BASIC MEASUREMENT OF DYNAMIC PROPERTIES OF AMPLIFIER WITH BIPOLAR TRANSISTOR

Juraj Repčík

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xrepci00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Dřínovský

E-mail: drino@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this article is to analyze the theoretical basis of amplifier with bipolar transistors measurement. In particular, this contribution focuses on a convenient way of setting the operating point of an amplifier with BJT and subsequently on measuring particular dynamic properties. To accomplish this, the automated laboratory measurement was developed, by using appropriate measurement devices along with LabVIEW software.

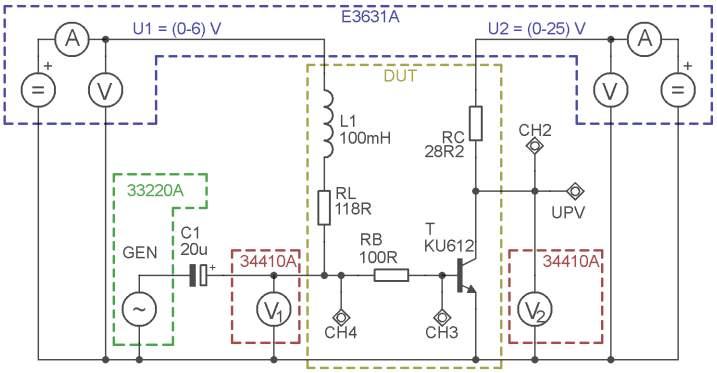
Keywords: transistor, operating point, bipolar, LabVIEW, THD, linearity

1. ÚVOD

Pre rozšírené používanie bipolárnych tranzistorov (BJT) [1] je potrebné poznať princípy fungovania a mať znalosť o parametroch konkrétneho typu do danej aplikácie. Meranie charakteristík manuálne by zabralo veľa času, preto som sa rozhodol pre automatickú alternatívu. Vývojové prostredie LabVIEW spolu s komunikačnou zbernicou GPIB poskytuje praktický spôsob na ovládanie meracích prístrojov a implementovanie merania. V rámci projektu som vyvinul program, ktorý obsahuje rozhranie na nastavenie pracovného bodu a meranie dynamických vlastností zapojenia **(Obr. 1)**. Program dokáže merať prevodnú charakteristiku zapojenia pre striedavé zložky signálu spolu s celkovým harmonickým skreslením výstupného signálu so šumom (THD+N) [2]. Z prevodnej charakteristiky sa dá určiť linearita zosilňovača. V ďalšej záložke je možné merať frekvenčnú charakteristiku. Tretia funkcia pozostáva v meraní závislosti striedavej zložky kolektorového prúdu na striedavej zložke bázového prúdu.

2. ZAPOJENIE PRÍPRAVKU A POUŽITÉ PRÍSTROJE

Pre účely vzorového merania bolo zhotovené zapojenie zobrazené na **Obr. 1**.



