

С. Д. ТОЧИЛІН

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційної безпеки та наноелектроніки
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0003-2010-6358

КРОСПЛАТФОРМНИЙ ВІРТУАЛЬНИЙ ДВОКООРДИНАТНИЙ САМОЗАПISУВАЧ НА ОСНОВІ МУЛЬТИМЕТРІВ UT61E

Науково-технічний прогрес тісно пов'язаний з розвитком засобів вимірів фізичних величин (ФВ). При проведенні природничо-наукових досліджень у багатьох випадках використовують цифрові мультиметри та двокоординатні самозаписувачі (ДКС).

Цифрові мультиметри мають досить високу точність, низьку вартість, та дозволяють вимірювати різні фізичні величини у широкому діапазоні їх зміни.

Двокоординатні самозаписувачі реєструють функціональні залежності між ФВ у ході різноманітних процесів.

У наш час двокоординатні самозаписувачі створюють у вигляді віртуальних приладів, які мають апаратну частину у вигляді системи збору даних та комп'ютерну програму, що управляє роботою приладу та відображає результати вимірів.

При роботі віртуальних приладів важливо забезпечити їх функціонування на різних комп'ютерних платформах.

Розробка кросплатформних віртуальних ДКС із можливістю виміру різних електричних величин у широкому діапазоні їх зміни є актуальною задачею. Цю задачу можна вирішити при використанні у якості систем збору даних цифрових мультиметрів, які мають COM або USB-порт для виводу результатів вимірів на сполучений комп'ютер.

Кросплатформні ДКС на цих приладах можуть суттєво розширити набір фізичних величин, що вимірюються, відносно існуючих двокоординатних самозаписувачів, без суттєвого погіршення точності подібних вимірів.

Віртуальні кросплатформні двокоординатні самозаписувачі на основі мультиметрів не розроблені.

За допомогою мови програмування Java був створений кросплатформний віртуальний двокоординатний самозаписувач на основі мультиметрів UT61E фірми Uni-Trend.

Комп'ютерна програма приладу має графічний інтерфейс користувача та дозволяє самозаписувачу реєструвати, по кожній із двох координат (X і Y), постійну напругу у межах 0 ± 1000 В і постійний струм у межах 0 ± 220 мА. Крім того, має можливість зберігати результати вимірів та при необхідності одержувати до них доступ.

Проведено тестування функціонування віртуального самозаписувача при одержанні вольт-амперної характеристики стабілітрона, передатної характеристики транзистора по струму у схемі з загальним емітером та залежності напруги на емітері від напруги на базі транзистора у схемі емітерного повторювача.

Ключові слова: мультиметр, UT61E, віртуальний прилад, двокоординатний самозаписувач, Java-програма.

S. D. TOCHILIN

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Information Security
and Nanoelectronics
Zaporizhzhia Polytechnic National University
ORCID: 0000-0003-2010-6358

CROSS-PLATFORM VIRTUAL TWO-COORDINATE RECORDER BASED ON UT61E MULTIMETERS

Scientific and technological progress is closely related to the development of means for measuring physical quantities (PQ). When conducting natural science research, digital multimeters and two-coordinate recorders (TCR) are often used.

Digital multimeters have fairly high accuracy, low cost, and allow measuring various physical quantities in a wide range of their variation.

Two-coordinate recorders record functional dependencies between PQ during various processes.

Currently, two-coordinate recorders are created in the form of virtual devices that have hardware based on a data acquisition system and a computer program that controls the operation of the device and displays the measurement results.

When operating virtual devices, it is important to ensure their functioning on different computer platforms.

Development of cross-platform virtual TCR with the ability to measure various electrical quantities in a wide range of their variation is an urgent task.

This problem can be solved by using digital multimeters as data collection systems, which have a COM or USB port for outputting measurement results to a connected computer.

Cross-platform TCR on these devices can significantly expand the range of physical quantities that are measured, relative to existing two-coordinate recorders, without significantly deteriorating the accuracy of such measurements.

Virtual cross-platform two-coordinate recorders based on multimeters have not been developed.

Using the Java programming language, a cross-platform virtual two-coordinate recorder was created based on UT61E multimeters from Uni-Trend.

The computer program of the device has a graphical user interface and allows the recorder to record, for each of the two coordinates (X and Y), a constant voltage within 0 ± 1000 V and a constant current within 0 ± 220 mA.

In addition, it has the ability to save measurement results and access them if necessary.

The functioning of the virtual recorder was tested when obtaining the volt-ampere characteristic of a zener diode, the transfer characteristic of a transistor by current in a circuit with a common emitter, and the dependence of the voltage on the transistor emitter on the voltage on the base in an emitter follower circuit.

