

UFCD 6007 - Corrente contínua

Programa

Identificar as principais grandezas de um circuito eléctrico e respetiva simbologia.

Enunciar e aplicar a Lei de Ohm.

Identificar os vários métodos de medida usados em eletrotecnia.

Utilizar corretamente os aparelhos de medida.

Calcular erros de medida.

Enunciar e aplicar a lei de Joule.

Identificar as grandezas energia e potência eléctrica e respetivas unidades SI e práticas.

Relacionar as grandezas: características de um gerador em vazio e em carga.

As grandezas mais importantes do circuito eléctrico

A lei de Ohm

A lei de Joule

Os aparelhos e técnicas de medida

Associação de resistências

Energia e potência eléctrica. Rendimento

Geradores e receptores

Apontamentos e formulários de apoio ao aluno

UFCD 6007 - Corrente contínua

SI - Sistema Internacional de unidades de medida a utilizar

O Decreto-Lei n.º 128/2010, atualiza o sistema de unidades de medida legais, aprovado pelo Decreto -Lei n.º 238/94.

Tabelas do SI

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mole	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Unidades base do SI

Grandeza derivada	Unidade derivada do SI	
	Nome	Símbolo
Superfície	metro quadrado	m ²
Volume	metro cúbico	m ³
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo quadrado	m/s ²
Número de onda	metro à potência menos 1	m ⁻¹
Massa volúmica	quilograma por metro cúbico	kg/m ³
Volume mássico	metro cúbico por quilograma	m ³ /kg
Densidade de corrente	ampere por metro quadrado	A/m ²
Campo magnético	ampere por metro	A/m
Concentração (de quantidade de matéria)	mole por metro cúbico	mol/m ³
Luminância luminosa	candela por metro quadrado	cd/m ²

Unidades expressas a partir das unidades de base

Grandeza	Unidade derivada do SI			
	Nome	Símbolo	Expressão em outras unidades SI	Expressão em unidades SI de base
Ângulo plano	(a) radiano	rad	(b) 1	m/m
Ângulo sólido	(a) esterradiano	(b) Sr	(b) 1	m ² /m ²
Frequência	hertz	Hz		s ⁻¹
Força	newton	N		m · kg · s ⁻²
Pressão, tensão	pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ · kg · s ⁻²
Energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	N · m	m ² · kg · s ⁻²
Potência (c), fluxo energético	watt	W	J/s	m ² · kg · s ⁻³
Carga eléctrica, quantidade de electricidade	coulomb	C		s · A
Diferença de potencial eléctrico, força electromotriz	volt	V	W/A	m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻¹
Capacidade eléctrica	farad	F	C/V	m ⁻² · kg ⁻¹ · s ⁴ · A ²
Resistência eléctrica	ohm	Ω	V/A	m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻²
Condutância eléctrica	siemens	S	A/V	m ⁻² · kg ⁻¹ · s ³ · A ²
Fluxo de indução magnética, fluxo magnético	weber	Wb	V · s	m ² · kg · s ⁻² · A ⁻¹
Indução magnética, densidade de fluxo magnético	tesla	T	Wb/m ²	kg · s ⁻² · A ⁻¹
Indutância	henry	H	Wb/A	m ² · kg · s ⁻² · A ⁻²
Temperatura Celsius	(d) grau Celsius	°C		K
Fluxo luminoso	lúmen	lm	(b) cd · sr	cd
Iluminância	lux	lx	lm/m ²	m ⁻² · cd

Unidades com nomes e símbolos especiais

UFCD 6007 - Corrente contínua

Grandeza	Unidade derivada do SI		
	Nome	Símbolo	Expressão em unidades SI de base
Viscosidade dinâmica	pascal segundo	Pa · s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
Momento de força	newton metro	N · m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Tensão superficial	newton por metro	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$
Aceleração angular	radiano por segundo quadrado	rad/s ²	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
Densidade de fluxo térmico, irradiância	watt por metro quadrado	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
Capacidade térmica, entropia	joule por kelvin	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Capacidade térmica mássica, entropia mássica	joule por quilograma kelvin	J/(kg · K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Energia mássica	joule por quilograma	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Condutividade térmica	watt por metro kelvin	W/(m · K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
Energia volúmica	joule por metro cúbico	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Campo eléctrico	volt por metro	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Densidade de carga eléctrica, carga eléctrica volúmica	coulomb por metro cúbico	C/m ³	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
Densidade de carga superficial, carga eléctrica superficial	coulomb por metro quadrado	C/m ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
Densidade de fluxo eléctrico, deslocamento eléctrico	coulomb por metro quadrado	C/m ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
Permitividade	farad por metro	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Permeabilidade	henry por metro	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Energia molar	joule por mole	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
Entropia molar, capacidade térmica molar	joule por mole kelvin	J/(mol · K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
Exposição (raios X e Y)	coulomb por quilograma	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
Débito de dose absorvida	gray por segundo	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
Intensidade energética	watt por esterradiano	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Radiância	watt por metro quadrado esterradiano	W/(m ² · sr)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

