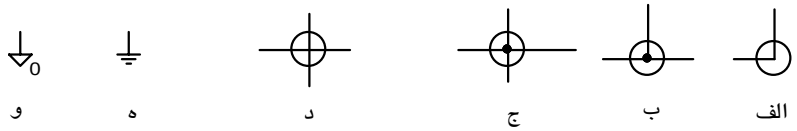
پیوست فنی آزمایشگاه مدار الکتریکی

پیوست ۱ نحوه پیاده سازی مدارها

برای توصیف مدارهای الکتریکی معمولاً از نمادهای عناصر استفاده می‌شود و نحوه ارتباط آنها توسط خطوط و نقاط، طبق استانداردهایی نمایش داده می‌شود. در یکی از استانداردهای متداول (که در این آزمایشگاه نیز از آن استفاده می‌شود)، دو خط متقاطع یعنی عدم اتصال الکتریکی بین دو مسیر. در صورتی که بین این دو باید ارتباط الکتریکی بر قرار باشد، توسط یک نقطه این امر بیان می‌شود (شکل پ-۱-۱. در هر مدار باید یک گره به عنوان زمین در نظر گرفته شود، که دارای پتانسیل صفر ولت است (ولتاژ مرجع).



شکل پ-۱-۱: الف و ب و ج: نمایش اتصال مداری، د: عدم اتصال، ه و و: زمین

پ-۱-۱ نصب عناصر

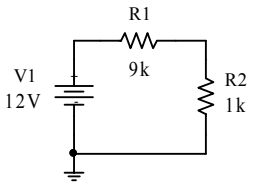
برای وصل کردن عناصر به یکدیگر، بعضی از افراد پایه‌های آنها را به هم می تابانند یا آنها را بدون واسطه به یکدیگر لحیم میکنند (شکل پ-۱-۲). از این روش‌ها باید جداً اجتناب کرد.

در صورتیکه مدار ساده باشد - برای مثال اندازه گیری مقدار یک مقاومت یا ولتاژ دو سر آن - میتوان از گیره‌های سوسماری (شکل پ-۱-۳) استفاده کرد. در عمل برای مدارهایِ ساده‌ی موقتیِ

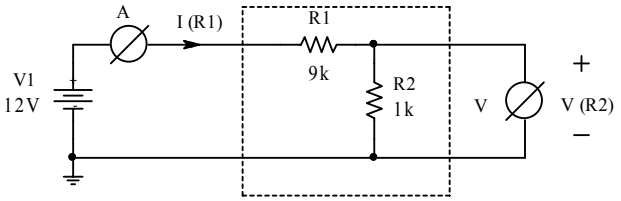
آزمایشی، مناسب‌ترین روش استفاده از بِردبُرد[1] تفلن[2] (شکل پ-۱-٤) است. در این آزمایشگاه نیز برای بستن مدارهای آزمایشی ساده از این وسیله استفاده می‌شود. برای مثال در مدار پ-۱-۵ ولتاژ R2 و جریان R1 باید اندازه گیری شوند، لذا جهت اندازه گیری باید به صورت شکل پ-۱-٦ بسته شود. مدار نصب شده در شکل پ-۱-۷ نمایش داده شده است. شکل پ-۱-۸ پیاده سازی یک مدار مفصل-تر را بر روی برد نمایش می‌دهد.

شکل پ-۱-٤ برد برد

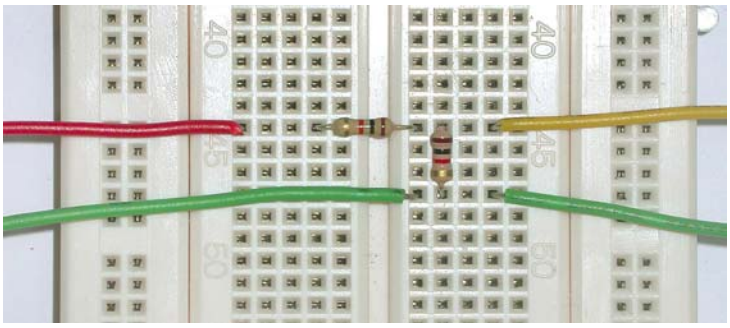
Bread Board [1]
Teflon [2]



