

**Міністерство освіти і науки України Чернівецький національний
університет імені Юрія Федьковича**

Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Кафедра електроніки і енергетики

**Сенсор освітленості на структурі n-TiN/p-CdTe/n-CdTe з цифровим
інтерфейсом.**

Дипломна робота Рівень вищої освіти - перший (бакалавр)

Виконав:

студент 4 курсу, групи 432 спеціальності
153-мікро-та наносистемна техніка
Юрнюк Веніамін Віталійович

Керівник : кандидат ф-м наук,

Нічий Сергій Васильович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____ від

„__” _____ 2022 р.

зав. кафедри _____ проф. Майструк Е.В.

Міністерство освіти і науки України Чернівецький національний
університет імені Юрія Федьковича

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Кафедра електроніки і енергетики

**Пояснювальна записка до
дипломного проекту
Сенсор освітленості на структурі n-TiN/p-CdTe/n-CdTe**

Виконав:

студент 4 курсу, групи 432 спеціальності
153-мікро-та наносистемна техніка
Юрнюк Веніамін Віталійович

Керівник : кандидат ф-м наук,

Нічий Сергій Васильович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____ від

„__” _____ 2022р.

зав. кафедри _____ проф. Майструк Е.В.

Анотації

Дипломна робота складається з: вступу, двох розділів, додатку, висновку і списку літератури. У першому розділі описано огляд літератури. Матеріали і компоненти сенсора освітленості з яких він складається. Другий розділ присвячений технічній частині, проектуванні та конструктиву сенсора освітленості.

Робота написана українською мовою та містить: містить 46 сторінку, 16 рисунків, 1 таблиця, 10 найменувань літератури та 1 аркуш формату А1 графічної частини.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>			
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Юрнюк			<i>Сенсор освітленості на структурі n-TiN/p-CdTe/n-CdTe з цифровим інтерфейсом.</i>	<i>Літ.</i>		
<i>Перевір.</i>		Андрущак						2
<i>Реценз.</i>						ЧНУ 432гр.		
<i>Н.Контр.</i>		Андрущак						
<i>Затверд.</i>		Андрущак						

Зміст

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	5
1.1. Властивості структури n-TiN/p-CdTe/n-dTe.....	5
1.2. Властивості матеріалу TiN.....	7
1.3. Властивості сполуки CdTe.....	9
1.4. Фотрелектричні властивості структури n-TiN/p-CdTe/n-CdTe.....	11
1.5. Аналого-цифрові перетворювачі порозрядного врівноваження.....	14
1.6 Мікроконтролер PIC16F527.....	17
1.7 Інтерфейс USART.....	22
1.8 Інтерфейс RS-485.....	26
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	29
2.1. Схемотехніка первинного перетворювача.....	29
2.2. Алгоритм роботи та блок-схема приладу.....	34
2.3. Розрахунок компонентів електрична принципова схема.....	36
2.3.1. Електрична схема приладу.....	38
2.4. Оцінка точності та формати передачі даних.....	39
2.5. Розрахунки собівартості виробництва приладу.....	42
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44
ДОДАТОК А.....	45

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						3
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

Сенсор освітленості (датчик освітлення, сутінковий датчик) - це спеціалізований технічний пристрій автоматичного управління джерелами світла, він реагує на ступінь освітленості певного простору. Реагування відбувається на ступінь природного освітлення, головним завданням датчиків освітлення є економія електроенергії шляхом припинення освітлення приміщень і територій де освітлення певний час непотрібне. В сучасних моделях датчиків освітлення регульований світловий поріг спрацьовування дозволяє налаштувати датчик в діапазоні величин освітлення, що вимірюється в люксах.

Принцип роботи сенсора освітленості не є складним: прилад оснащений фототранзистором або фоторезистором, які здатні реєструвати рівень освітленості. З технічної точки зору, фоторезистор змінює величину опору в залежності від світлового потоку, а фототранзистор при освітленні генерує деяку кількість електроенергії. Вони здатні дуже точно визначати рівень освітленості, а після досягнення певних порогів вони замикають або розмикають ланцюг, відповідно включаючи або вимикаючи освітлення. В сучасних моделях датчиків освітлення широко використовується цифровий інтерфейс який дозволяє підключати їх до цифрових вимірювальних, керуючих, охоронних, сигнальних цифрових систем. Структура n-TiN/p-CdTe/n-CdTe має перспективу застосування як фототранзистор.

Метою даного проекту є розробка сенсора освітленості на структурі n-TiN/p-CdTe/n-CdTe з цифровим інтерфейсом.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						4
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Властивості структури n-TiN/p-CdTe/n-CdTe.

Гетеропереходи, одним з компонентів яких є телурид кадмію, перспективні для створення детекторів різного типу випромінювань. TiN і CdTe є перспективними матеріалами завдяки фізичним властивостям для застосування в фотоелектричних приладах, тому створення і дослідження анізотипних гетероструктур n-TiN/p-CdTe становить значний інтерес. Нітрид титану має велике значення ширини забороненої зони яке забезпечує ефективне поглинання сонячного випромінювання фоточутливим шаром кадмій телуру. Це забезпечує високу фоточутливість напівпровідникових гетероструктур n-TiN/p-CdTe.

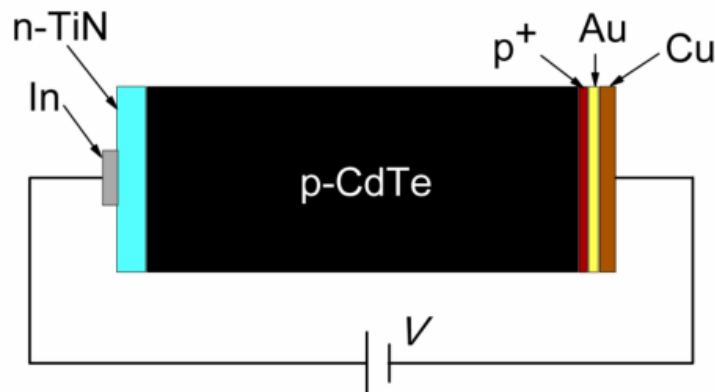


Рис.1.1.1. Структурна схема гетеропереходу n-TiN/p-CdTe

Концентрація носіїв заряду в нітриді титану значно вища ніж в телуриді кадмію, тому можна вважати, що область просторового заряду гетероструктури n-TiN/p-CdTe повністю формується в CdTe.

Виготовлення гетероструктури n-TiN/p-CdTe відбувається нанесенням тонкої плівки нітриду титану на монокристалічну підкладку телуриду кадмію, а також встановлені домінуючі механізми струмопереносу при прямому та зворотному зміщеннях.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						5
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для асиметричного різкого гетеропереходу ширина області просторового заряду визначається наступним виразом

$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_p(\varphi_0 \pm eV)}{e(N_A - N_D)}}$$

де ε_0 - абсолютна діелектрична проникність вакууму, ε_p - відносна діелектрична проникність, $N_A - N_D$ – концентрація некомпенсованої домішки в CdTe.

На рис. 1.1.2.наведено прямі гілки вольт-амперної характеристики анізотипного гетеропереходу n-TiN/p-CdTe, виміряні при різних температурах.

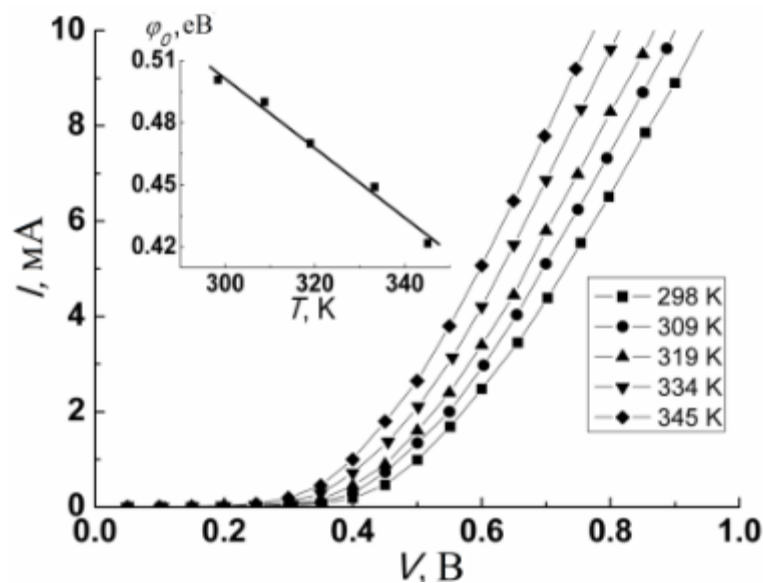


Рис. 4.36 Вольт-амперні характеристики гетеропереходу n-TiN/p-CdTe. На вставці - залежність висоти потенціального бар'єра від температури.

Шляхом екстраполяції лінійних ділянок ВАХ до перетину з віссю напруг з'ясовано значення висоти потенціального бар'єра φ_0 гетеропереходу при різних температурах ($\varphi_0 = eV_{bi}$, де V_{bi} - контактна різниця потенціалів).

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						6
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Властивості матеріалу TiN.

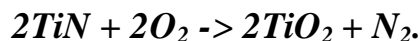
Нітрид титану (англ. *Titanium nitride*) — бінарна хімічна сполука Титану з Нітрогеном із формулою TiN. Вона являє собою фазу впровадження з широкою областю гомогенності, яка становить від 14,8 до 22,6 % Нітрогену (за масою), що можна означити брутто-формулами від $Ti_{10}N_6$ до TiN відповідно.

Фізичні властивості. Нітрид титану на зовнішній вигляд є порошком жовто-коричневого кольору, а у компактному стані набуває золотистого забарвлення.

Нітрид титану має кубічну гранецентровану ґратку типу NaCl, просторова група $Fm\bar{3}m$, з періодом $a = 0,4235$ нм.

- Питомий електричний опір становить 40 мкОм·см.
- Коефіцієнт лінійного теплового розширення $9,35 \cdot 10^{-6}$ 1/К (25...1100 °С)
- Мікротвердість нітрид титану 2050 кгс/мм².
- Модуль пружності 25600 кг/мм².
- Критична температура надпровідного переходу 5,6 К.

Хімічні властивості. Нітрид титану є стійким до окиснення на повітрі до температур 700...800 °С, за цих же температур згоряє у струмені кисню:



Нітрид титану є інертним при нагріванні до 1200 °С у середовищі водню або в суміші азоту і водню .

Киплячі кислоти (соляна, сірчана і перхлоратна) слабо взаємодіють з TiN. На холоді є малостійким проти розчинів гідроксиду натрію. TiN взаємодіє з азотною кислотою, а у присутності сильних окиснювачів розчиняється плавиковою кислотою.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						7
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нітрид титану є стійким до дії розплавів олова, бісмуту, свинцю, кадмію і цинку. При високій температурі руйнується оксидами заліза (Fe_2O_3), мангану (MnO), кремнію (SiO_2) і склом. За високих температур взаємодіє з вуглецем з утворенням твердих розчинів — карбоннітридів титану.

