

Демонстраційний цифровий вольтметр-амперметр постійного струму

При ремонті радіоелектронної апаратури необхідно робити заміри напруги і струму, тому в даній статті приводиться приклад як можна зробити самотужки простий цифровий вольтметр-амперметр постійного струму.

При викладанні курсу «Основи метрології та вимірювальної техніки» в радіотехнічних професійних училищах доцільно продемонструвати роботу цифрового вольтметра і амперметра постійного струму на спеціальній мікросхемі з аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП) типу КР572ВП (зарубіжний аналог ICL7107). Мікросхема КР572ВП2 являє собою перетворювач на 3,5 десятичних розрядів, що працює за принципом послідовного рахунку з подвійним інтегруванням, з автоматичною корекцією нуля і визначенням полярності вхідного сигналу. Мікросхема являє собою електронну частину цифрового вольтметра, що вимірює вхідний сигнал до $\pm 1,999$ В, при опорній напрузі 1 В і $\pm 199,9$ мВ при опорній напрузі 0,1 В. Максимальна напруга на вході мікросхеми не повинна перевищувати 2 В (-2 В). Цифрова інформація відображається на світлодіодних індикаторах типу АЛС324Б1. Три індикатора – показання приладу, а четвертий – інформація про перевищення допустимої вхідної напруги (висвічується «1»); та інформація про полярність вимірювальної напруги: якщо позитивна напруга відносно загального провідника, то на четвертому індикаторі не світиться сегмент «g», а якщо негативна – засвічується сегмент «g», знак «-». Мікросхема є функціонально закінчений пристрій. Для роботи перетворювача спільно з ІС використовуються тільки зовнішні конденсатори, резистори і джерела живлення.

Основні параметри перетворювача: $U_{in1} = +5$ В, $U_{in2} = -5$ В, час циклу перетворення при $f = 50$ кГц дорівнює 300 мс; вхідний опір 20 МОм; струм живлення 8 мА. Мікросхема має диференціальні входи і високу ступінь ослаблення синфазного сигналу ($K_{oc.cф} = 100$ дБ), що дозволяє використовувати перетворювач в умовах дії сильних перешкод. Перетворювач може житись від автономного джерела. У мікросхемі передбачено, використання внутрішнього і зовнішнього тактових генераторів. Схема використання АЦП приведена на **рис. 1**. У першому випадку частота регулюється конденсатором С6, ємність якого вибирається з умови $C6 = R10 - 0,45 / f$. Для підвищення стабільності f можна застосовувати кварцовий резонатор, що підключається між виводами 39 і 40 (елементи R10 і С6 в цьому випадку не використовуються). При роботі з зовнішнім генератором його підключають до виводу 40 (виводи 38 і 39 не використовуються). При роботі з перетворювачем слід дотримуватися правил подачі напруги і захисту. Максимальні значення напруг $U_{in1} = +5,5$ В, $U_{in2} = -8$ В. Точність і правильність роботи АЦП залежить від паразитних ємностей монтажу. Дані про мікросхему і типова схема використання АЦП від виробника приведені в (1).

Для вольтметра-амперметра використано готову плату, на якій знаходиться мікросхема АЦП, чотири індикатори і радіоелементи, а при необхідності таку плату можливо виготовити самотужки або замовити через Інтернет-магазин – вартість 120 грн. Схема демонстраційного цифрового вольтметра приведена на **рис. 1**. За основу конструкторами (готової плати) взята типова схема на мікросхемі КР572ВП, яка запропонована заводом-виробником (**Рижський завод напівпровідникових приладів**. Акціонерне підприємство ALFA); за винятком: додано захист вхідних ланцюгів мікросхеми від перенапруги – в схему введено зустрічно-паралельно ввімкнені діоди і стабілітрони VD1...VD4. Для покращення стабільності опорної (зразкової) напруги 1 в схему, приведену на **рис. 1**, введено додатковий стабілізатор на світлодіоді HL3. Як показує практика, підстроювальний резистор R13 повинен бути багатообертовий, типу СП5-2. Для використання приладу в режимі вольтметра необхідно перемикач SA1 встановити в положення «V» (світлодіод HL1 зеленого кольору буде світити в цьому положенні перемикача), перемичку «П1 V» необхідно встановити в гнізда Гн.5, Гн. 6; при цьому додатковий резистор R8 подільника вхідної напруги буде під'єднаний. В режимі амперметра перемикач SA1 необхідно встановити в положення «A» (світлодіод HL2

