evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Laboratorní práce z Elektrotechniky a Automatizace

## Elektronická učebnice

*Ing. Miloslava Peroutíková*

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.07/03.0027
Tvorba elektronických učebnic

VOŠ, SOŠ A SOU KOPŘIVNICE

# OBSAH

Úvod ..... 4
Bezpečnost práce v elektrotechnických laboratořích ..... 6
Odborná způsobilost ..... 6
Působení elektrického proudu na lidský organismus ..... 8
První pomoc při úrazech elektrickým proudem ..... 9
Zásady požární ochrany ..... 10
Laboratorní řád ..... 12
Klasická měření ..... 13
Měření vlastností žárovky ..... 13
Měření výkonu střídavého proudu ..... 16
Měření voltampérové charakteristiky diody ..... 19
Měření osciloskopem ..... 22
Změna rozsahů měřicích přístrojů ..... 25
Měření výstupní charakteristiky tranzistoru ..... 28
Měření pomocí simulačního programu TINA for Windows ..... 30
Přechodové děje v obvodech RC a RL ..... 30
Měření na dvoucestném usměrňovači ..... 34
Měření výstupních charakteristik tranzistoru programem TINA ..... 36
Ověření vlastností amplitudové a frekvenční modulace programem TINA ..... 38
Měření pomocí stavebnice rc2000 ..... 40
Měření ve stejnosměrných obvodech ..... 40
Sériový rezonanční obvod ..... 42
AUTOMATIZACE – využití stavebnice rc2000 ..... 46
Realizace logických funkcí pomocí obvodů NAND ..... 46
AUTOMATIZACE – PROGRAM TINA ..... 50
Binární sčítačka ..... 50
Kontrola chlazení ..... 52
Hlídání odběru elektřiny ..... 53
Ovládání žárovky ze tří míst ..... 55
Automatizace – logický modul LOGO ..... 56

# OBSAH

Kabinka ..... 56

Klimatizace ..... 57

Literatura a prameny ..... 60

# ÚVOD

## Úvod

Laboratorní cvičení z elektrotechniky a automatizace jsou nedílnou součástí předmětu Elektrotechnika, který je zařazen do výuky druhých a třetích ročníků strojních oborů a třetích a čtvrtých ročníků technického lycea.

Učebnice obsahuje sbírku návodů pro laboratorní cvičení z elektrotechniky, která bude výchozím podkladem pro studenty a metodickou pomůckou pro učitele, kteří vedou laboratorní cvičení z elektrotechniky a automatizace.

Tyto návody byly vypracovány v návaznosti na vyučovanou problematiku v předmětu Elektrotechnika a automatizace, dále se zřetelem na vybavení školní elektrotechnické laboratoře měřicími přístroji, měřicími přípravky a výpočetní technikou.

První kapitola je věnována bezpečnosti při práci s elektrickými zařízeními. Je provedeno seznámení studentů s podstatnými částmi vyhlášky č. 50/78 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice. Dále jsou popsány účinky elektrického proudu na lidský organismus a jsou uvedeny zásady první pomoci při úrazech elektrickým proudem a zásady požární ochrany. Kapitola je ukončena laboratorním řádem.

Ve druhé kapitole jsou uvedeny úlohy na měření klasickými, ručkovými či digitálními měřicími přístroji. Studenti poznají měřicí přístroje a naučí se pracovat s analogovými (ručkovými) i digitálními měřicími přístroji, s regulovatelným zdrojem stejnosměrného napětí, s regulačním autotransformátorem a s ostatními pomůckami a přípravky. Jedna úloha je věnována práci s osciloskopem.

Ve třetí kapitole jsou zařazeny úlohy, které se provádějí na osobním počítači v prostředí programu TINA for Windows. Jedná se zde o simulování elektrických obvodů a jejich měření pomocí simulovaných měřicích přístrojů. Zkoumané obvody lze individuálně sestavit z bohaté knihovny součástek nebo použít předdefinované, nejčastěji používané obvody. U všech obvodů lze pozměňovat během práce jak vlastní schéma, tak hodnoty součástek. Měřené obvody je možno doplnit patřičnými měřicími přístroji nebo měřicími místy.

Obvody zkoumáme metodami analýzy nebo sledováním veličin na simulovaných, virtuálních měřicích přístrojích (ampérmetr, voltmetr, osciloskop a další). V jednodušších úlohách se provádí měření s měřicími zapojeními z knihoven připravených výrobcem programu, pro jednu úlohu si studenti musí patřičné měřicí schéma sami vytvořit.

Do čtvrté kapitoly jsou zařazeny úlohy, které jsou určeny pro práci se stavebnicí rc2000. Výukový systém rc2000 je produkt firmy RC Didactic Systéme. Výuka je založena na reálném experimentu s případnou podporou počítače. Jednotlivé komponenty jsou dokonale chráněné proti poškození při chybném zapojení nebo při překročení limitních hodnot, což je v laboratorních cvičeních důležité.

Přesnost jednotlivých komponent systému vede k souhlasu teoretické výuky s výsledky experimentu.

Systém obsahuje kromě diskrétních pasivních a aktivních součástek i řadu různých modulů. Jsou to generátory signálů, zdroje napětí, voltmetr, logický analyzátor a další. Pro propojení prvků a modulů stavebnice s počítačem slouží dodávané rozhraní PC PIO INTERFACE, které zprostředkovává přenos dat ze stavebnice do počítače a naopak.

# ÚVOD

Stavebnice rc2000 je vybavena programem, který řídí přenosy dat mezi počítačem a stavebnicí a který simuluje činnost některých složitých přístrojů, např. osciloskopu.

V páté kapitole jsou uvedeny úlohy z oblasti automatizace. Část je řešena v prostředí daném programem TINA for Windows, část pak je řešena v prostředí LOGO od firmy Siemens.

V šesté kapitole jsou uvedeny příklady vzorového vypracování protokolů z měření jednotlivých úloh. Jsou zde uvedeny příklady naměřených hodnot, tabulek s naměřenými a vypočítanými hodnotami, vzorové výpočty a grafické průběhy hodnot. Při měření budou studenti pracovat s jinými prvky či nastaveními. První úloha je zpracována celá, včetně uvedení kompletního zadání. Pro ostatní úlohy jsou uvedeny pouze tabulky se změřenými a vypočítanými hodnotami, výpočty, soupisy přístrojů a pomůcek a požadované grafické průběhy.

# Bezpečnost práce v elektrotechnických laboratořích

## Odborná způsobilost

Odborná způsobilost je základním požadavkem pro bezpečnost práce osob určených k obsluze nebo práci na elektrických zařízeních. Odborná způsobilost je právně stanovena vyhláškou č. 50/1978 Sb. ve stupních definovaných § 3 až § 11.

V následujícím textu jsou vybrány nejpodstatnější pasáže z této vyhlášky. Největší pozornost je věnována paragrafům 1 a 2 z úvodních ustanovení a paragrafu 4, který definuje odbornou způsobilost studentů v laboratoři.

**1. oddíl Úvodní ustanovení**

§1

(1) Vyhláška stanoví stupně odborné způsobilosti (dále jen „kvalifikace“) pracovníků, kteří obsluhují elektrická zařízení nebo pracují na nich (dále jen „činnost“), projektují tato zařízení, řídí činnost nebo projektování elektrických zařízení v organizacích, které vyrábějí, montují, udržují v provozu nebo projektují elektrická zařízení nebo provádějí na elektrických zařízeních činnost dodavatelským způsobem; dále stanoví podmínky pro získání kvalifikace a povinnosti organizací a pracovníků v souvislosti s kvalifikací.

(2) Za elektrická zařízení se podle této vyhlášky považují zařízení, u nichž může dojít k ohrožení života, zdraví nebo majetku elektrickým proudem, a zařízení určené k ochraně před účinky atmosférické nebo statické elektřiny.

§2 Pracovníci uvedení v § 1 odst. 1 musí být tělesně a duševně způsobilí a musí splňovat podmínky stanovené touto vyhláškou.

**2. oddíl Kvalifikace pracovníků**

§3 Pracovníci seznámení.
Pracovníci seznámení jsou ti, které organizace v rozsahu jimi vykonávané činnosti seznámila s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními a upozornila na možné ohrožení těmito zařízeními. O seznámení sepíší zápis. Mohou obsluhovat jen zařízení nízkého napětí, kde nemohou přijít do styku se živými částmi.

§4 Pracovníci poučení.

(1) Pracovníci poučení jsou ti, které organizace v rozsahu jimi vykonávané činnosti seznámila s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, zaškolila v této činnosti, upozornila na možné ohrožení těmito zařízeními a seznámila s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem.

(2) Organizace je povinna stanovit obsah seznámení a dobu školení s ohledem na charakter a rozsah činností, které mají pracovníci uvedení v odst. 1 vykonávat a zajistit ověřování znalostí těchto pracovníků ve lhůtách, které předem určí.

(3) Seznámení, školení, upozornění a ověření znalostí podle odstavců 1 a 2 provede pro obsluhu elektrických zařízení organizací pověřený pracovník s kvalifikací odpovídající

charakteru činnosti, a pokud jde o práci na elektrických zařízeních, pracovník s některou z kvalifikací uvedených v § 5 až 9; pořídí o tom zápis, který podepíše spolu s pracovníky poučenými.

§5 Pracovníci znalí.
Pracovníci znalí jsou ti, kteří mají ukončené příslušné odborné vzdělání a po zaškolení složili zkoušku v daném rozsahu. Zápis o zkoušce písemně, přezkoušení nejméně jednou za tři roky.

§6 Pracovníci pro samostatnou činnost.
Pracovníci pro samostatnou činnost jsou pracovníci znalí dle § 5 s vyšší kvalifikací, s požadovanou praxí. Zápis o zkoušce písemně, přezkoušení nejméně jednou za tři roky.

§7 Pracovníci pro řízení činnosti.
Pracovníci pro řízení činnosti jsou pracovníci dle § 5 a 6 s vyšší kvalifikací, s požadovanou praxí. Zápis o zkoušce písemně, přezkoušení nejméně jednou za tři roky. O termínu přezkoušení je informován orgán státního dozoru.

§8 Pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu.
Jsou to pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, splňující další požadavky této vyhlášky. Zápis o zkoušce písemně, přezkoušení nejméně jednou za tři roky. O termínu přezkoušení je informován orgán státního dozoru.

§9 Pracovníci pro provádění revizí.
Pracovníci pro provádění revizí elektrických zařízení jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, splňující další požadavky této vyhlášky. Skládají zkoušku před orgánem státního dozoru.

§10 Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování.
Jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, splňující další požadavky této vyhlášky. Zápis o zkoušce písemně, přezkoušení nejméně jednou za tři roky. O termínu přezkoušení je informován orgán státního dozoru.

§11 Kvalifikace ve zvláštních případech
Práce vybraných absolventů vysokých škol v laboratořích škol, práce vybraných pracovníků vědeckých, výzkumných a vývojových ústavů na vymezených pracovištích a učitelů používajících při výuce elektrická zařízení pod napětím.

**3. oddíl** Společná ustanovení

§12 Povinnosti organizace.

§13 Zápočet doby praxe.

§14 Zkoušky a přezkoušení.

§15 Osvědčení.

**3. oddíl** Přechodná a závěrečná ustanovení, přílohy

Studenti při výuce v laboratořích jsou po patřičném poučení, ověření vědomostí a podepsání zápisu pracovníci poučení dle § 4. Poučení musí obsahovat konkrétní informaci o způsobu ovládání a bezpečné práci na daném zařízení, o mezních a provozních hodnotách zařízení, o umístění vývodů, svorek, ovládacích a signalizačních

prvků, zejména o umístění hlavního vypínače zařízení i hlavního vypínače elektrických rozvodů celé elektrolaboratoře. Studenti jsou seznámeni se zásadami bezpečné práce s elektrickými zařízeními.

Nedílnou součástí je poučení o účincích elektrického proudu na lidský organismus a poučení o způsobu poskytování první pomoci při úrazech elektrickým proudem a o umístění potřebných pomůcek první pomoci v laboratoři.

Poučení musí dále obsahovat seznámení s laboratorním řádem a s místními předpisy.

Nutno zdůraznit, že získaná elektrotechnická kvalifikace studentů platí pouze pro práci v elektrotechnické laboratoři v rámci výuky patřičného předmětu.

## Působení elektrického proudu na lidský organismus

Při dotyku lidského těla s vodivými částmi na různém elektrickém potenciálu dojde k vedení elektrického proudu tkáněmi. Velikost procházejícího proudu závisí na rozdílu potenciálů, tedy na napětí mezi dotykovými místy a odporu tkáně. Pro fyziologické účinky a následky je rozhodující velikost a doba trvání proudu.

Nejsnáze poškoditelná je tkáň mozku a srdce. Srdce leží na nejpravděpodobnější dráze elektrického proudu při dotyku rukou a reaguje na průchod proudu arytmií, stažením až zastavením činnosti. U jiných tkání, především u kůže, která má relativně velký měrný odpor, dochází k popálení.

V následující tabulce jsou uvedeny vlivy elektrického proudu na lidský organismus v závislosti na velikosti proudu.

| Proud v mA | Pocity a účinek |
|---|---|
| do 1 | počátek pocitu, svědění, zježené chloupky |
| 1 – 4 | brnění v rukou |
| 4 – 5 | chvění rukou |
| 5 – 7 | slabší kroucení rukou |
| 8 – 19 | křečovité kroucení rukou |
| 20 – 25 | křeč, zrychlený dech (většinou bez následků) |
| 25 – 50 | ochrnutí srdeční činnosti |
| 50 – 100 | těžké bezvědomí, vážné následky |
| nad 100 | zpravidla smrt |

Stejnoměrný proud způsobuje v těle rozklad buněk vyvoláním elektrolytického procesu. Stejnoměrný proud je asi dvakrát až třikrát méně nebezpečný než střídavý proud s průmyslovým kmitočtem 50 Hz. Velké proudy způsobují svalové křeče a bývají příčinou popálenin. Tabulkový bezpečný stejnosměrný proud je stanoven na hodnotu 25 mA.