Застосування. Застосовується як жароміцний матеріал, зокрема з нього роблять тиглі для плавлення металів у безкисневій атмосфері.

У металургії ця сполука зустрічається у вигляді відносно великих (одиниці і десятки мікрон) неметалевих включень у сталях, легованих титаном. Такі включення мають на шліфах, як правило, форму квадратів і прямокутників, їх легко ідентифікувати методом металографічного аналізу. Такі великі частинки нітриду титану, які утворюються з розплаву, призводять до погіршення якості литого металу.

Нітрид титану використовується для створення зносостійких покриттів металорізального інструменту, також для зубних протезів жовтого «під золото» кольору.

Використовується в мікроелектроніці як дифузійний бар'єр спільно з мідною металізацією тощо.

Також нітрид титану застосовується у ролі зносостійкого декоративного покриття. Вироби, покриті ним, по зовнішньому вигляду схожі на золото і можуть мати різні відтінки, залежно від співвідношення металу і азоту у сполуці.

Нанесення покриття з нітриду титану проводиться у спеціальних камерах термодифузійним методом. При високій температурі титан і азот реагують з металом поверхневого шару виробу, що покривається і дифундують у саму структуру металу.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						8
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.3. Властивості сполуки CdTe.

Телурид кадмію (CdTe) є кристалічною речовиною із кристалічною ґраткою типу цинкової обманки (ZnS). Напівпровідник належить до групи сполук типу $A^{II}B^{VI}$. На напівпровідникових властивостях речовини ґрунтується використання. В монокристалічній формі телурид кадмію використовується для створення детекторів гамма та жорсткого рентгенівського випромінювання та як ІЧ-фільтр. Тонкі плівки CdTe використовуються для виготовлення сонячних панелей. За останній час зростає інтерес до квантових точок на основі CdTe.

Отримання монокристалів телуриду кадмію відбувається методом Бріджмена, рухомого нагрівника та з парової фази. Існують також проблеми з вирощуванням монокристалів телуриду кадмію великого об'єму та високої якості. Це пов'язано із високою температурою плавлення матеріалу, а також із специфічною областю гомогенності.

Переваги монокристалічного телуриду кадмію.

Кадмій телурид своїми фізичними характеристиками і параметрами у порівнянні з елементарними напівпровідниками (Ge, Si) має ряд переваг. Це:

- велика ширина забороненої зони яка складає ($\Delta E = 1,5 \text{ eV}$);
- має здатність проявляти два типи провідності (n-, p-);
- має низьку концентрацію власних носіїв заряду за звичайних умов ($2,0 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ при 300К);
- низький коефіцієнт поглинання світла в ІЧ-області спектру;
- висока стійкість до вологості і хімічних реагентів;
- має досить високу рухливість носіїв заряду;
- не дуже жорсткі умови синтезу.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Телурид кадмію як основа детекторів жорсткого рентгенівського та гамма-випромінювання.

CdTe та тверді розчини на його основі, $Cd_{1-x}Zn_xTe$ та $Cd_{1-x}Mn_xTe$ також використовуються для детектування гамма-випромінювання та жорсткого рентгенівського. Детектори на основі CdTe порівняно з кремнієм чи іншими напівпровідниками не потребують охолодження, тому на їх основі можна виготовляти портативні пристрої.

Такі датчики є потрібними у таких основних сферах як: медицині (томографи), космічній промисловості (в 2012 році NASA запустило телескоп NuSTAR з детекторами на основі $Cd_{1-x}Zn_xTe$), радіології та радіохімії.

Телурид кадмію в фотовольтаїці.

За допомогою великої ширини забороненої зони телурид кадмію має великий потенціал для використання в фотовольтаїці. Будучи прямозонним напівпровідником і маючи значно більший коефіцієнт поглинання ніж у кремнію, використовуються лише тонкі плівки телуриду кадмію, це суттєво зменшує вартість панелі (порівняно з кремнієвими). CdTe є однозначним лідером серед матеріалів для тонкоплівкових панелей, в 2013-му році половина тонкоплівкових панелей була саме на основі CdTe. Останніми роками панелі на основі CdTe витісняються такими на основі CIGS. Світовий рекорд з ефективності належить компанії First Solar з значенням ККД в 22.1%.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						10
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.4. Фотрелектричні властивості структури n-TiN/p-CdTe/n-CdTe

Від умов освітлення залежать механізми перенесення струму через гетеропереходи n-TiN/p-CdTe. В основному через наявність поверхневих електрично активних станів, які розподілені по ширині забороненої зони матеріалу поглиначача.

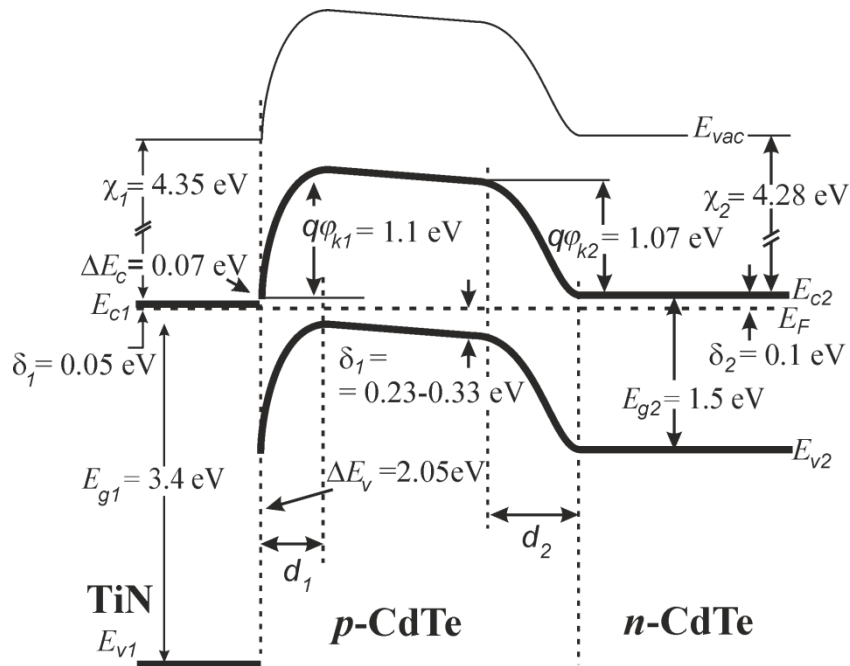


Рис.1.4.1 Енергетична діаграма структури n-TiN/p-CdTe/n-CdTe:

Енергетична діаграма досліджуваних анізотипних n-TiN/p-CdTe гетеропереходів у стані рівноваги з урахуванням впливу поверхневих станів побудована на основі експериментально отриманого значення висоти потенціального бар'єра та значень енергетичних параметрів напівпровідників. Положення рівнів Фермі $\Delta\mu$ p CdTe і $\Delta\mu$ n TiN розраховані експериментально на основі отриманих значень концентрацій носіїв заряду в TiN і CdTe відповідно.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						11
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

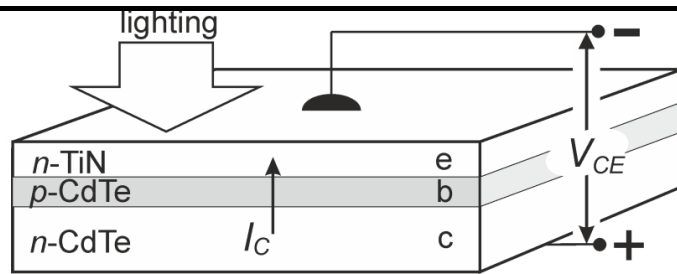


Рис.1.4.2. Полярність увімкнення структури $n\text{-TiN}/p\text{-CdTe}/n\text{-CdTe}$ для спостереження фототранзисторних властивостей

На рис.1.4.2. Зображена структура фото транзистора яка виготовлена на стуктурі $n\text{-TiN}/p\text{-CdTe}/n\text{-CdTe}$. І схема підключення її у вигляді фото транзистора. Даний фототранзистор є біполярним $n\text{-p-n}$ типу. $n\text{-TiN}$ є областю емітера, $p\text{-CdTe}$ є областю бази, $n\text{-CdTe}$ областю колектора.

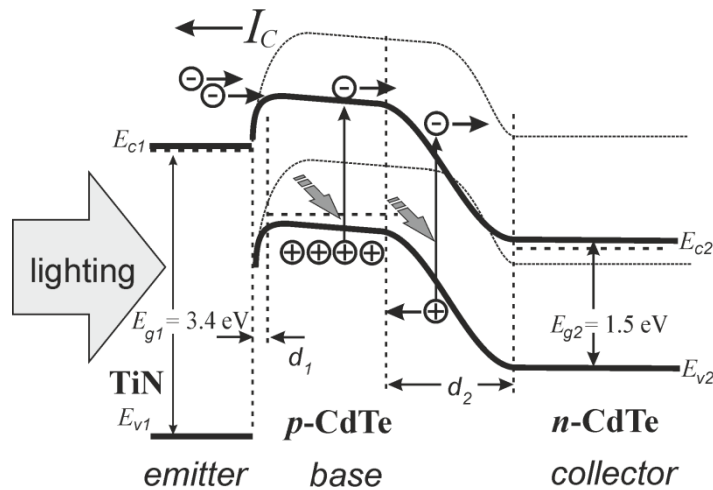


Рис.1.4.3. Підсилення фотоструму у структурі $n\text{-TiN}/p\text{-CdTe}/n\text{-CdTe}$ за рахунок інжекції електронів з емітерної області

						ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
							12
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Транзистор даної структури при вимірюванні оптичних властивостей показав наступні залежності струму колектора від освітлення.

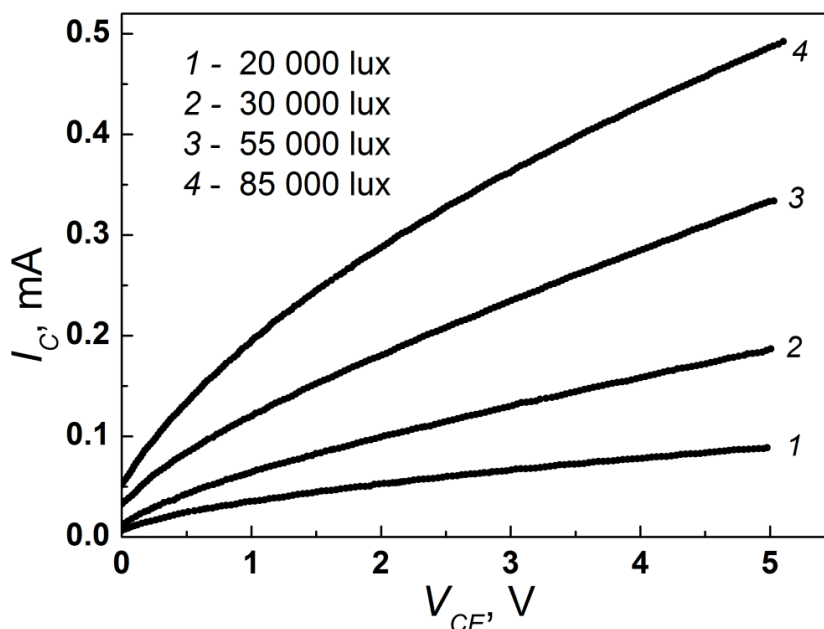


Рис.1.4.4. Залежність струму колектора I_C від рівня освітлення (галогенна лампа) і напруги V_{CE} для структури $n\text{-TiN/p-CdTe/n-CdTe}$

Сенсор реалізований на фототранзисторі структури $n\text{-TiN/p-CdTe/n}$. Відповідно до властивостей на рисунку 1.4.4 в залежності рівня освітленості фото транзистора струм через резистор R , буде змінюватись.