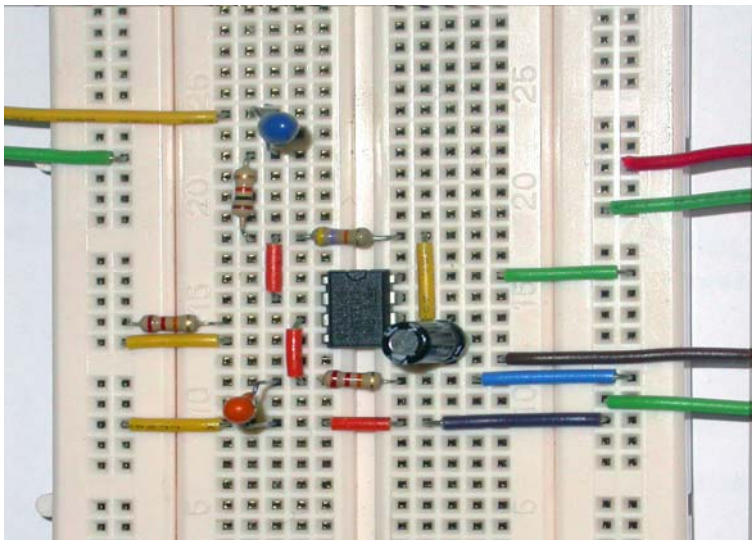
شکل پ-۱-۵



شکل پ-۱-٦ نحوه پیاده سازی مدار



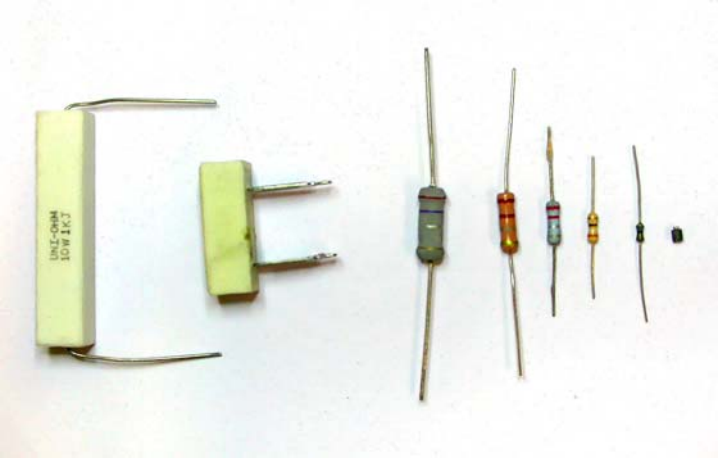
شکل پ-۱-۷ نحوه نصب مدار بر روی برد بورد



شکل پ-۱-۸ نحوه استفاده از برد بورد در پیاده سازی مدارهای ساده

پ-۱-۲ فرم‌های عناصر

برای کاربردهای گوناگون، از عناصر با ابعاد و جنس‌های مختلف استفاده می‌شود. برای مثال در شکل پ-۱-۹ تعدادی مقاومت مشخص شده اند. مقاومت سمت راست بدون پایه بوده، مستقیماً بر روی سطح مدار چاپی[1] لحیم می‌شود. این نوع المان‌ها اصطلاحاً "SMD[2]" نامیده می‌شوند. این مقاومت و مقاومت بعدی به مقاومت‌های قشر فلز[3] مشهورند؛ زیرا نحوه ساختمان آنها بدین صورت است که بر روی جسمی از سرامیک یک لایه نازک از فلز یا آلیاژهای فلزات را می نشانند. ضخامت قشر و جنس مواد، مقدار مقاومت را تعیین می‌نماید. گاهی اوقات نیز، جهت افزایش مقدار مقاومت، شیارهایی در آن ایجاد میکنند.