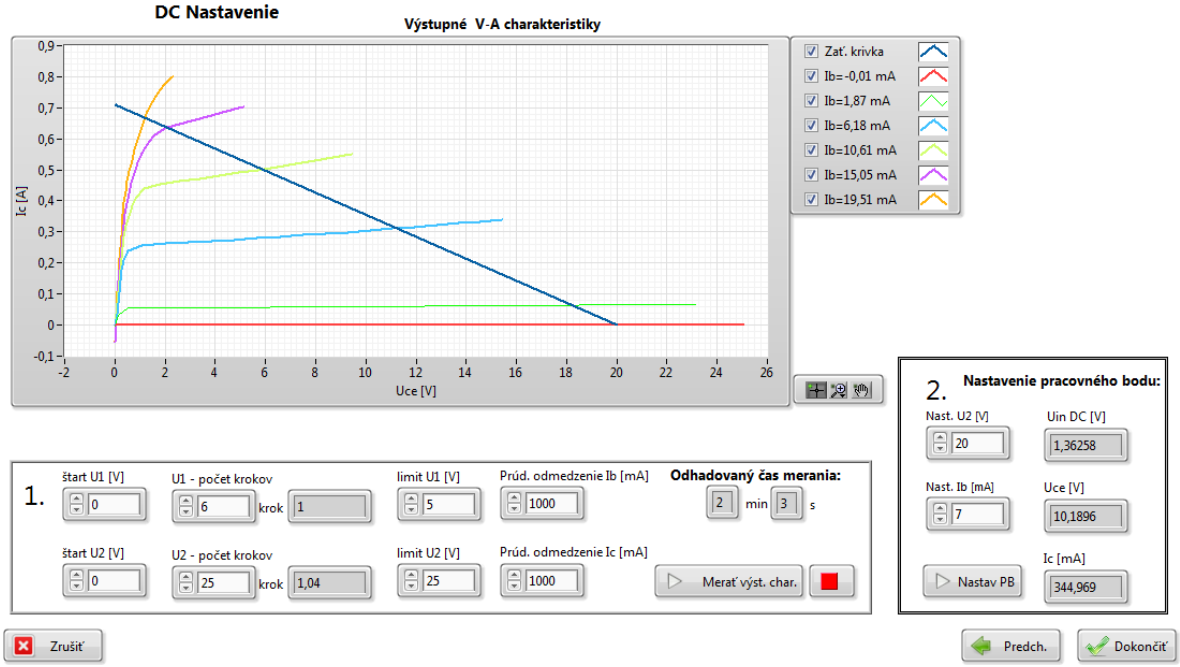
Obr. 1: Schéma zapojenia prípravku

Boli použité konkrétne tieto meracie prístroje pripojené k PC:

- DC zdroj: HP E3631A
- Generátor: Agilent 33220A
- Voltmeter V1, V2: Agilent 34410A
- Audio analyzátor: R&S UPV
- Osciloskop: R&S RTM

3. DC NASTAVENIE

V kliknutí tlačidla na nastavenie sa objaví okno, kde sa nastavia adresy prístrojov a overí komunikácia. Následne je k dispozícii rozhranie na nastavenie pracovného bodu (**Obr. 2**).

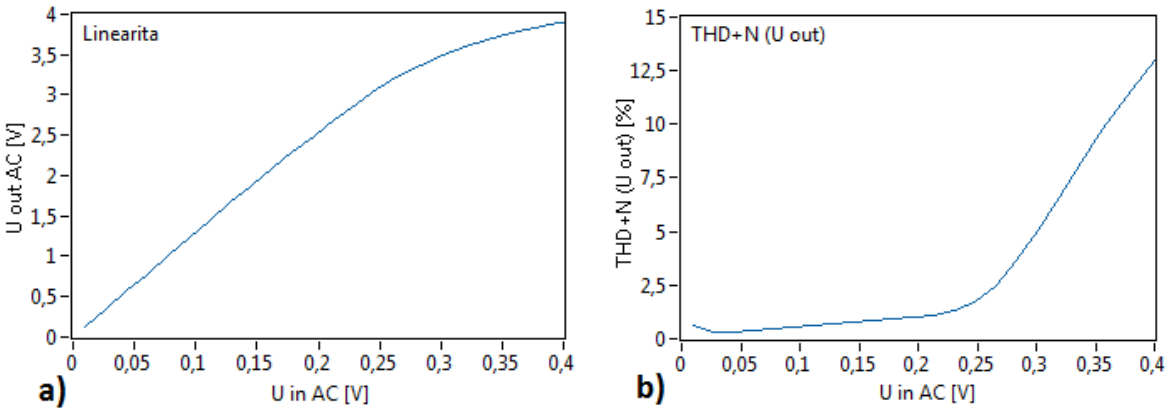


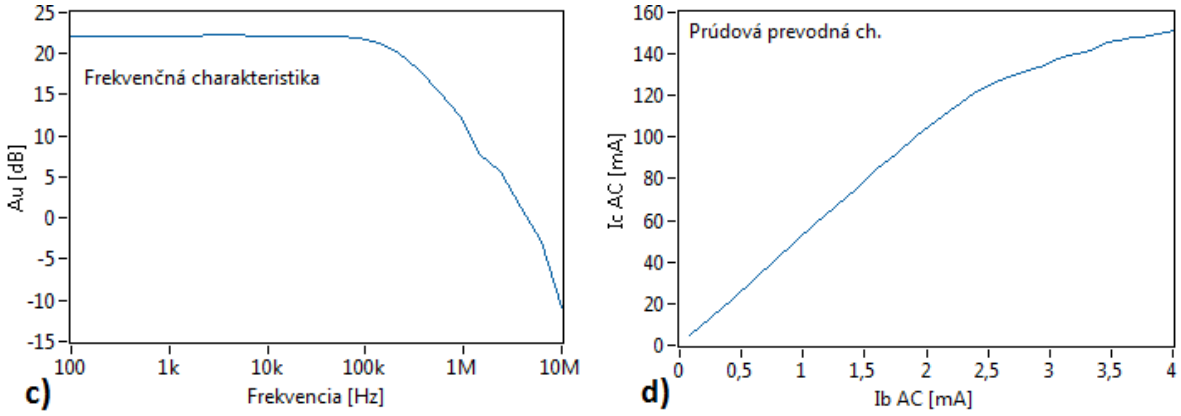
Obr. 2: DC Nastavenie - výstupné charakteristiky a pracovný bod

