایه TQFP نیز برای مصارف SMD یافت می شود (شکل زیر).

میکروکنترلر Atmega ۱۶A یکی از سری های Atmega ۱۶ می باشد. پسوند A دارای این معنی است که این میکرو در خلاف Atmega ۱۶ که از ولتاژ ۴/۵ تا ۵/۵ ولت می تواند کار نماید، همانند سری A می تواند با ولتاژ ۲/۷ تا ۵/۵ ولت کار کند اما بر خلاف سری A که دارای ماکزیمم فرکانس کارائی شده ۸ مگاهرتز است Atmega ۱۶A همانند Atmega ۱۶ می تواند دارای منبع کلاک تا سرعت ۱۶ MHz باشد.



ویژگی‌های میکروکنترلر ۱۶A Atmega :

- پایداری بالا
- مصرف توان کم
- میکروکنترلر ۸ بیتی Atmel
- معماری RISC پیشرفته - ۱۳۱ دستورالعمل قدرتمند اجرای اغلب دستورالعمل‌ها در یک کلاک، ۳۲ رجیستر ۸ بیتی با کاربرد عمومی، بیش از ۱۶ میلیون دستورالعمل بر ثانیه (MIPS) با کلاک ۱۶ مگاهرتز (MHz)
- ۱۶ کیلوبایت حافظه فلش قابل برنامه‌ریزی
- ۵۱۲ بیت EEPROM
- ۱ کیلوبایت SRAM
- قابلیت برنامه‌ریزی حافظه فلش تا ۱۰۷۰۰۰ بار و حافظه EEPROM تا ۱۰۰۰۰۰۰ بار
- ماندگاری برنامه تا ۲۰ سال در دمای ۸۵ درجه و ۱۰۰ سال در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد
- دارای قفل برنامه برای حفاظت از ترانزاکشن
- رابط JTAG مطابق استاندارد IEEE ۱۱۴۹/۱
- دارای ۲ تایمر ۸ بیتی
- دارای یک تایمر ۱۶ بیتی
- دارای RTC با اسلاتور مجزا
- ۴ کانال PWM
- ۸ کانال ADC ۱۰ بیتی
- رابط سریال TWO WIRE یا TWI
- USART
- رابط سریال SPI در حالت Master/Slave
- دارای تایمر دیدن بان با اسلاتور مجزای داخلی
- مقایسه‌گر آنالوگ داخلی
- دارای اسلاتور RC کانسر، شده داخلی
- ۳۲ پورت ورودی و خروجی
- ولتاژ تغذیه ۲/۷۵ تا ۵/۵ ولت
- پشتیبانی از فرکانس ۰ تا ۱۶ مگاهرتز
- مصرف انرژی در فرکانس ۱ مگاهرتز، ولتاژ ۳ ولت و دمای ۲۵ درجه فعال: ۰/۶ میلی‌آمپر - حالت بیکاری: ۰/۲ میلی‌آمپر - حالت Power Down کمتر از ۱ میکروآمپر

جدول واحدهای فرکانس

واحد	نماد	زبان اصلی	تعریف خلاصه	با نماد $10^x$
هرتز	Hz	Hertz	یک سیکل در ثانیه	$10^0 \text{ Hz} = 1 \text{ Hz}$
کیلوهرتز	KHz	Kilohertz	هزار سیکل در ثانیه	$10^3 \text{ Hz}$
مگاهرتز	MHz	Megahertz	یک میلیون سیکل در ثانیه	$10^6 \text{ Hz}$
گیگاهرتز	GHz	Gigahertz	بیلیون (میلیارد) سیکل در ثانیه	$10^9 \text{ Hz}$
تراهرتز	THz	Terahertz	یک تریلیون سیکل در ثانیه	$10^{12} \text{ Hz}$

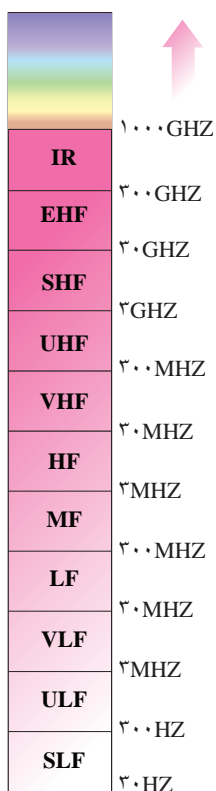
جدول دسته‌بندی عمومی فرکانس




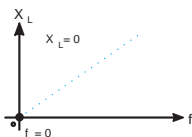
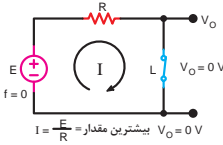



