

Západočeská univerzita v Plzni

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

VÝUKOVÝ SYSTÉM RC2000 – ELEKTRONICKÝ VÝUKOVÝ MATERIÁL
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Pavel Benajtr
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor INF-Te
léta studia (2010 - 2012)

Vedoucí práce: *Mgr. Jan Krotký*

Plzeň, 29. června 2012

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 29. června 2012

.....
vlastnoruční podpis

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	VÝUKOVÝ SYSTÉM RC2000	2
2.1	ZÁKLADNÍ POPIS VÝUKOVÉHO SYSTÉMU RC2000	2
2.2	VYUŽITÍ VE VÝUCE	3
2.3	BEZPEČNOST PRÁCE SE STAVEBNICÍ	4
3	STRUKTURA VYTVOŘENÉHO VÝUKOVÉHO MATERIÁLU	7
3.1	OBSAH JEDNOTLIVÝCH KAPITOL	7
3.1.1	Kapitola Výukový systém rc2000	7
3.1.2	Kapitola Sestavení obvodu	8
3.1.3	Kapitola Měřicí přístroje a zařízení	10
3.1.4	Kapitola Součástky a moduly součástek	13
3.1.5	Kapitola Propojovací moduly a obvody	15
3.1.6	Kapitola Propojení s počítačem a program rc2000	18
3.1.7	Kapitola Příklady určené pro elektrotechnická měření	19
3.1.8	Kapitola Literatura a použité zdroje	20
3.2	UKÁZKA STUDIJNÍCH ČLÁNKŮ A CVIČENÍ	21
3.2.1	Studijní článek Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí	21
3.2.2	Studijní článek Propojovací moduly	24
3.2.3	Cvičení Nastavení programovatelného zdroje napětí	27
3.2.4	Cvičení Využití propojovacího modulu	28
4	NÁVRH PŘÍKLADŮ VHDNÝCH PRO VÝUKU	29
4.1	VOLBA OBSAHU JEDNOTLIVÝCH PŘÍKLADŮ	29
4.2	REALIZACE PŘÍKLADŮ	30
4.2.1	Měření VA charakteristiky diody	30
4.2.2	Měření VA charakteristiky Zenerovy diody	35
4.2.3	Sériový rezonanční obvod RLC	40
4.2.4	Invertující zapojení s operačním zesilovačem	46
4.2.5	Neinvertující zapojení s operačním zesilovačem	50
4.3	PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ PŘÍKLADŮ	54
5	ZÁVĚR	57
6	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
7	SEZNAM VZORCŮ	60
8	SEZNAM TABULEK	61
9	SEZNAM LITERATURY	62
10	RESUMÉ	63
11	PŘÍLOHY	I

1 ÚVOD

Tématem diplomové práce bylo vytvoření výukového materiálu jako elektronickou podporu pro výuku práce s výukovým systémem rc2000. Cílovou skupinou, pro kterou je tento výukový kurz vytvořen, jsou studenti Pedagogické fakulty, Katedry Matematiky, fyziky a technické výchovy (KMT), kteří se s tímto výukovým systémem setkají ve výuce. Vzhledem k zaměření uvedeného systému rc2000, je tento kurz vhodný i pro jiné instituce zaměřené na vzdělávání. Kurz by bylo možné využít na středních odborných školách nebo gymnáziích. Své uplatnění by mohl nalézt také na základních školách s jistým omezením a případně další úpravou.

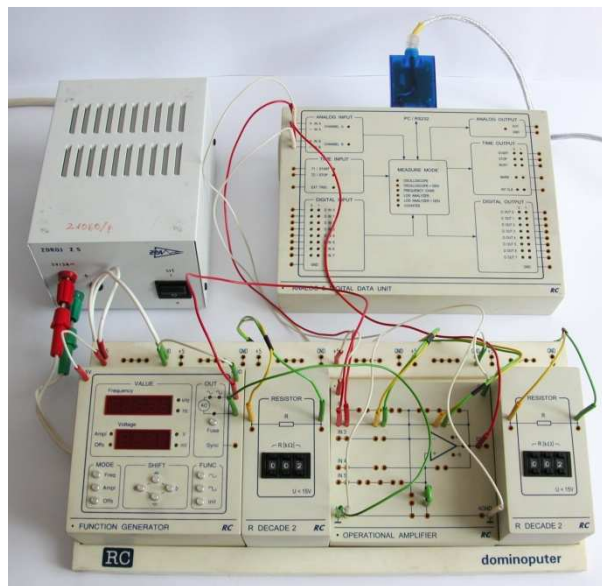
Součástí zadání diplomové práce bylo vytvoření vhodných příkladů do vybraných předmětů v rámci výuky práce s výukovým systémem rc2000. Příklady jsou součástí výukového kurzu v jeho závěru a neobsahují řešení. Řešení jednotlivých příkladů je uvedeno v textové části diplomové práce a může pomoci vyučujícímu při opravě odevzdaných prací, které studenti na základě zadání zpracují.

Textová část diplomové práce obsahuje popis uvedeného výukového materiálu a stručný popis výukového systému rc2000. Výukový materiál lze nalézt na přiloženém DVD, na kterém je umístěn společně s textovou částí diplomové práce. Vložení média do mechaniky, je v případě nastavení automatického čtení otevřen výukový kurz. Druhá kapitola této diplomové práce představuje výukový systém rc2000. Součástí je také návrh využití uvedeného systému ve výuce na různých stupních škol. Následně je uvedena bezpečnost práce, která je důležitým předpokladem pro využívání výukového systému. Další kapitola popisuje obsah a strukturu výukového kurzu. Její součástí jsou ukázkové články, které jsou upraveny pro potřeby vložení do této práce. Ve čtvrté kapitole je představen návrh příkladů vhodných pro výuku elektrotechniky. Kromě zadání je zde uvedeno řešení příkladů s doprovodnými obrázky. Pro ověření možného využití ve výuce byly příklady testovány studenty Pedagogické fakulty, Katedry Matematiky, fyziky a technické výchovy (KMT). Výsledky tohoto ověření jsou součástí uvedené kapitoly.

2 VÝUKOVÝ SYSTÉM RC2000

2.1 ZÁKLADNÍ POPIS VÝUKOVÉHO SYSTÉMU RC2000

Výukový systém rc2000 vyvíjí již řadu let firma RC společnost s r.o. přístroje pro vědu a vzdělání. Využití výukového systému je určeno zejména pro výuku elektrotechniky, automatizace, výpočetní techniky a další předměty, ve kterých by bylo možné využít jeho vlastnosti. Pro zjednodušení bychom mohli výukový systém rc2000 pojmenovat elektrotechnickou stavebnicí. Vzhledem ke způsobu práce a jednotlivým prvkům, které obsahuje, je toto pojmenování také možné a pro mnohé studenty lépe zapamatovatelné.



Obrázek 1: rc2000

Stavebnici lze pořídit v různých variantách nebo ji libovolně rozšířit zakoupením jednotlivých prvků samostatně. Některé prvky jsou určeny přímo pro určitou oblast výuky. Pro automatizační techniku bude například obsahovat elektrický motor a prvky pro jeho řízení. Součástí je vždy manuál k jednotlivým prvkům a návrhy příkladů, které lze sestavit.

Záměrem autorů je vytvářet výukový systém vhodný pro různé stupně a typy škol. Ovládání a práce se stavebnicí není proto příliš obtížná. Přesto by studentům mohl v počátcích jejich práce pomoci tento výukový kurz v elektronické podobě, který je zaměřen na komplexní seznámení s výukovým systémem rc2000.

Výukový kurz obsahuje studijní články, cvičení, úkoly a autotesty rozdělené do několika kapitol. Postupným studiem článků se student lépe seznámí se stavebnicí

nejen teoreticky, ale také praktickým ověřením získaných znalostí pomocí cvičení v závěru kapitol. Pro zjištění úrovně teoretických znalostí může využít autotesty, které vycházejí z informací uvedených v jednotlivých člancích. Na závěr výukového kurzu jsou uvedeny úkoly, které obsahují příklady určené pro výukové potřeby předmětu elektrotechnika.

2.2 VYUŽITÍ VE VÝUCE

Výukový systém rc2000 je určen pro využití na různých stupních škol. Žáci základní školy se díky jeho jednoduchosti mohou lépe seznámit s tvorbou elektronických zapojení. Vzhledem k pokročilé ochraně jednotlivých prvků stavebnice je minimalizováno její poškození vlivem nesprávného propojení jednotlivých prvků a elektrického obvodu. Tato vlastnost je velmi důležitá pro využití stavebnice na základní škole, kdy žáci nemají dostatek předchozích zkušeností se zapojováním obvodů. Zařazení do výuky by bylo možné především pro oblasti Člověk a svět práce a Fyzika.

Využití stavebnice je vhodné zejména pro střední odborné školy, které jsou zaměřeny na výuku elektrotechniky, automatizace nebo výpočetní techniky. Zařazení do výuky v odborných předmětech pomůže žákům lépe pochopit probíranou látku. Především v počátcích jejich studia, kdy nemají předchozí zkušenosti a znalosti. Kromě základních zapojení však stavebnice umožňuje tvorbu mnohem složitějších obvodů, které mohou být využity v dalších předmětech a pozdější fázi studia. Stavebnici je také možné zařadit do výuky na jiných školách, které nejsou odborně zaměřeny. Vhodné může být například využití ve výuce fyziky na gymnáziu.

Své uplatnění stavebnice nalezne na vysokých školách, kde může plnit funkci seznámení s elektrotechnikou a elektronickými obvody. Studenti pedagogických fakult s oborovým zaměřením na výuku fyziky a technické výchovy se mohou naučit pracovat se stavebnicí a následně využít svoje zkušenosti ve své výuce.

VÝUKOVÝ KURZ

Výukový kurz je zaměřen na teoretické a praktické seznámení se stavebnicí. Jeho součástí jsou příklady určené přímo pro výuku elektrotechniky a automatizační techniky. Zařazení kurzu do výuky je vhodné na úvod práce se stavebnicí. Žáci a studenti se s jeho pomocí nejprve seznámí s jednotlivými prvky a bezpečností práce. Po jeho absolvování

budou moci pracovat se stavebnicí a plnit složitější úkoly. Kurz může být následně využíván jako zdroj informací při plnění dalších úkolů.

Správným postupem pro absolvování kurzu je dodržení a studium jednotlivých článků v uvedeném pořadí. Po prostudování teoretické části kapitoly je vhodné splnit cvičení v jejím závěru. V případě problémů je možné vrátit se k teoretické části a zopakovat si předložené informace. Součástí kapitol je také autotest, který ověří získané znalosti po studiu článků a dokončení cvičení. Výsledné hodnocení upozorní na případné nedostatky. Je proto doporučeno zopakovat si informace související s chybně zodpovězenými otázkami.

První kapitola obsahuje vstupní autotest, který zjišťuje vstupní úroveň znalostí potřebných pro absolvování kurzu. V případě, že dojde k nesprávnému zodpovězení více jak poloviny uvedených otázek, je nutné doplnit si teoretické znalosti z oblasti elektrotechniky. Výukový kurz počítá s jistou úrovní znalostí, která je nutná pro jeho úspěšné absolvování. Nedostatečné vstupní znalosti mohou způsobit nenaplnění cílů kurzu.

Cíle kurzu

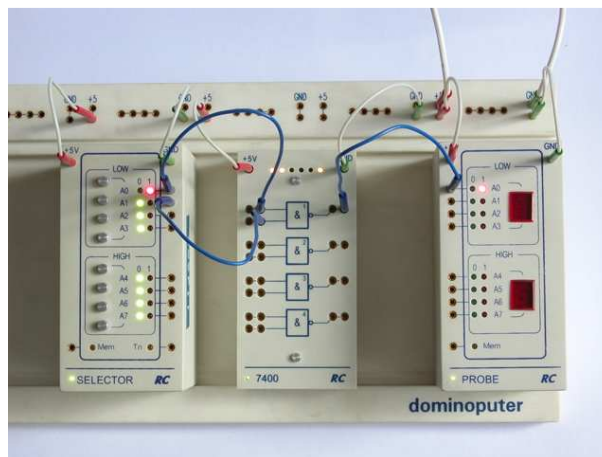
- Student se seznámí s výukovým systémem rc2000.
- Student bude dodržovat bezpečnost práce se stavebnicí.
- Student bude schopen pojmenovat jednotlivé prvky stavebnice.
- Student bude umět propojovat prvky stavebnice.
- Student bude znát ovládání přístrojů a programu stavebnice.
- Student bude schopen sestavit obvod na základě předloženého schématu.

2.3 BEZPEČNOST PRÁCE SE STAVEBNICÍ

Součástí modulů stavebnice je ochrana před jejich poškozením vlivem nesprávného propojení nebo překročení limitních hodnot. Pokud dojde k aktivaci ochrany modulu, je tento stav signalizován pomocí LED, alarmem nebo kombinací obou způsobů. V případě spuštění ochranného režimu některého z přístrojových modulů, je možné pomocí tlačítka přepnout zpětně do pracovního stavu. Nebude-li však problém, který

aktivoval ochranu modulu vyřešen, setrvá přístroj v ochranném režimu. Tím to způsobem je zajištěno, aby nedošlo k vážnému poškození modulu. Pokud bude aktivována akustická signalizace, je vhodné odpojit zapojený obvod od zdroje napětí a vyhledat v jeho zapojení chyby.

Přestože stavebnice obsahuje takto pokročilou ochranu před poškozením, je vhodné předcházet její aktivaci důkladnou kontrolou zapojeného obvodu. Pokud bychom pracovali s jinými systémy, které neumožňují tento stupeň ochrany, mohlo by dojít k jejich vážnému poškození.



Obrázek 2: Zapojení logického obvodu

NAPÁJENÍ STAVEBNICE

Stavebnice pracuje s bezpečným napětím i proudem a je proto vhodná pro využití na základní škole. Určité riziko však může představovat napájecí zdroj stavebnice, který se připojuje do síťové zásuvky 230V. Z bezpečnostních důvodů je proto vhodné, aby s tímto zdrojem manipuloval pouze vyučující. V případě jakékoliv poruchy musí žáci tento stav ohlásit vyučujícímu bezprostředně po jeho zjištění.

PROPOJOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ

Jak již bylo řečeno v úvodu, součástí stavebnice jsou ochranné prvky, které ji chrání před poškozením. Při propojování jednotlivých modulů je nutné využívat pouze propojovací vodiče, které jsou součástí stavebnice. Přestože je možné propojovat stavebnici s jinými výukovými systémy, je důležité mít v oblasti elektrotechniky dostatečné znalosti k této realizaci. Výukový kurz je zaměřen především na základy práce

se stavebnicí. Z tohoto důvodu nebudeme o propojování výukových systému uvažovat. Pro sestavování obvodů využijeme pouze prvky, které jsou součástí stavebnice.

ROZŠÍŘENÍ STAVEBNICE O DALŠÍ SOUČÁSTKY

Určitou výjimku tvoří možnost rozšíření stavebnice o další součástky. Samostatná součástka může být připevněna k propojovacímu prvku, který se vkládá do konektorů na modulech stavebnice. Tyto součástky lze v případě jejich poškození nahradit. Pokud jde o nahrazení nebo rozšíření o další součástku, je nutné využít pájení. Z bezpečnostních důvodů by se touto činností měl zabývat pouze vyučující.

PRAVIDLA PRO ZAHÁJENÍ A UKONČENÍ PRÁCE

- Před připojením napájecího zdroje stavebnice je vhodné si nejprve připravit požadované prvky, které budou nutné k sestavení obvodu.
- Následným krokem je sestavení obvodu a jeho kontrola.
- Po provedené kontrole připojíme napájecí zdroj, nastavíme jednotlivé přístroje a zahájíme měření obvodu.
- Po dokončení měření vypneme nebo odpojíme napájecí zdroj.
- Pokud jsme dosáhly požadovaných výsledků a nebudeme v měření pokračovat, rozpojme jednotlivé prvky a uložíme je na původní místo.

3 STRUKTURA VYTVOŘENÉHO VÝUKOVÉHO MATERIÁLU

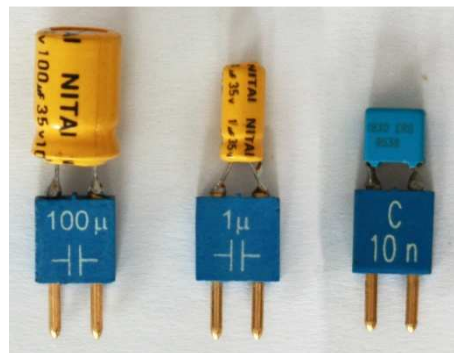
3.1 OBSAH JEDNOTLIVÝCH KAPITOL

3.1.1 KAPITOLA VÝUKOVÝ SYSTÉM RC2000

Tato kapitola se zabývá popisem výukového systému rc2000 a jeho využitelnosti ve výuce. Kapitola obsahuje studijní články nazvané *Úvod*, *Popis výukového systému* a *Využití ve výuce*. Kapitola neobsahuje cvičení, vzhledem jejímu teoretickému zaměření a částem vhodných pro vyučujícího. Na konci kapitoly je autotest nazvaný *Vstupní autotest*.