червоного кольору буде світити в цьому положенні перемикача). При вимірюванні струму перемикач діапазонів вимірювання напруги може бути в будь-якому положенні. При вимірюванні постійної напруги можливо використати такі інтервальні шкали (0... $U_{\text{макс}}$): 999 мВ, 9,99 В, 99,9 В, 999 В. Для отримання різних діапазонів вимірювань в схему введено подільник вхідної напруги (використано додаткові резистори R3, R4, R5) – до входу АЦП під'єднано резистор R8 на 10 кОм; це і є вхідний опір вольтметра при діапазоні 999 мВ. На діапазоні 9,99 В вхідний опір вольтметра становить 100 кОм, на діапазоні 99,9 В – 1 МОм. на діапазоні 999 В – 10 МОм.

Якщо вимірюється напруга невідомої величини, то необхідно починати з більш високого діапазону і переходити, при необхідності, на нижчий діапазон.

В режимі вимірювання струму до входу мікросхеми підключається опір шунта R2, величиною 1 Ом – при цьому амперметр буде на максимальний струм до 999 мА. Такий діапазон цілком придатний для використання приладу при проведенні лабораторних робіт по електротехніці. Щоб змінити діапазон амперметра необхідно змінити величину опору шунта R2. При розрахунку опору шунта можливо знехтувати вхідним опором вольтметра в зв'язку з тим, що він на декілька порядків більший, за вхідний опір приладу.

