

4. Йона Л.Г. Криптографічний захист електронного документообігу [Текст] / Л. Г. Йона, О. О. Йона, В. С. Терешко. *Цифрові технології*. 2013. № 13. С. 142–146. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ct_2013_13_20

5. Йона Л.Г. Аналіз діючих протоколів криптографічного захисту електронних транзакцій [Текст] // Л. Г. Йона, О. О. Кюне. *Цифрові технології*. 2017. Вип. 22. С. 96–102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ct_2017_22_13

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-357-9-117>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КОМБІНАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ З МЕТОЮ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У ЦИФРОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Козинець В. Д.

*здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 123 – Комп'ютерні науки
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Горбачов В. Е.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Більшість датчиків температури, які використовуються наприклад, в космічних дослідженнях [1], в медицині [2], для систем раннього виявлення спалахів [3], для контролю енергоефективності будівель [4], мають аналоговий вихід (струм або напруга), що вимагає аналогово-цифрового перетворювача для їхнього інтегрування у цифрові сенсорні мережі. Присутність такого перетворювача неминуче призводить до спотворень у показниках датчика і потребує додаткових ресурсів та енергії. Датчики з частотним виходом позбавлені цих недоліків, тому датчики з частотним виходом становлять особливий інтерес для сучасних сенсорних мереж.

Метою даної роботи є використання методу комбінації для підвищення чутливості, покращення лінійності вихідної

характеристики, датчика температури з частотним виходом для можливого його використання в цифрових сенсорних мережах.

В якості датчика із частотним виходом можна використовувати будь-який генератор, вихідна частота якого буде залежати від температури. Для економії ресурсів самої кращою схемою генератора є релаксаційний генератор на одному одноперехідному транзисторі, схема якого представлена на рис. 1. Одноперехідний транзистор (ОПТ) має особливу *S*-образну вольт-амперну характеристику, тобто існує певна напруга переключення U_1 при якій транзистор стрибкоподібно переходить з закритого стану у відкритий, в якому навіть при зростанні струму напруга на емітері буде зменшуватися до залишкової напруги U_2 відкритого стану.

Найбільш чутливим до температури виявляється напруга включення U_1 , тому що вона визначається відносно невеликим значенням концентрації носіїв заряду в базі у вимкненому стані, і при зростанні температури ця концентрація істотно зростає, опір бази транзистора зменшується, що призводить до зменшення значення напруги включення U_1 . Залишкова же напруга U_2 визначається концентрацією носіїв в базі у включеному стані, яка має відносно велике значення тому слабо залежить від температури за рахунок зменшення рухливості носіїв заряду.

Таким чином сам ОПТ є чутливим до зміни температури, та його можна використовувати в якості сенсора температури навіть без зміни його конструкції, однак такий датчик має аналоговий вихід.

Датчик температури з частотним виходом може бути зібраний на одному ОПТ транзисторі (рис. 1), якщо в коло емітера включити конденсатор C , що задає частоту коливань напруги генератора, і резистор R , який обмежує струм зарядки цього конденсатора. Резистор R_1 є навантажувальним, а R_2 обмежує струм між базами Б1 та Б2.

При включенні конденсатор поступово заряджається через обмежувальний резистор R до напруги U_1 , транзистор включається і конденсатор розряджається через емітер Е до напруги U_2 , потім період повторюється. Частота коливань генератора f визначається як

$$f \approx \frac{I}{C(U_1 - U_2)} \quad (1)$$

де I – струм зарядки конденсатора, U_1 – напруга включення, а U_2 – залишкова напруга транзистора во включеному стані.

Найбільш чутливим до температури параметром одноперехідного транзистора є напруга включення емітера U_1 . Зі зростанням температури T напруги включення U_1 зменшується, що відповідно до (1) призводить до зростання частоти коливань генератора f .

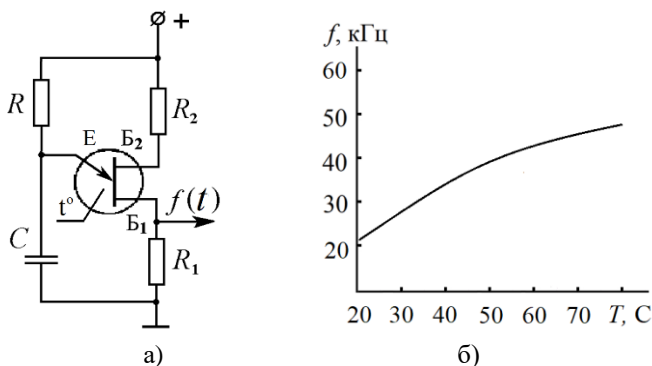


Рис. 1. Схема датчика температури на одному ОПТ (а) та його вихідна характеристика (б)

Експериментальна перевірка роботи датчика здійснювалася з використанням ОПТ типу КТ117. На рис. 1, б показана залежність вихідної частоти від температури для датчика при напрузі живлення 20 В з конденсатором $C = 0,01$ мкФ. Температурна чутливість такого сенсора становить $0,27$ кГц/С. Крім того, такий датчик має нелінійну залежність $f(T)$.

