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(Le Système International d' Unités) (به فرانسوی) می‌باشد. لازم به‌ذکر 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 (luminus intentisity)		cd	کاندلا (candela)	
مقدارماده (amount of subtance)		mol	مول (mole)	
حجم (volum)	۰/۰۰۱m^3	l,L	لیتر (liter)	
مقاومت (resistance)	W/A^2	Ω	اُهم (ohm)	
شدت جریان الکتریکی (electric current)		A	آمپر (Ampere)	حرف اول علامت واحد این کمیتها، بزرگ نوشته می‌شود.
دمای ترمودینامیکی (thermodynamic temperature)		K	کلوین (kelvin)	
فرکانس (frequency)	۱/s	Hz	هرتز (hertz)	
نیرو (force)	$kg\times m/s^2$	N	نیوتن (newton)	
انرژی(energy)	N×m	J	ژول (joule)	
توان (power)	J/s	W	وات (watt)	
ولتاژ الکتریکی (voltage)	W/A	V	ولت (volt)	

پیشوندهای کوچک‌کننده		
نماد	پیشوند	مضرب
a	آتو	$۱۰^{-۱۸}$
f	فمتو	$۱۰^{-۱۵}$
p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$
n	نانو	$۱۰^{-۹}$
μ	میکرو	$۱۰^{-۶}$
m	میلی	$۱۰^{-۳}$
c	سانتی	$۱۰^{-۲}$
d	دسی	$۱۰^{-۱}$

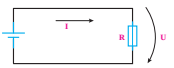
پیشوندهای بزرگ‌کننده		
نماد	پیشوند	مضرب
E	اگزا	$۱۰^{+۱۸}$
P	پنتا	$۱۰^{+۱۵}$
T	ترا	$۱۰^{+۱۲}$
G	گیگا	$۱۰^{+۹}$
M	مگا	$۱۰^{+۶}$
K	کیلو	$۱۰^{+۳}$
H	هکتو	$۱۰^{+۲}$
D	دکا	$۱۰^{+۱}$

جداول روابط

قانون اهم

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow 1A = 1\frac{V}{\Omega}$$

ولتاژ:	U
شدت جریان:	I
مقاومت:	R



مقاومت سیم

$$R = \frac{\rho.l}{A}\ ,\ \frac{l}{K.A} \Rightarrow [K] = \frac{m}{\Omega.mm^2}$$

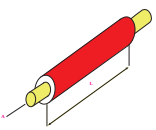
$$\kappa = \frac{1}{\rho} \Rightarrow [\rho] = \frac{\Omega.mm^2}{m}$$

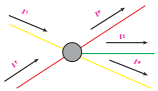
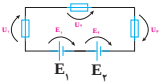
$$1\frac{\Omega.mm^2}{m} = 10^{-4}\Omega m = 10^{-4}\Omega cm$$

$[\rho]=\Omega.m$

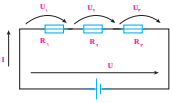
مقاومت هادی:	R
سطح مقطع:	A
طول هادی:	l
قابلیت رسانایی:	K
مقاومت ویژه:	ρ

در عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها:

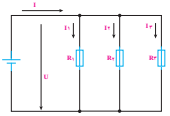


قانون گره (قانون اول کیرشهف)			
$\sum I_{zu} = \sum I_{ab}$ $I_۵+I_۴+I_۳ = I_۲ + I_۱$	شدت جریان‌های ورودی:	$I_۲ , I_۱$	
	شدت جریان‌های خروجی:	$I_۳ , I_۴ , I_۵$	
	مجموع شدت جریان‌های ورودی:	$\sum I_{zu}$	
	مجموع شدت جریان‌های خروجی:	$\sum I_{ab}$	
قانون حلقه (قانون دوم کیرشهف)			
$\sum E = \sum U_{verber}$ $E_۱ + E_۲ = U_۱ + U_۲ + U_۳$	ولتاژ منابع:(E)	$E_۲ , E_۱$	
	ولتاژ مصرف‌کننده‌ها (U_{verbr}):	$U_۱, U_۲, U_۳$	
	مجموع ولتاژمنابع:	$\sum E$	
	مجموع ولتاژ مصرف‌کننده‌ها:	$\sum U_{verber}$	

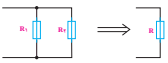
مدار و مقاومت‌ها

مدار سری مقاومت‌ها			
● مجموع ولتاژ دو سر هر عنصر همان ولتاژ کل است. $E = U_۱ + U_۲ + U_۳$ $R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳$	مقاومت معادل (مقاومت کل):	R_T	
	تک تک مقاومت‌ها:	$R_۱, R_۲, R_۳$	
	ولتاژ کل:	U یا E	
	ولتاژ تک‌تک مقاومت‌ها:	$U_۱, U_۲, U_۳$	
	شدت جریان:	I	
	تعداد مقاومت‌های یکسان:	n	

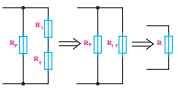
مدار موازی مقاومت‌ها

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

مدار موازی دو مقاومت

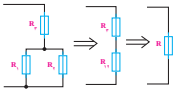
$R=\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}$	مقاومت معادل:	R	
	مقاومت‌های موازی:	R_1,R_2	

مدار گسترده موازی

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

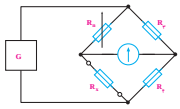
مدار گسترده سری

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



پل اندازه‌گیری مقاومت

● شرط تعادل: $\frac{R_x}{R_n} = \frac{R_4}{R_3}$ $R_x = R_n \cdot \frac{R_4}{R_3}$	مقاومت مجهول :	R_x
	مقاومت مقایسه:	R_n
	مقاومت پل:	R_4, R_3



کار الکتریکی و توان الکتریکی

کار الکتریکی

$W = U \cdot I \cdot t \Rightarrow [W] = V \cdot A \cdot s = W_s = J$ $W = P.t \Rightarrow 1J = 1\ W_s = 1Nm$ $W = U.Q \Rightarrow 1kWh = 3/6 \cdot 10^6\ W_s$	کار الکتریکی	W
	ولتاژ	U
	جریان	I
	مدت زمان	t
	بار الکتریکی	Q
	توان الکتریکی	P

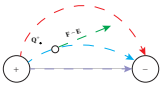
توان الکتریکی (توان جریان مستقیم)

$P = U.I \Rightarrow [P] = V.A = VA = W = \frac{J}{s}$ $P = \frac{w}{T} \Rightarrow 1W = 1\frac{Nm}{s} = \frac{J}{s}$ $P = I^2.R$	ولتاژ	U
	جریان	I
	مقاومت	R
	توان الکتریکی	P
	کار الکتریکی	W

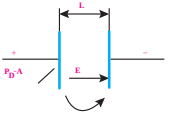
تعیین توان با کنتور

$P = \frac{h}{C_Z} \Rightarrow [P] \frac{\frac{1}{h}}{\frac{1}{kwh}} = kw$	توان الکتریکی	P
	ثابت کنتور	C_z
	تعداد دوران چرخ کنتور در ساعت	n

شدت میدان الکتریکی

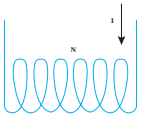
$E=\frac{F}{Q_{\circ}}\Rightarrow[E]=\frac{N}{C}=\frac{N}{As}=\frac{v}{m}$	شدت میدان الکتریکی E بار الکتریکی در میدان $Q_{\circ}$ نیروی روی بار $Q_{\circ}$ F	

خازن

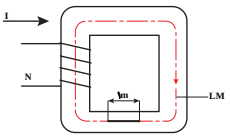
$C=\frac{Q}{U}\Rightarrow[C]=\frac{As}{v}=F$	ظرفیت C	
$W=\frac{1}{2}C.U^{2}\Rightarrow[w]=Vas=J$	بار ذخیره شده Q	
$E=\frac{U}{l}\Rightarrow[E]=\frac{v}{m}=\frac{N}{As}$	ولتاژ روی خازن U	
$C=\varepsilon.\frac{A}{l}\Rightarrow[C]=\frac{As.m^{2}}{Vm.m}=F$	انرژی ذخیره شده W	
$\varepsilon=\varepsilon_{r}.\varepsilon_{\circ}\Rightarrow[\varepsilon]=\varepsilon_{\circ}=\frac{As}{V}=\frac{F}{m}$	شدت میدان الکتریکی بین صفحات E	
$\sigma=\frac{Q}{A}\Rightarrow[\sigma]=\frac{As}{m^{2}}$	ولتاژ الکتریکی بین صفحات U	
$E=\frac{\sigma}{\varepsilon}\Rightarrow[E]=\frac{As.Vm}{m^{2}.As}=\frac{V}{m}$	ظرفیت C	
$F=\frac{1}{2}.\varepsilon.\frac{U^{2}}{l^{2}}.A\Rightarrow[F]=\frac{As.V^{2}}{Vm}=N$	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	

کمیت‌های مغناطیسی

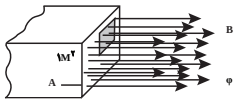
آمپر دور

$\theta = I.N \Rightarrow [\theta] = A$	آمپر دور θ شدت جریان I تعداد دور سیم‌پیچ N	

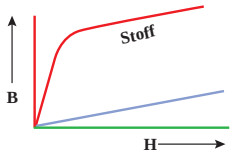
شدت میدان

$H = \frac{\theta}{I_m} \Rightarrow [H] = \frac{A}{M}$ $H = \frac{I.N}{I_m}$	شدت میدان مغناطیسی H آمپر دور θ شدت جریان I تعداد دور سیم‌پیچ N طول متوسط خطوط میدان I_m	

چگالی شار مغناطیسی

$B = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow [\Phi] = Vs = Wb$ $[B] = \frac{Vs}{m^2} = T$	چگالی شار مغناطیسی B شار مغناطیسی Φ مساحت سطح مقطع A	

چگالی شار مغناطیسی و شدت جریان

$B = \mu.H$ $\mu = \mu_0.\mu_r$ ● میدان در موارد فرو مغناطیسی: $\mu_0 = 1$ $[\mu] = \frac{Vs}{Am} = \frac{H}{m}$ $[\mu_0] = [\mu]$ $[H] = \frac{A}{m}$ $[B] = \frac{Vs}{m^2} = T$	چگالی شار مغناطیسی B شدت میدان مغناطیسی H ثابت گذردهی μ ثابت گذردهی خلأ μ_0 ضریب گذردهی نسبی μ_r میدان در هوا و مواد غیر فرومغناطیسی $\mu=1$	

مقاومت مغناطیسی

$$R_m = \frac{\theta}{\Phi}$$

$$R_m = \frac{I_m}{\mu_0 . \mu_r . A}$$

$$R_m = \frac{A}{Vs} = \frac{1}{H} = \frac{1}{\Omega s}$$

R_m	مقاومت مغناطیسی
θ	آمپر دور
Φ	شار مغناطیسی
1	طول متوسط خطوط میدان
μ_0	ثابت گذردهی خلأ
μ_r	ضریب گذردهی نسبی
	مساحت سطح مقطع