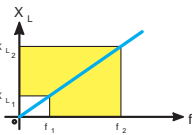
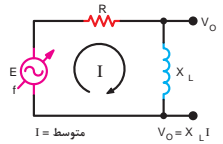



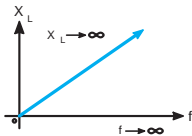
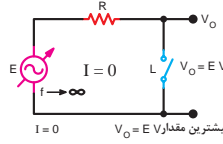



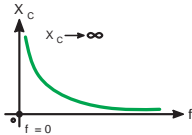
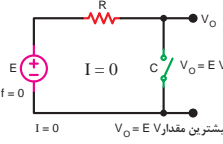



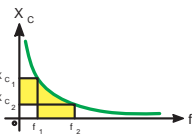
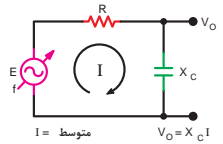



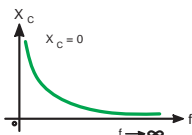
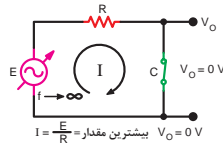
ردیف	محدوده فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد به زبان انگلیسی
۱	صفر	ولتاژ و جریان DC	DC voltage and current
۲	$10 \text{ Hz} - 1 \text{ KHz}$	خطوط انتقال قدرت	Power Transmission
۳	$20 \text{ Hz} - 20 \text{ KHz}$	شنوایی	Audio
۴	$20 \text{ KHz} - 2 \text{ MHz}$	ماورای صوت (فراصوت)	Ultra Sonic
۵	$3 \text{ MHz} - 300 \text{ GHz}$	رادیو	Radio
۶	$5 \text{ Hz} - 5 \text{ MHz}$	ویدیو (تصویر)	Video
۷	$1 \text{ THz} - 430 \text{ THz}$	اشعه مادون قرمز	Infrared
۸	$430 \text{ THz} - 1000 \text{ THz}$	نور مرئی	Visible Light
۹	$1000 \text{ THz} - 6 \times 10^6 \text{ THz}$	اشعه ماورای بنفش	Ultra Violet
۱۰	$6 \times 10^6 \text{ THz} - 3 \times 10^9 \text{ THz}$	اشعه X (نرم یا سخت)	X Ray (Soft to hard)
۱۱	$3 \times 10^9 \text{ THz} - 5 \times 10^{10} \text{ THz}$	اشعه گاما	Gama Ray
۱۲	$5 \times 10^{10} \text{ THz} - 8 \times 10^{16} \text{ THz}$	اشعه کیهانی	Cosmic Ray

منبع کتاب Electronic communication by: Adamson  
 نکته مهم (۱): اعداد مندرج در جدول جنبه آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.  
 نکته مهم (۲): یادگیری و به خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی داده شده در جدول الزامی است.

## تقسیم‌بندی پاندهای فرکانسی با هسرایپ ده از عدد ۳

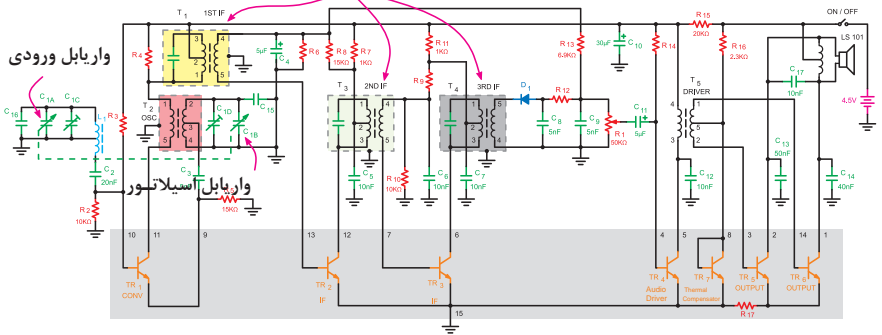
ردیف	محدوده فرکانس	نام پاند	نماد (علامت)	نام پاند به زبان اصلی
۱	۳-۳۰ Hz	بی نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency
۲	۳۰-۳۰۰ Hz	فوق العاده کم	SLF	Supper Low Frequency
۳	۳۰۰-۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency
۴	۳-۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency
فرکانس‌های رادیویی	۳۰-۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency
	۳۰۰ KHz-۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency
	۳-۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency
	۳۰-۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency
	۳۰۰ MHz-۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency
	۳GHz-۳۰ GHz	فوق العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency
	۳۰-۳۰۰ GHz	بی نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency



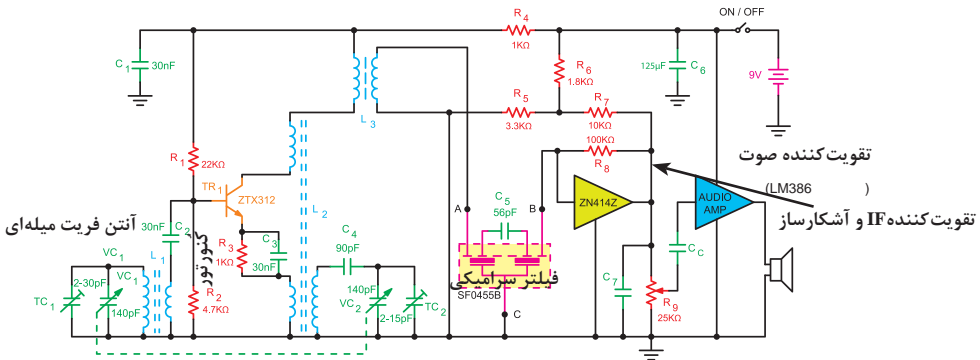
منبع تغذیه	قطعه	معادل قطعه	مقاومت معادل	نمایش منحنی راکتانس سلفی راکتانس خازنی بر حسب فرکانس	جریان و ولتاژ در مدار
 $E$ $f = 0$			$F = \infty$ $X_L = \gamma \pi f L$ سلف تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته		
 $E$ $f$			$X_L = \gamma \pi f L$		
 $E$ $f \rightarrow \infty$			$F = \infty$ $X_L = \gamma \pi f L$ سلف تقریباً مدار باز مانند کلید باز		
 $E$ $f = 0$			$F = \infty$ $X_C = \frac{1}{\gamma \pi f C}$ خازن تقریباً مدار باز مانند کلید باز		
 $E$ $f$			$X_C = \frac{1}{\gamma \pi f C}$		
 $E$ $f \rightarrow \infty$			$F = \infty$ $X_C = \frac{1}{\gamma \pi f C}$ خازن تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته		

در مدار های جدید به جای این قسمت یک آی سی جایگزین می شود.

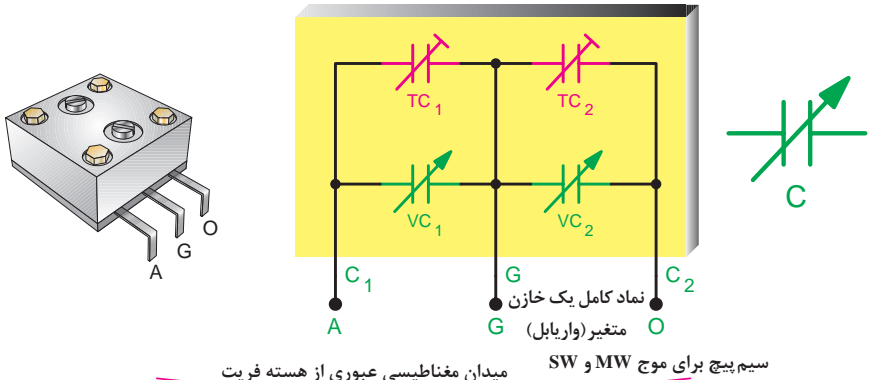
### ترانس های IF



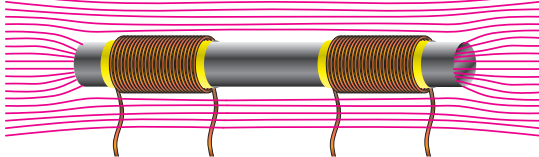
نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپر هترودین یک موج



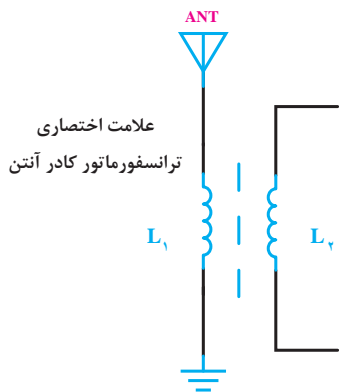
نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپر هترودین با آی سی



سیم پیچ برای موج MW و SW میدان مغناطیسی عبوری از هسته فریت





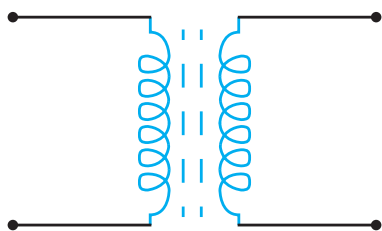


کادر آنتن روی بُرد

شکل ظاهری ترانس IF

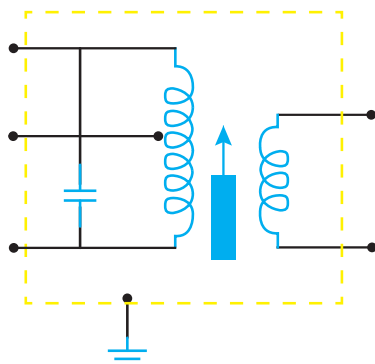


ترانس IF و خازن داخل آن



(۲)

