

Automatizace laboratoř

Studijní opora

Ing. Libor Havlíček, Ph.D.



Automatizace laboratoř

Téma 1: Úvod do předmětu

Studijní cíl

Seznámit studenty s organizací výuky předmětu, podmínkami pro splnění předmětu, jednotlivými tematickými okruhy laboratorních cvičení, průběhu měření, zpracování výsledků a tvorbou protokolů. Příprava hardwarového a softwarového vybavení laboratorních pracovišť. Rozdělení studentů do pracovních skupin.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Automatické řízení, protokol, cvičení, laboratorní deník

1 Úvod do předmětu

1.1 Organizace výuky

Výuka předmětu je organizována do jednotlivých výukových týdnů příslušného semestru.

- Počet cvičení bude pokrývat výukové období celého semestru.
- Cvičení jsou povinná.
- Zadání jednotlivých úloh bude dostupné v systému STAG, kde budou postupně zveřejňovány.
- Protokoly s absolvovanou úlohou budou odevzdávány ihned následující týden,
- Laboratorních úloh bude celkem 9 [12 zadání / 9 protokolů].

Laboratorní úlohy zpracují studenti v pracovních skupinách, ve dvojicích, které budou určeny na prvním cvičení z předmětu. Úlohy jsou zaměřeny na vhodně vybrané tematické okruhy automatizace. V úvodní části semestru na identifikaci a modelování PID regulátorů a regulovaných soustav, dále na elektronické obvody prostředků automatického řízení, tepelné, mechatronické, analogové a číslicové regulační obvody, obvody logického řízení s využitím kombinačních a sekvenčních logických obvodů a jejich realizace pomocí obvodů pevné logiky.

1.2 Cvičení z BAUTL

Pro přípravu a zpracování jednotlivých úloh si studenti tvoří poznámky do laboratorního deníku (sešitu optimálně čtverečkováného, formátu A4). Jedná se o výpočty, návrhy blokových schémat a schémat zapojení „ručně“. Kompletní podklady pro zpracování každé úlohy a jejím úspěšném absolvování, si nechte poznámky v Laboratorním deníku podepsat od vyučujícího. Bez podepsaného řešení nebude odevzdání úlohy akceptováno. Udělení zápočtu bude podmíněno odevzdáním kompletního souboru protokolů ze všech cvičení v požadovaných termínech. Protokoly budete odevzdávat podle stanoveného harmonogramu. Termín odevzdání úlohy je zpravidla, pokud není vyučujícím stanoveno jinak, jeden týden od jejího zadání, v okamžiku zadání následující úlohy.

Formát protokolů

Protokoly se zpracováním jednotlivých úloh (včetně příslušných příloh), odevzdáte pouze v elektronické podobě (vlastní text protokolu v *.pdf, nebo *.doc formátu), v požadovaných termínech, v jednom, komprimovaném, „*.zip“, souboru. Jeho název uveďte v následujícím, jednotném formátu pro označení souborů, který je nutné bezpodmínečně dodržet:

„BAUTL_sk_XX_ul_c_xx_DD_MM_RRRR“

[DD_MM_RRRR je datum odevzdání protokolu]

Komprimovaný soubor s příslušnou úlohou odevzdáte vyučujícímu během probíhající výuky cvičení z předmětu.

1.3 Získání zápočtu z předmětu

Pro získání zápočtu je nutné mít odevzdané kompletní soubory protokolů v požadovaných termínech, v rámci výukového období semestru (poslední možnost odevzdání závěrečného protokolu, je poslední termín konání výuky předmětu v semestru. U zápočtu budou tedy řešeny otázky, týkající se řešení zadání jednotlivých úloh cvičení a zpracování protokolů.

1.4 Obsah protokolů

- zadání úlohy (ne kopie originálního zadání ve formě obrázku pořízeného metodou „Print Screen“, ale srozumitelný výtah z tohoto zadání, protokol s typem tohoto zadání nebude přijat a úloha nebude považována za splněnou, bez možnosti opravy!)
- vlastnoručně překreslená schémata (např. ve „wordu“, nebo návrhovém CAD software pro elektroniku - Eagle v7.x, s vyznačením skutečných typů použitých součástek (těch, které jste použili pro vaše testování)
- vlastní postup řešení a zpracování úlohy,
- grafy a tabulky zpracované výhradně v prostředí „Excel“,

- případné vzorové výpočty použité k řešení zadaného úkolu,
- závěr (věcné zhodnocení výsledků měření úlohy).

1.5 Doplnující informace k formátu a přílohám odevzdávaných protokolů

Pro úvodní list jednotlivých protokolů použijte předloženou šablonu formátu první strany. Podle předlohy vytvořte první stranu v software „Word“, kam doplňte potřebné údaje, včetně čísla a názvu aktuálně zpracovávané úlohy. Protokoly zpracujte co nejpečlivěji. Neúplné protokoly a protokoly s nedbalým zpracováním nebudou vyučujícím přijaty, bez možnosti udělení zápočtu. Při zjištění drobných nedostatků v protokolech, budou protokoly vráceny autorům, kteří budou vyzváni k jejich odstranění (bude akceptována pouze jedna oprava každého protokolu). Přílohou vlastního textu protokolu budou zdrojové soubory použitých tabulek a grafů ve formátu „*.xls“, simulační schémata, případně zdrojové soubory z návrhového software „Eagle, verze 7.1 - 7.4 (soubory s příponou *.brd a *.sch, patřičně pojmenované tak aby název vystihoval název úlohy, nebo jiné vhodné identifikační údaje).

1.6 Pravidla pro zpracování protokolu

Pro úvodní stranu protokolu použijte níže uvedený vzor!

1.6.1 Zadání úlohy

(Uvést výstižný popis cíle úlohy. Ze zadání musí být jasné co má být výsledkem zpracování laboratorní úlohy.)

1.6.2 Schémata zapojení

(Uvést bloková, obvodová, simulační atd. Bloková schémata je vhodné vytvářet přímo v textovém editoru, měly by graficky znázorňovat např. zapojení měřicího pracoviště s rozmístěním měřicích přístrojů. Schémata elektronických obvodů lze vytvářet buď v prostředí textového editoru – Wordu, nebo v návrhovém CAD software – Eagle.)

1.6.3 Použité měřicí přístroje

(Seznam použitých přístrojů k realizaci úlohy)

1.6.4 Teoretický rozbor

(Stručně uvést analýzu problematiky, týkající se zadání a řešení laboratorní úlohy)

1.6.5 Postup řešení (měření)

(Krátce a výstižně popsat postup měření (řešení), kterým bylo v rámci úlohy prováděno.)

1.6.6 Tabulky

(Uvedené tabulky musí chronologicky obsahovat všechny hodnoty, zadané, nebo jinak zjistitelné (např. ze štítku přístroje), naměřené a vypočtené.

1.6.7 Příklady výpočtu

(Uvést praktický příklad výpočtu jednoho řádku – zvolený řádek vyznačit podtržením. Příklad uvést vždy pro každý nový vztah!)

1.6.8 Grafy

(Podle pokynů zadání zakreslit graficky veškeré požadované funkční závislosti, případně fázorové diagramy v Gausově komplexní rovině. Grafické vyjádření musí obsahovat označení funkčních závislostí, označení os, včetně jednotek atd. Součástí vyjádření jsou i měřítka úměrnosti zobrazovaných veličin.)

1.6.9 Zhodnocení výsledků úlohy

(Provést podrobné zhodnocení výsledků měření (řešení) – porovnat teoretické předpoklady a výpočty s výsledky, získané měřením úlohy. Pokusit se, na základě odborných znalostí vysvětlit shodu, případně rozdíly či nesoulad průběhů naměřených veličin.)

1.7 Práce v učebně (laboratoři) – při cvičení z předmětu BAUTL

Požadavek pro cvičení, pořídit si čtverečkovaný sešit o velikosti A4, do kterého budete zaznamenávat veškeré své přípravy a poznámky týkající se zpracovávaných úloh. Zároveň budou vaše poznámky sloužit jako příprava k získání zápočtu z předmětu.

1.7.1 Každé cvičení se sestává ze tří, na sebe navazujících, fází. Jsou to:

- samostatná příprava,
- práce v laboratoři (učebně),
- zpracování výsledků měření.

1.7.2 Samostatná příprava:

Vypracujete ji předem písemně, do svého sešitu, pro potřeby přípravy na realizaci dané úlohy. Základem pro přípravu je text zadání úlohy, případně další doporučené zdroje. V rámci přípravy uvedete základní teoretický rozbor úlohy, včetně matematických vztahů (pokud je úloha vyžaduje), principiálních, blokových, schémat i skutečných schémat zapojení vlastní realizace. Příprava by měla být stručná, ale zároveň výstižná. Bez této přípravy na cvičení (laboratorní úlohu) nebudete moci cvičení absolvovat.

1.7.3 Doporučení pro práci v laboratoři:

Na pracovišti jsou připraveny všechny potřebné přístroje.

Příslušenství měřicích přístrojů je umístěno ve skříni laboratoře.

Při práci s měřicími přístroji je nutné zacházet ohleduplně a šetrně.

V průběhu práce dodržujte zásady bezpečnosti práce.

Nepřepojujte elektronické obvody pod napětím!

Naměřené hodnoty zaznamenávejte přehledně a čitelně do tabulek; vzory tabulek si připravte v rámci samostatné přípravy (v případě, že zadání obsahuje doporučený formát tabulky, použijte tuto tabulku).

Do schématu zapojení v přípravě dopište aktuální typy skutečně použitých přístrojů a ostatních obvodových prvků.

Je nutné pořídit si seznam použitých přístrojů, který obsahuje:

- název a typ přístroje;
- výrobní číslo (je-li dostupné).

U měřicích přístrojů zaznamenejte:

- druh a typ přístroje;
- výrobce a výrobní číslo;
- údaje o přesnosti přístroje;
- případně další údaje (měřicí rozsah, vnitřní odpor atp.)

Zpracování výsledků měření:

- Písemné zpracování protokolu má mít formu technické zprávy, obsahující:
- zadání (viz „Cíle úlohy“ v podkladech k laboratorní úloze);
- skutečné schéma zapojení;
- teoretický úvod (viz domácí příprava);
- postup měření;
- tabulky naměřených a vypočtených hodnot;
- příklady výpočtů;
- seznam použitých přístrojů;
- grafy s patřičným popisem os a s popisem naměřených veličin;
- zhodnocení měření.

Zpracování tabulek:

- Tabulky je třeba uspořádat čitelně a přehledně, aby z nich bylo možné vyčíst všechny požadované hodnoty.
- Veličiny a jednotky uvádějte v soustavě SI (ČSN ISO 80000-1) tak, jak je obvyklé.
- Za tabulku vypočtených hodnot vždy uveďte obecný vztah a příklad výpočtu hodnot jednoho řádku tabulky.

Vypracování grafů:

Grafy vypracujte pomocí počítače v programu Excel.

- Je třeba vhodně zvolit typ grafu, měřítka os a způsob proložení zobrazených bodů. Většinou se body zobrazují izolovaně, případně se jimi prokládá křivka zvoleného průběhu.
- Osy grafu musí být řádně označeny, aby bylo zřejmé, jakou veličinu vyjadřují.
- Součástí grafu je i nadpis. Pokud je v jednom grafu zakresleno více křivek, musí být zřetelně označeny a odlišeny (např. barvou, stylem atp.).
- Zobrazené veličiny v grafu, pokud je jich více, je nutné označit, popřípadě graf opatřit legendou.

Zhodnocení měření / závěr:

- Uveďte stručný, ale výstižný rozbor naměřených a vypočtených hodnot. Musí být v souladu se zadáním úlohy.
- Neuvádějte kvalifikaci podmínek měření, ale zhodnoťte naměřené parametry, které teoretický zdůvodněte.
- Pokud během měření obdržíte jen málo hodnot, potom je vhodné zopakovat je do závěru. V opačném případě, pokud jde o rozsáhlé výsledky (tabulky, grafy), stačí na ně uvést odkaz (uložit je do externího souboru).
- V závěru by měl být i rozbor přesnosti provedeného měření, s uvedením možných zdrojů chyb.

Seznam úloh:		Protokol č.
1.	Identifikace regulované soustavy a simulace regulačních pochodů.	1.
2.	Identifikace parametrů PID regulátoru z přechodové charakteristiky.	2.
3.	Regulovaný zdroj proudu, „Aktivní zátěž“.	3.
4.	Spínaný zdroj napětí.	
5.	Obvod absolutní hodnoty.	4.
6.	Měřicí usměrňovač.	
7.	Statické vlastnosti optočlenů.	5.
8.	Dynamické vlastnosti optočlenů.	
9.	Izolační zesilovač.	6.
10.	Logická sonda s LED indikací.	7.
11.	LŘO světel automobilu.	8.
12.	LŘ polohy aktuátoru servopohonu.	9.

Celkem je zpracováno 12 kompletních laboratorních úloh, rozložených do 12 výukových týdnů. Úlohy č. 11. a 12. jsou zadány jako semestrální projekt. Každá pracovní skupina odevzdá samostatně zpracovanou tuto dvojici úloh v zápočtovém týdnu semestru.

BAUTL
**Katedra automatizace a
matematiky**

Příjmení, Jméno: _____

Číslo úlohy: _____

Příjmení, Jméno: _____

Datum zadání: _____

Akademický rok: _____

Datum odevzdání: _____

Skupina: _____

Klasifikace: _____

Název úlohy

Počet stran: _____

2 Použitá literatura

BALÁTĚ, Jaroslav. 2009. *Automatické řízení*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-7300-148-9.

SENFT, Václav, 2012. Analytické vlastnosti metod [online]. [citováno 26. 6. 2023]. Dostupné z WWW: <https://postudium.cz/mod/resource/view.php?id=4978>

Seznam zkratk

LED	Light Emitting Diode
LŘO	logický řídicí obvod
LŘ	logické řízení
PID	proporcionálně integračně derivační

Rejstřík

- Eagle, 3
 - přípona, 3
 - *.brd, 3
 - *.sch, 3
 - verze, 3
- graf, 6
 - legenda, 6
 - zobrazené veličiny, 6
- identifikace, 1
- laboratorní deník, 2
- modelování, 1
- protokol, 2, 3
 - formát, 2
 - odevzdání, 2
 - zpracování, 3
- tabulka, 5
- úloha
 - odevzdání, 2
 - seznam, 6
 - zadání, 1
 - zveřejnění, 1

Automatizace laboratoř

Téma 2: Experimentální identifikace soustavy a simulace regulačních pochodů

Studijní cíl

Seznámit studenty s metodou experimentální identifikace regulované soustavy z průběhu přechodové charakteristiky a simulací regulačních pochodů. Identifikace pro získání přenosu regulované soustavy je provedena, v případě přechodové charakteristiky, numerickou metodou. Je to z důvodu možné realizace identifikačního algoritmu např. v obvodech jednočipového mikropočítače řídicího systému. Identifikace parametrů PID regulátoru je provedena pro jeho spojitou, analogovou, verzi. K určení velikostí parametrů PID regulátoru jsou použity postupy vycházející z přechodové charakteristiky, meze stability regulačního obvodu s P regulátorem a jeho bezpečnější verzi „relé ve zpětné vazbě“.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Automatické řízení, identifikace, řád soustavy, PID regulátor, Přechodová charakteristika, zesílení regulátoru, zesílení soustavy, relé ve zpětné vazbě, mez stability, integrační časová konstanta T_i , derivační časová konstanta T_d , derivace, regulační obvod, regulační pochod, kritické zesílení, kritická perioda, amplituda signálu.

1 Cíle úlohy a všeobecný úvod do problematiky

1.1 Úvod do problematiky

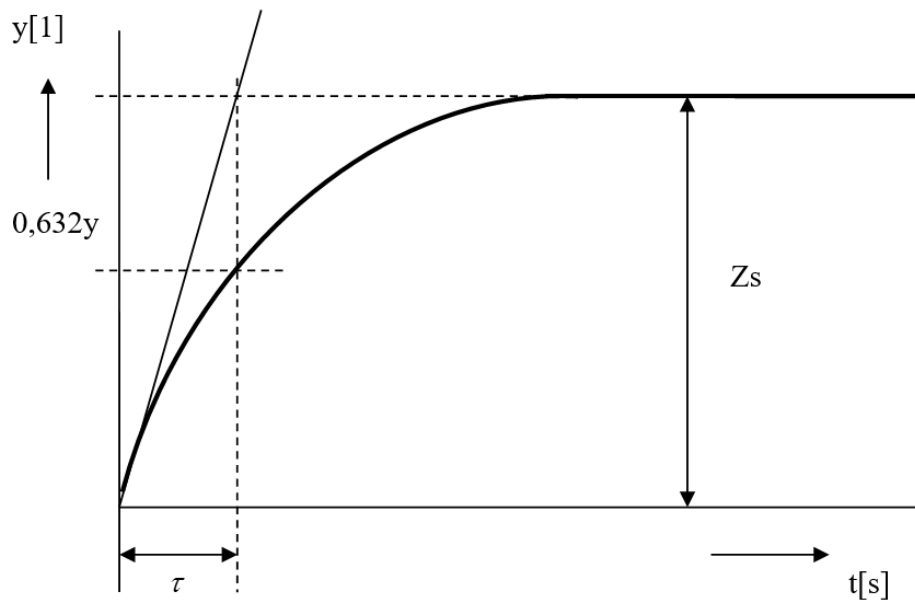
Aproximace přechodových charakteristik soustavy

Statické i dynamické charakteristiky soustavy je možné zjišťovat z experimentálně naměřených odezev na různé vstupní signály, nejčastěji na skokovou změnu.

Soustavy prvního řádu mají přenosovou funkci ve tvaru

$$F_s = \frac{Z_s}{(\tau s + 1)} \quad (1)$$

Hodnota zesílení Z_s a časové konstanty se určí z přechodové charakteristiky podle obr. 1.

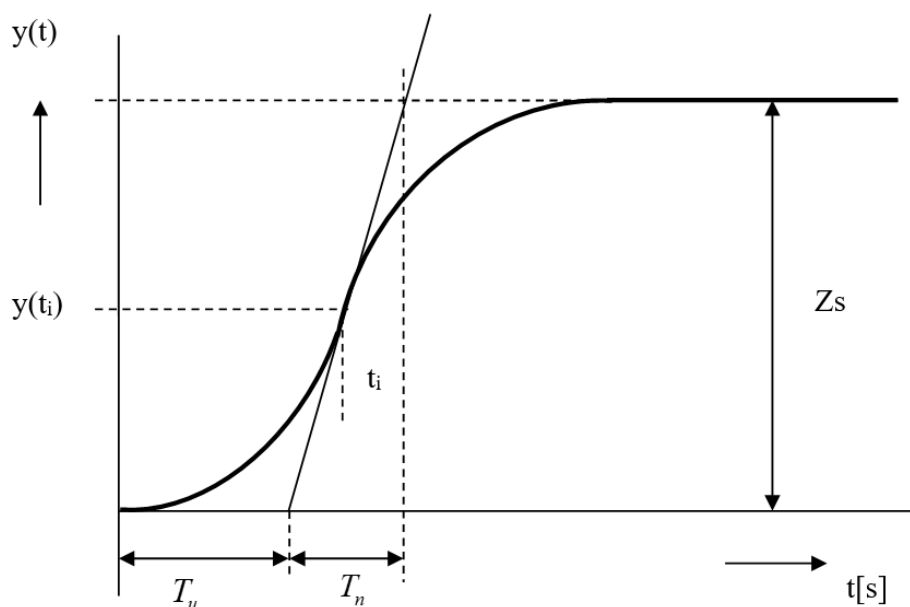


Obr. 1 – Přejchodová charakteristika soustavy 1. řádu, zdroj autor

Přenosi soustav vyššího řádu je možné aproximovat např. přenosem s násobnou časovou konstantou

$$F_s = \frac{Z_s}{(\tau s + 1)^n} \quad (2)$$

Kde n je řád přenosu.



Obr. 2 – Přejchodová charakteristika soustavy n-tého řádu, zdroj autor

V tomto případě se k přejchodové charakteristice vede tečna v inflexním bodě a odečte se doba průtahu T_u , doba náběhu T_n a souřadnice inflexního bodu t_i podle obr. 2. Z tab. 1, se potom určí řád n a časová konstanta tak, že se pro poměr T_u/T_n nalezne odpovídající hodnota

řádu soustavy n a hodnoty T_i/τ , T_u/τ a T_n/τ . Časová konstanta τ se vypočítá jako aritmetický průměr z těchto tří hodnot.

Tab. 1

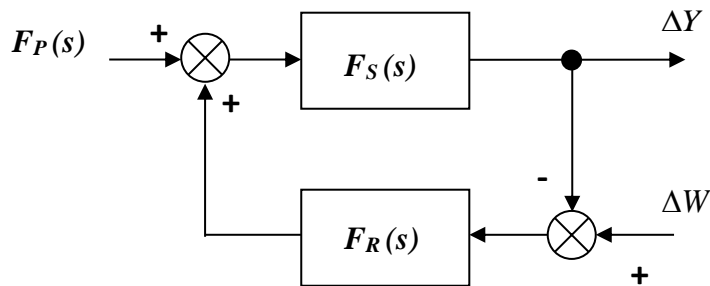
T_u/T_n	n	t_i/τ	T_u/τ	T_n/τ
0,104	2	1	0,282	2,718
0,218	3	2	0,805	3,695
0,319	4	3	1,425	4,463
0,420	5	4	2,100	5,119
0,493	6	5	2,811	5,699
0,570	7	6	3,549	6,226
0,652	8	7	4,307	6,711
0,709	9	8	5,081	7,164
0,773	10	9	5,869	7,590

b) Uzavřený regulační obvod a nastavování konstant regulátoru

Úkolem regulátoru je:

- omezovat vliv poruch v na velikost regulované veličiny,
- udržovat regulovanou veličinu na zadané hodnotě řídicí veličiny w .

Schéma regulačního obvodu je na obr. 3, kde porucha v_u působí v místě akční veličiny.