1.5 Аналого-цифрові перетворювачі порозрядного врівноваження.

Аналого-цифровий перетворювач, АЦП (англ. *Analog-to-digital converter, ADC*) — пристрій, який перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал), який кількісно характеризує амплітуду вхідного сигналу. За допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) відбувається зворотне перетворення.

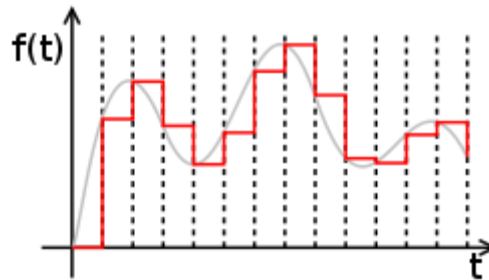


Рис.1.5.1. Аналоговий (сірий) та отриманий з нього цифровий (червоний) сигнал

Розрядність АЦП характеризує кількість дискретних значень, які перетворювач може видати на виході. Розрядність вимірюється в бітах.

Розрядність також може визначатися у величинах вхідного сигналу і виражатися, наприклад, у вольтях. Розрядність за напругою дорівнює напрузі, що відповідає максимальному вихідному коду. Максимальний вихідний код ділиться на кількість вихідних дискретних значень. Практика показує, що розрядність АЦП обмежена співвідношенням сигнал/шум вхідного сигналу. Коли велика інтенсивність шумів на вході АЦП, тоді розрізнення сусідніх рівнів вхідного сигналу стає неможливим, тобто погіршується розрядність. Реальний досяжний дозвіл при цьому описується ефективною кількістю розрядів (*effective number of bits — ENOB*), вона менша, ніж реальна розрядність АЦП. Молодші біти вихідного коду практично непридатні, при перетворенні сильно зашумленого сигналу, оскільки вони містять шум. Для того щоб досягнути заявленої розрядності, необхідно щоб співвідношення С/Ш вхідного сигналу повинне приблизно бути 6 дБ на кожен біт розрядності.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						14
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Є такі типи аналого-цифрових перетворювачів: АЦП прямого перетворення або паралельний АЦП, АЦП з порозрядним врівноваженням (воно ще називається АЦП послідовного наближення), АЦП диференціального кодування (англ. *delta-encoded ADC*), АЦП порівняння з зубчастим сигналом, АЦП Уілкінсона, Інтегруючий АЦП, АЦП з урівноваженням заряду, Двошвидкісний АЦП, Конвеєрні АЦП, Сигма-Дельта АЦП. Але в мікроконтролерах використовується АЦП з порозрядним врівноваженням.

АЦП з порозрядним врівноваженням містить допоміжний ЦАП, компаратор і регістр послідовного наближення. АЦП перетворює аналоговий сигнал в цифровий сигнал за N кроків, де N — розрядність АЦП. Перетворювач на кожному наступному етапі порівнює вхідну напругу з вихідним сигналом внутрішнього цифрового аналогового перетворювача. Він може представляти середню точку вибраного діапазону напруги. Апроксимація зберігається на кожному кроці цього процесу в послідовному регістрі наближення (SAR). Один біт шуканого цифрового значення визначається на кожному кроці, починаючи від СЗР і закінчуючи МЗР. Визначення чергового біта полягає в наступній послідовності дій. Аналогове значення виставляється на допоміжному ЦАП, яке утворене з бітів, які вже визначені на попередніх кроках; біт, який потрібно визначити на цьому кроці, виставляється в 1, молодші біти встановлюються в 0. Отримане значення на допоміжному ЦАП порівнюється з вхідним аналоговим значенням. Якщо значення вхідного сигналу більше за значення на допоміжному ЦАП, то біт який визначали отримує значення 1, інакше 0. Визначення підсумкового цифрового значення нагадує двійковий пошук.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						15
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

АЦП цього типу володіють одночасно високою швидкістю і хорошою розрядністю. Наприклад, маємо вхідну напругу 6.3 В, а вихідний діапазон - від 0 до 16 В. Для першого кроку вхід 6.3 В порівнюється з 8 В (середня точка діапазону 0-16 В). Компаратор повідомляє, що вхідна напруга менше 8 В, тому SAR оновлюється, щоб звужити діапазон до 0-8 В. На другому кроці вхідна напруга порівнюється до 4 В (середня точка 0-8 В). Компаратор повідомляє, що вхідна напруга вище 4 В, тому SAR оновлюється, щоб відобразити вхідну напругу в діапазоні 4-8 В. На третьому етапі вхідна напруга порівнюється з 6 В (на півдорозі від 4 В до 8 В); компаратор повідомляє, що вхідна напруга перевищує 6 вольт, а діапазон пошуку становить 6-8 В. Етапи продовжуються до досягнення бажаної роздільної здатності.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						16
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.6. Мікроконтролер PIC16F527.

Пристрій PIC16F527 від Microchip Technology є недорогий, високопродуктивний, 8-розрядний, повністю статичний, Flash-мікроконтролер на основі CMOS. Він використовує RISC архітектуру лише з 36 однослівними/одноцикловими інструкціями. Усі інструкції є одним циклом, за винятком гілки програми, які виконують два цикли. Пристрій PIC16F527 забезпечує продуктивність порядку величиною вище, ніж у конкурентів за таку ж ціну і категорію. 12-розрядні інструкції дуже високі симетричний, що призводить до типового коду 2:1 стиснення над іншими 8-розрядними мікроконтролерами в його класі. Простий у використанні і легко запам'ятовується набір інструкцій. Це значно скорочує час розробки. Мікроконтролер PIC16F527 оснащено спец функціями, які знижують вартість і потужність системних вимог. Скидання увімкнення живлення (POR) і пристрій таймер скидання (DRT) усуває необхідність зовнішнього скидання схеми. Є кілька осциляторів конфігурації на вибір, включаючи INTRC режим внутрішнього осцилятора та енергозберігаюча LP (Малопотужний) режим осцилятора. Енергозберігаючий режим сну, режим сторожовий таймер і функції захисту коду підвищили вартість, потужність та надійність системи.

Пристрій PIC16F527 доступний в економічно вигідному варіанті. Програмована версія Flash, яка підходить для виробництва в будь-якому обсязі. Клієнт може взяти повну перевагу цінового лідерства Microchip у Flash програмуванні мікроконтролера, при цьому вигравши від програмованої гнучкості Flash. Продукт PIC16F527 підтримується повнофункціональним макроасемблером, програмний симулятор, внутрішньосхемний емулятор, компілятор «С». Всі інструменти підтримуються на IBM PC і сумісні машини.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Характеристики процесора: можливість переривання; робоча швидкість PIC16F527: кристалічний генератор постійного струму – 20 МГц, DC – 200 нс цикл команд, програма високої надійності та флеш-дані

Комірки пам'яті: оперативна пам'ять користувача 1024 x 12; самозаписна пам'ять даних 64 x 8; витривалість пам'яті програми 100 000 записів; 1 000 000 записів на флеш-пам'ять даних витривалість.

Зберігання програм і даних Flash: >40 років

Регістри загального призначення (SRAM): 68 x 8 для PIC16F527

Лише 36 інструкцій, які складаються з одного слова: додано інструкції RETURN і RETFIE; додана інструкція MOVLB. Усі інструкції є одноцикловими, за винятком відгалуження програми, які є двоцикловими. Глибокий чотирирівневий стек обладнання.

Режими прямої, непрямої та відносної адресації для даних та інструкцій.

Периферійні функції: один контакт лише для введення; 17 вводів/виводів; індивідуальний контроль напрямку; джерело/приймач високого струму; 8-розрядний годинник/лічильник реального часу (TMR0).

Внутрішнє послідовне програмування™ (ICSP™) через два зовнішні контактні з'єднання.

Аналоговий компаратор (CMP): два аналогових компаратора; абсолютні та програмовані посилення.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП): роздільна здатність 8 біт; вісім зовнішніх вхідних каналів; один внутрішній канал для перетворення компаратора; опорний вхід 0,6 В.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						18
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Операційні підсилювачі (ОП): два операційних підсилювача; повністю доступна видимість.

Характеристики екстремального низького енергоспоживання (XLP).

Сплячий режим 50 нА при 2,0 В, типовий. Енергозберігаючий сплячий режим з увімкненим режимом пробудження.

Сторожовий таймер (WDT): 500 нА при 2.0В, типовий. Із виділеним пультом керування.

Скидання відключення (BOR). Таймер скидання пристрою (DRT).

Скидання увімкнення живлення (POR).

Програмований захист коду (CP).

Параметри осцилятора: INTOSC: внутрішня точність 4 або 8 МГц; EXTRC: недорогий зовнішній RC-генератор.

Технологія CMOS, високошвидкісна технологія спалаху CMOS з низьким енергоспоживанням.