ب) شمای فنی ترانس اسپلاتور



(۱)

الف) شمای فنی ترانس IF



چند نمونه آی سی



دیود بل بر قدرت



بل یک سو مدار در بسته بندی آی سی. بل دیود هیبرید (Hybrid) است و در یک بسته بندی



نمونه دیگری از بل دیود



بل دیود با قدرت بالا یا بسته سرامیکی



دیود آشکار ساز



بل استوانه ای



دیود قدرت مبرد



بل ۶ دیود



بل یک سو مدار در بسته بندی ۱۸۰ نصب سطحی



یک نمونه دیگر از بل دیود قدرت



بل دیود استوانه ای نصب سطحی

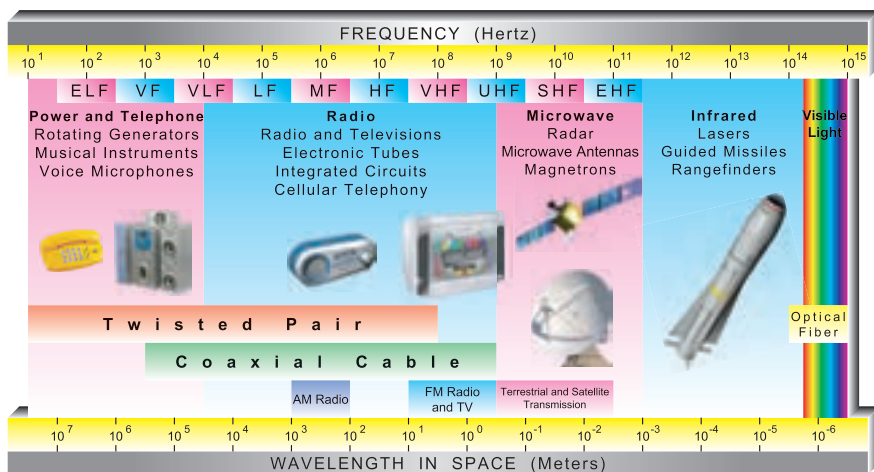


یک نمونه بل دیود با گریدگیر



بل دیود مبرد با بسته فلزی

چند نمونه دیود نه بل دیود



ELF = Extremely Low Frequency

VF = Voice Frequency

VLF = Very Low Frequency

LF = Low Frequency

MF = Medium Frequency

HF = High Frequency

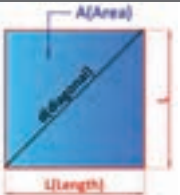
VHF = Very High Frequency

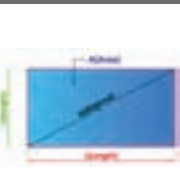
UHF = Ultra High Frequency


SHF = Super High Frequency


EHF = Extra High Frequency

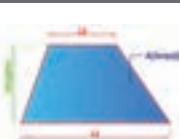
طیف امواج الکترومغناطیسی برای ارتباطات

	مساحت: A    قطر: d    طول ضلع: L	پارامترها محاسبات
	مثال: $L = 10 \text{ mm} \Rightarrow d = ? \quad A = ?$ $A = L^2 = (10 \text{ mm})^2 = 100 \text{ mm}^2$ $d = \sqrt{2} \times L = \sqrt{2} \times 10 \text{ mm} = 14.14 \text{ mm}$	مساحت مربع: $d = \sqrt{2} \times L$ قطر مربع: $d = \sqrt{2} \times L$


	مساحت: A    قطر: d    طول ضلع: L    ارتفاع: h	پارامترها محاسبات
	مثال: $L = 20 \text{ mm}, \quad h = 15 \text{ mm} \Rightarrow d = ? \quad A = ?$ $A = L \times h = 20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$ $d = \sqrt{L^2 + h^2} = \sqrt{(20 \text{ mm})^2 + (15 \text{ mm})^2}$ $= \sqrt{625 \text{ mm}^2} = 25 \text{ mm}$	مساحت مستطیل: $A = L \times h$ قطر مستطیل: $d = \sqrt{L^2 + h^2}$

	مساحت: A    قطرها: d1 و d2    ارتفاع: h    طول ضلع: L	پارامترها محاسبات
	مثال: $d_1 = 20 \text{ mm}, \quad d_2 = 16 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{d_1 \times d_2}{2} = \frac{20 \times 16}{2} = 160 \text{ mm}^2$	مساحت لوزی: $A = L \times h$ مساحت لوزی: $A = (d_1 \times d_2) / 2$