Key words: multimeter, UT61E, virtual device, two-coordinate recorder, Java program.

Постановка проблеми

Науково-технічний прогрес суспільства тісно пов'язаний з розвитком радіотехнічних засобів вимірів, який обумовлений підвищенням точності виміру фізичних величин за допомогою електронних датчиків відповідного типу та використанням нової вимірювальної техніки з більш досконалими функціональними можливостями.

При проведенні природничо-наукових досліджень у багатьох випадках використовують двокоординатні самозаписувачі (ДКС). Вони реєструють залежності між двома фізичними величинами у ході різноманітних процесів. ДКС, зокрема, реалізують у вигляді окремих приладів з реєстрацією сигналів на паперовій основі.

Останнім часом двокоординатні самозаписувачі створюють у вигляді віртуальних приладів, які мають апаратну частину у вигляді системи збору даних (СЗД) і комп'ютерну програму, що управляє роботою приладу та відображає результати вимірів. При цьому розробка віртуальних ДКС із можливістю виміру різних електричних величин у широкому діапазоні їх зміни та працюючих на різних комп'ютерних платформах є актуальною задачею.

При роботі віртуального вимірювального приладу вихідні аналогові сигнали представляються у цифровому вигляді за допомогою систем збору даних на основі аналого-цифрових перетворювачів. Фірми виробники СЗД, як правило, створюють їх у вигляді окремих модулів або плат.

У той час у якості систем збору даних можна використовувати цифрові мультиметри, які мають COM або USB-порт, для виводу результатів вимірів на сполучений комп'ютер, та на їх основі створювати різні віртуальні прилади, у тому числі і двокоординатні самозаписувачі.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

У наш час цифрові мультиметри широко використовуються при проведенні наукових досліджень (див., наприклад, [1–3]), тому, що ці прилади мають досить високу точність вимірів різних фізичних величин і низьку вартість. Крім того, деякі моделі мультиметрів, зокрема, UT61E фірми Uni-Trend, мають програмне забезпечення для відображення результатів роботи на сполученому комп'ютері. Віртуальні ДКС на цих приладах можуть суттєво розширити набір фізичних величин, що вимірюються, відносно існуючих двокоординатних самозаписувачів, без суттєвого погіршення точності подібних вимірів.

Кросплатформні віртуальні двокоординатні самозаписувачі на основі мультиметрів, зокрема, фірми Uni-Trend не розроблені.

Формулювання мети дослідження

У роботі була поставлена задача розробки кросплатформного віртуального двокоординатного самозаписувача на основі мультиметрів UT61E фірми Uni-Trend.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для рішення поставленого завдання у роботі був створений віртуальний двокоординатний самозаписувач, що складався із двох мультиметрів UT61E фірми Uni-Trend, контролера послідовного інтерфейсу ST-Lab U-400, комп'ютерної програми ST_XY_Recorder, розробленої за допомогою кросплатформної мови програмування Java™. Програма управляла роботою приладу та відображала результати вимірів.

Віртуальний двокоординатний самозаписувач у якості СЗД використовував мультиметри UT61E, кожний з яких у складі ДКС міг вимірювати постійну напругу у межах 0 ± 1000 В або постійний струм у межах 0 ± 220 мА. Точність вимірів напруги та струму становила $\pm (0.1 \% + 2)$ і $\pm (0.5 \% + 10)$, відповідно [4].

Програма ST_XY_Recorder мала графічний інтерфейс користувача.

На початку роботи із ДКС за допомогою прапорців «Ux», «Ix», «Uy», «Iy» визначалося які електричні величини будуть вимірюватися по координатах X і Y. У той час використовуючи списки, що розкриваються, «Port X», «Port Y» та кнопки «Open X», «Open Y», вибиралися віртуальні COM-порти мультиметрів, а за допомогою списку «T, sec» задавалася періодичність (від 1 до 60 с) одночасного виміру електричних величин по координатах X і Y.

Процес реєстрації і запису даних вимірів здійснювався після натискання на кнопку «Start». При цьому їх чисельні значення періодично розміщувалися у відповідних полях введення та поповнювали таблицю, крім того, вони відображалися приладом і у графічному вигляді.

Кнопки «Stop» та «Reset» використовувалися для зупинки процесу вимірів і видалення їх результатів, відповідно.

Дані вимірів можна було зберігати у файлах формату *.csv і при необхідності одержати до них доступ за допомогою меню «File».

У той час, інформація про створений віртуальний прилад та особливості його роботи була доступна при використанні меню «Help».