رسانایی مغناطیسی

$$A = \frac{1}{R_m}$$

$$[B] = \frac{Vs}{A} = H = \Omega s$$

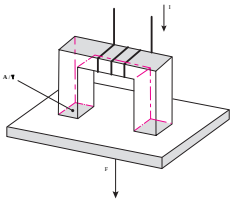
A	رسانای مغناطیسی
R_m	مقاومت مغناطیسی

نیروی گیرنده مغناطیس الکتریکی

$$[F] = \frac{B^2 . A}{2 . \mu_0}$$

$$[F] = \frac{T^2 . m^2}{\frac{Vs}{Am}} = \frac{VAs}{A} = \frac{Nm}{m} = N$$

F	نیروی گیرنده
B	چگالی شار مغناطیسی
A	سطح مؤثر (سطح کل قطب‌ها)
μ_0	ثابت گذردهی خلأ



نیروی‌های مغناطیسی میدان

نیرو بر سیم هادی جریان در میدان مغناطیسی

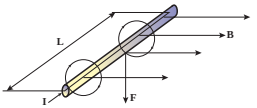
$$F = B.I.l.z$$

● در سیم‌پیچ گردان

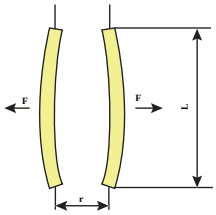
$$I = 2.N$$

$$[F] = \frac{Vs}{m^2}.A.m = \frac{Ws}{m} = \frac{Nm}{m} = N$$

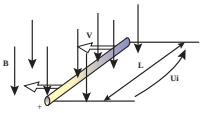
F	نیرو
B	چگالی شار مغناطیسی
1	طول رسانا در میدان مغناطیسی
I	شدت جریان
z	تعداد رسانا در میدان
N	تعداد دور سیم‌پیچ

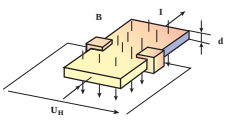


نیروی بین دو سیم موازی

$F = \frac{\mu_{\circ}.I_{۱}.I_{۲}.l}{۲\pi.r}$ $[F] = \frac{Vs.A^{۲}.m}{Am.m} = \frac{Nm}{m} = N$ $\mu_{\circ} = ۱/۲۵۷\times۱۰^{-۶}\frac{Ws}{Am}$	F نیروی بین دو سیم $I_{۱}$ شدت جریان در رسانای ۱ $I_{۲}$ شدت جریان در رسانای ۲	

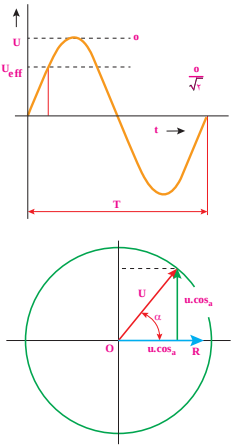
القا

$u_i = -N.\frac{\Delta\varnothing}{\Delta t} \Rightarrow [u_i] = \frac{Vs}{s} = V$	u_i ولتاژ القا شده $\Delta\varnothing$ تغییرات شار Δt مدت زمان تغییرات N تعداد دور سیم‌پیچ	
$u_i = B.l.v.z \Rightarrow [u_i] = \frac{Vs}{m^{۲}}.m.\frac{m}{s} = V$	u_i ولتاژ القا شده B چگالی شار مغناطیسی l طول مؤثر رسانا v سرعت z تعداد رسانا	
$u_i = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L = \frac{N.\Phi}{I} \Rightarrow [L] = \frac{Vs}{A} = H$ $L = \frac{N.\Phi}{I} \Rightarrow [L] = \frac{Vs}{A} = H$ $L = N^{۲}.\Lambda$ $\tau = \frac{L}{R}$ $t = ۵.\tau_m$	u_i ولتاژ القا شده L خود القایی ΔI تغییرات جریان Δt مدت زمان تغییرات N تعداد دور سیم‌پیچ Φ شار مغناطیسی I شدت جریان μ ثابت گذردهی A مساحت سطح مقطع سیم‌پیچ l_m طول متوسط خطوط میدان Λ رسانای مغناطیسی R مقاومت واقعی مدار سیم‌پیچ τ ثابت زمانی t مدت زمان برای افزایش جریان در روشن کردن	

$W = \frac{1}{2}.L.I^2 \Rightarrow [W] = \frac{Vs}{A}.A^2 = Ws = J$	انرژی W خود القایی L شدت جریان I	
$U_H = \frac{R_H.I.B}{d} \Rightarrow [R_H] = \frac{m^3}{As}$	ولتاژ هال U_H شدت جریان I ثابت هال (معکوس چگالی بار) R_H چگالی شار مغناطیسی B ضخامت صفحه هال d	
$[U_H] = \frac{m^3}{As}.A.\frac{Vs}{m^2}.\frac{1}{m} = V$		

کمیت‌های اصلی جریان متناوب

فرکانس، فرکانس زاویه‌ای، طول موج، مقدار لحظه‌ای، مقدار قله، مقدار مؤثر

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

مقاومت خود القایی، رسانایی خود القایی

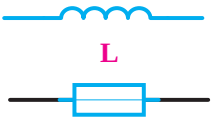
$$X_L = \omega.L \Rightarrow [L] = \frac{V_s}{A} = H$$

$$\Rightarrow [X_L] = \frac{۱}{s} . \Omega s = \Omega$$

$$B_L = \frac{۱}{\omega.L} \Rightarrow [B_L] = ۱/\Omega = S$$

$$\Rightarrow [\omega] = ۱/s$$

خود القایی L
مقاومت خود القایی X_L
فرکانس زاویه‌ای ω
رسانایی خود القایی B_L



مدار سری خود القاءها

$$L = L_۱ + L_۲ + L_۳ + \dots$$
$$X_L = X_{L۱} + X_{L۲} + X_{L۳}$$

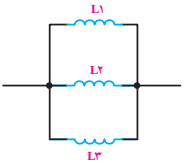
خود القایی معادل L
تک‌تک خود القایی‌ها $L_۱, L_۲, \dots$
مقاومت خود القایی معادل X_L
تک تک‌مقاومت‌های خود القاءها
$X_{L۱}, X_{L۲}, \dots$

مدار موازی خود القاءها

$$\frac{۱}{L} = \frac{۱}{L_۱} + \frac{۱}{L_۲} + \frac{۱}{L_۳} + \dots$$

$$\frac{۱}{X_L} = \frac{۱}{X_{L۱}} + \frac{۱}{X_{L۲}} + \frac{۱}{X_{L۳}} + \dots$$

خود القایی معادل L
تک‌تک خود القایی‌ها $L_۱, L_۲, \dots$
مقاومت خود القایی معادل X_L
تک تک مقاومت‌های خود القاءها
$X_{L۱}, X_{L۲}, \dots$



مدار سری مقاومت حقیقی و مقاومت خود القایی

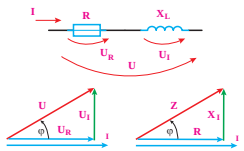
$$U = \sqrt{U_R^۲ + U_L^۲}$$

$$U_R = U.\cos\varphi ; \; U_L = U.\sin\varphi$$

$$U = \sqrt{R^۲ + X_L^۲}$$

$$R = Z.\cos\varphi \; ; \; X_L = Z.\sin\varphi$$

ولتاژ کل U
ولتاژ حقیقی U_R
ولتاژ خود القایی U_L
مقاومت حقیقی R
مقاومت خود القایی X_L
مقاومت ظاهری (امپدانس) Z
زاویه اختلاف فاز φ



مدار موازی مقاومت حقیقی و خود القایی

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_l^2}$$

$$I_R = I.\cos\varphi \Rightarrow G = Y.\cos\varphi$$

$$I_L = I.\sin\varphi \Rightarrow B_L = Y.\sin\varphi$$

$$Y = \sqrt{G^2 + B_L^2} \Rightarrow$$

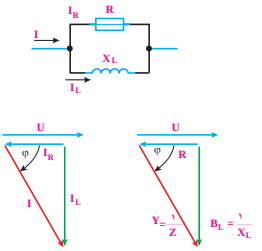
$$\frac{1}{z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{x_L^2}}$$

$$z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{x_L^2}}}$$

$$R = \frac{Z}{\cos\varphi}$$

$$X_L = \frac{Z}{\sin\varphi}$$

شدت جریان کل I
شدت جریان حقیقی I_R
شدت جریان خود القایی I_L
مقاومت حقیقی R
مقاومت خود القایی X_L
مقاومت ظاهری(امپدانس) Z
رسانایی ظاهری Y
رسانایی حقیقی G
رسانایی خود القایی B_L
زاویه اختلاف فاز φ



مقاومت خازنی، رسانایی خازنی

$$X_C = \frac{1}{\omega.C}$$

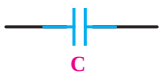
$$B_C = \omega.C$$

$$[C] = \frac{As}{V} = \frac{s}{\Omega} = F$$

$$[X_C] = \frac{1}{\frac{1}{s}\cdot\frac{s}{\Omega}} = \Omega$$

$$[B_C] = \frac{1}{\Omega} = S$$

ظرفیت C
مقاومت خازنی X_c
فرکانس زاویه‌ای ω
رسانایی خازنی B_C



مدار سری خازن‌ها

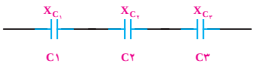
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots$$

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3}$$

برای دو خازن:

$$C = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$$

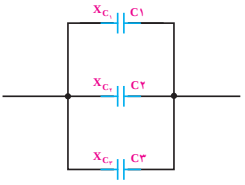
ظرفیت معادل C
تک تک ظرفیت‌ها $C_1, C_2, \ldots$
مقاومت خازنی X_C
تک تک مقاومت‌های خازنی $X_{C1}, X_{C2}, \ldots$



مدار موازی خازن‌ها

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$
$$B_C = B_{C1} + B_{C2} + B_{C3}$$
$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}} + \dots$$
$$X_C = \frac{X_{C1} \cdot X_{C2}}{X_{C1} + X_{C2}}$$

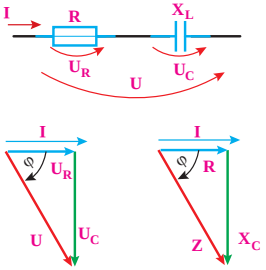
ظرفیت معادل C
تک‌تک ظرفیت‌ها $C_1, C_2, \dots$
رسانایی خازنی معادل B_C
تک‌تک رسانایی خازنی B_{C1}, B_{C2}
تک تک مقاومت‌های خازنی $X_{C1}, X_{C2}, \dots$
مقاومت خازنی X_C



مدار سری مقاومت حقیقی و خازنی

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$
$$U_R = U.\cos\varphi$$
$$U_C = U.\sin\varphi$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$
$$R = Z.\cos\varphi$$
$$X_C = Z.\sin\varphi$$

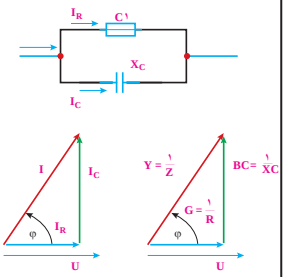
ولتاژ کل U
ولتاژ حقیقی U_R
ولتاژ خازنی U_c
مقاومت حقیقی R
مقاومت خازنی X_C
مقاومت ظاهری(امپدانس) Z
زاویه اختلاف فاز φ