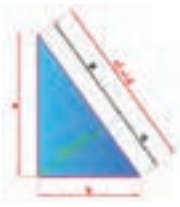
	مساحت: A    قطر: d    طول قاعده: L    ارتفاع: h	پارامترها محاسبات
	مثال: $L = 30 \text{ mm}, \quad h = 30 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = L \times h = 30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 900 \text{ mm}^2$	مساحت متوازی الاضلاع: $A = L \times h$

	مساحت: A    ارتفاع: h    طول قاعده بزرگ: L1    طول قاعده کوچک: L2	پارامترها محاسبات
	مثال: $L_1 = 20 \text{ mm}, \quad h = 25 \text{ mm}, \quad L_2 = 40 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{L_1 + L_2}{2} \times h = \frac{20 \text{ mm} + 40 \text{ mm}}{2} \times 25 \text{ mm} = 750 \text{ mm}^2$	مساحت ذوزنقه: $A = \frac{L_1 + L_2}{2} \times h$

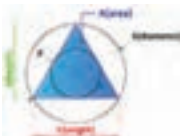
## مثلث

	مساحت: A    طول قاعده: L    ارتفاع: h	پارامترها
	مثال: $L = 40 \text{ mm}, h = 30 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{L \times h}{2} = \frac{40 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}}{2} = 600 \text{ mm}^2$	مساحت مثلث: $A = \frac{L \times h}{2}$


## مثلث قائم الزاویه

	مساحت: A    ارتفاع: h    طول وتر: c    طول اضلاع مجاور زاویه قائم: a, b	پارامترها
	مثال: $c = 5 \text{ mm}, a = 4 \text{ mm} \Rightarrow b = ?$ $b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (4 \text{ mm})^2} = 3 \text{ mm}$	قضیه فیثاغورس: $c^2 = a^2 + b^2$ قضیه اقلیدس: $b^2 = c \cdot q$ $a^2 = c \cdot p$ $h^2 = p \cdot q$

## مثلث متساوی الاضلاع

	مساحت: A    طول ضلع: l    ارتفاع: h    قطر دایره محیطی: D    قطر دایره محاطی: d	پارامترها
	مثال: $(\sqrt{3} = 1/\sqrt{3}), l = 100 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{\sqrt{3}}{4} \times l^2 = \frac{1/\sqrt{3}}{4} \times 100^2 = 4330 \text{ mm}^2$	مساحت مثلث متساوی الاضلاع: $A = \frac{\sqrt{3}}{4} \times l^2$ ارتفاع مثلث متساوی الاضلاع: $h = \frac{\sqrt{3}}{2} \times l$ قطر دایره محیطی مثلث متساوی الاضلاع: $D = \frac{2\sqrt{3}}{3} \times l = 2 \times d$ قطر دایره محاطی مثلث متساوی الاضلاع: $d = \frac{\sqrt{3}}{3} \times l = \frac{D}{2}$

## دایره

	مساحت: A    قطر: d    محیط: P	پارامترها
	مثال: $d = 100 \text{ mm} \Rightarrow A = ? , P = ?$ $A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times (100 \text{ mm})^2}{4} = 7850 \text{ mm}^2$ $P = \pi \times d = 3.14 \times 100 = 314 \text{ mm}$	مساحت دایره: $A = \frac{\pi \times d^2}{4}$ محیط دایره: $P = \pi \times d$