Для тестування функціонування віртуального приладу з його допомогою було проведено ряд вимірів.

На рис. 1 зображено вікно програми ST_XY_Recorder після одержання ДКС залежності струму через стабілітрон КС133А від прикладеної до нього напруги.

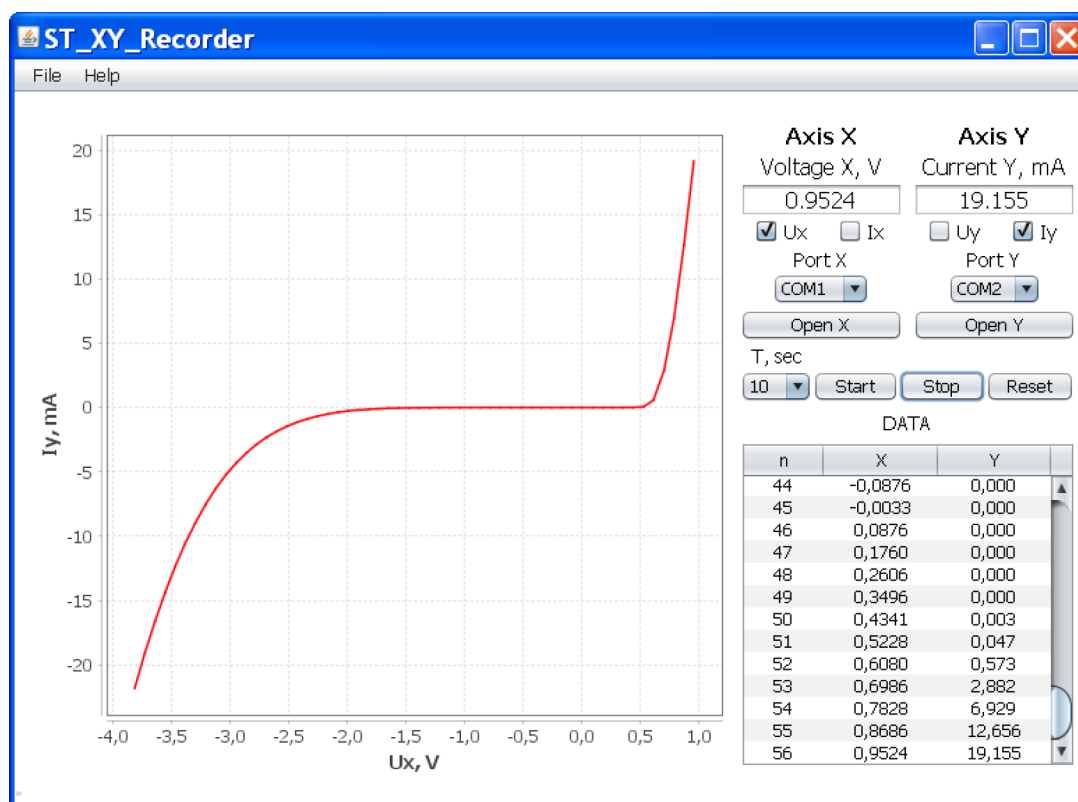


Рис. 1. Вікно програми ST_XY_Recorder з вольт-амперною характеристикою стабілітрона КС133А

На рис. 2 зображено вікно додатка після виміру віртуальним приладом залежності струму через коло колектора $I_K \equiv I_Y$, від струму бази $I_B \equiv I_X$ для транзистора ГТ402А, що працював у схемі із загальним емітером. Ця залежність $I_K = f(I_B)$ – передатна характеристика транзистора по струму, була отримана при постійній напрузі живлення 5 В та опорі у колі колектора 220 Ом.

Як видно з рис. 1, 2, зображені залежності мають вигляд характерний для подібних кривих для відповідних виробів електронної техніки [5].

На рис. 3 зображено вікно програми після виміру віртуальним приладом залежності напруги на емітері $U_E \equiv U_Y$ від напруги на базі $U_B \equiv U_X$ для транзистора КТ312Б, який працював у режимі емітерного повторювача. Ця залежність $U_E = \varphi(U_B)$ була отримана при постійній напрузі живлення 9 В та опорі у колі емітера 110 Ом.

Як видно з рис. 3, залежність $U_E = \varphi(U_B)$ при зміні значення U_B від 1 В до 4 В має лінійний вигляд. При цьому, $U_E = U_B - \Delta U$, де ΔU – падіння напруги на переході база-емітер, $\Delta U \approx 0,7$ В. Ця особливість співвідношення між величинами U_E та U_B характерна для транзисторів, які працюють у схемі емітерного повторювача [6].

Висновки

У роботі був створений кросплатформний віртуальний двокоординатний самозаписувач на основі мультиметрів UT61E фірми Uni-Trend та проведено тестування його функціонування.

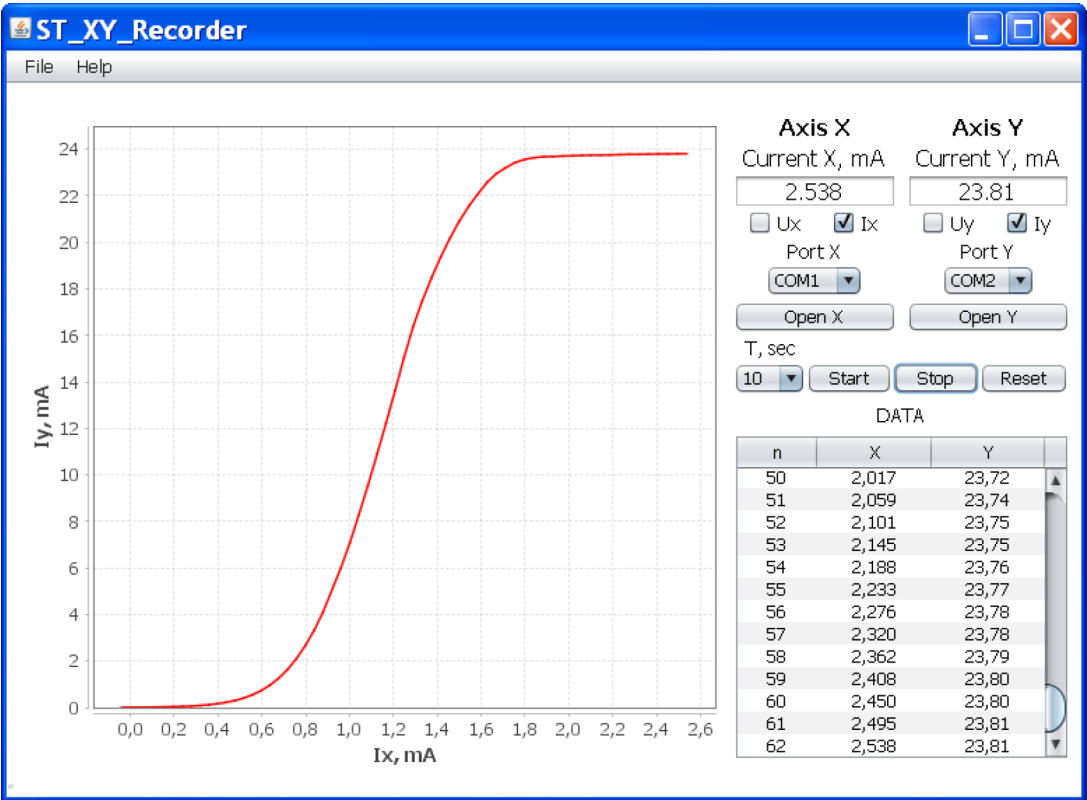


Рис. 2. Вікно додатка ST_XY_Recorder з передатною характеристикою транзистора ГТ402А по струму