شکل پ-۱-۹ چند نوع مقاومت متداول

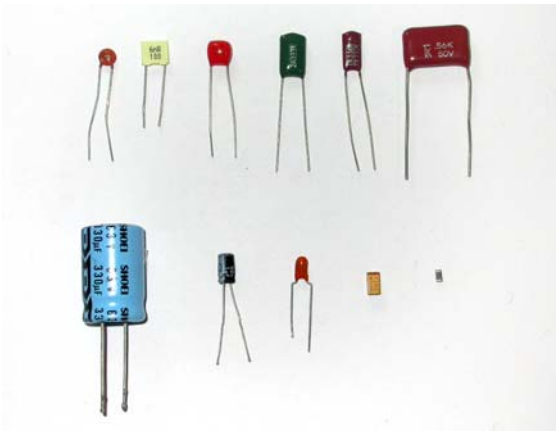
سه تا مقاومت میانی را مقاومت‌های قشر زغال[4] گویند. ساختار این مقاومت‌ها مانند مقاومت‌های قشر فلز است که بجای فلز از کربن استفاده می‌شود. سه تا مقاومت سمت چپ مقاومت‌های سیمی[5] هستند. در این مقاومت‌ها، بر روی استوانه ای از سرامیک، سیم از جنس آلیاژهای مختلف پیچیده شده است. توان قابل تحمل مقاومت‌های شکل پ-۱-۲۳ از راست به چپ بین ۰,۱ تا ۱۰ وات است. در این آزمایشگاه عمدتاً از مقاومت‌های قشر زغال با توان ۰,۵ وات استفاده می‌شود.

---

[1] PCB: Printed Circuit Board
[2] SMD: Surface Mounted Device
[3] Metal Film Resistor
[4] Carbon Film Resistor
[5] Wirewound Resistor

شکل پ-۱-۱۰ تعدادی خازن را نمایش می‌دهد. در این شکل، چهار خازن سمت راست بالا خازن‌های ورقه‌ای پلاستیکی نامیده می‌شوند. زیرا جهت ساختن آنها از ورقه‌های نازک از مواد پلاستیکی گوناگون نظیر پلی‌کربنات[۱]، پلی استر[۲]، پلی پروپیلن[۳] یا پلی استیرن[۴] که یک لایه فلز (معمولاً نقره، آلومینیم یا قلع) روی آنها نشانیده شده است، استفاده می‌شود. دو لایه از این ورقه‌ها را روی هم قرار داده، به صورت استوانه یا مکعب می‌پیچانند و سپس در محفظه ای مناسب قرار می‌دهند.

دو خازن سمت چپ بالا، خازن‌های سرامیکی[۵] هستند. عایق این خازن‌ها از سرامیکهای مختلف ساخته می‌شود و روی این عایق غشایی از فلز نشانده می‌شود. خازن سمت چپی به خازن عدسی یا صفحه ای[۶] مشهور است. هرگاه چند لایه را روی هم قرار داده آنها را با هم موازی کنند، خازن‌های مالتی لیر[۷] بدست می‌آید. خازن دوم از سمت چپ بالا و خازن اول سمت راست پایین (SMD) از این نوع می‌باشند.



شکل پ-۱-۱۰ تشکل ظاهری چند نوع خازن متداول

چهار عدد خازن دیگر به خازن‌های شیمیایی یا الکترولیتی[۸] معروف هستند. در ساختمان داخلی این خازن‌ها، یک الکترود، ورقه فلز، اکسید آن فلز بعنوان عایق (دی الکتریک[۹]) و یک ماده الکترو لیز به عنوان الکترود دوم به کار میرود. خازن

---

[1] Polycarbonate
[2] Polyester
[3] Polypropylene
[4] Polystyrene
[5] Ceramic Capacitors
[6] Disc, Plate
[7] چند لایه، Multilayer
[8] Electrolytic
[9] Dielectric

دوم (SMD) و سوم از سمت راست خازن‌های تانتال[1] (فلز تانتال) و دو خازن سمت چپ از نوع خازن‌های آلومینیوم[2] هستند. برای خازن‌ها علاوه بر ظرفیت، ولتاژ قابل تحمل آنها مهم است.