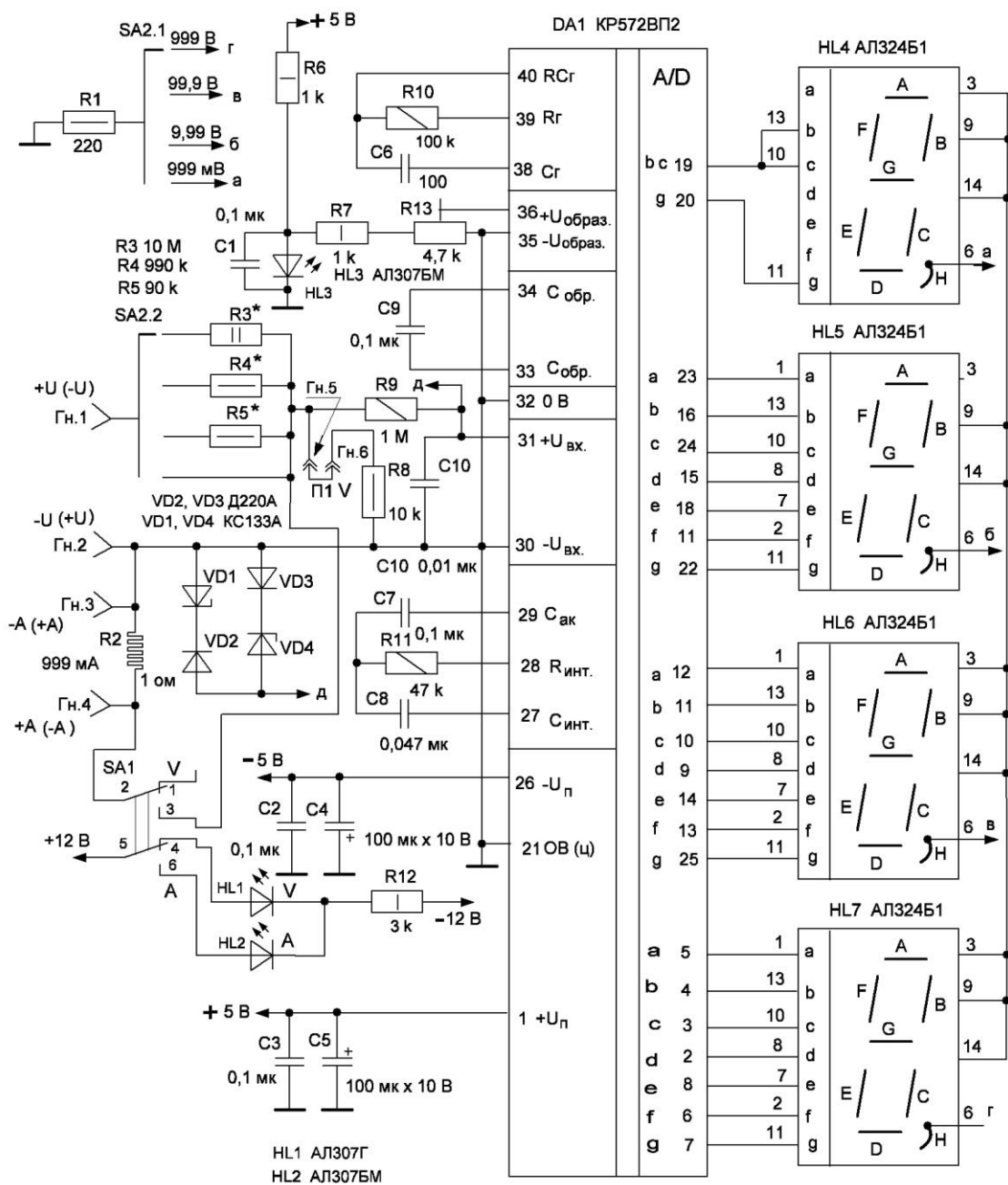


Рис. 1

Для живлення мікросхеми сконструйовано випрямляч на дві градації напруги +5 В і –5 В, відносно загального провідника. Принципова електрична схема блока живлення приведена на **рис. 2**.

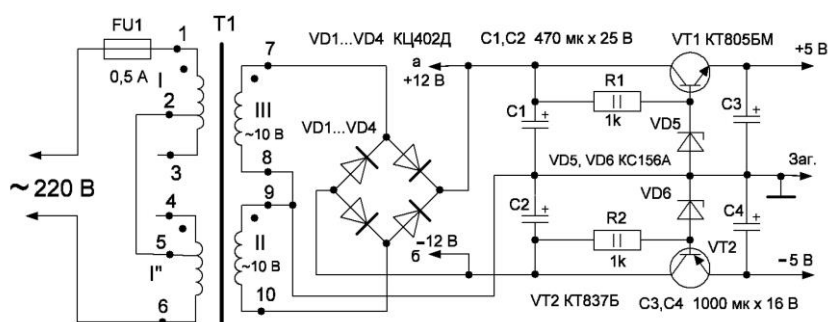


Рис.2

Напруги +5 В і –5 В стабілізовані простими схемами стабілізаторів. Транзистори VT1 і VT2 необхідно встановити на радіаторах з площею $S = 25 \text{ см}^2$. В якості силового трансформатора можливо використати любий трансформатор потужністю 10...15 Вт, що має на вторинній обмотці напругу 20...24 В з відводом від середини, або дві обмотки по 10...12 В, які ввімкнуті послідовно, згідно і зробити відвід від середини. Прилад, разом з блоком живлення зібрано в пластмасовому корпусі і має такі габаритні розміри: 220×120×50 мм. Верхня кришка прозора, з органічного скла; щоб можна було побачити «начинку» приладу: силовий трансформатор, індикатори, мікросхему КР572ПВ (з 40 «ніжками»), підстроювальний багатообертовий резистор типу СП5-2 для виставлення зразкової напруги 1 В. Після виготовлення приладу необхідно порівняти показання даного приладу і зразкового, і при необхідності провести корегування за допомогою підстроювального резистора R13.

В принципі, прилад можливо живити і від двох батарей типу «КРОНА» і підключати їх потрібно так: одну між точкою «а» («+» до «а») і загальним провідником, а другу між точкою «б» («-» до «б») і загальним провідником – таким чином на виході стабілізаторів отримаємо +5 В і –5 В відносно загального провідника для живлення мікросхеми АЦП і індикаторів. Подавати напругу від обох батарей необхідно одночасно через спарений перемикач. При цьому силового трансформатора і діодного містка для випрямляча не потрібно.