Obr. 3 – Blokové schéma uzavřeného regulačního obvodu

Pro nastavování konstant regulátoru bylo navrženo mnoho metod. Pokud byla změřena a vyhodnocena přechodová charakteristika soustavy, je možné konstanty regulátoru určit **Ziegler - Nicholsovou** metodou podle vztahů:

P regulátor: $r_0 = (T_n / T_u) S_0$

PI regulátor: $r_0 = 0,9 (T_n / T_u) S_0$ $T_i = 3,5 T_u$

PID regulátor: $r_0 = 0,45 (T_n / T_u) S_0$ $T_i = 2 T_u$ $T_D = 0,5 T_u$

Kde: $S_0 = 1 / Z_s$ je tzv. **činitel autoregulace**.

Ziegler - Nicholsonova frekvenční metoda je založena na znalosti meze stability uzavřeného regulačního obvodu s P regulátorem. Experimentálně se tzv. kritická hodnota zesílení r_{0k} nalezne tak, že se postupně zvyšuje zesílení P regulátoru, až se regulační obvod rozkmitá kmity se stabilní amplitudou. Ze záznamu průběhu regulované veličiny lze odečíst přímo kritickou periodu kmitů T_k . Konstanty regulátoru se potom vypočítají za vztahů:

P regulátor: $r_0 = 0,5r_{0k}$

PI regulátor: $r_0 = 0,45r_{0k}$ $T_i = 0,85T_k$

PID regulátor: $r_0 = 0,45r_{0k}$ $T_i = 0,85T_k$ $T_D = 0,125T_k$

Je-li přenos soustavy známý, je možné kritické hodnoty vypočítat. Do charakteristické rovnice uzavřeného regulačního obvodu se za „s“ dosadí $j\omega_k$, a řešením rovnice se získají parametry r_{0k} a ω_k .

Experimentální vyhledání kritického zesílení může být časově náročné, a proto se využívá metoda, při které se zapojí do zpětné vazby místo P regulátoru relé. Podle polarity regulační odchylky přepíná relé na svém výstupu konstantní hodnoty +M, a -M. Soustava tento obdélníkový vstupní signál vyfiltruje na sinusový s amplitudou a . Kritické zesílení se potom počítá podle vztahu (VÍTEČKOVÁ, M., VÍTEČEK A., 2017)

$$r_{0k} = \frac{4M}{\pi a} \quad (3)$$

1.2 Zadání úlohy

V simulačním prostředí SIMULINK sestavte z vybraných standardních bloků obvodu pro řešení následujících úloh (výsledky simulací časových odezev obvodů exportujte do strukturovaného textového souboru a jejich vyhodnocení proveďte v prostředí Excel!).

1. Z naměřených dat přechodové charakteristiky soustavy n – tého řádu uložené v souboru „Soustava_Data_XX.txt“, odvodte aproximační přenos soustavy. Datový soubor obsahuje naměřená data ve formátu [čas; výstup; vstup]. Pro získání inflexního bodu použijte metodu numerické derivace realizované v prostředí programu Excel. Kde XX v názvu datového souboru představuje číslo vaší pracovní skupiny.
2. Navrhnete parametry „PID“ regulátoru pro řízení výše identifikované soustavy n - tého řádu.
 - a) z PCH Ziegler - Nicholsonovou metodou.
 - b) z kritického zesílení a z kritické frekvence (Ziegler-Nicholsonovou metodou). Kritické hodnoty zjistěte výpočtem a experimentálně (pomocí P regulátoru a pomocí relé ve

zpětné vazbě). Výsledné hodnoty uveďte do tabulky. Pro návrh parametrů regulátorů použijte aritmetické průměry všech tří hodnot získaných parametrů.

3. Simulujte regulační pochod.

- c) pro jednotkovou změnu řídicí veličiny w (žádané hodnoty),
- d) pro jednotkovou poruchu v_u v místě akční veličiny (to znamená, na vstupu soustavy).

Simulaci proveďte s PID regulátorem, nastaveným podle bodu 2a a 2b. Ze simulovaných průběhů vyhodnoťte příslušné parametry regulačního pochodu (překmit, dobu regulace, trvalou regulační odchylku, kvadratické kritérium kvality regulačních pochodů), výsledky zpracujte do příslušných grafů a tabulek v prostředí Excel. Simulované regulační pochody pro jednotlivé metody umístěte do jednoho obrázku a do závěru proveďte jejich porovnání. Tabulky a regulační pochody uveďte v textu protokolu.

1.3 Obsah protokolu

Protokol bude obsahovat řešení níže uvedených úkolů:

- Grafické zpracování identifikace parametrů regulované soustavy.
- Grafické porovnání PCH identifikované a zadané soustavy.
- Grafické stanovení konstant PID regulátoru.
- Tabulku konstant jednotlivých PID regulátorů.
- Tabulku s vyhodnocením kvality regulačních pochodů.

2 Samostatná příprava:

1. Nastudujte postup identifikace parametrů PID regulátorů.
2. Proveďte podrobnou analýzu řešení úlohy.
3. Překreslete bloková schémata do Laboratorního deníku (pracovního sešitu).
4. Připravte si simulační model pro ověření průběhů přechodové charakteristiky identifikované soustavy a regulačních pochodů v prostředí Matlab Simulink.
5. Připravte si tabulky v prostředí Excel pro záznam identifikovaných parametrů.

3 Otázky k procvičení:

1. Nakreslete blokové schéma regulačního obvodu s PID regulátorem.
2. Napište rovnice přenosu soustavy prvního a vyššího řádu a vysvětlete význam jednotlivých parametrů.
3. Vysvětlete úlohu první a druhé derivace při identifikaci parametrů přenosu regulované soustavy.
4. Popište princip identifikace kritických parametrů regulačního obvodu metodou relé ve zpětné vazbě, nakreslete principiální schéma.
5. Co to jsou kritické parametry r_{0k} a T_k , popište jejich význam (amplitudo-fázová charakteristika).

4 Použitá literatura

BALÁTĚ, Jaroslav 2009. *Automatické řízení*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-7300-148-9.

VÍTEČKOVÁ, Miluše a Antonín VÍTEČEK. *Vybrané metody seřizování regulátorů*. Ostrava: VŠB - TUO, 2011. ISBN 978-80-248-2503-8.

Seznam zkratk

a	amplituda signálu
M	amplituda relé
S_0	činitel autoregulace
t_i	souřadnice inflexního bodu
T_i	integrační konstanta
T_d	derivační konstanta
T_u	doba průtahu
T_n	doba náběhu
r_{OK}	kritické zesílení
T_k	kritická perioda
PID	analogově číslicový
PCH	přechodová charakteristika
W	žádané hodnota
v_u	poruchová veličina
Zs	zesílení soustavy
ω_k	kritická frekvence
n	řád soustavy
τ	časová konstanta

Rejstřík

- Excel, 6
 - graf, 6
 - tabulka, 6
- charakteristika, 1
 - přechodová, 1
- identifikace, 1, 6
 - experimentální, 1
 - konstant, 6
 - regulované soustavy, 1
- kritérium, 6
 - kvalita
 - kvadratické, 6
- kvalita, 6
- PID regulátor, 6
 - parametry, 6
- regulační, 6
 - obvod, 1
 - pochod, 6
- Tabulka, 6
 - kvality, 6

Automatizace laboratoř

Téma 3: Identifikace parametrů regulátoru PID z přechodové charakteristiky

Studijní cíl

Seznámit studenty s metodou identifikace parametrů PID regulátoru z průběhu přechodové charakteristiky.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

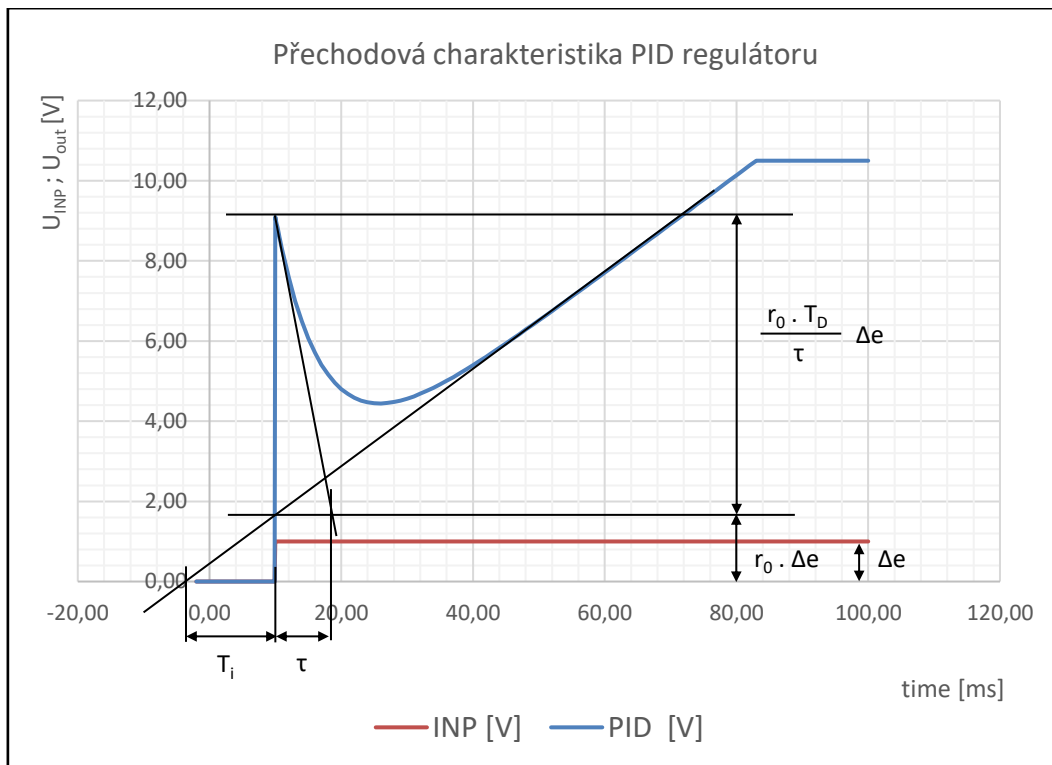
Automatické řízení, PID regulátor, Přechodová charakteristika, zesílení regulátoru, integrační časová konstanta T_i , derivační časová konstanta T_d , filtrace derivační složky

1 Cíle úlohy a všeobecný úvod do problematiky

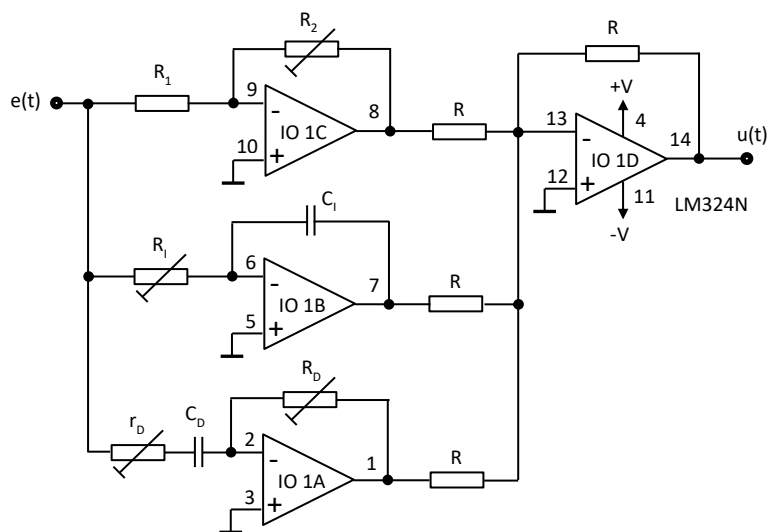
1.1 Úvod do problematiky

Pro realizaci analogového regulátoru PID lze využít základních zapojení operačních zesilovačů. Příslušné konstanty regulátoru lze nastavit změnou parametrů použitých obvodových elektronických komponent těchto operačních zesilovačů. Změna časových konstant regulátoru se projeví tvarovou změnou jeho přechodové charakteristiky. Této skutečnosti lze s výhodou použít právě při nastavování těchto parametrů, které získáme zvolenou metodou identifikace (např. z kritických hodnot, přechodové charakteristiky atd.). Změnu parametrů regulátoru provádíme zpravidla změnou hodnot těch součástek, u kterých lze provést jejich změnu snadněji. Obvykle se jedná o odporové trimry, které je vhodné používat v jejich víceotáčkových verzích. To nám umožní jemnější nastavení hodnot odporu trimru. Výhodou uvedeného postupu nastavení parametrů regulátoru je, že lze tento postup aplikovat bez jakékoli demontáže obvodu regulátoru. Stačí na vstup regulátoru přivést signál odpovídající skokové změně (ideálně jednotkovému skoku) a na výstup regulátoru připojit zobrazovací zařízení, např. osciloskop.

Funkce každého z analyzovaných typů regulátorů (P, PI, PID) je popsána odpovídající rovnicí, která obsahuje také hodnoty stavitelných parametrů. Jejich nastavené hodnoty je možné určit analýzou jejich přechodové charakteristiky (obr. 1), tedy odezvy zapojení regulátoru na skokovou změnu regulační odchylky na vstupu regulátoru ($e(t)$).



Obr. 1 – Přejchodová charakteristika PID regulátoru, zdroj autor



Obr. 2 – Obvodové zapojení PID regulátoru s operačními zesilovači, zdroj autor

Frekvenční přenos PID regulátoru v zapojení s operačními zesilovači

$$G_{ue}j\omega = \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{j\omega C_1 R_1} - \frac{j\omega C_D R_D}{1 + j\omega C_D r_D} \right) \left(-\frac{R}{R} \right) = \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{j\omega C_1 R_1} + \frac{j\omega C_D R_D}{1 + j\omega C_D r_D} \quad (1)$$

Frekvenční přenos PID regulátoru ve standardním tvaru

$$G_{ue}j\omega = r_0 + \frac{r_0}{T_I} \frac{1}{j\omega} + r_0 T_D j\omega \quad (2)$$

Samostatná, praktická realizace, ideální D složky není možná. Proto se v praxi nahrazuje přenos ideální D složky vztahem

$$\frac{r_0 T_d j\omega}{1 + \tau j\omega}$$

, kde τ je časová konstanta filtru

Frekvenční přenos PID regulátoru je potom

$$G_{ue}(j\omega) = r_0 + \frac{r_0}{T_I} \frac{1}{j\omega} + \frac{r_0 T_d j\omega}{1 + \tau j\omega} \quad (3)$$

Porovnáním výše uvedených vztahů, získáme vztahy pro výpočet hodnot jednotlivých parametrů

$$r_0 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$T_I = r_0 C_1 R_1 = \frac{R_2}{R_1} C_1 R_1$$

$$\tau = r_D C_D$$

$$T_d = \frac{C_D R_D}{r_0} = C_D R_D \frac{R_1}{R_2}$$

1.2 Zadání úlohy

V příloženém, komprimovaném, souboru se zadáním úlohy je umístěn datový soubor se záznamem přechodové charakteristiky PID regulátoru. Data ze souboru importujte do programu Excel a proveďte identifikaci jednotlivých parametrů PID regulátoru, s vyznačením pomocných grafických prvků přímo do tohoto grafu v Excelu. Pro řešení použijte data s číslem shodujícím se s číslem vaší pracovní skupiny (každá pracovní skupina má svoje vlastní data!).

Simulační ověření – porovnání identifikované a zadané PCH (simulaci proveďte v programu „Matlab – Simulink“, data exportujte do *.txt souboru a zobrazte je společně se zadanými daty v jednom grafu).

1.3 Obsah protokolu

Protokol bude obsahovat řešení níže uvedených úkolů:

- Zadanou přechodovou charakteristiku PID regulátoru.
- Grafické stanovení konstant PID regulátoru.

- Tabulku konstant PID regulátoru.

2 Samostatná příprava:

1. Nastudujte zapojení PID regulátoru s operačními zesilovači.
2. Provedte podrobnou analýzu řešení úlohy.
3. Překreslete obvodová schémata do Laboratorního deníku (pracovního sešitu).
4. Připravte si simulační model pro ověření chování PID regulátoru v prostředí Matlab Simulink.
5. Připravte si tabulky v prostředí Excel pro porovnání zadané a identifikované přechodové charakteristiky PID regulátoru.

3 Otázky k procvičení:

1. Nakreslete schéma zapojení paralelního a sérioparalelního PID regulátoru s operačními zesilovači.
2. Napište rovnice napěťového přenosu jednotlivých složek regulátoru.
3. Jaké jsou funkce jednotlivých složek regulátoru?
4. Nakreslete zapojení elektronického obvodu pro získání regulační odchylky.
5. Ovlivňují se jednotlivá nastavení složek regulátoru navzájem?
6. Dochází k omezení výstupní akční veličiny regulátoru?
7. Co je to „windup“ a jakým způsobem by bylo možné ho odstranit?

4 Použitá literatura

BALÁTĚ, Jaroslav. 2009. *Automatické řízení*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-7300-148-9.

Seznam zkratek

C	kondenzátor
e	regulační odchylka
j	komplexní jednotka čísla
G	přenosová funkce
P	proporcionální
PCH	přechodová charakteristika
PI	proporcionálně integrační
PID	proporcionálně integračně derivační
R	rezistor
r_0	zesílení P složky regulátoru
T_d	derivační časová konstanta
T_i	integrační časová konstanta
τ	časová konstanta filtrační složky regulátoru
ω	úhlová rychlost [rad/s]

Rejstřík

akční veličina, 4
Automatické řízení, 1
časová konstanta, 1
filtrace, 1
 derivační složky, 1
identifikace, 1
jednotkový skok, 1
Laboratorní deník, 4
PCH, 3
PID regulátor, 1, 3, 4
regulátor, 1, 3, 4
 analogový, 1
 parametry, 1
 realizace, 1
signál, 1
windup, 4

Automatizace laboratoř

Téma 4: Regulovatelný zdroj proudu

Studijní cíl

Seznámit studenty s konstrukcí a realizací elektronického obvodu regulovatelného zdroje konstantního proudu s operačním zesilovačem.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Operační zesilovač, potenciometr, zdroj konstantního proudu, statická charakteristika, bipolární tranzistor.

1 Úvod

Úloha je zaměřena na obvodové zapojení a realizaci regulovatelného zdroje proudu, který lze využít jako tzv. „Aktivní zátěž“. V následující laboratorní úloze bude tento obvod použit pro měření parametrů elektronického obvodu, kdy je s využitím „Aktivní zátěže“ změřena zatěžovací charakteristika spínaného zdroje napětí.

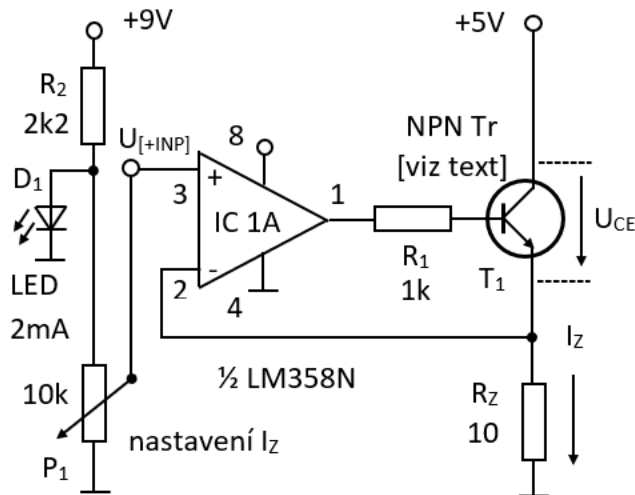
V rámci laboratorního cvičení ověřte funkci elektronického obvodu:

- Regulovatelného zdroje proudu – převodníku U/I s operačním zesilovačem, se zpětnovazební stabilizací výstupního proudu (viz obrázek č. 1)

Vždy se snažte porozumět danému zapojení elektronického obvodu. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

2 Regulovatelný zdroj proudu

Obvod regulovatelného zdroje proudu je sestaven z aktivního prvku, operačního zesilovače IC1A, regulačního prvku - bipolárního tranzistoru T1 a snímacího [zatěžovacího] rezistoru R_Z, v zapojení podle schématu na obr. 1.



Obr. 1 – Schéma zapojení obvodu „Aktivní zátěže“, zdroj autor

2.1 Funkce obvodu

Napětím na běžci potenciometru P1 lze nastavit proud protékající rezistorem R_Z, který je roven zatěžovacímu proudu testovaného obvodu. Výstup testovaného obvodu může být zapojen do kolektoru T₁ obvodu „Aktivní zátěže“. Výhodou tohoto zapojení je udržování konstantního zatěžovacího proudu i při poklesu výstupního napětí testovaného zdroje.

Tab. 1 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot

Převodní charakteristika obvodu „Aktivní zátěže“				
U _[+INP] [mV]	U _{RZ} [mV]	I _Z [mA]	U _{CE T₁} [mV]	P _{ZTR T₁} [mW]
50				
100				
150				
200				
250				
300				
350				
...				
...				
1450				

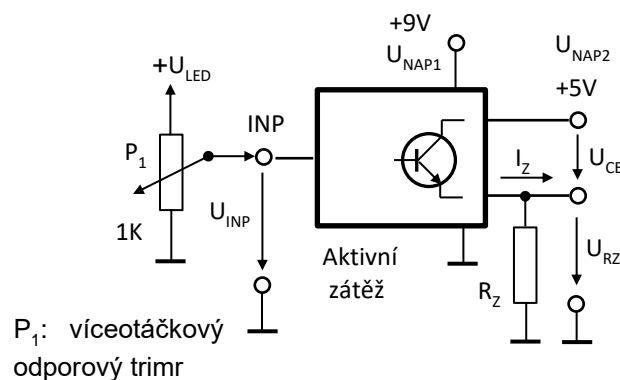
Pro obvod aktivní zátěže změřte převodní charakteristiku a stanovte výpočtem veličiny uvedené v tabulce č. 1. Kolektor tranzistoru je připojen na stabilizovaný zdroj napětí +5V. Typ

tranzistoru T_1 je potřeba volit podle předpokládané výkonové ztráty. Pro nižší výkonovou ztrátu P_{ZTR} můžeme použít na místě tranzistoru T_1 např. BC337, pro vyšší TIP 122.