Střídavý proud způsobí v těle narušení pravidelného krevního oběhu, např. fibrilaci srdečních komor nebo podráždění svalových vláken (nastává svalová křeč). Tabulkový bezpečný střídavý proud je stanoven na hodnotu 10 mA.

Účinky střídavého elektrického proudu jsou závislé také na kmitočtu. Proudy s kmitočtem nad 100 000 Hz jsou méně nebezpečné, protože nezpůsobují svalové křeče. Počátek dráždivých pocitů se projevuje při této velikosti a kmitočtu elektrického proudu: 2 mA - 50 Hz, 3 mA – 100 Hz, 20 mA – 10 000 Hz, 200 mA – 100 000 Hz.

Odpor lidského těla není veličinou konstantní, nýbrž velmi proměnlivou. Závisí na velikosti napětí, tělesné konstituci člověka, duševnímu stavu, na jemnosti a vlhkosti kůže a na době, po kterou prochází tělem proud.

Závislost odporu lidského těla na napětí a velikost proudu procházejícího tělem je zřejmá z tabulky.

| Napětí [V] | 20 | 50 | 65 | 110 | 230 | 400 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Odpor těla [kΩ] | 10,9 | 10,2 | 10 | 6,6 | 2 | 1,6 | 1,1 |
| Proud [mA] | 1,8 | 4,9 | 6,5 | 16,7 | 115 | 250 | 455 |

Odpor lidského těla se ještě zmenšuje, prochází-li proud tělem delší dobu (může být i 50 % počátečního odporu), nebo je-li kůže prostoupena vlhkostí. Za nepříznivých okolností může poklesnout z průměrné hodnoty 2 – 3 kΩ na hodnotu 1,5 – 0,5 kΩ.

## První pomoc při úrazech elektrickým proudem

Každé elektrické zařízení dle §2 vyhláška 50 Sb. může při nesprávném nebo neopatrném zacházení způsobit úraz bez ohledu na napětí, velikost a druh proudu. Výsledek záchrany postiženého závisí nejen na tom, jakým proudem úraz nastal, ale z velké části na způsobu záchranných prací. Vždy je třeba mít na paměti: "Jednejte rychle, ale klidně a účelně. Vytrvejte, neboť většina postižených je mrtva jen zdánlivě."

### Vlastní postup první pomoci je následující:

1. Vyprostit postiženého z dosahu proudu.
2. Zastavení případného krvácení.
3. Ihned zahájit umělé dýchání, pokud postižený elektrickým proudem nedýchá.
4. Ihned zahájit nepřímou srdeční masáž, není-li hmatatelný tep.
5. Protišoková opatření.
6. Přivolat lékaře.
7. Co nejdříve uvědomit příslušného vedoucího pracoviště.

1 **Postiženého vyprostit z dosahu proudu** (dbát úzkostlivě na vlastní bezpečnost)

- vypnutím proudu (vypnout příslušný vypínač, vyšroubovat pojistky nebo vytáhnout zástrčku ze zásuvky);

- odsunutím vodiče nebo odtažením postiženého (suchým dřevem, suchým provazem, suchým oděvem, nikdy ne vlhkými nebo vodivými předměty. Nedotýkejte se holou rukou ani těla postiženého, ani vlhkých částí jeho oděvů. Pracujte pokud možno jen jednou rukou. Zajistěte postiženého, aby po přerušení proudu nespadl.);
- přerušením vodiče (např. přeseknutím sekerou se suchým topůrkem, izolačními kleštěmi apod.).

2 **Zastavení krvácení** je třeba provést vždy co nejdříve, pokud možno souběžně s ostatními oživovacími postupy. Krvácení při úrazu elektrickým proudem může vzniknout jako následný úraz např. při pádu z lešení nebo poraněním o ostrý předmět nebo nástroj.

3 **Umělé dýchání** je nutno provádět až do oživení, bez přerušení, jinak je možno umělé dýchání ukončit pouze na příkaz lékaře. Před započetím umělého dýchání položíme postiženého na záda, odstraníme mu případné překážky z dutiny ústní a pro uvolnění dýchacích cest mu zakloníme hlavu vzad. Nejčastěji se provádí umělé dýchání z plic do plic, při kterém postupujeme následovně:

- zakloníme hlavu postiženého co nejvíce vzad;
- sevřeme nos, široce rozevřenými ústy obemkneme ústa (popř. i nos) postiženého;
- hluboce vydechneme do úst postiženého asi 10x po jedné sekundě. Dále pokračujeme rychlostí 12x až 16x za minutu;
- sledujeme dýchací pohyby hrudníku postiženého.

4 **Nepřímá srdeční masáž** provádějí pouze osoby vycvičené v poskytování první pomoci při úrazech elektřinou. Nejdříve však musí být zahájeno umělé dýchání, které nesmí být přerušeno během nepřímé srdeční masáže. Postupujeme následovně:

- zápěstí pravé ruky položíme dlaňovou stranou na dolní část hrudní kosti, prsty směřují k pravému lokti postiženého, nedotýkají se hrudníku;
- levou ruku položíme napříč přes pravou a vahou těla prostřednictvím natažené ruky stlačujeme rytmicky hrudní kost směrem k páteři až do hloubky 4-5 cm asi 60x za minutu;
- vždy za 5 stlačení hrudní kosti následuje jeden vdech metodou dýchání z plic do plic (při stlačování hrudní kosti nesmíme současně provádět umělý vdech).

5 **Protišoková opatření** provádíme po obnovení dýchání a krevního oběhu:

- provedeme zástavu krvácení a ošetření dalších poranění, např. zlomenin;
- uložíme postiženého do protišokové polohy (vleže na zádech s vyvýšenými končetinami);
- provedeme protišoková opatření „5T “: Teplo, Tekutiny (svlažování rtů – nedáváme pít!), Ticho, Tišení bolesti (např. znehybněním zlomenin; ústy nepodáváme žádné léky tlumící bolest), Transport.

## Zásady požární ochrany

Při zpozorování požáru je každý povinen počínat si takto:

- jedná-li se o požár, který může sám ihned uhasit, je povinen neprodleně tak učinit použitím všech prostředků, které jsou po ruce a případ ihned oznámit na telefonní čísla, která jsou uvedena na požárních poplachových směrnicích ve všech prostorách veřejných budov;
- nestačí-li svými silami a prostředky na zdolání požáru sám, vyvolá poplach a do doby, než přijede pomoc, učiní vše, čeho je zapotřebí ke znemožnění šíření požáru. K hlášení požáru se použije všech vhodných prostředků, jejichž držitelé jsou povinni dát je k bezplatnému použití, popř. poskytnout jejich obsluhu;
- po příjezdu jednotky PO je každý povinen na vyzvání výkonného orgánu nebo velitele zásahu osobně pomáhat při zásahu jednotek PO. Každý je rovněž povinen pro účely zásahu poskytnout dopravní prostředky, pohonné hmoty a další věcné prostředky;
- povinností zodpovědného pracovníka je zařídit vypnutí elektrického proudu v ohroženém úseku.

Pro provedení prvního hasebního zákroku osobami, které požár zpozorují nebo jsou při jeho vzniku, jsou určeny ruční hasicí přístroje. Umísťujeme je v blízkosti předpokládaného místa požáru nebo v blízkosti místa obsluh zařízení, jsou součástí všech výukových laboratoří. Ruční hasicí přístroje jsou určeny pro likvidace požáru v zárodku, který je malý rozsahem i intenzitou vyzařovaného tepla.

Při větším požáru je nutno použít větší počet přístrojů, přičemž je vhodné nejprve donést přístroje na místo požáru a teprve pak zahájit nepřerušované hašení. Při použití těchto přístrojů nutno zachovat klid a rozvahu, neboť doba hašení je od 15 do 60 sekund a při ukvapeném použití vyplýtváme náplň přístroje, aniž dosáhneme hasebního efektu. Nutno si vždy uvědomit vhodnost ručního hasicího přístroje pro hašení konkrétní hořlaviny za daných podmínek.

V elektrotechnických laboratořích nemůžeme používat vodní ani pěnové ruční hasicí přístroje a v uzavřených prostorách ani tetrachlórové. Tyto laboratoře bývají vybaveny přístroji sněhovými nebo práškovými.

Sněhový ruční hasicí přístroj dobře hasí elektrická zařízení pod proudem, hořlavé kapaliny a je vhodný i k hašení přístrojů jemné mechaniky. Nesmí se používat k hašení volně uložených látek, které by proud $CO_2$ rozvířil a způsobil rozšíření požáru. $CO_2$ hašené předměty nepoškozuje, po skončení hašení vyprchá a nezanechá žádný zápach. Činnost přístroje je asi 40 sekund, při použití je nutno držet proudnici za dřevěné držadlo, aby obsluhující neutrpěl těžký úraz omrznutím.

Práškový ruční hasicí přístroj má téměř univerzální použití, nehodí se však k hašení jemných mechanických zařízení a volně uložených látek.

Při hašení práškovým nebo sněhovým přístrojem musíme docílit uhašení celého požáru, v opačném případě se po ukončení hašení požár ve velmi krátké době rozšíří do původních rozměrů. Kromě těchto obecných zásad je při použití ručních hasicích přístrojů vždy nutno postupovat podle návodů, které jsou na každém přístroji.

## Laboratorní řád

1 Vstup do laboratoře je dovolen jen v doprovodu vyučujícího dle rozvrhu hodin.

2 V laboratoři se musí studenti chovat vždy podle pokynů vyučujícího.

3 Jakákoliv manipulace se zařízením laboratoře je dovolena jen se souhlasem vyučujícího.

4 Ovládací obvod laboratoře, popř. laboratorního stolu smí zapínat pouze vyučující.

5 Zapojovat a přepojovat přístroje a zařízení je dovoleno jen bez připojeného napětí, tj. při vypnutých zdrojích.

6 Studenti jsou povinni se před zahájením měřením seznámit se správnou manipulací s přístroji a se zadáním úlohy ze skript, návodů nebo literatury.

7 Studenti jsou povinni sledovat při měření stav přístrojů a zařízení a v případě nebezpečí vypnout ovládací obvody stolu vypínačem nebo celé laboratoře hlavním vypínačem.

8 Zjištěné závady na přístrojích nebo dalším zařízení laboratoře musí studenti ihned hlásit vyučujícímu.

9 Je přísně zakázáno dotýkat se neizolovaných součástí pod napětím.

10 Je dovoleno zdržovat se jen na vykázaném pracovišti, odbíhání na jiná pracoviště je zakázáno.

11 V laboratoři je zakázáno jíst, pít nebo kouřit.

12 Opustit laboratoř je dovoleno jen se souhlasem učitele, a to po splnění zadaného úkolu, předvedení funkčnosti všech přístrojů a po předání uklizeného pracoviště.

13 Škody způsobené nedodržením tohoto laboratorního řádu budou připsány studentům k náhradě.

# Klasická měření

## Měření vlastností žárovky

### Cíle:

Student bude znát základní vlastnosti použitých měřicích přístrojů a ostatních prvků daného obvodu a bude znát závislosti mezi měřenými veličinami.

Student bude umět zapojit měřicí obvod dle schématu, bezpečně a správně pracovat se všemi přístroji a výsledky měření vyhodnotit.

Student se přesvědčí vlastním měřením o vlastnostech žárovky a o platnosti dalších poznatků teoretické výuky.

### Úkol:

Změřte průběh odporu, výkonu a teploty vlákna žárovky v závislosti na napětí. Výsledky měření a vypočtené hodnoty vyhodnoťte grafem.

### Úvod:

Odpor žárovek měříme Ohmovou metodou. Je to jediný způsob, kterým můžeme měřit odpory, závislé na napětí nebo proudu. Při této metodě změříme úbytek napětí na žárovce a proud, který žárovkou protéká. Odpor žárovky vypočteme z Ohmova zákona, výkon a teplotu vlákna pomocí následujících vztahů:

výkon $P = U \cdot I$ [W; V; A],

teplota vlákna - $R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$ [Ω; Ω; $K^{-1}$; °C],

kde

U - je napětí na žárovce;

I - je proud měřený ampérmetrem;

$R_{20}$ - odpor vlákna žárovky při teplotě 20 °C;

$R_t$ - je odpor vlákna žárovky při teplotě t;

$\alpha$ - je teplotní součinitel odporu (pro Wolfram $\alpha = 0{,}0041\ K^{-1}$).

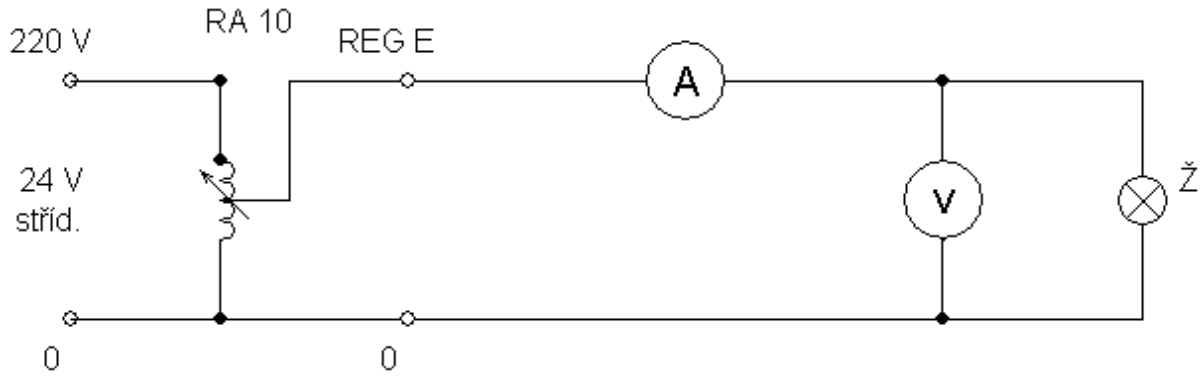
### Měření:

1. Zapojte obvod dle schématu zapojení, kromě připojení ke zdroji, které po kontrole provede vyučující.
2. Nastavujte napětí po 2 V od 0 V do 24 V a odečítejte proud.
3. Odpor při proudu 0 A zjistíte přímo multimetrem po vychladnutí žárovky.
4. Naměřené a vypočtené hodnoty zapište do tabulky.