Studijní lánek *Úvod* je vhodný pro studenty i vyučujícího. Jeho součástí je představení výukového systému rc2000 a záměr autorů při jeho tvorbě. Představeno je i zamýšlené využití systému v různých oblastech vzdělání. Lze se také dozvědět, jaké možnosti máme při zakoupení výukového systému. Na úvod je zde vysvětleno, z jakého důvodu je ve výukovém kurzu využíváno označení stavebnice pro uvedený výukový systém. V závěru studijního článku je uveden krátký popis výukového kurzu a vhodný způsob jeho studia.

Následující studijní článek *Popis výukového systému* již podrobněji představuje jednotlivé prvky stavebnice, které jsou názorně prezentovány pomocí obrazových ukázek. Je zde uvedeno rozdělení prvků do různých skupin, které pomohou studentům v následujícím studiu výukového kurzu lépe identifikovat části stavebnice a jejich účel i využití. Přestože článek neobsahuje všechny prvky, které je možné při sestavování obvodů využívat a jsou také součástí stavebnice, jsou zde uvedeny jejich typické příklady.



Obrázek 3: Kondenzátory na propojovacím prvku

Poslední studijní článek v této kapitole *Využití ve výuce* je vhodný zejména pro vyučujícího, který se zde může seznámit s možnostmi zařazení výukového systému rc2000 do výuky na různých stupních škol. Kromě předmětů, ve kterých by bylo možné a vhodné se stavebnicí pracovat, obsahuje studijní článek také návrh, jakým způsobem ji zařadit do výuky na jednotlivých stupních škol. Druhá část studijního článku je věnována výukovému kurzu, kde je uveden způsob studia a jeho zařazení do výuky.

V závěru kapitoly je již zmíněný autotest pojmenovaný *Vstupní autotest*. Jeho název byl zvolen záměrně. Vzhledem k tomu, že následující kapitoly obsahují pojmy a schémata z oblasti elektrotechniky, je nutné před studiem výukového kurzu dosahovat určitého stupně znalostí. V rámci tohoto kurzu by nebylo možné doplňovat jednotlivé články o základní pojmy z elektrotechniky a zabývat se popisem různých elektrických dějů. Pokud student nebude úspěšný v absolvování uvedeného autotestu, který obsahuje hranici pro jeho úspěšné splnění, není doporučeno pokračovat ve studiu následujících kapitol. Před dalším opakováním autotestu bude nejprve nutné doplnit potřebné znalosti.

3.1.2 KAPITOLA SESTAVENÍ OBVODU

V této kapitole se studenti seznámí s bezpečností práce se stavebnicí, a způsobem jakým lze sestavovat jednotlivé elektrické obvody. Její součástí je také popis propojovacích prvků a způsobu napájení stavebnice. Kapitola obsahuje čtyři studijní články nazvané *Bezpečnost práce se stavebnicí*, *Umístění modulů do panelu stavebnice*, *Propojovací prvky* a *Napájení stavebnice*. V jejím závěru je cvičení nazvané *Připojení napájení ke stavebnici a modulům* a autotest pro ověření získaných znalostí studiem článků, pojmenovaný shodně jako název kapitoly *Sestavení obvodu*.

Prvním studijním článkem v této kapitole je *Bezpečnost práce se stavebnicí*, který je velmi důležitý pro následné využívání stavebnice a sestavování obvodů. V jeho úvodu jsou studenti seznámeni s bezpečnostními prvky, které stavebnice obsahuje a chrání ji před poškozením. Dozvědět se mohou jakým způsobem je signalizována a jak lze přepnout zpět do pracovního režimu modulu v případě aktivace uvedené ochrany. V druhé části studijního článku je uvedena bezpečnost práce při připojování k napájecímu napětí a propojování jednotlivých prvků stavebnice. Je zde také popis možného rozšíření

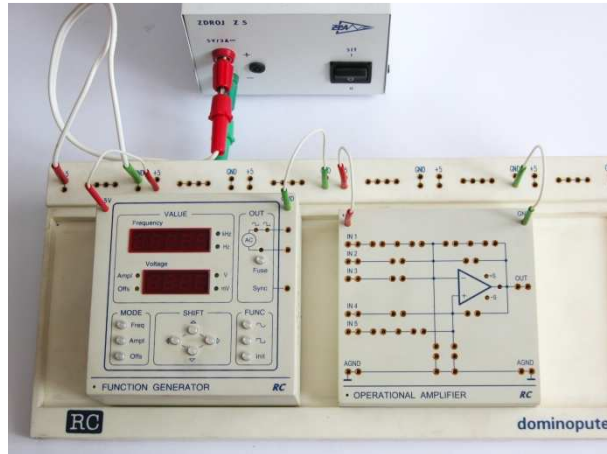
o další součástky z pohledu bezpečnosti a soupis pravidel pro zahájení a ukončení práce při elektrotechnických měřeních.

Studijní článek *Umístění modulů do panelu stavebnice* se zabývá úkonem, přecházející vlastnímu sestavování obvodu. Představuje typy panelů, jejich význam a možnosti jejich použití. Součástí studijního článku je krátký popis rozvržení jednotlivých modulů v panelu stavebnice, který by mohl žákům pomoci při sestavování obvodů. Obsahuje upozornění na důsledky vzniklé vlivem nevhodného rozvržení. Kromě názorných ukázek pomocí obrázků, je zde vymezen rozdíl mezi pojmy modul a panel stavebnice.

Následující studijní článek *Propojovací prvky* je určen pro popis propojovacích prvků stavebnice. Obsahuje různé typy propojovacích vodičů, které jsou určeny nejen pro zapojování obvodů, ale také pro napájení jednotlivých modulů. Propojovací prvky jsou rozděleny do několika skupin podle jejich určení.

Poslední článek v této kapitole *Napájení stavebnice* obsahuje popis a ukázkou propojení stavebnice s napájením. Současně je zde prezentován způsob, jakým lze napájet jednotlivé moduly, které napájení vyžadují. Student se může ve studijním článku dozvědět hlavních účely využití panelů stavebnice.

Závěrečné cvičení *Připojení napájení ke stavebnici a modulům* má za úkol, aby si student procvičil způsob propojování stavebnice se zdrojem napětí a připojení napájení k zadaným modulům. Součástí cvičení je také návrh jeho řešení v podobě vhodného pracovního postupu, který by si měl student osvojit. Pro ověření správnosti řešení je součástí postupu také obrázek se správně zapojenými prvky dle zadání. Po dokončení zadaného úkolu je v závěru kapitoly autotest *Sestavení obvodu*, určený pro ověření získaných znalostí z předchozích článků.



Obrázek 4: Napájení stavebnice

3.1.3 KAPITOLA MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ

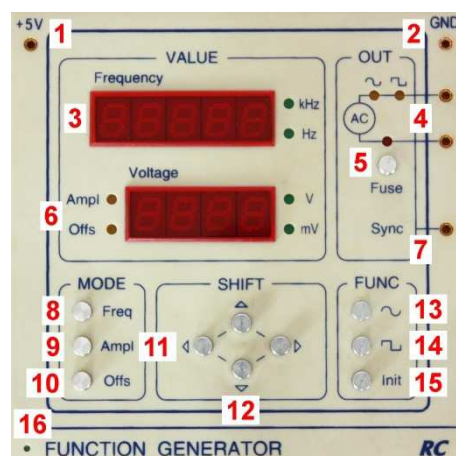
Tato kapitola obsahuje popis modulů, které slouží jako přístroje stavebnice. Jednotlivé studijní články vždy popisují vybraný přístroj z hlediska ovládání a funkcí, které lze využívat. Kromě modulů jsou zde uvedeny napájecí zdroje stavebnice. V kapitole nalezneme sedm studijních článků, které jsou pojmenovány *Napájecí zdroje stavebnice*, *Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí*, *Funkční generátor*, *Voltmetr*, *Přepínač logických stavů*, *Logická sonda se sedmi-segmentovým displejem* a *Časová základna*. Na závěr kapitoly jsou zařazena tři cvičení obsahující procvičení způsobů práce s vybranými přístroji, které budou nejčastěji využívány. Názvy cvičení souvisejí s konkrétním přístrojem a jsou nazvána *Nastavení programovatelného zdroje napětí*, *Nastavení funkčního generátoru* a *Nastavení datového slova na přepínači logických stavů a jeho propojení s logickou sondou*. Kapitola opět obsahuje autotest, který ověří získané znalosti a je pojmenován jako kapitola *Měřicí přístroje a zařízení*.

V prvním studijním článku kapitoly *Napájecí zdroje stavebnice* se student seznámí s napájecími zdroji stavebnice, které slouží k různým účelům. V popisu zdroje lze nalézt parametry a prvky, které obsahuje. Součástí studijního článku jsou doprovodné obrázky pro snazší identifikaci zdroje a možnost jejich porovnání.

Studijní článek *Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí* představuje studentům jeden z nejčastěji používaných modulů. Kromě funkcí, které zdroj obsahuje, je součástí popisu také seznámení s bezpečnostní ochranou a způsobem její indikace. Uvedeny jsou zde parametry zdroje a rozsah nastavení výstupních hodnot. Důležitý

je také způsob napájení modulu a jeho připojení k napájecímu napětí. Větší část studijního článku popisuje způsob ovládání a nastavení jednotlivých parametrů. Pomocí obrázku s popisky jsou vysvětleny jednotlivé části zdroje včetně funkce ovládacích tlačítek a jejich využití. Studentům může pomoci s prvním nastavováním zdroje vložená animace, která obsahuje nastavení zdroje dle požadavků v zadání ukázkového příkladu. K animaci je také přiložen podrobný postup v textové části.

Následující studijní článek *Funkční generátor* je druhým nejčastěji využívaným přístrojovým modulem, se kterým je vhodné studenty seznámit. V popisu přístroje jsou uvedeny schopnosti generátoru z hlediska generování výstupního signálu a také určitá omezení. Součástí tohoto modulu je opět ochrana proti poškození, která je ve studijním článku popsána. Obdobně jako u předchozího modulu, je zde uveden rozsah výstupních hodnot a parametry funkčního generátoru. A také, zda je přístroj nutné připojit k napájecímu napětí a jaké konektory k těmto účelům slouží. Způsob ovládání a nastavení výstupního signálu je popsán v následující části studijního článku. Aby bylo možné nastavit požadované parametry, je text doplněn obrázkem generátoru s popisky jeho jednotlivých částí. V závěru můžeme nalézt animaci, která představuje postup nastavení přístroje dle uvedeného zadání. Stejným způsobem, jako u programovatelného stejnosměrného zdroje napětí, obsahuje text pracovní postup, který je řešením ukázkového příkladu.



Obrázek 5: Popis funkčního generátoru

Jedním z dalších přístrojových modulů, který výukový kurz popisuje, je voltmetr. Tento studijní článek je nazván *Voltmetr*. Součástí popisu měřicího přístroje jsou režimy, ve kterých může pracovat. Nalezneme zde rozsah voltmetru, ve kterém lze měřit vstupní

hodnoty pro různé režimy měření. Obdobně jako u předchozích přístrojů, obsahuje studijní článek popis způsobu napájení modulu. Pro názornost je zde obrázek s popisky jednotlivých částí voltmetru, který je doplněn o vysvětlení v textové části. Část studijního článku je věnována ukázkovému příkladu s animací, kde je uveden pracovní postup při nastavení parametrů pro měření vstupních hodnot.

Studijní článek *Přepínač logických stavů* představuje studentům modul vhodný pro číslicové obvody. Na úvod je uveden způsob napájení modulu a popis napájecích konektorů. Možnosti přístroje a indikace jednotlivých stavů lze nalézt v další části textu studijního článku. Na základě obrázku s popisky jednotlivých částí přístroje je v textu představen vysvětlující popis se základním způsobem ovládání. V závěru studijního článku lze nalézt ukázkový příklad s uvedeným způsobem jeho řešení. Součástí příkladu je opět ukázková animace. V rámci zadání příkladu je využit modul, který je podrobněji popsán pomocí následujícího studijního článku.

Dalším studijním článkem v této kapitole je *Logická sonda se sedmi-segmentovým displejem*. Ve článku je uveden způsob využití modulu a jeho požadavky na napájení. Součástí popisu logické sondy jsou možnosti v oblasti zobrazování logických hodnot v různých kódech. Student se zde seznámí se způsobem uložení datového slova do paměti přístroje a jeho maximální velikosti. Pomocí obrázku s popisky a vysvětlením jednotlivých částí přístroje v textové části, lze lépe objasnit jeho možnosti použití v logických obvodech. V kombinaci s přepínačem logických stavů je prezentován pomocí ukázkového příkladu pracovní postup s modulem. Animace zobrazuje použití logické sondy v jednoduchém zapojení logického obvodu.

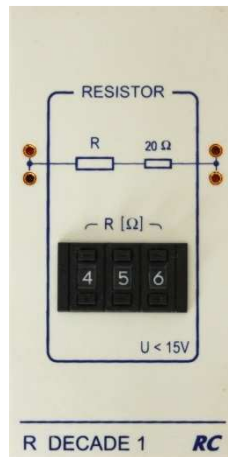
Posledním studijním článkem, který lze v kapitole nalézt, je *Časová základna*. Jakým způsobem lze připojit modul k napájení a jeho vlastní využití je uvedeno v úvodu studijního článku. Účel některých částí časové základny není na první pohled zřejmí, a proto je v popisu jednotlivých bloků uveden i jejich význam a možné použití. Popis je opět doplněn obrázkem s popisky důležitých částí modulu. V závěru studijního článku je uveden jednoduchý ukázkový příklad, který prezentuje využití děličky frekvence a spouštění časové základny. Kromě pracovního postupu, obsahuje příklad také řešení v podobě animace.

Na závěr kapitoly jsou zařazeny tři cvičení, které mají procvičit nastavení vybraných přístrojů. Jejich ovládání není složité, avšak je vhodné tuto část dostatečně procvičit, aby nevznikali problémy při samotných měřeních. První cvičení *Nastavení programovatelného zdroje napětí* obsahuje zadání úkolů zaměřených na nastavení výstupního napětí zdroje s využitím paměťové funkce zařízení. Cvičení *Nastavení funkčního generátoru* vyžaduje nastavení výstupního signálu pomocí určených hodnot. Poslední cvičení *Nastavení datového slova na přepínači logických stavů a jeho propojení s logickou sondou* je zaměřeno na procvičení ovládání a nastavení datového slova pomocí logického přepínače a logické sondy. Všechna uvedená cvičení obsahují návrh řešení s pracovním postupem. Na rozdíl od jiných cvičení zde není použit obrázek se správným řešením a připojením modulů k napájecímu napětí. Student by zde již měl umět vhodně propojit modul a panel stavebnice. V případě problémů však může nahlédnout do animací v příslušném studijním článku, kde je zobrazen celý postup. Na závěr kapitoly je zařazen autotest *Měřicí přístroje a zařízení*, který pomůže ověřit získané znalosti studiem uvedených studijních článků.

3.1.4 KAPITOLA SOUČÁSTKY A MODULY SOUČÁSTEK

Kapitola se zabývá popisem součástek a modulů se součástkami, které stavebnice obsahuje. Nejprve jsou uvedeny a rozděleny klasické součástky umístěné v propojovacích prvcích a následně moduly, ve kterých jsou součástky umístěny uvnitř. Kapitola obsahuje pět studijních článků, které jsou nazvány *Rezistory*, *kondenzátory*, *diody*, *Rezistorové moduly*, *Kapacitorové moduly*, *Indukční moduly* a *Univerzální modul pro číslicovou techniku*. Součástí jsou také dvě cvičení vycházející z obsahu studijních článků. Cvičení jsou pojmenována *Propojení a nastavení rezistorového modulu* a *Použití univerzálního modulu pro číslicovou techniku*. V závěru kapitoly je opět autotest, který ověří získané znalosti *Součástky a moduly součástek*.

Studijní článek *Rezistory, kondenzátory, diody* obsahuje rozdělení součástek, které jsou umístěny v propojovacích prvcích do kategorií odpovídajících názvu článku. Součástek shodného typu, avšak s jinou hodnotou je ve stavebnici velké množství, a proto jsou zde uvedeny jen vybrané prvky. Součástí studijního článku je popis zvolených součástek a způsob jejich použití. Kromě uvedených ukázek je zde uvedeno, jak lze jednotlivé součástky od sebe rozeznat a zvolit si její požadovanou hodnotu.