سلف‌ها – برخلاف مقاومت‌ها و خازن‌ها – کمتر بصورت آماده در بازار موجود هستند. در بیشتر موارد هسته‌های گوناگون برای کاربردهای مختلف وجود دارد. کاربر نوع سیم را انتخاب کرده به تعداد لازم دور، به دور هسته می‌پیچد.

در شکل پ–۱–۱۱ سه مدل هسته در بالا و سه سیم پیچ در پایین نشان داده شده است. هسته‌ها معمولاً از ورقه‌های نازک (به ضخامت تا نیم میلیمتر) آهن، که دارای مقدار کمی سیلیسیوم است و توسط لایه نازکی از عایق (معمولاً کاغذ) از هم جدا شده اند، تشکیل می‌شود. این هسته‌ها در فرم‌ها و ابعاد گوناگون، برای کاربردهای مختلف وجود دارد.

شکل پ–۱–۱۱ تشکل ظاهری چند نوع سلف متداول

برای بعضی از کاربرد ها نیز از پودر بهم فشرده آهن[3] یا از فریتها[4] (مخلوطی از اکسید آهن و چسب‌های آلی و مواد دیگر پودر شده که تحت فشار و حرارت به هم چسبیده و به فرم‌های مختلف در می‌آیند) استفاده می‌شود.

---

[1] Tantalum
[2] Aluminum
[3] Iron Powder
[4] Ferrite

پ-۱-۳ مشخصات عناصر

مشخصات عناصر معمولاً بکمک جداول و نمودارهایی در کتاب ها[1] و برگه‌های[2] اطلاعات در اختیار کاربر قرار میگیرند. جهت طراحی اصولی، و ساخت سیستم‌ها به صورت حرفه ای، حتماً باید به این مدارک مراجعه نمود. برای کار های ساده‌تر و انجام آزمایش‌هایی در حد این آزمایشگاه، معمولاً داشتنِ اطلاعاتِ کلیدیِ اولیه، کفایت میکند.

برای استفاده از مقاومت‌ها، معمولاً دانستن سه پارامتر اصلی کافی است، که به ترتیب اهمیت عبارتند از: مقدار (ظرفیت) مقاومت، توان قابل تحمل، و تلرانس آن. جهت محدود کردن تنوع مقدار، از استانداردهایی استفاده میکنند. برای مثال اگر در مداری مقدار مقاومت مطلوب $R_N = 123.456k\Omega$ بدست آمد؛ چنین مقاومتی در بازار وجود ندارد، تا مورد استفاده قرار گیرد. زیرا اولاً اگر کارخانه سازنده بخواهد هر مقدار مقاومت را تولید کند، باید تعداد بینهایت مقاومت با مقادیر مختلف تولید نماید، که غیر ممکن است. ثانیاً بعلت وجود خطا در ساخت مقاومت، تولید چنین مقادیری بی معنی خواهد بود. مثلاً اگر تلرانس مقاومت را $Tol. = \pm 10\%$ نظر بگیریم، مقدار واقعی آن $R_A = 111.1104 \cdots 135.8016k\Omega$ خواهد بود. به همین دلیل؛ با توجه به تلرانس مقاومت، تعداد معدودی مقاومت استاندارد ساخته میشود. مثلاً اگر مقاومت $R_N = 120k\Omega$ را به عنوان مقاومت استاندارد در نظر بگیریم، مقدار واقعی آن $R_A = 108 \cdots 132k\Omega$ بوده با مقاومت محاسبه شده قرابت خوبی خواهد داشت.