V prvom kroku je možné zmerať sieť výstupných charakteristík podľa nastaveného krokovania, pričom sa dopočítava približný čas merania. V druhej časti sa nastavuje napätie U_2, ktoré automaticky posúva zaťažovaciu priamku na grafe. Nastavenie I_b priamo nebolo možné, lebo zdroj U_1 v prúdovom móde nemá dostatočné rozlíšenie v rádoch jednotiek mA na nastavenie prúdu. V programe je preto implementovaný algoritmus numerickej metódy polenia intervalov, kde sa nastavuje napätie U_1 podľa nameranej hodnoty I_b až je dosiahnutá dostatočná presnosť. Nastavenie trvá asi 1-4 s.

4. AC MERANIE

Obr. 3 zobrazuje výsledky merania dynamických vlastností BJT.





Obr. 3: Namerané grafy

a) Linearita b) THD+N c) Frekvenčná ch. d) AC prúdová prevodná ch.

4.1. LINEARITA

Pri meraní sa mení efektívna hodnota vstupného harmonického napätia v širokom rozsahu. Meria sa striedavá zložka výstupného napätia. Závislosť efektívnych hodnôt napätí U_{out} = f(U_{in}) na **Obr. 3**a sa vo väčších hodnotách odchýli od lineárneho trendu, čo je následkom obmedzeného dynamického rozsahu zosilňovača kde nastáva orezávanie sínusového priebehu (clipping). Z grafu sa dá vyjadriť význačný bod P1dB (1 dB kompresia) ktorý udáva najväčšie vstupné napätie kedy odchýlka výstupného napätia od extrapolovanej priamky pre malé signály dosiahne 1 dB. THD+N koreluje s výsledkom merania linearity (**Obr. 3**b). V bode poklesu zosilnenia prudko narastá harmonické skreslenie. THD+N bolo merané audio analyzátorom UPV v označenom bode (**Obr. 1**).

4.2. FREKVENČNÁ CHARAKTERISTIKA

Závislosť A_U [dB] = f(f [Hz]) na **Obr. 3**c znázorňuje pokles zosilnenia s frekvenciou. Je možné odčítať hraničnú aj tranzitnú frekvenciu zosilňovača. Kvôli obmedzeným frekvenčným rozsahom multimetrov boli napätia merané osciloskopom, ktorý sa z programu nastavoval.

4.3. AC PRÚDOVÁ PREVODNÁ CHARAKTERISTIKA

Prúd I_b bol meraný osciloskopom v bodoch CH4 a CH3 (**Obr. 1**) rozdielovým signálom ako úbytok na rezistore R_B. Kolektorový prúd I_c bol meraný podobne na rezistore R_C. Smernica lineárnej časti je rovná prúdovému zosilňovaciemu činiteľu pre striedavý signál (h_{21e}). Táto hodnota by mala byť približne rovnaká ako statický činiteľ β [1].

5. ZÁVER

Navrhnutý program slúži na automatizované meranie zosilňovača s BJT a zistenie reálnych závislostí v obvode. Kvôli rozsahu príspevku nebolo možné rozobrať programovanie s ukážkou blokového diagramu. LabVIEW poskytuje grafické programovanie založené na princípe dataflow, ktoré sa hodí na vytvorenie automatizovaných meraní. Z práce bude vybraná vhodná časť ktorá bude slúžiť pre účely laboratórnej výuky a na vytvorenie nových úloh.

REFERENCIE

[1] NEAMEN, Donald A. *Electronic circuit analysis and design*. Chicago: Irwin, c1996, xxvii, 1128 p. ISBN 02-561-1919-8.

[2] METZLER, Bob. AUDIO PRECISION. *Audio Measurement Handbook* [online]. 2. vyd. 2005 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z: http://www.ap.com/download/file/24