# KLASICKÁ měření

5 Z hodnot v tabulce sestrojte grafy pro následující závislosti: I = f(U); R = f(U); P = f(U); t = f(U).

## Schéma zapojení:




## Pomůcky:

- měřidlo typ DU 10, výr. číslo
- měřidlo typ UNI-T M 3900, výr. číslo
- regulační autotransformátor typ RA 10, výr. číslo
- přípravek pro žárovku;
- žárovka č. 1 - 24 V / 40 W a č. 2 – 230 V / 40 W;
- propojovací vodiče.

## Tabulka naměřených hodnot:

| Napětí | | | Žárovka | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | č. 1 - 24 V / 40 W | | | | č, 2 - 230 V / 40 W | | | |
| U | k | □ | I | R | P | t | I | R | P | t |
| [V] | [V/d] | [d] | [A] | [□] | [W] | [°C] | [A] | [□] | [W] | [°C] |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

# KLASICKÁ měření

## Vzorový výpočet:

P =

$R_t$ =

t =

## Závěr:

Zhodnoťte výsledky měření a grafické průběhy.

## Měření výkonu střídavého proudu

### Cíle:

Student bude znát základní vlastnosti použitých přístrojů a základní vztahy pro výpočet zdánlivého a jalového výkonu, účiníku a fázového posunu a bude znát vzájemné vztahy mezi těmito veličinami.

Student bude umět zapojit měřicí obvod dle schématu, bezpečně a správně pracovat se všemi přístroji a výsledky měření vyhodnotit.

Student se přesvědčí vlastním měřením o vztahu jednotlivých druhů výkonu a o platnosti dalších poznatků teoretické výuky.

### Úkol:

Změřte činný a zdánlivý příkon žárovky a cívky. Vypočtěte fázový posun φ, účiník cos φ a jalový příkon. Naměřené a vypočtené hodnoty uveďte v tabulce. Graficky znázorněte závislosti I = f(U), P = f(U), S = f(U) a Q = f(U).

Při výpočtech proveďte korekci na proudovou spotřebu napěťové cívky wattmetru (60 V – 2000 Ω) a na výkon spotřebovaný napěťovou cívkou wattmetru, proudovou spotřebu voltmetru zanedbejte (v případě použití přístroje s vnitřním odporem větším než 50 kΩ / 1 volt).

### Úvod:

Měříme střídavým proudem. Činný příkon spotřebiče se měří wattmetrem.

Platí: $P = U.I. \cos \varphi$

Napětí a proud pro výpočet zdánlivého příkonu se měří voltmetrem a ampérmetrem.

Platí: $S = U.I$ [VA ; V , A ] .

Účiník cos ϕ vypočteme z rovnice:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$ [ - ; W , V ,A ] .

Fázový posun ϕ je dán vztahem:

$\varphi = \arccos \varphi$ [ ° ] .

Pro jalový výkon platí:

$Q = U.I. \sin \varphi$ [ var ; V , A , - ] .

### Postup:

1 Zapojte přístroje dle schématu, mimo připojení ke zdroji, které po kontrole zapojení provede vyučující.

# KLASICKÁ měření

2 Změřte činný příkon a proud v obvodu, je-li zátěží Z žárovka. Měření proveďte pro napětí 4 V, 8 V, 12 V, 16 V, 20 V a 24 V.

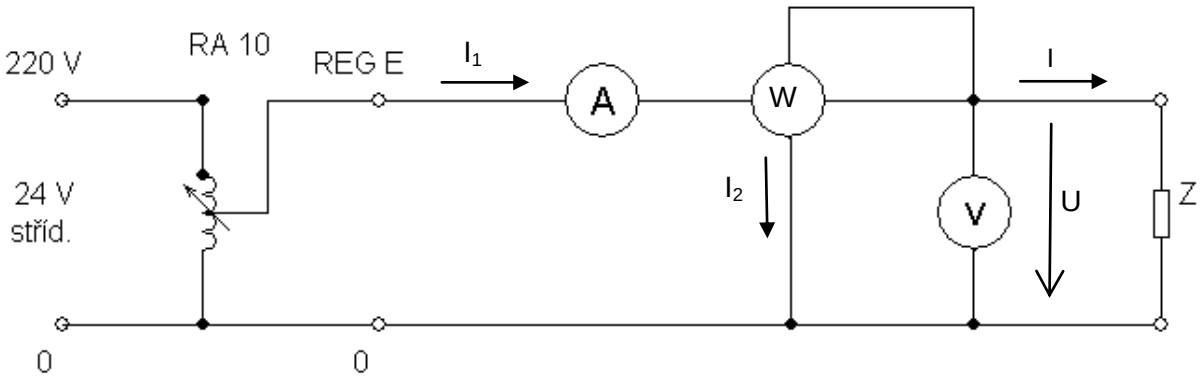
3 Toto měření zopakujte pro zátěž tvořenou indukčností.

4 Naměřené hodnoty zapište do tabulky.

5 Vypočtené hodnoty doplňte do tabulky.

6 Znázorněte grafické závislosti: I = f (U), P = f (U), S = f (U) a Q = f (U).

## Schéma zapojení:




## Tabulka naměřených a vypočtených hodnot.

| Nastav. veličina | Měřené hodnoty | | | | Vypočítané hodnoty | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ampér-metr | Wattmetr | | | | | | | | | | |
| U [V] | $I_1$ [A] | α [d] | k [W/d] | $P_W$ [W] | $I_2$ [A] | I [A] | $P_{Wu}$ [W] | P [W] | S [VA] | cosφ | φ [°] | Q [var] |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

# KLASICKÁ měření

## Vysvětlivky:

$I_1$ – proud naměřený ampérmetrem;
I - proud procházející zátěží I = $I_1 – I_2$;
$R_W$ – odpor napěťové cívky wattmetru;
$I_2$ – proud procházející napěťovou cívkou wattmetru;

$$I_2 = \frac{U}{R_W}$$

$P_W$ - výkon měřený wattmetrem;

$P_{Wu}$ – výkon spotřebovaný napěťovou cívkou wattmetru.

$$P_{Wu} = \frac{U^2}{R_W}$$

## Příklad výpočtu:

$R_W$ =
$I_W$ =
I =
$P_{Wu}$ =
P =

S =
cos φ =
φ =
Q =

## Použité přístroje a pomůcky:

- voltmetr typ UNI-T M 3900, výr. číslo … ;
- ampérmetr typ UNI-T M 3900, výr. číslo … ;
- wattmetr typ EL 10, výr. číslo … ;
- regulační autotransformátor typ RA 10, výr. číslo … ;
- žárovka č. ... ;
- indukčnost č. ... ;
- propojovací vodiče.

## Závěr:

Zhodnoťte výsledky měření.

## Měření voltampérové charakteristiky diody

### Cíle:

Student bude znát základní vlastnosti použitých přístrojů a vlastnosti polovodičových diod.

Student bude umět zapojit měřicí obvod dle schématu, bezpečně a správně pracovat se všemi přístroji a výsledky měření vyhodnotit.

Student se přesvědčí vlastním měřením o tvaru voltampérové charakteristiky různých typů polovodičových diod a o platnosti dalších poznatků teoretické výuky.

### Úkol:

Změřte V-A charakteristiku polovodičových diod v propustném i závěrném směru. Výsledky měření vyhodnoťte graficky.

### Úvod:

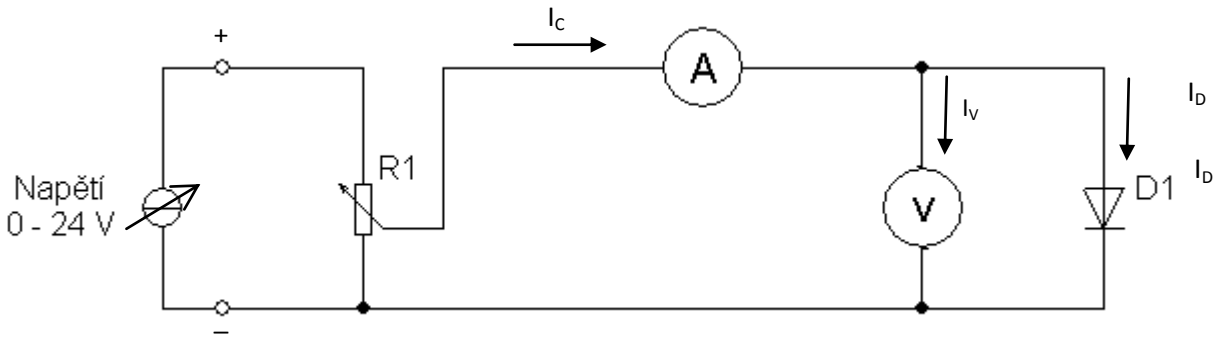
V-A charakteristika diody vyjadřuje závislost velikosti proudu protékajícího diodou na velikosti napětí, které je na diodu přiloženo. Při měření napětí ručkovým měřicím přístrojem proveďte korekci naměřených hodnot s ohledem na spotřebu voltmetru. Při měření napětí digitálním měřicím přístrojem proveďte korekci naměřených hodnot s ohledem na spotřebu voltmetru pouze při měření v závěrném směru.

### Měření:

1. Zapojte měřicí obvod podle schématu zapojení, mimo připojení ke zdroji, které po kontrole správnosti zapojení provede vyučující.
2. Měření proveďte na křemíkové diodě a na germaniové diodě.
3. Při měření v propustném směru zvyšujte napětí od 0 V po 0,1 V a v okamžiku počátku vedení proudu diodou (při $I_D$ = 0,1 mA) nastavujte napětí po 0,02 V. Měření provádějte tak dlouho, až proud procházející diodou dosáhne velikosti 0,020 A (zapište ještě hodnotu napětí právě pro hodnotu proudu $I_D$ = 0,020 A).
4. Při měření v nepropustném směru nastavujte napětí po 1 V od 0 V do 5 V.
5. Nastavené, naměřené a vypočtené hodnoty zapište do tabulky.
6. Z hodnot v tabulce sestrojte grafické závislosti $I_D = f(U)$.

# KLASICKÁ měření

## Schéma zapojení:




Tabulky naměřených a vypočtených hodnot.

| Nastavovaná veličina | | | Dioda č. 1 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Napětí U | | | Proud $I_V$ | Proud $I_C$ | Proud $I_D$ |
| U [V] | k [V/d] | α [d] | [A] | [A] | [A] |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Nastavovaná veličina | | | Dioda č. 2 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Napětí U | | | Proud $I_V$ | Proud $I_C$ | Proud $I_D$ |
| U [V] | k [V/d] | α [d] | [A] | [A] | [A] |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

## Příklad výpočtu:

$$I_V = \frac{U}{R_V} \qquad [\,A\,;\,V\,,\,\Omega\,];$$

$$I_D = I_C - I_V \qquad [\,A\,].$$

**kde**

U – je napětí zdroje;

k – je konstanta měřicího přístroje;

α - je výchylka ukazatele měřicího přístroje;

$I_V$ – je proud protékající voltmetrem;

$I_C$ – je proud měřený ampérmetrem;

$I_D$ – je proud protékající diodou.

## Použité přístroje a pomůcky:

- voltmetr typ DU 10, výr. číslo … ;
- ampérmetr typ METEX M 4650B, výr. číslo … ;
- reostat 250 Ω;
- stabilizovaný zdroj napětí typ EP 613, výr. číslo … ;
- přípravek s diodami;
- propojovací vodiče.

## Závěr:

Zdůvodněte rozdílnost charakteristik měřených diod a důvody vzniku chyb při měření.

# KLASICKÁ měření

## Měření osciloskopem

### Cíle:

Student bude znát základní vlastnosti osciloskopu a ostatních použitých přístrojů a vlastnosti jednocestného a dvoucestného usměrňovače.

Student bude umět zapojit měřicí obvod dle schématu, bezpečně a správně pracovat se všemi přístroji a výsledky měření zakreslit a vyhodnotit.

Student se přesvědčí vlastním měřením o činnosti obou typů usměrňovače a o tvaru napětí na zátěži v závislosti na velikosti a typu zátěže. Přesvědčí se rovněž o závislosti údaje voltmetru na časovém průběhu napětí.

### Úkol:

Naučit se pracovat s osciloskopem a provést jednoduchá osciloskopická měření na jednocestném usměrňovači s polovodičovou diodou a na dvoucestném usměrňovači. Měření proveďte pro zadané kombinace rezistoru $R_1$ a kondenzátoru $C_1$ v obvodu.

Výsledky pozorování na osciloskopu znázorněte náčrtkem průběhu výstupního napětí s uvedením příslušných hodnot R a C, a změřených hodnot $U_V$, $U_{Omax}$ a $U_{Omin}$.

### Úvod:

Osciloskop je měřicí přístroj sloužící k zobrazení průběhu elektrického napětí a jeho měření v elektrickém obvodu. Napětí zobrazujeme a měříme přímo, při měření a zobrazování proudu musíme proud nejprve převést na napětí, které již osciloskopem můžeme zpracovat.