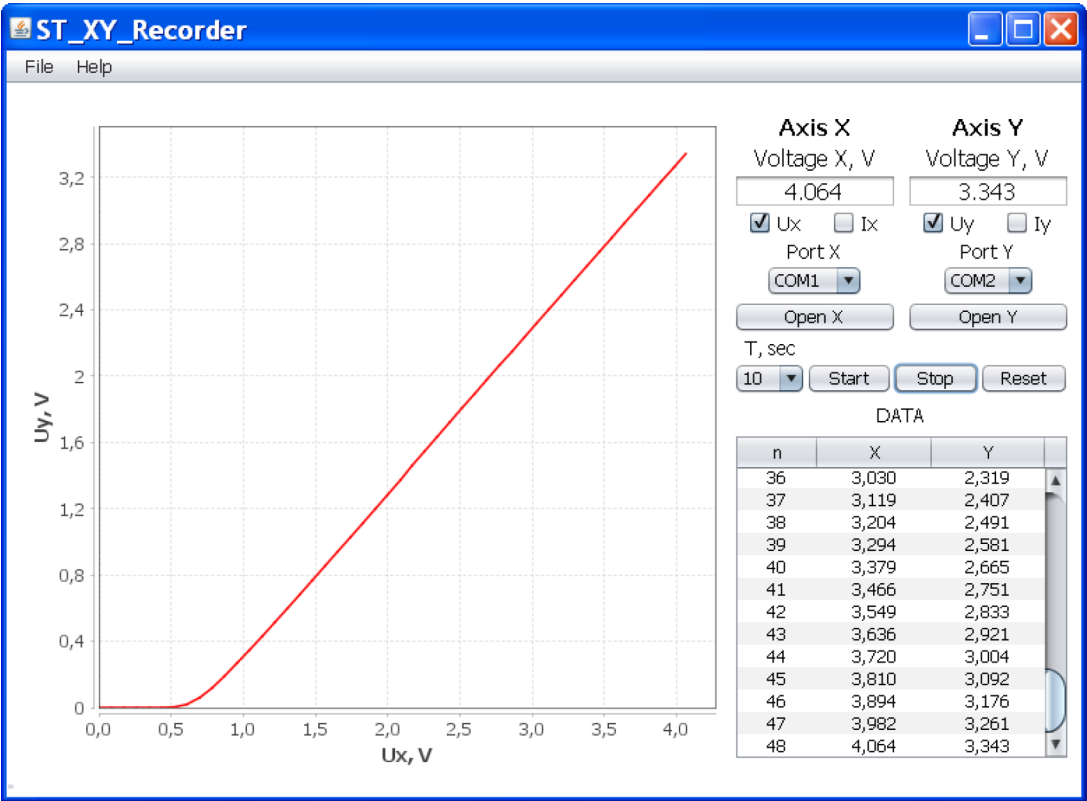


Рис. 3. Вікно програми ST_XY_Recorder із залежністю напруги на емітері U_y від напруги на базі U_x для транзистора КТ312Б

У склад прилада входить Java-додаток ST_XY_Recorder із графічним інтерфейсом користувача, що запускає і зупиняє процес виміру ДКС електричних величин. Також програма відображає результати вимірів у табличному та графічному вигляді, крім того, дозволяє їх зберегти в *.csv файлах.

Надалі планується модернізувати віртуальний ДКС, зокрема, забезпечити можливість вимірів приладом по координатах X і Y не тільки струму та напруги, але і ємності, частоти та опору.

Список використаної літератури

1. Guzan M., Fehér A. Improvement of the Measurement Accuracy of Resistance Standard with UNI-T UT 805 and UT 803 Multimeters. 2019 International Conference on Electrical Drives & Power Electronics (EDPE), The High Tatras, Slovakia, 24–26 September, 2019, pp. 137–142. <https://doi.org/10.1109/EDPE.2019.8883911>
2. Zhang K., Lv S., Tang D. A 3D printing-based portable photoelectrochemical sensing device using a digital multimeter. *Analyst*, 144, 2019, pp. 5389–5393. <https://doi.org/10.1039/C9AN01447K>
3. Wang F., Cai R., Tan W. Self-Powered Biosensor for a Highly Efficient and Ultrasensitive Dual-Biomarker Assay. *Analytical Chemistry*, № 14, 2023, pp. 6046–6052. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.3c00097>
4. Specifications of UT61 Series Modern Digital Multimeter. [Electronic resource]. URL: <https://meters.uni-trend.com/product/ut61-series/#Specifications> (дата звернення 30.04.2025).
5. Борисов О. В. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. К.: Освіта України, 2011. 462 с.
6. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. New York: Cambridge University Press, 2015. 220 p.

References

1. Guzan M., Fehér A. (2019) Improvement of the Measurement Accuracy of Resistance Standard with UNI-T UT 805 and UT 803 Multimeters. *EDPE*, pp. 137–142. <https://doi.org/10.1109/EDPE.2019.8883911>
2. Zhang K., Lv S., Tang D. (2019) A 3D printing-based portable photoelectrochemical sensing device using a digital multimeter. *Analyst*, vol.144, pp. 5389–5393. <https://doi.org/10.1039/C9AN01447K>
3. Wang F., Cai R., Tan W. (2023) Self-Powered Biosensor for a Highly Efficient and Ultrasensitive Dual-Biomarker Assay. *Analytical Chemistry*, № 14, pp. 6046–6052. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.3c00097>
4. Specifications of UT61 Series Modern Digital Multimeter. [Electronic resource]. URL: <https://meters.uni-trend.com/product/ut61-series/#Specifications>
5. Borisov O.V. (2011) *Osnovy tverdotil'noyi elektroniky: navchal'nyy posibnyk* [Fundamentals of solid-state electronics: manual]. Kyiv: Osvita Ukrainy. 462 p. [in Ukrainian].
6. Horowitz P., Hill W. (2015). *The Art of Electronics*. Cambridge University Press. 220 p.