Зовнішній вигляд приладу показано на **фото 1**. До входу приладу (гнізда +U і –U) підключено елемент типу АА – якщо, даний елемент новий і навантаження 100 кОм (діапазон 9,99 В), то елемент живлення («KODAK») має вихідну напругу 1,62 В. Інші типи елементів можуть мати іншу напругу: 1,5...1,6 В. Якщо елемент живлення підключити навпаки (зробити переполюсовку), то на першому індикаторі буде світити сегмент «–», тобто прилад вказує на полярність поданої напруги. Користуватись приладом досить просто.



Фото 1

Цікаво показати учням найпростіший гальванічний елемент, що представляє собою дві металічні пластини: мідну та оцинковане залізо і людина в якості електроліту. Для демонстрації цього необхідно провідники від пластин під'єднати до входу цифрового вольтметра, використавши діапазон 999 мВ, і покласти руки на пластини. Детально про це було описано в (2). В різних людей цей показник буде індивідуальний. Як показують заміри, утворена напруга становить 200...600 мВ.

Завдяки спеціалізованій мікросхемі АЦП даний прилад має малу кількість радіоелементів і часто використовується в різних вимірювальних пристроях: вимірювачах індуктивності, вимірювачах ємності, електронних термометрах і т. д.

На мікросхемі типу КР572ПВ2 можливо сконструювати і цифровий вимірювач опорів, але треба мати на увазі, що в режимі вимірювання опорів додатковий резистор R8 на 10 кОм має бути відключеним (зняти перемичку «П1 V»), а сама мікросхема має вхідний опір 20 МОм.

Якщо зняти перемичку «П1 V», встановити перемикач діапазонів вимірювань вольтметра в положення 999 мВ і виготовити додатковий пристрій, схема якого приведена на **рис. 3**, то можливо провести лабораторну роботу по вимірюванню величини опорів резисторів в межах від 0 до 999 кОм. Для налагодження пристрою необхідно мати п'ять каліброваних резисторів: на 91 Ом, на 910 Ом, на 9,1 кОм, на 91 кОм і на 910 кОм. Налагодження зводиться до виставлення показників на цифровому «омметрі» при підключенні каліброваних резисторів за допомогою підстроювальних резисторів.

Для діапазону на 99,9 Ом (91 Ом) – підстроювальним резистором R1.

Для діапазону на 999 Ом (910 Ом) – підстроювальним резистором R3.

Для діапазону на 9,99 кОм (9,1 кОм) – підстроювальним резистором R5.

Для діапазону на 99,9 кОм (91 кОм) – підстроювальним резистором R7.

Для діапазону на 999 кОм (910 кОм) – підстроювальним резистором R9.

Після налагодження приставки з каліброваними опорами можливо користуватись нею для вимірювання опорів від 0 до 999 кОм. Невідомий опір спочатку перевіряємо в п'ятому положенні і при необхідності переходимо на нижчі положення. В разі перевантаження вольтметра по входу буде інформація на першому індикаторі – висвітлюється «1». Якщо вимірювальний опір більший за 999 кОм, то навіть в п'ятому положенні буде перевантаження вольтметра. Слід мати на увазі, що спочатку необхідно під'єднати вимірювальний резистор, встановити перемикач SA1 в п'яте положення і тільки після цього натиснути кнопку SB1, тобто подати напругу на схему.