Činnost osciloskopu

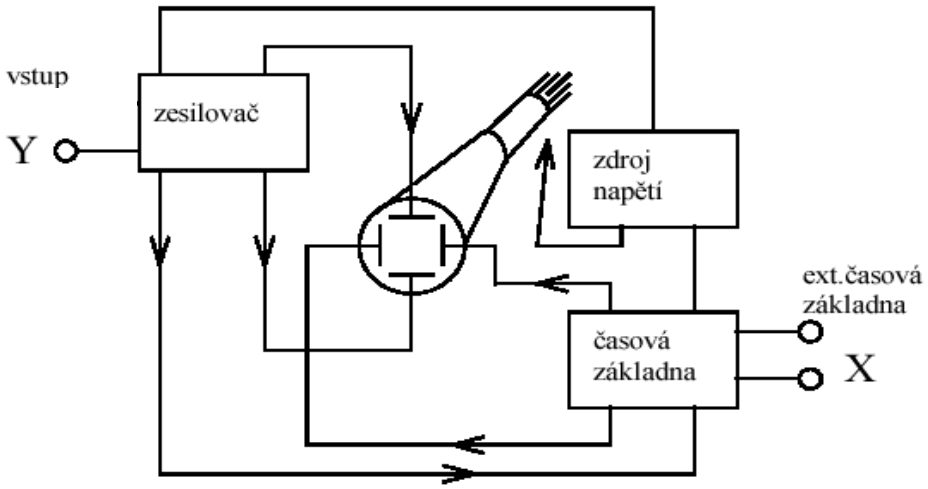
Základem osciloskopu je obrazová elektronka – osciloskopická obrazovka. Je to skleněná vyčerpaná baňka, obsahující v zúžené části elektronovou trysku. Odtud prochází elektronový paprsek vychylovacími systémy Y a X (nebo též V a H, jako vertikální a horizontální). U elektrostatických obrazovek jsou vychylovací systémy tvořeny dvěma navzájem kolmými páry vychylovacích destiček. V místě vychylovacího systému přechází válcová část baňky v část kuželovou. Konec kuželové části je uzavřen stínítkem, obsahujícím luminofor, který světélkuje při dopadu elektronů, s poměrně dlouhým dosvitem.

Na destičky horizontálního vychylovacího systému přivádíme pilové kmity napětí z časové základny, pozorujeme-li časové rozvinutí periodického děje. Hlavní ovládací prvek časové základny je nejčastěji cejchován v čase potřebným pro přechod paprsku mezi dvěma dílky rastru obrazovky. Většina osciloskopů kromě toho obsahuje též možnost připojení externího zdroje časové základny, takže můžeme pozorovat vzájemnou závislost dvou periodických veličin.

Na vertikální vychylovací systém přivádíme přes vertikální zesilovač vstupní napětí, jehož časový průběh pozorujeme. Zesilovač vestavěný v osciloskopu má v širokých mezích měnitelné zesílení. Hlavní ovládací prvek vertikálního zesilovače je nejčastěji cejchován velikostí napětí nutného pro vychýlení paprsku o jeden dílek ve vertikálním směru.

# KLASICKÁ měření

## Blokové schéma osciloskopu:




## Měření:

1 zapojte obvod dle schématu č. 1. Po kontrole správnosti zapojení učitelem připojte ke střídavému zdroji 24 V;

2 nejprve připojte voltmetr a osciloskop na výstup regulačního autotransformátoru;

3 regulačním autotransformátorem nastavte vstupní napětí $U_{VST} = 10$ V (napětí měříme voltmetrem). Osciloskopem zobrazte a změřte toto napětí. Průběh napětí zakreslete jako první průběh. Uveďte u něho hodnotu napětí změřeného voltmetrem UVST a hodnotu napětí změřeného osciloskopem $U_{Omax}$. V závěru vysvětlete důvod rozdílnosti změřených hodnot $U_{VST}$ a $U_{Omax}$;

4 nyní připojte voltmetr a osciloskop na výstup usměrňovače;

5 měřte průběhy a velikosti napětí $U_V$, $U_{Omax}$ a $U_{Omin}$ při těchto hodnotách $R_1$ a $C_1$: $R_1 = 500\ \Omega$ a $C_1 = 0\ \mu F$, $R_1 = 500\ \Omega$ a $C_1 = 1\ \mu F$, $R_1 = 500\ \Omega$ a $C_1 = 20\ \mu F$, $R_1 = 500\ \Omega$ a $C_1 = 100\ \mu F$ a při $R_1 = 100\ M\Omega$ a $C_1 = 1\ \mu F$. Jednotlivé průběhy napětí zakreslete s uvedením příslušných hodnot $R_1$, $C_1$, $U_V$, $U_{Omax}$ a $U_{Omin}$. (POZOR! – dodržet polaritu při připojení elektrolytického kondenzátoru);

6 zapojte obvod dle schématu č. 2 a proveďte stejná měření.

**Schéma č. 1:**

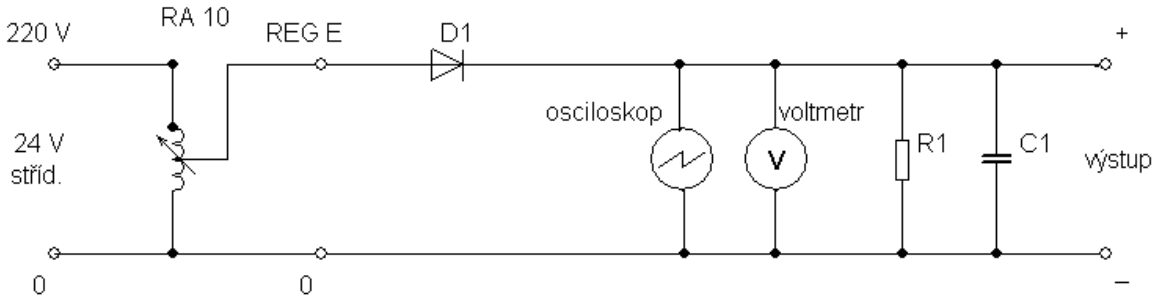
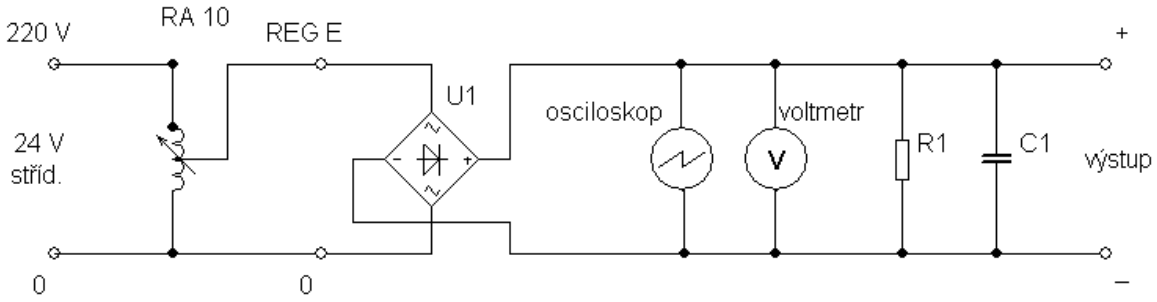



**Schéma č. 2:**




## Vysvětlivky:

$U_{VST}$ je napětí na vstupu usměrňovače měřené voltmetrem;

$U_V$ je napětí na výstupu usměrňovače měřené voltmetrem;

$U_{Omax}$ je maximální napětí na výstupu usměrňovače měřené osciloskopem;

$U_{Omin}$ je minimální napětí na výstupu usměrňovače měřené osciloskopem.

## Soupis přístrojů a pomůcek:

regulační autotransformátor typ RA 10, výr. č. ... ;

osciloskop typ SI 10, výr. č. ... ;

voltmetr typ UNI-T M 3900, výr. č. ... ;

přípravek s diodou;

přípravek s můstkovým usměrňovačem;

reostat 500 Ω;

kondenzátory 1 μF, 20 μF, a 100 μF;

propojovací vodiče.

### Závěr:

Zdůvodněte tvar změřených průběhů a důvod různých údajů voltmetru.

## Změna rozsahů měřicích přístrojů

### Cíle:

Student bude znát základní vlastnosti měřicího systému a způsoby změny rozsahů voltmetru a ampérmetru.

Student bude umět zjistit elektrické vlastnosti měřicího systému a vypočítat velikosti předřadných odporů pro voltmetr a bočníků pro ampérmetr. Bude umět navrhnout a zapojit obvod pro kontrolu rozsahů vytvořených přístrojů.

Student se přesvědčí výpočtem a následným vlastním měřením o možnosti změny rozsahů měřicích přístrojů.

### Úkol:

Vypočtěte k danému měřicímu systému příslušné předřadné odpory (předřadníky) a paralelní odpory (bočníky) tak, aby vznikl voltmetr a ampérmetr daného napěťového a proudového rozsahu. Vypočítané odpory realizujte odporovou dekádou, přitom zkontrolujte, zda dekádové odpory nebudou přetíženy. Zkontrolujte správnost nastavených rozsahů vytvořeného měřicího přístroje porovnáním naměřených údajů s přístrojem tovární výroby. Jako měřicí systém použijte měřicí přístroj výrobce Metra Blansko typ LV 120 na rozsahu 1,2 V. Předřadníky vypočítejte pro rozsahy 6 V a 12 V, bočníky pro rozsahy 0,020 A a 0,060 A.

### Úvod:

Máme dán měřicí systém (měřicí přístroj), u kterého zjistíme jeho základní parametry:

- Vnitřní odpor $R_m$ [Ω];
- Proudový rozsah $I_m$ [A];
- Napěťový rozsah $U_m$ [V];

Vztah těchto parametrů je dán Ohmovým zákonem.

Velikost požadovaného napěťového rozsahu označme U [V],

velikost požadovaného proudového rozsahu označme I [A],

předřadný odpor označme $R_p$ [Ω],

bočník označme $R_b$ [Ω].

Zavedeme poměr předřadníku $n_p = \frac{U}{U_m}$ a poměr bočníku , $n_b = \frac{I}{I_m}$

potom platí: $R_p = R_m \cdot (n_p - 1)$ [Ω] a $R_b = \frac{R_m}{(n_b - 1)}$ [Ω].

# KLASICKÁ měření

**Schéma zapojení voltmetru:**

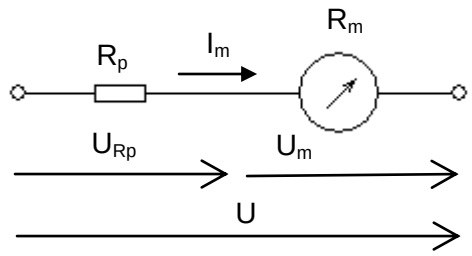
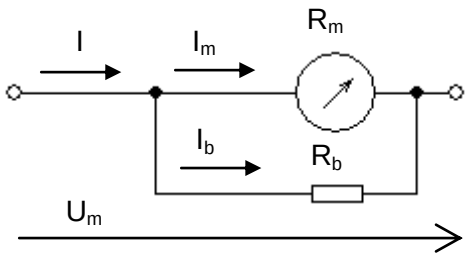



**Schéma zapojení ampérmetru:**




## Měření:

1. U předloženého přístroje, který bude představovat měřicí systém, zjistěte parametry $R_m$, $I_m$ a $U_m$.
2. Pro zadané napěťové rozsahy vypočítejte příslušné velikosti předřadníků $R_p$ a pro zadané proudové rozsahy vypočítejte příslušné hodnoty bočníků $R_b$.
3. Velikosti vypočítaných rezistorů nastavte na odporové dekádě. Zkontrolujte z údajů na dekádě, zda nebudou překročeny povolené proudy dílčích dekád.
4. Sestavte schéma pro kontrolu napěťových rozsahů a zapojte měřicí obvod. Připojení ke zdroji, proveďte po kontrole vyučujícím. Při kontrole rozsahů použijte plynule nastavitelný zdroj napětí, voltmetry jsou zapojeny paralelně. Na vytvořeném voltmetru nastavte napětí daného rozsahu a odečtěte napětí na kontrolním voltmetru. Nastavené a naměřené hodnoty zapište do přehledné tabulky.
5. Sestavte schéma pro kontrolu proudových rozsahů a zapojte měřicí obvod mimo připojení ke zdroji, které po kontrole provede vyučující. Při kontrole použijte plynule nastavitelný zdroj napětí a reostat 500 Ω. Ampérmetry a reostat jsou zapojeny v sérii. Obvod napájejte plynule nastavitelným zdrojem napětí. Na vytvořeném ampérmetru nastavte proud daného rozsahu a odečtěte proud na kontrolním ampérmetru. Nastavené a naměřené hodnoty zapište do přehledné tabulky.

## Tabulka naměřených hodnot:

| | rozsah | $R_p$ [Ω] | $R_b$ [Ω] | údaj vytvořeného přístroje | údaj kontrolního přístroje |
|---|---|---|---|---|---|
| voltmetr | 6 V | | - | | |
| | 12 V | | - | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ampérmetr | 20 mA | - | | | |
| | 0,2 A | - | | | |

## Soupis přístrojů a pomůcek:

- Měřicí přístroj typ LV 120, výr. č. ... ;
- Měřicí přístroj typ UNI-T M 3900, výr. č. ... ;
- odporová dekáda Metra typ XL 6, výr. č. ... ;
- zdroj napětí typ EP 613, výr. č. ... ;
- reostat 500 Ω;
- vodiče.

## Závěr:

Zhodnoťte výsledky měření a jejich shodu s výpočtem.

## Měření výstupní charakteristiky tranzistoru

### Cíle:

Student bude znát vlastnosti a tvar výstupních charakteristik tranzistoru.

Student bude umět zapojit měřicí obvod dle schématu, bezpečně a správně pracovat se všemi přístroji, změřit výstupní charakteristiky tranzistoru a zobrazit je graficky.