مدار موازی مقاومت حقیقی و خازن

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$
$$I_R = I.\cos\varphi$$
$$I_C = I.\sin\varphi \Rightarrow G = Y.\cos\varphi$$
$$Y = \sqrt{G^2 + B_C^2} \Rightarrow B_C = Y.\sin\varphi$$
$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}}$$
$$R = \frac{Z}{\cos\varphi}$$
$$X_C = \frac{z}{\sin\varphi} \Rightarrow R = \frac{z}{\cos\varphi}$$

شدت جریان کل I
شدت جریان حقیقی I_R
شدت جریان خازنی I_C
مقاومت حقیقی R
مقاومت خازنی X_C
مقاومت ظاهری (امپدانس) Z
رسانایی ظاهری Y
رسانایی حقیقی G
رسانایی خازنی B_C
زاویه اختلاف فاز φ



مدار سری مقاومت حقیقی، خود القایی و خازنی

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$U_R = U.\cos\varphi$

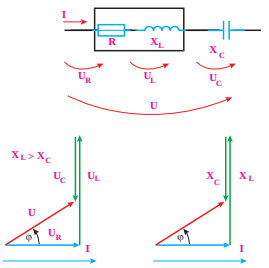
$U_b = U.\sin\varphi$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$R = Z.\cos\varphi$

$X = Z.\sin\varphi$ یا $X = XL - XC$

ولتاژ کل U
ولتاژ حقیقی U_R
ولتاژ خود القایی U_L
ولتاژ خازنی U_C
مقاومت حقیقی R
مقاومت القایی X_L
مقاومت خازنی X_C
مقاومت منتجه X
مقاومت ظاهری (امپدانس) Z
زاویه اختلاف فاز φ



مدار موازی مقاومت حقیقی، خود القایی و خازنی

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$I_R = I.\cos\varphi$

$I_b = I.\sin\varphi$

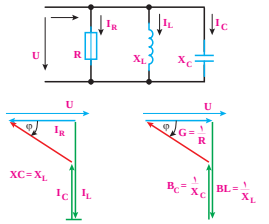
$$Y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2} \Rightarrow$$

$B = B_L - B_C$

$G = Y.\cos\varphi$ و $B = Y.\sin\varphi$

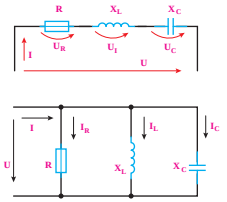
$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R^2}\sqrt{(\frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C})^2}}$$

شدت جریان کل I
شدت جریان حقیقی I_R
شدت جریان خود القایی I_L
شدت جریان خازنی I_C
شدت جریان I_b
مقاومت حقیقی R
مقاومت القایی X_L
مقاومت خازنی X_C
مقاومت ظاهری (امپدانس) Z
زاویه اختلاف فاز φ
رسانایی حقیقی G
رسانایی خود القایی B_L
رسانایی خازنی B_C
رسانایی منتجه B



قانون اهم مدار جریان متناوب

مدار سری		
$U=I.Z$	$I=\frac{U}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}$	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
$U_R=I.R$		
$U_l=I.X_L$		
$U_c=I.X_C$		
برای مدار موازی		
$I_R=\frac{U}{R}$	$I=\frac{U}{\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2}+\left(\frac{1}{X_L}-\frac{1}{X_C}\right)^2}}}$	
$I_l=\frac{U}{X_L}$		
$I_C=\frac{U}{X_C}$		
$I=\frac{U}{Z}$		



تشدید (موازی ـ سری)

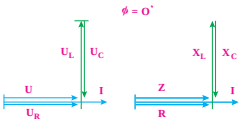
$\omega .L=\frac{1}{.c}$	$X_L=X_C$	فرکانس تشدید fr فرکانس زاویه‌ای تشدید ω_o خودالقایی L ظرفیت C مقاومت حقیقی R مقاومت القایی XL مقاومت خازنی XC ضریب کیفیت Q ضریب تلفات d شدت جریان خودالقایی I_L شدت جریان خازنی X_C شدت جریان کل I ولتاژ خودالقایی U_L ولتاژ خازنی U_C ولتاژ کل U پهنای باند BW
$f_r=\frac{1}{2\pi.\sqrt{L.C}}$	$[f_r]=\frac{1}{s}$	
$\omega_o=\frac{1}{\sqrt{L.C}}$	$d=\frac{1}{Q}$	
	$BW=\frac{f_r}{Q}$	

● تشدید موازی:

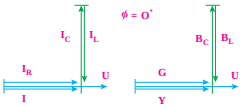
$$Q=\frac{R}{\omega_o.L}=RC\omega_o$$

● تشدید سری:

$$Q=\frac{\omega_o.L}{R}=\frac{1}{RC\omega_o}$$



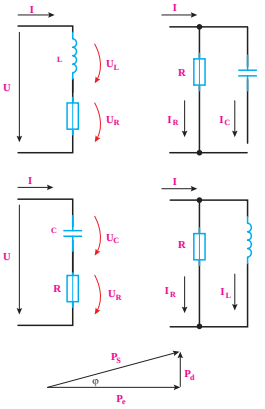
مدار تشدید سری



مدار تشدید موازی

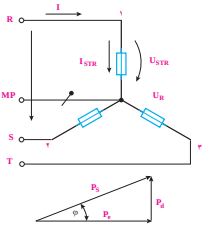
توان در جریان متناوب

توان ظاهری P_S	$P_S = U_e.I_e \Rightarrow [S] = V.A = VA$
توان حقیقی P	$P_S = \sqrt{P_e^2 + P_{d_l}^2}$
توان خازنی Q_C	$P_S = \sqrt{P_e^2 + P_{d_c}^2}$
توان خودالقایی Q_L	$P_e = P_S.\cos\varphi$
زاویه اختلاف فاز φ	$P_{d_l} = P_S.\sin\varphi \Rightarrow [P_{d_l}] = var$
ضریب توان حقیقی $COS\varphi$	$P_{d_c} = P_S.\sin\varphi \Rightarrow [P_{d_c}] = var$
ضریب توان $Sin\phi$	$P_{d_l} = \frac{U_L^2}{X_L}$ و $P_{d_c} = \frac{U_C^2}{X_C}$
ولتاژ کل U	$P_{d_l} = I_L^2.X_L$ و $P_{d_c} = I_C^2.X_C$
ولتاژ حقیقی U_R	$Sin\varphi = \frac{P_{d_l}}{P_S} \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P_e}{P_S}$
ولتاژ خودالقایی U_L	
ولتاژ خازنی U_C	
شدت جریان کل I	
شدت جریان خودالقایی I_L	
شدت جریان خازنی I_C	
مقاومت القایی X_L	
مقاومت خازنی X_C	



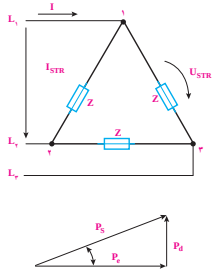
جریان سه‌فاز

مدار ستاره		ولتاژ خط U_L
$U_L = \sqrt{3}.U_P$	$I_L = I_P$	ولتاژ فاز (شاخه) U_P
$P_S = \sqrt{(\Sigma P_e)^2 + (\Sigma P_d)^2}$		جریان خط I_L
		جریان فاز (شاخه) I_P
		توان ظاهری شاخه P_{SP}
		توان حقیقی کل p_e
		توان کل p_d
		زاویه اختلاف فاز φ_1
		ضریب توان حقیقی cos φ
		ضریب توان غیرحقیقی sin φ
$P_S = 3P_{SP}$	$P_S = U_P.I_P$	
$P_e = \sqrt{3}U_L.I_L.\cos\varphi$	$[S] = V.A.VA$	
$P_e = \sqrt{3}U_L.I_L.\sin\varphi$	$[P] = V.A = W$	
$P_S = \sqrt{3}U_L.I_L$	$[Q] = V.A = var$	



مدار مثلث

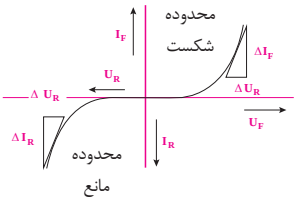
ولتاژ خط U_L		$I_L = \sqrt{3} I_P$	$U_L = U_P$
ولتاژ فاز (شاخه) U_P			
جریان خط I		$S = \sqrt{(\Sigma P)^2 + (\Sigma Q)^2}$	
جریان فاز (شاخه) I_P			
توان ظاهری شاخه P_S			
توان حقیقی کل P_e	$P_e = 3U_P \cdot I_P \cdot \cos\varphi$		
توان کل P_d	$P_d = 3U_P \cdot I_P \cdot \sin\varphi$		
زاویه اختلاف فاز φ_1	$P_s = 3U_P \cdot I_P$		
ضریب توان حقیقی $\cos\varphi$			
ضریب توان غیرحقیقی $\sin\varphi$			



دیودهای نیمه‌هادی

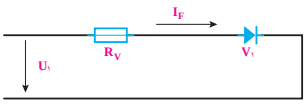
منحنی مشخصه

ولتاژمستقیم U_f		$r_F = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$	
ولتاژ معکوس U_R			
جریان مستقیم I_F	$R_F = \frac{U_F}{I_F}$		$R_R = \frac{\Delta U_R}{\Delta I_R}$
جریان معکوس I_R			
مقاومت استاتیکی مستقیم R_F	$R_R = \frac{U_R}{I_R}$		
مقاومت استاتیکی معکوس R_R			
مقاومت اختلافی مستقیم r_F			
مقاومت اختلافی معکوس r_R			



مدار دیود (دیودهای نوری)

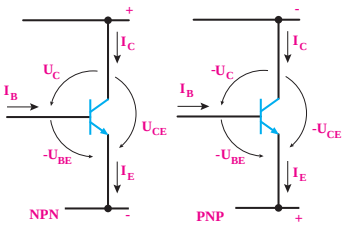
ولتاژ اتصال U_1		
ولتاژ معکوس U_R		
ولتاژ مستقیم U_F	$R_V = \frac{U_1 - U_F}{I_F}$	
جریان مستقیم I_F		
جریان معکوس I_R	$P_{tot} = I_{Fmax} \times U_{Fmax}$	
مقاومت محافظ R_v	$U_{Rmax} \geq U_{1max}$	
حداکثر توان تلف مجاز P_{tot}		



کمیت جریان مستقیم در مدار امیتر

$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$$
$$I_E = I_C + I_B$$
$$P_v = U_{CE} \times I_C$$
$$P_v < P_{tot}$$
$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

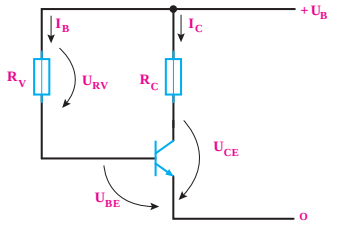
ولتاژ امیتر ـ کلکتور U_{CE}
ولتاژ امیتر ـ بیس U_{BE}
ولتاژ کلکتور ـ بیس U_{BC}
جریان کلکتور I_C
جریان امیتر I_E
جریان بیس I_B
حداکثر توان تلف مجاز P_{tot}
توان تلف P_V
نسبت جریان مستقیم B



تنظیم نقطه کار با مقاومت محافظ بیس

$$U_{RV} = U_P - U_{BE}$$
$$U_{RV} = I_B \times R_V$$
$$R_V = \frac{U_b - U_{BE}}{I_B}$$
$$R_V = \frac{(U_b - U_{BE}) \times B}{I_C}$$
$$R_C = \frac{U_b - U_{BE}}{I_C}$$