Obrázek 6: Rezistorová dekáda 1

Druhý studijní článek *Rezistorové moduly* je zaměřen na popis modulů obsahující součástku rezistor s možností změny jeho velikosti. Představeny jsou tři typy modulů, které byly součástí stavebnice v době tvorby tohoto výukového kurzu. Studenti zde mohou nalézt, zda moduly vyžadují napájení a jakým způsobem lze měnit hodnotu odporu. Součástí je také uvedení parametrů a rozsahu měnitelných hodnot u jednotlivých rezistorových modulů.

Následující studijní článek *Kapacitorové moduly* seznamuje studenty s kapacitorovými moduly, které obsahují součástku kapacitor s možností změny její hodnoty. Kromě těchto modulů, se zde seznámí také s modulem obsahující sestavu kapacitorů. Studijní článek popisuje, jakým způsobem lze měnit hodnoty kapacitorového modulu a zda modul vyžaduje napájení. U modulu s kapacitní sestavou, je uveden způsob změny výsledné hodnoty kapacity s využitím dalších součástek a propojovacích prvků.

Studijní článek *Indukční moduly* je zaměřen na popis modulu indukční sestava, který obsahuje induktor. Součástí článku je představení dalších možných modulů, které by mohla stavebnice obsahovat po jejím rozšíření o další moduly. Uvedeny jsou zde parametry modulu a jeho označení. Student se může seznámit s možným napájením modulu, a zda lze měnit hodnotu indukce.

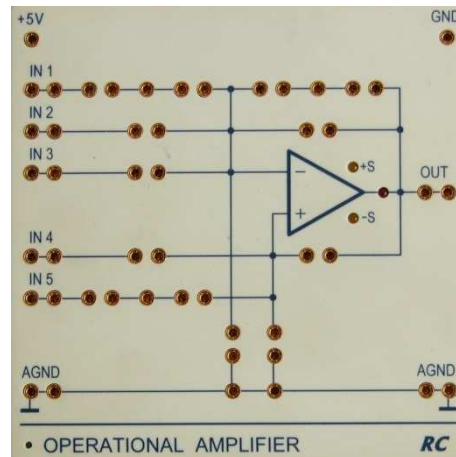
Posledním studijním článkem v této kapitole je *Univerzální modul pro číslicovou techniku*. Článek popisuje způsob napájení univerzálního modulu a představuje jeho využití při sestavování číslicových obvodů. Vzhledem k tomu, že se jedná o univerzální modul, je zde uveden způsob záměny obvodu pro jiné účely využití. Obsahuje větší množství

logických obvodů, než je ve studijním článku uvedeno, avšak z hlediska zjednodušení jsou zde uvedeny pouze tři varianty. Každý z uvedených typů je krátce představen a je zde případně uvedena pravdivostní tabulka obvodu.

V závěru kapitoly jsou dvě cvičení *Propojení a nastavení rezistorového modulu* a *Použití univerzálního modulu pro číslicovou techniku*. První cvičení je zaměřeno na procvičení sestavení obvodu pomocí rezistorových modulů a nastavení jejich hodnoty odporu. Součástí zadání je schéma zapojení a určené hodnoty pro jednotlivé rezistory. Cvičení obsahuje návrh řešení s pracovním postupem a obrázkem správného zapojení obvodu. Druhé cvičení využívá univerzální modul propojený s přepínačem logických stavů a logické sondy. Student sestaví obvod dle zadání a nastaví požadované hodnoty zobrazené na schématu zapojení. Obdobně jako předchozí cvičení, je zde opět uveden návrh řešení s obrázkem správného zapojení obvodu. Na závěr kapitoly je zařazen autotest *Součástky a moduly součástek* vycházející ověřující získané znalosti po studiu předchozích studijních článků.

3.1.5 KAPITOLA PROPOJOVACÍ MODULY A OBVODY

Tato kapitola popisuje propojovací moduly a různé obvody umístěné na modulech. Některé z uvedených obvodů jsou vhodné pro regulaci a tedy využití ve výuce automatizace. Kapitola obsahuje sedm studijních článků, které jsou pojmenovány *Propojovací moduly*, *Operační zesilovač*, *Rozdílový člen*, *Zpoždovací členy*, *Budič*, *PID regulátor* a *Motor – generátor*. Součástí kapitoly jsou také dvě cvičení *Využití propojovacího modulu* a *Invertující zapojení s operačním zesilovačem*, která slouží k praktickému procvičení zapojování obvodu, pomocí některých modulů uvedených v předchozích studijních člancích V závěru kapitoly můžeme nalézt autotest *Propojovací moduly a obvody*, vhodný pro ověření získaných znalostí.



Obrázek 7: Modul operačního zesilovače

Studijní článek *Propojovací moduly*, seznamuje studenty s moduly obsahujícími připravené obvody, vhodné pro různá zapojení. V úvodu studijního článku je uveden způsob, kterým lze sestavit výsledný obvod a také zda modul vyžaduje napájení. Představeny jsou dva typy propojovacích modulů a jejich vzájemné odlišnosti. Pomocí obrázků s popisky a vysvětlením jednotlivých částí modulů v textové části, lze následně zvolit vhodný modul pro plánované sestavení obvodu.

Druhý studijní článek v této kapitole je nazván *Operační zesilovač*. Článek popisuje modul, ve kterém je umístěna součástka operační zesilovač a připravený obvod pro tvorbu různých zapojení s tímto prvkem. Nalezneme zde také možnosti napájení modulu a popis jeho konektorů. Student se zde může seznámit se dvěma typy modulů s operačním zesilovačem, které nejsou příliš odlišné a jde pouze o novější a starší typ modulu. Jednotlivé části modulu jsou popsány pomocí obrázku s popisky.

Následující studijní článek *Rozdílový člen* seznamuje studenty s modulem obsahujícím rozdílový zesilovač a relé se spínacím kontaktem. V úvodu je uvedeno možné využití modulu a způsob jeho napájení. Studijní článek obsahuje popis způsobu zapojení obvodů modulu a základní seznámení s jejich funkcí. Ve druhé části textu nalezneme vysvětlující popis k obrázku s popisky. Pro zjednodušení při zapojování modulu do obvodu, je zde uveden význam jednotlivých konektorů.

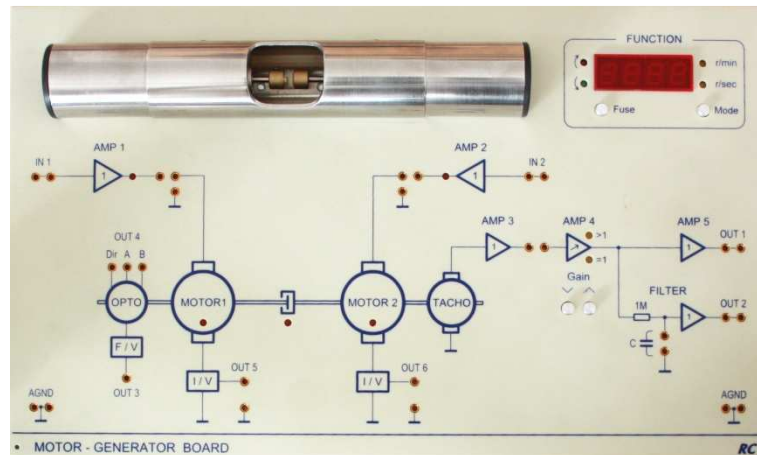
Studijní článek *Zpoždovací členy* popisuje modul, který obsahuje čtyři nezávislé zpoždovací členy a jejich možné využití. Je zde uveden způsob napájení modulu a propojení jednotlivých prvků v zapojení zpoždovacího členu. Studijní článek popisuje

možnou úpravu výstupních parametrů obvodu změnou součástek. Části modulu jsou zobrazeny na obrázku s popisky, které jsou doplněny o vysvětlení v textové části studijního článku.

Další studijní článek v této kapitole je nazván *Budič*. Studenti se zde seznámí s modulem, který obsahuje výkonový zesilovač. Představena je ochrana modulu proti poškození vlivem teplotního nebo proudového přetížení. V případě aktivace ochrany modulu, je zde uveden způsob přechodu zpět do pracovního režimu. Součástí studijního článku je také popis parametrů modulu, a zda vyžaduje samostatné napájení. Pomocí obrázku s popisky jednotlivých částí, jsou vysvětleny důležité části modulu.

Studijní článek *PID regulátor* je zaměřen na popis modulu obsahujícího proporcionální, integrační, derivační a sumační části. Seznámíme se zde s možným použitím modulu a způsobu jeho napájení. Studijní článek popisuje možnou úpravu obvodů jednotlivých částí pro změnu výstupních Součástí je také uvedení způsobu, jakým lze dosáhnout změny zapojení obvodu pomocí součástek. Části modulu jsou podrobněji popsány pomocí obrázků s popisky a textu s jejich vysvětlením.

Posledním článkem v této kapitole je *Motor – generátor*, který popisuje modul obsahující velký počet prvků. Kromě dvou spojených stejnosměrných motorů, se studenti seznámí s dalšími obvody obsahující výkonové zesilovače, různé druhy převodníků, optický snímač otáček nebo tachodynamo. Popsaný je zde způsob napájení modulu pomocí samostatného zdroje napájení. Jednotlivé části modulu jsou zde podrobně popsány a doplněny o obrázek s popisky. Studenti se zde mohou dozvědět různé způsoby využití jednotlivých obvodů na modulu a význam přiřazených konektorů. Modul obsahuje řadu bezpečnostních prvků pro jeho ochranu, které jsou zde krátce zmíněny.



Obrázek 8: Modul motor – generátor

V závěru kapitoly nalezneme dvě cvičení *Využití propojovacího modulu a Invertující zapojení s operačním zesilovačem*, která je vhodná vypracovat bezprostředně po prostudování předchozích článků. První cvičení využívá propojovací modul a součástky, které se do něj dle zadání a schématu zapojení umísťují. Druhé cvičení je zaměřeno na využití modulu s operačním zesilovačem při sestavení obvodu uvedeného ve schématu zapojení. Pod cvičeními je uveden návrh řešení, který kromě pracovního postupu obsahuje obrázek se správným řešením zapojeného obvodu. Pro ověření získaných znalostí je v závěru kapitoly zařazen autotest *Propojovací moduly a obvody*.

3.1.6 KAPITOLA PROPOJENÍ S POČÍTAČEM A PROGRAM RC2000

V této kapitole se můžeme seznámit se způsobem propojení stavebnice a počítače. K těmto účelům slouží program rc2000, který je součástí popisu studijních článků. Kapitola obsahuje tři studijní články nazvané *Komunikační modul*, *Popis programu rc2000* a *Ovládání programu rc2000*. V závěru kapitoly je zařazeno cvičení *Dvoukanálový osciloskop* a autotest *Propojení s počítačem a program rc2000*, pro ověření získaných znalostí studiem článků.

Studijní článek *Komunikační modul* popisuje modul určený pro komunikaci s počítačem. Součástí článku je způsob propojení modulu a počítače a také samotné napájení modulu pomocí zdroje napětí. Modul obsahuje několik částí, které slouží k různým účelům. Tyto části jsou ve studijním článku podrobně vysvětleny a označeny pomocí obrázku s popisky. Na komunikačním modulu lze nalézt řadu vstupních a výstupních konektorů, které jsou součástí uvedeného popisu.

Druhý studijní článek *Popis programu rc2000* se zabývá popisem programu rc2000, z hlediska nastavení a propojení s komunikačním modulem. Je zde uveden pracovní postup, jakým lze propojit obě zařízení a pomocí aplikace, která je součástí programu rc2000 vyhledat připojený komunikační modul. Kromě uvedeného návodu, zde můžeme nalézt způsob nastavení zobrazení programu, vhodný zejména pro různé monitory s odlišným poměrem stran. Představeno hlavní menu programu a ukázka okna přístroje. Na závěr studijního článku je vložena animace s pracovním postupem pro vyhledání komunikačního modulu a nastavení zobrazení programu.

Studijní článek *Ovládání programu rc2000* je zaměřen na konkrétní způsob ovládání vybraného přístroje. Vzhledem k podobnosti jednotlivých ovládacích prvků byl zvolen nejčastěji využívaný dvoukanálový osciloskop, na kterém jsou představeny jednotlivé ovládací a zobrazovací části přístrojového okna. Součástí studijního článku je obrázek s popisky uvedeného okna a vysvětlujícím popisem v textové části. V závěru článku je animace prezentující základní ovládání přístroje včetně uložení získaných výsledků. Animace je doplněna pracovním postupem v textu článku.

Kapitola obsahuje také cvičení *Dvoukanálový osciloskop* vycházející z předchozího studijního článku, které je zaměřeno na procvičení ovládání dvoukanálového osciloskopu. Součástí je propojení funkčního generátoru s komunikačním modulem a nastavením požadovaných hodnot. Cvičení obsahuje návrh řešení s pracovním postupem a obrázkem správného propojení funkčního generátoru a komunikačního modulu. V závěru kapitoly nalezneme autotest *Propojení s počítačem a program rc2000*, vycházející z předchozích článků, který slouží k ověření získaných znalostí.

3.1.7 KAPITOLA PŘÍKLADY URČENÉ PRO ELEKTROTECHNICKÁ MĚŘENÍ

Tato kapitola obsahuje příklady vhodné pro výuku elektrotechniky. Zadání příkladů je ve výukovém kurzu rozděleno do pěti cvičení, která jsou nazvána *Měření VA charakteristiky diody*, *Měření VA charakteristiky Zenerovy diody*, *Sériový rezonanční obvod RLC*, *Invertující zapojení s operačním zesilovačem* a *Neinvertující zapojení s operačním zesilovačem*. Na rozdíl od ostatních cvičení, která jsou v kurzu uvedena, neobsahují tyto návrh řešení. Studenti vypracují řešení a odevzdají jej vyučujícímu prostřednictvím textového dokumentu.

První cvičení *Měření VA charakteristiky diody* je zaměřeno na měření volt-ampérové charakteristiky diody a zjištění prahového napětí. U tohoto cvičení, se studenti naučí určit katodu a anodu diody pomocí voltmetru a určit tak závěrný a propustný směr. Měření bude prováděno pro křemíkové diody a svítivé diody (LED).

Cvičení *Měření VA charakteristiky Zenerovy diody* je obdobou předchozího. Opět bude měřena volt-ampérová charakteristika a zjištění prahového napětí diody. Studenti si vyzkoušejí určení závěrného a propustného směru diody. Vzhledem k tomu, že v tomto cvičení pracují se Zenerovo diodou, budou zjišťovat hodnotu Zenerova napětí.

Třetí cvičení *Sériový rezonanční obvod RLC*, je zaměřeno na zjištění rezonanční frekvence zapojeného sériového rezonančního obvodu výpočtem. A následným ověřením pomocí měření na osciloskopu. Jednotlivé hodnoty součástek jsou určeny v zadání. Jedním z úkolů je změna hodnoty kapacitoru provedení měření a porovnání zjištěných výsledků.

Cvičení *Invertující zapojení s operačním zesilovačem* seznamuje studenty s uvedeným zapojením obvodu. Pomocí výpočtu a měření sestaveného obvodu určí hodnotu zesílení. Při měření využijí funkční generátor nastavený dle zadání. Ověří funkci obvodu pomocí stejnosměrného zdroje napětí a voltmetru. Součástí cvičení je také navržení vlastního obvodu s požadovaným zesílením dle zadání.

Poslední cvičení v této kapitole *Neinvertující zapojení s operačním zesilovačem*, je obdobou předchozího. Studenti vypočítají a ověří hodnotu zesílení obvodu s využitím funkčního generátoru a osciloskopu. Provedou měření pomocí stejnosměrného zdroje napětí a voltmetru a navrhnu obvod s určeným zesílením. Pro ověření správnosti obvodu provedou opakované měření.

3.1.8 KAPITOLA LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE

Závěrečná kapitola obsahuje studijní článek *Literatura a použité zdroje*, ve kterém je uvedena literatura a další materiály použité při sestavení výukového kurzu. Zdroje jsou rozděleny do dvou skupin na literaturu a ostatní materiály.

3.2 UKÁZKA STUDIJNÍCH ČLÁNKŮ A CVIČENÍ

V této kapitole můžeme nalézt vybrané studijní články a cvičení z vytvořeného studijního elektronického materiálu. Jednotlivé textové části a obrázky jsou převzaty přímo z výukového kurzu a upraveny pro možné vložení do této práce.