Широкий діапазон робочої напруги та температур: промислові: від 2,0 до 5,5 В ; розширений: 2,0 В до 5,5 В; робочий струм: 170 мкА при 2 В, 4 МГц, і 15 мкА при 2 В, 32 кГц ; струм у режимі очікування: 100 нА при 2 В.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						19
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

FIGURE 1: 20-PIN DIAGRAM FOR PIC16F527

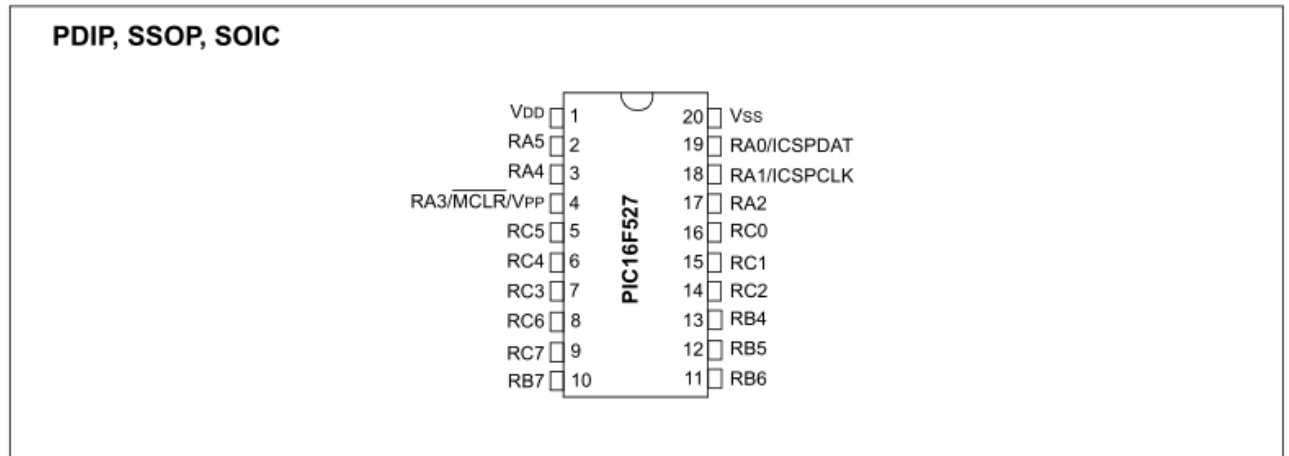


FIGURE 2: 20-PIN DIAGRAM FOR PIC16F527

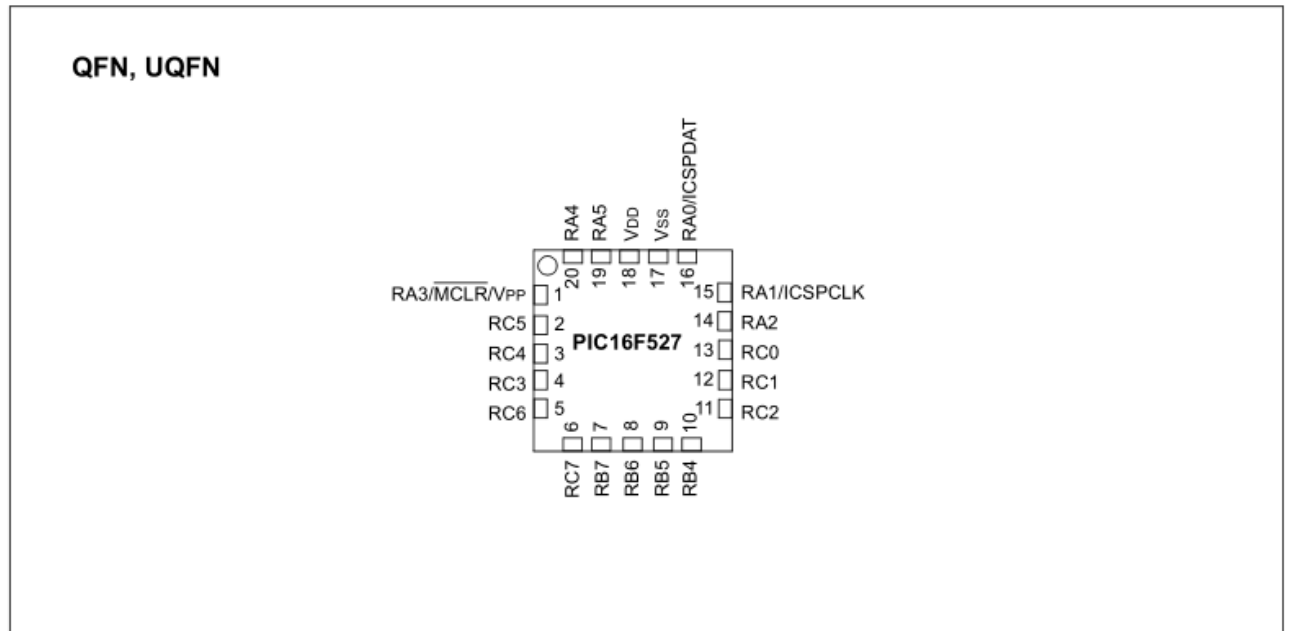


Рис.1.6.1. 20-контактна схема мікроконтролера PIC16F527.

Архітектурний огляд

Висока продуктивність пристрою PIC16F527 може віднести до ряду архітектурних особливостей зазвичай зустрічається в мікропроцесорах RISC. Пристрій PIC16F527 використовує Гарвардську архітектуру. Ширина операційних кодів інструкцій становить 12 біт. Пристрій PIC16F527 може прямо або опосередковано адресувати свої реєстрові файли та пам'ять даних. Усі спеціальні регістри функцій (SFR), включаючи ПК, є відображено в пам'яті даних.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	Арк.
						20
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер PIC16F527 має дуже ортогональний (симетричний) набір інструкцій що дає можливість виконувати будь-які операції, на будь-який реєстр, використовуючи будь-який режим адресації. Цей симетричний характер і відсутність «особливих оптимальних ситуацій» робить програмування за допомогою пристрою PIC16F527 простим, але ефективним.

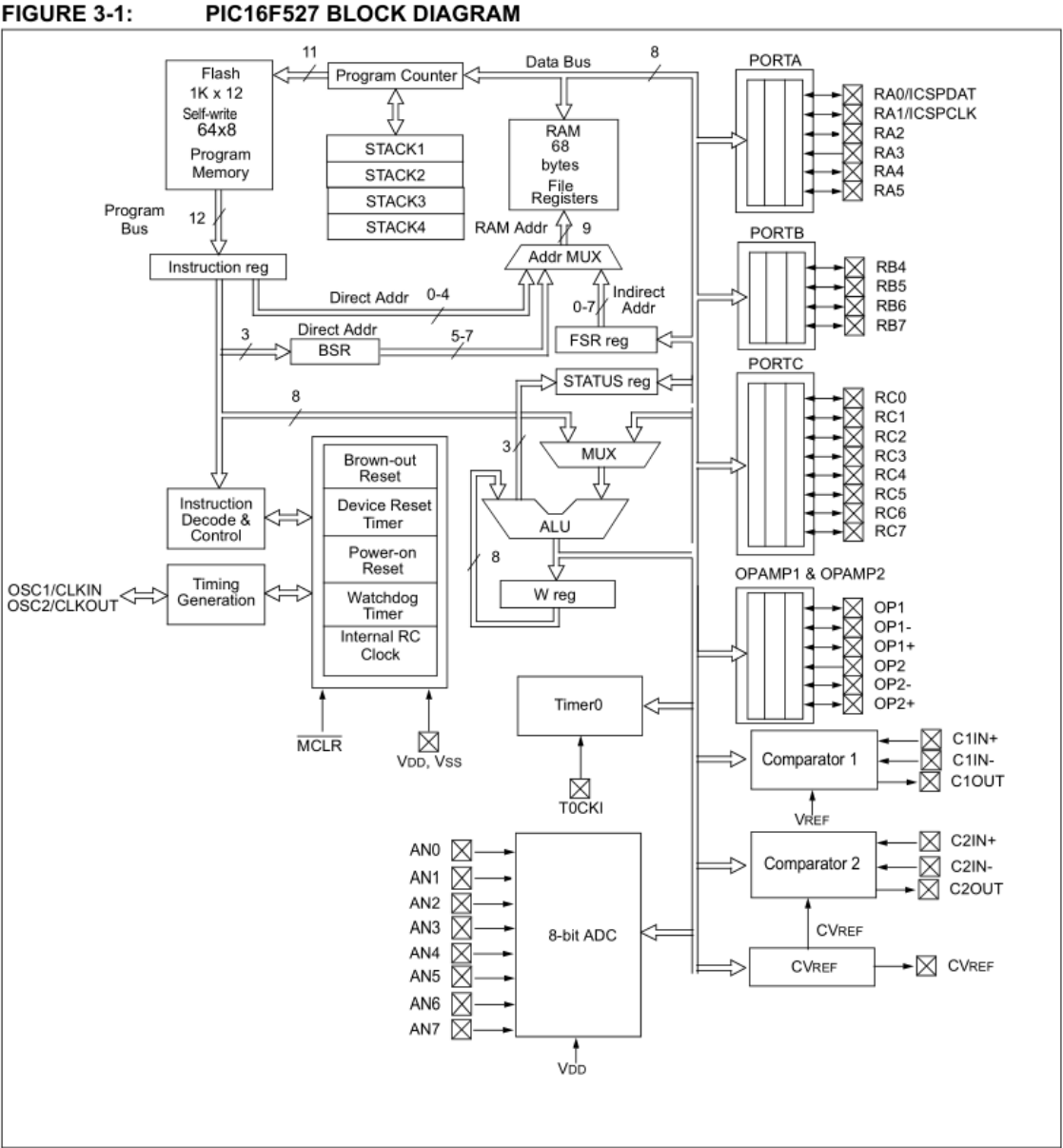


Рис.1.6.2. Спрощена блок-схема мікроконтролера PIC16F527.

						ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

1.7. Інтерфейс USART.

USART (Universal Synchronous-Asynchronous Receiver/Transmitter) — універсальний синхронний/асинхронний приймач/передавач) — тип універсального синхронно/асинхронного приймача-передавача, (аналогічний інтерфейс але додатково до можливостей підтримує режим синхронної передачі даних – з використанням додаткової лінії тактового сигналу) компонентів периферійних пристроїв та комп'ютерів, який передає дані між паралельною та послідовною формами. UART також використовується спільно з іншими комунікаційними стандартами, такими як EIA RS-232.

UART є зазвичайною окремою мікросхемою чи частиною мікросхеми, яка використовується для з'єднання через комп'ютерний чи периферійний послідовний порт. На даний час UART загалом включені в мікроконтролери. Здвоєний UART (Dual UART або DUART) об'єднує двоє UART в одній мікросхемі. USART називаються сучасні мікросхеми які сьогодні випускаються з можливістю комунікації в синхронному режимі,.

Послідовна передача та приймання даних.

Біти даних з одного місця в інше передаються через дроти або інші носії. Якщо дані потрібно передати на великі відстані, то вартість дротів стає великою. Для зменшення вартості довгих комунікацій, які переносять кілька біт паралельно, біти даних передають послідовно один за одним. І на кожному кінці лінії зв'язку використовують інтерфейс UART для перетворення паралельної форми на послідовну. Кожен USART містить зсувний регістр, який є фундаментальним методом для перетворення між послідовними і паралельними формами.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						22
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

USART зазвичай не генерує і не отримує зовнішні сигнали, які подорожують між різними частинами обладнання. Для перетворення логічного рівня UART в зовнішній рівень та з зовнішнього рівня сигналів як правило, використовується окремий інтерфейсний блок. Зовнішній сигнал може мати багато різних форм. RS-232, RS-422 чи RS-485 від EIA можуть служити прикладами стандартизованих напруг сигналу. Історично в телеграфних схемах використовувалася присутність або відсутність струму (в електричному колі). Деякі сигнальні схеми не використовують електричних дротів. Прикладом може бути оптоволокно, інфрачервоний зв'язок чи Bluetooth в своєму Serial Port Profile (SPP). Аудіо сигнал телефонних модемів, РЧ модуляція даних, або DC-LIN для комунікацій по силових дротах є прикладами модуляції.