Для збільшення чутливості датчика і покращення лінійності вихідної характеристики був використаний метод комбінації трьох чутливих елементів – одного ОПТ і двох польових транзистори ПТ, які по різному змінюють свої електричні властивості при зміні різних фізичних впливів.

З точки зору конструкції існує два основних типи ПТ: ПТ з керуючим р-п-переходом ППТ, коли затвор має електричний контакт з каналом через р-п-перехід; і з ізольованим затвором МОНПТ, коли металевий затвор відокремлений від напівпровідникового каналу шаром оксиду кремнію, який є діелектриком. Обидва ці типи ПТ використовуються як чутливі до температури елементи в датчиках температури, однак, як показали експерименти, вони можуть мати протилежний знак температурної чутливості.

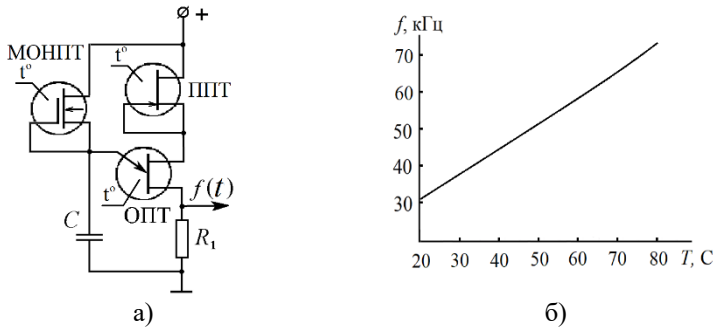


Рис. 2. Схема датчика температури на трьох транзисторах (а) та його вихідна характеристика (б)

В роботі експериментально підтверджено, що якщо в коло емітера ОПТ замість опору R , який задає струм зарядки конденсатора C включити МОНПТ, як це показано на рис. 2, а, то при підвищенні температури за рахунок теплової генерації носіїв заряду струм через МОНПТ буде збільшуватися. А цей струм є струм зарядки конденсатора I з формули (1), і його збільшення призведе до збільшення вихідної частоти генератора f . Таким чином, температурна чутливість датчика збільшиться.

Також в роботі експериментально підтверджено, що якщо в коло бази ОПТ замість опору R_2 , який задає струм бази включити ППТ, як це показано на рис. 2, а, то при підвищенні температури за рахунок теплової генерації носіїв заряду струм через ППТ буде зменшуватися. А цей струм є струмом між базами $I_{ББ}$ з формули (2), і його збільшення призведе до збільшення вихідної частоти генератора f . Таким чином, температурна чутливість датчика збільшиться.

Таким чином, у схемі рис. 2, а частота f (1) збільшується зі зростанням температури з трьох причин: збільшення струму I_H (скрізь МОНПТ), зменшення U_1 через зменшення $r_{Б1}$ (в ОПТ) і зменшення струму $I_{ББ}$ (2), який дорівнює струму насичення I_H транзистора ППТ.

На рис. 2, б показана також експериментальна залежність частоти $f(T)$ від температури сенсора. Вона практично лінійна, термочутливість в діапазоні температур 270...400°C становить 0,89 Гц/град, що на порядок вище, ніж у сенсора без польових транзисторів.

Експериментально досліджено залежність вихідної частоти від температури для датчика на основі ОПТ у комбінації з МОНПТ та ППТ у схемі релаксаційного генератора. Застосування додаткових двох транзисторів МОНПТ та ППТ збільшує температурну чутливість

сенсора з частотним виходом у 3,2 рази порівняно з датчиком на одному ОПТ та стабілізує вихідну частоту датчика.

Література:

1. Prasad D., Nath V. An ultra-low power high-performance CMOS temperature sensor with an inaccuracy of 2 for aerospace applications. *Microsystem Technologies*. 2017. Vol. 25. No. 5. P. 1553–1563.

2. Lai S., Viola F. A., Cosseddu P., Bonfiglio A. Floating Gate, Organic Field-Effect Transistor-Based Sensors towards Biomedical Applications Fabricated with Large-Area Processes over Flexible Substrates. *Sensors*. 2018. Vol. 18. P. 688–699.

3. Li J. et.al. Long-range Raman Distributed Fiber Temperature Sensor with Early Warning Model for Fire Detection and Prevention. *IEEE Sensors Journal*, 2019. No. 8629078. P. 4427201.

4. Moreira Mota L.T., et.al. Development of a Surface Temperature Sensor to Enhance Energy Efficiency Actions in Buildings. *Sensors*. 2018. Vol. 18. No. 9, P. 3046–3062.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-357-9-118>

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕМНОЖЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ МАТРИЦЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Новочинський Є. Г.

*здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення*

Міжнародний гуманітарний університет

Науковий керівник: Григор'єва Т. І.

кандидат технічних наук, доцент,

завідувачка кафедри інформаційних технологій

Міжнародний гуманітарний університет

м. Одеса, Україна

Метод динамічного програмування є потужним інструментом для оптимізації обчислень в різноманітних задачах [1, 2]. Цей метод має свої переваги та недоліки, як і будь-який інший алгоритм або метод. В роботі