3.2.1 STUDIJNÍ ČLÁNEK PROGRAMOVATELNÝ STEJNOSMĚRNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

PROGRAMOVATELNÝ STEJNOSMĚRNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

Zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**) je jedním z přístrojů, který budeme velmi často využívat při zapojení elektronického obvodu. Na rozdíl od zdroje, který napájí stavebnici, je u tohoto lze měnit výstupní napětí s možností uložení do paměti. Je možné uložit až 8 hodnot napětí, které během měření můžeme využívat. Velmi důležitou součástí zdroje je ochrana proti přetížení, která je indikována pomocí LED na zdroji. V případě přetížení zdroje, přejde do ochranného režimu, který je možné ukončit pomocí tlačítka. Před zapojováním do obvodu si pozorně prostudujte článek [2.1] *Bezpečnost práce se stavebnicí*. Modul obsahuje napájecí konektory **+ 5 V** a **GND**, které je nutné propojit s napájecími konektory na panelu stavebnice. Bez připojeného napájení není možné modul využívat.

Podívejme se na obrázek



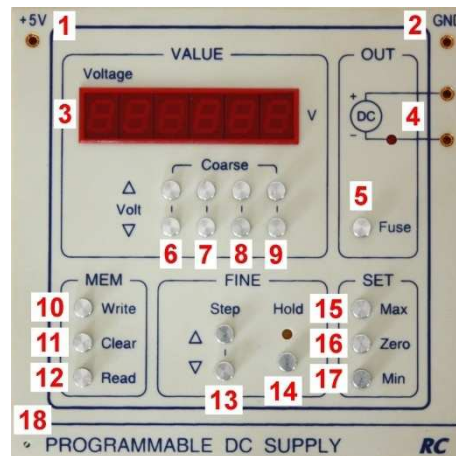
Obrázek 9: Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí

Výstupní napětí zdroje je v rozsahu $-10,24$ V až $10,24$ V a maximální výstupní proud je 250 mA. Díky malému výstupnímu odporu ($<0,1 \Omega$) se zdroj chová jako ideální. Přestože skutečně ideální zdroj napětí neexistuje, je možné se k němu přiblížit,

co nejmenším vnitřním odporem. V našem případě uvažujeme o ideální zdroj napětí, který se chová tak, že napětí na svorkách zdroje je nezávislé na připojené zátěži.

Napětí zdroje můžeme měnit v různých krocích pomocí tlačítek. Hodnota nastaveného napětí je zobrazeno pomocí sedmi-segmentového displeje, kdy nejmenší zobrazená hodnota je ± 1 mV. Případně lze nastavit menší hodnotu pomocí dalších ovládacích tlačítek po 50 μ V. Menší hodnoty než ± 1 mV však zdroj nezobrazuje. Kromě postupného nastavení lze přepínat mezi mezními hodnotami napětí nebo nastavit nulovou hodnotu.

Podívejme se na obrázek



Obrázek 10: Popis programovatelného stejnosměrného zdroje napětí

- 1...Napájecí konektor zdroje **+5V**, připojuje se k panelu pro moduly.
- 2...Napájecí konektor zdroje **GND** (zem), připojuje se k panelu pro moduly.
- 3...Sedmi-segmentový displej **Voltage** v bloku **VALUE** zobrazující aktuálně nastavenou hodnotu napětí. Nejmenší možná zobrazovaná hodnota ± 1 mV.
- 4...Konektory výstupního stejnosměrného napětí v bloku **OUT**. U spodního konektoru je umístěna červená LED indikující přetížení zdroje. Výstupní napětí zdroje lze nastavit v rozsahu -10,24 V až 10,24 V.
- 5...Pomocí tlačítka **Fuse**, umístěného v bloku **OUT**, lze ukončit ochranný režim zdroje v případě jeho přetížení.
- 6...Pomocí prvních tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE**, lze nastavit hodnotu napětí v kroku 1 V.

- 7...Pomocí druhých tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE**, lze nastavit hodnotu napětí v kroku 100 mV.
- 8...Pomocí třetích tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE**, lze nastavit hodnotu napětí v kroku 10 mV.
- 9...Pomocí čtvrtých tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE**, lze nastavit hodnotu napětí v kroku 1 mV.
- 10...Tlačítko **Write** v bloku **MEM** slouží k uložení nastavené hodnoty napětí do paměti zdroje. Lze uložit až 8 hodnot napětí.
- 11...Tlačítko **Clear** v bloku **MEM** slouží k vymazání všech uložených hodnot napětí v paměti zdroje.
- 12...Tlačítko **Read** v bloku **MEM** slouží k načtení uložené hodnoty napětí z paměti zdroje.
- 13...Pomocí tlačítek **Step** v bloku **FINE**, lze nastavit hodnotu napětí v kroku 50 μ V, která se však nezobrazuje na displeji zdroje.
- 14...Tlačítkem **Hold** v bloku **FINE**, lze uložit nastavenou hodnotu (tlačítky **Step**) do paměti.
- 15...Pomocí tlačítka **Max** v bloku **SET** nastavíme nejvyšší možnou hodnotu napětí 10,24 V.
- 16...Pomocí tlačítka **Zero** v bloku **SET** nastavíme napětí na 0 V.
- 17...Pomocí tlačítka **Min** v bloku **SET** nastavíme nejnižší možnou hodnotu napětí -10,24 V.
- 18...LED indukující připojení modulu k napájecímu napětí.

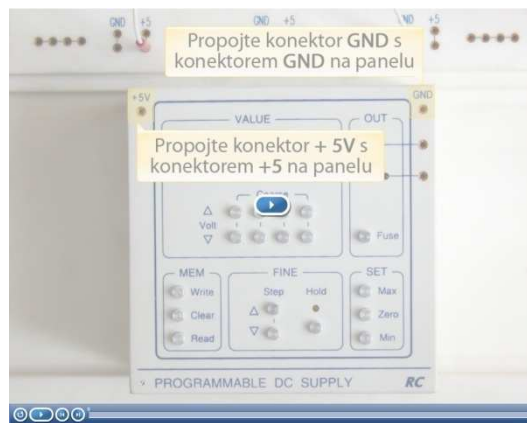
NASTAVENÍ VÝSTUPNÍHO NAPĚTÍ ZDROJE

V následující animaci nastavíme výstupní napětí zdroje pomocí ovládacích tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE** na hodnotu **6,45 V**. Uložíme ji následně do paměti tlačítkem **Write** a zvolíme maximální napětí **10,24 V**, pomocí tlačítka **Max**. V závěru animace obnovíme z paměti uloženou hodnotu tlačítkem **Read** a vyzkoušíme nastavit nulovou hodnotu napětí pomocí tlačítka **Zero**.

1. Propojte konektor modulu **+5V** s konektorem **+5** na panelu a následně konektor modulu **GND** s konektorem **GND** na panelu.

2. Stiskněte opakovaně první tlačítko **Coarse** v bloku **VALUE** pro nastavení číslice **6** na displeji.
3. Stiskněte opakovaně druhé tlačítko **Coarse** v bloku **VALUE** pro nastavení číslice **4** na displeji.
4. Stiskněte opakovaně třetí tlačítko **Coarse** v bloku **VALUE** pro nastavení číslice **5** na displeji. Nastavili jsme hodnotu výstupní napětí na **6,45 V**.
5. Stiskněte tlačítko **Write** v bloku **MEM** pro uložení aktuálně nastavené hodnoty napětí do paměti zdroje.
6. Stiskněte tlačítko **Max** v bloku **SET** pro nastavení maximální hodnoty napětí zdroje. Nastavili jsme hodnotu výstupní napětí na **10,24 V**.
7. Stiskněte tlačítko **Read** v bloku **MEM** pro načtení uložené hodnoty napětí. Nastavili jsme hodnotu výstupní napětí na **6,45 V**.
8. Stiskněte tlačítko **Zero** v bloku **SET** pro nastavení nulové hodnoty napětí. Nastavili jsme hodnotu výstupní napětí na **0 V**.

Podívejme se na animaci



Obrázek 11: Nastavení programovatelného stejnosměrného zdroje napětí

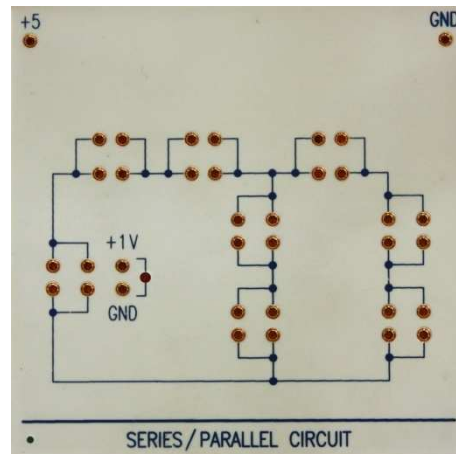
3.2.2 STUDIJNÍ ČLÁNEK PROPOJOVACÍ MODULY

PROPOJOVACÍ MODULY

Propojovací moduly slouží k sestavování elektronických obvodů. Obsahují různé typy obvodů, které jsou v klidovém stavu rozpojeny. Vložení vhodných součástek do rozpojeného místa s konektory, vytvoříme vlastní obvod. Kombinací více modulů je možné vytvořit jiné, značně složitější obvody. Před zapojováním obvodů si pozorně

prostudujte článek [2.1] *Bezpečnost práce se stavebnicí*. Modul obsahuje napájecí konektory **+ 5 V** a **GND**, které je nutné propojit s napájecími konektory na panelu stavebnice. Bez připojeného napájení není možné modul využívat.

Podívejme se na obrázek

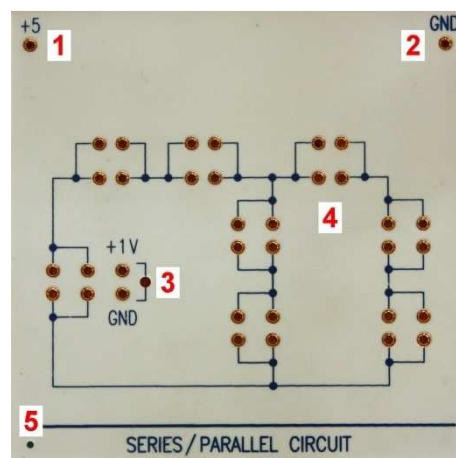


Obrázek 12: Propojovací panel

SÉRIOVÝ / PARALELNÍ OBVOD

Propojovací modul (**SERIES / PARALLEL CIRCUIT**) obsahuje dva základní typy obvodů. Pomocí tohoto modulu lze vytvořit sériové i paralelní zapojení. Součástí modulu je také vnitřní stejnosměrný zdroj se stálým výstupním napětím + 1 V. Lze jej využít pro různá elektronická zapojení. Přetížení zdroje je indikováno pomocí LED, která je umístěna u jeho výstupních konektorů.

Podívejme se na obrázek



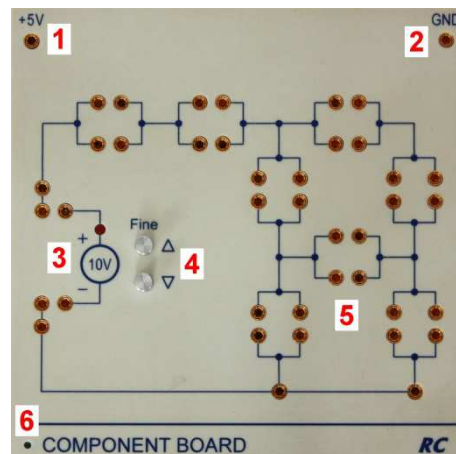
Obrázek 13: Popis propojovacího panelu

- 1...Napájecí konektor zdroje **+5 (V)**, připojuje se k panelu pro moduly.
- 2...Napájecí konektor zdroje **GND (zem)**, připojuje se k panelu pro moduly.
- 3...Výstupní konektory stejnosměrného zdroje napětí s indikací přetížení pomocí LED.
- 4...Předdefinovaný obvod, který je rozpojený. Vložení vhodných součástek vznikne vlastní zapojení. Je určen především pro sériové a paralelní obvody.
- 5...LED indukující připojení modulu k napájecímu napětí.

MODUL PRVKŮ

Tento propojovací modul (**COMPONENT BOARD**) je novější verzí předchozího typu. Opět lze s jeho pomocí sestavit sériová i paralelní zapojení. Obsahuje však více konektorů a rozpojení. Díky tomu je možné vytvořit větší množství různých obvodů než u předchozího typu. Součástí modulu je také stejnosměrný zdroj napětí, u kterého můžeme nastavit hodnotu výstupního napětí. Pomocí tlačítek u zdroje lze měnit napětí v kroku 0,4 mV. Rozsah zdroje je v rozsahu 0 až 10 V. V případě přetížení zdroje je tento stav indikován pomocí LED umístěné u výstupních konektorů. Regulovatelný zdroj napětí s větším rozsahem poskytuje více možností využití u různých elektronických zapojení.

Podívejme se na obrázek



Obrázek 14: Popis modulu prvků

- 1...Napájecí konektor modulu **+5V**, připojuje se k panelu pro moduly.
- 2...Napájecí konektor modulu **GND (zem)**, připojuje se k panelu pro moduly.
- 3...Výstupní konektory stejnosměrného zdroje napětí s indikací přetížení pomocí LED.

4...Pomocí tlačítek **Fine** lze nastavit hodnoty napětí v rozsahu 0 až 10V. Každým stisknutím tlačítka přičteme nebo odečteme hodnotu (krok) 0,4 mV. Hodnoty napětí však nejsou zobrazovány. Je proto nutné si pamatovat počet stisknutí nebo změřit výstupní napětí pomocí voltmetru.

5...Předefinovaný obvod, který je rozpojený. Vložením vhodných součástek vznikne vlastní zapojení. Je určen především pro sériové a paralelní obvody.

6...LED indukující připojení modulu k napájecímu napětí.

3.2.3 CVIČENÍ NASTAVENÍ PROGRAMOVATELNÉHO ZDROJE NAPĚTÍ

ZADÁNÍ

Do panelu stavebnice vložte Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**) a nastavte následující parametry.

1. Výstupní hodnotu napětí **10 V** uložte do paměti zdroje.
2. Výstupní hodnotu napětí **3,52 V** uložte do paměti zdroje.
3. Nastavte maximální hodnotu napětí **10,24 V**.
4. Postupně nastavte napětí zdroje uložené v paměti.

ŘEŠENÍ

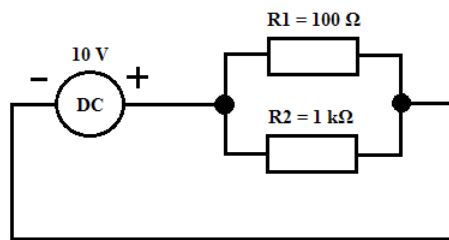
1. Propojte konektor modulu **+ 5V** s konektorem **+5** na panelu a následně konektor modulu **GND** s konektorem **GND** na panelu.
2. Pomocí tlačítek **Coarse** v bloku **VALUE** nastavte požadovanou hodnotu napětí.
3. Tlačítkem **Write** v bloku **MEM** uložte aktuálně nastavenou hodnotu napětí do paměti zdroje.
4. Opakujte předchozí postup s nastavením napětí a jeho uložením do paměti zdroje. Nezapomeňte, že lze uložit až 8 hodnot napětí.
5. Tlačítkem **Max** v bloku **SET** nastavte maximální hodnotu napětí.
6. Stisknutím tlačítka **Read** v bloku **MEM** načtete uložené hodnoty napětí.

3.2.4 CVIČENÍ VYUŽITÍ PROPOJOVACÍHO MODULU

ZADÁNÍ

Využijte propojovací modul **COMPONENT BOARD** k sestavení obvodu s paralelním řazením rezistorů. Obvod sestavte dle následujícího schématu zapojení. Hodnoty rezistorů jsou **R1 = 100 Ω** a **R2 = 1 kΩ**. Napětí zdroje nastavte na **10 V**.

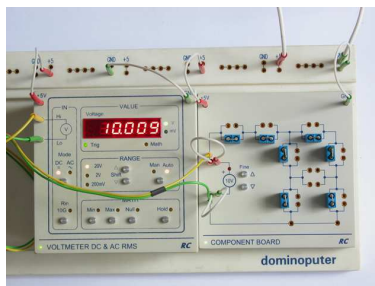
Schéma zapojení



Obrázek 15: Paralelní zapojení rezistorů

ŘEŠENÍ

1. Do panelu stavebnice vložte modul **COMPONENT BOARD**.
2. Vyhledejte součástky rezistor umístěné na propojovacím prvku s uvedenými hodnotami.
3. Vložte součástky do konektorů modulu. Pro dokončení obvodu je nutné propojit vodiči nebo propojovacími prvky ostatní rozpojené části.
4. Připojte napájení modulu pomocí panelu stavebnice.
5. Připojte zdroj napětí na propojovací modul do obvodu a nastavte maximální napětí 10 V pomocí tlačítek **Fine**.