Student se přesvědčí vlastním měřením o tvaru výstupních charakteristik tranzistoru.

### Úkol:

Změřte výstupní charakteristiku tranzistoru KF 507 (KFY 46) v zapojení se společným emitorem. Výsledky měření zapisujte do tabulky a z příslušných hodnot nakreslete síť charakteristik.

### Úvod:

Výstupní charakteristika tranzistoru v zapojení se společným emitorem (SE) vyjadřuje závislost tří parametrů: proudu báze $I_B$, napětí mezi kolektorem a emitorem $U_{CE}$ a proudu kolektoru $I_C$. Proud báze $I_B$, napětí mezi kolektorem a emitorem $U_{CE}$ jsou nezávisle proměnné a proud kolektoru $I_C$ je závisle proměnná.

Abychom mohli graficky znázornit ve dvojrozměrném prostoru závislost těchto tří proměnných, volíme jednu nezávisle proměnnou jako parametr a v případě výstupních charakteristik tranzistoru je to proud báze $I_B$.

Postupujeme tak, že pro každou zadanou hodnotu proudu báze $I_B$ měříme závislost proudu kolektoru $I_C$ na napětí mezi kolektorem a emitorem $U_{CE}$. Takto změřené závislosti zakreslíme ve společné souřadnicové soustavě, a získáme tak síť výstupních charakteristik.

### Měření:

1 Zapojte obvod dle schématu zapojení, mimo připojení ke zdroji, které po kontrole provede vyučující. Čísla ve schématu zapojení jsou čísla svorek přípravku s tranzistorem.

2 Měření proveďte pro 6 hodnot proudu báze a to pro $I_B = 0\ \mu A$, $I_B = 50\ \mu A$, $I_B = 100\ \mu A$, $I_B = 150\ \mu A$, $I_B = 200\ \mu A$ a $I_B = 250\ \mu A$. Proud báze $I_B$ nastavujte potenciometrem 250 kΩ.

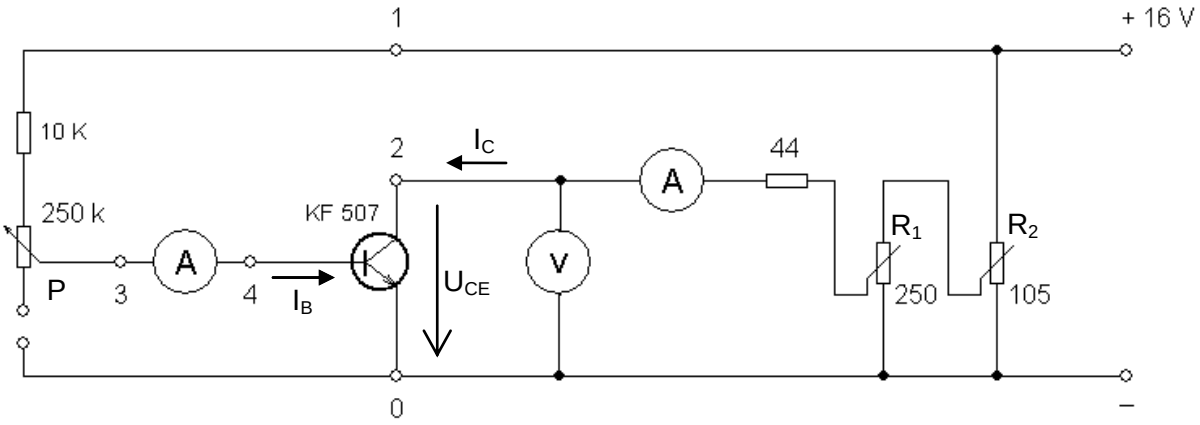
3 Napětí $U_{CE}$ nastavujte pomocí reostatů $R_1$ a $R_2$ od 0,00 V po 0,02 V tak dlouho, až bude zřejmé, že dochází k omezení prudkého růstu $I_C$. Potom měřte při napětí 1 V až 5 V s krokem 1 V.

4 Nastavované a změřené hodnoty zapište do tabulky.

5 Z hodnot v tabulce sestrojte síť výstupních charakteristik.

# KLASICKÁ měření

## Schéma zapojení:




## Příklad tabulky:

| Napětí $U_{CE}$ [V] | Proud $I_C$ [A] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $I_B$ = 0 µA | $I_B$ = 50 µA | $I_B$ = 100 µA | $I_B$ = 150 µA | $I_B$ = 200 µA | $I_B$ = 250 µA |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

## Použité přístroje a pomůcky:

- měřicí přístroj METEX M 4650B, v. č. … ;
- měřicí přístroj UNI-T M 3900, v. č. … ;
- měřicí přístroj UNI-T M 3900, v. č. … ;
- měřicí přípravek s tranzistorem;
- reostat 105 Ω;
- reostat 250 Ω;
- reostat 44 Ω;
- napájecí zdroj EP 613, v. č. … ;
- propojovací vodiče.

## Závěr:

Vyjádřete se ke tvaru změřených charakteristik.

# Měření pomocí simulačního programu TINA for Windows

## Přechodové děje v obvodech RC a RL

### Cíle:

Student bude znát vlastnost přechodových dějů v obvodech RC a RL.

Student bude umět v prostředí programu TINA proměřit vlastnosti přechodových dějů v obvodech RC a RL.

Student bude přesvědčen o shodě poznatků z teoretické výuky s výsledky počítačové simulace.

### Úkol:

Ověřte pomocí programu TINA for Windows vlastnosti přechodových dějů v obvodech RC a RL a ověřte, zda se shodují s teoretickým rozborem. Zobrazte napěťové průběhy.

### Úvod:

Přechodové děje nastávají v obvodech RC a RL v krátkých časových úsecích po připojení a po odpojení stejnosměrného napětí.

### Přechodový děj RC

Při připojení ke zdroji dochází v obvodu RC k nabíjení kondenzátoru C přes rezistor R:

nabíjecí proud $i_n$ je dán vztahem $i_n = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

napětí na rezistoru $u_R$ je dáno vztahem $u_R = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

napětí na kondenzátoru $u_C$ je dáno vztahem $u_C = U\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$.

Při odpojení zdroje a propojení obvodu dochází v obvodu RC k vybíjení kondenzátoru C přes rezistor R:

vybíjecí proud $i_v$ je dán vztahem: $i_v = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

napětí na rezistoru $u_R$ je dáno vztahem $u_R = -U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

napětí na kondenzátoru $u_C$ je dáno vztahem $u_C = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.

$I_0 = \frac{U}{R}$ ,kde **U** je napětí zdroje, **R** je odpor rezistoru R, **C** je kapacita kondenzátoru C, **τ** je

časová konstanta $\tau = R \cdot C$.

## Přechodový děj RL

Při připojení ke zdroji dochází v obvodu RL k postupnému nárůstu proudu indukčností přes rezistor R:

náběhový proud $i_n$ je dán vztahem $i_n = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$,

napětí na rezistoru $u_R$ je dáno vztahem $u_R = U\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$,

napětí na indukčnosti $u_L$ je dáno vztahem $u_L = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.

Při odpojení od zdroje a zachování uzavřeného obvodu dojde vlivem zániku magnetického pole v indukčnosti k postupnému zániku elektrického proudu obvodem:

zánikový proud $i_z$ je dán vztahem $i_z = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

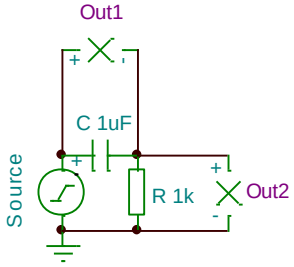
napětí na rezistoru $u_R$ je dáno vztahem $u_R = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

napětí na indukčnosti $u_L$ je dáno vztahem $u_L = -U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$,

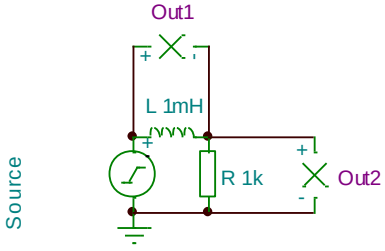
kde $I_0 = \frac{U}{R}$ ,**U** je napětí zdroje, **R** je odpor rezistoru R, **L** je vlastní indukčnost indukčnosti L, **τ** je časová konstanta. $\tau = \frac{L}{R}$

## Schéma:

**Obvod R C**




**Obvod R L**



# MĚŘENÍ pomocí simulačního programu TINA for

## Měření:

## Přechodový děj RC:

1 V programu TINA otevřete soubor \Tina\Examples\RC_1.sch.

2 Pro předvolené hodnoty R a C (C = 1 µF, R = 1 kΩ) vypočtěte časovou konstantu τ .

3 Proveďte nastavení vlastností zdroje: Signal = pulse, amplitude = 1 V, šířka pulsu (widh of pulse) = 10 ms.

4 Proveďte analýzu obvodu volbou Analysis/Transient, doba analýzy 20 ms.

5 Pomocí ukazatelů změřte napěťové úrovně signálů po uplynutí doby přechodového děje 1τ, 2τ, 3τ, 5τ a 10τ.

6 Napěťové průběhy uveďte ve vypracování úlohy.

## Přechodový děj RL:

1 V programu TINA otevřete soubor \Tina\Examples\RL_1.sch.

2 Pro předvolené hodnoty R a L (R = 1 kΩ, L = 1 mH) vypočtěte časovou konstantu τ.

3 Proveďte nastavení vlastností zdroje: Signal = pulse, amplitude = 1 V, šířka pulsu (widh of pulse) = 10 µs.

4 Proveďte analýzu obvodu volbou Analysis/Transient, doba analýzy 20 µs.

5 Pomocí ukazatelů změřte napěťové úrovně signálů po uplynutí doby přechodového děje 1τ, 2τ, 3τ, 5τ a 10τ.

6 Napěťové průběhy uveďte ve vypracování úlohy.

Výsledky měření úrovní signálů uveďte v tabulce.

## Návrh tabulek

| Přechodový děj RC | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Doba přechodového děje | | Nabíjení kondenzátoru | | Vybíjení kondenzátoru | |
| t [τ] | t [ms] | $u_R$ [V] | $u_C$ [V] | $u_R$ [V] | $u_C$ [V] |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 10 | | | | | |

| Přechodový děj RL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Doba přechodového děje | | Náběh proudu | | Zánik proudu | |
| t [τ] | t [μs] | $u_R$ [V] | $u_C$ [V] | $u_R$ [V] | $u_C$ [V] |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 10 | | | | | |

## Závěr:

Zhodnoťte výsledky měření ve vztahu k teorii.

## Měření na dvoucestném usměrňovači

### Cíle:

Student bude znát vlastnosti dvoucestného usměrňovače (Graetzova můstku).

Student bude umět v prostředí programu TINA změřit průběhy výstupního napětí na zátěži dvoucestného usměrňovače při různých zátěžích.

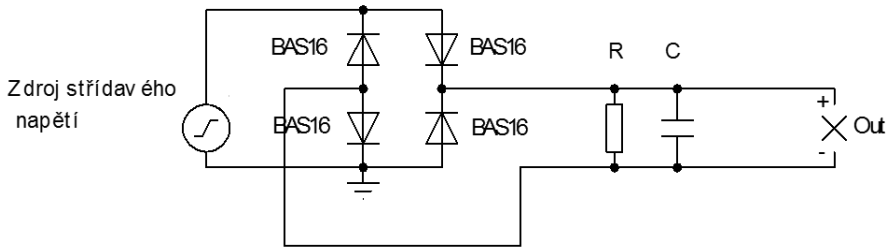
Student bude přesvědčen o správnosti teoretických znalostí porovnáním s výsledky měření pomocí počítačové simulace.

### Úkol:

Seznámit se základní obsluhou programu TINA for Windows. Provést ověření vlastností dvoucestného usměrňovače metodou analýzy a pozorováním na osciloskopu pro různé typy zátěží. Schéma a výsledky měření uveďte v programu MS Word.

Úvod: Program TINA for Windows dokáže provádět různé druhy analýzy elektrických obvodů a pozorování vlastností těchto obvodů různými přístroji (multimetr, osciloskop, analyzátor aj.). Zkoumaný el. obvod je možno použít z knihovny obvodů nebo vytvořit vlastní. Ve zkoumaných el. obvodech je možno měnit hodnoty součástek a parametry vstupního signálu. U vstupního signálu je možno např. měnit kmitočet, amplitudu a tvar signálu.

### Schéma zapojení:



## Postup práce:

1 Na PC spusťte program TINA for Windows.

2 Volte nabídku FILE, OPEN, otevřete složku EXAMPLES a vyberte soubor GRAETZ.SCH. Schéma zakreslete, případně překopírujte.

3 Analýzu proveďte volbou položky ANALYSIS, TRANSIENT. Zobrazené průběhy zakreslete a uveďte ve zprávě o měření. Analýzu proveďte pro tyto hodnoty C a R:

- C= 16µF, R= 1500Ω;
- C=16µF, R=500Ω;
- C=16µF, R=50Ω;
- C=1000µF, R=1500Ω;
- C=1000µF, R=500Ω;
- C=1000µF, R=50Ω.

4 Pro stejné schéma a stejné hodnoty R a C proveďte pozorování na osciloskopu. Osciloskop spustíme volbou T&M, OSCILLOSCOPE. Po nastavení parametrů spouštíme měření tlačítkem RUN, zastavujeme tlačítkem STOP, stávající průběh mažeme tlačítkem ERASE.

5 Porovnejte průběhy napětí zobrazené osciloskopem s průběhy získanými pomocí analýzy v bodě 3. Všechny tyto průběhy porovnejte s odpovídajícími průběhy získanými při měření skutečným osciloskopem v předchozích laboratorních cvičeních. Proveďte rozbor a diskusi.