وزن طولی (مقادیر جدول برای فولاد با جرم مخصوص $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$ )											
d قطر						m' وزن طولی (وزن یک متر) a طول ضلع					
سیم فولادی						مفتول فولادی					
d	m'	d	m'	d	m'	d	m'	d	m'	d	m'
mm	kg/1000m	mm	kg/1000m	mm	kg/1000m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
۰.۱۰	۰.۰۶۲	۰.۵۵	۱.۸۷	۱.۱	۷.۴۶	۳	۰.۰۵۵	۱۸	۲.۰۰	۶۰	۲۲.۲
۰.۱۶	۰.۱۵۸	۰.۶۰	۲.۲۲	۱.۲	۸.۸۸	۴	۰.۰۹۹	۲۰	۲.۴۷	۷۰	۳۰.۲
۰.۲۰	۰.۲۴۷	۰.۶۵	۲.۶۰	۱.۳	۱۰.۴	۵	۰.۱۵۴	۲۵	۳.۸۵	۸۰	۳۹.۵
۰.۲۵	۰.۳۸۵	۰.۷۰	۳.۰۲	۱.۴	۱۲.۱	۶	۰.۲۲۲	۳۰	۵.۵۵	۱۰۰	۶۱.۷
۰.۳۰	۰.۵۵۵	۰.۷۵	۳.۴۷	۱.۵	۱۳.۹	۸	۰.۳۹۵	۳۵	۷.۵۵	۱۲۰	۸۸.۸
۰.۳۵	۰.۷۵۵	۰.۸۰	۳.۹۵	۱.۶	۱۵.۸	۱۰	۰.۶۱۷	۴۰	۹.۸۶	۱۴۰	۱۲۱
۰.۴۰	۰.۹۸۶	۰.۸۵	۴.۴۵	۱.۷	۱۷.۸	۱۲	۰.۸۸۸	۴۵	۱۲.۵	۱۵۰	۱۳۹
۰.۴۵	۱.۲۵	۰.۹۰	۴.۹۹	۱.۸	۲۰.۰	۱۵	۱.۳۹	۵۰	۱۵.۴	۱۶۰	۱۵۸
۰.۵۰	۱.۵۴	۱.۰	۶.۱۷	۲.۰	۲۴.۷	۱۶	۱.۵۸	۵۵	۱۸.۷	۲۰۰	۲۴۷
مفتول چهار گوش						مفتول شش گوش					
a	m'	a	m'	a	m'	SW	m'	SW	m'	SW	m'
mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
۶	۰.۲۸۳	۲۰	۳.۱۴	۴۰	۱۲.۶	۶	۰.۲۴۵	۲۰	۲.۷۲	۴۰	۱۰.۹
۸	۰.۵۰۲	۲۲	۳.۸۰	۵۰	۱۹.۶	۸	۰.۴۳۵	۲۲	۳.۲۹	۵۰	۱۷.۰
۱۰	۰.۷۸۵	۲۵	۴.۹۱	۶۰	۲۸.۳	۱۰	۰.۶۸۰	۲۵	۴.۲۵	۶۰	۲۴.۵
۱۲	۱.۱۳	۲۸	۶.۱۵	۷۰	۳۸.۵	۱۲	۰.۹۷۹	۲۸	۵.۳۳	۷۰	۳۳.۳
۱۴	۱.۵۴	۳۰	۷.۰۷	۸۰	۵۰.۲	۱۴	۱.۳۳	۳۰	۶.۱۲	۸۰	۴۳.۵
۱۶	۲.۰۱	۳۲	۸.۰۴	۹۰	۶۳.۶	۱۶	۱.۷۴	۳۲	۶.۹۶	۹۰	۵۵.۱
۱۸	۲.۵۴	۳۵	۹.۶۲	۱۰۰	۷۸.۵	۱۸	۲.۲۰	۳۵	۸.۳۳	۱۰۰	۶۸.۰
جرم سطحی (مقادیر جدول برای فولاد با جرم مخصوص $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$ )											
s ضخامت ورق m' جرم سطحی											
s	m''	s	m''	s	m''	s	m''	s	m''	s	m''
mm	kg/m <sup>2</sup>	mm	kg/m <sup>2</sup>	mm	kg/m <sup>2</sup>	mm	kg/m <sup>2</sup>	mm	kg/m <sup>2</sup>	mm	kg/m <sup>2</sup>
۰.۳۵	۲.۷۵	۰.۷۰	۵.۵۰	۱.۲	۹.۴۲	۳.۰	۲۳.۶	۴.۷۵	۳۷.۳	۱۰.۰	۷۸.۵
۰.۴۰	۳.۱۴	۰.۸۰	۶.۲۸	۱.۵	۱۱.۸	۳.۵	۲۷.۵	۵.۰	۳۹.۳	۱۲.۰	۹۴.۲
۰.۵۰	۳.۹۳	۰.۹	۷.۰۷	۲.۰	۱۵.۷	۴.۰	۳۱.۴	۶.۰	۴۷.۱	۱۴.۰	۱۱۰
۰.۶۰	۴.۷۱	۱.۰	۷.۵۸	۲.۵	۱۹.۶	۴.۵	۳۵.۳	۸.۰	۶۲.۸	۱۵.۰	۱۱۸

محاسبات	پارامترها	مقدار نیرو: $F_1, F_2$	مقدار نیروی برآیند: $F_r$
برآیند نیروهای هم جهت: $F_r = F_1 + F_2$	مثال: اگر نیروهای ۱۲N و ۸N در جهت راست بر جسم روبرو وارد شوند، برآیند نیروهای وارد بر جسم چند نیوتن و در کدام جهت است؟ $F_r = F_1 + F_2 = 12 + 8 = 20 \text{ N}$ (در جهت راست)		
برآیند نیروهای متقابل باهم: $F_r = F_1 - F_2$	مثال: اگر نیروی ۱۲N در جهت راست و ۸N در جهت چپ بر جسم روبرو وارد شوند، برآیند نیروهای وارد بر جسم چند نیوتن و در کدام جهت است؟ $F_r = F_1 - F_2 = 12 - 8 = 4 \text{ N}$ (در جهت راست)		