Exemplos de unidades derivadas do SI

Múltiplos			Submúltiplos			Múltiplos			Submúltiplos		
Factor	Prefixo	Símbolo	Factor	Prefixo	Símbolo	Factor	Prefixo	Símbolo	Factor	Prefixo	Símbolo
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁻¹	deci	d	10 ⁶	mega	M	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁻²	centi	c	10 ³	quilo	k	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻³	mili	m	10 ²	hecto	h	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻⁶	micro	μ	10 ¹	deca	da	10 ⁻²⁴	yocto	y
10 ¹²	tera	T	10 ⁻⁹	nano	n						
10 ⁹	giga	G	10 ⁻¹²	pico	p						

Prefixos e símbolos de prefixos para formar os nomes e símbolos dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI

Regras:

O conjunto formado pela junção do símbolo de um prefixo ao símbolo de uma unidade constitui um novo símbolo inseparável, que pode ser elevado a uma potência positiva ou negativa e que pode ser combinado com outros símbolos de unidades para formar símbolos de unidades compostas.

Por exemplo:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ cm}^3 &= (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 1 \text{ cm}^{-1} &= (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} \\
 1 \mu\text{s}^{-1} &= (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1} \\
 1 \text{ V/cm} &= (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}
 \end{aligned}$$

Nota - As unidades no SI só se utilizam no singular.

UFCD 6007 - Corrente contínua

Corrente contínua

Corrente contínua (CC ou DC do inglês *direct current*) é o fluxo ordenado de elétrons sempre numa direção, diferente da corrente alternada cujo sentido dos elétrons varia no tempo. Esse tipo de corrente é fornecido por baterias de automóveis ou de motos (6, 12 ou 24V), pequenas baterias (geralmente de 9V), pilhas (1,2V e 1,5V), dínamos, células solares e fontes de alimentação de várias tecnologias, que retificam a corrente alternada para produzir corrente contínua. Normalmente é utilizada para alimentar aparelhos eletrônicos (entre 1,2V e 24V) e os circuitos digitais de equipamento de informática (computadores, modems, hubs, etc.). Além disso é utilizada para transmissão de energia elétrica em grandes distâncias devido as vantagens de menores perdas aliado à utilização de modernos conversores DC/AC, comparada a transmissão em CA convencional. Este tipo de circuito possui um polo negativo e outro positivo (é polarizado). Fonte – Wikipedia.

As correntes contínuas podem ser constantes ou pulsantes.

Correntes contínuas constantes: A CC é considerada constante quando sua intensidade (ou tensão) e sentido não se altera com o passar do tempo. É comumente encontrada em pilhas e baterias.

O gráfico, assim como a forma de onda dessa corrente é um segmento de reta constante.

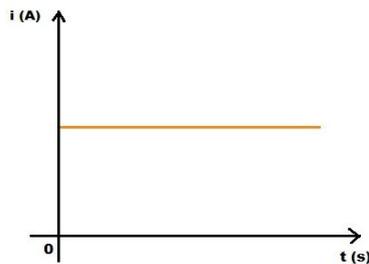


Imagem 1 - Gráfico de corrente contínua

Correntes contínuas pulsantes: Nesse modelo, a corrente tem seu sentido constante, porém o fluxo de elétrons no interior do fio se comporta como pulsos, fazendo com que a intensidade passe por variações no decorrer do tempo. Geralmente é encontrada em circuitos retificadores de corrente alternada.

Há fontes de corrente contínua que fornecem tensões ou correntes, independentemente da carga a qual forem ligadas.

Fonte de tensão CC: As fontes de tensão podem ser divididas em três categorias: baterias, geradores e fontes de alimentação.

