

Контролер на монослойна везна

Николай Тодоров Тюлиев, ТУ-София
Емилия Георгиева Балканска, ТУ-София
Тошко Александров Александров, ТУ-София

Thin Film Balance Controller. The topics of our article is constructing and design of thin film balance controller by using MC68HC11 microprocessor. The basic aspects of monolayer technique and technical limitation are outlined. Some requirements of software are also mentioned. Overview is made of developed program modules.

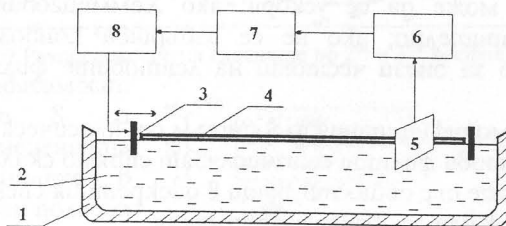
1. Въведение

Съвременната молекулярна електроника, биофизика, проектирането на модерни сензори, използват мономолекулярни слоеве. Свойствата на монослой могат да се програмират чрез контролиране физико-химическите параметри при нанасянето му върху подложката.

За изследване свойствата на слоя обикновено е достатъчно отлагането му върху течна среда, след което може да се извършват различни наблюдения и изследвания. Установката за формиране на монослоевете върху течна среда се нарича монослойна везна.

2. Техника на експеримента и произтичащи от нея изисквания

Върху водна повърхност се капва разтвор на желаното вещество в летлив и несмесваем с вода разтворител. След изпаряване на разтворителя монослой (4) се свива с помощта на подвижния бариер (3) до получаване на компактен филм.



фиг. 1

1)- съд, 2)- течност (вода), 3)- подвижна неумокрема преграда (тефлон), 4)- изследван слой, 5)- измервателна пластинка на Вилхелми, 6)- измервателен механизъм, 7)- управление, 8)- задвижващ двигател.

Състоянието на монослой се следи чрез датчик на повърхностно напрежение (5 и 6). Оптималната степен на компресия се определя от изотермите (повърхностно напрежение / площ на молекула) за даденото вещество.

По време на пренасянето на слоя върху твърда подложка повърхностното напрежение трябва да се поддържа постоянно. Чрез неколкостранно повтаряне на процедурата могат да се изградят многослойни системи.

Освен датчик за повърхностно напрежение може да се добави и такъв за повърхностния потенциал на веществото. Желателно е температурата на установката да се поддържа постоянна.

Отбелязаното по-горе определя и основните изисквания към контролера по отношение на апаратната и програмната му част:

- Датчик за повърхностно напрежение - трябва да съчетава точност, стабилност, простота и надеждност. За измерване на повърхностното напрежение се използва полупотопена пластинка (пластинка на Вилхелми).

- Придвижване на бариера – необходимо е плавно и точно преместване с разделителна способност по-добра от 0.1мм. Използването на стъпков двигател е добро решение, но трябва да се вземат мерки вибрациите възникващи при отработването на отделните стъпки да не влияят на датчика на повърхностното напрежение. Може да се наложи демпфериране на предавателния механизъм.

- Контрол върху експеримента - операторът трябва да задава началните параметри на процеса, да го следи и да реагира при аварийни ситуации. За целта се използва клавиатура с необходимите функционални клавиши (старт, стоп, ръчно придвижване на бариера и т.н.).

- Регистриращо устройство – най-подходящо е използването на персонален компютър, както за управление на експеримента така и за архивиране. Обменът между компютъра и контролера може да се извършва по серийния интерфейс, предвид малкото количество информация.

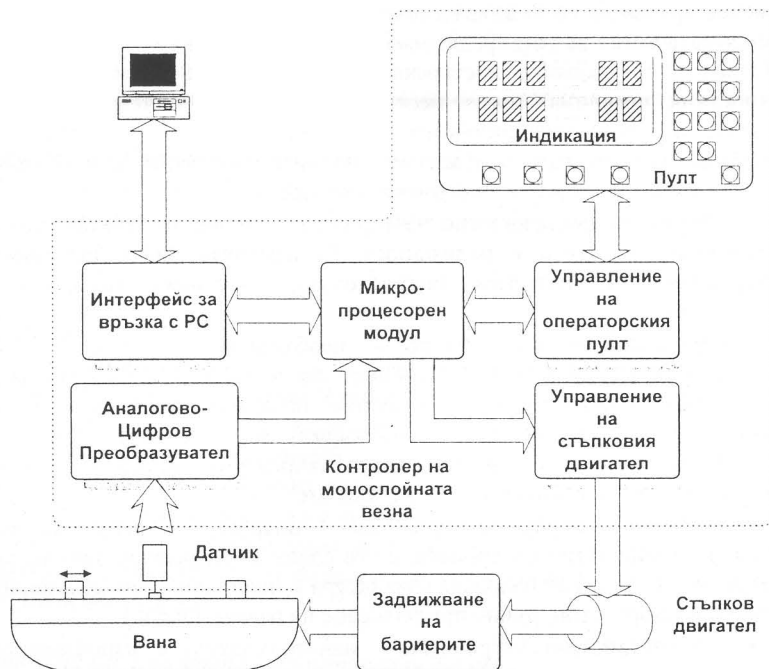
- Програмна част – основните изисквания са към програмното осигуряване на контролера – поради ограничеността на ресурсите и изискванията за бързодействие и стабилност. Към програмното осигуряване за РС изискването е едно – удобство за потребителя.

3. Блокова схема на контролера

Контролерът е реализиран с микропроцесор MC68HC11, поради неговите възможности: АЦП, два серийни интерфейса и удобна таймерна подсистема. Серийните интерфейси се използват за комуникацията с персоналният компютър (SCI) и с пулта на оператора (SPI).