## نیروهای غیر هم راستا

محاسبات	پارامترها	مقدار نیرو: $F_1, F_2$	مقدار نیروی برآیند: $F_r$ زاویه نیرو با خط افق: $\alpha$
تبدیل مختصات قطبی به مختصات دکارتی: $F_x = F \times \cos(\alpha)$ $F_y = F \times \sin(\alpha)$	مثال: اگر نیروی ۲۰۰N با زاویه ۶۰ درجه و نیروی ۱۶۰N با زاویه ۴۵- درجه بر جسمی وارد شوند، برآیند نیروهای وارد شده بر جسم چند نیوتن و با چه زاویه‌ای خواهد بود؟ $F_{x1} = F_1 \times \cos(\alpha) = 200 \times \cos(60^\circ) = 200 \times 0.5 = 100$ $F_{y1} = F_1 \times \sin(\alpha) = 200 \times \sin(60^\circ) = 200 \times 0.8660 = 173.21$ $F_{x2} = F_2 \times \cos(\alpha) = 120 \times \cos(-45^\circ) = 120 \times 0.7071 = 84.85$ $F_{y2} = F_2 \times \sin(\alpha) = 120 \times \sin(-45^\circ) = 120 \times -0.7071 = -84.85$ $F_{x1} = F_{x1} + F_{x2} = 100 + 84.85 = 184.85$ $F_{y1} = F_{y1} + F_{y2} = 173.21 + (-84.85) = 88.36$ $F = \sqrt{F_{xt}^2 + F_{yt}^2} = \sqrt{184.85^2 + 88.36^2} = 204.88$ $\alpha = \tan^{-1}(F_{yt} / F_{xt}) = \tan^{-1}(88.36 / 184.85) = 25.5^\circ$ (برآیند دو نیرو 204/88 نیوتن و با زاویه‌ی 25/5 درجه است.)		
تبدیل مختصات دکارتی به مختصات قطبی: $F = \sqrt{F_{xt}^2 + F_{yt}^2}$ $\alpha = \tan^{-1}(F_{yt} / F_{xt})$			

## نیروی فنر (قانون هوک)

محاسبات	پارامترها	مقدار نیروی وارد شده بر فنر: $F$	ضریب ثابت فنر: $k$	جابجایی فنر: $x$
قانون هوک در محدوده‌ی الاستیکی فنر: $F = k \times x$	مثال: اگر نیروی ۱۵۰ نیوتنی بر یک فنر با ضریب ثابت ۱۰N/mm وارد شود، طول این فنر چقدر افزایش خواهد یافت؟ $F = k \times x \rightarrow 150 = 10 \times x \rightarrow x = 15 \text{ mm}$			



## حلقه دایروی

پارامترها	مساحت: $A$ پهنای حلقه: $b$		
	قطر داخلی: $d$	قطر خارجی: $D$	قطر میانی: $d_m$
محاسبات	<p>مثال:</p> $D = 140 \text{ mm} ; d = 120 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \pi \times d_m \times b = \pi / 14 \times 130 \times 10 = 4082 \text{ mm}^2$ $A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi / 14}{4} \times (140^2 - 120^2) \text{ mm}^2 = 4082 \text{ mm}^2$		
مساحت حلقه دایروی	$A = \pi \times d_m \times b$ $A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$		

## مکعب

پارامترها	مساحت: $A_0$ حجم: $V$ طول ضلع: $l$		
	محاسبات		
حجم مکعب:	<p>مثال:</p> $l = 50 \text{ mm} \Rightarrow A_0 = ? , V = ?$ $V = l^3 = (50 \text{ mm})^3 = 125000 \text{ mm}^3$ $A_0 = 6 \times l^2 = 6 \times (50 \text{ mm})^2 = 15000 \text{ mm}^2$		
مساحت مکعب:	$V = l^3$ $A_0 = 6 \times l^2$		

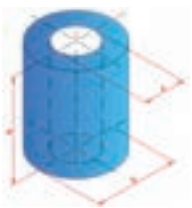
## مکعب مستطیل

پارامترها	مساحت: $A_0$ حجم: $V$ طول ضلع: $l$ عرض: $w$ ارتفاع: $h$		
	محاسبات		
حجم مکعب مستطیل:	<p>مثال:</p> $l = 100 \text{ mm}, w = 40 \text{ mm}, h = 30 \text{ mm} \Rightarrow V = ?$ $V = l \times w \times h = 100 \times 40 \times 30 = 120000 \text{ mm}^3$		
مساحت مکعب مستطیل:	$A_0 = 2 \times (l \times w + l \times h + w \times h)$		