UFCD 6007 - Corrente contínua

Baterias: É a fonte CC mais comum. Geram energia eléctrica pela conversão de energia química e é constituído por células secundárias (células recarregáveis) ou por células primárias (que não podem ser recarregadas).

Geradores: Convertem energia mecânica em energia eléctrica. Os geradores quando são de corrente contínua também são chamados de dínamos e, quando são de corrente alternada, de alternadores.

Fontes de alimentação: É a fonte mais comum encontrada em laboratórios, na qual usa os processos de retificação que converte uma tensão com variação no tempo em uma tensão de magnitude fixa.

Fonte de corrente CC: Em uma fonte de CC ideal, ainda que tenha variações na tensão, a fonte consegue fornecer corrente de modo contínuo.

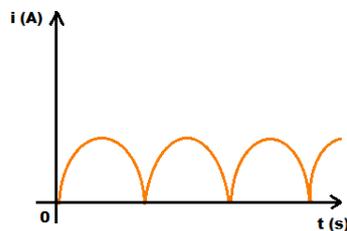


Imagem 2 - Gráfico de corrente contínua pulsante

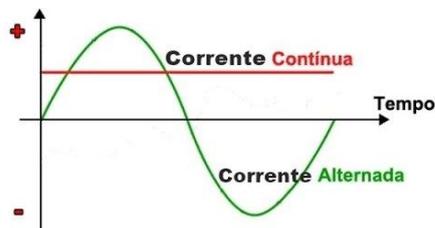


Imagem 3 - Gráfico com corrente contínua e alterna

Lei de Ohm

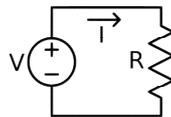


Imagem 4- resistência atravessada por corrente I com o potencial eléctrico V

A Lei de Ohm, assim designada em homenagem a quem a formulou, o físico alemão Georg Simon Ohm (1789-1854), afirma que, para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente eléctrica é constante. Essa constante é denominada de resistência eléctrica.

$$V = R \cdot I \text{ [V]} \quad (1)$$

UFCD 6007 - Corrente contínua

V é a diferença de potencial eléctrico (ou tensão, ou d.d.p.) medida em volt (V);

I é a intensidade da corrente eléctrica medida em ampere (A);

R é a resistência eléctrica medida em ohm (Ω);

Quando essa lei é respeitada por um determinado condutor mantido à temperatura constante, este denomina-se condutor óhmico. A resistência de um dispositivo condutor é dada pela equação:

$$R = V/I \text{ [}\Omega\text{]} \quad (2)$$

A potência eléctrica absorvida por um sistema eléctrico é o produto da intensidade da corrente que o atravessa pela diferença de potencial nos seus extremos:

$$P = V \times I \text{ [W]} \quad (3)$$

Por vezes não temos o valor da intensidade mas temos o valor da resistência, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = V^2/R \text{ [W]} \quad (4)$$

Por vezes não temos o valor da tensão mas temos o valor da intensidade, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = R \times I^2 \text{ [W]} \quad (5)$$

Lei de Joule

A potência transformada em calor por efeito de Joule é conhecida por lei de Joule. Os condutores metálicos apesar de bons condutores eléctricos têm uma resistência eléctrica que provoca libertação de calor com a intensidade em que a potência é determinada pela equação (5).

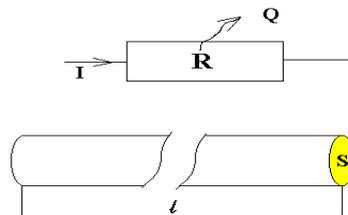


Imagem 5 – Calor libertado num fio condutor por efeito de Joule

I é a intensidade da corrente eléctrica [A] (ampére) no fio.

P é a potência transformada em calor (Q) por efeito de Joule

UFCD 6007 - Corrente contínua

A resistência de um condutor eléctrico depende inversamente da sua secção (S), que é a área transversal do condutor, do comprimento (l ou λ) e da resistividade (ρ), esta por sua vez depende da temperatura e do metal utilizado. Geralmente usa-se fios e cabos em cobre, usa-se o alumínio na distribuição da electricidade e iluminação de ruas por ser mais leve e mais barato, usa-se o ouro nos chips electrónicos a fazer a ligação do mesmo aos terminais do circuito integrado. Para fazer resistências eléctricas para aquecimento como no fogão eléctrico e no secador de cabelo usa-se por exemplo aço cromoníquel.