6 Změnu hodnoty součástky proveďte takto: Na součástku ukážeme kurzorem (myší) a klikneme levým tlačítkem (součástka se označí přebarvením). Klikneme pravým tlačítkem a v otevřené nabídce volíme PROPERTIES… , (Vlastnosti). Vyplníme parametry a volíme OK.

## Závěr:

Vyhodnoťte průběh a výsledky měření.

## Měření výstupních charakteristik tranzistoru programem TINA

### Cíle:

Student bude znát vlastnosti a tvar výstupních charakteristik tranzistoru.

Student bude umět v prostředí programu TINA vytvořit funkční schéma měřicího zapojení, změřit jednotlivé závislosti a vytvořit z nich síť výstupních charakteristik.

Student bude přesvědčen o shodě poznatků o výstupních charakteristikách tranzistoru z teoretické výuky s výsledky počítačové simulace.

### Úkol:

Změřte výstupní charakteristiky ICE = f(UCE) tranzistoru pro proudy báze IB = 0, 2, 4, 6, 8 a 10 µA. Změřené charakteristiky znázorněte graficky.

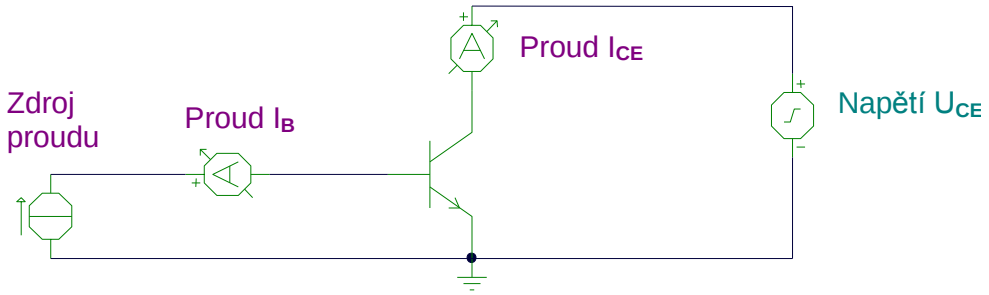
### Úvod:

Statické charakteristiky jsou nejobsáhlejším popisem statických vlastností tranzistoru. Budeme měřit statické charakteristiky tranzistoru v nejčastěji užívaném zapojení – v zapojení se společným emitorem (SE), kde je emitor společnou elektrodou, vůči níž je orientováno vstupní i výstupní napětí. Jako nezávisle proměnné volíme proud ve vstupním obvodu IB a napětí ve výstupním obvodu UCE.

Závisle proměnnou bude proud protékající mezi kolektorem a emitorem ICE. Abychom tuto závislost dokázali znázornit ve dvojrozměrném prostoru, zvolíme jednu z nezávisle proměnných parametrem, který v určených mezích měníme, a tak získáme síť charakteristik, která nahradí trojrozměrné zobrazení.

Volíme-li parametrem IB, získáme výstupní charakteristiky tranzistoru ICE = f(UCE) při IB = param.

### Schéma zapojení:



# MĚŘENÍ pomocí simulačního programu TINA for

## Postup práce:

V programu TINA sestavte výše uvedené schéma takto:

- zdroj proudu vyberte v nabídce Sources (zdroje), otočte do správné polohy a umístěte na plochu v levé části pracovní plochy. Pravým tlačítkem myši vyvolejte nabídku k tomuto prvku a v položce Properties (vlastnosti) nastavte žádaný proud (CURRENT) a IO state nastavte na Input (vstup) a vyplňte položku Label (návěstí);
- ampérmetr vyberte v nabídce Meters (měřicí přístroje) a postupujte obdobně. V nabídce Properties IO state nastavte na Input (vstup) a vyplňte položku Label (návěstí);
- tranzistor vyberte z nabídky Semiconductors (polovodiče) volbou NPN Bipolar Transistor. V nabídce Properties, Type volte typ 2N1893, Fault (chyba) nastavte na None (žádná) a vyplňte položku Label (návěstí);
- ampérmetr v obvodu kolektor – emitor vyberte stejně jako ampérmetr v obvodu báze;
- napěťový generátor v kolektorovém obvodu vyberte v nabídce Sources (zdroje), otočte do správné polohy a v nabídce Properties (vlastnosti) volte IO state: Input, DC Level : 0,0 V, vyplňte Label. V položce Signal klepněte na Unit step a volte první položku vpravo Signal (t). Po volbě tlačítka Options (volba) volte T_max = 2,0 s. Tímto postupem máte nastaveno chování napěťového generátoru tak, že během doby 2 s plynule zvyšuje napětí od 0 V do 2 V;
- symbol uzemnění je nezbytný pro funkci a vybíráme ho v nabídce Basic (základ);
- veškeré komponenty propojíme vodiči. Do tohoto editačního módu se přepneme tlačítkem se symbolem tužky. Tento mód opustíme tlačítkem šikmá šipka vzhůru;
- pokud u některých prvků schématu nepůjde nastavit parametry, je třeba nejprve provést propojení příslušnými vodiči;
- měření jednotlivých křivek výstupních charakteristik provádíme analýzou v nabídce Analysis, Transient. Volíme dobu analýzy (End display) 2 s. Při zobrazování průběhu proudu báze IB a proudu kolektor-emitor ICE využijte možnosti přidělit každému průběhu příslušnou osu Y s vhodným rozsahem. Toto lze provést označením příslušného grafu levým tlačítkem myši a spuštěním dalších nabídek pravým tlačítkem myši.

## Závěr:

Porovnejte tvar naměřených charakteristik s tvarem výstupních charakteristik udávaných výrobci.

## Ověření vlastností amplitudové a frekvenční modulace programem TINA

### Cíle:

Student bude znát vlastnosti amplitudově a frekvenčně modulovaného signálu.

Student bude umět v prostředí programu TINA zobrazit napěťový průběh amplitudově a frekvenčně modulovaného signálu pro různé hodnoty hloubky modulace.

Student bude přesvědčen o shodě poznatků o principu amplitudové a frekvenční modulace z teoretické výuky s výsledky počítačové simulace.

### Úkol:

Zobrazte průběhy napětí amplitudově a frekvenčně modulovaného signálu. Kmitočet nosného signálu $f_C$ = 1 MHz, kmitočet modulačního signálu $f_S$ = 100 kHz. Proměnnou m (hloubka modulace) měňte od 0 do 1 po intervalech 0.1 pro amplitudovou modulaci a od 1 do 8 po intervalech 1 pro frekvenční modulaci. Zobrazené průběhy uložte.

Při zobrazování amplitudové modulace určete největší a nejmenší napětí modulovaného signálu.

Při zobrazování frekvenční modulace určete největší a nejmenší kmitočet modulovaného signálu změřením periody signálu a výpočtem kmitočtu.

### Úvod:

Modulací se rozumí ovlivňování některého parametru nosného signálu modulačním signálem a vzniká tak modulovaný signál. Modulace se používá při přenosu informací na velké vzdálenosti, a to jak po vedeních, tak bezdrátově prostřednictvím elektromagnetického vlnění. Modulace rozeznáváme analogové a impulsní.

U analogové modulace má nosný signál sinusový průběh. Pokud modulací ovlivňujeme jeho amplitudu, hovoříme o amplitudové modulaci (AM), pokud modulací ovlivňujeme jeho kmitočet, hovoříme o frekvenční modulaci (FM), a pokud modulací ovlivňujeme jeho fázi, hovoříme o fázové modulaci (PM).

Pro tuto úlohu je využito možnosti naprogramovat generátor napětí tak, aby generoval signál amplitudově nebo frekvenčně modulovaný. Hloubku modulace měníme přímo v definičním programu. Vhodná schémata i s definičními programy připravil autor programu TINA v souborech am.sch a fm.sch.

### Postup práce:

- V programu TINA otevřete soubor am.sch pro amplitudovou modulaci. Hloubku modulace m nastavte takto: 2x poklepejte na symbolu napěťového generátoru, 2x poklepejte na User defined function a měňte parametr m v definičním programu v pravém okně.

## MĚŘENÍ pomocí simulačního programu TINA for

- Měření jednotlivých průběhů proveďte analýzou v nabídce Analysis, Transient. Volte dobu analýzy (End display) 20 µs. Největší a nejmenší napětí $U_{max}$ a $U_{min}$ u amplitudově modulovaného signálu odečtěte na zobrazeném průběhu s pomocí funkce Cursor a.
- Zobrazené průběhy překopírujte do textového souboru a doplňte údaji o aktuální hodnotě m a $U_{max}$ a $U_{min}$.
- V programu TINA otevřete soubor fm.sch pro frekvenční modulaci. Hloubku modulace m nastavte takto: 2x poklepejte na symbolu napěťového generátoru, 2x poklepejte na User defined function a měňte parametr m v definičním programu v pravém okně.
- Měření jednotlivých průběhů proveďte analýzou v nabídce Analysis, Transient. Volte dobu analýzy (End display) 20 µs. Pomocí funkce Cursor a Cursor b změřte nejmenší a nejdelší dobu jedné periody T min a T max modulovaného signálu a příslušné frekvence vypočítejte jako jejich převrácené hodnoty:

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}} \quad [Hz; s] \quad a \quad f_{min} = \frac{1}{T_{max}} \quad [Hz; s].$$

- Zobrazené průběhy překopírujte do textového souboru a doplňte údaji o aktuální hodnotě indexu modulace m, dobách periody $T_{min}$ a $T_{max}$ a frekvencích $f_{max}$ a $f_{min}$.

### Závěr:

# Měření pomocí stavebnice rc2000

## Měření ve stejnosměrných obvodech

### Cíle:

Student bude znát Théveninův teorém a jeho využití při řešení lineárních obvodů.

Student bude umět vypočítat příslušné parametry, sestavit měřicí obvod a provést měření.

Student se přesvědčí o platnosti Théveninova teorému a o výhodnosti jeho aplikace.

Úkol: Pomocí Théveninova teorému zjednodušte zadaný lineární stejnosměrný obvod. Ověřte měřením identitu obou obvodů.

### Úvod:

Lineární stejnosměrný obvod lze pro libovolné dvě svorky nahradit ideálním zdrojem napětí $U_{Th}$ a sériově zapojeným odporem $R_{Th}$. Obvod na obr. 1 lze nahradit pomocí Théveninova teorému vzhledem ke svorkám A, B ekvivalentním obvodem na obr. 2.

### Postup práce:

vypočtete napětí $U_{Th}$ jako napětí na svorkách A a B (obr. 1), bez připojené zátěže

$$U_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1 ;$$

vypočtěte hodnotu $R_{Th}$ sériového odporu jako odpor mezi svorkami A a B (obr 1), bez připojené zátěže RZ a při zkratovaném zdroji napětí U1

$$R_{Th} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} ;$$

napětí $U2_{Th}$ na rezistoru RZ vypočteme dle obr. 2 pomocí vztahu

$$U_{2Th} = \frac{R}{R_Z + R_{Th}} \cdot U_{Th} ;$$

zapojte měřicí obvod podle obr. 3. Na zdroji napětí nastavte hodnotu $U_1$= 5 V. Odpor RZ realizujte pomocí modulu odporové dekády R;

pro různé hodnoty odporu $R_Z$ postupně změřte napětí $U_2$ (použijte modul VOLTMETR), hodnoty zapište do tabulky;

pomocí vypočítaných hodnot $U_{Th}$ a $R_{Th}$ zapojte obvod dle obr. 2;

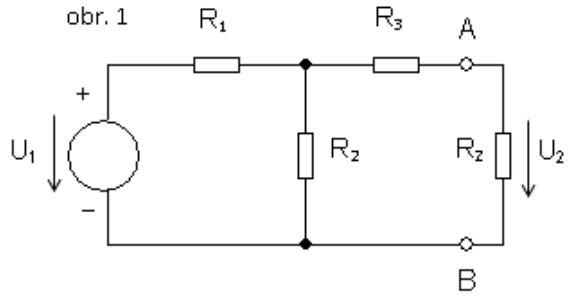
pro stejné hodnoty odporu $R_Z$ jako v předchozím měření změřte napětí mezi svorkami A a B zapište je do tabulky;

platí-li Théveninův teorém, musí pro všechny hodnoty odporu $R_Z$ platit vztah: $U_2 = U_{2Th}$.

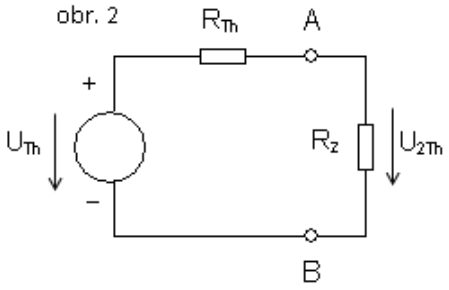
# MĚŘENÍ pomocí stavebnice rc2000

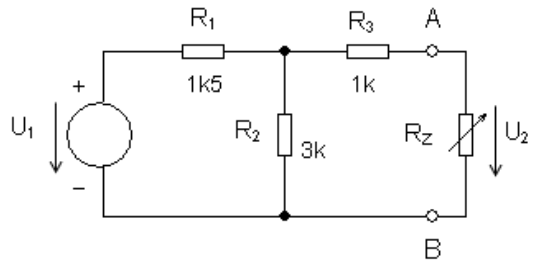
## Schéma zapojení:

obr. 1




obr. 2




## Tabulka naměřených hodnot:

| Napětí na rezistoru $R_Z$ [V] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_Z$ [kΩ] | 1 | 2 | 5 | 10 | 50 |
| $U_2$ [V] | | | | | |
| $U_{2Th}$ [V] | | | | | |

## Pomůcky:

| | | | |
|---|---|---|---|
| modul BOARD 10 | 1x; | propojky | 2x; |
| zdroj napětí | 1x; | R = 2 k⍰ | 1x; |
| voltmetr DC & AC RMS | 1x; | R = 1 k⍰ | 3x; |
| modul COMP BOARD | 1x; | R = 500 ⍰ | 1x; |
| odpor. dekáda R DECADE 2 | 1x; | | |

## Závěr:

Vyhodnoťte výsledky měření.