## استوانه

پارامترها	مساحت: $A_0$ حجم: $V$ طول ضلع: $l$		
	محاسبات		
حجم استوانه:	<p>مثال:</p> $d = 20 \text{ mm}, h = 30 \text{ mm} \Rightarrow A_0 = ? , V = ?$ $V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times h = \frac{\pi / 14 \times 20^2}{4} \times 30 = 9420 \text{ mm}^3$		
مساحت جانبی:	$A_M = \pi \times d \times h$		
مساحت استوانه:	$A_0 = \pi \times d \times h + 2 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$		

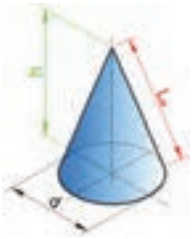
## استوانه توخالی

	پارامترها	محاسبات
	مساحت: $A_o$ حجم: $V$ طول ضلع: $l$	حجم استوانه: $V = \frac{\pi \times h}{4} \times (D^2 - d^2)$
	مثال: $D=40\text{ mm}, d=30\text{ mm}, h=50\text{ mm} \Rightarrow V=?$ $V = \frac{\pi \times h}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{3/14 \times 50}{4} \times (40^2 - 30^2) = 27475\text{ mm}^3$	مساحت استوانه: $A_o = \pi \times (D + d) \times \left[\frac{1}{4} \times (D - d) + h\right]$


## هرم

	پارامترها	محاسبات
	مساحت: $A_o$ حجم: $V$ طول ضلع: $l$	حجم هرم: $V = \frac{L \times W \times h}{3}$
	مثال: $L=100\text{ mm}, W=30\text{ mm}, h=80\text{ mm} \Rightarrow V=?$ $V = \frac{L \times W \times h}{3} = \frac{100 \times 30 \times 80}{3} = 8000\text{ mm}^3$	طول یال هرم: $l_e = \sqrt{h_e^2 + \frac{w^2}{4}}$
		ارتفاع وجه هرم: $h_e = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$


## مخروط

	پارامترها	محاسبات
	حجم: $V$ مساحت جانبی: $A_s$ قطر قاعده: $d$ طول یال: $l_e$ ارتفاع: $h$	حجم مخروط: $V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{h}{3}$
	مثال: $d=40\text{ mm}, h=60\text{ mm} \Rightarrow V=?$ $V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{h}{3} = \frac{3/14 \times 40^2}{4} \times \frac{60}{3} = 25120\text{ mm}^3$	مساحت جانبی مخروط: $A_s = (\pi \times d \times l_e) / 2$
		طول یال مخروط: $l_e = \sqrt{h^2 + \frac{d^2}{4}}$


## کره

	حجم: V    مساحت: A    قطر: d	پارامترها
	مثال:	محاسبات
	$d = 20 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \pi \times d^2 = \frac{\pi}{4} \times 20^2 \text{ mm}^2 = 1256 \text{ mm}^2$	حجم کره: $V = \frac{\pi \times d^3}{6}$ مساحت کره: $A = \pi \times d^2$


## جرم

	جرم: m    جرم مخصوص: ρ    حجم: V	پارامترها
	مثال: جرم کره‌ای به قطر ۶ mm از جنس مس را حساب کنید.	محاسبات
	$V = \frac{\pi \times d^3}{6} = \frac{\pi \times 6^3}{6} = 113.04 \text{ mm}^3$ $= 0.00011304 \text{ m}^3$ $m = V \times \rho = 0.00011304 \text{ m}^3 \times 8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.006 \text{ kg}$	جرم مواد: $m = V \times \rho$

## جرم طولی

	جرم: m    جرم طولی: m'    طول: l	پارامترها
	مثال: جرم یک مفتول فولادی به طول ۲۰۰ mm و قطر ۵ mm را حساب کنید. (از جدول جرم طولی m' = ۰/۱۵۴ kg / m)	محاسبات
	$m = m' \times l = 0.154 \times 0.2 = 0.0308 \text{ kg}$	جرم طولی مواد: $m = m' \times l$

## جرم سطحی

	جرم: m    جرم سطحی: m''    سطح: A	پارامترها
	مثال: جرم یک ورق فولادی به ضخامت ۰/۵ mm و مساحت ۲ m² را حساب کنید. (از جدول جرم سطحی m'' = ۳/۹۳ kg / m²)	محاسبات
	$m = m'' \times A = 3.93 \times 2 = 7.86 \text{ kg}$	جرم طولی مواد: $m = m'' \times A$