A resistência de um fio condutor é então dada por:

$$R = \rho \times \frac{\lambda}{S} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6)$$

ρ - é a resistividade do material condutor [Ω.mm²m]

Para instalações eléctricas usa-se o valor de ρ = 0,0225 Ω.mm²m

Rendimento

Definição do rendimento, $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ (7)

P₁= potência consumida (que entra no sistema).

P₂= potência fornecida (que sai do sistema).

Simbologia de componentes

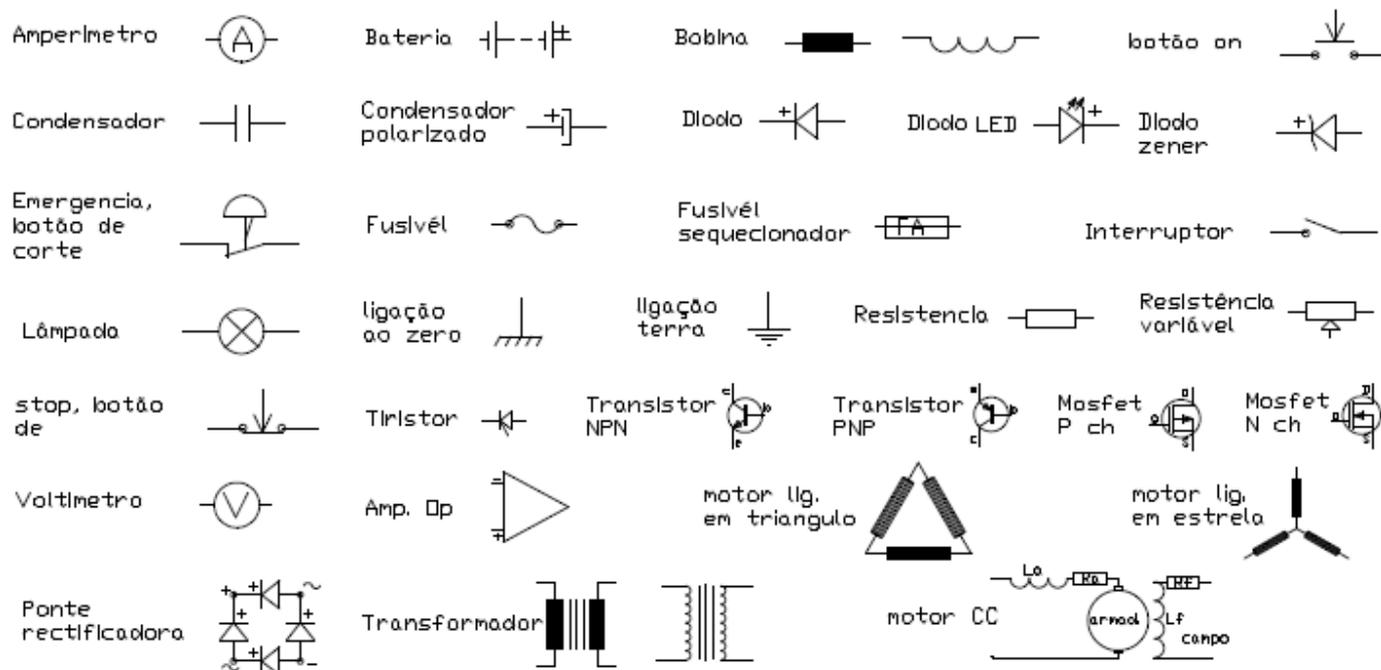


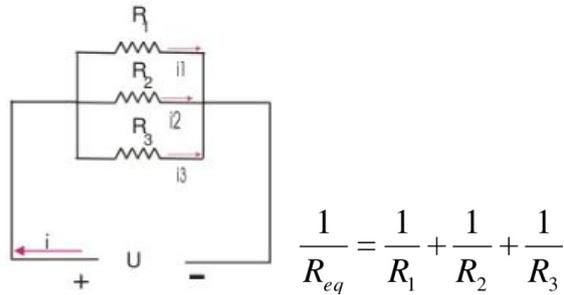
Imagem 7 - Simbologia e exemplos de ligações

UFCD 6007 - Corrente contínua

Associação de resistências

Em série - soma de todas as resistências.

Em paralelo - usa-se a equação seguinte.