3 Zadání cílů úlohy a postup řešení:

- Realizujte obvodové schéma elektronického obvodu podle obr. č. 1.
- Změřte převodní charakteristiku zdroje proudu pro rozsah vstupního napětí $U_{[+INP]} \approx 0 - 1450mV$ a hodnoty získané měřením zapište do tabulky č. 1.
- Výsledky měření zpracujte do grafu v prostředí „Excel“.
- Určete nelinearitu převodní charakteristiky, dané funkční závislostí:
- $I_Z = f(U_{[+INP]})$
- Výsledky realizace, měření a vzorových výpočtů uveďte do protokolu.
- Schéma zapojení překreslete vlastnoručně do vašeho protokolu a v zapojení uveďte hodnoty vámi použitých součástek.
- Do protokolu uveďte tabulku použitých součástek a měřicích přístrojů.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc a *.xls.

3.1 Zapojení měřicího pracoviště



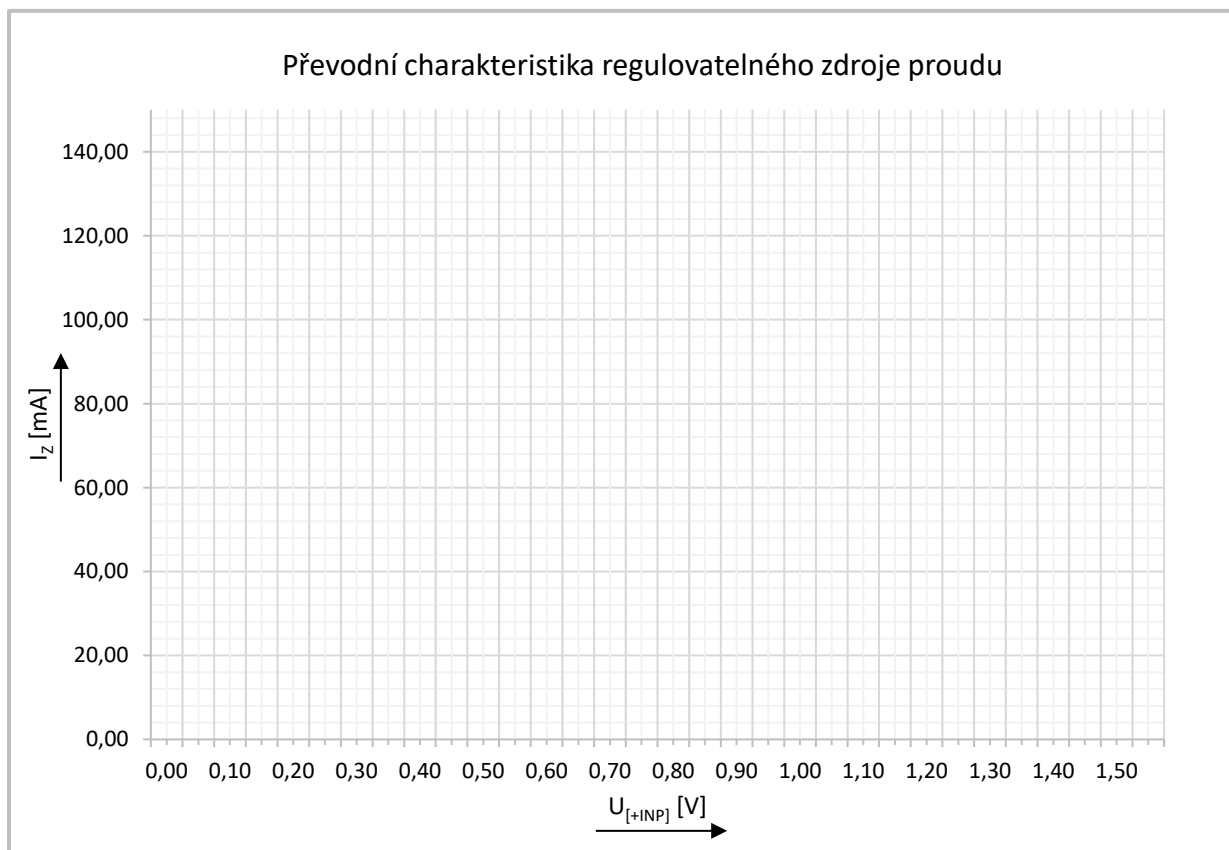
Obr. 2 – Zapojení měřicího pracoviště obvodu „Aktivní zátěž“ [pro měření jeho statické charakteristiky], zdroj autor

4 Samostatná příprava:

- Prostudovat zapojení regulovatelného zdroje proudu.
- Překreslit schéma zapojení regulovatelného zdroje proudu do pracovního sešitu.
- Navrhnout a nakreslit zapojení blokového schéma měřicího pracoviště do pracovního sešitu.
- Příprava tabulky a grafu pro záznam měření a následné výpočty.

5 Otázky k procvičení:

1. Nakreslete schéma regulovatelného zdroje konstantního proudu.
2. Vysvětlete princip funkce regulovatelného zdroje konstantního proudu.
3. Vysvětlete pojmy:
 - Ztrátový výkon tranzistoru
 - Regulační smyčka
 - Zkratový proud zdroje a jeho stanovení



Obr. 3 – Převodní charakteristika regulovatelného zdroje proudu

Seznam zkratk

U	napětí
I	proud
I _Z	zatěžovací proud
P _{ZTR}	ztrátový výkon

Rejstřík

Aktivní zátěž, 1, 2
graf, 3
 Excel, 3
 převodní charakteristika, 3, 5
napětí, 2
 zdroje, 2
nelinearita, 3
Operační zesilovač, 1
potenciometr, 1, 2
proud, 2
regulace, 1
schéma, 4
 zdroje, 4
 konstantního proudu, 4
 regulovatelného, 4
tabulka, 3
 měřicích přístrojů, 3
 použitých součástek, 3
zdroj, 1, 2, 4, 5
 konstantního proudu, 1

Automatizace laboratoř

Téma 5: Spínaný zdroj napětí / Step – Down Converter /

Studijní cíl

Provést analýzu a realizaci obvodu spínaného zdroje (měniče) napětí, typu Step-Down

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Spínaný zdroj, tranzistor, zatěžovací charakteristika, měnič napětí

1 Úvod

Laboratorní úloha je zaměřena na obvodové zapojení a realizaci měniče napětí. Jedná se o měnič napětí s indukčností. MC34063A je specializovaný obvod určený pro konstrukci spínaných zdrojů. Indukčnost v zapojení měničů slouží jako akumulací prvek energie. Podle toho, jakým způsobem je energie z akumulacího prvku transformována, můžeme rozdělit typy těchto měničů do tří skupin. Jedná se o měniče snižující, zvyšující a invertující vstupní napětí. Funkce a princip činnosti spínaných měničů napětí byla z jedné části obsahu přednášky předmětu BPAR. Námětem tohoto cvičení je analýza a realizace vybraného zapojení měniče napětí, a to snižujícího měniče, se specializovaným integrovaným obvodem MC34063A. Tento typ měniče je zařazen do výuky z důvodu aktuálnosti využití spínaných zdrojů v elektronických obvodech automatizační techniky, z důvodu využití svých příznivých parametrů, zejména vzhledem k hodnotě účinnosti těchto typů zdrojů. V rámci laboratorního cvičení provedete výpočet obvodových prvků měniče napětí podle doporučeného zapojení výrobce uvedeného v datasheetu, sestavení obvodů zdroje a ověření jeho funkce.

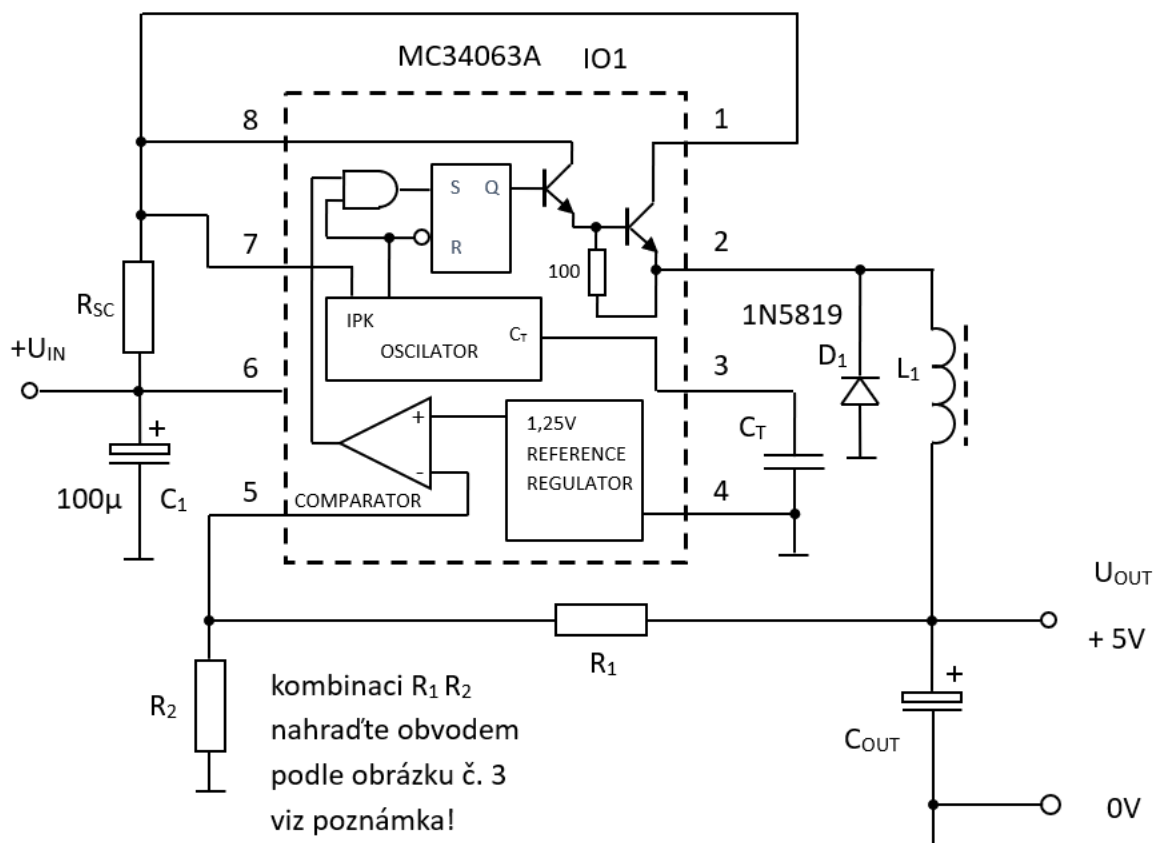
V rámci laboratorního cvičení ověřte funkci elektronického obvodu:

Snižujícího měniče [step down] napětí +9/+5V – zdroje stabilizovaného napětí, se speciálním obvodem pro spínané zdroje – MC34063A (viz obrázek č. 1). Pro tento zdroj změřte jeho zatěžovací charakteristiku a činitel stabilizace.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení elektronického obvodu. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

Stabilizovaný zdroj napětí s MC34063A

Obvod MC34063 lze použít v zapojení stabilizovaného zdroje napětí, zapojeného podle obr. 1. Zdroj „vyrábí“ z kladného napájecího napětí, stabilizované napětí, například pro napájení elektronických obvodů, včetně výkonových elektronických obvodů akčních členů regulačních obvodů, například DC motorů servopohonů, výkonových relé atd. Vnitřní obvodové zapojení obvodu je vyobrazena v podobě podrobného blokového schématu v datasheetu obvodu. Jako akumulární prvek je zde použita indukčnost ve formě výkonové tlumivky, s indukčností o velikosti řádově desítky až stovky μH (viz váš vlastní výpočet). Dioda v zapojení obvodu usměrňovače musí být v tomto případě rychlá spínací (např. typu UF, nebo „Schottkyho“ dioda).



Obr. 1 – Spínaný, stabilizovaný zdroj napětí s MC34063A, zdroj autor

Pracovní frekvence měniče je nastavena na kmitočet desítek kHz (maximální kmitočet pro tento obvod je omezen na hodnotu 100kHz). Schéma je převzato z datasheetu MC34063A.

Vstupní parametry hodnot saturačního napětí spínací diody a výstupních tranzistorů jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Poznámka:

Kombinaci rezistorů R_1 , R_2 , nahraďte modifikovaným zapojením podle obrázku č. 3. Odporovým trimrem nastavte požadovanou velikost výstupního napětí +5V [$\pm 50\text{mV}$]. Pro toto zapojení teprve proveďte kompletní měření. Vstupní proud z napájecího zdroje měřte jako úbytek napětí na rezistoru R_{SC} .

2 Zadání úkolů cvičení a postup řešení:

- Zapojte a oživte na nepájivém poli obvod stabilizovaného zdroje stabilizovaného napětí s obvodem MC34063A. Napájecí napětí obvodu bude nesymetrické, o velikosti +9V. Oživení obvodu proveďte pomocí napájecího zdroje, osciloskopu a digitálního multimetru. Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho ožíváním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na nejnižší možnou hodnotu a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte na jeho pracovní hodnotu.

Tab. 1 – Výpočet prvků zdroje s MC34063A

Vstupní parametry pro výpočet - vyhledejte v datasheetu elektronických součástek pro MC34063A					
Dioda 1N5819			MC34063A - DIP		
$V_F =$	0,75	V	$V_{sat} =$	1,3	V
Volba vstupních parametrů pro „snižující měnič“ napětí					
$V_{in} =$	+9	V	I_{out}	0,1	A
$V_{out} =$	+5	V	f_{min}	60000	Hz
$V_{in} (min) =$	7,5	V	$V_{ripple(pp)} =$	0,100	Vpp
			R_1	1200	Ω
Výpočet podle str. 11 datasheetu pro "Step - Down"					
t_{on}/t_{off}			$I_{pk(switch)}$		A
$(t_{on}+t_{off})$		s	R_{sc}		Ω
t_{off}		s	$L_{(min)}$		H
t_{on}		s	C_{OUT}		F
C_T		F	R_2		Ω

Tab. 2 – Hodnoty součástek v řadě E12

Hodnoty součástek do schématu z výpočtu a pro realizaci z řady E12			
součástka	výpočet	realizace	Jednotka
C_T			pF
R_{sc}			Ω
$L_{(min)}$			μH
C_O			μF
R_1			$k\Omega$
R_2			$k\Omega$

3 Postup při návrhu a testování měniče s MC34063A:

- Proveďte výpočet obvodových prvků zapojení s využitím datasheetu integrovaného obvodu zdroje MC34063A. Použijte vztahy uvedené v tabulce na straně 11. Pro zapojení zdroje jako snižujícího zdroje napětí. Výpočet realizujte v prostředí programu „Excel“, jako univerzální pro možnost automatického přepočtu hodnot součástek při změně vstupních parametrů. Výchozí vstupní parametry použijte z tabulky č. 1. (výpočetní tabulka bude součástí přílohy odevzdaného protokolu).
- Změřte zatěžovací charakteristiku zdroje napětí pro zatížení proudem $I_{OUT} \approx 0 - 145mA$, v cca 10 bodech. Počet měření zvýšte v nelineární části charakteristiky (pokud zatěžovací charakteristika vykazuje nelineární průběh). Výsledky měření zpracujte do tabulky a grafu v prostředí „Excel“ (pro měření zatěžovací charakteristiky použijte zapojení zátěže podle obr. č. 2.).
- Proveďte stanovení vnitřního odporu R_i zdroje v lineární části zatěžovací charakteristiky a stanovte činitel stabilizace S (Tabulka č. 4b, v případě nepatrné změny výstupního napětí zvýšte přesnost měření na tři desetinná místa).
- Stanovte hodnotu účinnosti η , invertujícího měniče napětí pro $U_{cc} = +9V$, $U_{výst} = +5V$ a pro výstupní proud $I_{OUT} \approx 100mA$.
- Výsledky realizace, měření a vzorových výpočtů uveďte do protokolu.
- Schéma zapojení překreslete vlastnoručně (s použitím nástrojů textového editoru) do vašeho protokolu a v zapojení uveďte hodnoty vámi použitých součástek.
- Do protokolu uveďte tabulku použitých součástek a měřicích přístrojů.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc a *.xls.

Tab. 4 – Tabulka naměřených a vypočítaných pro stanovení činitele stabilizace – „S“

Parametry měniče napětí +9V/+5V s MC34063A - činitel stabilizace pro $I_{OUT} \approx 100mA$					
číslo měření	U_{IN} [V]	ΔU_{IN} [V]	U_{OUT} [V]	ΔU_{OUT} [V]	S [-]
1.	6,50				
2.	7,00				
3.	7,50				
4.	8,00				
5.	8,50				
6.	9,00	---	+5,00	---	---
7.	9,50				
8.	10,00				
9.	10,50				
10.	11,00				
11.	11,50				

7 Otázky k procvičení:

1. Vysvětlete princip funkce invertujícího měniče napětí s indukčností, nakreslete jeho blokové schéma.
2. Vysvětlete princip funkce snižujícího měniče napětí s indukčností, nakreslete jeho blokové schéma.
3. Vysvětlete princip funkce zvyšujícího měniče napětí s indukčností, nakreslete jeho blokové schéma.
4. Vysvětlete pojmy:
 - účinnost zdroje a jeho stanovení
 - vnitřní odpor zdroje a jeho stanovení
 - zkratový proud zdroje a jeho stanovení
 - činitel stabilizace a jeho stanovení
 - střída signálu – nakreslete jeho časový průběh a vztah pro výpočet

Seznam zkratk

S činitel stabilizace

Rejstřík

dioda, 2
 Schottkyho, 2
měnič, 1, 4, 7
 napětí, 1
 snižující, 1
napětí, 1, 2, 7
schéma, 4
 zapojení, 4
Spínaný zdroj, 1
tranzistor, 1
zapojení, 2
 obvodu, 2
zatěžovací charakteristika, 1
zdroj, 1, 2, 3, 4, 6, 7
zdroj napětí, 2
 stabilizovaný, 2
 zapojení, 2

Automatizace laboratoř

Téma 6: Obvod absolutní hodnoty

Studijní cíl

Seznámit studenty s obvodovým zapojením a realizací obvodu absolutní hodnoty.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Obvod absolutní hodnoty, komparátor, dioda, tranzistor

1 Úvod

V tomto cvičení provedete návrh a realizaci zapojení „Obvodu absolutní hodnoty“ [OAH]. Tento obvod se používá při zpracování analogových signálů pro realizaci matematické operace absolutní hodnoty. Tímto obvodem lze tedy určit polaritu vstupního signálu.

V rámci tohoto cvičení se seznámíte a procvičíte si:

- Seznámíte se s obvodovým zapojením „Obvodu absolutní hodnoty“.
- Praktickou realizací a ověřením funkce obvodu.
- Změřením parametrů elektronického obvodu z okruhu automatizační techniky.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení elektronického obvodu. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

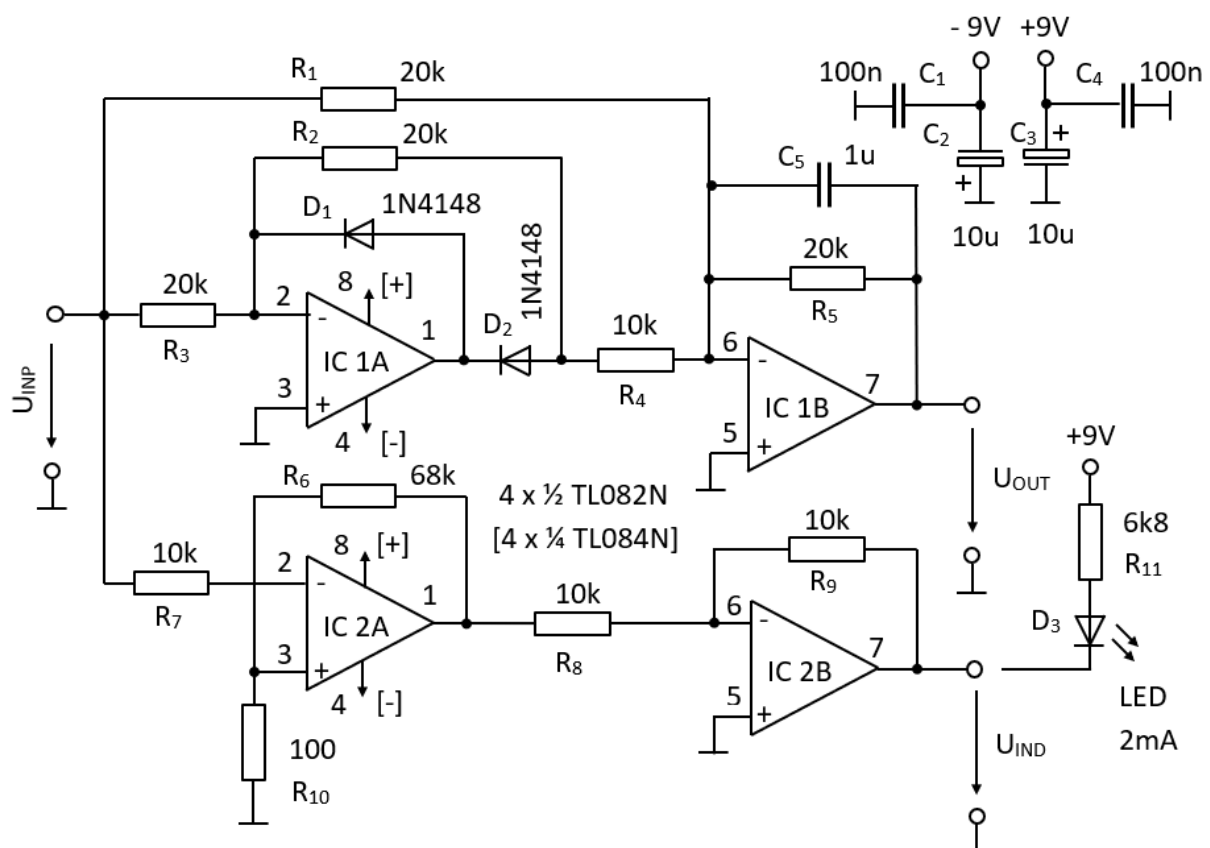
2 Zadání úkolů cvičení a postup řešení:

- Podle schématu zapojení „Obvodu absolutní hodnoty“ z obr. č. 1, zapojte příslušný elektronický obvod na nepájivém poli. Realizaci provádějte až po důkladném prostudování zapojení a pochopení funkce elektronického obvodu a pečlivé samostatné přípravě na řešení této úlohy. Pro záznam naměřených veličin použijte předpřipravený vzory tabulky č. 1.