Obrázek 16: Zapojení pomocí rc2000

4 NÁVRH PŘÍKLADŮ VHODNÝCH PRO VÝUKU

4.1 VOLBA OBSAHU JEDNOTLIVÝCH PŘÍKLADŮ

Před vlastním návrhem jednotlivých příkladů bylo nutné prověřit, jaké možnosti při tvorbě elektronických obvodů výukový systém rc2000 nabízí. Studium manuálů a dokumentů přiložených k uvedenému systému bylo možné získat představu o budoucí realizaci požadovaných příkladů. Množství úloh, které lze sestavit je mnoho. Každá z úloh obsahuje stručné zadání, schémata zapojení, podle kterých lze obvod sestavit a případné výsledky měření pomocí programu rc2000. Prvotním záměrem bylo vytvořit vlastní příklady, avšak vzhledem k rozsahu úloh je vhodné vycházet z těchto ukázek.

Přiložený dokument s úlohami lze považovat za inspiraci pro vyučujícího, který následně sestaví příklady pro výuku na základě uvedených možností. Pro naplnění požadavků pro zpracování této diplomové práce, bylo zvoleno pět příkladů vhodných pro výuku elektrotechniky. Nejprve bylo nutné zvolit vhodné oblasti, pro které budou příklady zpracovány. První oblastí bylo seznámení studentů s volt-ampérovými charakteristikami různých typů diod a jejich dalšími parametry. Druhou oblastí je využití rezonančního obvodu, včetně popisu grafického znázornění výstupních signálů. Poslední zvolenou oblastí pak základní zapojení s operačními zesilovači.

Jednotlivé příklady jsou sestaveny tak, aby studenty seznámily především se základy v jednotlivých oblastech. Před zařazením do výuky bude nejprve nutné prezentovat teoretické poznatky, aby bylo možné zpracovat úkoly v zadání. Součástí každého příkladu je seznam potřebných pomůcek, které vycházejí z dostupných prvků výukového systému rc2000. Následně je zařazen krátký úvod pro seznámení se základními informacemi o konkrétním tématu. Tyto budou nutné pro vypracování jednotlivých úkolů. Využita jsou zde schémata zapojení a různé obrázky, např. s výstupními charakteristikami prezentovaného zapojení. Po prostudování této části příkladu následuje zadání úkolů, které prověřují porozumění uvedených informací a také dalších poznatků, získaných během předchozí výuky. Důležitým kritériem pro sestavení příkladů vhodných pro výuku, byla možnost jejich realizace pomocí výukového systému rc2000. Přestože příklady obsahují jen základní informace pro jejich vypracování, je možné je pro zkušenější studenty doplnit nebo přidat další komplexnější úkoly. Po zhotovení zadání bylo nutné

ověřit, zda příklady mohou být bez větších problémů vypracovány. Tuto problematiku se zabýváme v následující části diplomové práce.

4.2 REALIZACE PŘÍKLADŮ

Tato kapitola obsahuje řešené příklady, které jsou obsaženy ve výukovém kurzu. Součástí kurzu není jejich řešení. Vzhledem k tomu, že žáci budou příklady řešit samostatně a po jejich dokončení odevzdají své výsledky ke kontrole v podobě vypracované zprávy, je nevhodné uvádět řešení příkladů přímo ve výukovém kurzu. Uvedené příklady jsou sestaveny pomocí výukového systému rc2000, včetně jejich praktického ověření, které je uvedeno po prezentaci příkladů.

4.2.1 MĚŘENÍ VA CHARAKTERISTIKY DIODY

ZADÁNÍ

Potřeby

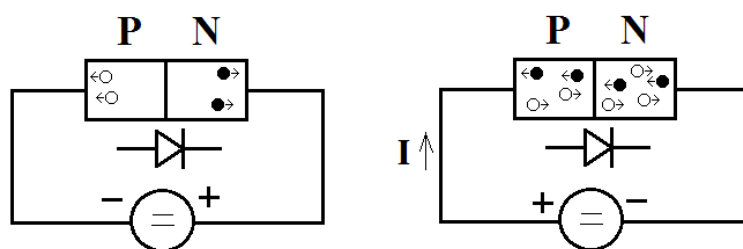
- modul prvků (**COMPONENT BOARD**)
- komunikační modul (**ANALOG & DIGITAL DATA UNIT**)
- programovatelný stejnosměrný zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**)
- voltmetr (**VOLTMETER DC & AC RMS**)
- stejnosměrný zdroj napětí **Z5**
- propojovací vodiče
- rezistor **R = 100 Ω**
- křemíková dioda **1N4070**, LED (červená, zelená, žlutá)

Úvod

Dioda je polovodičová součástka, která je určena pro vedení proudu pouze v jednom směru. Tuto její základní vlastnost umožňuje přechod **P – N**. Dioda má dva vývody anodu (**A**) a katodu (**K**). Pokud není přechod **P – N** připojen k vnějšímu napětí, dochází uvnitř diody ke vzniku tzv. potenciálové bariéry, který zabraňuje průchodu proudu. Zapojením diody do obvodu v propustném směru, dojde k překonání bariéry a začne procházet proud. Kladné nosiče náboje jsou přitahovány záporným napětím a volné elektrony kladným napětím.

Při zapojení diody do obvodu v závěrném směru obrátíme polaritu napětí. Uvnitř diody dojde k vytvoření prázdné oblasti a nemůže proto procházet proud. Při výrobě diod nelze vytvořit zcela čistý materiál, a proto u diody zapojené v závěrném směru může procházet určitý zbytkový proud, který je však u většiny součástek zanedbatelný.

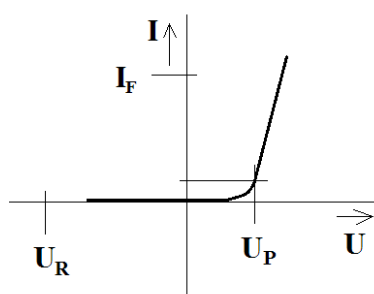
Dioda v propustném a závěrném směru



Obrázek 17: Zobrazení přechodu PN diody

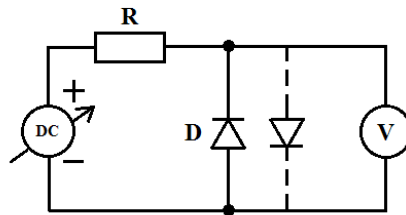
Měřením volt-ampérové charakteristiky diody lze pozorovat, že se součástka chová odlišně při změně polarity napětí, tedy zapojení v propustném nebo závěrném směru. Při překročení prahového napětí roste proud velmi rychle, nesmíme však překročit mezní proud I_F diody v propustném směru. V případě jeho překročení by došlo ke zničení diody. Jak již bylo uvedeno, proud v závěrném směru je většinou zanedbatelný, nesmíme však překročit mezní závěrné napětí U_R . Došlo by opět ke zničení diody, tzv. průrazu.

VA charakteristika diody



Obrázek 18: VA charakteristika diody

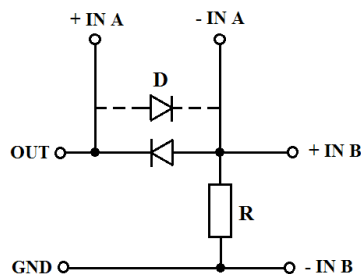
Schéma zapojení



Obrázek 19: Zapojení diody v propustném a závěrném směru

Úkoly

1. Určete anodu a katodu diody. Pomocí schématu zapojení sestavte obvod a zjistěte, kdy je dioda zapojena v propustném, a kdy v závěrném směru. Na stejnosměrném zdroji napětí nastavte hodnotu **1 V**.
2. Změřte volt-ampérovou charakteristiku diody a určete prahové napětí U_p . Obvod pro měření zapojte dle následujícího schématu. Využijte **ANALOG INPUT** a **ANALOG OUTPUT** na komunikačním modulu a program rc2000 pro měření VA charakteristik.



Obrázek 20: Propojení s komunikačním panelem

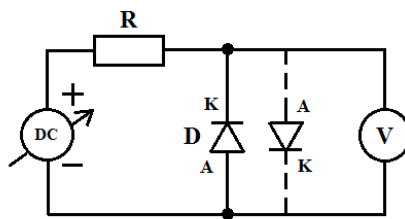
3. Zjistěte prahové napětí LED, kdy dojde k jejímu rozsvícení. Proved'te měření pro různé barvy diod (zelená, červená, žlutá) a porovnejte získané výsledky. Zapojte diodu v propustném směru dle prvního schématu zapojení. Napětí zvyšujte v kroku **0,1 V**, dokud nedojde k rozsvícení LED.

ŘEŠENÍ

Úkol 1

Celkové napětí U , je součtem napětí na rezistoru U_R a napětí na diodě U_D . Pokud zapojíme diodu v závěrném směru, bude mít „nekonečně“ velký odpor. V tomto případě bude napětí $U_D = U$ a na voltmetru změříme hodnotu napětí zdroje. Dioda zapojená v propustném směru se bude chovat jako „malý“ rezistor. V tomto případě bude napětí $U_D = U - U_R$ a na voltmetru změříme napětí na diodě.

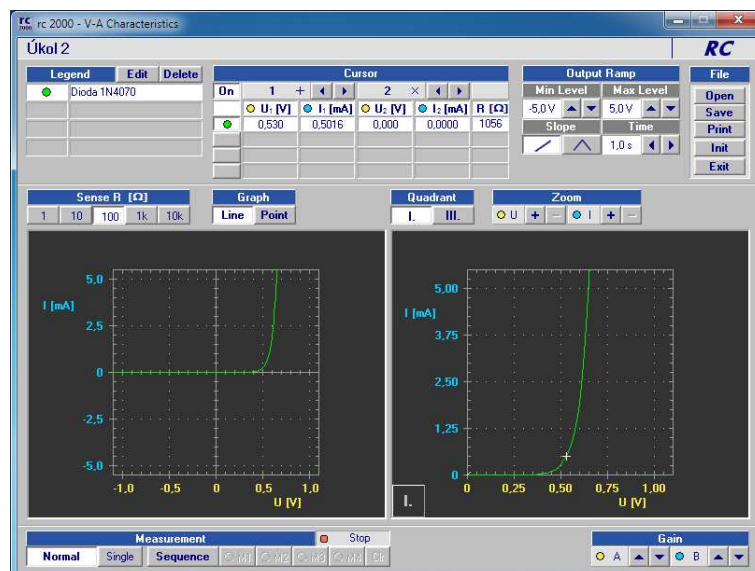
Doplnění katody a anody do schématu zapojení



Obrázek 21: Schéma zapojení diody

Úkol 2

Měření VA charakteristiky diody pomocí programu rc2000



Obrázek 22: VA charakteristika diody

Měření volt-ampérové charakteristiky jsme provedli pro rozsah napětí -5 V až 5 V . Pomocí kurzoru lze odečíst prahové napětí $U_p = 0,53\text{ V}$ diody **1N4070**. Při nahlédnutí do katalogu součástek měřené napětí odpovídá uvedené hodnotě $U_p = 0,51\text{ V}$.

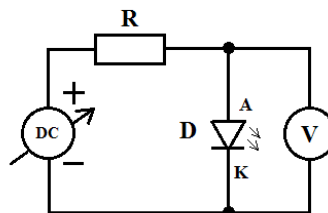
Úkol 3

V následující tabulce jsou uvedeny naměřené hodnoty prahového napětí pro různé LED. Každá z LED měla odlišnou hodnotu prahového napětí. Při počátečních hodnotách napětí se dioda chovala jako „nekonečně“ velký odpor a na voltmetru bylo měřeno napětí zdroje $U_D = U$. Při dosažení prahového napětí začala LED svítit a voltmetr napětí na diodě $U_D = U - U_R$.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty prahového napětí

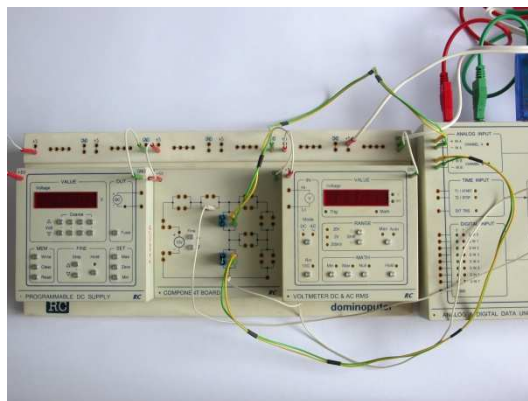
Barva LED	Prahové napětí U_p
zelená	1,8 V
červená	1,7 V
žlutá	1,9 V

Schéma zapojení



Obrázek 23: Schéma zapojení LED

Realizace pomocí rc2000



Obrázek 24: Zapojení diody pomocí rc2000

4.2.2 MĚŘENÍ VA CHARAKTERISTIKY ZENEROVY DIODY

ZADÁNÍ

Potřeby

- modul prvků (**COMPONENT BOARD**)
- komunikační modul (**ANALOG & DIGITAL DATA UNIT**)
- programovatelný stejnosměrný zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**)
- voltmetr (**VOLTMETER DC & AC RMS**)
- stejnosměrný zdroj napětí **Z5**
- propojovací vodiče
- rezistor **R = 100 Ω**
- Zenerova dioda **3V0**

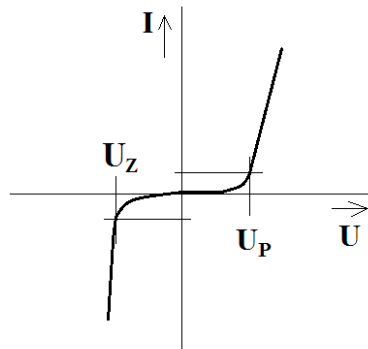
Úvod

Zenerova dioda se v propustném směru neliší od křemíkových diod. Dioda má dva vývody anodu (**A**) a katodu (**K**). Pokud není přechod **P – N** připojen k vnějšímu napětí, dochází uvnitř diody ke vzniku tzv. potenciálové bariéry, který zabraňuje průchodu proudu. Zapojením diody do obvodu v propustném směru, se zruší uvedená bariéra a začne procházet proud. Kladné nosiče náboje jsou přitahovány záporným napětím a volné elektrony kladným napětím.

Při zapojení diody do obvodu v závěrném směru obrátíme polaritu napětí. Při určité hodnotě napětí (Zenerovo napětí) dojde k nedestruktivnímu průrazu, který je způsoben vytrháváním elektronů z vazby účinkem silného elektrického pole, tzv. Zenerův jev. Tento jen se využívá při stabilizaci napětí.

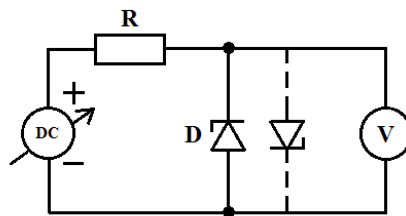
Měřením volt-ampérové charakteristiky diody lze pozorovat, že se součástka chová podobě v propustném i závěrném směru. V propustném směru po překročení prahového napětí U_p dochází k rychlému nárůstu proudu. Obdobný efekt je u překročení Zenerova napětí U_z v závěrném směru.

VA charakteristika Zenerovy diody



Obrázek 25: VA charakteristika Zenerovy diody

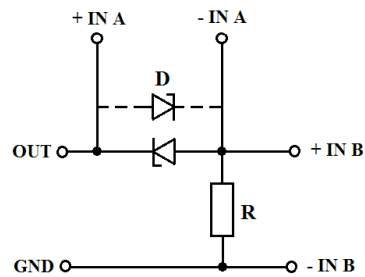
Schéma zapojení



Obrázek 26: Schéma zapojení Zenerovy diody v propustném a závěrném směru

Úkoly

1. Určete anodu a katodu Zenerovy diody. Pomocí schématu zapojení sestavte obvod a zjistěte, kdy je dioda zapojena v propustném, a kdy v závěrném směru. Na stejnosměrném zdroji napětí nastavte hodnotu **1 V**.
2. Změřte Zenerovo napětí U_Z pomocí stejnosměrného zdroje napětí a voltmetru. Zapojení obvodu provedte dle schématu zapojení. Měření provedte v rozsahu hodnot **2 V** až **3,8 V** v kroku **0,2 V**.
3. Změřte volt-ampérovou charakteristiku Zenerovy diody. Určete prahové napětí U_P a Zenerovo napětí U_Z . Obvod pro měření zapojte dle následujícího schématu. Využijte **ANALOG INPUT** a **ANALOG OUTPUT** na komunikačním modulu a program rc2000 pro měření VA charakteristik.



Obrázek 27: Propojení s komunikačním modulem

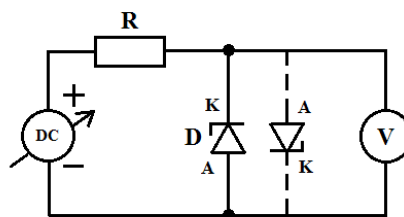
4. Porovnejte naměřené hodnoty Zenerova napětí v úkolech 3 a 4.