(8)

Imagem 8 - circuito com 3 resistências em paralelo

Exemplos de circuitos:

1 - “Detox” com fonte de alimentação contínua

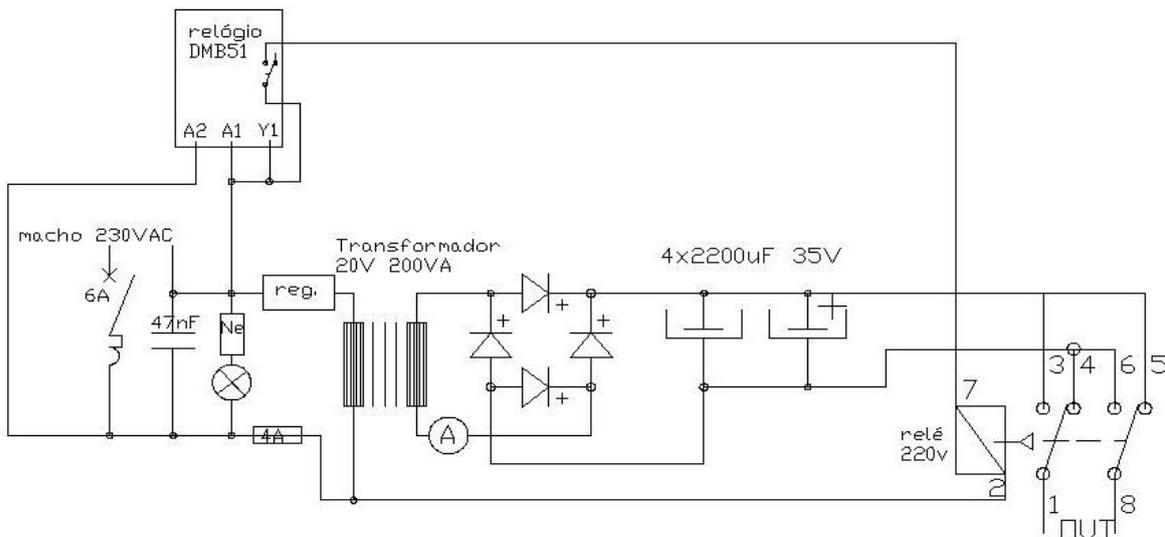


Imagem 9 - circuito de aparelho “Detox” com fonte de alimentação contínua

O aparelho “Detox” é usado na medicina alternativa para a remoção de químicos, colesterol, metais pesados e toxinas.

Ele é constituído por uma fonte de alimentação com a voltagem de saída de 12 a 24VDC, com a intensidade máxima entre 5 a 10A, e que alterna a sua polaridade de minuto a minuto, um cabo com eléctrodos no seu extremo feitos em aço (por exemplo molas helicoidais) ou em aço inox e uma bacia. A fonte limitada a 15VDC é preferível pois com 24 VDC já se sentem choques eléctricos apesar de ser tensão

UFCD 6007 - Corrente contínua

reduzida e considerada como segura. Estes choques provem de picos aquando a inversão de polaridade pelo que tem de meter um condensador em paralelo com os eléctrodos.

Para a sua utilização o utente despeja água morna dentro de uma bacia apropriada, insere os eléctrodos na bacia, liga o aparelho, enfia lá os pés e adiciona sal de cozinha (cloreto de sódio, Na-CL) que se vai dissolvendo, com muito sal a fonte pode não suportar o excesso de corrente eléctrica.

Fonte: Invenções, desenhos, ideias e projetos por Mário Loureiro, 2013, disponível em www.MarioLoureiro.net

Esta fonte não possui um sistema de estabilidade por transístores e como tem 30% de tensão virtual, aquando o consumo de energia a tensão desce com facilidade e pode-se visualizar com o osciloscópio um fenómeno ondulatório denominado “ripple”.