- Změřte převodní (statickou) charakteristiku převodníku v rozsahu $\pm 5V$ a vynesete ji do grafu v software tabulkového procesoru Excel. Do grafu zobrazte společně průběh vstupního a výstupního signálu (napětí). Určete chybu nuly a nelinearitu naměřené charakteristiky.
- Pro generování stejnosměrného vstupního napětí použijte obvod zapojený podle schématu na obrázku č. 2.
- Bezchybnou činnost realizovaného zapojení předvedte vyučujícímu.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc, *.xls.
- Protokol musí obsahovat seznam použitých přístrojů a použitých součástek použitých v laboratorní úloze.
- Při zpracování protokolu postupujte v souladu s doporučeným postupem probíraným v rámci výuky předmětu!

Upozornění:

Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho ožíváním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na téměř nejnižší možnou hodnotu (cca 50mA) a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte. Uvedený postup připojování napájecího zdroje používejte vždy, při zapojování, ožívání a laborování s elektronickými obvody!



Obr. 1 – Schéma zapojení obvodu absolutní hodnoty, vzor autor

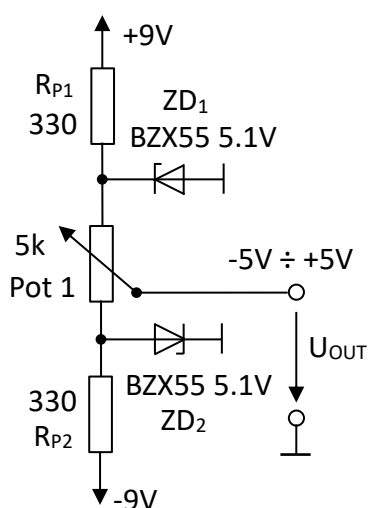
Tabulky naměřených hodnot

Tabulka č. 1. : Převodní charakteristika OAH.

U_{INP} [V]							
U_{OUT} [V]							
U_{IND} [V]							
U_{INP} [V]							
U_{OUT} [V]							
U_{IND} [V]							
U_{INP} [V]							
U_{OUT} [V]							
U_{IND} [V]							

U_{OUT} – výstupní napětí
 U_{INP} – vstupní napětí

U_{IND} – indikace polarity signálu



Obr. 2 – Schéma zapojení obvodu generování měřicího signálu

Samostatná příprava:

1. Prostudujte schéma zapojení elektronického obvodu.
2. Provedte stažení příslušné technické dokumentace k použitým součástkám úlohy (zvláštní pozornost věnujte rozložení a označení vývodů pouzder součástek a jejich elektrickým vlastnostem).
3. Vypočítejte komparační úrovně jednotlivých komparátorů a podle potřeby upravte velikosti vstupního napětí pro měření statické charakteristiky elektronického obvodu.
4. Připravte si tabulku v prostředí Excel pro záznam měření a sestrojení grafů požadovaných charakteristik.

Otázky k procvičení:

1. Jaké použití má „Obvodu absolutní hodnoty“?
2. Jaký je vstupní odpor převodníku?
3. Jakým zapojením operačního zesilovače je realizován obvod indikace polaritv vstupního signálu.
4. Nakreslete schéma zapojení „Obvodu absolutní hodnoty“ a vysvětlete jeho funkci.
5. Nakreslete schéma zapojení operačního zesilovače jako indikátoru polaritv vstupního signálu.

Seznam zkratek

OAH obvod absolutní hodnoty

Rejstřík

komparátor, 1
napětí, 2, 3
 vstupní, 3
 výstupní, 3
obvod, 1, 2, 4
 absolutní hodnoty, 1, 2, 4
 elektronický, 1
 indikace polaritv, 3, 4
 měřicího signálu, 3
odpor, 4
 vstupní, 4

Automatizace laboratoř

Téma 7: Měřicí usměrňovač

Studijní cíl

Seznámit studenty s obvodem měřicího usměrňovače pro zpracování střídavých signálů.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Usměrňovač, střídavý signál, maximální hodnota, střední hodnota, efektivní hodnota

1 Úvod

V rámci této laboratorní úlohy provedete realizaci a měření elektronického obvodu „Měřicího usměrňovače“. Tento obvod se používá při zpracování průběhů analogových signálů, konkrétně pro jejich usměrnění. To znamená pro převod střídavých signálů na signál stejnosměrný.

V rámci tohoto cvičení se seznámíte a procvičíte si:

- Seznámíte se s obvodovým zapojením „Měřicího usměrňovače“.
- Praktickou realizací a ověřením funkce obvodu.
- Změřením parametrů elektronického obvodu z okruhu automatizační techniky.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení elektronického obvodu. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

2 Zadání úkolů cvičení a doporučený postup řešení:

- Podle schématu zapojení „Měřicího usměrňovače“ z obr. č. 1, zapojte příslušný elektronický obvod na nepájivém poli. Realizaci provádějte až po důkladném prostudování zapojení a pochopení funkce elektronického obvodu a pečlivé samostatné přípravě na

řešení této úlohy. Pro záznam naměřených veličin použijte předpřipravené vzory tabulek č. 1 - 3.

- Změřte dynamickou převodní charakteristiku převodníku pro sinusový průběh vstupního napětí, rozkmit signálu 0 až $\pm 5V$ s krokem $\pm 0,25V$ a kmitočtem 1kHz. Určete nelinearit u naměřené charakteristiky.
- Změřte amplitudovou frekvenční charakteristiku měřicího usměrňovače pro rozkmit vstupního signálu $\pm 5V$ a kmitočtový rozsah do 100kHz. Určete mezní kmitočet, při kterém klesne přenos usměrňovače o -3dB vzhledem k stejnosměrnému přenosu se jmenovitou hodnotou o velikosti 1.
- Měřením ověřte správnost určení střední a efektivní hodnoty sinusového průběhu vstupního napětí o rozkmitu $\pm 5V$ a kmitočtu 1 kHz.
- Bezchybnou činnost realizovaného zapojení předvedte vyučujícímu.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc, *.xls.
- Protokol musí obsahovat seznam použitých přístrojů a použitých součástek použitých v laboratorní úloze.
- Při zpracování protokolu postupujte v souladu s doporučeným postupem probíraným v rámci výuky předmětu!

Upozornění:

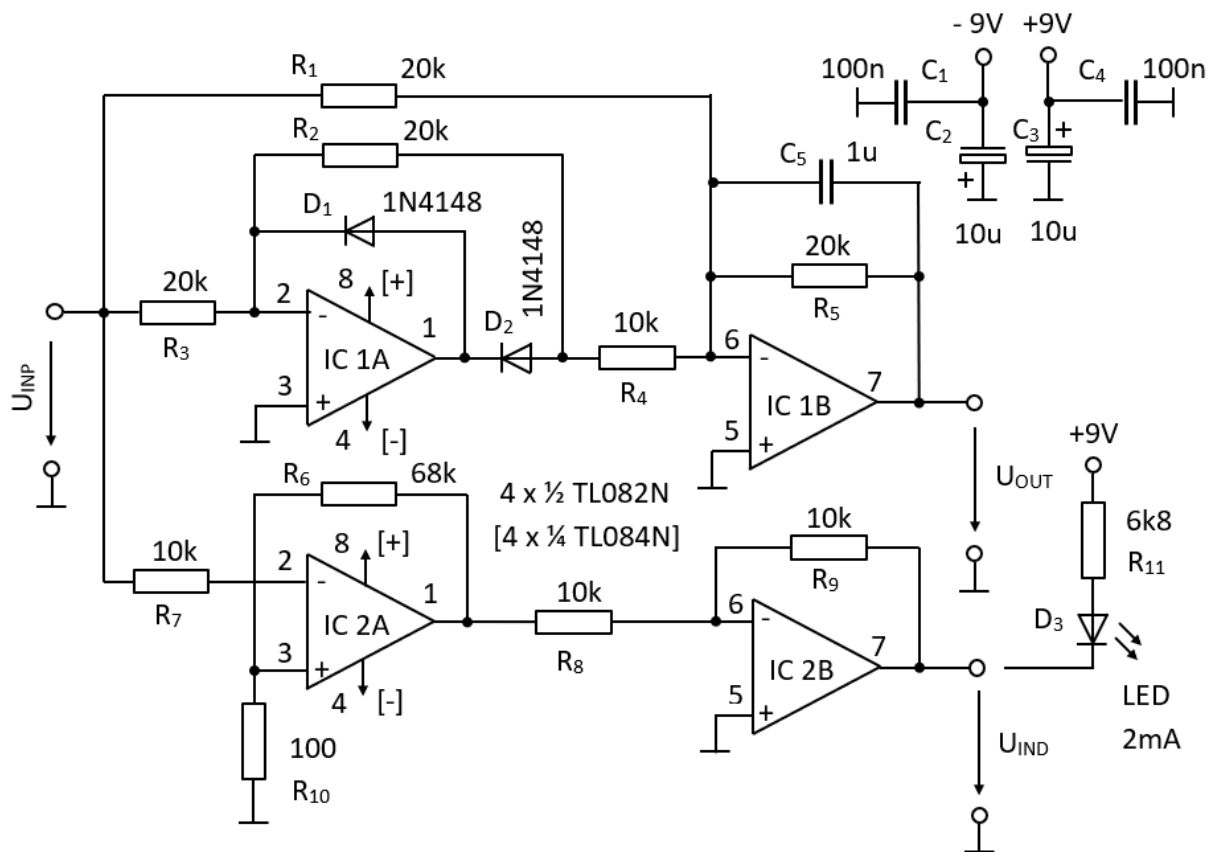
Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho ožíváním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na téměř nejnižší možnou hodnotu (cca 50mA) a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte. **Uvedený postup připojování napájecího zdroje používejte vždy, při zapojování, ožívání a laborování s elektronickými obvody!**

3 Měřicí usměrňovač s indikací polarity:

Měřicí usměrňovač je určen ke stanovení aritmetické střední hodnoty periodického vstupního napětí $u_1(t)$, definovaného rovnicí

$$U_{AR} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T_p} u_1(t) dt \quad (1)$$

kde T_p je perioda vstupního napětí. Měřicí usměrňovač se skládá z jednocestného usměrňovače, tvořeného operačním zesilovačem IC1A, diodami D_1 , D_2 a rezistory R_3 , R_2 a sumačního invertujícího zesilovače s operačním zesilovačem IC1B a rezistory R_1 , R_4 , R_5 .



Obr. 1 – Zapojení obvodu „Měřicího zesilovače“, zdroj autor

Při kladné polaritě vstupního napětí je dioda D_2 vodivá, D_1 nevodivá a přenos zesilovače IC1A je $R_2/R_3 = -1$. Při záporné polaritě vstupního napětí je dioda D_2 nevodivá, dioda D_1 vodivá a přenos zesilovače je 0. Jednocestné usměrňené vstupní napětí je na vstupu invertujícího zesilovače IC1B sečteno se vstupním napětím.

Pro výstupní napětí dvoucestného usměrňovače platí

$$U_{OUT} = R_5 \left(\frac{R_2}{R_3 R_4} - \frac{1}{R_1} \right) U_{INP}, \quad U_{INP} > 0 \quad (2)$$

$$U_{OUT} = -U_{INP} \frac{R_5}{R_4}, \quad U_{INP} < 0 \quad (3)$$

Pro $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 20k$ a $R_4 = 10k$ odpovídá střední hodnota výstupního napětí aritmetické střední hodnotě vstupního periodického napětí. Pro vstupní sinusové napětí s amplitudou U_{INP} je střední hodnota výstupního napětí

$$U_{AR} = \frac{2}{\pi} U_m = 0,637 U_m \quad (4)$$

Při znalosti činitele tvaru k_t periodického průběhu lze ze střední aritmetické hodnoty určit jeho efektivní hodnotu

$$U_{ef} = k_t U_{STR} \quad (5)$$

Činitel tvaru sinusového průběhu je $k_t = 1,11$. Efektivní hodnota sinusového napětí o amplitudě U_m má hodnotu $U_{ef} = 0,707 U_m$.

Tab. 1 – Převodní charakteristika MU pro Ust.

$A_{INP} \in \langle 0; 0,25; 5 \rangle$ [V] ; $f = 1\text{kHz}$								
A_{INP}	[V]	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	1,50
$U_{INP/AR}$	[V]							
$U_{OUT/AR}$	[V]							
A_{INP}	[V]	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
$U_{INP/AR}$	[V]							
$U_{OUT/AR}$	[V]							
A_{INP}	[V]	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
$U_{INP/AR}$	[V]							
$U_{OUT/AR}$	[V]							

A_{INP} – amplituda vstupního signálu

$U_{INP/AR}$ – střední hodnota vstupního napětí

$U_{OUT/AR}$ – střední hodnota výstupního napětí

Tab. 2 – Amplitudo-frekvenční charakteristika MU.

$f \in \langle 0; 100 \rangle$ [kHz] ; $A_{INP} = 5V$										
f	[kHz]									
$U_{INP/AR}$	[V]									
$U_{OUT/AR}$	[V]									
A	[1]									
A	[dB]									

4 Samostatná příprava:

1. Prostudujte schéma zapojení elektronického obvodu.
2. Proveďte stažení příslušné technické dokumentace k použitým součástkám úlohy (zvláštní pozornost věnujte rozložení a označení vývodů pouzder součástek a jejich elektrickým vlastnostem).
3. Vypočítejte komparační úrovně jednotlivých komparátorů a podle potřeby upravte velikosti vstupního napětí pro měření statické charakteristiky elektronického obvodu.
4. Připravte si tabulky v prostředí Excel pro záznam měření a sestavení grafů požadovaných charakteristiky.

5 Otázky k procvičení:

1. Jaké použití má obvod měřicího usměrňovače s operačními zesilovači?
2. Jaký je vstupní odpor převodníku?
3. Jakým zapojením operačního zesilovače je realizován obvod indikace polarity vstupního signálu.
4. Nakreslete schéma zapojení „Měřicího usměrňovače“ a vysvětlete jeho funkci.
5. Nakreslete schéma zapojení operačního zesilovače jako indikátoru polarity vstupního signálu.

Seznam zkratk

MU měřicí usměrňovač

Rejstřík

činitel tvaru, 4
dvoucestný usměrňovač, 3
hodnota, 1
 efektivní, 1, 4
 maximální, 1
 střední, 1
charakteristika, 2
 frekvenční, 2
invertující zesilovač, 3
komparační úroveň, 5

Měřicí, 1
měřicí usměrňovač, 5
signál, 1
 střídavý, 1
usměrňovač, 1
zdroj napětí, 2

Automatizace laboratoř

Téma 8: Statické charakteristiky optočlenů

Studijní cíl

Cílem cvičení je seznámení se s optoelektronickými prvky a obvodovým návrhem a realizací obvodu pro měření parametrů optočlenu a podpůrných obvodů realizovaných pomocí lineárních stabilizátorů a operačních zesilovačů.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Optoelektronický prvek, tranzistor, optočlen, charakteristika, stabilizátor, operační zesilovač, polovodičová součástka, PN přechod

1 Úvod

V tomto cvičení si procvičíte a osvojíte dovednosti zejména z:

- Návrhu schémata zapojení obvodů s optoelektronickými prvky.
- Měření parametrů optoelektronického prvku – optočlenu.
- Zapojení zdroje napětí a proudu s lineárním stabilizátorem, zenerovou diodou a zpětnovazebním regulátorem s operačním zesilovačem.
- Měření parametrů elektronického obvodu.
- Výpočtu požadovaných parametrů obvodu z naměřených hodnot (grafů).
- Zpracování protokolu ve formě technické zprávy.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

Optočlen patří do skupiny tzv. optoelektronických součástek. Je to polovodičová součástka, jejíž využití je obvodech oddělujících částí elektrických a elektronických obvodů až do rozdílu

jejich napětí řádově kV. Optočlen obsahuje vysílač záření, zpravidla LED diodu a přijímač – fotocitlivou součástku. Na místě fotocitlivé součástky může být například fotodiody, fototranzistor, fototyristor, nebo jiná podobná, fotocitlivá součástka. Principem funkce je přeměna energií. Vysílač transformuje přiváděný elektrický signál na optický, který je veden vhodným vazebním prostředím (např. plyn, kapalina, tuhá látka, nebo jejich kombinace) směrem k detektoru přijímače, který optický signál převede zpět na elektrický signál.

Optické záření, dopadající do kolektorového PN přechodu, vytváří společně páry elektron-díra, přičemž se elektrony pohybují k E, díry k C, tranzistor se otevře (stává se vodivým) a prochází jím tedy proud. Velikost tohoto proudu lze řídit osvětlením přechodu, tedy velikostí proudu svítivou diodou vysílače. Tranzistor může, nebo nemusí, mít vyvedenou bázi B.

Vlastnosti optoelektronického vazebního členu nejlépe vystihují jeho, vstupně – výstupní, VA - charakteristiky a proudové převodní charakteristiky [CTR].

Kvalitu optočlenu charakterizuje tzv. přenosový poměr CTR, definovaný jako statický, nebo dynamický.

Statický CTR je definován poměrem stejnosměrných hodnot vstupního a výstupního proudu:

$$CTR = I_C / I_F \quad \text{při } U_{CE} = konst.$$

Dynamický CTR vychází z poměru střídavých hodnot:

$$CTR = i_C / i_F \quad \text{při } U_{CE} = konst.$$

kde I_F, i_F - vstupní proud (proud LED diodou)

I_C, i_C - výstupní proud (proud kolektoru fototranzistoru)

U_{CE} - napětí CE fototranzistoru

Obvyklé hodnoty parametru CTR jsou 0,02 až 0,5 bez a 0,5 až 10 se zesilovačem.

CTR bývá udáván také v procentech: $I_C / I_F \cdot 100$ [%]

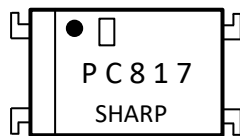
Při měření charakteristik se vysílací, LED, dioda měří pouze v propustném směru, jelikož v závěrném směru neprochází diodou proud a negeneruje žádné optické záření. Maximální přivedené napětí na LED diodu polarizovanou v závěrném směru je uvedeno v datasheetu součástky a nelze ji, bez poškození součástky, překročit. (Autor, rok)

U optočlenů se užívají jak bipolární, tak unipolární tranzistory. Bipolární tranzistor, proti unipolárnímu, má tu nevýhodu, že jeho rychlost spínání je poměrně pomalá (řádově jednotky mikrosekund). Pro zvětšení citlivosti se tranzistory vyrábějí v tzv. Darlingtonově zapojení. Jejich spínací rychlost je ještě nižší (desítky mikrosekund). Pro vyšší kmitočty je výhodnější použít fototranzistor unipolární (spínací doba až setiny μ s). Při zvoleném typu optočlenu lze očekávat mezní kmitočet 50-100kHz.

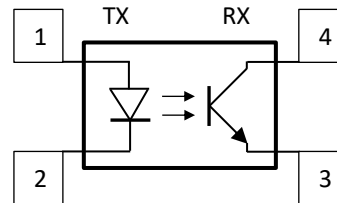
Nejčastějším použitím optočlenů je galvanické oddělení obvodů. I při poruše v jedné části obvodu se tedy tato chyba nepřenese do druhé. Použití těchto typů součástek v elektronických obvodech je velmi časté a poměrně rozsáhlé. Příkladem mohou být počítačové monitory a

televizní přijímače, kde jsou použity v obvodech spínaných napájecích zdrojů. Pro demonstraci výše uvedených tvrzení a pro možné ověření naměřených a vypočítaných hodnot parametrů testovaného optočlenu, jsou uvedeny katalogové údaje použitého optočlenu v příloze zadání [soubor PC817X.pdf].

V rámci cvičení proveďte ověření funkce, proměření statických a dynamických parametrů, optoelektronického vazebního členu - PC817X. (Svobodová, J.,2007)



Obr. 1a: Pouzdro optočlenu PC817



Obr. 1b: Vnitřní zapojení optočlenu PC817

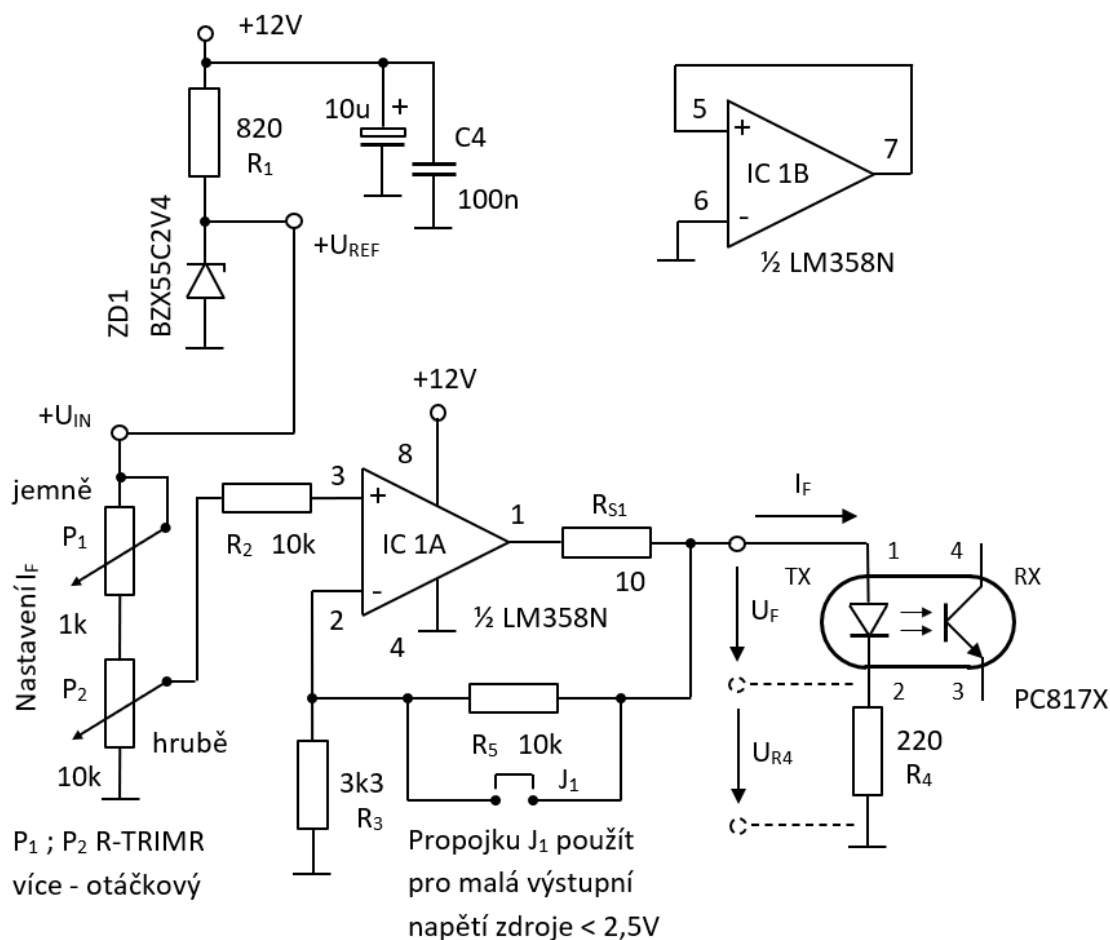
2 Zadání úkolů cvičení a postup řešení:

- Realizujte obvodová schémata elektronických obvodů z obrázků číslo 1. a 2. proveďte příslušná měření a výsledky zpracujte přehledně do protokolu.
- Realizaci a testování zapojení elektronických obvodů proveďte ve dvojici, se spolupracujícím studentem. Na úvodním listu protokolu uveďte jméno a příjmení obou spolupracujících osob.
- Zapojte a oživte na nepájivém poli obvod pro měření vstupní charakteristiky zdroje infračerveného záření, výstupních charakteristik tranzistorů optočlenu a frekvenční charakteristiky optočlenu. Nejprve proveďte zapojení obvodu pro měření vstupní charakteristiky a následně zapojte obvod pro měření výstupních charakteristik optočlenu. Napájecí napětí všech realizovaných obvodů bude nesymetrické, o velikosti **+12V**. Oživení obvodu proveďte pomocí napájecího zdroje, případně osciloskopu a generátoru harmonického signálu, připojeného na příslušnou vstupní svorku realizovaného obvodu (zemní svorku sondy generátoru a osciloskopu připojte na společnou „zem“ aplikace). Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho oživováním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na nejnižší možnou hodnotu (cca 50mA) a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte na potřebnou hodnotu.
- Změřte požadované charakteristiky a naměřená data zpracujte ve formě tabulek a grafů v prostředí „Excel“. Do grafů v „Excelu“ vynesete samostatně funkční závislost vstupního proudu na přiváděném napětí a charakteristiky tranzistoru pro sadu zvolených proudů vstupního obvodu.
- Výsledky realizace, výpočtů a měření uveďte do protokolu.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc a *.xls.