---

[1] Data Book
[2] Data Sheet

یکی از استانداردهای بین المللی، که بیشترین گستردگی در جهـان را دارد، و در ایـران هـم مـورد استفاده قرار می‌گیرد، استاندارد "En"[1] است. در این استاندارد هر دهه ای شامل n مقدار اسـت. تقـسیم هر دهه به n مقدار بصورت واسطه هندسی از رابطه زیر انجام میشود.

$$x_{i+1} = x_i \sqrt[n]{10}$$

در این رابطه n شماره استاندارد (E3, E6, E12, …, E192)، x_i مقـدار اولیـه و x_{i+1} مقـدار بعـدی می‌باشد. برای مثال اگر مقاومت‌های از $R_i = 0.01\Omega$ را بخواهیم در سری E3 بدست آوریـم، از رابطـه فوق داریم:

$$n = 3 \quad \Rightarrow \quad \sqrt[3]{10} = 2.154434\cdots \approx 2.2$$

بنابراین مقاومت‌های موجود در این سری عبارتند از:

$10m\Omega$,	$22m\Omega$,	$47m\Omega$,	$100m\Omega$,	$220m\Omega$,	$470m\Omega$,	1Ω,	2.2Ω,	4.7Ω,	
10Ω,	22Ω,	47Ω,	100Ω,	220Ω,	470Ω,	$1k\Omega$,	$2.2k\Omega$,	$4.7k\Omega$,	
$10k\Omega$,	$22k\Omega$,	$47k\Omega$,	$100k\Omega$,	$220k\Omega$,	$470k\Omega$,	$1M\Omega$,	$2.2M\Omega$,	$4.7M\Omega$,	$10M\Omega$

تلرانس المان‌ها در این استاندارد از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Tol. \approx \pm \frac{1}{n}$$

پتانـسیومتر هـا (مقاومـت‌هـای قابـل تنظـیم) معمـولاً دارای مقـادیر سـری E3، یعنـی ضـرایب: 1, 2 (2.2), 5 (4.7) هستند. برای خازن‌های الکترولیتی با ظرفیت بالا نیز معمولاً بـه علـت زیـاد بـودن تلرانسشان، از این سری استفاده می‌شود: ((1, 2.2 (2.5), 4.7 (5))

[1] E حرف اول Europe و $(n = 3\times 2^i,\ i = 0,1,2,..,6)$ است.

مقاومت‌ها و اکثر خازن‌های متداول دارای تلرانس ۱۰٪ بوده، مقادیر سری E12 را برای آنها در نظر می‌گیرند:

1, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2

مقادیر استاندار سری E6 تا E192 در جدول پ–۱–۱ آورده شده است.

برای نمایش مشخصات المان‌ها، در صورتیکه ابعاد آنها بزرگ باشد، مقادیر روی آنها نوشته میشود. برای مثال مقاومت سمت چپی در شکل پ–۱–۹ که $1k\Omega/10W$ است؛ یا خازن سمت چپ پایینی در شکل پ–۱–۱۰ که $330\mu F/63V$ است. برای هسته‌ها از کدهایی استفاده می‌شود که بکمک آنها و با مراجعه به کاتالوگ مربوطه می توان مشخصات آن را بدست آورد.

در صورتی که جثه المان کوچک باشد، گاهی اوقات ظرفیت آنها را توسط ارقام یا ارقام و حروف روی آنها می‌نویسند. گاهی وقت‌ها نیز مقادیر را توسط نقاط یا نوار های رنگی مشخص می کنند. جدول پ–۱–۲ مفهوم رنگ‌ها را بیان میکند. مقادیر مقاومت‌ها برحسب اهم، خازن‌ها برحسب پیکو فاراد و سلف‌ها برحسب نانو هانری مشخص می شوند.

چند مثال:

مقاومت ٤,٧ کیلو اهم به صورت: زرد، بنفش، قرمز یا $4k7$ یا 472 و

خازن ٥٦ نانو فاراد به صورت: سبز، آبی، نارنجی یا $56n$ یا 563 و

سلف ۱,۵ میکرو هانری به صورت: قهوه ای، سبز، قرمز یا $1u5$ یا 152 مشخص می‌نمایند.