ŘEŠENÍ

Úkol 1

Celkové napětí U , je součtem napětí na rezistoru U_R a napětí na Zenerově diodě U_D . Pokud zapojíme diodu v závěrném směru, bude mít „nekonečně“ velký odpor. Nesmíme však překročit hodnotu Zenerova napětí. V tomto případě bude napětí $U_D = U$ a na voltmetru změříme hodnotu napětí zdroje. Dioda zapojená v propustném směru se bude chovat jako „malý“ rezistor. V tomto případě bude napětí $U_D = U - U_R$ a na voltmetru změříme napětí na diodě.

Doplnění katody a anody do schématu zapojení



Obrázek 28: Schéma zapojení Zenerovy diody

Úkol 2

Pro měření Zenerova napětí zapojíme diodu v závěrném směru. Jednotlivé naměřené hodnoty napětí zapíšeme do následující tabulky. Logickou úvahou lze určit možné Zenerovo napětí. Vzroste-li napětí U nad hodnotu Zenerova napětí U_Z zvyšuje se proud protékající diodou, avšak napětí na diodě U_D zůstává téměř konstantní.

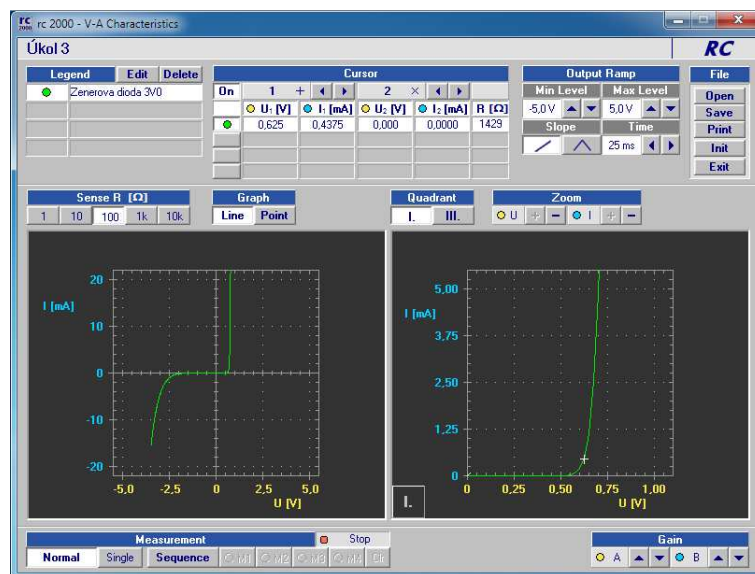
Porovnáme-li nastavenou a naměřenou hodnotu pomocí voltmetru, dochází k větším rozdílům od **3,2 V**. Lze tedy uvažovat o této hodnotě blížíci se Zenerovu napětí.

Tabulka 2: Naměřené hodnoty napětí

Měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
U_1 [V]	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8
U_D [V]	1,986	2,168	2,340	2,497	2,638	2,762	2,872	2,968	3,053	3,129

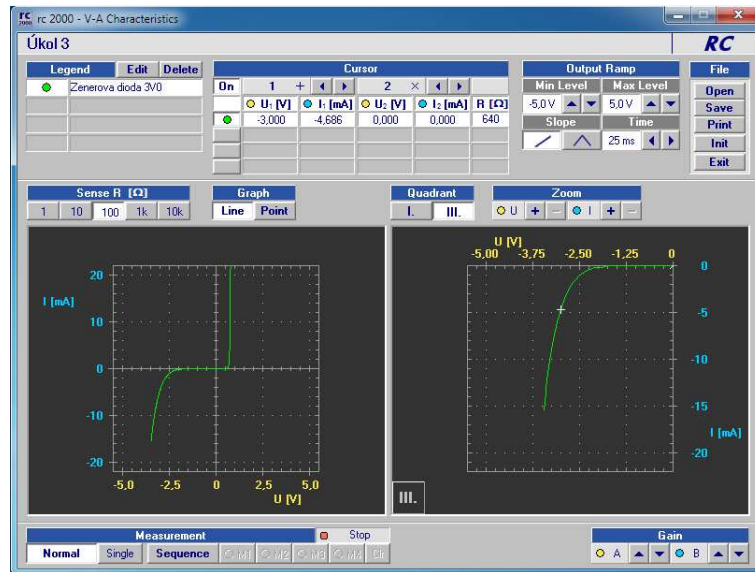
Úkol 3

Měření VA charakteristiky Zenerovy diody pomocí programu rc2000



Obrázek 29: VA charakteristika Zenerovy diody

Měření volt-ampérové charakteristiky jsme provedly pro rozsah napětí **-5 V až 5 V**. Pomocí kurzoru lze odečíst prahové napětí $U_p = 0,625$ V, což přibližně odpovídá běžně udávané hodnotě **0,7 V**.



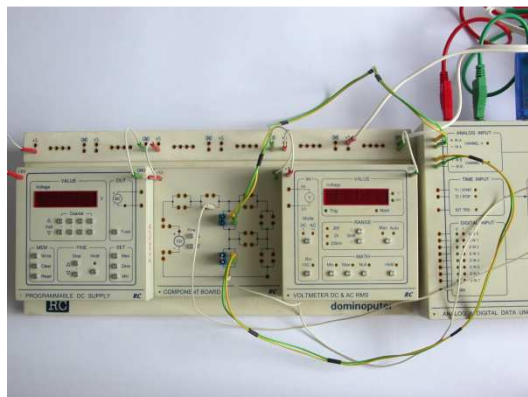
Obrázek 30: VA charakteristika Zenerovy diody, Zenerovo napětí

Zenerovo napětí bylo určeno pomocí přepnutí do třetího kvadrantu grafu a odečtení prostřednictvím kurzoru. Hodnota Zenerova napětí byla určena na $U_z = 3 \text{ V}$, což odpovídá popisku součástky **3V0**.

Úkol 4

Porovnáme-li změřenou hodnotu pomocí stejnosměrného zdroje napětí a voltmetru s odečtenou hodnotou z grafu volt-ampérové charakteristiky, jsou obě hodnoty téměř shodné. Je tedy potvrzeno, že hodnota Zenerova napětí u zadané součástky je $U_z = 3 \text{ V}$.

Realizace pomocí rc2000



Obrázek 31: Zapojení Zenerovy diody pomocí rc2000

4.2.3 SÉRIOVÝ REZONANČNÍ OBVOD RLC

ZADÁNÍ

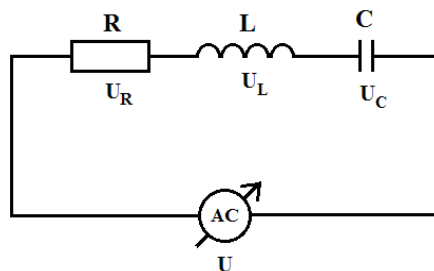
Potřeby

- funkční generátor (**FUNCTION GENERATOR**)
- komunikační modul (**ANALOG & DIGITAL DATA UNIT**)
- rezistorová dekáda 2 (**R DECADE 2**)
- indukční sestava (**L SET**)
- kapacitní dekáda (**C DECADE**)
- stejnosměrný zdroj napětí **Z5**
- propojovací vodiče

Úvod

Sériový rezonanční obvod RLC je sestaven pomocí rezistoru, ideálního induktoru a kapacitoru. Jednotlivé součástky jsou zapojeny v uvedeném pořadí do sériového spojení. K obvodu je připojen střídavý zdroj napětí.

Schéma zapojení



Obrázek 32 Schéma zapojení sériového RLC obvodu

Jednotlivými součástkami v obvodu prochází stejný proud, avšak napětí se liší u každého prvku svou velikostí a vzájemnou fází. Napětí na rezistoru U_R má shodnou fázi jako protékající proud. Napětí na induktoru U_L předbíhá proud a naopak napětí na kapacitoru U_C se za proudem zpožďuje.

Při rezonanci je impedance rovna rezistoru $Z = R$. Odpor rezistoru R je obvykle 10x až 100x menší než impedance Z a představuje při sériové rezonanci poměrně malý činný odpor. Napětí na rezistoru U_R je rovno elektromotorickému napětí zdroje U . Na induktoru

a kapacitoru se vytvoří napětí o stejné velikosti, avšak s opačnou fází. Poměrně malé elektromotorické napětí vyvolá v sériovém rezonančním obvodu velký proud a tím velká napětí na kapacitoru a induktoru. Jedná se o rezonanci napětí. Při rezonanční frekvenci musí být maximální napětí na induktoru L na stejné úrovni jako nulové napětí impedance Z .

Vzorec pro výpočet velikosti proudu v obvodu

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{Z}$$

Rovnice 1: Výpočet velikosti proudu

Výpočet napětí rezistoru

$$U_R = I \cdot R = \frac{U}{R} \cdot R = U$$

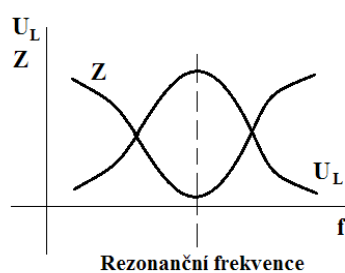
Rovnice 2: Výpočet napětí rezistoru

Výpočet napětí kapacitoru a induktoru

$$U_C = U_L = I \cdot Z = \frac{U}{R} \cdot Z$$

Rovnice 3: Výpočet napětí kapacitoru a induktoru

Rezonanční křivka



Obrázek 33: Rezonanční křivka

Vzorec pro výpočet rezonanční frekvence (Thomsonův vzorec)

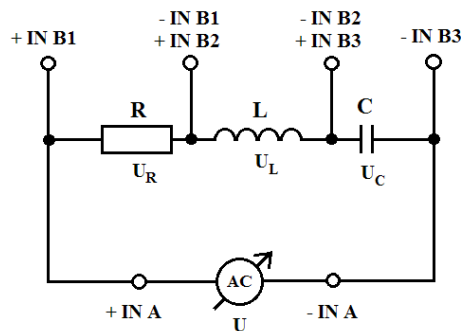
$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Rovnice 4: Výpočet rezonanční frekvence

Úkoly

1. Vypočítejte rezonanční frekvenci pro hodnoty $L = 1 \text{ H}$ a $C = 100 \text{ nF}$.

- Sestavte obvod dle schématu zapojení a zvolte následující hodnoty součástek. Rezistorový modul nastavte na hodnotu $R = 2 \text{ k}\Omega$, induktorový modul zvolte $L = 1 \text{ H}$ a na kapacitorovém modulu nastavte hodnotu $C = 100 \text{ nF}$. Na funkčním generátoru, sloužícího jako zdroj střídavého napětí nastavte frekvenci $f = 100 \text{ Hz}$, amplitudu $U = 1 \text{ V}$ a zvolte harmonický průběh signálu. Zapojený obvod propojte dle následujícího schématu s komunikačním modulem a spusťte program rc2000 v režimu dvoukanálového osciloskopu.
- Zvyšujte frekvenci f v rozsahu 100 Hz až 1 kHz . Pro každou frekvenci proveďte měření na osciloskopu s využitím sekvence kanálu **B** a najděte rezonanční frekvenci pomocí kurzorů osciloskopu.



Obrázek 34: Propojení obvodu RLC s komunikačním modulem

- Ověřte nalezenou rezonanční frekvenci pomocí následujícího výpočtu, kde f je frekvence a T časová perioda. V osciloskopu změňte zobrazení na **Phasor** a popište jednotlivé fáze signálu.

$$f = \frac{1}{T}$$

Rovnice 5: Výpočet frekvence

- Změňte hodnotu kapacitoru $C = 300 \text{ nF}$ a proveďte měření při nastavené rezonanční frekvenci pomocí osciloskopu. Resonanční frekvenci nejprve spočítejte a následně proveďte měření. Porovnejte získané výsledky s předchozím měřením.

ŘEŠENÍ

Úkol 1

Výpočet rezonanční frekvence

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1 \cdot 100n}} = 503,3 \text{ Hz}$$

Rovnice 6: Výpočet rezonanční frekvence

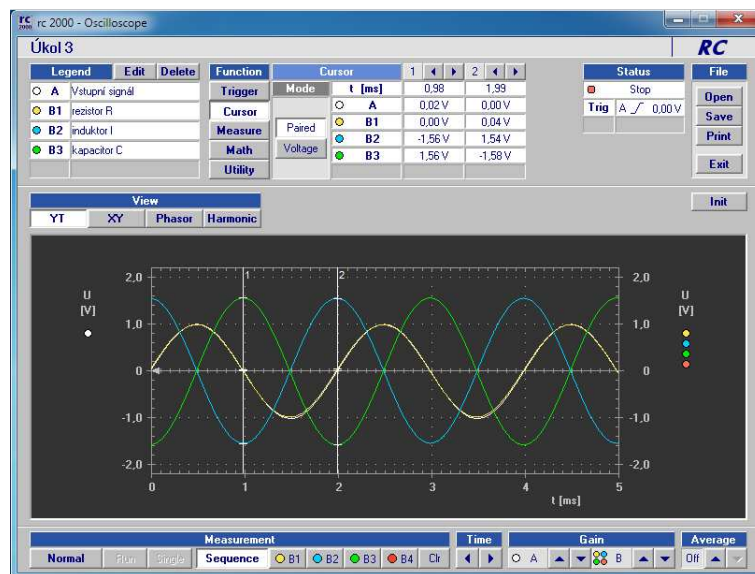
Pomocí výpočtu byla zjištěna rezonanční frekvence sériového rezonančního obvodu s určenými hodnotami součástek **f = 503,3 Hz**.

Úkol 2

Obvod byl sestaven dle schématu zapojení pomocí stavebnice rc2000. Na funkčním generátoru byly nastaveny vstupní hodnoty odpovídající zadání. Pro následující měření byl v programu rc2000 spuštěn dvoukanálový osciloskop.

Úkol 3

Měření pomocí osciloskopu programu rc2000



Obrázek 35: Měření pomocí osciloskopu rc2000

Při nastavené frekvenci **f = 500 Hz** na funkčním generátoru bylo napětí na induktoru největší **U_L = 1,54 V** a zároveň byla hodnota impedance Z nulová. Napětí na kapacitoru bylo téměř shodné **U_C = -1,58 V** a dle polarity v opačné fázi. Lze tedy určit hodnotu rezonanční frekvence **f = 500 Hz**. Hodnota frekvence odpovídá vypočtené hodnotě. Nastavením frekvence funkčního generátoru na předem vypočtenou hodnotu bychom získali přesnější výsledky.

Úkol 4

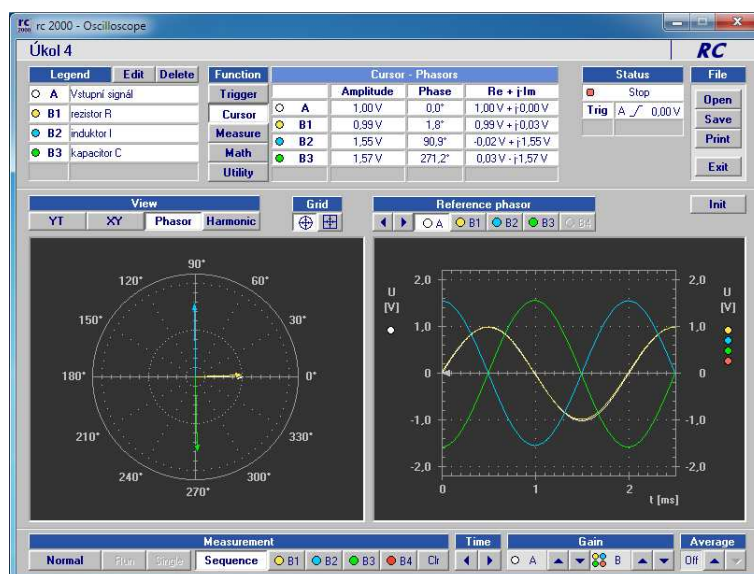
Podíváme-li se pozorně na určené místo frekvenční rezonance, v grafu osciloskopu, dochází k rezonanci v časové periodě **1,99ms**. Dosazením do vzorce pro výpočet frekvence bychom měli získat stejný výsledek. Z následujícího výpočtu vyplývá, že jsme hodnotu rezonanční frekvence určili správně.

Výpočet rezonanční frekvence

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,99m} = 502,5 \text{ Hz}$$

Rovnice 7: Výpočet rezonanční frekvence

Zobrazení fází signálu



Obrázek 36: Zobrazení fází signálu

Signál rezistoru je ve fázi se vstupním signálem. Signál induktoru je o **90°** otočený vůči vstupnímu signálu a signál kapacitoru je vůči vstupnímu signálu otočený o **-90°**. Z grafu lze odvodit nepřesnost jeho zobrazení při nastavené frekvenci **500 Hz**, nastavením vypočtené hodnoty rezonanční frekvence dosáhneme přesnějšího zobrazení.

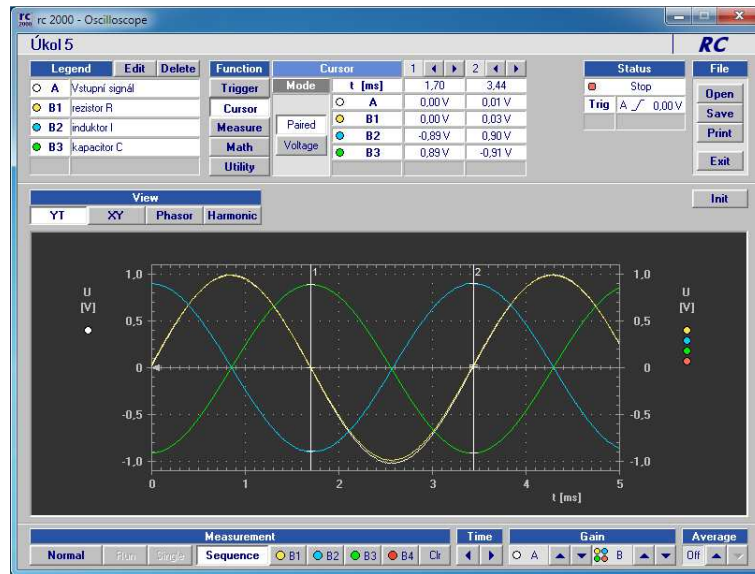
Úkol 5

Výpočet rezonanční frekvence

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1 \cdot 300n}} = 290,6 \text{ Hz}$$

Rovnice 8: Výpočet rezonanční frekvence

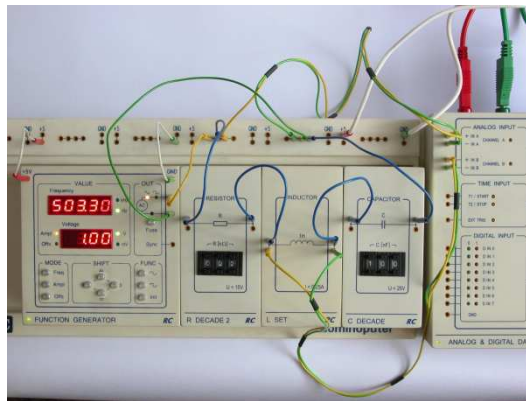
Měření pomocí osciloskopu programu rc2000



Obrázek 37: Měření pomocí osciloskopu

Změnili jsme hodnotu kapacitoru v obvodu na $C = 300 \text{ nF}$ a vypočetli hodnotu rezonanční frekvence $f = 290,6 \text{ Hz}$. Pomocí kurzorů lze zjistit maximální hodnotu napětí induktoru $U_L = 0,90 \text{ V}$ při nulové impedanci. Zvětšením hodnoty kapacitoru došlo ke zmenšení rezonanční frekvence při nižším napětí na induktoru, než v předchozím měření, kde naopak došlo ke zvýšení napětí oproti nastavené hodnotě.

Realizace pomocí rc2000



Obrázek 38: Zapojení obvodu RLC pomocí rc2000

4.2.4 INVERTUJÍCÍ ZAPOJENÍ S OPERAČNÍM ZESILOVAČEM

ZADÁNÍ

Potřeby

- funkční generátor (**FUNCTION GENERATOR**)
- operační zesilovač (**OPERATION AMPLIFIER**)
- komunikační modul (**ANALOG & DIGITAL DATA UNIT**)
- programovatelný stejnosměrný zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**)
- voltmetr (**VOLTMETER DC & AC RMS**)
- stejnosměrný zdroj napětí **Z5**
- propojovací vodiče
- rezistory **$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$**

Úvod

Operační zesilovač byl původně navržen pro realizaci matematických operací v analogových počítačích. Jedním ze základních obvodů, které lze pomocí operačního zesilovače sestavit je invertující zapojení s operačním zesilovačem. Zapojení slouží k zesílení vstupního signálu. Vzhledem k tomu, že se jedná o invertující zapojení, je u výstupního signálu obrácena jeho polarita. Pokud na jeho vstup přivedeme kladnou hodnotu napětí, na výstupu bude napětí zesílené a záporné. Do jaké míry bude výstupní signál zesílen, určíme pomocí rezistorů R_1 a R_2 .

Vzorec pro výpočet zesílení

$$|A_u| = \frac{R_2}{R_1}$$

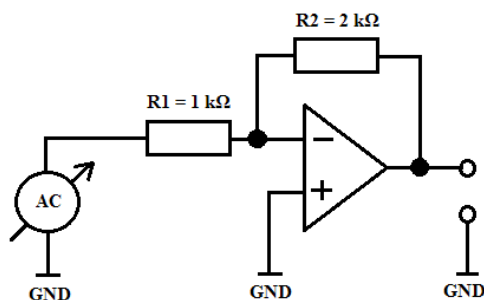
Rovnice 9: Výpočet zesílení

Vzorec pro výpočet výstupního napětí

$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -|A_u| \cdot U_1$$

Rovnice 10: Výpočet vstupního napětí

Schéma zapojení



Obrázek 39: Schéma inverujícího zapojení s OZ

Úkoly

1. Vypočítejte zesílení obvodu s rezistory $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$.
2. Sestavte obvod dle schématu zapojení s využitím uvedených prvků stavebnice. Funkční generátor nastavte na následující hodnoty $f = 520 \text{ Hz}$, $U_1 = 1 \text{ V}$, harmonický tvar signálu. Ověřte pomocí dvoukanálového osciloskopu vypočtenou hodnotu zesílení.
3. Modifikujte zapojení výměnou funkčního generátoru za stejnosměrný zdroj napětí a na výstup obvodu se zesilovačem připojte voltmetr. Vypočítejte výstupní napětí U_2 a ověřte jej pomocí voltmetru. Vstupní napětí nastavte na $U_1 = 5 \text{ V}$.
4. Navrhněte a realizujte invertující zapojení s operačním zesilovačem pro zesílení $A_u = 3$. Pomocí osciloskopu a funkčního generátoru ověřte zesílení sestaveného obvodu. Pro sestavení obvodu využijte rezistor $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$.

ŘEŠENÍ

Úkol 1

Výpočet zesílení

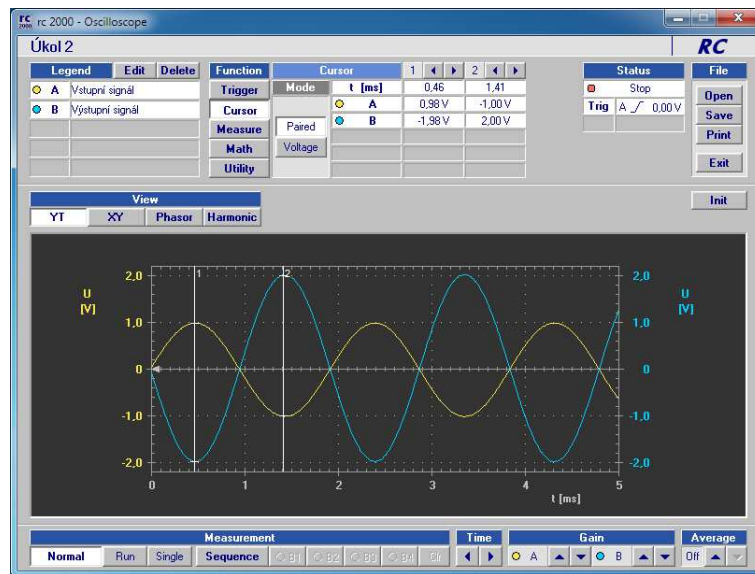
$$|A_u| = \frac{R_2}{R_1} = \frac{2}{1} = 2$$

Rovnice 11: Výpočet zesílení

Obvod zobrazený na obrázku s použitými rezistory $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ má zesílení $A_u = 2$. Vstupní napětí bude na výstupu dvojnásobně zesíleno a bude mít opačnou polaritu.

Úkol 2

Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu



Obrázek 40: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu

Po zobrazení vstupního a výstupního signálu z obvodu, je zřejmé, že dochází k dvojnásobnému zesílení a změně polarit signálu. Při vstupním napětí $U_1 = 0,98 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = -1,98 \text{ V}$. Pro hodnotu vstupního napětí $U_1 = -1 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = 2 \text{ V}$.

Úkol 3

Výpočet výstupního napětí

$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -\frac{2}{1} \cdot 5 = 10 \text{ V}$$

Obrázek 41: Výpočet výstupního napětí

Měření výstupního napětí

Po nastavení vstupního napětí $U_1 = 5 \text{ V}$ na stejnosměrném zdroji, bylo na voltmetru naměřeno napětí $U_2 = -9,991 \text{ V}$. Vezmeme-li v úvahu vnitřní odpor voltmetru, jedná se o přesný výsledek shodný s výpočtem.

Úkol 4

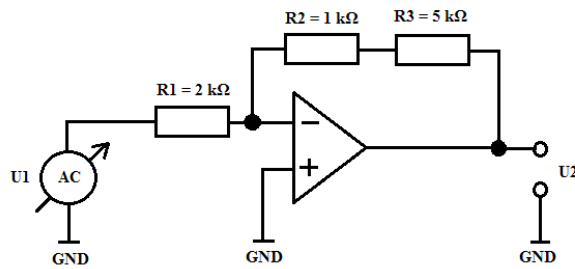
Výpočet zesílení je založen na podílu obou rezistorů. Pro zesílení $A_u = 3$ bude nutné využít rezistory $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$. Vzhledem k určeným hodnotám rezistorů v zadání, je nutné rezistor R_2 sestavit sériovým spojením rezistorů o hodnotách $1 \text{ k}\Omega$ a $5 \text{ k}\Omega$.

Výpočet zesílení

$$|A_u| = \frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + 5}{2} = 3$$

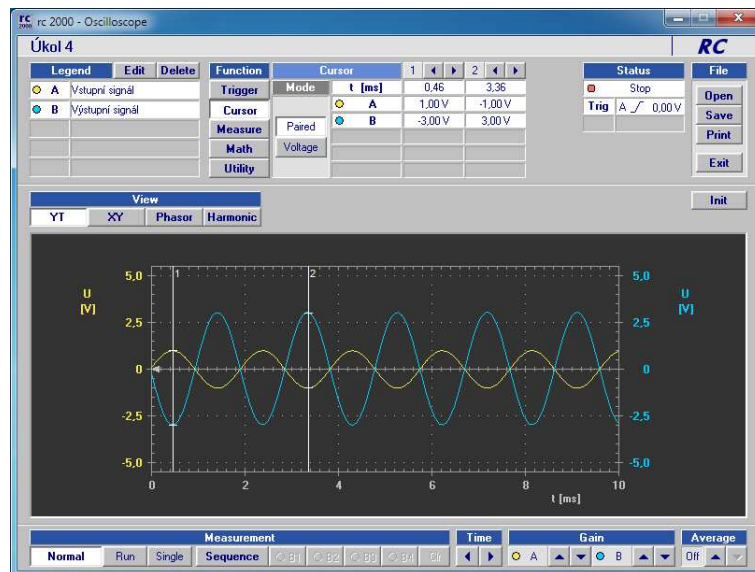
Rovnice 12: Výpočet zesílení

Schéma zapojení



Obrázek 42: Schéma invertujícího zapojení

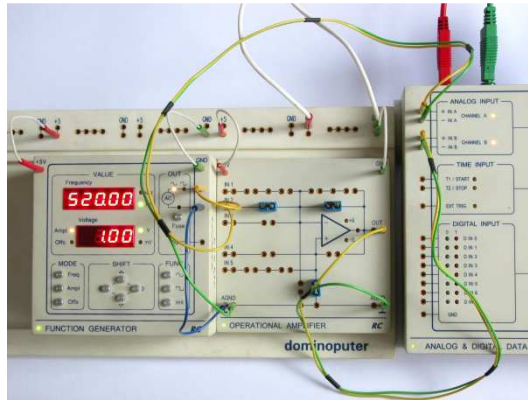
Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu



Obrázek 43: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu

Po zobrazení vstupního a výstupního signálu z obvodu, je zřejmé, že dochází k trojnásobnému zesílení a změně polarity signálu. Při vstupním napětí $U_1 = 1 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = -3 \text{ V}$. Pro hodnotu vstupního napětí $U_1 = -1 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = 3 \text{ V}$.

Realizace pomocí rc2000



Obrázek 44: Zapojení invertujícího obvodu pomocí rc2000

4.2.5 NEINVERTUJÍCÍ ZAPOJENÍ S OPERAČNÍM ZESILOVAČEM

ZADÁNÍ

Potřeby

- funkční generátor (**FUNCTION GENERATOR**)
- operační zesilovač (**OPERATION AMPLIFIER**)
- komunikační modul (**ANALOG & DIGITAL DATA UNIT**)
- programovatelný stejnosměrný zdroj napětí (**PROGRAMMABLE DC SUPPLY**)
- voltmetr (**VOLTMETER DC & AC RMS**)
- stejnosměrný zdroj napětí **Z5**
- propojovací vodiče
- rezistory $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

Úvod

Operační zesilovač byl původně navržen pro realizaci matematických operací v analogových počítačích. Jedním ze základních obvodů, které lze pomocí operačního zesilovače sestavit je neinvertující zapojení s operačním zesilovačem. Zapojení slouží k zesílení vstupního signálu. Vzhledem k tomu, že se jedná o neinvertující zapojení, není u výstupního signálu obrácena jeho polarita, jak tomu je u inverujícího zapojení. Pokud na jeho vstup přivedeme kladnou hodnotu napětí, na výstupu bude zesílena a opět kladná. Do jaké míry bude výstupní signál zesílen, určíme pomocí rezistorů R_1 a R_2 .

Vzorec pro výpočet zesílení

$$|A_u| = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

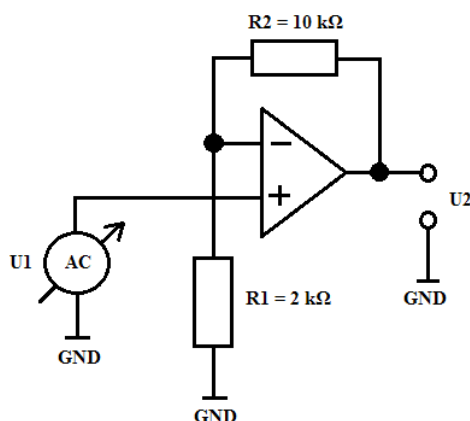
Rovnice 13: Výpočet zesílení

Vzorec pro výpočet výstupního napětí

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_1 = |A_u| \cdot U_1$$

Rovnice 14: Výpočet výstupního napětí

Schéma zapojení



Obrázek 45: Schéma neinvertujícího zapojení s OZ

Úkoly

1. Vypočítejte zesílení obvodu s rezistory **R1 = 2 kΩ** a **R2 = 10 kΩ**.
2. Sestavte obvod dle schématu zapojení s využitím uvedených prvků stavebnice. Funkční generátor nastavte na následující hodnoty **f = 360 Hz**, **U₁ = 0,5 V**, harmonický tvar signálu. Ověřte pomocí dvoukanalového osciloskopu vypočtenou hodnotu zesílení.
3. Modifikujte zapojení výměnou funkčního generátoru za stejnosměrný zdroj napětí a na výstup obvodu se zesilovačem připojte voltmetr. Vypočítejte výstupní napětí **U₂** a ověřte jej pomocí voltmetru. Vstupní napětí nastavte na **U₁ = 250 mV**.
4. Navrhněte a realizujte neinvertující zapojení s operačním zesilovačem pro zesílení **A_u = 7**. Pomocí osciloskopu a funkčního generátoru ověřte zesílení sestaveného obvodu. Pro sestavení obvodu využijte vhodné velikosti rezistorů.

ŘEŠENÍ

Úkol 1

Výpočet zesílení

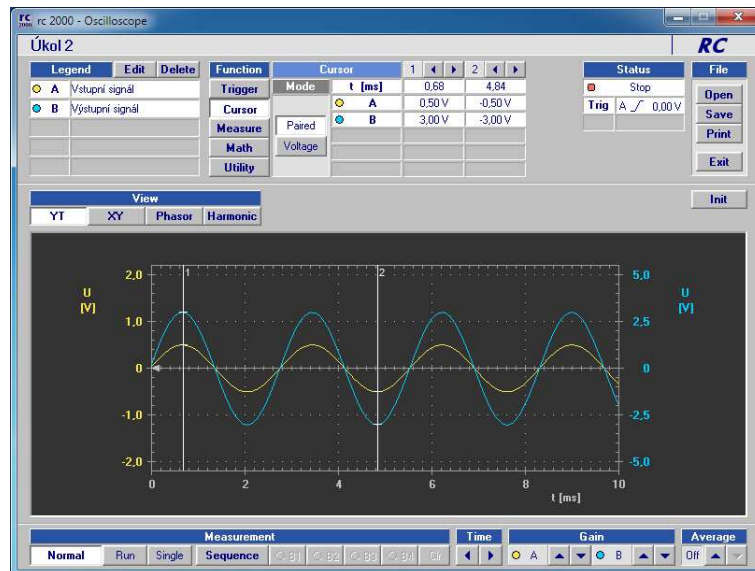
$$|A_u| = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{10}{2} = 6$$

Rovnice 15: Výpočet zesílení

Obvod zobrazený na obrázku s použitými rezistory $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ má zesílení $A_u = 6$. Vstupní napětí bude na výstupu zesíleno násobkem 6 a bude mít shodnou polaritu.

Úkol 2

Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu



Obrázek 46: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu

Po zobrazení vstupního a výstupního signálu z obvodu, je zřejmé, že dochází k zesílení násobkem 6 při shodné polaritě signálu. Při vstupním napětí $U_1 = 0,5 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = 3 \text{ V}$. Pro hodnotu vstupního napětí $U_1 = -1 \text{ V}$ bylo na výstupu napětí $U_2 = -3 \text{ V}$.

Úkol 3

Výpočet výstupního napětí

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_1 = \left(1 + \frac{10}{2}\right) \cdot 0,25 = 6 \cdot 0,25 = 1,5 \text{ V}$$

Rovnice 16: Výpočet výstupního napětí

Měření výstupního napětí

Po nastavení vstupního napětí $U_1 = 250 \text{ mV}$ na stejnosměrném zdroji, bylo na voltmetru naměřeno napětí $U_2 = 1,498 \text{ V}$. Vezmeme-li v úvahu vnitřní odpor voltmetru, jedná se o velmi přesný výsledek shodný s výpočtem.

Úkol 4

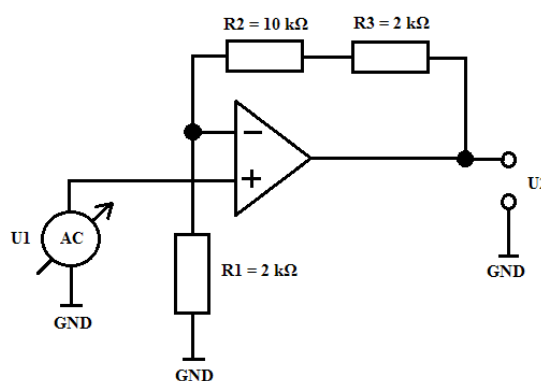
Výpočet zesílení je založen na podílu obou rezistorů a je nutné brát v úvahu přičtení hodnoty 1. Pro zesílení $A_u = 7$ bude nutné využít rezistory $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ a $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$. Vzhledem k hodnotám rezistorů, je nutné rezistor R_2 sestavit sériovým spojením rezistorů o hodnotách $2 \text{ k}\Omega$ a $10 \text{ k}\Omega$.

Výpočet zesílení

$$|A_u| = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{10 + 2}{2} = 1 + 6 = 7$$

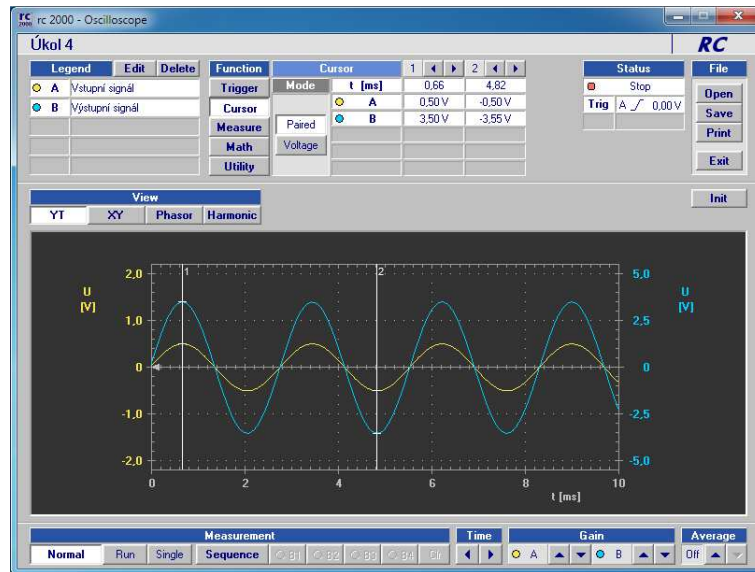
Rovnice 17: Výpočet zesílení

Schéma zapojení



Obrázek 47: Neinverující zapojení obvodu

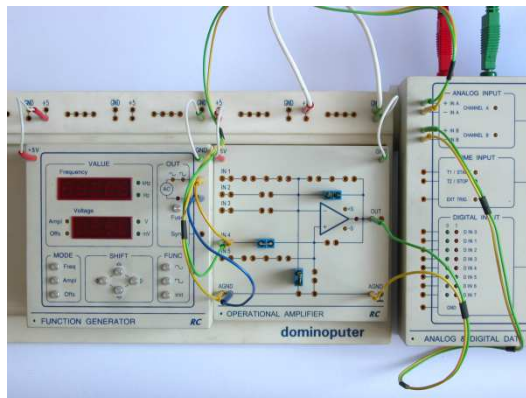
Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu



Obrázek 48: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu

Po zobrazení vstupního a výstupního signálu z obvodu, je zřejmé, že dochází k zesílení násobkem 7 při shodné polaritě signálu. Při vstupním napětí $U_1 = 0,5$ V bylo na výstupu napětí $U_2 = 3,5$ V. Pro hodnotu vstupního napětí $U_1 = -0,5$ V bylo na výstupu napětí $U_2 = -3,55$ V.

Realizace pomocí rc2000



Obrázek 49: Realizace neinvertujícího zapojení pomocí rc2000

4.3 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ PŘÍKLADŮ

Vypracování příkladů proběhlo bezprostředně po sestavení jejich zadání. V předchozím textu je uvedeno jejich řešení, které bylo zhotoveno na základě jednotlivých úkolů. Každý z příkladů byl vždy sestaven pomocí výukového systému rc2000 a ověřen z hlediska výsledků měření. Získané výsledky byly porovnány se zadáním a vhodným

způsobem vysvětleny. Tímto způsobem vzniklo řešení, které může využít vyučující při opravě odevzdaných prací, které žáci v rámci výuky zpracovali.

Obdobně jako u výukového kurzu, který byl v rámci této diplomové práce sestaven, je také u příkladů důležitá jejich využitelnost ve výuce. Pro skutečné ověření, zda příklady mohou být zařazeny do výuky, byla vybrána skupina studentů Pedagogické fakulty, Katedry matematiky, fyziky a technické výchovy (KMT), která uvedené příklady vypracovala dle zadání. Vybraný vzorek studentů byl zvolen z hlediska použití výukového kurzu, který bude při výuce elektrotechniky na uvedené katedře využíván. Studenti se již s uvedeným výukovým systémem rc2000 setkali, a proto bylo možné zaměřit se především na ověření jednotlivých příkladů.



Obrázek 50: Práce studenta se stavebnicí rc2000

Každý ze studentů vždy vypracoval všechny sestavené příklady a bezprostředně po dokončení jejich práce proběhla diskuze, určena pro nalezení problémů během jejich realizace. Z odevzdaných dokumentů bylo možné určit, že uvedení studenti přesahují požadovanou vstupní úroveň pro jejich vypracování. Získané výsledky během měření odpovídali dříve zpracovanému řešení, včetně jejich popisu. V rámci zpětné vazby od studentů došlo k odstranění nedostatků a následným úpravám příkladů před zařazením do této práce.

Ověření příkladů pomocí studentů, kteří se již s výukovým systémem rc2000 setkali a dosahovali požadovaných znalostí, lze považovat za úspěšné. Zda však příklady bude možné využívat při běžné výuce, bude prokázáno až po zařazení výukového kurzu do vhodných předmětů. Studenti bez předchozích znalostí, kteří je teprve získávají,

mohou mít určité problémy, které nelze bez předchozího ověření nalézt. Další fází tedy bude zjištění, využitelnosti příkladů přímo v průběhu výuky, kterou doplní výukový kurz.

5 ZÁVĚR

Jak již bylo uvedeno v úvodu, cílem této diplomové práce bylo vytvoření výukového materiálu popisujícího výukový systém rc2000, včetně sestavení vhodných příkladů pro výuku vybraných předmětů. Studenti by po prostudování výukového kurzu měli být schopni samostatně pracovat s uvedeným systémem a vytvářet obvody dle předloženého schématu zapojení. Cílovou skupinou, pro kterou je tento výukový materiál určen jsou, studenti Pedagogické fakulty, Katedry matematiky, fyziky a technické výchovy (KMT), kteří se s výukovým systémem rc2000 setkají ve výuce. Jeho využití však není omezeno na tento typ škol. Své využití nalezne také na středně odborných školách zaměřených na výuku elektrotechniky nebo gymnáziích, např. při výuce fyziky.

Sestavené příklady v rámci této diplomové práce jsou vhodné pro použití ve výuce elektrotechniky, a vzhledem k vypracovanému zadání mohou být jednoduše použity. Řešení příkladů je součástí této práce a lze jej pro výukové potřeby doplnit a rozšířit. Zadání příkladů je uvedeno ve výukovém materiálu, který může sloužit jako zdroj informací při jejich zpracování.

Příklady byly ověřeny pomocí studentů Pedagogické fakulty (KMT) a opraveny na základě jejich připomínek. Tvorba výukového kurzu a práce s výukovým systémem přinesla nové zkušenosti a plány na další rozšíření vytvořeného kurzu.

Vytvořený výukový materiál obsahuje 30 studijních článků rozdělených do 9 kapitol. Jednotlivé články popisují různé části a prvky výukového systému rc2000. Studenti se mohou seznámit s ovládáním a nastavením přístrojů obsažených v uvedeném systému. Součástí některých studijních článků jsou animace, které prezentují vhodné pracovní postupy. Ve výukovém materiálu nalezneme 14 cvičení, které pomohou studentům s praktickým procvičením získaných znalostí. Některá jsou doplněna o návrh řešení, který umožní ověřit správné vypracování zadaných úkolů. Pro zjištění úrovně získaných znalostí jsou do výukového materiálu zařazeny autotesty na závěr každé kapitoly.

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: rc2000	2
Obrázek 2: Zapojení logického obvodu	5
Obrázek 3: Kondenzátory na propojovacím prvku.....	7
Obrázek 4: Napájení stavebnice	10
Obrázek 5: Popis funkčního generátoru	11
Obrázek 6: Rezistorová dekáda 1	14
Obrázek 7: Modul operačního zesilovače	16
Obrázek 8: Modul motor – generátor	18
Obrázek 9: Programovatelný stejnosměrný zdroj napětí.....	21
Obrázek 10: Popis programovatelného stejnosměrného zdroje napětí.....	22
Obrázek 11: Nastavení programovatelného stejnosměrného zdroje napětí.....	24
Obrázek 12: Propojovací panel	25
Obrázek 13: Popis propojovacího panelu	25
Obrázek 14: Popis modulu prvků	26
Obrázek 15: Paralelní zapojení rezistorů.....	28
Obrázek 16: Zapojení pomocí rc2000	28
Obrázek 17: Zobrazení přechodu PN diody	31
Obrázek 18: VA charakteristika diody	31
Obrázek 19: Zapojení diody v propustném a závěrném směru	32
Obrázek 20: Propojení s komunikačním panelem.....	32
Obrázek 21: Schéma zapojení diody	33
Obrázek 22: VA charakteristika diody	33
Obrázek 23: Schéma zapojení LED.....	34
Obrázek 24: Zapojení diody pomocí rc2000	34
Obrázek 25: VA charakteristika Zenerovy diody.....	36
Obrázek 26: Schéma zapojení Zenerovy diody v propustném a závěrném směru.....	36
Obrázek 27: Propojení s komunikačním modulem	37
Obrázek 28: Schéma zapojení Zenerovy diody	37
Obrázek 29: VA charakteristika Zenerovy diody.....	38
Obrázek 30: VA charakteristika Zenerovy diody, Zenerovo napětí.....	39
Obrázek 31: Zapojení Zenerovy diody pomocí rc2000.....	39
Obrázek 32: Schéma zapojení sériového RLC obvodu	40
Obrázek 33: Rezonanční křivka	41
Obrázek 34: Propojení obvodu RLC s komunikačním modulem.....	42
Obrázek 35: Měření pomocí osciloskopu rc2000.....	43
Obrázek 36: Zobrazení fází signálu	44
Obrázek 37: Měření pomocí osciloskopu	45
Obrázek 38: Zapojení obvodu RLC pomocí rc2000	45
Obrázek 39: Schéma inverujícího zapojení s OZ	47
Obrázek 40: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu	48
Obrázek 41: Výpočet výstupního napětí	48
Obrázek 42: Schéma invertujícího zapojení.....	49
Obrázek 43: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu	49
Obrázek 44: Zapojení invertujícího obvodu pomocí rc2000.....	50

Obrázek 45: Schéma neinvertujícího zapojení s OZ	51
Obrázek 46: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu	52
Obrázek 47: Neinverující zapojení obvodu	53
Obrázek 48: Měření pomocí dvoukanálového osciloskopu	54
Obrázek 49: Realizace neinvertujícího zapojení pomocí rc2000	54
Obrázek 50: Práce studenta se stavebnicí rc2000.....	55

7 SEZNAM VZORCŮ

Rovnice 1: Výpočet velikosti proudu	41
Rovnice 2: Výpočet napětí rezistoru	41
Rovnice 3: Výpočet napětí kapacitoru a induktoru	41
Rovnice 4: Výpočet rezonanční frekvence	41
Rovnice 5: Výpočet frekvence	42
Rovnice 6: Výpočet rezonanční frekvence	43
Rovnice 7: Výpočet rezonanční frekvence	44
Rovnice 8: Výpočet rezonanční frekvence	44
Rovnice 9: Výpočet zesílení	46
Rovnice 10: Výpočet vstupního napětí.....	46
Rovnice 11: Výpočet zesílení	47
Rovnice 12: Výpočet zesílení	49
Rovnice 13: Výpočet zesílení	51
Rovnice 14: Výpočet výstupního napětí.....	51
Rovnice 15: Výpočet zesílení	52
Rovnice 16: Výpočet výstupního napětí.....	52
Rovnice 17: Výpočet zesílení	53

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Naměřené hodnoty prahového napětí.....	34
Tabulka 2: Naměřené hodnoty napětí.....	38

9 SEZNAM LITERATURY

1. DIETMEIER, U. *Vzorce pro elektroniku*. 5. dotisk 1. českého vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2002. 256 s. ISBN 80-86056-53-8.
2. Kol. autorů *Elektrotechnické měření*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2002. 256 s. ISBN 80-7300-022-9.
3. BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika 1*. Praha: Informatorium, 2002. 191 s. ISBN 80-7333-043-1.
4. BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika 2*. Praha: Informatorium, 2002. 153 s. ISBN 80-7333-044-X.
5. TALÁCKO, J. *Mechatronika - Učebnice pro střední školy*. Brno: Computer Press, 2006. 296 s. ISBN 80-251-1299-3.
6. SCHMID, D. a kolektiv. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles cz, s. r. o., 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
7. Doc. Ing. VALÁŠEK, M., DrSc. a kolektiv. *Mechatronika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 153 s.

10 RESUMÉ

The theme of this thesis was creation of educational material as an electronic support for teaching with didactic system rc2000. The text part contains description of didactic system and learning material. Also included is a proposal of exercises for teaching in selected subjects using the rc2000. Examples are part of the training course at its conclusion and do not contain solutions. Solution of the examples can be found in the text part of this thesis. It can help teacher with correction of students work.

Learning material contains thirty study articles divided to the nine chapters. The study articles describe different parts of the didactic system rc2000. Students can learn how to set devices contains in the didactic system and how to control it. Some study articles contains animations with correct presentation of work process. In the education material can be found fourteen exercises. It can help students with practical use of the didactic system. Some exercise contains correct solution for check completed work. The level of knowledge is tested by tests at the end of every chapter.

11 PŘÍLOHY

Přiložený DVD-ROM obsahuje text diplomové práce, výukový elektronický materiál a pracovní soubory ProAuthoru. Součástí DVD je také spouštěcí soubor autorun, který pro vložení disku do mechaniky spustí výukový materiál. Struktura DVD je zobrazena na následujícím obrázku.