3 Obvodová schémata pro měření úlohy:

Měření č. 1:

Vstupní charakteristiku vysílací diody měřte pouze v propustném směru. Jedná se o změření funkční závislosti $I_F = f(U_F)$, VA - charakteristiky LED diody, která má roli vysílače záření optočlenu. Schéma zapojení pro měření VA charakteristiky LED diody je na obr. č. 1. Požadované napětí pro jednotlivá měření nastavujte otáčením běžce potenciometru P_1 a P_2 [pro hrubé a jemnější nastavení]. Výběr hodnot napětí je uveden v tabulce č. 1. Proud I_F stanovte měřením úbytku napětí na R_4 .



Obr. 1 – Schéma zapojení měřicího pracoviště úlohy č. 1. – vstupní charakteristika optočlenu, zdroj autor

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

Vstupní charakteristika PC817X:

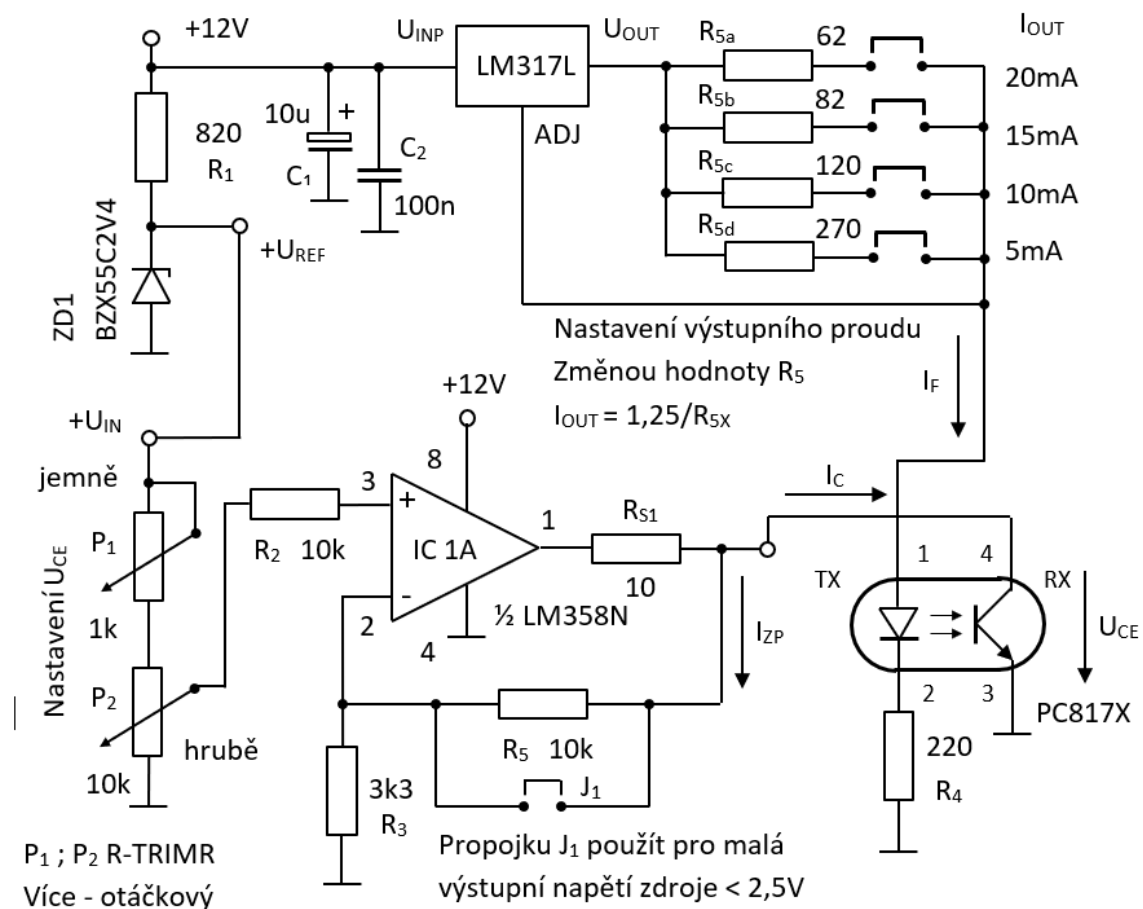
$$I_F = f(U_F)$$

[$R_4 = 220\Omega$]

U_F [V]	0,00	0,40	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,18	1,20	1,25
U_{R4} [V]										
I_F [mA]										

Měření č. 2:

Výstupní charakteristiky měřte celkem pro 4 velikosti proudů vysílací diodou – I_F . Jedná se o změření výstupní VA-charakteristiky bipolárního fototranzistoru, u něhož je proud báze řízen osvětlením přechodu PN vysílací diodou (LED) – obr. č. 2. Změřte sít charakteristik pro $I_F = 5; 10; 15; 20$ mA. (Analogie s proudem báze bipolárního tranzistoru). Schéma zapojení pro měření výstupních charakteristik optočlenu je na obr. č. 2. Naměřené průběhy zobrazte do společného grafu. V tomto případě je LED dioda buzena zdrojem konstantního proudu realizovaným pomocí nízkovýkonového, monolitického stabilizátoru LM317L v pouzdře TO92. Proud I_F nastavte volbou R_5 .



Obr. 2 – Schéma zapojení měřicího pracoviště úlohy č. 2. – výstupní charakteristika optočlenu, zdroj autor

Do protokolu uveďte skutečnou hodnotu proudu I_F stanovenou výpočtem ze změřeného úbytku napětí na R_4 . Samotné měření provádějte tak, že nejprve zvolíte proud diodou vysílače optočlenu a následně provedete sérii měření proudu I_C kolektoru tranzistoru přijímače [viz Tabulky pro záznam naměřených a vypočítaných hodnot]. Požadovaná napětí U_{CE} nastavte pomocí potenciometrů P_1 a P_2 [pro hrubé a jemnější nastavení]. Proud I_C stanovte výpočtem z naměřeného úbytku napětí na rezistoru R_{S1} (nezapomeňte zahrnout do výpočtu proud I_{ZP} , který prochází společně s proudem I_C rezistorem R_{S1}).

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

Výstupní charakteristiky PC817X: $I_C = f(U_{CE})$ pro $I_F = \text{konst.}$

$I_F = 5\text{mA}$ [$R_5 = 270\Omega$]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										

$I_F = 10\text{mA}$ [$R_5 = 120\Omega$]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										

$I_F = 15\text{mA}$ [$R_5 = 82\Omega$]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										

$I_F = 20\text{mA}$ [$R_5 = 62\Omega$]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										
U_{CE} [V]										
U_{RS1} [V]										
I_C [mA]										

N – neměřeno, nepočítáno

Samostatná příprava:

1. Prostudování zadání úlohy.
2. Překreslení schémat pro realizaci jednotlivých měření s vyznačením měřených veličin do vlastního sešitu.
3. Příprava tabulek pro záznam výpočtů a měření v prostředí „Excel“.

Otázky k procvičení:

1. Jaké elektronické součástky patří do skupiny optoelektronických součástek?
2. Nakreslete schematické značky vybraných optoelektronických součástek.
3. Vysvětlete princip funkce optoelektronického prvku - optočlenu.
4. Jaké elektronické komponenty se používají pro konstrukci detektoru optočlenu?
5. Jaké statické parametry lze stanovit u optočlenu.

4 Použitá literatura

SVOBODOVÁ, Jindřiška, 2007. Měření na optronu [online], [citováno 17. 4. 2024], Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/el/ped/jaro2007/Fy2BP_CENK/um/L10-optoele.doc>

Seznam zkratek

CTR proudový přenosový činitel optočlenu

LED Light Emitting Diode

Rejstřík

fototranzistor, 3
charakteristika, 1, 5
 diody, 5
 fototranzistoru, 5
obvod, 1
optočlen, 1, 2, 3, 6
optoelektronický prvek, 1, 9
 funkce, 9
 schematické značky, 9
potenciometr, 6
tranzistor, 1

Automatizace laboratoř

Téma 09: Dynamické charakteristiky optočlenů / CTR /

Studijní cíl

Cílem cvičení je seznámení se s optoelektronickými prvky a obvodovým návrhem a realizací obvodu pro měření parametrů optočlenu a podpůrných obvodů realizovaných pomocí lineárních stabilizátorů a operačních zesilovačů.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Optoelektronický prvek, tranzistor, optočlen, zesilovací činitel, CTR

1 Úvod

V tomto cvičení si procvičíte a osvojíte dovednosti zejména z:

- Návrhu schémata zapojení obvodů s optoelektronickými prvky.
- Měření parametrů optoelektronického prvku – optočlenu.
- Zapojení zdroje napětí a proudu s lineárním stabilizátorem, Zenerovou diodou a zpětnovazebním regulátorem s operačním zesilovačem.
- Měření parametrů elektronického obvodu.
- Výpočtu požadovaných parametrů obvodu z naměřených hodnot (grafů).
- Zpracování protokolu ve formě technické zprávy.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

Optočlen patří do skupiny tzv. optoelektronických součástek. Je to polovodičová součástka, jejíž využití je obvodech oddělujících částí elektrických a elektronických obvodů až do rozdílů jejich napětí řádově kV. Optočlen obsahuje vysílač záření, zpravidla LED diodu a přijímač –

fotocitlivou součástku. Na místě fotocitlivé součástky může být například fotodioda, fototranzistor, fototyristor, nebo jiná podobná, fotocitlivá součástka. Principem funkce je přeměna energií. Vysílač transformuje přiváděný elektrický signál na optický, který je veden vhodným vazebním prostředím (např. plyn, kapalina, tuhá látka, nebo jejich kombinace) směrem k detektoru přijímače, který optický signál převede zpět na elektrický signál.

Optické záření, dopadající do kolektorového PN přechodu, vytváří společně páry elektron-díra, přičemž se elektrony pohybují k E, díry k C, tranzistor se otevře (stává se vodivým) a prochází jím tedy proud. Velikost tohoto proudu lze řídit osvětlením přechodu, tedy velikostí proudu svítivou diodou vysílače. Tranzistor může, nebo nemusí, mít vyvedenou bázi B.

Vlastnosti optoelektronického vazebního členu nejlépe vystihují jeho, vstupně – výstupní, VA - charakteristiky a proudové převodní charakteristiky [CTR].

Kvalitu optočlenu charakterizuje tzv. přenosový poměr CTR, definovaný jako statický, nebo dynamický.

Statický CTR je definován poměrem stejnosměrných hodnot vstupního a výstupního proudu:

$$CTR = I_C / I_F \quad \text{při } U_{CE} = konst.$$

Dynamický CTR vychází z poměru střídavých hodnot:

$$CTR = i_C / i_F \quad \text{při } U_{CE} = konst.$$

kde I_F, i_F - vstupní proud (proud LED diodou)

I_C, i_C - výstupní proud (proud kolektoru fototranzistoru)

U_{CE} - napětí CE fototranzistoru

Obvyklé hodnoty parametru CTR jsou 0,02 až 0,5 bez a 0,5 až 10 se zesilovačem.

CTR bývá udáván také v procentech: $I_C / I_F \cdot 100$ [%]

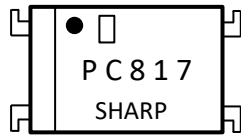
Při měření charakteristik se vysílací, LED, dioda měří pouze v propustném směru, jelikož v závěrném směru neprochází diodou proud a negeneruje žádné optické záření. Maximální přivedené napětí na LED diodu polarizovanou v závěrném směru je uvedeno v datasheetu součástky a nelze ji, bez poškození součástky, překročit.

U optočlenů se užívají jak bipolární, tak unipolární tranzistory. Bipolární tranzistor, proti unipolárnímu, má tu nevýhodu, že jeho rychlost spínání je poměrně pomalá (řádově jednotky mikrosekund). Pro zvětšení citlivosti se tranzistory vyrábějí v tzv. Darlingtonově zapojení. Jejich spínací rychlost je ještě nižší (desítky mikrosekund). Pro vyšší kmitočty je výhodnější použít fototranzistor unipolární (spínací doba až setiny μ s). Při zvoleném typu optočlenu lze očekávat mezní kmitočty 50-100kHz.

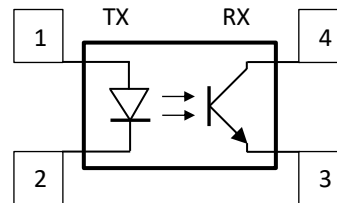
Nejčastějším použitím optočlenů je galvanické oddělení obvodů. I při poruše v jedné části obvodu se tedy tato chyba nepřenesou do druhé. Použití těchto typů součástek v elektronických obvodech je velmi časté a poměrně rozsáhlé. Příkladem mohou být počítačové monitory a televizní přijímače, kde jsou použity v obvodech spínaných napájecích zdrojů. Pro demonstraci výše uvedených tvrzení a pro možné ověření naměřených a vypočítaných hodnot parametrů

testovaného optočlenu, jsou uvedeny katalogové údaje použitého optočlenu v příloze zadání [soubor PC817X.pdf].

V rámci cvičení proveďte ověření funkce, proměření statických a dynamických parametrů, optoelektronického vazebního členu - PC817X. (Svobodová, J., 2007)



Obr. 1a: Pouzdro optočlenu PC817,
zdroj autor



Obr. 1b: Vnitřní zapojení optočlenu PC817,
zdroj autor

2 Zadání úkolů cvičení a postup řešení:

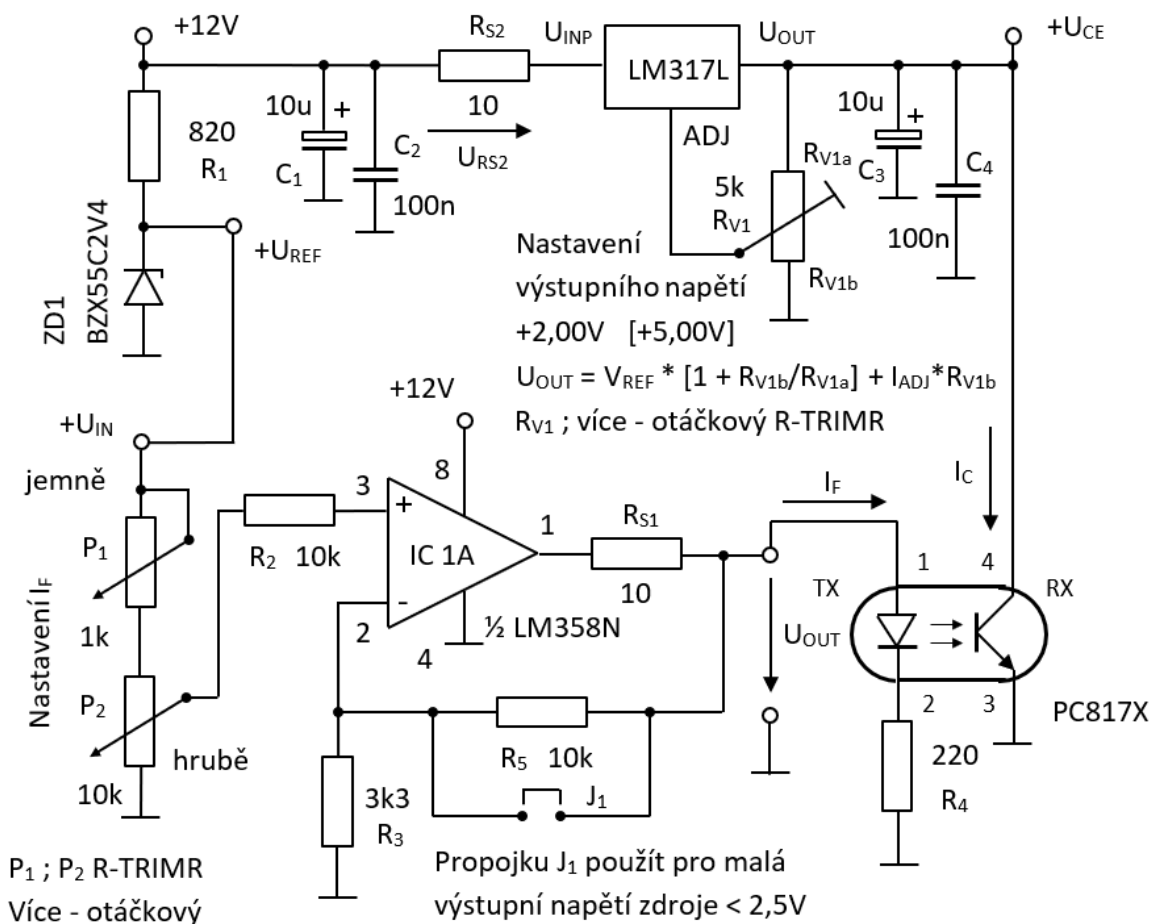
- Realizujte obvodová schémata elektronických obvodů z obrázků číslo 1. a 2. Proveďte příslušná měření a výsledky zpracujte přehledně do protokolu.
- Realizaci a testování zapojení elektronických obvodů proveďte ve dvojici, se spolupracujícím studentem. Na úvodním listu protokolu uveďte jméno a příjmení obou spolupracujících osob.
- Zapojte a oživte na nepájivém poli obvod pro měření proudového zesilovacího činitele (viz. obr. 1) a frekvenční charakteristiky optočlenu (viz. obr. 2.). Napájecí napětí obou realizovaných obvodů bude nesymetrické, o velikosti **+12V**. Oživení obvodů proveďte pomocí napájecího zdroje, případně osciloskopu a generátoru harmonického signálu, připojeného na příslušnou vstupní svorku realizovaného obvodu (zemní svorku sondy generátoru a osciloskopu připojte na společnou „zem“ aplikace). Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho ožíváním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na nejnižší možnou hodnotu (cca 50mA) a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte na potřebnou hodnotu. Uvedený postup připojování napájecího zdroje používejte vždy, při zapojování, ožívání a laborování s elektronickými obvody!
- Změřte požadované charakteristiky a naměřená data zpracujte ve formě tabulek a grafů v prostředí „Excel“. Do grafů v „Excelu“ vynesete samostatně funkční závislost vstupního proudu na přiváděném napětí, charakteristiky tranzistoru pro sadu zvolených proudů vstupního obvodu a zesílení frekvenční závislost CTR parametru optočlenu.
- Pomocí generátoru harmonického signálu a osciloskopu změřte frekvenční charakteristiku závislosti CTR optočlenu na vstupní, harmonický průběh signálu s amplitudou 100mV a kmitočtem v rozsahu přibližně 100Hz – 500kHz. Testovací signál přivádějte na vstupní svorku optočlenu přes kondenzátor o velikosti 1uF, v souladu s vyobrazením schématu testovacího obvodu.
- Výsledky realizace, výpočtů a měření uveďte do protokolu.

- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc a *.xls.

3 Obvodová schémata pro měření úlohy:

Měření č. 1:

Statickou převodní charakteristiku, funkční závislost $I_C = f(I_F)$ realizujte celkem pro 2 konstantní napětí U_{CE} výstupního tranzistoru detektoru, pro 2V a 5V. Schéma zapojení pro měření statického činitele proudového přenosu optočlenu je na obr. č. 3. Požadované velikosti proudů napětí I_F nastavte pomocí potenciometrů P_1 a P_2 [pro hrubé a jemnější nastavení]. Pro oba naměřené průběhy vypočítejte funkční závislost CTR na vstupní změně I_F (oba průběhy do jednoho grafu).