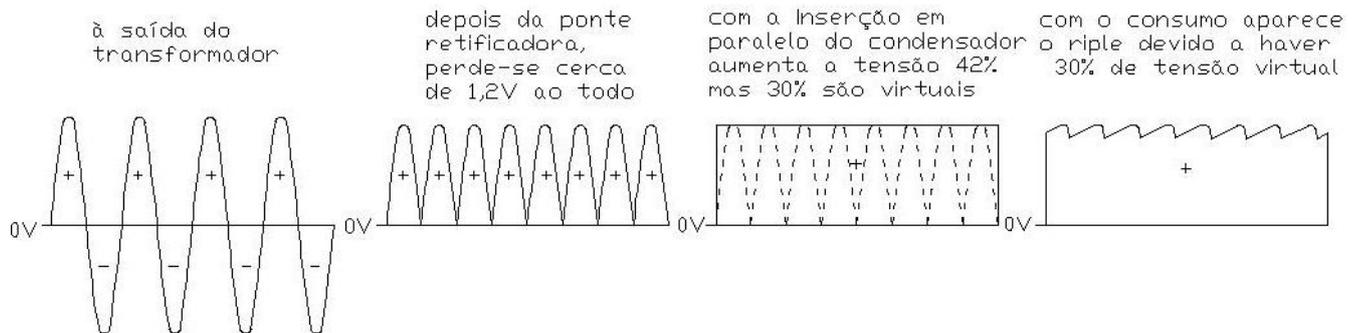


Imagem 10 - Explicação do fenómeno do ripple

O “ripple” é na realidade uma componente alterna, que será maior quando a capacidade do condensador diminui. Quando se aumenta a capacidade do condensador, que está em paralelo, menor será o “ripple”. Quanto maior for o consumo maior será o “ripple” pelo que interessa ter uma capacidade elevada assim meteram-se dois condensadores em paralelo.

2 - Fonte comutada

As fontes comutadas não apresentam “ripple” e conseguem fornecer tensão constante e são bastante eficientes, é normal terem 95% de rendimento.

UFCD 6007 - Corrente contínua

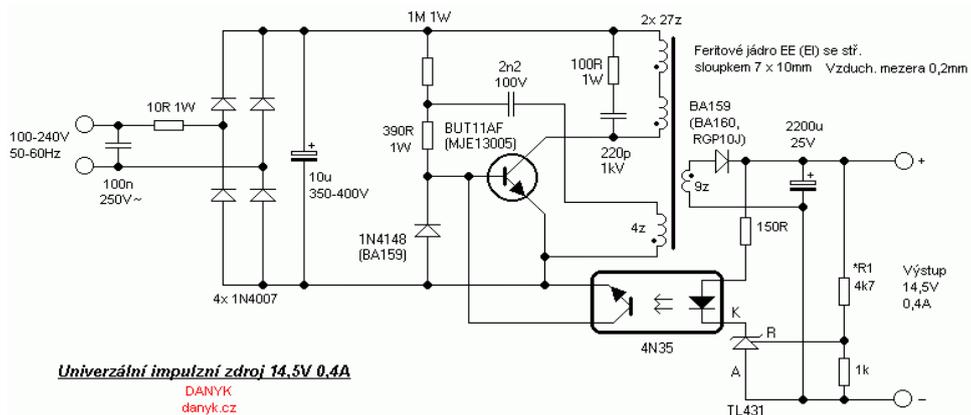


Imagem 11 – fonte comutada

3- Circuito de controlo de motor de corrente contínua

Vejamos como construir um circuito de controlo transistorizado para um motor de corrente contínua de baixa potência. Quando a chave está aberta, não haverá corrente na base do transistor. Sem corrente de base, não há corrente no colector, e o motor fica parado, pois toda corrente que passa pelo motor deve passar pelo colector do transistor.

Quando a chave é accionada, começa a existir corrente de base.

Os resistores R1 e R2 controlam esta corrente. Quanto maior a corrente de base, maior a corrente entre colector e emissor do transistor, isto é, maior a corrente no motor. Com este circuito, conseguimos controlar a velocidade do motor, variando a resistência do potenciómetro, que modifica a corrente de base do transistor.

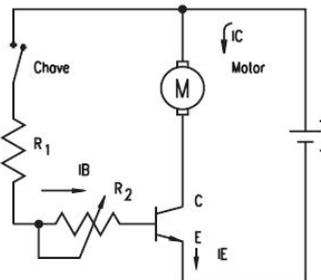


Imagem 12 - controlo de motor de corrente contínua

Exercício

Determinar a queda de tensão nas resistências.

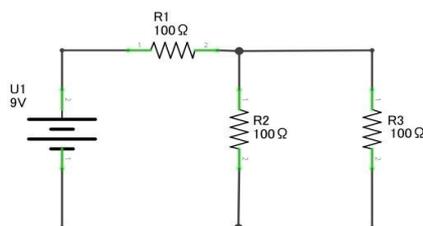


Imagem 13 – circuito para calcular quedas de tensão