Зв'язок може бути «дуплексним» (одночасне приймання та передача) або «напівдуплексним» (пристрої які переключаються між режимами приймання та передачі).

В інтерфейсі RS-232 широко використовується USART для вбудованих систем комунікацій. Він використовується для зв'язку між мікроконтролерами і комп'ютером. Існує багато чипів які забезпечують функціональність UART, та існують дешеві мікросхеми для конвертації логічного рівня сигналу (типу TTL) в сигнал рівня RS-232.

Асинхронні передача та приймання.

UART телетайпного типу під час асинхронної передачі посилає стартовий біт, потім від п'яти до восьми бітів даних, перший — найменш значимий, потім опціональний біт парності, і потім один, півтора чи два стопових біти. Стартовий біт надсилається в зворотній полярності до звичайного незайнятого стану ліній зв'язку.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

Стоповий біт забезпечує паузу перед наступною порцією даних і відповідає незайнятому стану лінії. Це називається асинхронною старт-стоповою передачею. Для того щоб дати можливість механізму надрукувати символ, в механічних телетайпах стоповий біт часто був розтягнутим вдвічі. Розтягнутий стоповий біт також допомагав при ресинхронізації. Біт парності перевіряє кількість одиниць між стартовим і стоповим бітами або парним та непарним, або цей біт може бути відсутнім. Непарна перевірка надійніша, бо вона може засвідчити, що принаймні одна одиниця передалася, і це дозволяє багатьом UART пересинхронізуватися.

В синхронній передачі відновлення частоти тактового генератора відбувається окремо від потоку даних і старт-стопові біти не використовуються. Це покращує ефективність каналу зв'язку для надійних ліній, також надсилається більше корисних даних. Асинхронна передача коли нема що передавати, не посилає нічого. Натомість синхронний інтерфейс має завжди посилати якісь дані, для того щоб підтримувати синхронізацію між передавачем і приймачем. ASCII-символ «SYN» використовується як заповнювач порожнечі, часто це робиться автоматично передавачем. USART чипи мають як синхронний так і асинхронний режими.

USART складається з таких наступних компонентів:

- тактового генератора, для того щоб дозволити дискретизацію на середину циклу передачі біта, при цьому частота якого як правило повинна бути кратна бітрейту.
- з зсувних регістрів вводу та виводу
- схеми контролю передачі/приймання
- логіки контролю читання/запису
- буферів передачі/приймання (опціонально)
- буфера паралельної шини даних (опціонально)
- пам'яті буфера стека FIFO (опціонально)

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						24
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Модуль приймання потоку.

Модуль — це реєстр змін, перевірки парності та отримання FIFO. Реєстри зсуву, підключені до проводів RXD, використовуються для перетворення вхідних послідовних даних у паралельні дані, які будуть відправлені перевіряючими парності, як тільки буде отриманий правильний кадр, і вони також перевіряють цілісність кадрів. Паритети перевірки паритету використовуються для здійснення перевірки парності, якщо це необхідно, та інформують FIFO, чи приймають FIFO, чи правильні кадри прийому. Приймаючі FIFO будуть зберігати дані, які були правильно отримані, поки мікропроцесор не має намір їх прочитати.

Модуль відправляючого потоку.

Модуль надсилає FIFO, для перевірки парності та реєстра зсуву. Відправляючі FIFO зберігатимуть дані, надіслані з мікропроцесора, поки ще є дані, що передаються по проводах TXD. Тут перевіряють парність, щоб прикріпити біти старту та зупинки до кадрів, що надходять, а також для заповнення біта каси в кадри, якщо це необхідно. Потім кадри будуть надсилатись послідовно реєстраторами зсуву через провід TXD.

Інші компоненти.

Генератор швидкостей передачі даних генерує різні тактові частоти передачі, які використовуються як орієнтири часу в передачі UART. Інтерфейс процесора управляє зв'язком, включаючи управління шинами, перериваннями, зчитуванням сигналу, сигналом запису тощо, між мікропроцесором і контролером. Контролер переривання бере на себе відповідальність за управління запитами на переривання, що генеруються кожним каналом, та відправленням їх у мікропроцесор на основі певних принципів.

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						25
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.8. Інтерфейс RS-485.

EIA-485 — (англ. *Electronic Industries Alliance - 485*) (також, відомий як RS-485 — англ. *Recommended Standard - 485*), є стандартом передачі даних. RS-485 має дві версії — двопровідну та чотирипровідну. Двопровідна є стандартом передачі даних, а саме багатоточковим послідовним напівдуплексним двопровідним каналом зв'язку, в якому в обох напрямках передаються дані, але розділені за часом. Чотирипровідна версія є стандартом передачі даних — багатоточковим послідовним чотирипровідним дуплексним каналом зв'язку передачі використовуючи чотири лінії зв'язку, в якій переоча даних відбувається за двома лініями в одному напрямку, по двох інших — в зворотньому.

Стандарт RS-485 розроблений спільно двома асоціаціями: Асоціацією електронної промисловості (EIA — *Electronics Industries Association*) і Асоціацією промисловості засобів зв'язку (TIA — *Telecommunications Industry Association*). EIA раніше маркувала свої стандарти префіксом «RS» (англ. *Recommended Standard* — Рекомендований стандарт). Багато інженерів продовжують це позначення використовувати, проте EIA/TIA офіційно замінив «RS» на «EIA/TIA» для того щоб полегшити ідентифікацію походження своїх стандартів. Різні розширення стандарту RS-485 охоплюють широке розмаїття застосувань. Стандарт RS-485 став основою для створення цілого сімейства промислових мереж широко використовуваних в промисловій автоматизації.

У стандарті EIA-485 часто використовується одна і та ж вита пара дротів для передачі і прийому даних. За допомогою диференціальних сигналів здійснюється передача даних. Різниця напруги однієї полярності між провідниками означає логічну одиницю, різниця іншої полярності — нуль.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						26
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опис інтерфейсу EIA-485

Швидкість і дальність.

За допомогою EIA-485 швидкість передачі даних сягає до 10 Мбіт/с. Від швидкості залежить максимальна дальність: при швидкості 10 Мбіт/с максимальна довжина лінії — 120 м, при швидкості 100 кбіт/с — 1200 м. Для того щоб перевірити дальність застосовують еквівалент витої пари або реальний кабель.

Кількість пристроїв, що сполучаються.

Від типу застосованих в пристрої приймачів залежить кількість пристроїв, які можливо підключити до однієї лінії інтерфейсу. Один передавач розрахований на управління 32 стандартними приймачами. Випускаються приймачі з вхідними опорами 1/2, 1/4, 1/8 від стандартного. При використуванні таких приймачів загальне число пристроїв може бути збільшене відповідно: 64, 128 або 256.

Протоколи і роз'єми

Стандарт не нормує формат інформаційних кадрів і протокол обміну. Найчастіше для передачі байтів даних використовуються ті ж фрейми, що і в інтерфейсі RS-232: стартовий біт, біти даних, біт паритету (якщо потрібно), стоповий біт.

В більшості систем протоколи обміну працюють за принципом «ведучий» — «ведений». На магістралі один пристрій є ведучим (master), який ініціює обмін послідовно запитів підлеглим пристроям (slave), які розрізняються логічними адресами. Протокол Modbus RTU є одним з популярних протоколів.

Тип з'єднувачів і тип розпайки також стандартом не обмовляються. Зустрічаються з'єднувачі DB9, клемні з'єднувачі і т. д.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						27
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівні сигналів.

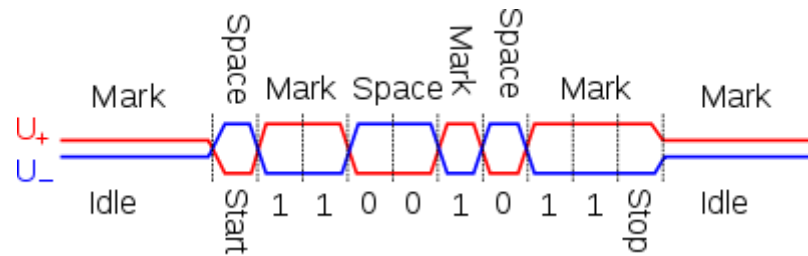


Рис.1.8.1 Рівні сигналів на лініях EIA-485.

У інтерфейсі EIA-485 використовується балансна (диференціальна) схема передачі сигналу. Це означає, те що рівні напруги на сигнальних колах А і В міняються в протифазі, як показано на приведеному малюнку.

Потрібно щоб передавач забезпечував рівень сигналу не менше від 1,5 В при максимальному навантаженні (32 стандартні входи і 2 термінальні резистори) і на холостому ході не більше 6 В. Рівні напруг вимірюють диференціально, один сигнальний дріт відносно іншого.

Мінімальний рівень сигналу, що приймається на стороні приймача EIA-485, має бути не меншим за 200 мВ.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						28
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Схемотехніка первинного перетворювача.

Схемотехніка первинного перетворювача для визначення рівня освітленості базується на основі електрооптичних властивостей фототранзистора структури n-TiN/p – CdTe/ n- CdTe.

Для перетворення величини освітленості в електричний сигнал (напруга/струм) за допомогою фототранзистора використовують одну із схем включення (рис.2.1.1; 2.1.2).

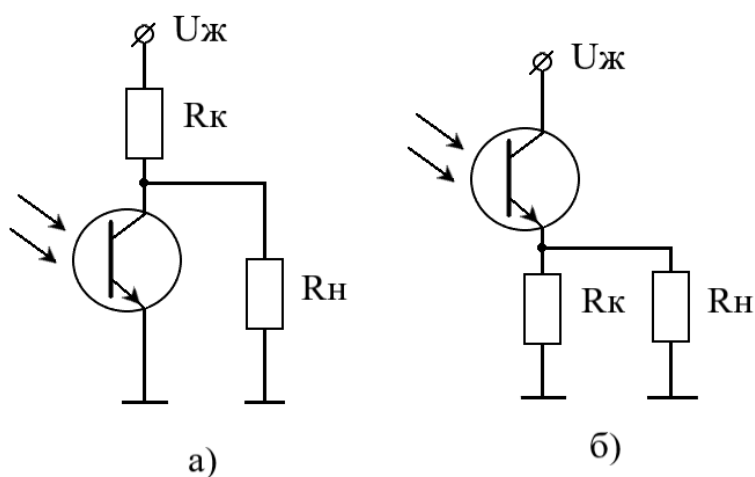


Рис.2.1.1 Схема включення фототранзисторів: а- схема із загальним емітером, б- схема із загальним колектором.