Obr. 1 – Schéma zapojení měřicího pracoviště úlohy č. 1. – stanovení CTR, zdroj autor

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

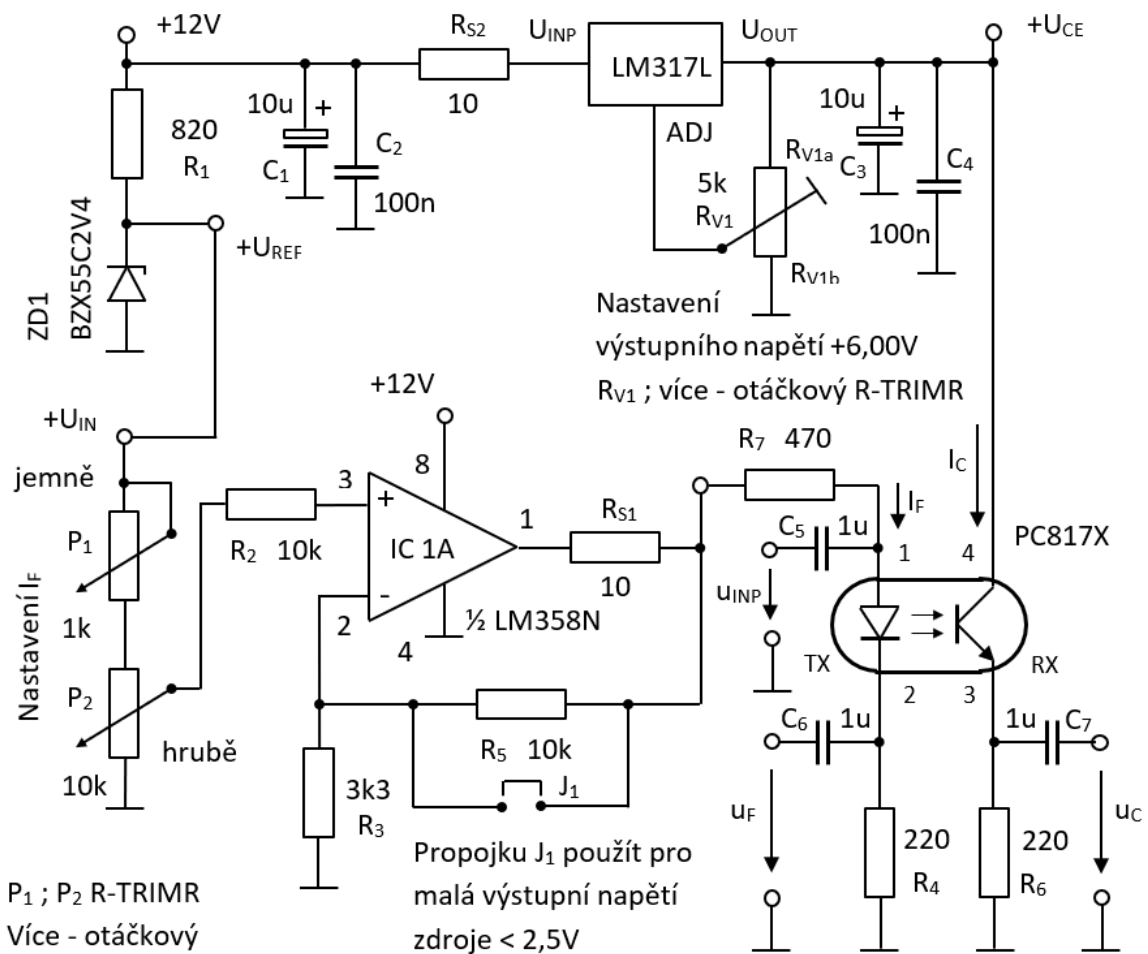
Stanovení CTR optočlenu PC817X: $I_C = f(I_F)$ pro $I_F = 1 \div 10\text{mA}$

$U_{CE} = +2,00\text{V} [+5,00\text{V}] ; R_4 = 220\Omega ; R_{S2} = 10\Omega$									
U_{R4} [mV]									
I_F [mA]									
U_{RS2} [mV]									
I_{CE} [mA]									
CTR [%]									

Měření č. 2:

Dynamická charakteristika – frekvenční závislost CTR vynášejte v jednotkách dB a pro frekvenční osu použijte logaritmickou stupnici.

$$CTR = i_C / i_F \quad \text{při } U_{CE} = \text{konst.}$$



Obr. 2 – Schéma zapojení měřicího pracoviště úlohy č. 2. – stanovení šířky pásma optočlenu, zdroj autor

Při $R_4 = R_6 = 220\Omega$, jsou poměry napětí u_2 a u_1 přímo úměrné poměrům výstupního a vstupního proudu. Proto při měření napětí na R_4 a R_6 bude tedy platit:

$$CTR = i_C / i_F = u_2 / u_1$$

Kmitočet harmonického signálu volte v rozmezí od 100Hz do cca 500kHz, s velikostí amplitudy $U_{in} = 100mV$.

Měření provádějte ve zvoleném pracovním bodě, pro $I_F = 5mA$ a $U_{CE0} = 6V$

Napětí u_1 a u_2 změřte pomocí osciloskopu a do grafu vynesete závislost CTR na kmitočtu danou rovnicí:

$$CTR = 20 \log u_2 / u_1 \quad [dB]$$

Požadovaný proud I_F určující pracovní bod vysílače optočlenu nastavte pomocí potenciometrů P_1 a P_2 [pro hrubé a jemnější nastavení]. Schéma zapojení pro měření frekvenční charakteristiky optočlenu je na obr. č. 2.

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

Kmitočtová závislost dynamického přenosového poměru: $CTR = f(f)$

$I_F = 5mA, U_{CE} = 6V$										
f [kHz]										
u_1 [V]										
u_2 [V]										
CTR										
CTR [dB]										

$$CTR = u_2 / u_1$$

$$CTR = 20 \log u_2 / u_1 \quad [dB]$$

Z naměřené charakteristiky určete šířku přenášeného pásma optočlenu PC817X.

Samostatná příprava:

1. Prostudování zadání úlohy.
2. Překreslení schémat pro realizaci jednotlivých měření s vyznačením měřených veličin do vlastního sešitu.
3. Příprava tabulek pro záznam výpočtů a měření v prostředí „Excel“.

Otázky k procvičení:

1. Jaké elektronické součástky patří do skupiny optoelektronických součástek?
2. Nakreslete schematické značky vybraných optoelektronických součástek.

3. Vysvětlete princip funkce optoelektronického prvku - optočlenu.
4. Jaké elektronické komponenty se používají pro konstrukci detektoru optočlenu?
5. Jaké dynamické parametry lze stanovit u optočlenu.
6. Vysvětlete pojmy:
 - šířka pásma optočlenu
 - parametr CTR optočlenu, jeho stanovení a jednotky
 - maximální přenosový kmitočet optočlenu
 - elektrická pevnost optočlenu

4 Použitá literatura

SVOBODOVÁ, Jindřiška, 2009. Měření na optronu [online], [citováno 17. 4. 2024], Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/el/ped/jaro2007/Fy2BP_CENK/um/L10-optoele.doc>

Seznam zkratek

CTR proudový přenosový činitel optočlenu

LED Light Emitting Diode

Rejstřík

CTR, 2
 dynamický, 2
 hodnoty, 2
 jednotky, 7
 parametr optočlenu, 4
 statický, 2
graf, 4
 Excel, 4
charakteristika, 2, 4
 CTR, 2
 dynamická, 5
 frekvenční, 6
 statická, 4
optočlen, 1, 2, 3
 CTR, 7
 detektor, 7
 elektrická pevnost, 7
 přenosový kmitočet, 7
optoelektronický prvek, 1

směr, 2
 propustný, 2
 závěrný, 2
tranzistor, 2
 bipolární, 2
 unipolární, 2
zdroj, 1
 napětí, 1
 proudu, 1
zesilovací činitel, 1

Automatizace laboratoř

Téma 10: Izolační zesilovač

Studijní cíl

Seznámit studenty s vybranou aplikací optoelektronických prvků, obvodovým návrhem a realizací obvodu pro galvanické oddělení obvodů – izolačního zesilovače.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Optočlen, galvanické oddělení obvodů, operační zesilovač, galvanické oddělení, CTR, amplituda, frekvenční charakteristika, statická charakteristika, izolační zesilovač.

Tímto cvičením si procvičíte a osvojíte zejména:

- Návrh schéma zapojení obvodu s optoelektronickými prvky.
- Měření parametrů elektronického obvodu.
- Výpočet požadovaných parametrů obvodu z naměřených hodnot (grafů).
- Zpracování protokolu – technické zprávy.

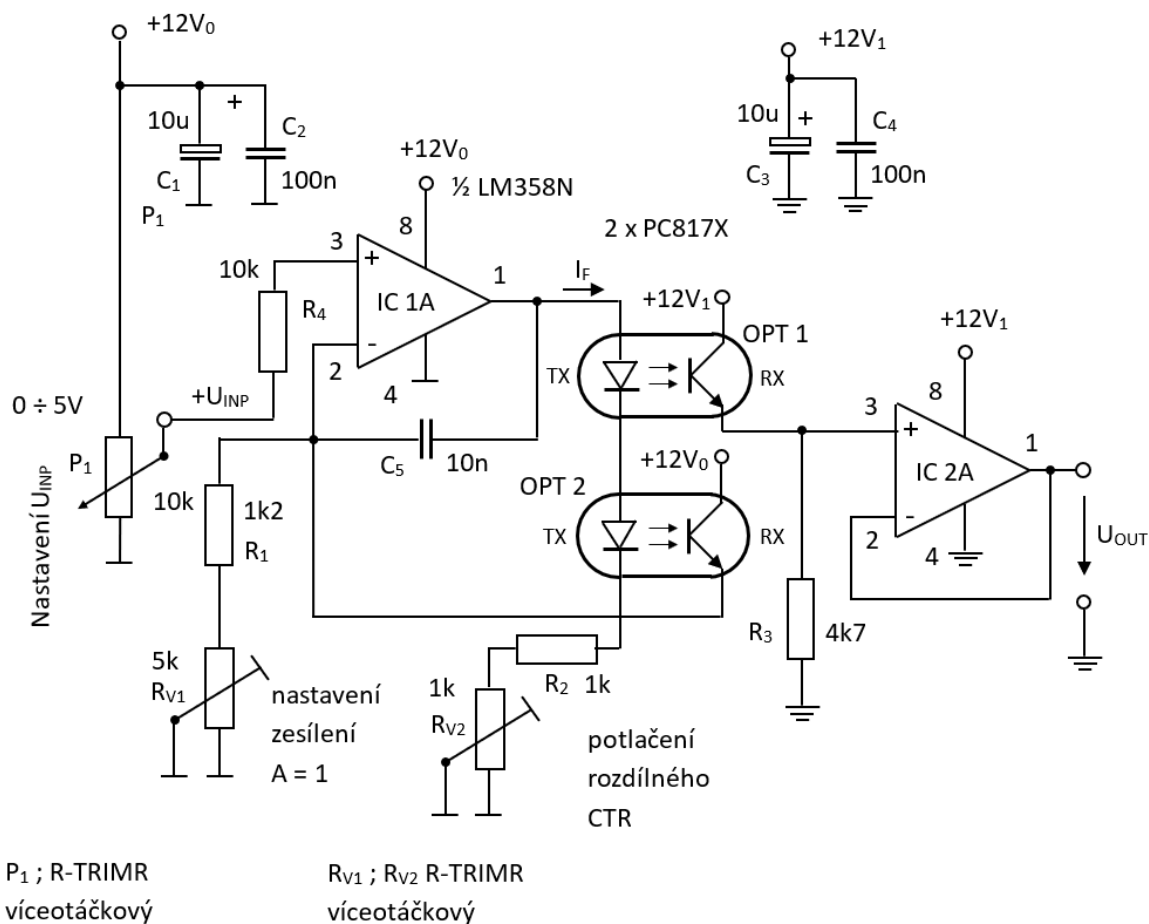
Tato úloha tematicky navazuje na úlohu měření parametrů optočlenu PC817X, který je využit v této úloze jako hlavní elektronická komponenta a je tak demonstrováno její praktické využití. V rámci tohoto cvičení student analyzujte a ověřte funkci elektronického obvodu s optoelektronickými prvky určeného pro tzv. **galvanické oddělení obvodů – izolačního zesilovače**.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

1 Izolační zesilovač

1.1 Úvod – obecná část

Obvod galvanického oddělení, realizovaný v této laboratorní úloze (viz obrázek č. 1), se vyznačuje hodnotou nelinearity menší než 1%, při použití optické vazby signálu, pro stejnosměrné napětí. Ke kompenzaci případné nelinearity optického členu (členů) je v obvodu zpětnovazební smyčky zařazen identický typ optočlenu (se stejnými, nebo podobnými elektrickými vlastnostmi). Případné změny parametrů potom probíhají ve stejných pracovních podmínkách obdobně, takže vliv těchto změn může být snadněji potlačen. Pro zvýšení stability mohou být tyto oba optické členy umístěny uvnitř stejného integrovaného obvodu. Vstupní i výstupní obvody pracují se zdrojem nesymetrického napájení (samostatný zdroj napájení pro vstupní a výstupní obvody). V realizaci jsou použity operační zesilovače umožňující napájení ze zdroje nesymetrického napájení, což realizaci tohoto obvodu podstatně zjednodušuje.



Obr. 1 – Schéma zapojení úlohy „Izolačního zesilovače“, zdroj autor

Výběr optického členu

Existuje celá řada použitelných obvodů – optočlenů. Většina těchto obvodů je běžně dostupných a stojí méně než 1USD. Většina z nich je dostupná i v pouzdře s provedením DIP, takže je lze snadno použít s prototypovými vývojovými prostředky – například na nepájivém kontaktním poli. Většinou mají CTR (proudový přenosový činitel) v rozmezí od 50% do asi 500%, tedy poměrně širokém rozmezí. Pokud jsou vícenásobné optočleny umístěny ve stejném pouzdře uvnitř stejného integrovaného obvodu, lze předpokládat i jistou míru shody klíčových parametrů pro tuto aplikaci (zejména parametru CTR).

Musíme zmínit skutečnost, že ne všechny obvody musí mít nutně stejné rozmístění vývodů pouzdra, a mohou se tedy v jejich rozmístění lišit. Pokud provádíte vývoj elektronického zařízení je více než vhodné nahlížet do datových listů použitých elektronických komponent. Z hlediska zachování vysokého izolačního odporu odolávajícího co největšímu rozdílu napěťového potenciálu použijeme dva nezávislé, samostatné obvody se vhodně zvolenými (vybranými) hodnotami proudového přenosového poměru - CTR. V zapojení použijeme dva operační zesilovače LM358P, jeden pro zapojení vstupního a druhý pro zapojení výstupního obvodu.

Nastavení pracovního bodu izolačního zesilovače.

Zesílení nastavte pomocí potenciometru R_{V1} na hodnotu $A = 1$

$$U_{INP,0} = 2,50V$$

$$I_{R1,0} = 0,8mA$$

$I_{F,0} = 0,85mA$ [polohu běžce $RV2$ nastavte přibližně do střední polohy odporové dráhy a velikost proudu ověřte měřením úbytku napětí na $R2$]

Funkce obvodu

Vstup kladného signálu do neinvertujícího vstupu operačního zesilovače způsobí, že se napětí na výstupu IC1 posune též ke kladnější hodnotě. To způsobí změnu procházejícího proudu oběma LED diodami vysílačů optočlenů. Přes optočlen vstupního obvodu je zapojena záporná zpětná vazba. V případě že jsou oba vstupy operačního zesilovače na stejném napěťovém potenciálu se výstupní napětí IC1 přestane integrovat. Současně výstup druhého optočlenu představuje kladný signál pro zpracování v obvodu IC2. Pokud nastavíme velikost R_2 tak, aby platilo $R_1 + R_{V1}$ bude cca 4,7K bude amplituda výstupního signálu z výstupu IC2 sledovat průběh napětí vstupního signálu. Nastavením $RV1$ lze kompenzovat rozdíl mezi CTR obou optočlenů tak, aby výstupní napětí co nejlépe odpovídalo napětí vstupnímu. Nejjednodušší způsob testování průběhu a shody (linearitu) obou napětí je připojení DVM mezi vstupní a výstupní svorku zapojení testovaného obvodu. Potenciometrem R_{V2} lze potlačit případné odchylky v CTR (zároveň pro oba optočleny). Zesílení vstupního signálu nastavíme tak, aby při maximální úrovni vstupního signálu byl jeho rozkmit menší asi o 2V než napájecí napětí. $C1$ je integrační kondenzátor, který zrychluje odezvu zapojení, a jeho hodnotu můžeme snížit. Pokud ale jeho hodnotu příliš snížíme, hrozí rozkmitání obvodu.

2 Cíle úlohy

- Změřit převodní charakteristiku pro stejnosměrný signál v rozsahu 0 až 5V.
- Změřit nelinearitu (měření DVM mezi vstupní a výstupní svorkou).
- Změřit amplitudo – frekvenční charakteristiku a určit šířku pásma.

2.1 Zadání úkolů cvičení a doporučený postup řešení:

- Realizujte obvodové schéma elektronického obvodu z obrázku číslo 1., proveďte příslušná měření a výsledky zpracujte přehledně do protokolu.
- Realizaci a testování zapojení elektronických obvodů proveďte ve dvojici, se spolupracujícím studentem. Na úvodním listu protokolu uveďte jméno a příjmení obou spolupracujících osob.
- Zapojte a oživte na nepájivém poli zapojení obvodu izolačního zesilovače s optoelektronickými prvky. Zesílení obvodu nastavte na hodnotu $A = 1$. Napájecí napětí realizovaného obvodu bude nesymetrické, o velikosti $+12V$. Oživení obvodu proveďte pomocí napájecího zdroje, případně osciloskopu a generátoru harmonického signálu, připojeného na příslušnou, vstupní, svorku realizovaného obvodu (zemní svorku sondy generátoru a osciloskopu připojte na společnou „zem“ aplikace). Před připojením obvodu ke zdroji napětí a jeho oživováním, nastavte hodnotu proudového omezení zdroje na nejnižší možnou hodnotu (cca 50 mA) a až následně, po vyloučení zkratu v zapojeném obvodu, proudové omezení napěťového zdroje pomalu zvyšujte na potřebnou hodnotu. Uvedený postup připojování napájecího zdroje používejte vždy, při zapojování, oživování a laborování s elektronickými obvody!
- Změřte převodní charakteristiku a naměřená data zpracujte ve formě tabulek a grafů v prostředí „Excel“ (viz. tabulka č. 1). Určete velikost nelinearity převodní charakteristiky obvodu.
- Pomocí generátoru harmonického signálu a osciloskopu změřte frekvenční charakteristiku testovaného obvodu. K tomu použijte signál generátoru s harmonickým průběhem, s amplitudou 1250mV s vhodně zvoleným kmitočtovým rozsahem. Testovací signál přivádějte na vstup operačního zesilovače obvodu posunutý o hodnotu stejnosměrného „ofsetu“, který bude o velikosti poloviny rozsahu maximálního možného rozkmitu.
- Výsledky realizace, výpočtů a měření uveďte do protokolu.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc a *.xls.

Poznámka pro realizaci obvodu:

Pro usnadnění oživovací fáze zapojení obvodu lze použít jeden dvojitý operační zesilovač a pouze jeden zdroj napětí +12V. V tomto případě obvod nepracuje v režimu galvanického oddělení, ale ostatní parametry zapojení zůstávají identické a lze provádět plnohodnotně testování obvodu. Pro finální testování obvodu použijte k napájení úlohy dva samostatné, oddělené, zdroje napětí!

Tab. 1 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot převodní charakteristiky izolačního zesilovače

Převodní charakteristika izolačního zesilovače				
číslo měření	U_{INP} [V]	U_{OUT} [V]	ΔU [mV]	ΔU [%]
1.	0,00			
2.	0,20			
3.	0,40			
.	...			
N-2	...			
N-1	4,80			
N	5,00			

Tab. 2 – Tabulka naměřených hodnot bodů frekvenční charakteristiky izolačního zesilovače

$U_{AMPL} = 1250\text{mV}; U_{OFS} = \underline{\hspace{2cm}} \text{mV}$													
f [kHz]													
u_{INP} [V]													
u_{OUT} [V]													
A													
A [dB]													

$$A = u_{OUT}/u_{INP}$$

$$A [\text{dB}] = 20 \log A$$

Z naměřené charakteristiky sestrojte graf a určete šířku přenášeného pásma.

Samostatná příprava:

1. Prostudování zadání úlohy.
2. Překreslení schémat pro realizaci jednotlivých měření s vyznačením měřených veličin do vlastního sešitu.
3. Analýza funkce realizovaného obvodu.
4. Příprava tabulek pro záznam výpočtů a naměřených hodnot v prostředí „Excel“.

Otázky k procvičení:

1. K čemu slouží obvod izolačního zesilovače?
2. Jaké jsou nejdůležitější parametry izolačního zesilovače?.

3. Vysvětlete princip funkce zapojení izolačního zesilovače z obrázku č. 1.
4. Lze použít k napájení vstupního i výstupního obvodu IZ jeden napájecí zdroj?
5. Lze spojit zemní potenciál vstupního a výstupního obvodu IZ?
6. Co je to nelinearita obvodu a jak je vyjádřena?
7. Vysvětlete pojmy související s řešeným tematickým okruhem:
 - šířka pásma IZ
 - převodní charakteristika IZ
 - zesílení obvodu IZ
 - přechodová charakteristika IZ
 - galvanické oddělení obvodů

Seznam zkratk

DVM	digitální voltmetr
IZ	izolační zesilovač
CTR	proudový zesilovací činitel

Rejstřík

charakteristika, 4
 frekvenční, 4
 převodní, 4
nelinearita, 7
obvod
 vstupní, 3
 výstupní, 3
potenciál, 3, 7
 vstupní, 7
 výstupní, 7

Automatizace laboratoř

Téma 11: Logická sonda s LED indikací

Studijní cíl

Seznámit studenty s konstrukcí obvodu pro měření logických úrovní TTL.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Logická úroveň, TTL, Karnaughova mapa, okénkový komparátor, referenční napětí

1 Úvod

V tomto cvičení provedete návrh a realizaci zapojení logické sondy. Jedná se o zapojení, využívající jak obvody analogové, tak obvody číslicové techniky. Zapojení logické části zapojení obvodu navrhnete na základě popisu vstupně – výstupního chování jeho funkce. Pro ověření správného chování vámi navrženého logického řídicího obvodu LED displeje použijte simulační prostředí „Logisim“.