## Sériový rezonanční obvod

### Cíle:

Student bude znát vlastnosti sériového rezonančního obvodu.

Student bude umět vypočítat a změřit napětí na jednotlivých prvcích a fázové posuny.

Student se přesvědčí o vlastnostech sériového rezonančního obvodu.

### Úkol:

Ověřte napěťové a fázové poměry na jednotlivých prvcích sériového obvodu RLC, jestliže obvod je tvořen ideálním kondenzátorem a ideální cívkou ($X_L >> R_L$), nebo ideálním kondenzátorem a reálnou cívkou ($X_L \sim R_L$).

### Úvod:

Pro sériový nebo paralelní obvod RLC lze najít frekvenci, při které budou reaktance stejně velké. Vzhledem k vektorovému charakteru reaktancí dojde k jejich vzájemnému odečtení a výsledný vektorový součet bude roven nule. Rezonanční frekvence se určí z podmínky $X_L = X_C$, takže bude platit Thomsonův vztah

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Při rezonanci obvod kmitá a energie se cyklicky přelévá z cívky do kondenzátoru. V ideálním případě se impedance sériového obvodu blíží nule (pro případ R =0) a paralelního obvodu nekonečnu (pro případ 1/R = 0).

### Zadání:

1 Ověřte rezonanci pro sériový obvod RLC s ideálním kondenzátorem a ideální cívkou ($X_L >> R_L$)

- zapojte elektrický obvod podle obr. 1;
- vypočítejte rezonanční frekvenci;
- změřte a zobrazte pomocí fázorového diagramu napětí $U_R$ na odporu, napětí $U_L$ na cívce a napětí $U_C$ na kondenzátoru při rezonanční frekvenci;
- naměřená napětí ověřte výpočtem pomocí symbolicko-komplexní metody.

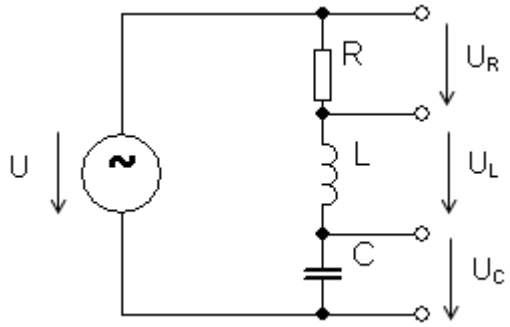
2 Ověřte rezonanci pro sériový obvod RLC s ideálním kondenzátorem a reálnou cívkou ($X_L \sim R_L$),

- vypočítejte rezonanční frekvenci;
- změřte a zobrazte pomocí fázorového diagramu napětí $U_R$ na odporu, napětí $U_L$ na cívce a napětí $U_C$ na kondenzátoru při rezonanční frekvenci.

# MĚŘENÍ pomocí stavebnice rc2000

## Schéma zapojení:

obr. 1 Sériový RLC obvod




## Postup:

Ověření rezonance pro sériový obvod RLC s ideálním kondenzátorem a ideální cívkou ($X_L >> R_L$)

- sestavte sériový obvod podle obr. 1;
- hodnoty prvků volte podle Tab. 1;
- Tab. 1 Hodnoty prvků RLC obvodu

| R [Ω] | L [H] | C [nF] |
|---|---|---|
| 3 k | 1 | 100 |

- pro frekvence, pro které platí, že impedance $X_L >> R_L$ ($R_L$ = odpor vinutí cívky), můžeme pokládat cívku za ideální. V tomto případě jsou vektory $U_L$ a $U_C$ fázově posunuty o 180 °;
- napětí na funkčním generátoru nastavte podle Tab. 2;

Tab. 2

| | |
|---|---|
| Frekvence | 400 Hz |
| Amplituda | 0,8 V |
| Offset | 0,00 V |
| Funkce | ~ |

- zvyšujte frekvenci vstupního napětí U, až docílíte stavu, kdy napětí na rezistoru $U_R$ a vstupní napětí U jsou ve fázi. Přesnost odečtení stejné fáze napětí lze zvýšit nastavením většího zesílení kanálů CH A a CH B;
- zobrazte současně průběhy napětí na R, L, C;
- odečtěte amplitudy a fáze jednotlivých vektorů;
- vypočtěte rezonanční frekvenci

$$f_r = \frac{1}{2 * 3{,}14 * \sqrt{L * C}} \quad [\text{Hz}]$$

# MĚŘENÍ pomocí stavebnice rc2000

- vypočítejte indukční a kapacitní reaktanci

$$X_L = \omega L \ [\Omega]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \ [\Omega]$$

- vypočítejte celkovou impedanci obvodu

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

- vypočítejte proud v sériovém obvodu

$$|I| = \frac{U}{Z} \ [A];$$

- pomocí Ohmova zákona vypočítejte napětí na dílčích prvcích

$|U_C| = I * X_C$ [V]

$|U_L| = I * X_L$ [V]

$|U_R| = I * R$ [V];

- porovnejte vypočítané a naměřené hodnoty.

Ověření rezonance pro sériový obvod RLC s ideálním kondenzátorem a ideální cívkou – pro nízké frekvence není $R_L$ zanedbatelný ve srovnání s impedancí $X_L$. Cívka se chová jako sériová kombinace odporu vinutí $R_L$ a indukčnosti L. Vektory $U_L$ a $U_C$ nejsou fázově posunuty o 180°;

- vypočítejte rezonanční frekvenci pro sériový rezonanční obvod;
- v sestaveném sériovém obvodu podle obr. 1 změňte frekvenci generátoru na hodnotu 40 Hz;
- hodnoty prvků volte podle Tab. 3

Tab. 3

| R [Ω] | L [H] | C [μF] |
|---|---|---|
| 300 | 1 | 10 |

- zvyšujte frekvenci vstupního napětí U, až docílíte stavu, kdy napětí na rezistoru $U_R$ a vstupní napětí U jsou ve fázi. Přesnost odečtení stejné fáze napětí lze zvýšit nastavením většího zesílení kanálů CH A a CH B;
- zobrazte současně průběhy napětí na R, L, C;
- odečtěte amplitudy a fáze jednotlivých vektorů;
- naměřená napětí ověřte výpočtem pomocí symbolicko-komplexní metody (podobně jako v bodě 1);
- výpočet rezonanční frekvence

$$f_r = \frac{1}{2 * 3{,}14 * \sqrt{L * C}} \quad [Hz]$$

# MĚŘENÍ pomocí stavebnice rc2000

- výpočet celkové impedance obvodu při rezonanci

  Z =R [Ω];

- výpočet rezonančního proudu

  $$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

- výpočet napětí na jednotlivých prvcích při rezonanci:

  $U = I * R \ [V]$

  $|U_L| = I * X_L \ [V]$

  $|U_C| = I * X_C \ [V].$

## Pomůcky:

| | | | |
|---|---|---|---|
| zdroj napětí Z 5 | 1x; | sériově-paralelní obvod | 1x; |
| rozvod napájení | 1x; | rezistor R = 3 k | 1x; |
| generátor funkcí | 1x; | cívka L = 1H | 1x; |
| PC interface | 1x; | kondenzátor C = 100 nF | 1x. |

## Závěr:

Porovnejte vypočtené a naměřené hodnoty.

# AUTOMATIZACE – využití stavebnice rc2000

## Realizace logických funkcí pomocí obvodů NAND

### Cíle:

Student se naučí používat De Morganovy zákony.

Student bude umět pracovat s pravdivostní tabulkou.

Student bude schopen sestavit logický obvod a ověřit jeho vlastnosti.

### Úkol:

Ověřte vlastnosti některých logických obvodů a platnost De Morganových zákonů.

### Zadání:

Realizujte základní logické funkce OR, AND a NOT pomocí funkce NAND takto:

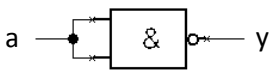
- doplňte pravdivostní tabulku pro danou funkci,
- s využitím De Morganových zákonů vyjádřete danou funkci pomocí obvodů NAND,
- ověřte správnost výsledné funkce v další pravdivostní tabulce,
- zapojte obvod dle daného schématu zapojení pomoci stavebnice **rc**2000,
- sestavte tabulku naměřených veličin,
- porovnejte naměřené a vypočítané výsledky.

### Zpracování:

**Negace (NOT)**

$y = \overline{a}$

Schematická značka:

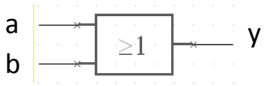



Pravdivostní tabulka:

| a | y |
|---|---|
| | |
| | |

**Logický součet (OR)**

**Značka:**



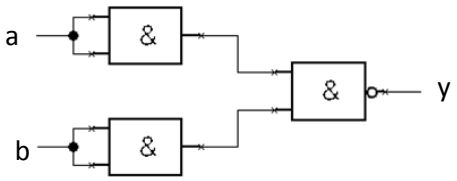

**Pravdivostní tabulka:**

| a | b | y |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Zapojení:**

Pomocí De Morganových zákonů převedeme logický součet tak, abychom mohli použít obvody NAND.

$$y = a + b = \overline{\overline{a + b}} = \overline{a} \cdot \overline{b}$$




**Naměřené hodnoty:**

| a | b | y |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Odvození výpočtem:**

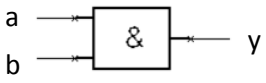
| a | b | $\overline{a}$ | $\overline{b}$ | $y = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**Závěr:**

**Logický součin (AND)**

**y = a · b**

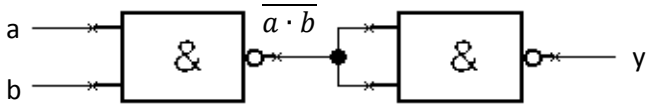
**Značka:**




**Pravdivostní tabulka:**

| a | b | y |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Schéma zapojení:**




**Negace logického součtu:**

**Značka:**

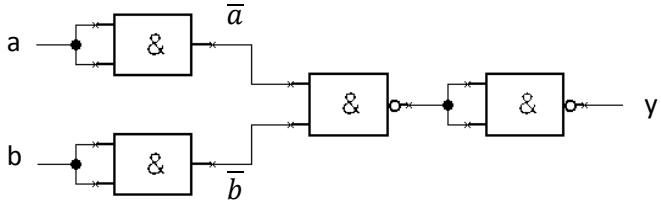
**Pravdivostní tabulka:**

| a | b | y |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Rovnice:**

$$y = \overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b} = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}$$

**Schéma zapojení:**



**Naměřené hodnoty:**

| a | b | y |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Odvození výpočtem:**

| a | b | $\overline{a}$ | $\overline{b}$ | $\overline{a \cdot b}$ | $y = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

**Závěr:**

# AUTOMATIZACE – PROGRAM TINA

## Binární sčítačka

### Cíle:

Student bude znát princip sčítání čísel ve dvojkové soustavě.

Student bude umět aplikovat základní logické členy sestavením binární sčítačky.

### Úkol:

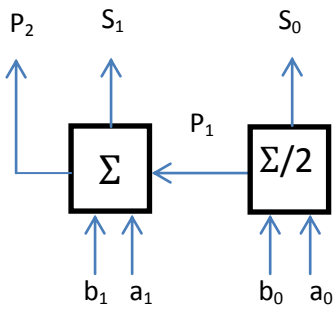
Sestavte obvod pro sčítání dvou dvoubitových čísel, čísla A [$a_1$, $a_0$] a čísla B [$b_1$, $b_0$]. Pro realizaci použijte základní logické obvody AND, OR a NOT (další varianta může být s použitím obvodů NAND).

### Úvod:

Pří sčítání dvojkových čísel na nultém řádu musíme pamatovat na to, že 1 + 1 = 0 a 1 tvoří přenos do vyššího řádu. Obvod, který toto realizuje, bude mít dva vstupy ($a_0$, $b_0$) a dva výstupy $S_0$ (součet na nultém řádu) a $P_1$ (přenos do vyššího řádu - prvního). Tento obvod se nazývá poloviční sčítačka a značí se:

Pro sčítání na prvním řádu potřebujeme sestavit obvod, který bude mít tři vstupy ($a_1$, $b_1$, $P_1$) a dva výstupy $S_1$ (součet na prvním řádu) a $P_2$ (přenos do vyššího řádu - druhého). Tento obvod se nazývá úplná sčítačka a značí se:

**Obecné schéma binární sčítačky pro dva řády:**



## Řešení:

1 Sestavíme pravdivostní tabulku pro poloviční sčítačku, dále sestavíme rovnice pro $S_0$ a $P_1$ .

| $b_0$ | $a_0$ | $S_0$ | $P_1$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | | |

$S_0$=

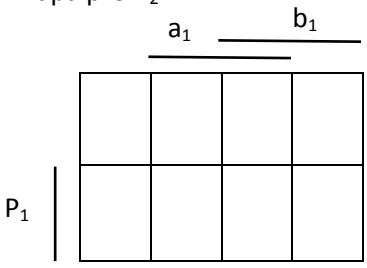
$P_1$ =

2 Sestavíme pravdivostní tabulku pro úplnou sčítačku, provedeme minimalizaci pomoci Karnaughovy mapy a sestavíme rovnice pro $S_1$ a $P_2$.

.

| $P_1$ | $b_1$ | $a_1$ | $S_1$ | $P_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | | |
| 0 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 0 | | |
| 0 | 1 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | | |
| 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | 1 | | |

Karnaughova mapa pro $P_2$




$P_2$ =

$S_1$ – nelze minimalizovat

$S_1$ =

3 V program TINA sestavíme obvod.

## Závěr:

## Kontrola chlazení

### Úkol:

Stroj je chlazen dvěma ventilátory. Správnou funkci ventilátoru hlídá senzor, který při poruše ventilátoru dává signál log. 0. Navržený logický obvod bude signalizovat, že stroj je chlazen jen jedním ventilátorem a v případě poruchy obou ventilátorů stroj zastaví.