В обидвох схемах включення фототранзисторів відбуваються однакові процеси перетворення енергії фотонів в електричну величину напруги/струму.

Прилади, які перетворюють світлові сигнали в електричні називаються фотоприймачами, а ті, що виконують обернене перетворення – випромінювачами світла. В основі роботи усіх фотоприймачів лежить фізичне явище внутрішнього фотоефекту.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						29
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суть його полягає у тому, що при русі кванта світла в напівпровіднику, цей квант може бути поглинутим одним з атомів кристалічної ґратки. В результаті від атома відірветься один з валентних електронів, а в місці поглинання кванта виникнуть вільний електрон і дірка.

Для цього, необхідно, щоб енергія кванта була більшою за енергію активації даного напівпровідника. Утворені внаслідок внутрішнього фотоефекту вільні електрони та дірки збільшують електропровідність напівпровідника, опромінюваного світлом. $h\nu \geq \Delta E$ тобто більше тієї енергії, котра необхідна для вивільнення валентного електрону.

Утворені внаслідок внутрішнього фотоефекту вільні електрони та дірки збільшують електропровідність напівпровідника, опромінюваного світлом.

Для вибору схеми включення фототранзистора відповідно до рисунків а і б на рис. 2.1.1. Розглянемо еквівалентні схеми включення фототранзистора зі схемою загальним емітером і колектором. Дані схеми представлені на рис 2.1.2. Для побудови схем заміщення скористаємось еквівалентною схемою фототранзистора.(рис.2.1.2)

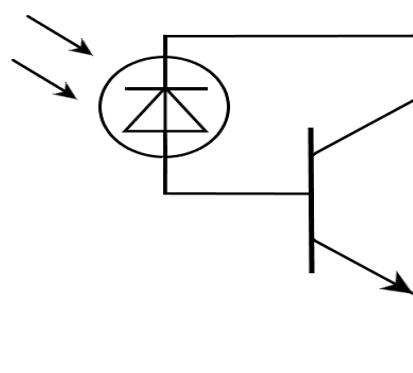
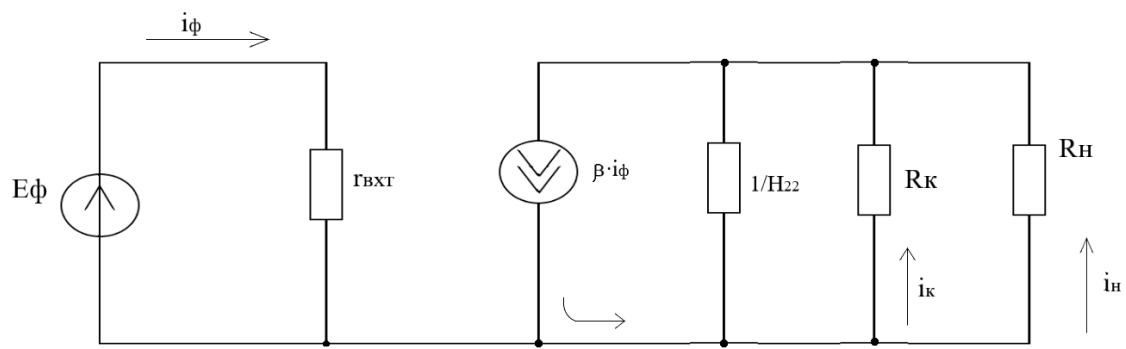


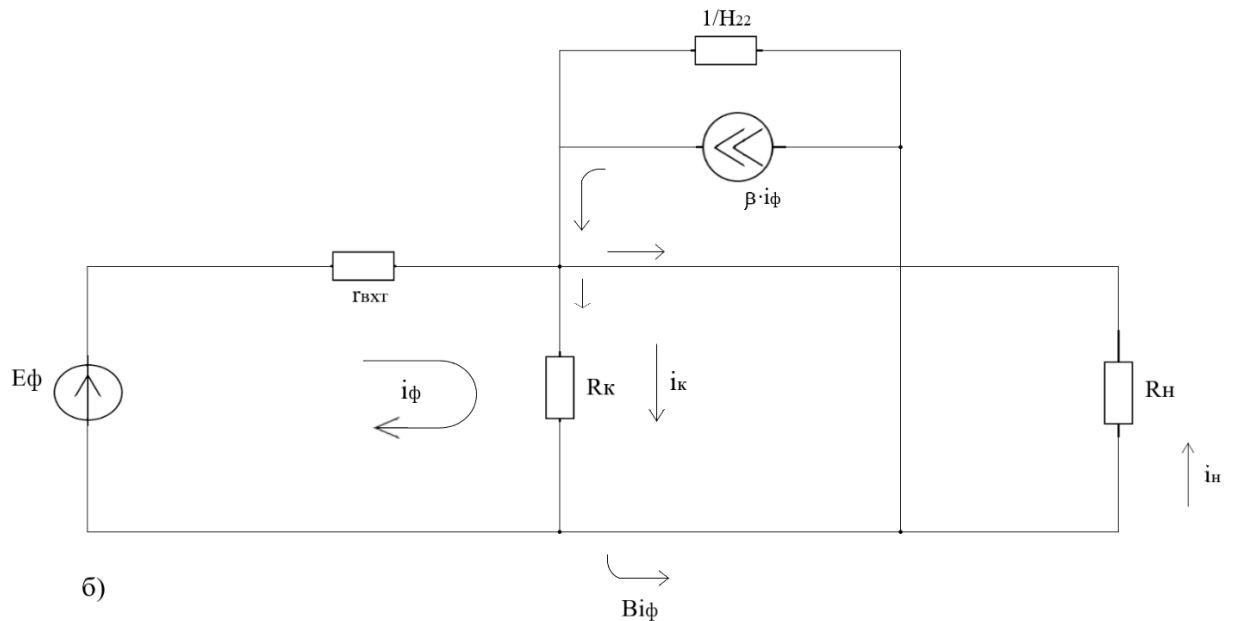
Рис. 2.1.2. Еквівалентна схема фототранзистора.

Відповідно до схеми включення на рис. 2.1.1. ми будемо еквівалентні схеми підключення які представлені на рис.2.1.3

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						30
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис.2.1.3. Еквівалентні схеми включення фототранзистора: а) із загальним емітером б) із загальним колектором.

Еквівалентні схеми включення фототранзисторів дозволяють оцінити коефіцієнт підсилення фотосигналу. Еквівалентом світлопотуку в схемах є відповідний еквівалент $E_{PC} - E_{\phi}$.

Струм I_{ϕ} – це фотострум який залежить від величини освітленості E .

$$I_{\phi} = f(E).$$

Виведемо залежність E коефіцієнт підсилення по напрузі і струму від величини фотоструму I_{ϕ} . Розглянемо схему із загальним емітером (рис. 2.1.1а; 2.1.3а).

Відповідно за схемою: $U_{вих} = I_{н} R_{н}$;

$$I_H + I_K = \beta I_\Phi;$$

β - коефіцієнт передачі фотоструму бази фототранзистора в схемі із спільним колектором.

$$I_K = I_H \frac{R_H}{R_K}$$

$$I_K + I_H \frac{R_H}{R_K} = \beta I_\Phi$$

Отже:

$$I_H \left(\frac{R_K + R_H}{R_K} \right) = \beta I_\Phi$$

Тому: $K_{I_\Phi} = \frac{I_H}{I_\Phi} = \beta \frac{R_K}{R_K + R_H}$ (2.1)

Відомо: $K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{I_H R_H}{I_\Phi r_{\text{вхт}}} = K_{I_\Phi} \frac{R_H}{r_{\text{вхт}}} = \beta \frac{R_K \cdot R_H}{r_{\text{вхт}}(R_K + R_H)}$ (2.2), де $U_{\text{вх}} \approx E_\Phi$

Для включення фототранзистора по схемі включення із загальним колектором.

Коефіцієнт підсилення за струмом визначається за наступними формулами.

$$U_{\text{вих}} = I_H R_H$$

$$I_H R_H = I_K R_K$$

$$I_K = (\beta I_\Phi - I_H) R_K$$

$$I_\Phi (\beta + 1) - I_H = I_H \frac{R_H}{R_K}$$

$$I_\Phi (\beta + 1) = I_H \frac{R_H + R_K}{R_K}$$

$$K_I = \frac{I_H}{I_\Phi} = (\beta + 1) \frac{R_K}{R_H + R_K}$$
 (2.3)

Відповідно:

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						32
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
K_U &= \frac{U_{\text{ВИХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{I_H R_H}{I_\phi r_{\text{ВХТ}} + U_{R_K}} = \frac{I_H R_H}{I_\phi r_{\text{ВХТ}} + I_K R_K} = \frac{I_H R_H}{I_\phi r_{\text{ВХТ}} + [I_\phi (\beta + 1) - I_H] R_K} \\
&= \frac{I_H R_H}{I_\phi r_{\text{ВХТ}} + I_\phi (\beta + 1) R_K - \frac{I_\phi (\beta + 1) R_K \cdot R_H}{R_H + R_K}} \\
&= \frac{I_H}{I_\phi} \cdot \frac{R_H}{r_{\text{ВХТ}} + (\beta + 1) R_K - (\beta + 1) \frac{R_K \cdot R_H}{R_H + R_K}} \\
&= \frac{(\beta + 1) R_K}{R_H + R_K} \cdot \left(\frac{R_H}{r_{\text{ВХТ}} + (\beta + 1) R_K - (\beta + 1) \frac{R_K \cdot R_H}{R_H + R_K}} \right) \\
&= \left(\frac{(\beta + 1) R_H}{R_H + R_K \left(\frac{r_{\text{ВХ}}}{R_K} + (\beta + 1) \frac{R_K + R_H - R_K}{R_H + R_K} \right)} \right) \frac{r_{\text{ВХ}}}{R_K} \ll 1, \\
&= \frac{(\beta + 1) R_H}{(R_H + R_K) \frac{(\beta + 1) R_H}{R_H + R_K}} \approx 1 \quad (2.4)
\end{aligned}$$

Якщо визначити в скільки раз коефіцієнт підсилення по напрузі із схемою з загальним колектором менший від K_U на схемі із загальним емітером то.

$$\frac{K_U^K}{K_U^e} = \frac{1}{\beta \frac{R_K R_H}{(R_H + R_K) r_{\text{ВХТ}}}} = \frac{1}{\beta} \frac{(R_H + R_K) r_{\text{ВХТ}}}{R_K R_H}$$

З отриманого співвідношення випливає що K_U^{3E} більше від K_U^{3K} в $\beta R_K R_H$ раз.

Виходячи із цього ми вибираємо схему підключення фототранзистора за схемою із загальним емітером. В цьому випадку ми отримаємо найбільше підсилення по напрузі, що забезпечує найкращі умови використання аналого-цифрового перетворювача.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						33
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Алгоритм роботи та блок-схема приладу.