V rámci tohoto cvičení se seznámíte a procvičíte si:

- Praktickou realizaci a ověřením funkce obvodu obsahující kombinaci zapojení analogových a číslicových elektronických obvodů.
- Návrhem logické části zapojení s využitím logických hradel s funkcí NAND.
- Práci se 7mi segmentovým, LED, displejem.
- Práci s návrhovým a simulačním prostředím „Logisim“.

Vždy se snažte porozumět danému zapojení elektronického obvodu. V případě, že máte za úkol průběhy příslušných veličin ověřit teoretickým výpočtem, nebo proměřením dané části zapojení, uveďte tento postup s patřičným komentářem, výpočtem a zdůvodněním do protokolu.

1.1 Logická sonda

Logická sonda je elektronické zařízení, které umožňuje indikovat opticky, nebo zvukově dosažení určitého logického stavu číslicového obvodu, který přísluší stanovenému druhu logiky (TTL, CMOS, DTL ...). Sonda pro indikaci logických úrovní TTL standardně umožňuje rozlišení napěťových pásem, které odpovídají stavům log. 0 (L), log. 1 (H), neurčitému pásmu (N), dále indikaci překročení napájecího napětí, přivedení záporného napětí nebo detekci sledu impulzů TTL. Základem zapojení jednoduché sondy TTL na obr. 1 s optickou indikací, která rozlišuje celkem tři stavy: L, H a N (stav logické nuly, jedničky a tzv. neurčitý - zakázaný stav) stav (viz. obrázek č. 2.(a)) je okénkový komparátor složený ze dvou rozdílových komparátorů KA a KB, doplněných o spínací tranzistory, se kterými tvoří komparátory s otevřeným kolektorem na výstupu (bude použito jedno pouzdro IO LM358N). V tomto případě budou použity oba výstupy odděleně, i když výstup s otevřeným kolektorem umožňuje jejich přímé paralelní spojení. Logické úrovně pro indikaci jednotlivých stavů budou odpovídat úrovním kompatibilních s CMOS - TTL obvodů, obvodů s označením HCT [případně HC]. Pro výpočet komparačních úrovní vycházejte z technické dokumentace logických obvodů s označením HCT. LED dioda na pozici desetinné tečky bude využita pro indikaci přítomnosti napájecího napětí +5V. (Kufner, J., 2019)

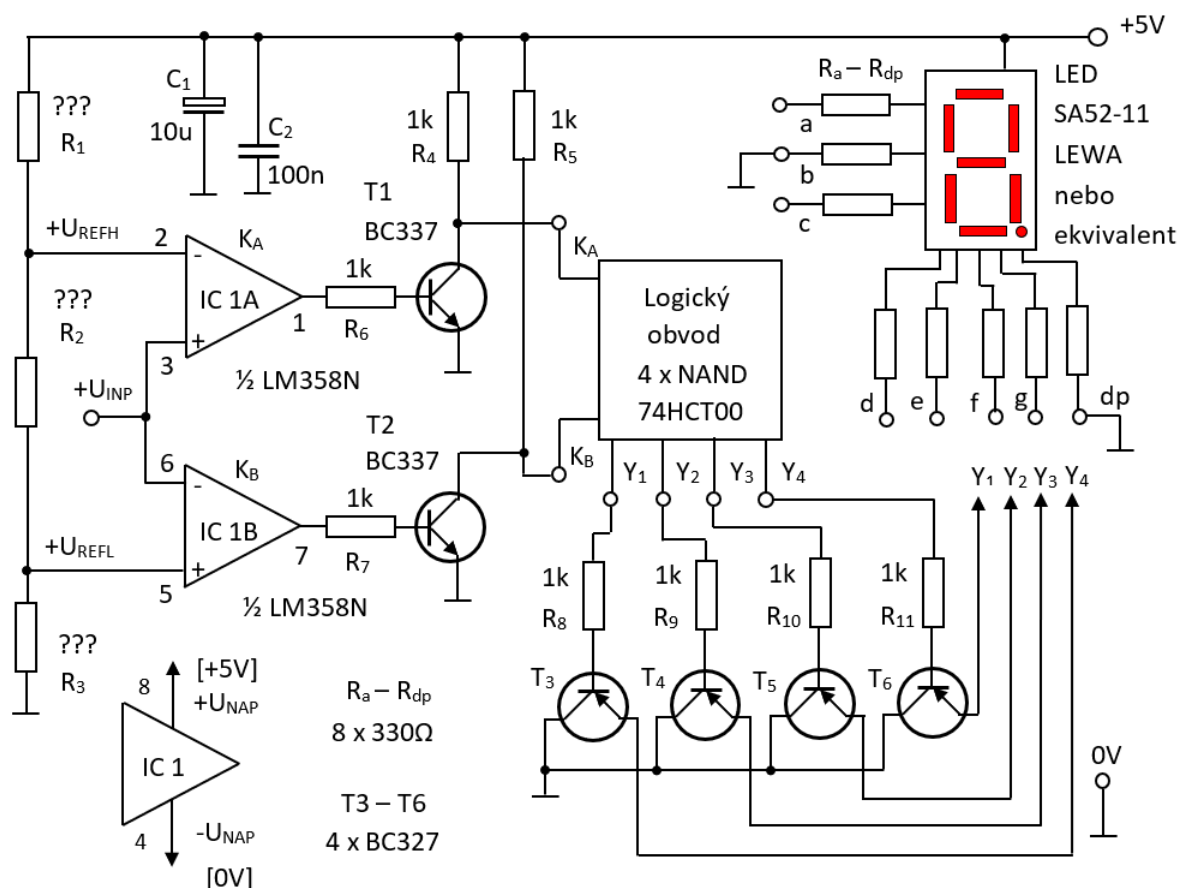
1.2 Funkce obvodu logické sondy

Pomocí odporového děliče složeného z odporů R_1 , R_2 , R_3 a napájeného napětím +5 V, jsou přivedena referenční napětí na vstupy komparátorů označených KA a KB, tato napětí odpovídající požadovaným indikačním úrovním (v našem případě 0,8 V a 2,0 V). Kolektory výstupních tranzistorů komparátorů (tranzistory T_1 a T_2) jsou pomocí zdvihacích odporů R_4 a R_5 rovněž připojeny na +5V, tím je zajištěna napěťová kompatibilita mezi analogovou a číslicovou částí zapojení elektronického obvodu. Logické stavy proměnných KA a KB na výstupu komparátorů jsou pro všechny možné, nastávající, stavy vstupu pro velikosti vstupního napětí U_{INP} , zobrazeny v tabulce č. 2 (tyto stavy zjistíte při testování obvodu po jeho praktické realizaci). K optické indikaci logických stavů použijeme jednomístný sedmi - segmentový displej. Segmenty tohoto displeje jsou řízeny výstupy z logického řídicího obvodu, přičemž příslušný segment je rozsvícen, přivedeme-li na jeho vstup úroveň L (spojíme ho s nulovým potenciálem). Pomocí vhodně navržené tabulky vstupně – výstupních signálů je nutné přivést odpovídající stavy na výstupech logického obvodu, Y_1 , Y_2 , Y_3 a Y_4 na katody LED diod. Jednotlivé segmenty zobrazovače je nutné rozdělit do skupin, zajišťující zobrazení jednotlivých indikačních znaků. Indikované znaky jsou potom složeny z kombinace takto stanovených skupin znaků. Podle požadovaných skupin LED diod displeje vyznačte do tab. 3. příslušné skupiny segmentů pro zobrazování příslušných znaků. Kombinační logický řídicí obvod tak zajišťuje logickou vazbu mezi stavy výstupů komparátorů KA, KB a stavy vstupů Y_1 , Y_2 , Y_3 a Y_4 . Pro tyto stavy lze sestavit Karnaughovy mapy pro výstupy Y_1 , Y_2 , Y_3 a Y_4 a z nich napsat odpovídající logické funkce. (Kufner, J., 2019)

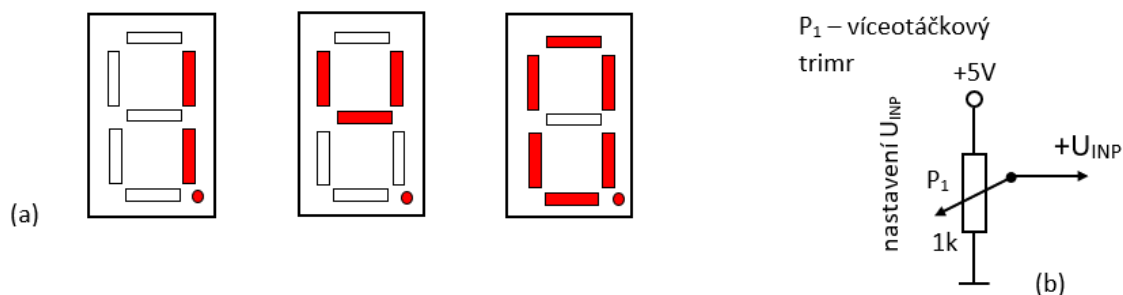
2 Zadání úkolů cvičení a postup řešení:

- Podle schématu zapojení logické sondy z obr. 1, zapojte příslušný elektronický obvod na nepájivém poli. Mějte připravené výpočty velikostí rezistorů pro napěťový dělič komparačních úrovní, připravené tabulky, hotový návrh a simulaci logického řídicího obvodu 7 - mi segmentového LED displeje.

- Změřte převodní (statickou) charakteristiku okénkového komparátoru a vynesete ji grafu v software tabulkového procesoru Excel (Obr. č. 3.). Do grafu zobrazte společně průběh vstupního a výstupního signálu. Pro toto měření propojte kolektory tranzistorů T_1 a T_2 (svorky KA a KB, stavy komparátorů, v invertovaném stavu, změřte přímo na výstupu obou komparátorů). Zároveň zapište do připravených tabulek výstupní stavy „okénkového komparátoru“ (Tab. 2.).
- Výstupní informaci z komparátoru použijte jako vstupní informaci pro sestavení logického řídicího obvodu. Logický řídicí obvod potom bude zajišťovat řízení zobrazovače – jednomístného LED displeje pro zobrazování požadovaných znaků (viz. Tabulka č. 3).
- Ověřte správnou činnost obvodů logické sondy přivedením napětí na její vstupní obvody. Bezchybnou činnost realizovaného zapojení předvedte vyučujícímu.
- Přílohou protokolu budou soubory v elektronické podobě ve formátu *.doc, *.xls a simulační soubory v software „Logisim“, pro realizaci obvodu dekodéru LED.
- Protokol bude obsahovat tabulku se seznam použitých přístrojů a použitých součástek k realizaci laboratorní úlohy!
- Při zpracování protokolu postupujte v souladu s doporučeným postupem probíraným v rámci výuky předmětu!



Obr. 1 – Schéma zapojení obvodu logické sondy s optickou indikací, zdroj autor



Obr. 2 – (a) Zobrazení stavů logických úrovní: H - N - L; (b) generování měřicího napětí, zdroj autor

Výstupní tranzistory $T_3 - T_6$ slouží jako proudové spínače jednotlivých skupin segmentů a nijak neovlivňují stavy signálů na výstupu logického řídicího obvodu. Logický řídicí obvod tak vystupuje v roli dekodéru logických signálů, kdy dekoduje logické stavy vstupního napětí sondy zakódované do výstupních signálů okénkového komparátoru.

Poznámka:

Celý obvod je napájen ze zdroje stejnosměrného napětí o velikosti +5V. Obvod zobrazovače s omezovacími rezistory může být realizován doplňkovým modulem, případně na samostatném kontaktním poli.

V žádném případě nepřekračujte velikost napájecího napětí +5V, z důvodu možného zničení logického obvodu 74HCT00!

Tab. 1 – Převodní / statická / charakteristika okénkového komparátoru

U_{INP}	[V]						
$U_{OUT - UP}$	[V]						
$U_{OUT - DOWN}$	[V]						
U_{INP}	[V]						
$U_{OUT - UP}$	[V]						
$U_{OUT - DOWN}$	[V]						
U_{INP}	[V]						
$U_{OUT - UP}$	[V]						
$U_{OUT - DOWN}$	[V]						

$U_{OUT - UP}$ - měření směrem nahoru

$U_{OUT - DOWN}$ - měření směrem dolů

Tab. 2 – Výstupní stavy komparátorů KA a KB

Stav vstupu	K _A [Log]	K _A [V]	K _B [Log]	K _B [V]
L				
N				
H				

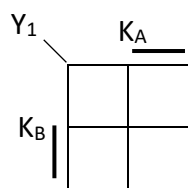
Tab. 3 – Skupiny segmentů pro zobrazování příslušných znaků na displeji

Výstup	segmenty LED displeje							
	a	b	c	d	e	f	g	dp
Y1								-
Y2								-
Y3								-
Y4								-

Tab. 4 – Pravdivostní tabulka pro sestavení logické funkce LŘO

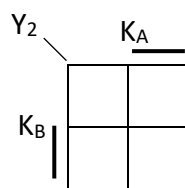
Input		output			
KA	KB	Y1	Y2	Y3	Y4

Tab. 5 – a, b, c, d: pravdivostní tabulky pro minimalizaci budících funkcí řídicího obvodu „Logické sondy“.



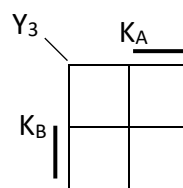
a)

$$Y_1 =$$



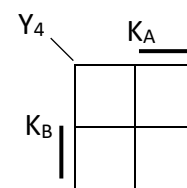
b)

$$Y_2 =$$



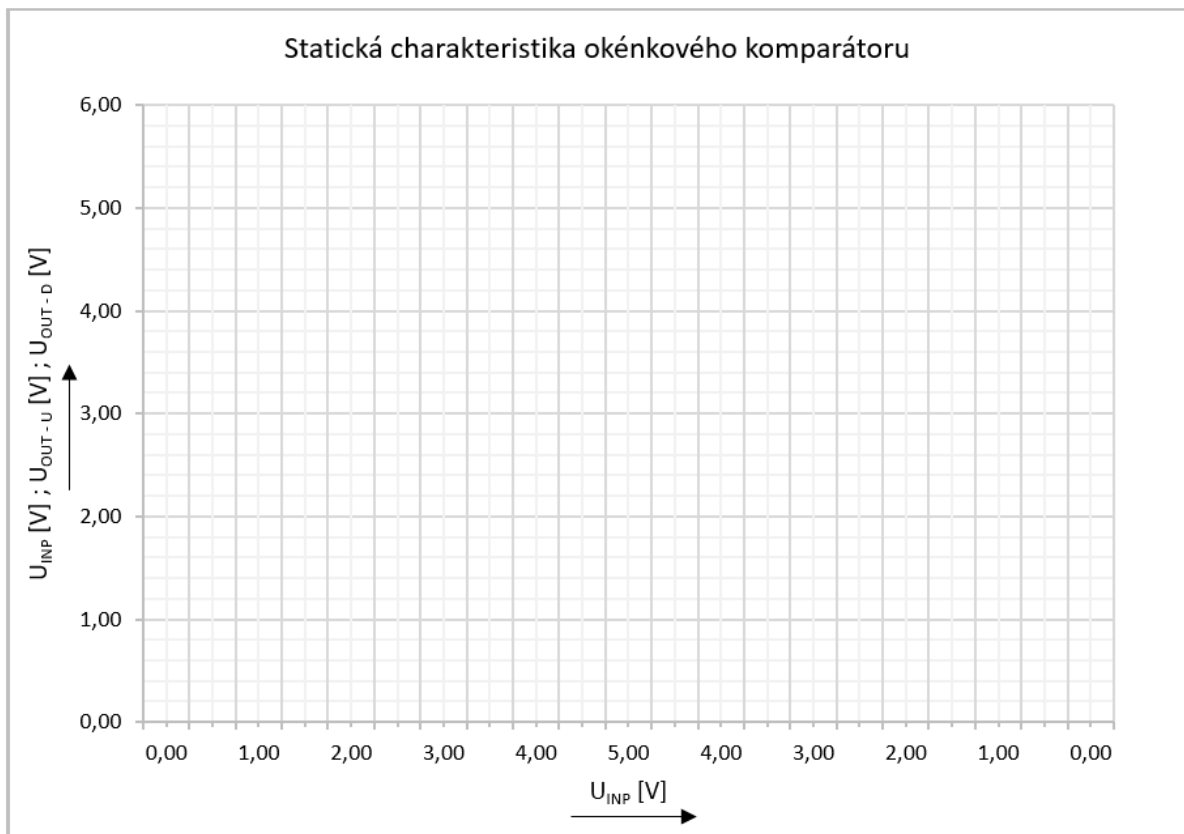
c)

$$Y_3 =$$



d)

$$Y_4 =$$



Obr. 3 – Statická charakteristika okénkového komparátoru

3 Samostatná příprava:

1. Provedte stažení příslušné technické dokumentace k použitým součástkám úlohy (zvláštní pozornost věnujte použitému zobrazovací LED displeji, zejména rozložení a označení vývodů pouzdra a jeho elektrickým vlastnostem).
2. Prostudujte dokumentaci k použitým elektronickým součástkám realizace úlohy.
3. Vypočítejte hodnoty rezistorů R_1 až R_3 vstupního odporového děliče okénkového komparátoru (použijte hodnoty prahových napětí logických úrovní z datasheetu obvodu 74HCT00, proud sériovou kombinací děliče bude cca 2,5mA).
4. Ověřte výpočtem velikost hodnot omezovacích rezistorů $R_a - R_{dp}$ jednotlivých segmentů LED displeje (jaký proud teče jednotlivými LED segmenty při zapojení rezistorů o velikosti uvedené v schématu realizace?).
5. Navrhněte zapojení logického řídicího obvodu pro buzení jednomístného LED sedmi segmentového displeje.

4 Otázky k procvičení:

1. Vysvětlíte zkratky značení logických obvodů TTL, HCT, HC, LS, ALS a CMOS a jaké jsou jejich elektrické parametry.

2. Nakreslete pravdivostní tabulky základních logických kombinačních obvodů pro realizaci funkcí NOT, OR, NOR, AND, NAND, XOR a XNOR.
3. Jaké jsou vstupní a výstupní úrovně napětí pro úroveň logické nuly a jedničky?
4. Co je zakázané pásmo u logických obvodů – nakreslete a vysvětlete tento pojem s použitím převodní charakteristiky logického obvodu.
5. Co je to logický zisk, jak se značí a jakých hodnot obvykle nabývá.
6. Vysvětlete na příkladu použití Booleovy algebry a zákonů pro minimalizaci logické funkce.
7. Vysvětlete na příkladu použití Karnaughovy mapy pro minimalizaci logické funkce.
8. Nakreslete schéma zapojení a vysvětlete funkci „okénkového komparátoru“.
9. Co je zapojení „výstupu s otevřeným kolektorem“ a uveďte příklad jeho využití.
10. Nakreslete zapojení a vysvětlete zapojení tranzistorového spínače jako zesilovače proudu.

5 Použitá literatura

KUFNER, Josef, 2019. Měření základních vlastností logických IO TTL [online], [citováno 17. 4. 2024], Dostupné z WWW: <https://josef.kufner.cz/ostatni/skola/spse_v_uzlabine/EM4-14-zadani.pdf>

Seznam zkratk

CMOS technologie výroby čipů

HC High speed CMOS

HCT High speed CMOS compatible with TTL

TTL Tranzistor-tranzistor logic

Rejstřík

charakteristika, 3

okénkového komparátoru, 3

statická, 3

komparátor, 2

LED dioda, 2

dekodér, 3

segment, 2

znak, 2

Logická, 2
sonda, 2
úroveň, 2
referenční napětí, 2
spínač, 4
proudový, 4
skupin segmentů, 4

Automatizace laboratoř

Téma 12: Logický řídicí obvod světel automobilu

Studijní cíl

Seznámit studenty s realizací logického řídicího obvodu v simulačním software Logisim.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Logický obvod, kombinační, sekvenční, hradlo, spínač, simulační software, Logisim

1 Úvod

V této laboratorní úloze navrhnete a zrealizujete obvod řízení ukazatelů směru (směrových světel), „výstražných světel“, brzdového osvětlení automobilu a světel „denního svícení“. Kompletní návrh řídicí jednotky vybraných funkcí osvětlení automobilu realizujte v prostředí simulačního programu „Logisim“. K realizaci simulace osvětlení použijte soubor „Model_Car_Lights_cv_08.circ“ (viz. obr.1), který je v příloze zadání úlohy. Předložený model disponuje pouze demonstračním zapojení ovládní světelných signálů pro přiblížení chování funkcí aplikace (po stisku tlačítka je vždy aktivována skupina světel, se kterou daný signál pracuje). Pro řešení úlohy vycházejte z tohoto předloženého modelu a z níže uvedených požadavků na funkci řídicí jednotky. Vzhled simulačního modelu ponechte beze změny, pouze nahraďte schéma zapojení logických obvodů řídicí jednotky Vámi navrženým obvodem.

2 Zadání úlohy:

Navrhněte řídicí logický obvod světel automobilu s následujícím chováním:

1. K řízení osvětlení automobilu je k dispozici levý spínač směrových světel, (L), pravý spínač směrových světel, (R), spínač výstražných světel, (E) a spínač brzdového světla (B). Celý řídicí systém se spouští tlačítkem start (ST). Spínače směrových světel nelze nikdy zapnout současně. Tlačítka jsou zapojena ve funkci flip/flop, to znamená, že první stisknutí tlačítka aktivuje příslušný ovládací signál a následný stisk stejného tlačítka tuto funkci deaktivuje. Pokud nelze ovládací signály použít současně, potom aktuálně aktivovaný signál způsobí deaktivaci dříve aktivovaného signálu.