### Řešení:

Na základě zadání sestavíme tabulku, sestavíme funkci $y_1$ pro signalizaci chlazení pouze jedním ventilátorem a funkci $y_2$ pro povel k vypnutí motoru. Pro sestavení obvodu použijeme základní logické obvody AND, OR, NOT.

| $S_2$ | $S_1$ | $y_1$ | $y_2$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | | |

$y_1$ =
$y_2$ =

Na základě funkcí $y_1$ a $y_2$ sestavíme v prostředí programu TINA příslušný obvod.

## Hlídání odběru elektřiny

### Úkol:

1 Ve školní jídelně jsou čtyři energeticky náročné stroje. Aby nebylo překročeno dohodnuté maximum odběru, je nutno hlídat společný chod více strojů. Při chodu dvou strojů se rozsvítí žlutá dioda, při chodu tří nebo čtyř strojů se rozsvítí červená dioda.

2 V dílně mají dohodnutý maximální odebíraný příkon P = 7 kW. Jejich stroje mají příkony: P1 = 2 kW, P2 = 3 kW, P3 = 3,5 kW, P4 = 6 kW. Navrhněte signalizaci překročení odběru.

### Řešení:

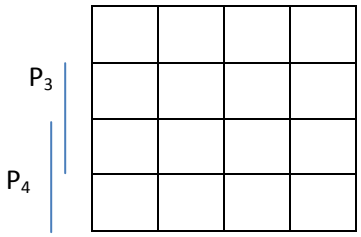
Postupně budeme řešit jednotlivé úkoly. Nejdříve sestavíme tabulku, provedeme minimalizaci (pokud lze), sestavíme logické funkce a ty pak realizujeme v prostředí programu TINA.

**První úkol:**

$P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$ - snímače signalizující chod motoru, je-li motor v chodu, nabývají hodnoty log. 1.
$y_ž$ – svítí žlutá žárovka, $y_č$ – svítí červená žárovka

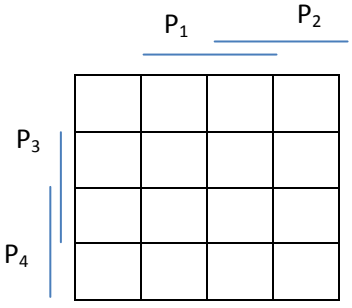
| $P_4$ | $P_3$ | $P_2$ | $P_1$ | $y_ž$ | $y_č$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | |

Karnaughova mapa pro $y_ž$




Minimalizovat nelze

Karnaughova mapa pro $y_č$




$y_č$ =

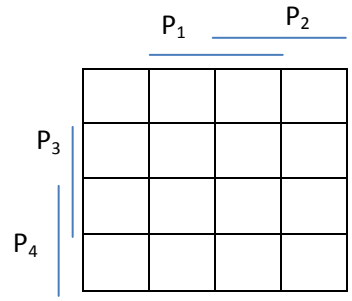
# AUTOMATIZACE – PROGRAM TINA

## Druhý úkol:

$P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$ - snímače signalizující chod motoru, je-li motor v chodu, nabývají hodnoty log. 1.

Y – překročení odběru

| $P_4$ | $P_3$ | $P_2$ | $P_1$ | y |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | |




Y =

## Ovládání žárovky ze tří míst

### Úkol:

Navrhněte logický obvod pro rozsvěcování a zhasínání žárovky ze tří míst.

### Úvod:

Žárovka je ovládána třemi spínači S1, S2, S3. V jedné poloze je na výstupu spínače logická 1, v druhé poloze je na výstupu logická 0. Jestliže má žárovka svítit, musí být lichý počet spínačů v poloze logická 1.

### Řešení:

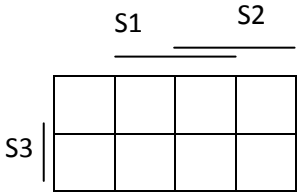
1 Sestavíme tabulku stavů.

2 Provedeme minimalizaci Karnaughovou mapou.

3 Sestavíme funkci y.

4 V prostředí programu TINA sestavíme logický obvod.

| S2 | S2 | S1 | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |




Nelze minimalizovat

Logická funkce:

y =

# Automatizace – logický modul LOGO

## Kabinka

### Cíle:

Student bude umět provést rozbor zadání a navrhnout logický obvod.

Student bude schopen naprogramovat automat LOGO pro řešení této úlohy.

### Úkol:

Navrhněte logický obvod tak, aby zajišťoval vchod do kabinky na základě následujícího zadání.

### Zadání:

Vstup do kabinky se otevře, pokud je někdo přede dveřmi a kabinka je prázdná.

Je-li někdo uvnitř nebo není-li nikdo přede dveřmi, musí být dveře zavřené.

Vstupní prostor je snímán dvěma snímači – $V_1$ a $V_2$ , pokud snímač zachytí osobu, je jeho údaj roven jedné. K vyhodnocení osoby přede dveřmi stačí údaj jednoho ze snímačů.

Prostor kabinky je snímán také dvěma snímači – $K_1$ a $K_2$ , pokud snímač zachytí osobu, je jeho údaj roven jedné. K vyhodnocení v kabince stačí údaj jednoho ze snímačů.

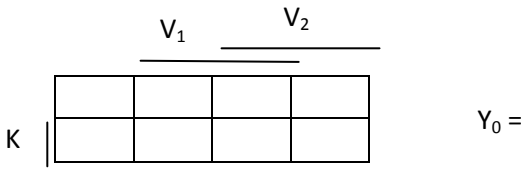
### Řešení:

Otevírání dveří funkce $y_o$, závírání dveří funkce $y_z$

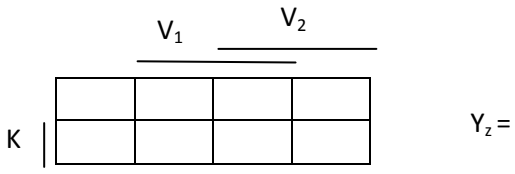
Sestavíme pravdivostní tabulku.

| K | $V_2$ | $V_1$ | $Y_0$ | $Y_z$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | | |
| 0 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 0 | | |
| 0 | 1 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | | |
| 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | 1 | | |

Provedeme minimalizaci a sestavíme logickou funkci.




$Y_0 =$




$Y_z =$

**Zapojení:**

## Klimatizace

### Cíle:

Student bude umět provést rozbor úlohy, sestavit pravdivostní tabulku s využitím zpětné vazby.

Student bude umět využívat sekvenční obvod RS.

Student bude schopen naprogramovat automat LOGO pro řešení této úlohy.

### Úkol:

V prostředí LOGO sestavte program tak, aby udržoval teplotu v místnosti v požadovaném rozmezí.

### Úvod:

Pod pojmem klimatizace se rozumí udržování teploty a vlhkosti v místnosti v požadovaném rozmezí, což je důležité hlavně tam, kde se používají přístroje, které vyžadují stálou teplotu a vlhkost, popřípadě v muzeích, kde je teplota vlhkost důležitá z důvodu životnosti exponátů. V našem případě se při návrhu zaměříme pouze na teplotu. Program tedy bude ovládat topení (v zimním období) a chlazení (v letním období).

### Zadání:

Teplota v místnosti je snímána kontaktním teploměrem, který má tři kontakty: $K_1$, $K_2$, $K_3$. $K_1 = 0$, pokud je teplota v místnosti nižší než 20°C, $K_2 = 1$, je-li teplota 22°C a více, $K_3 = 1$, je-li teplota 25°C a více.

Naprogramujte LOGO tak, aby udržovalo teplotu v místnosti podle následujících pokynů.

1 Topení - zima
   - klesne-li teplota pod 20 °C, sepne topení
   - dosáhne-li-teplota 22 °C, topení vypne

2 Chlazení – léto
   - stoupne-li teplota nad 25 °C, zapne chlazení
   - klesne-li teplota pod 22 °C, chlazení vypne

### Řešení:

Při řešení tohoto problému nevystačíme s kombinačnímy obvody, protože při teplotě mezi 20°C a 22°C topení buď topí, nebo je vypnuté na základě toho, v jakém stavu bylo předtím (pokud topí, bude pokračovat v topení, dokud teplota nestoupne na 22 °C, pokud netopí, setrvá ve vypnutém stavu, dokud teplota neklesne pod 20 °C). Pro řešení musíme navrhnout sekvenční obvod. Řešení může být dvojí:

a) použijeme základní logické obvody s využitím zpětné vazby

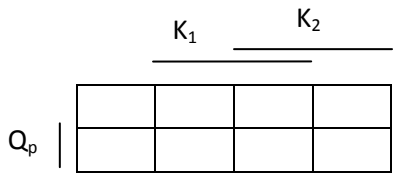
b) použijeme kombinační obvod RS

**Řešení a:**

Sestavíme tabulku pro spínání topení, ve které jako vstupní proměnné použijeme hodnoty $K_1$ a $K_2$, dále pak hodnotu $Q_{p,}$ což je předcházející stav výstupu ($Q_p$ = 0, pokud topení netopí, a $Q_p$ = 1, pokud topení topí).

| $Q_p$ | $K_1$ | $K_2$ | Q |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |

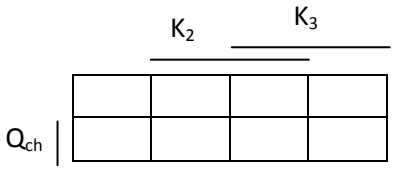
Provedeme minimalizaci pomoci Kanaughovy mapy a sestavíme logickou funkci.




$Q_t$ =

Dále sestavíme tabulku pro spínání chlazení, ve které jako vstupní proměnné použijeme hodnoty $K_2$ a $K_3$ a hodnotu $Q_{p,}$ což je předcházející stav výstupu ($Q_p$ = 0, pokud chlazení nechladí, a $Q_p$ = 1, pokud chlazení chladí). Chlazení sepne, dosáhne-li teplota 25 °C, a zůstává sepnuto, dokud neklesne pod 22°C. Dále provedeme minimalizaci a sestavíme logickou funkci.

| $Q_p$ | $K_3$ | $K_2$ | $Q_t$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | x |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | x |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

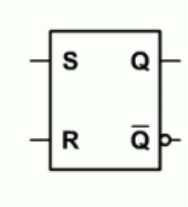



$Q_{ch} =$

Zapojení realizujeme v prostředí programu LOGO.

Řešení b:
Pro ovládání klimatizace použijeme logické odvody RS. Jeden obvod RS bude ovládat topení, druhý chlazení. Logický obvod RS je základním stavebním prvkem sekvenční logiky.

**Schematická značka obvodu RS.**




**Pravdivostní tabulka obvodu RS.**

| R | S | $Q_{n+1}$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | $Q_n$ |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | X |

Zakázaný stav

Na vstup **S** obvodu RS, který bude ovládat topení**,** přivedeme negovanou hodnotu $K_1$ (klesne-li teplota pod 20 °C, bude $\overline{K_1}$=1 a na výstupu obvodu se objeví logická jednička – topení sepne). Topení zůstává sepnuto, dokud se na vstupu R neobjeví logická jednička.

Na vstup R přivedeme hodnotu $K_2$ – topení tedy vypne, dosáhne-li teplota hodnoty 22 °C.

Zakázaný stav ošetřovat nemusíme, protože teplota nemůže být současně nižší než 20 °C ($\overline{K_1}$ =1) a vyšší nebo rovno 22 °C ($K_2$ = 1).

Na vstup **S** obvodu RS, který bude ovládat chlazení**,** přivedeme hodnotu $K_3$ ($K_3$ = 1, je-li teplota rovna 25 °C nebo větší). Chlazení zůstává sepnuto, dokud se na vstupu R neobjeví logická jednička.

Na vstup R přivedeme hodnotu $\overline{K_2}$ – topení tedy vypne, klesne-li teplota hodnoty 22 °C.

Zakázaný stav ošetřovat nemusíme, protože teplota nemůže být současně nižší než 22 °C ($\overline{K_1}$ =1) a vyšší nebo rovno 25 °C ($K_2$ = 1).

## Schéma zapojení:

## Závěr:

# Literatura a prameny

## Literatura

Bezděk, M. Elektronika I. 1. vydání. České Budějovice: KOPP, 2002. isbn 80-7232-171-4.

Blahovec, A. Elektrotechnika II. 2. vydání. Praha: Informatorium, 1995. ISBN 80-86073-19X.

Elektrotechnická měření. 1. vydání. Praha: BEN, 2002. ISBN 80-7300-022-9 (autor neuveden).

Grecmanová, H., Holoušová, D. Pedagogika pro učitele. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002.

Kropáč, J., Kubíček, Z., Chráska, M., Havelka, M. Didaktika strojírenských a elektrotechnických předmětů. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. ISBN 80-244-0561-X.

Raška, R., Struška J., Vlček, D. Trivium elektrotechnika. Havířov: agentura IRIS, 1995.

Sedláčková, H., Svobodová, I., SYNEK, M. Diplomová práce a státní zkoušky na VŠE v Praze. 1. vydání. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1996. ISBN 80-7079-547-6.

Uhlíř, I. a kolektiv. Elektrotechnika – návody k laboratorním cvičením. 1. vydání-dotisk. Praha: ČVUT v Praze, 1992.

## Prameny

ČSN 33 2000-4-41: Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Praha: Český normalizační institut, 1995.

ČSN 01 6910: Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, 1997.

Návody pro laboratorní práce (interní materiály mnou zpracované).

Nápověda (help) programu TINA for Windows.

Firemní materiály ke stavebnici rc2000.