جدول پ-۱-۱ مقادیر استاندارد مقاومت ها در سری های E6 تا E192

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%
100	100	100	100	100	100
					101
				102	102
					104
			105	105	105
					106
				107	107
					109
		110	110	110	110
					111
				113	113
					114
			115	115	115
					117
				118	118
	120	120			120
			121	121	121
					123
				124	124
					126
			127	127	127
					129
		130		130	130
					132
			133	133	133
					135
				137	137
					138
			140	140	140
					142
				143	143
					145
			147	147	147
					149
150	150	150		150	150
					152
			154	154	154
					156
				158	158
					160
			162	162	162
					164
				165	165
					167
			169	169	169
					172
				174	174
					176
			178	178	178

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%
	180	180			180
				182	182
					184
			187	187	187
					189
				191	191
					193
			196	196	196
					198
		200		200	200
					203
			205	205	205
					208
				210	210
					213
			215	215	215
					218
220	220	220			
				221	221
					223
			226	226	226
					229
				232	232
					234
			237	237	237
		240			240
				243	243
					246
			249	249	249
					252
				255	255
					258
			261	261	261
					264
				267	267
	270	270			271
			274	274	274
					277
				280	280
					284
			287	287	287
					291
				294	294
					298
		300	301	301	301
					305
				309	309
					312
			316	316	316

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%
					320
				324	324
					328
330	330	330			
			332	332	332
					336
				340	340
					344
			348	348	348
					352
				357	357
					361
		360			
			365	365	365
					370
				374	374
					379
			383	383	383
					388
	390	390			
				392	392
					397
			402	402	402
					407
				412	412
					417
			422	422	422
					427
		430		432	432
					437
			442	442	442
					448
				453	453
					459
			464	464	464
470	470	470			470
				475	475
					481
			487	487	487
					493
				499	499
					505
		510	511	511	511
					517
				523	523
					530
			536	536	536
					542
				549	549
					556

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%
	560	560	562	562	562
					569
				576	576
					583
			590	590	590
					597
				604	604
					612
		620	619	619	619
					626
				634	634
					642
			649	649	649
					657
				665	665
					673
680	680	680	681	681	681
					690
				698	698
					706
			715	715	715
					723
				732	732
					741
		750	750	750	750
					759
				768	768
					777
			787	787	787
					796
				806	806
					816
	820	820			
			825	825	825
					835
				845	845
					856
			866	866	866
					876
				887	887
					898
		910	909	909	909
					919
				931	931
					942
			953	953	953
					965
				976	976
					988

جدول پ–۱–۲ نحوه استفاده از رنگ‌ها در تعیین مقدار المان‌ها

رنگ	تلرانس	ضریب	رقم دوم	رقم اول
نقره ای	٪۱۰	۰,۰۱	–	–
طلایی	٪۵	۰,۱	–	–
مشکی	٪۲۰	۱	۰	–
قهوه ای	٪۱	۱۰	۱	۱
قرمز	٪۲	۱۰۰	۲	۲
نارنجی	–	$۱۰^{۳}$	۳	۳
زرد	–	$۱۰^{٤}$	٤	٤
سبز	٪۰,۵	$۱۰^{۵}$	۵	۵
آبی	–	$۱۰^{٦}$	٦	٦
بنفش	–	–	۷	۷
خاکستری	–	–	۸	۸
سفید	–	–	۹	۹