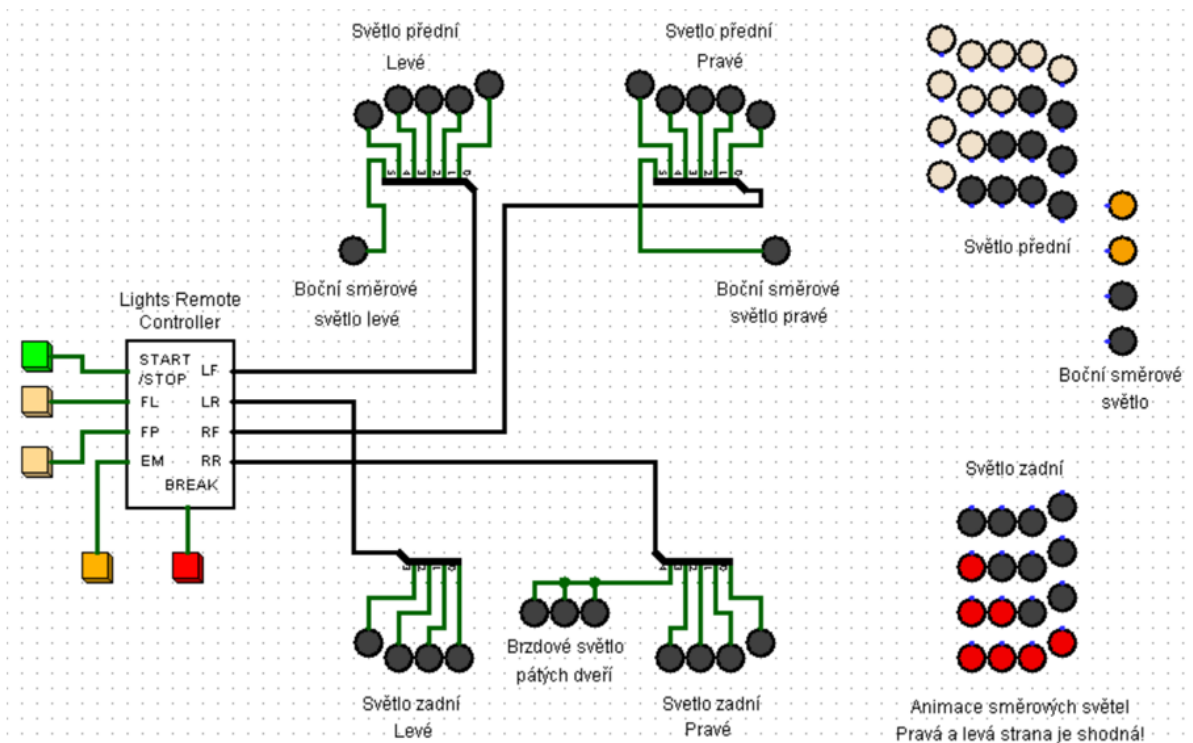
2. Vozidlo má světlo pro denní svícení, levé přední signalizační světlo (LP), pravé signalizační signální světlo (PP), levé zadní signalizační světlo (LZ), pravé zadní signalizační světlo (PZ) a brzdové světlo umístěné na pátých dveřích. Ukazatele změny směru jízdy jsou v přední části vozidla doplněny bočními signalizačními světly (viz. simulační model).
3. Pokud nejsou žádné spínače zapnuté, nesvítí žádná světla.
4. Po stisku tlačítka „Start“ dojde k pohotovostní aktivaci všech funkcí řídicí jednotky a zároveň jsou rozsvícena světla denního svícení (viz. demonstrační zapojení modelu světél v Logisim).
5. Kdykoli zapneme spínač výstražných světél, všechna čtyři směrová světla (jejich vybrané části) blikají.
6. Výstražná světla a brzdová světla je možné ovládat (rozsvítit i při vypnutém signálu start).
7. Směrové světlo vlevo nebo vpravo bliká společně s odpovídajícími předními a zadními směrovými světly. Signály těchto směrových světél jsou animovány podle světelného schématu uvedeného v simulačním modelu.
8. Sepnutý spínač brzdy rozsvítí obě zadní světla a světlo pátých dveří.
9. Sepneme-li spínač brzdových světél společně s ukazatelem směru, dále blikají zadní aktivovaná směrová světla a zároveň se rozsvítí zadní brzdové světlo na opačné straně směrových (brzdových) světél a brzdové světlo pátých dveří.
10. Sepneme-li spínač brzdových světél v režimu aktivace výstražných světél, dojde k rozsvícení zbývajících Led diod zadních světél a brzdového světla pátých dveří.

3 Postup řešení:

1. Provedte analýzu logického řídicího obvodu z pohledu funkčnosti. Logický řídicí obvod musí splňovat výše uvedené požadavky na funkčnost aplikace. Upřesňující informace získáte od vyučujícího a z příloženého video záznamu - návodu s popisem funkčnosti modelu.
2. Rozdělte řídicí obvod na menší, samostatné, subsystemy. Navrhněte jejich začlenění do celého obvodu a určete V/V a řídicí signály.
3. Provedte návrh a sestavení simulačních schémat jednotlivých subsystemů v programu „Logisim“ s využitím submasky obdrženého simulačního modelu (je součástí zadání úlohy).
4. Do protokolu uveďte podrobný popis návrhu logického řídicího obvodu, včetně realizovaných Karnaughových map a minimalizovaných logických funkcí.
5. Konečný návrh a funkčnost realizace simulačního modelu předvedte vyučujícímu a nechte si podepsat jeho předvedení do přípravy úlohy vašeho pracovního sešitu.

Poznámka k realizaci úlohy:

„LogiSIM“ spadá do kategorie volně šiřitelných programů - tzv. „freeware“ a je dostupný na internetové adrese <http://www.cburch.com/logisim/download.html>, kde je uveden odkaz na možnost stažení tohoto software. Logický obvod pro realizaci výše uvedeného zadání úlohy realizujte pomocí standardních logických hradel a obvodů.



Obr. 1 – Simulační schéma signálního osvětlení automobilu (vytvořeno v Logisim)

4 Samostatná práce:

1. Prostudování zadání úlohy a Analýza funkce realizovaného obvodu.
2. Hlavní pozornost věnujte požadavkům na ovládací signály a výstupní reakci logického řídicího systému.
3. Rozdělte simulační obvod na část řídicí a část simulační obvod na část s kombinační a sekvenční logikou. Řídicí část bude obsahovat logický řídicí obvod a část simulační bude provádět vizualizaci funkce řízených technických zařízení. Řízenými technickými zařízeními jsou, v tomto případě, osvětlovací tělesa automobilu.
4. Nakreslete blokové schéma řídicího systému.
5. Nakreslete blokové schéma simulačního schéma řízených technických zařízení.
6. Navrhnete jednotlivé obvody celého systému.
7. Sestavte tabulky pro záznam Karnaughových map pro minimalizaci logických funkcí.

5 Otázky k procvičení:

1. Jak se liší kombinační a sekvenční logické obvody?
2. Uveďte příklad kombinačního logického obvodu.
3. Uveďte příklad sekvenčního logického obvodu.
4. Jakým způsobem lze minimalizovat logické funkce?
5. Co znamená označení TTL a CMOS u logických obvodů?

Seznam zkratk

B	spínač brzdových světel
E	spínač výstražných světel
L	spínač levých směrových světel
R	spínač pravých směrových světel
ST	tlačítko start

Rejstřík

směrové světlo, 2
vlevo, 2
vpravo, 2
spínač, 1, 2
brzdových světel, 2
směrových světel, 1
výstražných světel, 1
světlo, 2
brzdové, 2
denní svícení, 2
pátých dveří, 2
přední signalizační, 2
zadní signalizační, 2

Automatizace laboratoř

Téma 13: Logické řízení polohy aktuátoru servopohonu

Studijní cíl

Seznámit studenty s postupem kompletního logického řídicího obvodu mechatronického systému.

Doba nutná k nastudování

3 hodiny

Klíčová slova

Logický řídicí obvod, akční člen, aktuátor, lineární pohyb, DC motor

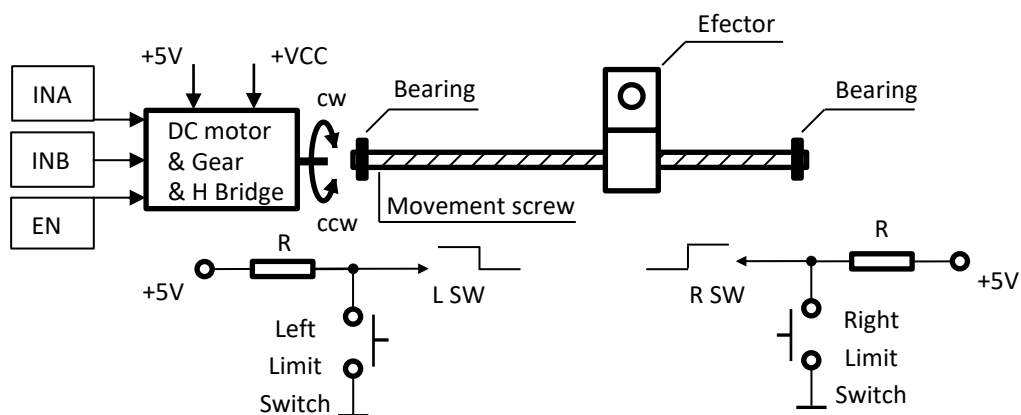
1 Úvod

Při návrhu obvodů logického řízení je nutné postupovat ověřeným způsobem jeho návrhu. Ten v sobě zahrnuje jednotlivé fáze návrhu, které slouží dále k realizaci hardwarového a softwarového řešení řídicího (řídicích) obvodů. Tento postup lze shrnout do jednotlivých bodů (fází) návrhu:

- Analýza zadání cílů řízení. To probíhá zpravidla analýzou slovního zadání cílů řízení a požadavků na chování obvodu logického řízení a tím i řízeného objektu.
- Volba způsobu řízení. Vhodným zvolením způsobu získání dostupných informací o stavu řízeného objektu a ovlivnění tohoto stavu dostupnými akčními členy objektu.
- Návrh hardwarového řešení. Využití vhodných hardwarových prostředků.
- Návrh softwarového řešení. Využití vhodných softwarových prostředků.
- Realizace hardwarového řešení.
- Realizace softwarového řešení.
- Ověření funkčnosti hardwarového a softwarového řešení na vhodném simulátoru řízeného objektu.
- Ověření funkčnosti komplexního řešení na reálném objektu, zpravidla bez aktivace výkonových akčních členů.
- Aktivace výkonových akčních členů a testování funkčnosti kompletní realizace.
- Vytvoření technické dokumentace navrženého řešení.

Cílem laboratorní úlohy je realizace výše uvedeného řetězce jednotlivých bodů návrhu obvodů logického řízení, podle uvedené specifikace na funkčnost řízeného objektu (zařízení). V této

laboratorní úloze tedy navrhnete a zrealizujete hardwarový simulátor a logický řídicí obvod řízení polohy lineárního pohonu: polohovacího aktuátoru. Polohovací lineární aktuátor (akční člen) může sloužit například pro ovládání polohy regulačního ventilu, nebo mechanického ramene třídícího zařízení. Kompletní návrh obou obvodů zrealizujte v prostředí simulačního software „Logisim“, pro který vytvoříte nejprve simulátor řízeného servopohonu a následně simulační obvod logického řídicího obvodu, podle požadavků na funkční chování uvedených v textu zadání úlohy. Blokové schéma reálného servopohonu aktuátoru je na obr. č. 1. Jsou zde vyznačeny jak ovládací signály, tak i signály vycházející ze snímačů polohy umístěných v konstrukci servopohonu. Pro realizaci simulačních modelů použijte vytvořený soubor v Logisimu, s názvem „Model_Linear_Actuator_Lab_13.circ“, který je součástí přílohy zadání úlohy. Pro řešení úlohy vycházejte ze struktury tohoto předloženého modelu a z níže uvedených požadavků na funkci logického řídicího obvodu. Vzhled bloků simulačního modelu ponechte beze změny, pouze doplňte schémata zapojení logických obvodů bloků Vámi navrženými logickými obvody. Nejprve doplňte zapojení logických obvodů pro vizualizaci lineárního pohybu, které odpovídá reálnému pohybu aktuátoru. Pro realizaci části animace pohybu aktuátoru použijte model převodníku „3 na 8“, obvod 74HC238N. Tato vizualizace bude zobrazovat pohyb aktuátoru, v závislosti na aktuálním akčním zásahu regulátoru, který bude tvořen logickým řídicím obvodem, jehož akční zásah bude záviset na aktuálních a minulých kombinacích stavů vstupních logických řídicích signálů regulátoru. Submodel regulátoru logického řízení je součástí blokového schéma simulátoru LŘO na obr. č. 2.



Obr. 1 – Lineární pohon akčního členu, zdroj autor

1.1 Požadavky na funkční chování simulátoru aktuátoru:

Návrh řídicího obvodu musí pokrývat níže uvedené specifikace funkčního chování obvodu, které vychází z popisu řízeného objektu, znázorněného blokovým schématem na obr. č. 1:

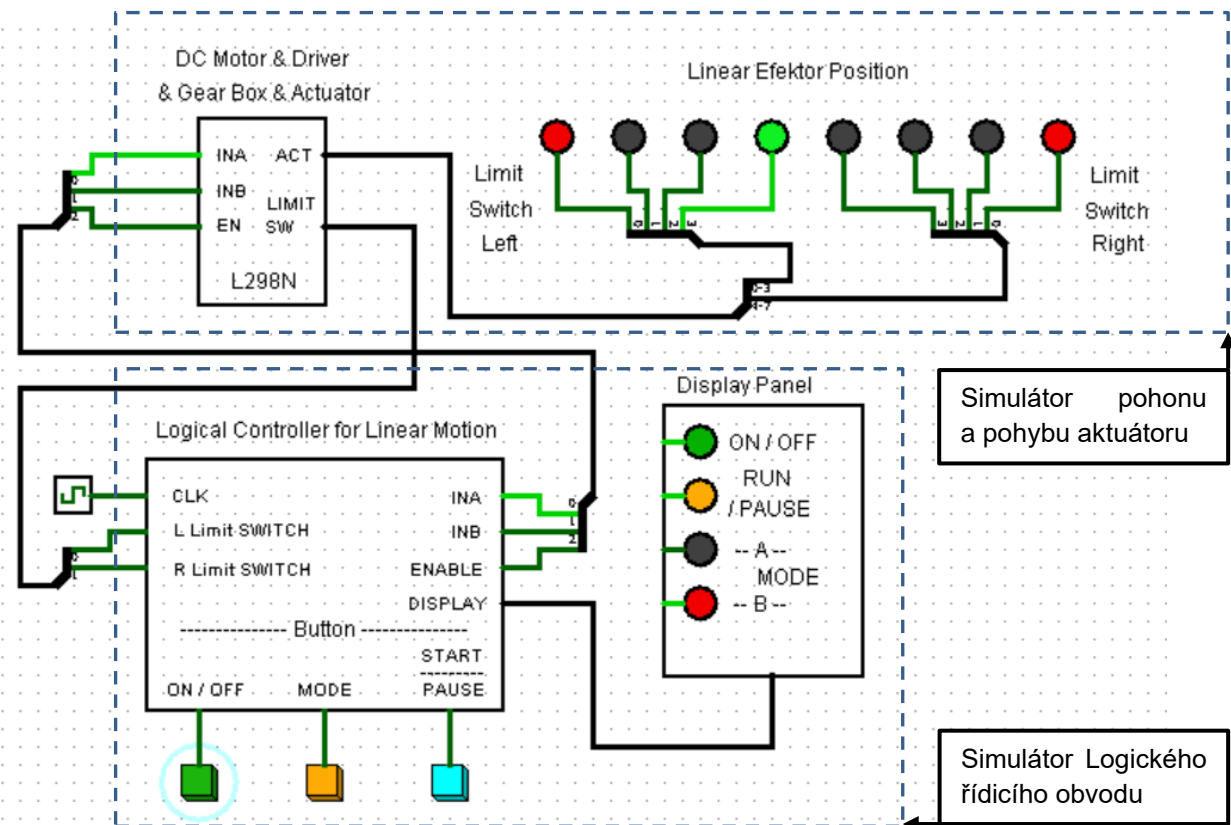
1. S využitím sloupce LED diod bude simulován pohyb lineárního pohybu aktuátoru.
2. Vstupní signály budou odpovídat vstupním signálům reálného obvodu, obvodu L298N (viz. obr. č.1).

3. Pohyb aktuátoru bude povolen pouze v prostoru koncových poloh, vymezených mechanickými zarážkami.
4. Koncové polohy budou opatřeny taktilními, binárními, koncovými spínači.
5. K simulaci pohybu aktuátoru bude použit obvod čítače typu 74193, který svou funkcí obousměrného čítání tak bude animovat jeho pohyb.
6. Signály pro čítač 74HC(T)193 budou generovány logickým řídicím obvodem.
7. Výstupní stav čítače bude dekódován do simulovaného pohybu aktuátoru obvodem 74HC(T)328N (viz text zadání úlohy).

1.2 Požadavky na funkční chování aktuátoru:

Návrh řídicího obvodu musí pokrývat níže uvedené specifikace na funkční chování obvodu, vyplývající z blokového schématu na obr. č. 1:

1. K aktivaci řídicího obvodu bude sloužit tlačítko „ON / OFF“, které pracuje v režimu „Flip - Flop“. Zapnutí obvodu tlačítkem „ON / OFF“ je signalizováno rozsvícením indikační LED diody na „Display panelu“.
2. Po aktivaci řídicího obvodu efektor vykoná inicializační proces (pohyb). Ten bude totožný s jedním kompletním cyklem pohybu v pracovním módu „B“. Po dobu tohoto inicializačního procesu bude dioda „ON / OFF“ blikat s periodou 1s.
3. Ovládání spouštění / pozastavení jednotlivých cyklů pohybu bude sloužit tlačítko „Start / Pause“ (tlačítko bez aretace).
4. Servopohon bude mít dva pracovní režimy. První režim, režim „A“, bude efektor vykonávat pohyb mezi dvěma koncovými spínači, každý stisk tlačítka „Start / Pause“ bude znamenat povel pro přesun efektoru aktuátoru z jednoho koncového spínače na druhý.
Druhý režim, režim „B“, vykoná jeden kompletní cyklus pohybu efektoru, kdy pohyb bude začínat a končit na stejném, výchozím, koncovém spínači (vlevo).
5. Pokud bude během pohybu aktuátoru stisknuto tlačítko „Start / Pause“ dojde k okamžitému pozastavení jeho pohybu a po následném stisku stejného tlačítka bude pokračovat v původním směru pohybu a režimu. Při pracovním pohybu aktuátoru, režimu RUN, bude LED dioda RUN / PAUSE trvale svítit a při pozastavení pohybu, v režimu „Pause“, bude tato dioda blikat s periodou 1s.
6. Přepínání mezi jednotlivými pracovními režimy bude možné pouze ve výchozím stavu, kdy je efektor přítomen na levém koncovém spínači.
7. Pokud po aktivaci řídicího obvodu se bude aktuální poloha aktuátoru nacházet v prostoru mezi koncovými spínači, nebo na koncovém spínači maximálního vysunutí (vpravo), dojde opět k vykonání inicializačního pohybu (viz. bod č. 2).
8. Při deaktivaci obvodu, tlačítkem ON/OFF, během pohybu aktuátoru se nejprve dokončí právě vykonávaný pohyb a až potom přejde systém do neaktivního stavu. Během tohoto procesu bude LED dioda aktuálního pracovního módu blikat s periodou 1s.



Obr. 2 – Sestava LŘO (vytvořeno v Logisim)

2 Postup řešení úlohy:

1. Vytvořte v software „Logisim“ simulační modely reálných logických obvodů 74HC238N a 74HC193N, případně dalších typů obvodů, jejichž použití bude vycházet z vašeho návrhu obvodového řešení zadání úlohy. Modely logických obvodů je vhodné vytvořit tak, aby co nejpřesněji kopírovaly svoje reálné protějšky. Pro tvorbu těchto simulačních obvodů vycházejte z dostupné technické dokumentace jejich výrobců.
2. Navrhněte a realizujte logický obvod simulačního modelu simulátoru pohybu lineárního aktuátoru, splňující výše uvedené požadavky na jeho chování.
3. Otestujte bezchybnou funkci simulačního modelu simulátoru aktuátoru.
4. Navrhněte a realizujte logický řídicí obvod splňující výše uvedené požadavky na jeho chování.
5. Otestujte bezchybnou funkci logického řídicího obvodu dle výše uvedené specifikace.
6. Do protokolu uveďte podrobný popis návrhu všech logických obvodů, jejich podrobná bloková schémata, včetně sestavených „Karnaughových“ map a výsledných minimalizovaných logických funkcí. Kompletní, funkční simulační schémata simulátoru pohybu aktuátoru a logického řídicího obvodu prezentujte vyučujícímu předmětu.
7. Podle požadavků na tvorbu technické dokumentace vytvořte laboratorní protokol ve formě technické zprávy.

Poznámky k řešení úlohy:

Výchozím koncovým spínačem je mikrospínač umístěný u převodovky pohonu (vlevo). Maximální vysunutí efektoru určuje druhý koncový spínač, umístěný na opačné straně šroubového posuvu (vpravo). Logické úrovně ovládacích signálů budou vycházet z blokového schémata reálného obvodu na obr. č. 1.

Seznam vybraných logických obvodů pro realizaci simulačních modelů hardwarového simulátoru pohybu aktuátoru a obvodu Logického řízení:

Označení	Typ obvodu	Technologie
74HC74N	dual D FLIP/FLOP	TTL
74HC151N	3bit Multiplexor	TTL
74HC14N	6x Schmitt invertor	TTL
74HC00N	4x 2 input NAND	TTL
74HC193N	UP/DOWN binary counter	TTL
74HC238N	„3 to 8“ converter	TTL

3 Otázky k procvičení:

1. Jak se liší kombinační a sekvenční logické obvody?
2. Uveďte příklad kombinačního logického obvodu.
3. Uveďte příklad sekvenčního logického obvodu.
4. Jakým způsobem lze minimalizovat logické funkce?
5. Co znamená označení TTL a CMOS u logických obvodů?
6. Jak se liší vstup LO s a bez Schmittova obvodu?
7. Jakými fázemi prochází návrh LŘO?

Seznam zkratek

LŘO	logický řídicí obvod
CMOS	technologie výroby čipů
HC	High speed CMOS
LO	logický obvod
TTL	Tranzistor-tranzistor logic

Rejstřík

pohon, 2
aktuátoru, 2
lineární, 2
regulátor, 2
submodel, 2
řízení, 1
analýza, 1
požadavky, 1
simulátor, 2

Vytvořeno v rámci projektu **Studijní program Automatizace (SPAUT)**
na **Univerzitě Pardubice**, reg. č. NPO_UPCE_MSMT-16591/2022.

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons BY 4.0. Pro zobrazení licenčních podmínek navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



Národní
plán
obnovy

MS
MIT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY