

**УЧБОВА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РОЗРАХУНКУ
СТАТИЧНИХ Н-ПАРАМЕТРІВ БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРУ З
ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ РЕАЛЬНОГО ТРАНЗИСТОРУ ТА
ВБУДОВАНОГО МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ**

к.ф.-м.н., доцент Цехмістро Р.І., викладач Кожем'якін М.В.,
студент Яценко В.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем,
м. Харків, Україна;

Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський політехнічний
фаховий коледж Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут», м. Полтава, Україна
e-mail: roman.tsekhmistro@nure.ua

Abstract. The automated system is a computer program that can be used either independently or with a laboratory model with a microcontroller module installed for communication with a computer.

Aim-works: familiarize the student with the method of developing the static input and output characteristics of a bipolar transistor and the value of static H-parameters for their assistance. Schemes for varying the static characteristics of the transistor, a circuit with a lead base and a lead emitter, are used both autonomously and by extracting data from the microcontroller.

Ключові слова: транзистор, мікроконтролер, схема, h-параметри

Вступ. Комп'ютеризовані системи дослідження параметрів біполярних транзисторів та пристроїв на їх основі, успішно використовуються в навчальному процесі. Однак, враховуючі тематику відповідних навчальних дисциплін, данні системи найчастіше обмежуються створенням віртуального вольтметра та осцилографу. Це безумовно сприяє автоматизованій обробці результатів поряд з економією матеріальних та людських ресурсів. Однак подібні системи часто не дають можливості поспостерігати фізичну сутність процесів, які відбуваються в напівпровідникових приладах, робота яких описана реальним моделями.

Розроблена програма присвячена питанню розрахунку статичних h-параметрів транзисторів за допомогою побудованих статичних вхідних та вихідних залежностей. Вона дозволяє порівнювати вхідні та вихідні характеристики, зняті експериментально за схемою з загальною базою та емітером, з теоретичними залежностями, отриманими на основі реальної моделі з урахування ефекту Ерлі.

Основна частина. Запропонована система дозволяє використовувати як окремо від макету(розрахунки за формулами), так и експериментально в останньому випадку можливо будувати графіки як автоматично (передавати в ПК), так и вводити окремі значення.

У нього також входить модуль, що забезпечує графічне відображення вхідних та вихідних характеристик за схемою із загальною базою з консольним введенням даних від амперметра та вольтметра, що дає можливість виділити області насичення, активну область, область відсікання. передбачена можливість завдання кількості (до 100) значень показань значень струму та напруги, що вводяться.

Вказаний модуль передбачає також можливість розрахунку вхідної характеристики за співвідношенням:

$$I_e = I_0 \left(1 + \frac{U_{кб}}{U_{Ep}} \right) \left(e^{\frac{qU_{бe}}{kT}} - 1 \right), \quad (1)$$

де I_0 – зворотній струм р-п переходу; $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; $T=300$ К, U_{Ep} – напруга Ерлі.

Ця напруга, яка вводиться для опису явища «модуляції ширини бази», яка призводить до зміни її опору, має вид

$$U_{Ep} = \frac{q(Wb)^2 Nd}{2\varepsilon}, \quad (2)$$

де q – заряд електрону; wb – товщина бази транзистора; Nd – концентрація донорних домішок; ε – діелектрична проникність.

Значення напруги Ерлі зазвичай складає залежно від типу транзистора десятки вольт.

У програмі передбачено введення значень струму насичення $U_{бe}$, $U_{кe}$. На одних і тих же графіках є можливість відобразити експериментальну залежність $I_{бe}=f(U_{бe})$ $U_{кб}=\text{const}$ і аналогічні залежності отриманих теоретично. Указана залежність дозволяє визначити статичні параметри h_{11e} – вхідний опір ($h_{11e}=\Delta U_{бe}/\Delta I_e$) як за теоретичними так і експериментальними залежностями та спів поставляти їх.

Вихідна характеристика біполярного транзистора відповідно зі схемою загальна база описується залежністю $I_{кe}=f(U_{кб})$ $I_e=\text{const}$:

$$I_{кe} = \alpha \cdot I_e + \frac{U_{кб}}{r_{кe}} + I_{e0} \cdot \alpha \cdot I_{кe} = \alpha \cdot I_y + \frac{I_{e-}}{1-\alpha} + \frac{U_{кб}}{r_{кe}}, \quad (3)$$

де α – коефіцієнт передавання; $I_{к0}$ – зворотній струм колектора; $U_{кe}$ – напруга на колекторі; $r_{кe}$ – опір колекторного переходу; $\alpha \leq 1 - \alpha$.

З рис. 1-2 видно, що вказаний модуль дозволяє проводити розрахунок зі співвідношення (2) для різних значень $U_{кб}$. При цьому вводиться $U_{бe}$ – максимальне, $U_{еб}$ – мінімальне, значення I_0 , напруга Ерлі, значення коефіцієнту β . На рис.1 показана схема отримання значень току емітера та бази транзистора, яка вираховується з закону Ома через падіння напруги на вбудованому резисторі скрізь модуль вбудованого мікроконтролеру.

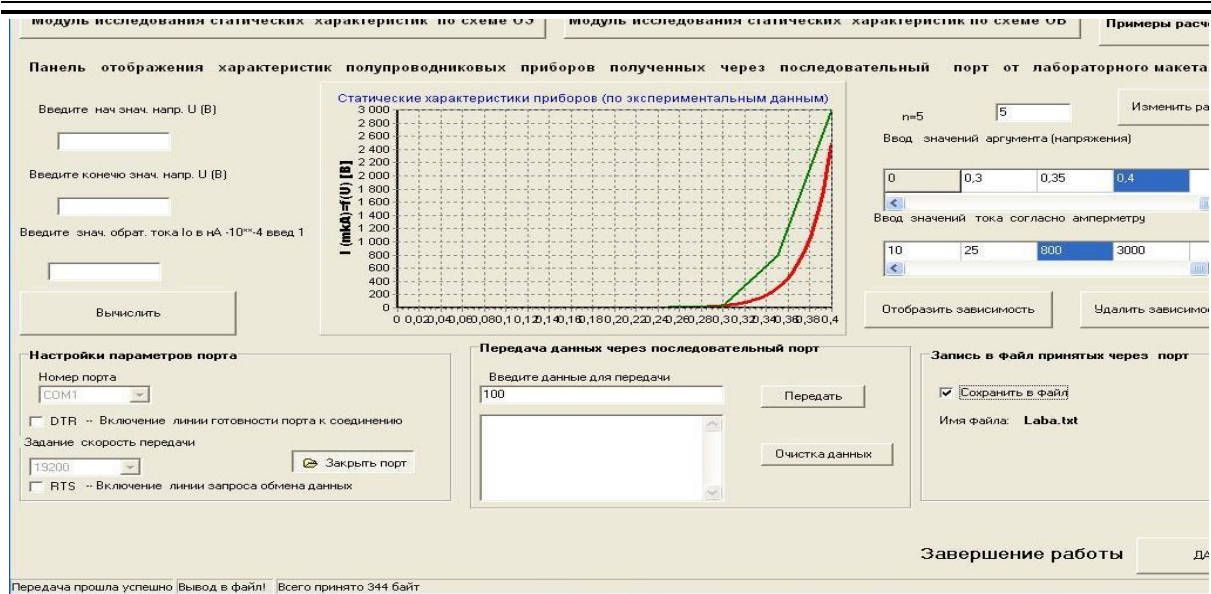


Рисунок 1

На рис. 2 наведені форми програми, яка дозволяє відображувати вхідні характеристики біполярного транзистора (співвідношення 1,3) при включення із загальним емітером. $I_B = f(U_{EB})$ при $U_{KE} = const$ наведено на верхньому графіку. Ліворуч наведено опції для введення вихідних даних для побудови залежності за співвідношенням (1): I_0 ; напруга Ерлі U_{EP} ; U_{KE} ; U_{EB} – початкового та максимального значення.

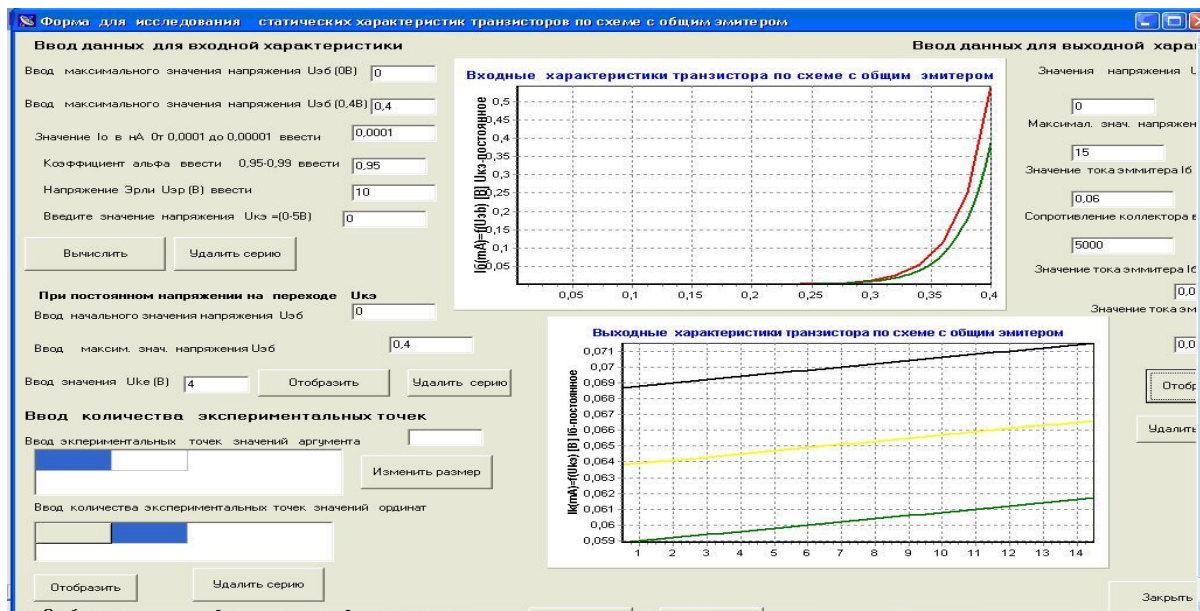


Рисунок 2

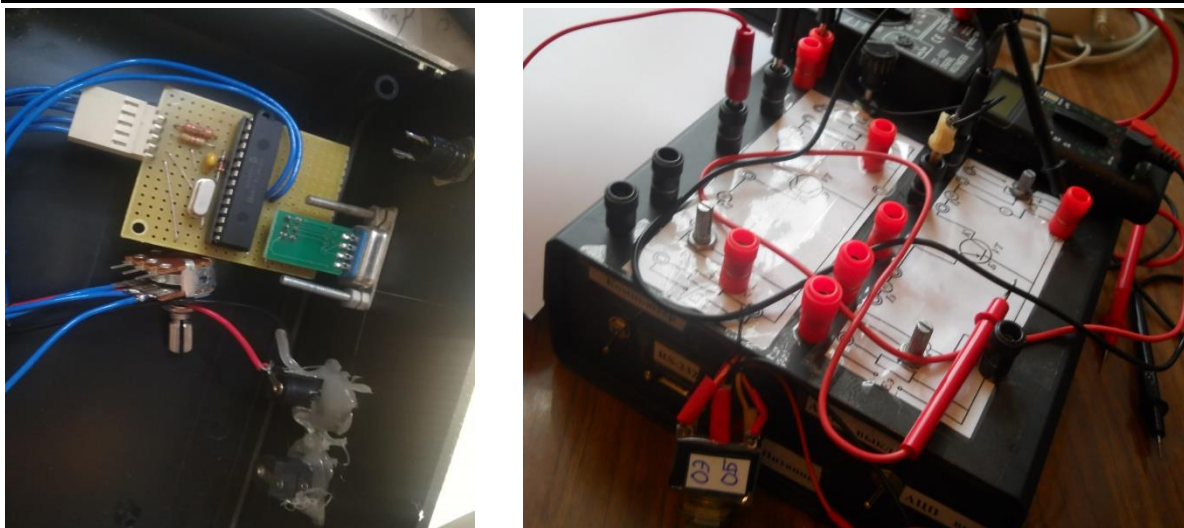


Рисунок 3

На рисунку 3 наведено загальний вигляд макету з вбудованим мікроконтролерним пристроєм на основі PIC16F73, який має вбудований інтерфейс UART (USART) для передавання даних у ПК.

Висновки. Тобто програмний продукт можливо використовувати самостійно (теоретичні розрахунки) так і з лабораторним макетом (експериментальні розрахунки з переданими у ПК). Новизна та відмінність розробки від існуючих складається у використанні аналітичних розрахункових формул побудованих на основі реальних моделей роботи транзисторів. Самі параметри розраховуються із відомих формул за графіками ($h_{11E} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{U_{B2} - U_{B1}}{I_{B2} - I_{B1}}$) [1, 2].

Список використаних джерел.

1. Зі С. Фізика напівпровідникових приладів. Т.1. – К.: Вища школа, 2 видання, 1984. – 453 с.
2. Росадо Л. Фізична електроніка та мікроелектроніка. – К.: Вища школа, 1991. – 351с.