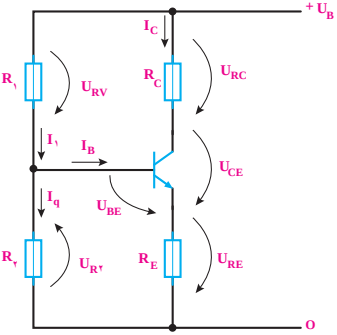
ولتاژ در مقاومت محافظ بیس U_{RV}
ولتاژ کاری U_b
ولتاژ امیتر ـ بیس U_{BE}
جریان بیس I_B
جریان کلکتور I_C
مقاومت کلکتور R_C
مقاومت محافظ بیس R_V
نسبت جریان مستقیم β



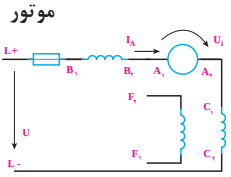
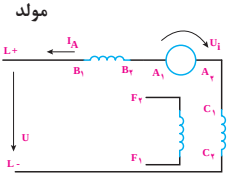
تنظیم نقطه کار با توزیع‌کننده ولتاژ بیس

$$R_2 = \frac{U_{R_Z}}{I_q} \qquad q = \frac{I_q}{I_B}$$
$$R_E = \frac{R_c}{m} \qquad R_E = \frac{U_{RE}}{I_c}$$
$$R_1 = \frac{U_b - U_{R2}}{I_q + I_B}$$
$$R_c = \frac{U_b - U_{CE} - U_{RE}}{I_c}$$

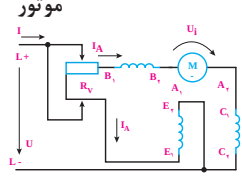
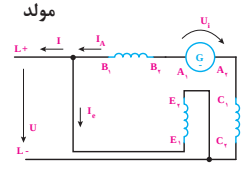
جریان بیس I_B
جریان کلکتور I_C
جریان بایاس I_q
نسبت جریان بایاس q $(3<q<10)$
مقاومت کلکتور R_C
مقاومت امیتر R_E
مقاومت‌های توزیع ولتاژ بیس R_1, R_2
ولتاژکاری U_b
ولتاژ در R_E U_{RE}
ولتاژ در R_2 U_{R2}
نسبت مقاومت m $(3<q<10)$



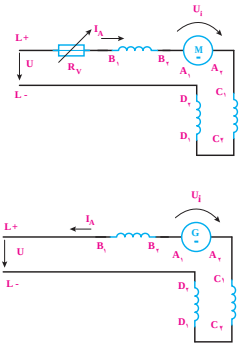
ماشین‌های جریان مستقیم
ماشین جریان مستقیم تحریک خارجی

	ولتاژ شبکه U	موتور  مولد 
$U = U_I + U_B + I_A \times (R_A + R_{WP} . R_K)$ $R_V = \frac{U - U_B}{I_۲} - R_A - R_{WP} - R_K$ ● اگر ماشین سیم‌پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران‌کننده نداشته باشد: $R_K = ۰\Omega$ یا $R_{WP} = ۰\Omega$ $U = U_i - U_B - I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$	ولتاژ القایی متقابل U_i ولتاژ جاروبکها U_B جریان هسته I_A جریان قله راه اندازی $I_۲$ مقاومت هسته R_A مقاومت راه‌انداز R_V مقاومت سیم‌پیچ جبران‌کننده R_K مقاومت سیم‌پیچ قطب برگردان R_{WP} ولتاژ ترمینال U جریان هسته I_A	

ماشین‌های جریان مستقیم تحریک موازی

	ولتاژ شبکه U	موتور  مولد 
$U = I_e \times R_e \qquad I = I_A + I_e$ $U = U_i + U_B + I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$ $R_V = \frac{U - U_B}{I_۲ - I_e} - R_A - R_{WP} - R_K$ ● اگر ماشین سیم‌پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران‌کننده نداشته باشد $R_K = ۰\Omega$ یا $R_{WP} = ۰\Omega$ $I = I_A - I_e$ $U = I_e \times R_e$ $U = U_i + U_B - I_A \times (R_A + R_{WP} + R_K)$	ولتاژ شبکه U ولتاژ القایی متقابل U_i ولتاژ جاروبکها U_B جریان شبکه I جریان هسته I_A جریان تحریک I_e جریان قله راه‌انداز $I_۲$ مقاومت هسته R_A مقاومت تحریک R_e مقاومت سیم‌پیچ جبران‌کننده R_K مقاومت سیم‌پیچ قطب‌برگردان R_{WP}	

ماشین‌های جریان مستقیم تحریک سری

	ولتاژ شبکه U	
$U = U_i + U_B + I_A \times (R_A + R_e + R_{WP} + R_K)$	ولتاژ القایی متقابل U_i	
$R_V = \frac{U - U_B}{I_2} - R_A - R_{WP} - R_K - R_e$	ولتاژ جاروبکها U_B	
	مقاومت هسته R_A	
	مقاومت تحریک R_e	
	مقاومت سیم‌پیچ جبران‌کننده R_K	
	مقاومت سیم‌پیچ قطب برگردان R_{WP}	
	مقاومت راه‌انداز R_V	
	جریان هسته I_A	
	جریان قله راه‌انداز I_2	
	ولتاژ جاروبکها U_B	
	جریان هسته I_A	

● اگر ماشین سیم‌پیچ قطب برگردان یا سیم پیچ جبران کننده نداشته باشد

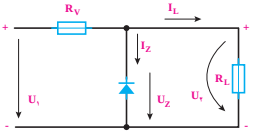
$R_K = 0\Omega$ یا $R_{WP} = 0\Omega$

$U = U_I - U_B - I_A . (R_A + R_e + R_{WP} + R_K)$

تثبیت ولتاژ

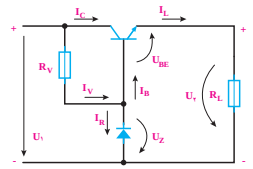
تثبیت ولتاژ با دیود زنر

$P_{tot} = U_Z \times I_{Z\max}$	توان تلف	Ptot
$P_{V\max} = \frac{U_{1\min} - U_Z}{I_{Z\min} + I_{L\max}}$	ولتاژ ورودی	U_1
$P_{V\min} = \frac{U_{1\max} - U_Z}{I_{Z\min} + I_{L\max}}$	ولتاژ خروجی (ولتاژ Z)	U_Z
$I_{Z\min} = 0/1 . I_{Z\max}$	جریان Z	I_Z
	جریان بار	I_L
	مقاومت محافظ	R_V



تثبیت ولتاژ با ترانزیستور سری

$U_2 = U_Z - U_{BE}$, $I_L = \beta \times I_B$	ولتاژ ورودی	U_1
$R_{L\min} = \frac{U_2}{I_{C_{max}}}$	ولتاژ خروجی	U_2
$R_V = \frac{U_1 - U_Z}{I_Z + I_B}$	ولتاژ امیتر ـ بیس	U_{BE}
$U_{1\min} = U_2 + U_{CEmin}$	ولتاژ امیتر ـ کلکتور	U_{CE}
$U_{1\max} = R_V . (I_{Zmax} + I_{Bmax}) + U_Z$	ولتاژ زنر	U_Z
	جریان Z	I_Z
	جریان بار	I_L
	مقاومت محافظ	R_V
	مقاومت بار	R_L
	ضریب تقویت جریان	B



حداقل سطح مقطع سیم‌ها با توجه به استحکام مکانیکی

نوع سیم	سطح مقطع به 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 تک‌تک لامپ‌ها یا سیم‌ها در تابلوهای کلید و توزیع‌کننده‌های تا ۲/۵A	۰/۵
سیم سیار دستگاه‌ها تا ۱۰A یا سیم‌های داخل یا روی وسایل روشنایی (سرپیچ) یا سیم‌های تابلوهای کلید و توزیع‌کننده‌های 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 توزیع‌کننده‌ها تا ۲۰A	۱/۰
سیم‌های عایق ثابت یا سیم‌های در فضای دارای خطر ویژه (مثلاً فضاهای دارای خطر آتش‌سوزی)	۱/۵
سیم‌کشی آزاد با فاصله نقاط بست تا ۲۰m	۴
سیم‌کشی آزاد با فاصله نقاط بست از ۲۰m تا ۴۵m	۶

مشخصه رنگ مقاومت‌ها

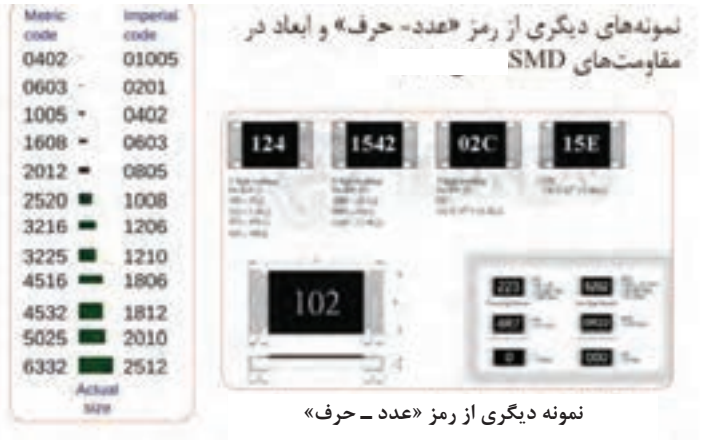
ضریب دما	حلقه ۴ تلرانس به ٪	حلقه ۳ ضریب	حلقه ۲ رقم ۲	حلقه ۱ رقم ۱	رنگ حلقه‌ها یا نقطه‌ها	
		مقاومت به Ω			طبق IEC ۷۵۷	طبق DIN EN ۶۰ ۰۶۲
$\pm 250.10^{-6}/K$	-	۱	۰	-	BK (سیاه)	سیاه (sw)
$\pm 100.10^{-6}/K$	±۱	۱۰	۱	۱	BN (قهوه‌ای)	قهوه‌ای (br)
$\pm 50.10^{-6}/K$	±۲	10^2	۲	۲	RD (قرمز)	قرمز (rt)
$\pm 15.10^{-6}/K$	-	10^3	۳	۳	OG (نارنجی)	نارنجی (or)
$\pm 25.10^{-6}/K$	-	10^4	۴	۴	YE (زرد)	زرد (gb)

سبز (gn)	GN (سبز)	۵	۵	$۱۰^{۵}$	± ۰/۵	$\pm ۲۰.۱۰^{-۶}/K$
آبی (bl)	BU (آبی)	۶	۶	$۱۰^{۶}$	± ۰/۲۵	$\pm ۱۰.۱۰^{-۶}/K$
بنفش (vl)	VT (بنفش)	۷	۷	$۱۰^{۷}$	± ۰/۱	$\pm ۵.۱۰^{-۶}/K$
خاکستری (gr)	GY (خاکستری)	۸	۸	$۱۰^{۸}$	-	$\pm ۱.۱۰^{-۶}/K$
سفید (ws)	WH (سفید)	۹	۹	$۱۰^{۹}$	-	-
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. تلرانس و حلقه ۶. ضریب دما را بیان می‌کند.