برای مشخص کردن مقاومت‌های با تلرانس بیش از ٪۲ از چهار نوار (سابقاً گاهی نقطه) رنگی و برای مقاومت‌های دقیقتر از ۵ نوار استفاده میکنند. فاصله یک نوار اندکی از نوارهای دیگر بیشتر است. این نوار مشخص کننده تلرانس المان است. اگر مقاومت (یا خازن یا سلف) را طوری در دست بگیریم که آن نوار در سمت راست قرار بگیرد، دو (سه) نوار اول معرف دو (سه) رقم اول، نوار بعدی ضریب (تعداد صفرها) و نوار آخر تلرانس را مشخص میکند. برای مثال مقاومت شکل پ–۱–۱۲ یک مقاومت ۱,۵ کیلو اهمی با تلرانس ٪۵ است، زیرا از جدول پ–۱–۲:

شکل پ–۱–۱۲ مقاومت 1.5kΩ±5%

قهوه ای ≡ ۱، سبز ≡ ۵، قرمز ≡ ۰۰، یعنی ۱۵۰۰ و نوار تلرانس طلایی ≡ ٪۵.

یادآوری: در مهندسی، برای نمایش اجزاء[1] و اضعاف[2] واحدها از پیشوندهایی استفاده می‌شود. مفاهیم این پیشوندها در جدول پ-۱-۳ منعکس شده است.

جدول پ-۱-۳ نامگذاری اجزاء و اضعاف واحدها

اجزاء					اضعاف			
نام	نماد	مقدار	PSpice		نام	نماد	مقدار	PSpice
Deci	d	10^{-1}	1E-1		Deca	da	10^{1}	1E1
Centi	c	10^{-2}	1E-2		Hecto	h	10^{2}	1E2
Milli	m	10^{-3}	M, 1E-3		Kilo	k	10^{3}	K, 1E3
Micro	μ	10^{-6}	U, 1E-6		Mega	M	10^{6}	Meg, 1E6
Nano	n	10^{-9}	N, 1E-9		Giga	G	10^{9}	G, 1E9
Pico	p	10^{-12}	P, 1E-12		Tera	T	10^{12}	T, 1E12
Femto	f	10^{-15}	F,1E-15		Peta	P	10^{15}	1E15
Atto	a	10^{-18}	E-18		Exa	E	10^{18}	1E18
Zepto	z	10^{-21}	E-21		Zetta	Z	10^{21}	1E21
Yocto	y	10^{-24}	E-24		Yotta	Y	10^{24}	1E24

تذکر ۱- تمام اجزاء، همچنین اضعاف کوچکتر از مگا با حروف کوچک، و اضعاف بزرگتر از کیلو با حروف بزرگ نوشته می‌شوند.

تذکر ۲- در نرم افزار اسپایس حروف بزرگ و کوچک هم ارز هستند. بنابراین برای این که میلی (m) با مگا (M) اشتباه نشود، آنها را به ترتیب با m, M و meg, Meg, MEG نمایش می‌دهند. در ضمن بجای μ از u, U برای میکرو استفاده می‌شود.