Відповідно до мети даної роботи необхідно створити сенсор освітленості із цифровим інтерфейсом.

Фотоперетворювач на транзисторі здійснює реєстрацію світлового потоку. Відповідно до величини світлового потоку на підсилювач подається напруга відповідної величини. В підсилювачі здійснюється підсилення потужності сигналу з фототранзистора. Аналого-цифровий перетворювач перетворює аналогове значення напруги у відповідний двійковий код.

Двійковий код з АЦП опрацьовується процесорним пристроєм. Функціонування процесорного пристрою передбачає алгоритм отримання величини освітленості, в залежності від рівня напруги знятої з фототранзистора.

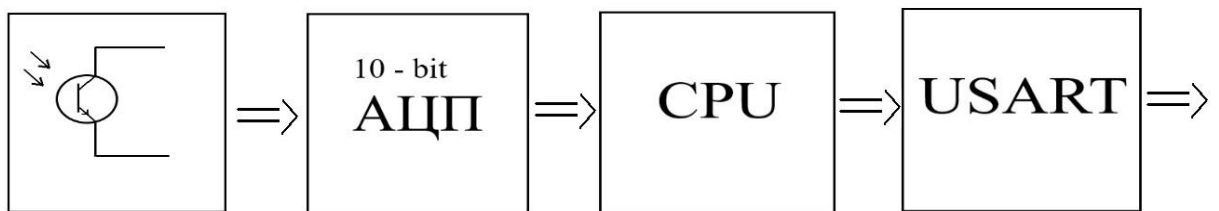


Рис.2.2.1 Блок схема сенсора.

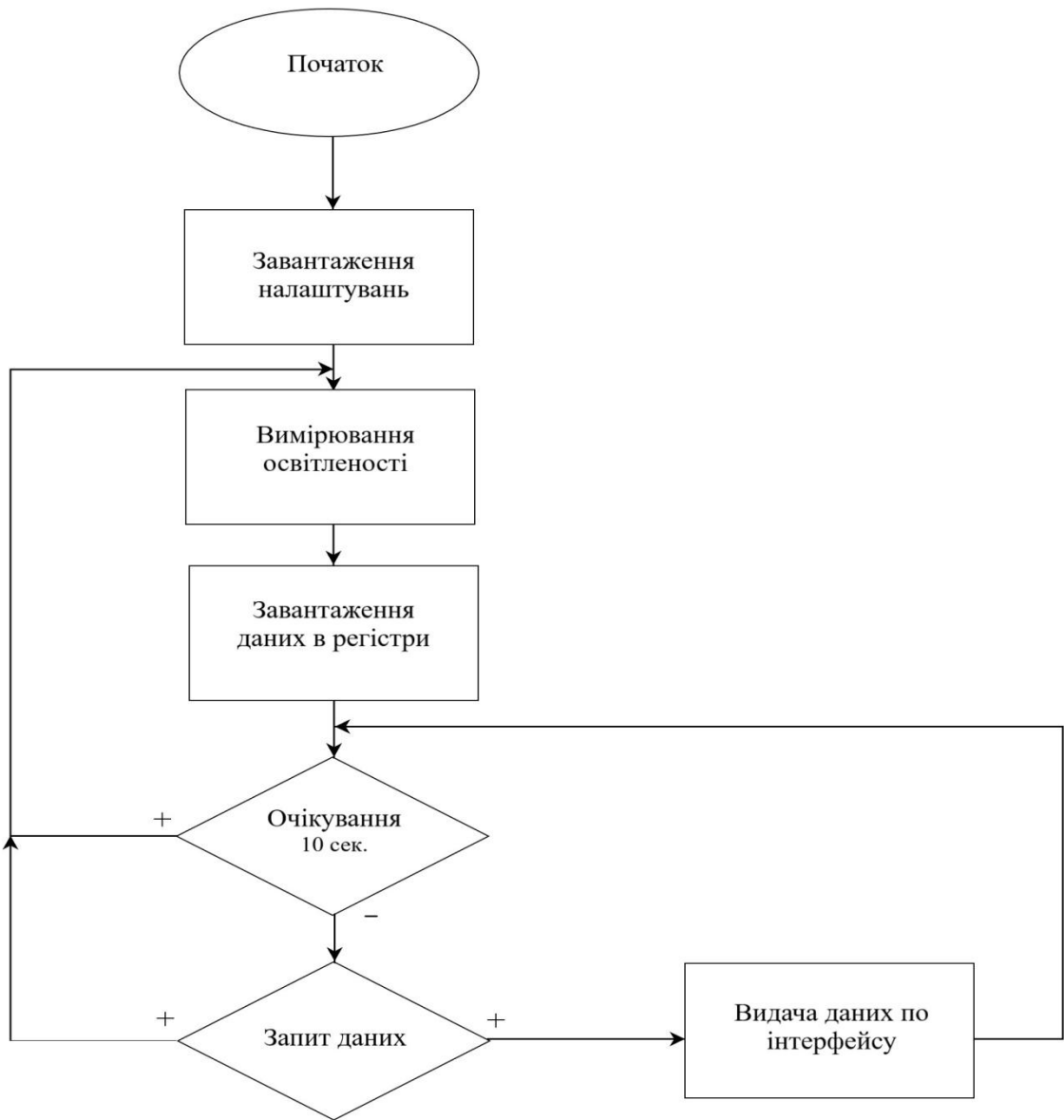


Рис.2.2.2 Алгоритм функціонування пристрою.

2.3 Розрахунок компонентів електрична принципова схема.

В попередньому параграфі було показано що найбільший коефіцієнт підсилення по напрузі і струму ми отримаємо якщо включити фото транзистор за схемою із загальним емітером. Для вибору найкращого режиму роботи фототранзистора скористаємось графіками вихідних характеристик фототранзистора (рис. 2.3.1). Побудуємо лінії навантаження (рис 2.3.1) для різних значень опору в колі колектора.

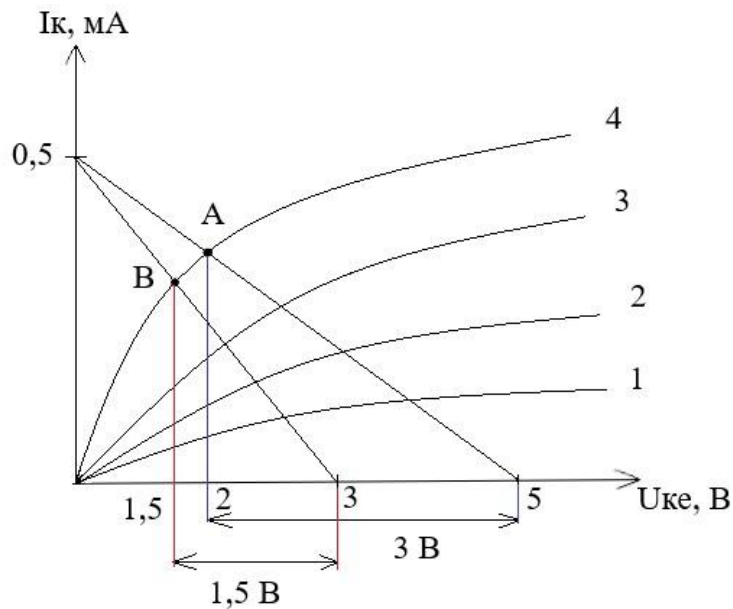


Рис 2.3.1 Лінії навантаження фототранзистора.

А- для живлення 5В, В- для живлення 3В.

$$A (U_{ж} = 5 \text{ В}) = \Delta U = 2 \text{ В} (R=10\text{кОМ}) (\text{max } 2 \div 5 = 3 \text{ В})$$

$$B (U_{ж} = 3 \text{ В}) = \Delta U = 1 \text{ В} (R= 6\text{кОМ}) (\text{max } 1,5 \div 3 = 1,3 \text{ В})$$

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						36
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз графіків на рис 2.3.1 показує якщо забезпечити режим роботи фототранзистора відповідно за лінією навантаження А передбачається розмах сигналу буде 3В при зміні освітленості від min до 8500 Лк. лінія навантаження В дає розмах лиш 1,5В.

В обох випадках використовується джерело живлення $U_{ж}=5В$. Для забезпечення режиму роботи по лінії А необхідно розрахувати номінал резистора R_K відповідно за формулою.

$$I_K = \frac{U_{ж}}{R_K}$$

$$R_K = \frac{U_{ж}}{I_K} = \frac{5В}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 10 \text{ кОм}$$

Побудуємо графік(рис. 2.3.2) залежності напруги U_{KE} від освітленості при заданих умовах ($U_{ж}=5В$, $R_K=10 \text{ кОм}$)

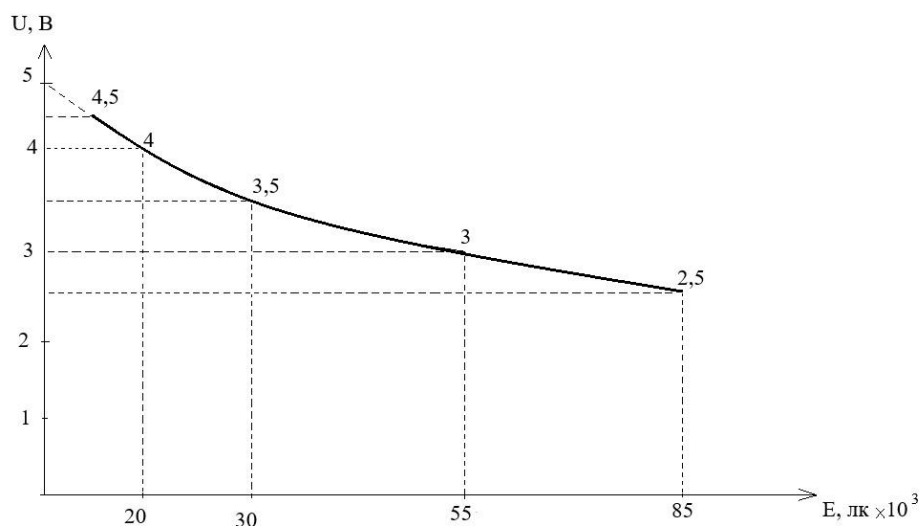


Рис. 2.3.2 Графік залежності напруги U_{KE} від освітленості.

Отриманий графік залежності показує що функція $U_K = f(E)$ не є лінійною. Для лінерізації даної залежності необхідно проводити математичні перетворення отриманих результатів в мікроконтролері.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						37
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.1 Електрична схема приладу.