مقاومت SMD:

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



نمونه دیگری از رمز «عدد ـ حرف»

یکی از محاسبه‌گرهای مقاومت SMD را مشاهده می‌کنید.

SMD resistor code calculator

marking on the SMD resistor : 103 calculator

calculated resistance value: 10KΩ

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 ot 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 به‌صورت سطحی روی فیبر مدار چاپی می‌باشد. این نوع پکیج‌ها به ساده‌ترین روش لحیم‌کاری می‌شوند. در پکیج‌های SMD هر پین معمولاً ۱/۲۷mm از یکدیگر فاصله دارند.

SSOP نوع کوچک‌تری از پکیج‌های SOIC هستند. پکیج‌های مشابه دیگر شامل TSOP و TSSOP است. (شکل روبه‌رو)

تصویر ظاهری انواع پکیج‌های SOIC

بسته‌بندی‌های QFP پین‌ها در چهار طرف IC قرار گرفته‌اند. پین‌های هر طرف این نوع پکیج از ۸ تا ۷۰ پایه در هر طرف با فاصلهٔ هر دو پین در هر طرف از ۰/۴mm تا ۱mm است.

تصویر ظاهری بسته‌بندی‌های QFN شبیه به QFP است. (شکل روبه‌رو)

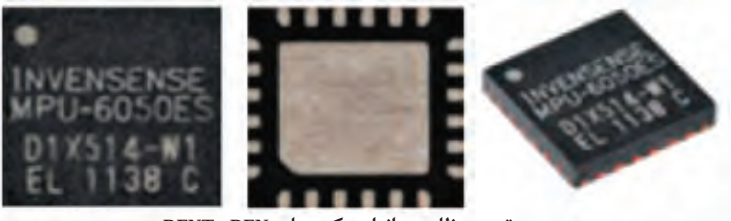
تصویر ظاهری انواع پکیج‌های QFP

اتصالات در بسته‌بندی‌های QFN بسیار ظریف و نازک است. قسمت‌های اتصال این نوع پکیج روی لبه‌های پایینی IC قرار دارد.

پکیج‌های VQFN,TQFN و MLF کوچک‌ترین اندازه استاندارد بسته‌بندی در QFN هستند.

بسته‌بندی‌های DFNT ، DFN پکیج‌هایی هستند که پین‌ها در دو طرف آن قرار می‌گیرد.

بسیاری از میکروپروسسورها، سنسورها و سایر آی‌سی‌های مدرن و پیشرفته در پکیج‌های QFN و QFP تولید شده است.(شکل زیر)



تصویر ظاهری انواع پکیج‌های DFN ، DFNT

در نهایت برای ICهای پیشرفته پکیج‌های BGA وجود دارد. که در آنها پین‌ها در دو ردیف در ابعاد بسیار ریز در زیر IC قرار گرفته است. (شکل روبه‌رو)

تصویر ظاهری انواع پکیج‌های BGA

اولین میکروکنترلر در سال ۱۹۷۱ توسط شرکت نام 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 AT شرکت زایلوگ با سری چیپ‌های ... ،۸۶۰۳ ،۸۶۰۲ ،Z8601 و شرکت موتورولا با سری چیپ‌های ۶۸۱۱ ...و A1، A2 گسترش یافت. در حال حاضر میکروکنترلرهای پرکاربرد موجود دارای انواع زیر هستند که هریک کاربردها و ویژگی‌های مخصوص به خود را دارند:

خانواده **AVR**: ساخت شرکت ATMEL

خانواده **PIC**: ساخت شرکت MicroChip

خانواده **ARM**: ساخت شرکت‌های STM، NXP، ATMEL و ...

خانواده **FPGA**: ساخت شرکت‌های Altera، Xilinx و ...

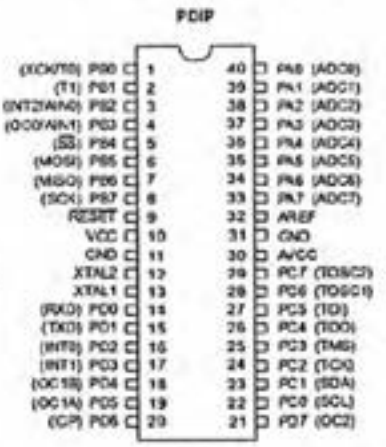
هر یک از خانواده‌های فوق دارای زیرمجموعه‌های بسیاری می باشد اما به صورت کلی می‌توان آنها را به صورت جدول زیر مقایسه نمود. در جدول زیر منظور از قدرت پردازش اطلاعات در مصارف عمومی (کارهای کنترلی) اختصاصی (مانند پردازش تصویر) می‌باشد.

سری میکرو	تعداد زیرمجموعه‌ها	حداکثر فرکانس کاری	منابع یادگیری	قیمت	قدرت پردازش عمومی	قدرت پردازش اختصاصی	توزیع‌پذیری	پشتیبانی از پروتکل‌ها
خانواده AVR	بیش از ۱۲۰	۲۰MHz	خیلی زیاد	نسبتاً ارزان	متوسط	ضعیف	زیاد	متوسط
خانواده PIC	بیش از ۶۰	۴۰MHz	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	کم	خوب
خانواده ARM	بیش از ۲۰۰	بیش از ۱GHz	متوسط	متوسط	بالا	بالا	کم	خیلی خوب
خانواده FPGA	بیش از ۲۰۰	بیش از ۱GHz	متوسط	متوسط	متوسط	بالا	کم	متوسط

معرفی میکروکنترلر Atmega۱۶

میکروکنترلر Atmega۱۶ یک میکروکنترلر پرکاربرد در بازار است و در پروژه‌های زیادی استفاده می‌شود. بیشترین استفاده این میکروکنترلر در پکیج PDIP است که همانند Atmega ۳۲ دارای ۴۰ پین و ۳۲ پین ورودی و خروجی دارد.(شکل زیر). این میکروکنترلر AVR در پکیج ۴۴ پایه TQFP نیز برای مصارف SMD یافت می‌شود.(شکل زیر).

میکروکنترلر Atmega ۱۶A یکی از سری‌های Atmega۱۶ می‌باشد. پسوند A دارای این معنی است که این میکرو بر خلاف Atmega ۱۶ که از ولتاژ ۴/۵ تا ۵/۵ ولت می‌تواند کار نماید. همانند سری L می‌تواند با ولتاژ ۲/۷۵ تا ۵/۵ ولت کار کند اما بر خلاف سری L که دارای ماکزیمم فرکانس گارانتی شده ۸ مگاهرتز است. Atmega ۱۶A همانند Atmega ۱۶ می‌تواند دارای منبع کلاک تا سرعت MHz ۱۶باشد.



ویژگی‌های میکروکنترلر Atmega ۱۶A :

- 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 بایت EEPROM
- ۱ کیلوبایت SRAM
- قابلیت برنامه‌ریزی حافظه فلش تا ۱۰/۰۰۰ بار و حافظه EEPROM تا ۱۰۰/۰۰۰ بار
- ماندگاری برنامه تا ۲۰ سال در دمای ۸۵ درجه و ۱۰۰ سال در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد
- دارای قفل برنامه برای حفاظت از نرم‌افزار
- رابط JTAG مطابق استاندارد IEEE ۱۱۴۹/۱
- دارای ۲ تایمر ۸ بیتی
- دارای یک تایمر ۱۶ بیتی
- دارای RTC با اسیلاتور مجزا
- ۴ کانال PWM
- ۸ کانال ADC ده بیتی
- رابط سریال TWO WIRE یا TWI
- USART
- رابط سریال SPI در حالت Master/Slave
- دارای تایمر دیده بان با اسیلاتور مجزای داخلی
- مقایسه‌گر آنالوگ داخلی
- دارای اسیلاتور RC کالیبره 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 میلی آمپر ـ حالت بیکاری: ۰/۲ میلی آمپر ـ حالت Power Down کمتر از ۱ میکرو آمپر.

جدول واحدهای فرکانس

واحد	نماد	زبان اصلی	تعریف خلاصه	با نماد $10^{\times}$
هرتز	Hz	Herts	یک سیکل در ثانیه	$10^{0}Hz = 1Hz$
کیلوهرتز	KHz	Kiloherts	هزار سیکل در ثانیه	$10^{3}Hz$
مگاهرتز	MHz	Megaherts	یک میلیون سیکل در ثانیه	$10^{6}Hz$
گیگاهرتز	GHz	Gigaherts	بیلیون (میلیارد) سیکل در ثانیه	$10^{9}Hz$
تراهرتز	THz	Teraherts	یک تریلیون سیکل در ثانیه	$10^{12}Hz$

جدول دسته‌بندی عمومی فرکانس

ردیف	محدودهٔ فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد به زبان انگلیسی	
۱	صفر	ولتاژ و جریان DC	DC voltage and current	
۲	۱۰Hz - ۱KHz	خطوط انتقال قدرت	Power Transmition	
۳	۲۰Hz - ۲۰KHz	شنوایی	Audio	
۴	۲۰KHz - ۲MHz	ماورای صوت (فراصوت)	Ultra Sonic	
۵	۳MHz - ۳۰۰GHz	رادیو	Radio	
۶	۵Hz - ۵MHz	ویدیو (تصویر)	Video	
۷	۱THz - ۴۳۰THz	اشعهٔ مادون قرمز	Infrared	این محدوده فرکانسی کاربرد فیزیولوژیکی دارد
۸	۴۳۰THz -۱۰۰۰THz	نور مرئی	Visible Light	
۹	۱۰۰۰THz - ۶×۱۰^{۴}THz	اشعهٔ ماورای بنفش	Ultra Violet	
۱۰	۶×۱۰^{۴}THz - ۳×۱۰^{۷}THz	اشعهٔ X (نرم یا سخت)	X Ray (Soft to hard)	
۱۱	۳×۱۰^{۷}THz - ۵×۱۰^{۸}THz	اشعهٔ گاما	Gama Ray	
۱۲	۵×۱۰^{۸}THz - ۸×۱۰^{۹}THz	اشعهٔ کیهانی	Cosmic Ray	

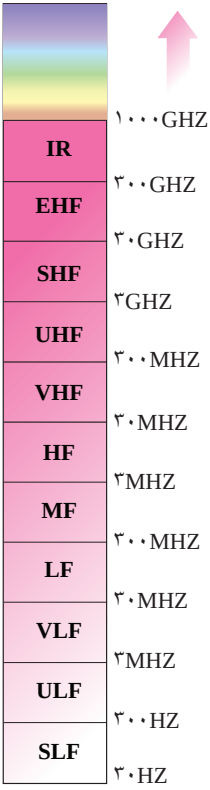
منبع کتاب Electronic communication by: Adamson

نکتهٔ مهم (۱): اعداد مندرج در جدول جنبهٔ آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.

نکتهٔ مهم (۲): یادگیری و به‌خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی داده شده در جدول الزامی است.

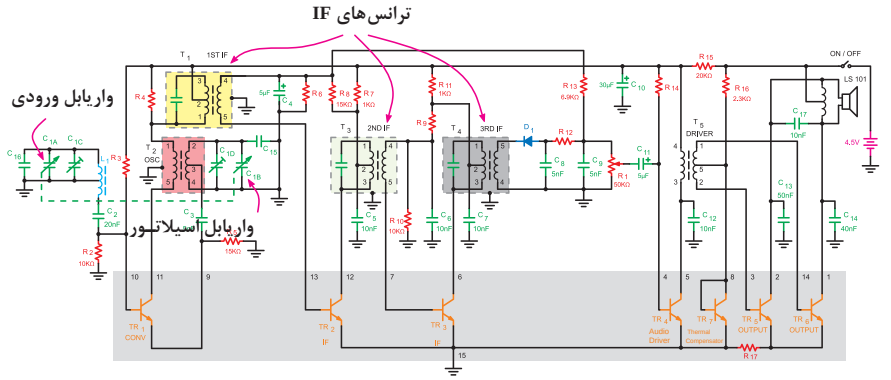
تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی با ضرایب ده از عدد ۳

ردیف	محدودهٔ فرکانس	نام باند	نماد (علامت)	نام باند به زبان اصلی	
۱	۳ـ۳۰ Hz	بی‌نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency	
۲	۳۰ـ۳۰۰ Hz	فوق‌العاده کم	SLF	Super Low Frequency	
۳	۳۰۰ـ۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency	
۴	۳ـ۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency	
۵	۳۰ـ۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency	فرکانس‌های رادیویی
۶	۳۰۰ KHz ـ ۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency	
۷	۳ـ۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency	
۸	۳۰ـ۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency	
۹	۳۰۰ MHz ـ ۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency	
۱۰	۳GHz ـ ۳۰ GHz	فوق‌العاده زیاد	SHF	Super High Frequency	
۱۱	۳۰ـ۳۰۰ GHz	بی‌نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency	

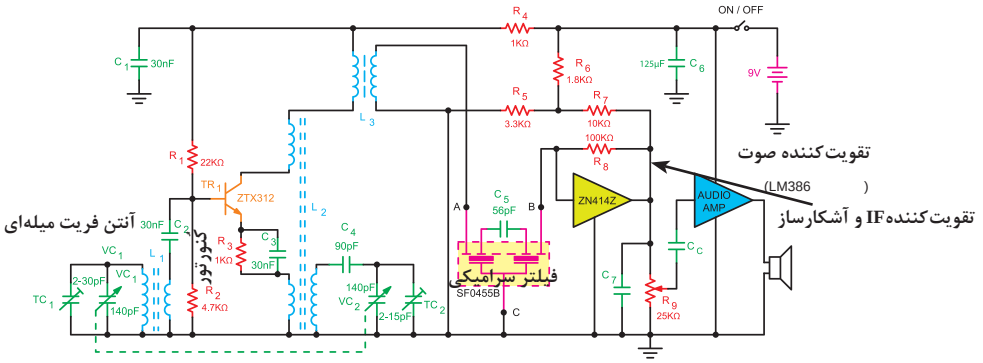


منبع تغذیه	قطعه	معادل قطعه	مقاومت معادل	نمایش منحنی راکتانس سلفی راکتانس خازنی بر حسب فرکانس	جریان و ولتاژ در مدار
E f = 0	L		$F=0$ $X_L=2\pi fL$ سلف تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته	X_L $X_L=0$ f f = 0	R V_O E I L $V_O=0$ V f = 0 $I=\frac{E}{R}$ بیشترین مقدار $V_O=0$ V
E f	L	X_L	$X_L=2\pi fL$	X_L X_{L_2} X_{L_1} f_1 f_2 f	R V_O E I f X_L I = متوسط $V_O=X_L I$
E f → ∞	L		$F=\infty$ $X_L=2\pi fL$ سلف تقریباً مدار باز مانند کلید باز	X_L $X_L\to\infty$ f f → ∞	R V_O E I = 0 L $V_O=E$ V f → ∞ I = 0 $V_O=E$ V بیشترین مقدار
E f = 0	C		$F=0$ $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ خازن تقریباً مدار باز مانند کلید باز	X_C $X_C\to\infty$ f f = 0	R V_O E I = 0 C $V_O=E$ V f = 0 I = 0 $V_O=E$ V بیشترین مقدار
E f	C	X_C	$X_C=\frac{1}{2\pi fC}$	X_C X_{C_1} X_{C_2} f_1 f_2 f	R V_O E I f X_C I = متوسط $V_O=X_C I$
E f → ∞	C		$F=\infty$ $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ خازن تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته	X_C $X_C=0$ f f → ∞	R V_O E I C $V_O=0$ V f → ∞ $I=\frac{E}{R}$ بیشترین مقدار $V_O=0$ V

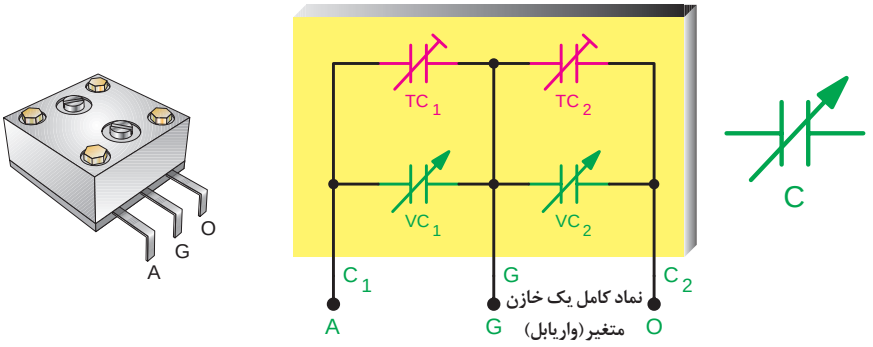
در مدار های جدید به‌جای این قسمت یک آی‌سی جایگزین می‌شود.



نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپر هترودین یک موج

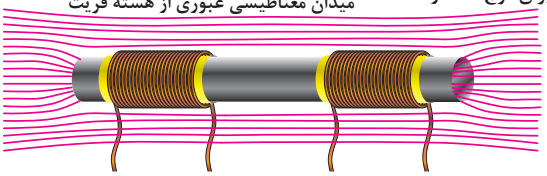


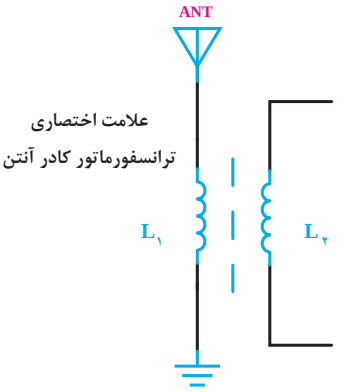
نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپر هترودین با آی‌سی



سیم‌پیچ برای موج MW و SW

میدان مغناطیسی عبوری از هسته فریت

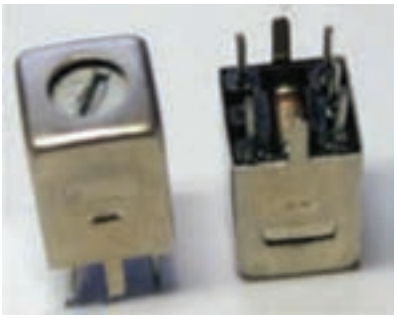




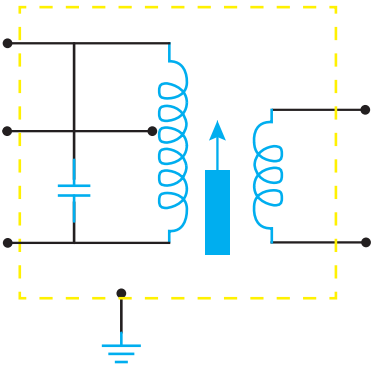
علامت اختصاری ترانسفورماتور کادر آنتن

کادر آنتن روی بُرد

شکل ظاهری ترانس IF

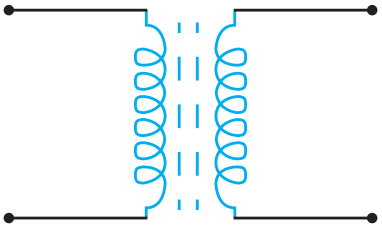


ترانس IF و خازن داخل آن



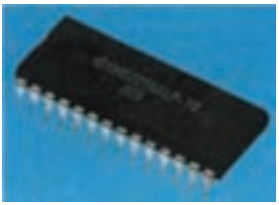
(۱)

الف) شمای فنی ترانس IF



(۲)

ب) شمای فنی ترانس اسیلاتور



چند نمونه آی‌سی

دیود پل پرقدرت

پل دیود هیبرید (hybrid) (مجموعه چند پل در یک بسته‌بندی)

پل یک‌سوساز در بسته‌بندی آی‌سی

نمونه دیگری از پل دیود

پل دیود با قدرت بالا با پایه سرامیکی

دیود آشکارساز

پل استوانه‌ای

دیود قدرت معمولی

پل ۶ دیودی

پل یک‌سوساز در بسته‌بندی 'K' نصب سطحی

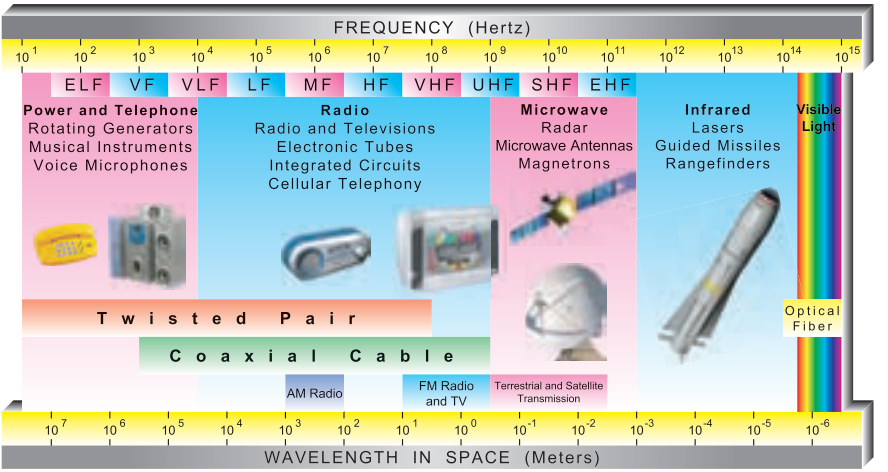
یک نمونه دیگر از پل دیود قدرت

پل دیود استوانه‌ای نصب سطحی

یک نمونه پل دیود با گرماگیر

پل دیود معمولی با بدنه فلزی

چند نمونه دیود و پل دیود



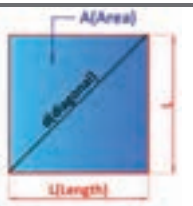
ELF = Extremely Low Frequency
VF = Voice Frequency
VLF = Very Low Frequency
LF = Low Frequency
MF = Medium Frequency
HF = High Frequency
VHF = Very High Frequency
UHF = Ultra High Frequency
SHF = Super High Frequency
EHF = Extra High Frequency

طیف امواج الکترومغناطیسی برای ارتباطات

مفاهیم و جداول اشکال هندسی

مربع

پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطر: d طول ضلع: L
مساحت مربع: $d=\sqrt{۲}\times L$	مثال: $L=۱۰\ mm \Rightarrow d=?\quad A=?$ $A=L^{۲}=(۱۰mm)^{۲}=۱۰۰mm^{۲}$ $d=\sqrt{۲}\times L=\sqrt{۲}\times ۱۰mm=۱۴/۱۴mm$
قطرمربع: $d=\sqrt{۲}\times L$	



مستطیل

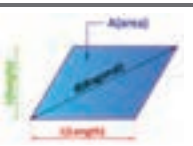
پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطر: d طول ضلع: L ارتفاع: h
مساحت مستطیل: $A=L\times h$	مثال: $L=۲۰mm\ ,\quad h=۱۵\ mm \Rightarrow d=?\quad A=?$ $A=L\times h=۲۰mm\times ۱۵mm=۳۰۰mm^{۲}$ $d=\sqrt{L^{۲}+h^{۲}}=\sqrt{(۲۰mm)^{۲}+(۱۵mm)^{۲}}$ $=\sqrt{۶۲۵mm^{۲}}=۲۵mm$
قطر مستطیل: $d=\sqrt{L^{۲}+h^{۲}}$	

لوزی

پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطرها: $d_۲$ و $d_۱$ طول ضلع: L ارتفاع: h
مساحت لوزی: $A=L\times h$	مثال: $d_۱=۲۰mm\ ,\quad d_۲=۱۶\ mm \Rightarrow \quad A=?$ $A=\frac{d_۱\times d_۲}{۲}=\frac{۲۰\times ۱۶}{۲}=۱۶۰mm^{۲}$
مساحت لوزی: $A=(d_۱\times d_۲)/۲$	

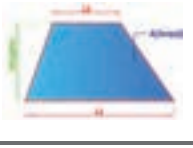
متوازی‌الاضلاع

پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطر: d طول قاعده: L ارتفاع: h
مساحت متوازی‌الاضلاع: $A=L\times h$	مثال: $L=۳۰mm\ ,\ h=۳۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A=L\times h=۵۰mm\times ۳۰mm=۱۵۰۰mm^{۲}$

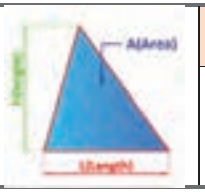


ذوزنقه

پارامترها / محاسبات	مساحت: A ارتفاع: h طول قاعده بزرگ: $L_۱$ طول قاعده کوچک: $L_۲$
مساحت ذوزنقه: $A=\frac{l_۲+l_۳}{۲}\times h$	مثال: $l_۲=۲۰mm\quad h=۲۵\ mm\quad l_۱=۴۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A=\frac{l_۱+l_۲}{۲}\times h=\frac{۴۰mm+۲۰mm}{۲}\times ۲۵mm=۷۵۰mm^{۲}$



مثلث

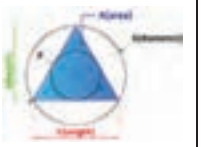


پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A طول قاعده: L ارتفاع: h
مساحت مثلث: $A=\frac{L\times h}{۲}$	مثال: $L=۴۰\ mm\ ,h=۳۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A=\frac{L\times h}{۲}=\frac{۴۰mm\times ۳۰mm}{۲}=۶۰۰mm^{۲}$

مثلث قائم‌الزاویه

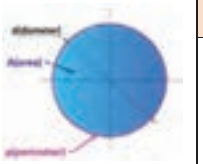
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A ارتفاع: h طول اضلاع مجاور زاویه قائم: a,b طول وتر: c
قضیه‌ی فیثاغورس: $c^{۲}=a^{۲}+b^{۲}$	مثال: $c=۵\ mm\ ,\ a=۴\ mm \Rightarrow b=?$ $b=\sqrt{c^{۲}-a^{۲}}=\sqrt{(۵mm)^{۲}-(۴mm)^{۲}}=۳mm$
قضیه‌ی اقلیدس: $b^{۲}=c.q$ $a^{۲}=c.p$	
$h^{۲}=p.q$	

مثلث متساوی‌الاضلاع



پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d
مساحت مثلث متساوی الاضلاع: $A=\frac{\sqrt{۳}}{۴}\times l^{۲}$	مثال: $(\sqrt{۳}=۱/۷۳)\ ,l=۱۰۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A=\frac{\sqrt{۳}}{۴}\times l^{۲}=\frac{۱/۷۳}{۴}\times ۱۰۰^{۲}=۴۳۲۵mm^{۲}$
ارتفاع مثلث متساوی الاضلاع: $h=\frac{\sqrt{۳}}{۴}\times l$	
قطر دایره محیطی مثلث متساوی الاضلاع: $D=\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}\times l=۲\times d$	
قطر دایره محاطی مثلث متساوی الاضلاع: $d=\frac{\sqrt{۳}}{۳}\times l=\frac{D}{۲}$	

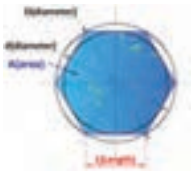
دایره



پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A قطر: d محیط: P
مساحت دایره: $A=\frac{\pi\times d^{۲}}{۴}$	مثال: $d=۱۰۰mm \Rightarrow A=?\ ,P=?$ $A=\frac{\pi\times d^{۲}}{۴}=\frac{۳/۱۴\times(۱۰۰mm)^{۲}}{۴}=۷۸/۵mm^{۲}$ $P=\pi\times d=\frac{۳}{۱۴}\times ۱۰۰=۳۱۴mm$
محیط دایره: $P=\pi\times d$	

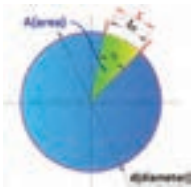
چندضلعی منتظم

پارامترها / محاسبات	مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d تعداد اضلاع(زاویه‌ها): n زاویه مرکزی: α زاویه محاطی: β
مساحت چندضلعی: $A=\frac{n\times l\times d}{۴}$	مثال:
طول ضلع: $l=D.\sin(\frac{۱۸۰^\circ}{n})$	$n=۶\ ,D=۱۰۰mm \Rightarrow A=?\ ,\ d=?,\ l=?$
زاویه مرکزی: $\alpha=\frac{۳۶۰^\circ}{n}$	$l=D.\sin(\frac{۱۸۰^\circ}{n})=۱۰۰mm.\sin(\frac{۱۸۰^\circ}{۶})=۵۰mm$
زاویه محاطی: $\beta=۱۸۰^\circ-\alpha$	$d=\sqrt{D^۲-l^۲}=\sqrt{۱۰۰۰۰mm^۲-۲۵۰۰mm^۲}$
قطر دایره محاطی $d=\sqrt{D^۲-l^۲}$	$=۸۶/۶mm$
قطر دایره محیطی: $D=\sqrt{d^۲+l^۲}$	$A=\frac{n\times l\times d}{۴}=\frac{۶\times ۵۰mm\times ۸۶/۶mm}{۴}=۶۴۹۵mm^۲$



قطاع دایره

پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطر: d طول کمان: l_B طول وتر: l زاویه‌ی کمان: α
مساحت قطاع دایره: $A=\frac{\pi\times d^۲}{۴}\times\frac{\alpha}{۳۶۰^\circ}$ $A=\frac{l_B\times d}{۴}$	مثال:
طول وتر قطاع دایره: $l=۲\times d\times\sin\frac{\alpha}{۲}$	$d=۲۰۰mm\ ,\ \alpha=۳۰^\circ \Rightarrow A=?\ ,\ l_B=?$
طول کمان قطاع دایره: $l_B=\frac{\pi\times d\times\alpha}{۳۶۰^\circ}$	$l_B=\frac{\pi\times d\times a}{۳۶۰^\circ}=\frac{۳/۱۴\times ۲۰۰mm\times ۳۰^\circ}{۳۶۰^\circ}$ $=۵۲/۳۳mm$
	$A=\frac{l_B\times d}{۴}=\frac{۵۲/۳۳mm\times ۲۰۰mm}{۴}=۲۶۱۶/۵mm^۲$



وزن طولی (مقادیر جدول برای فولاد با جرم مخصوص $\rho = ۷/۸۵ kg/dm^۳$)

d قطر m' وزن طولی (وزن یک متر) a طول ضلع SW اندازه آچارگیر

مفتول فولادی						سیم فولادی					
d mm	m' kg/m	d mm	m' kg/m	d mm	m' kg/m	d mm	m' kg/۱۰۰۰m	d mm	m' kg/۱۰۰۰m	d mm	m' kg/۱۰۰۰m
۳	۰.۰۵۵	۱۸	۲.۰۰	۶۰	۲۲.۲	۰.۵۵	۱.۸۷	۱.۱	۷.۴۶	۰.۱۰	۰.۰۶۲
۴	۰.۰۹۹	۲۰	۲.۴۷	۷۰	۳۰.۲	۰.۶۰	۲.۲۲	۱.۲	۸.۸۸	۰.۱۶	۰.۱۵۸
۵	۰.۱۵۴	۲۵	۳.۸۵	۸۰	۳۹.۵	۰.۶۵	۲.۶۰	۱.۳	۱۰.۴	۰.۲۰	۰.۲۴۷
۶	۰.۲۲۲	۳۰	۵.۵۵	۱۰۰	۶۱.۷	۰.۷۰	۳.۰۲	۱.۴	۱۲.۱	۰.۲۵	۰.۳۸۵
۸	۰.۳۹۵	۳۵	۷.۵۵	۱۲۰	۸۸.۸	۰.۷۵	۳.۴۷	۱.۵	۱۳.۹	۰.۳۰	۰.۵۵۵
۱۰	۰.۶۱۷	۴۰	۹.۸۶	۱۴۰	۱۲۱	۰.۸۰	۳.۹۵	۱.۶	۱۵.۸	۰.۳۵	۰.۷۵۵
۱۲	۰.۸۸۸	۴۵	۱۲.۵	۱۵۰	۱۳۹	۰.۸۵	۴.۴۵	۱.۷	۱۷.۸	۰.۴۰	۰.۹۸۶
۱۵	۱.۳۹	۵۰	۱۵.۴	۱۶۰	۱۵۸	۰.۹۰	۴.۹۹	۱.۸	۲۰.۰	۰.۴۵	۱.۲۵
۱۶	۱.۵۸	۵۵	۱۸.۷	۲۰۰	۲۴۷	۱.۰	۶.۱۷	۲.۰	۲۴.۷	۰.۵۰	۱.۵۴

مفتول شش گوش						مفتول چهار گوش					
SW mm	m' kg/m	SW mm	m' kg/m	SW mm	m' kg/m	a mm	m' kg/m	a mm	m' kg/m	a mm	m' kg/m
۶	۰.۲۴۵	۲۰	۲.۷۲	۴۰	۱۰.۹	۲۰	۳.۱۴	۴۰	۱۲.۶	۶	۰.۲۸۳
۸	۰.۴۳۵	۲۲	۳.۲۹	۵۰	۱۷.۰	۲۲	۳.۸۰	۵۰	۱۹.۶	۸	۰.۵۰۲
۱۰	۰.۶۸۰	۲۵	۴.۲۵	۶۰	۲۴.۵	۲۵	۴.۹۱	۶۰	۲۸.۳	۱۰	۰.۷۸۵
۱۲	۰.۹۷۹	۲۸	۵.۳۳	۷۰	۳۳.۳	۲۸	۶.۱۵	۷۰	۳۸.۵	۱۲	۱.۱۳
۱۴	۱.۳۳	۳۰	۶.۱۲	۸۰	۴۳.۵	۳۰	۷.۰۷	۸۰	۵۰.۲	۱۴	۱.۵۴
۱۶	۱.۷۴	۳۲	۶.۹۶	۹۰	۵۵.۱	۳۲	۸.۰۴	۹۰	۶۳.۶	۱۶	۲.۰۱
۱۸	۲.۲۰	۳۵	۸.۳۳	۱۰۰	۶۸.۰	۳۵	۹.۶۲	۱۰۰	۷۸.۵	۱۸	۲.۵۴