[1] تقسیمات ده دهی

[2] ضرایب ده دهی

در مهندسی برق، واژه **زمین** با توجه به کاربردهای آن دارای معانی متفاوتی است. زمین در یک مدار الکتریکی می‌تواند نقش یک نقطه مبدا را داشته باشد که بر طبق آن بقیه ولتاژهای الکتریکی را اندازه‌گیری می‌کنند. واژه زمین همچنین به مسیری کلی برای بازگشت جریان به منبع نیز اطلاق می‌شود. این واژه در مورد یک اتصال مستقیم به زمین نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.یک مدار الکتریکی ممکن است به دلایل مختلفی به زمین متصل شده باشد. در مدارهای قدرت این اتصال‌ها معمولاً برای بالا بردن ایمنی و محافظت افراد یا دستگاه‌ها از تاثیرات معیوب بودن عایقکاری هادی‌ها ایجاد می‌شود . اتصال به زمیندر مدارهای قدرت از آسیب دیدن عایق‌های مدار در اثر افزایش ولتاژ بین زمین و مدار جلوگیری کرده و این ولتاژ را در یک حد معین محدود می‌کند. از اتصال زمین برای جلوگیری از افزایش الکتریسیته ساکن در هنگام حمل مواد قابل اشتعال یا تعمیر تجهیزات الکترونیکی نیز استفاده می‌کنند. در برخی از انواع تلگراف‌هاو شبکه‌های انتقال زمین به تنهایی نقش یکی از هادی‌ها را ایفا می‌کند و به عنوان مسیر بازگشت جریان به منبع مورد استفاده قرار می‌گیرد با این کار در هزینه ایجاد یک خط جداگانه برای بازگشت جریان صرفه‌جویی می‌شود. در اندازه‌گیری از زمین به عنوان یک پتانسیل الکتریکیثابت استفاده می‌کنند که با توجه به اختلاف پتانسیل هر قسمت از مدار از زمین میزان پتانسیل آن قسمت را مشخص می‌کنند. یک زمین الکتریکی باید از ظرفیت انتقال جریان مناسبی برخوردار باشد تا بتوان از آن به عنوان مبدا صفر ولتاژ استفاده کرد.معنی واژه زمین یا ارت در برقو الکترونیکبسیار گسترده‌است و حتی ممکن است در وسایل نقلیه‌ای مانند کشتی، هواپیما یا فضاپیما که عملاً اتصال مشترکی با زمین ندارند نیز از این واژه به عنوان پتانسیل صفر استفاده شود. در وسایل الکتریکی نیاز است که پتانسیل بعضی قسمتهای دستگاه با زمینیکی شود، برای این منظور از **اتصال به**

زمین یا **ارت**استفاده می‌شود. اساس زمین کردن بر این است که جرم بزرگ زمین به عنوان پتانسیل صفر–به خصوص در مهندسی برق– در نظر گرفته می‌شود و تمام قسمت‌هایی که به زمین وصل شده‌اند هم پتانسیل زمین شوند، به عبارت دیگر پتانسیل صفر زمین را بگیرند. نوع کیفیت ارتباط دهنده زمین با تأسیسات الکتریکی دارای اهمیت فوق‌العاده زیادی است.

زمین کردن حفاظتی عبارتست از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم (فلزبافلز) با مدار الکتریکی قرار ندارند. این زمین کردن بخصوص برای حفاظت اشخاص درمقابل اختلاف سطح تماسی زیاد به کار برده می شود . بدین منظور در پست های فشار قوی باید تمام قسمت های فلزی که در نزدیکی و همسایگی با فشار قوی قرار گرفته اند و مکان تماس عمدی یا سهوی با آن ها موجود است، به تأسیسات زمینی که برای این منظور احداث شده است (زمین حفاظتی) متصل و مرتبط گردند. این قسمت ها عبارتند از ستون ها و پایه های فلزی ، درب ها و نرده های فلزی، قسمت های فلزی دسترس تمام دستگاه های اندازه گیری ، ایزولاتورها، مقره های عبور، بخصوص قسمت های فلزی که برای کارکردن با دستگاه ها باید با آنها لمس کرد و در دست گرفت ، مثل چرخ های فرمان انواع و اقسام تنظیم کننده ها و رگولاتور، دسته کلیدها وغیره. زیرا در این قسمت ها در اثر عبور جریان خیلی کم نیز عضلات دست به طوری منقبض می شود که بازکردن و رهایی پیدا کردن از آن غیر ممکن و محال به نظر میرسد. بدین منظور و برای جلوگیری از هر حادثه ای باید زمین حفاظتی به نحوی تأسیس گردد که قسمتی از مسیر جریان که توسط تماس اعضای بدن انسان اتصالی می شود (دست وپا و یا دو دست یا دوپا) دارای تفاوت پتانسیل یا افت ولتاژ زیاد نباشد. افت ولتاژ بستگی به شدت جریان و مقاومت مسیر جریان دارد. لذا برای کوچک نگه داشتن افت ولتاژ باید

مقاومت مسیرجریان حتی المقدور کوچک نگه داشته شود. یک نمونه از اتصال ارت در یک پریز برق در شکل زیر دیده می شود.

اتصال ارت در یک پریز برق شهر