Електрично принципова схема пристрою складена відповідно до блок схеми та алгоритму функціонування пристрою. Основним блоком обробки даних є мікроконтролер PIC16F527. Для зменшення габаритних розмірів вибраний мікроконтролер в корпусі QFN. Даний мікроконтролер містить операційний підсилювач. Згідно характеристик блоку АЦП мікроконтролера його $R_{вх} = 10\text{кОм}$. Для забезпечення часових характеристик вхідних зарядних кіл вибірки пониження $R_{вих}$ перетворювача на фототранзисторі операційний підсилювач включений по схемі повторювача напруги. Напряга із виходу операційного підсилювача подається на вхід АЦП.

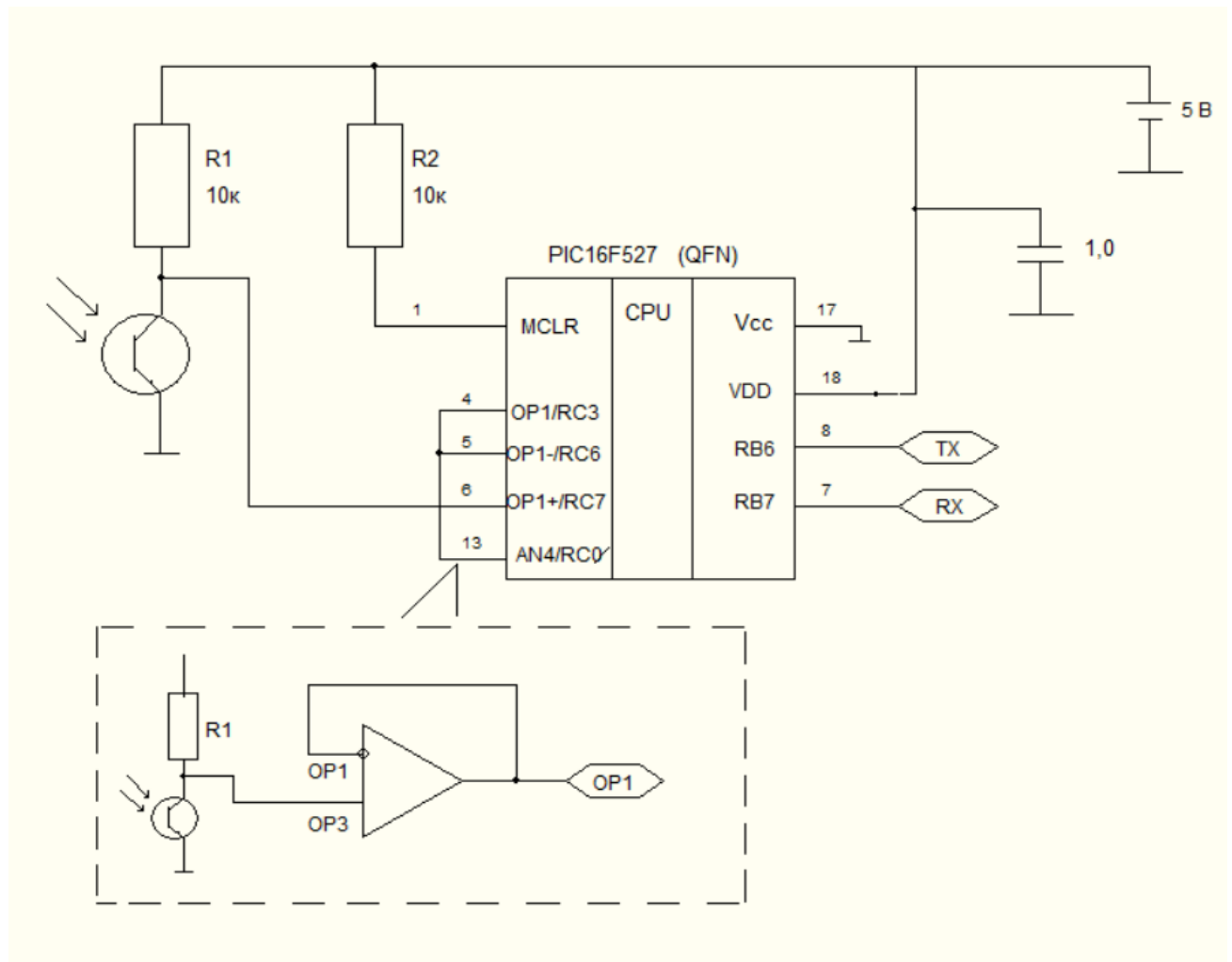


Рис.2.2.1 Електрично принципова схема пристрою

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						38
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Оцінка точності та формати передачі даних.

В мікроконтролері PIC16F527 реалізований 8 розрядний АЦП. Це дає змогу оцифрувати 255 інтервалів вимірювання освітленості із напругою квантування

$$\Delta U = \frac{5V}{255} = 0,02V$$

Як було показано вище зміна напруги перетворення відбувається в межах від 2В до 4В при зміні освітленості від 85000 лк до 20000 лк.

Отже інтервал виміру, якщо не враховувати нелінійність перетворень освітленість-напруга можна розрахувати із наступних міркувань:

Кількість вимірів

$$N = \frac{2V}{0,02} = 100$$

Інтервал діапазонів освітленості

$$K = \frac{85000 - 20000}{100} = 650\text{лк.}$$

Отже наш сенсор вимірює світловий потік із інтервалом 650 лк.

Пердбачається, що сенсор по цифровому інтерфейсу USART буде обмінюватись даними у форматі на рис.2.4.1.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						39
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.4.1. Формати полів цифрового інтерфейсу

а) Формат команд запиту до сенсора. б) Формат вихідних даних від сенсора.

Байти команд і поля даних передаються в ASCII форматі, без контрольної суми.

Старт байт команди 01h;

Стоп байт команди і даних FFh;

Старт байт даних 02h;

Команди і одиничні виміри.

11 – почати виміри;

12 – передати останні виміряні дані;

13 – почати 10 кратні виміри;

14 – передати усереднені дані.

Поле даних

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1 – десятки тисяч.

2 – тисячі.

3 – сотні.

4 – десятки.

5 – одиниці.

В кожному розряді цифра кодується в ASCII. Кожен байт передається і містить:

1 – старт біт; 8 біт даних; 1 стоп біт.

2.5 Розрахунки собівартості виробництва приладу.

Витрати на електрообладнання та матеріали

Таблиця 2.5.1

Витрати на електрообладнання та матеріали

№ п/п	Намешування обладнання електрообладнання	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Вартістьгрн.
1	Резистор 1206 10к Ом	2 шт.	0,40	0,80
2	Мікроконтролер PIC16F527	1 шт.	57	57
3	Конденсатор	1 шт.	3	3
4	Текстоліт	1	10	10
Загальна вартість компонентів				70,80

Час на збірку сенсора займає 3 години. При середній зарплаті в 73,70 грн/год ціна збірки сенсора освітленості складає 221,1 грн.

Таким чином собівартість сенсора приблизно становить 291,9 грн.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						42
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В результаті виконання дипломного проекту було:

- розраховано оптимальні режими включення досліджуваної структури для отримання найбільшого коефіцієнта перетворювання напруги;
- розроблено сенсор освітленості на структурі n-TiN/p-CdTe/n-CdTe з цифровим інтерфейсом;
- розроблено алгоритм роботи програмного забезпечення;
- створений протокол інтерфейсу обміну даними.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						43
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Уханов Ю. И. Оптические свойства полупроводников. М.: Наука, 1978. 342 с.
2. Схемотехніка електронних систем. Кн. 3. Мікропроцесорна техніка.: Підручник / Бойко В.І., Гуржій А.М. та ін. –К.: Вища школа, 2004. –423 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. *Искусство схемотехники*: В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Мир, 1993.—371 с.
4. Проценко І. Ю., Шумакова Н. І. Технологія одержання і застосування плівкових матеріалів. Навчальний посібник. — Суми : Вид-во СумДУ, 2008. — 198 с.
5. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник: Справ. Изд / Под ред. А. А. Потехина и А. И. Ефимова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л. : Химия, 1991. — 432 с.
6. Получение и физические свойства теллурида кадмия: Учеб. пособие / А. В. Савицкий. — К.: УМК ВО, 1990. — 64 с.
7. Амброзьяк А. Конструкція і технологія напівпровідникових фотоелектричних приладів : пер. з польськ. — М., 1970.
8. Фреїк, Д. М., Чобанюк, В. М., Криницький, О. С., & Горічок, І. В. (2012). Фотоелектричні перетворювачі сонячного випромінювання на основі кадмій телуриду II . Основні досягнення і сучасний стан. Фізика і хімія твердого тіла, 13(3), 744-758.
9. Краснокутский Ю. И., Верещак В. Г. Получение тугоплавких соединений в плазме. — Вища школа, 1987. — С. 134—139. — 200 с.
10. Лучинский Г. П. Химия титана. — Химия, 1971.
11. Тонкі плівки нітриду титану та гетеропереходи на їх основі Мар'янчук П.Д., Солован М.М., Брус В.В. – Чернівці:Чернів. нац. ун-т, 2018. – 102с.
12. David Johns, Ken Martin, *Analog Integrated Circuit Design*.
13. Phillip E. Allen, Douglas R. Holberg, *CMOS Analog Circuit Design*.

					ДП 6.141.37.00 00. ПЗ	Арк.
						44
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Техніка безпеки

При монтажі та експлуатації датчиків освітлення слід пам'ятати про правила електробезпеки. Переважна більшість датчиків працюють під напругою 220 В, що дозволяє вмикати їх до звичайної однофазної мережі без додаткових трансформаторів, але робить не менш небезпечними, аніж інші електроприлади. Пам'ятайте про те, що датчик – це не низьковольтна «іграшка», а силовий пристрій, абсолютно аналогічний звичному вимикачу з точки зору загрози для життя та здоров'я людини.

Щоб уникнути ураження електричним струмом, а також запобігти виникненню пожежі при експлуатації електротехнічних приладів необхідно:

- проводити монтаж і експлуатацію електротехнічних приладів згідно з інструкціями виробника;
- не користуватися електротехнічними приладами по закінченню терміну їх служби;
- не експлуатувати електротехнічні прилади, якщо порушені їх цілість чи пошкоджений корпус;
- не проводити ремонт електротехнічних приладів власноруч. Це мають робити лише фахівці спеціалізованих сервісних служб;
- не користуватися нестандартними електричними приладами;
- не розміщувати обігрівальні електричні прилади біля електропроводки та штепсельних розеток;

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						45
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- не перевантажувати електричні з'єднувачі електричними приладами, сила струму яких у сукупності перевищує допустимі значення для таких пристроїв;
- не торкатися мокрими руками та не витирати вологою ганчіркою електричні кабелі, штепсельні розетки, вимикачі, інші електроприлади які ввімкнені в електромережу;
- не залишати без нагляду ввімкнуті електричні прилади;
- при залишенні робочого місця перевіряти, щоб всі електроприлади були вимкнені.
- Використання електричних приладів не за призначенням або невміле користування ними може призвести до виникнення пожежі

					<i>ДП 6.141.37.00 00. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>ЗМ</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46