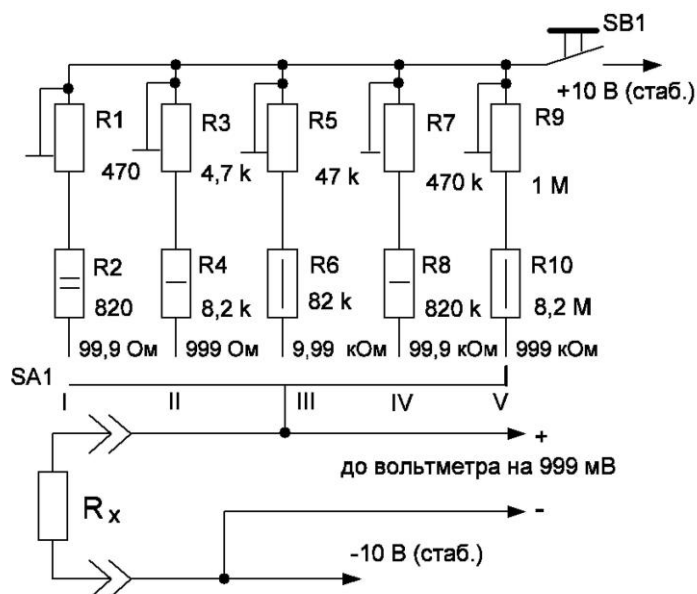


Рис. 3

Якщо додатково зробити невеличку приставку, в якій буде двопівперіодний випрямляч, зроблений по мостовій схемі, згладжуючий конденсатор і подільник напруги, то буде змога за допомогою цифрового вольтметра, ввімкненого на діапазон вимірювань 999 В,

вимірювати змінну напругу в межах від 10 до 570 В. Схема приставки приведена на **рис. 4**. Верхня межа вимірювання змінної напруги обмежується в зв'язку з використанням оксидних конденсаторів на напругу 400 В. Два оксидні конденсатори ввімкнені послідовно, завдяки чому отримано один конденсатор на робочу напругу 800 В, ємністю 7,5 мкФ. Як відомо з теорії, постійна напруга після згладжування в 1,4 рази більша за вхідну (амплітудне значення змінної напруги), тому в схему введено подільник напруги на резисторах R3, R4, R5.

Налагоджувати приставку найпростіше при вимірюванні напруги в електромережі. Необхідно одночасно ввімкнути в електромережу зразковий прилад і даний цифровий прилад, разом з приставкою і підібрати величину резистора R3 щоб показники приладів були однакові. Можливо, що виникне необхідність до резистора R3 додатково додати (послідовно) ще один резистор на декілька кОм, якщо показання приладу завищене; або паралельно до резистора R3 підключити резистор на сотні кОм, якщо показання приладу занижене.

Змінювати щось у схемі приставки можливо тільки після відключення її від електромережі та повному розряді конденсаторів (на вольтметрі покази змінюються від 220 до 0 протягом 30 секунд) - необхідно дотримуватися правил техніки безпеки при роботі на електроустановках.

Для вимірювання напруги в електромережі необхідно використати, як було вказано вище, діапазон 999 В, в якому вхідний опір вольтметра становить 10 МОм, що значно більше за вихідний опір приставки (630 кОм). На **фото 1** також показана приставка для вимірювання змінної напруги.

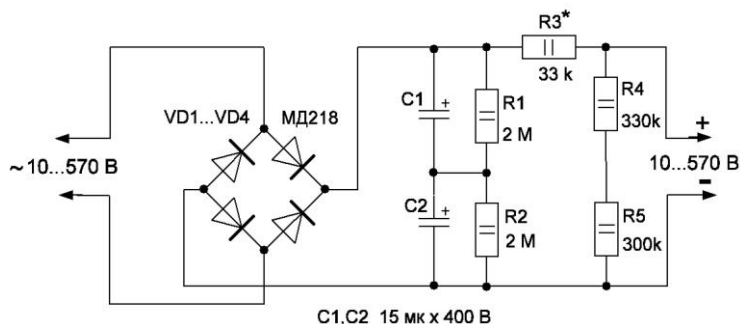


Рис.4

Особливо допитливим можливо продемонструвати зміну показників приладу при зміні величини підстроювального резистора R13 для виставлення опорної напруги; при підключеному для вимірювання напруги елементі типу АА. Після експерименту виставити попередні показники. В верхній панелі приладу є отвір, через який за допомогою викрутки можливо повертати багатообертовий підстроювальний резистор. Цифровий вольтметр-амперметр можливо виготовити учнями на факультативних заняттях, або в гуртку «Радіоконструкторів».

Література:

1. Рижский завод полупроводниковых приборов (Акционерное общество ALFA), микросхема КР572ПВ2
<https://rcl-radio.ru/wp-content/uploads/2015/04/kp572pv2.pdf>
2. Саморобні прилади з фізики, Демонстрація елемента живлення
<https://radio-ur5ydn.jimdofree.com/>

Автор: Бабин Дмитро Святославович