جرم سطحی (مقادیر جدول برای فولاد با جرم مخصوص $\rho = ۷/۸۵ kg/dm^۳$)

s ضخامت ورق m'' جرم سطحی

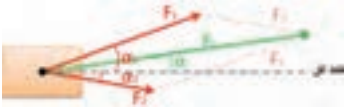
s mm	m'' kg/m^۲	s mm	m'' kg/m^۲	s mm	m'' kg/m^۲	s mm	m'' kg/m^۲	s mm	m'' kg/m^۲	s mm	m'' kg/m^۲
۰.۳۵	۲.۷۵	۰.۷۰	۵.۵۰	۱.۲	۹.۴۲	۳.۰	۲۳.۶	۴.۷۵	۳۷.۳	۱۰.۰	۷۸.۵
۰.۴۰	۳.۱۴	۰.۸۰	۶.۲۸	۱.۵	۱۱.۸	۳.۵	۲۷.۵	۵.۰	۳۹.۳	۱۲.۰	۹۴.۲
۰.۵۰	۳.۹۳	۰.۹۰ ۰	۷.۰۷	۲.۰	۱۵.۷	۴.۰	۳۱.۴	۶.۰	۴۷.۱	۱۴.۰	۱۱۰
۰.۶۰	۴.۷۱	۱.۰	۷.۵۸	۲.۵	۱۹.۶	۴.۵	۳۵.۳	۸.۰	۶۲.۸	۱۵.۰	۱۱۸

نیروها

نیروهای هم راستا

پارامترها / محاسبات	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 درجهت راست بر جسم روبرو وارد شوند، برآیند نیروهای وارد برجسم چند نیوتن و درکدام جهت است؟ $F_r = F_1 + F_2 = ۱۲ + ۸ = ۲۰$ N (درجهت راست)	
برآیند نیروهای متقابل باهم: $F_r = F_1 - F_2$	مثال: اگر نیروی ۱۲N درجهت راست و ۸N درجهت چپ بر جسم روبرو وارد شوند، برآیند نیروهای وارد برجسم چند نیوتن و درکدام جهت است؟ $F_r = F_1 - F_2 = ۱۲ - ۸ = ۴$ N (درجهت راست)	

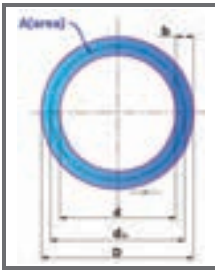
نیروهای غیرهم راستا

پارامترها / محاسبات	مقدار نیرو: F_1 , F_2	مقدار نیروی برآیند: F_r زاویه نیرو با خط افق: α
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؟ $F_{x1} = F_1 \times \cos(\alpha) = 200 \times \cos(60°) = 200 \times ۰,۵ = 100$ $F_{y1} = F_1 \times \sin(\alpha) = 200 \times \sin(60°) = 200 \times ۰,۸۶۶۰ = ۱۷۳,۲۱$ $F_{x2} = F_2 \times \cos(\alpha) = 120 \times \cos(-45°) = 120 \times ۰,۷۰۷۱ = ۸۴,۸۵$ $F_{y2} = F_2 \times \sin(\alpha) = 120 \times \sin(-45°) = 120 \times -۰,۷۰۷۱ = -۸۴,۸۵$ $F_{xt} = F_{x1} + F_{x2} = 100 + ۸۴,۸۵ = ۸۸,۳۶$ $F_{yt} = F_{y1} + F_{y2} = ۱۷۳,۲۱ + (-۸۴,۸۵) = ۸۸,۳۶$ $F = \sqrt{Fxt^2 + Fyt^2} = \sqrt{184.85^2 + 88.36^2} = ۲۰۴.۸۸$ $\alpha = \tan^{-1}(Fyt / Fxt) = \tan^{-1}(۸۸,۳۶ / ۸۸,۳۶) = ۲۵,۵°$ (برآیند دو نیرو 204/88 نیوتن و با زاویه‌ی 25/5 درجه است.)	
تبدیل مختصات دکارتی به مختصات قطبی: $F = \sqrt{Fxt^2 + Fyt^2}$ $\alpha = \tan^{-1}(Fyt / Fxt)$		

نیروی فنر(قانون هوک)

پارامترها / محاسبات	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؟ $F = k \times x \rightarrow ۱۵۰ = ۱۰ \times x \rightarrow x = ۱۵$ mm		

حلقه دایروی



مساحت: A پهنای حلقه:b

قطر داخلی: d قطر خارجی: D قطر میانی:d_m

پارامترها / محاسبات	
مساحت حلقه دایروی	$A=\pi\times d_m\times b$ $A=\frac{\pi}{4}\times(D^2-d^2)$

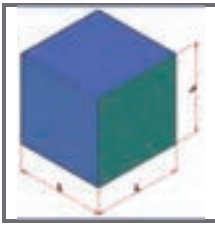
مثال:

$D=140\ mm\ ;\ d=120\ mm \Rightarrow A=?$

$A=\pi\times d_m\times b=3/14\times130\times10-4082mm^2$

$A=\frac{\pi}{4}\times(D^2-d^2)=\frac{3/14}{4}\times(140^2mm^2-120^2mm^2)=4082mm^2$

مکعب



مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l

پارامترها / محاسبات	
حجم مکعب:	$V=l^3$
مساحت مکعب:	$A_o=6\times l^2$

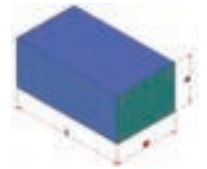
مثال:

$l=50mm \Rightarrow A_o=?\ ,\ V=?$

$V=l^3=(50mm)^3=125000mm^3$

$A_O=6\times l^2=6\times(50mm)^2=15000mm^2$

مکعب مستطیل



مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l

عرض:w ارتفاع:h

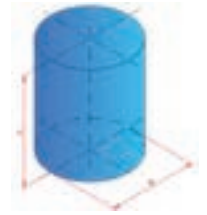
پارامترها / محاسبات	
حجم مکعب مستطیل:	$V=l\times w\times h$
مساحت مکعب مستطیل:	$A_o=2\times(l\times w+l\times h+w\times h)$

مثال:

$l=100mm\ ,w=40mm\ ,\ h=30mm \Rightarrow V=?$

$V=l\times w\times h=100\times40\times30=120000mm^3$

استوانه



حجم:V مساحت: A_o طول ضلع: l

پارامترها / محاسبات	
حجم استوانه:	$V=\frac{\pi\times d^2}{4}\times h$
مساحت جانبی:	$A_M=\pi\times d\times h$
مساحت استوانه:	$A_o=\pi\times d\times h+2\times\frac{\pi\times d^2}{4}$

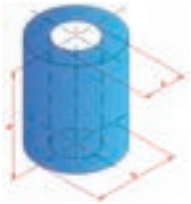
مثال:

$d=20mm\ ,\ h=30mm \Rightarrow A_o=?\ ,\ V=?$

$V=\frac{\pi\times d^2}{4}\times h=\frac{3/14\times20^2}{4}\times30=9420mm^3$

استوانه توخالی

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A_o حجم: V طول ضلع: l
حجم استوانه:	مثال: D=۴۰mm , d =۳۰mm , h= ۵۰mm ⇨ V =? $V=\frac{\pi\times h}{۴}\times(D^۲-d^۲)=\frac{۳/۱۴\times ۵۰}{۴}\times(۴۰^۲-۳۰^۲)=۲۷۴۷۵mm^۳$
مساحت استوانه: $A_o=\pi\times(D+d)\times[\frac{۱}{۲}\times(D-d)+h]$	

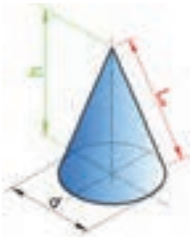


هرم

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A_o حجم: V طول ضلع: l
حجم هرم: $V=\frac{l\times w\times h}{۳}$	مثال: L=۱۰۰mm , W=۳۰mm , h=۸۰mm ⇨V =? $V=\frac{l\times w\times h}{۳}=\frac{۱۰۰\times ۳۰\times ۸۰}{۳}=۸۰۰۰۰mm^۲$
طول یال هرم: $l_e=\sqrt{h_e^۲+\frac{w^۲}{۴}}$	
ارتفاع وجه هرم: $h_e=\sqrt{h^۲+\frac{l^۲}{۴}}$	

مخروط

پارامترها / محاسبات	
	حجم: V مساحت جانبی: A_s قطرقاعده: d طول یال: l_e ارتفاع: h
حجم مخروط: $V=\frac{\pi\times d^۲}{۴}\times\frac{h}{۳}$	مثال: d=۴۰mm , h=۶۰mm ⇨V =? $V=\frac{\pi\times d^۲}{۴}\times\frac{h}{۳}=\frac{۳/۱۴\times ۴۰^۲}{۴}\times\frac{۶۰}{۳}=۲۵۱۲۰mm^۳$
مساحت جانبی مخروط: $A_s=(\pi\times d\times l_e)/۲$	
طول یال مخروط: $l_e=\sqrt{h^۲+\frac{d^۲}{۴}}$	



کره

پارامترها / محاسبات	حجم: V مساحت: A قطر: d	
حجم کره: $V=\frac{\pi\times d^{3}}{6}$	مثال: $d=20mm \Rightarrow A=?$	
مساحت کره: $A=\pi\times d^{2}$	$A=\pi\times d^{2}=\frac{3}{14}\times 20^{2}mm^{2}=1256mm^{2}$	

جرم

پارامترها / محاسبات	حجم: V جرم مخصوص ρ جرم: m	
جرم مواد: $m=V\times\rho$	مثال: جرم کره‌ای به قطر 60mm، از جنس مس را حساب کنید. $V=\frac{\pi\times d^{3}}{6}=\frac{3/14\times 60^{3}}{6}=113040mm^{3}$ $=0/000113040m^{3}$ $m=V\times\rho=0/000113040m^{3}\times 8900\frac{kg}{m^{3}}=1/006kg$	

جرم طولی

پارامترها / محاسبات	جرم: m جرم طولی: m' طول: l	
جرم طولی مواد: $m=m'\times l$	مثال: جرم یک مفتول فولادی به طول 200mm و قطر 5mm را حساب کنید. (از جدول جرم طولی $m'=0/154kg/m$) $m=m'\times l=0/154\times 0/2=0/0308kg$	

جرم سطحی

پارامترها / محاسبات	جرم: m جرم سطحی: m" سطح: A	
جرم طولی مواد: $m=m''\times A$	مثال: جرم یک ورق فولادی به ضخامت 0/5 mm و مساحت $2m^{2}$ را حساب کنید. (از جدول جرم سطحی $m''=3/93kg/m^{2}$) $m=m''\times A=3/93\times 2=7/86kg$	