Ваната е съд с тефлоново покритие, в който се съдържа течността (вода), върху която се образува монослой. Компресията на слоя се извършва с подвижна бариера, също от тефлон, задвижвана от *стъпков двигател*.

Датчикът включва описаната пластинка на Вилхелми, като повърхностното напрежение на монослоя се измерва чрез парче филтърна хартия с подбрани размери, полупотопено във водата.



фиг. 2

Теглото на хартията се измерва с механизъм от стрелкови уред. Положението на стрелката се контролира от оптоелектронна двойка и се поддържа неизменно с тока през уреда. Може да се изведе, че изменението на теглото е свързано линейно с изменението на повърхностното напрежение.

Особено важна е процедурата на калибриране на датчика, която трябва да се извършва преди всеки експеримент - след подготвянето на ваната и преди нанасянето на изследваното вещество се запомня измерената стойност с датчика – тя служи за база за определяне на преместването. След това към рамото на пластинката се закачват две тежести, симулиращи изменение в повърхностното напрежение с точно определена стойност (например 25 и 50 mN/m). Получените стойности също се запомнят и служат за определяне на текущата стойност на $\Delta\gamma$ (формула 1) чрез използване уравнение на права минаваща през две точки.

Ако получените при калиброването цифрови стойности са N_1 и N_2 , съответстващи на изменение в повърхностното напрежение $\Delta\gamma_1$ и $\Delta\gamma_2$, то всяка получена в процеса на експеримента стойност N отговаря на $\Delta\gamma$ чрез следната зависимост:

$$\Delta\gamma = \frac{\Delta\gamma_2 - \Delta\gamma_1}{N_2 - N_1} N + \Delta\gamma_1 N_2 - \Delta\gamma_2 N_1 \quad (1)$$

Коефициентът пред N и свободния член в тази зависимост се изчисляват при калибровката, така че в процеса на работа на контролера за преобразуване са необходими само едно умножение и едно събиране.

Аналогово-цифровият преобразувател преобразува сигнала от *датчика* в цифров код. Използваният микроконтролер притежава вграден 8 битов АЦП. Получената стойност се преобразува за получаване на действителната стойност на изменението на повърхностното напрежение.

Интерфейсът за връзка с РС е асинхронен сериен - RS232C със необходимите буферни схеми.

Индикация и клавиатура - клавиатурата съдържа цифрите от '0' до '9' и функционални клавиши за контрол на експеримента, а индикацията е течно-кристална двуредова матрична. В случая е използвано серийно свързване към синхронния сериен интерфейс (SPI) на микроконтролера. За серийно/паралелно преобразуване и обратно са използвани преместващи регистри.

Стъпковият двигател осигурява придвижването на бариера по време на експеримента. Използваният двигател е 12 волтов, двуфазен – използват се две напрежения за управлението му. Той е с активен ротор и стъпката му е 1.8° , т.е. необходими са 200 стъпки за пълно завъртане (360°) на ротора. Предавателният механизъм (червячен) е така разчетен, че един оборот (200 стъпки) на двигателя се преобразуват в 1 mm линейно преместване на бариера, от което следва, че 1 стъпка отговаря на 5 μm . В двата края на полето на движение на бариера са поставени изключватели за крайно ляво и дясно положение.

4. Програмно осигуряване

За програмното осигуряване на контролера е използван асемблер. Основните модули включват:

Инициализация

- Инициализация на глобалните параметри и отделните подсистеми на микроконтролера. Първо се инициализират регистрите с лимитиран запис (възможен е е първите 64 такта след сигнал RESET), след което се задават основните свойства на таймерната, комуникационните подсистеми, АЦП и цифровите вход/изходи;
- Инициализация на RAM паметта, установяване на стековият указател, начални стойности на променливи;
- Инициализация на индикацията;

Чрез подходящи подобрани последователност и полярнитет на напреженията върху намотките се постига движение в различни посоки. Честотата на задаването им определя скоростта на въртене на двигателя. Като се има предвид, че на един оборот на ротора съответстват 200 отделни стъпки, то връзката между честотата f на отработване на стъпките и скоростта на въртене е:

$$V = \frac{f \cdot 60}{200}, \text{ мин}^{-1}$$

За изработване на управляващи сигнали с необходимата честота се използват модулите Output Compare на микроконтролера – записва се стойност в регистъра на цифровия компаратор, и когато съдържанието на регистъра на таймера стане равно на тази стойност се извиква прекъсване. При обработката на прекъсването съдържанието на регистъра на компаратора се увеличава с дадена стойност N . Честотата на извикване на прекъсването е:

$$f = \frac{E}{X \cdot N} = \frac{2 \cdot 10^6}{4 \cdot N}, \text{ където}$$

X е стойността на делене на прескалера. Определената по този начин скорост на въртене на двигателя е:

$$v = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 60}{200 \cdot 4 \cdot N}, \text{ мин}^{-1}$$

Чрез изменение на N се постигат скорости от 150 об/мин (за $N=1000$) до 2.23 об/мин (при $N=65535$). За получаване на по-ниски скорости е необходимо въвеждането на допълнителен делител. Разделителната способност на задаването на скоростта се определя от ниските стойности на N . За точност на задаване 0.1 мм на скоростта е необходимо N да не е по-малко от 1250, което определя максимална скорост от 120мм/мин.

Процедурата по запис на новата стойност в регистъра на цифровия компаратор е важна за точността на движението на бариера. Ако прекъсването настъпи по време на изпълнение на програма за обслужване на друго, то моментът на изпълнение се отлага до приключването му. Това ще доведе до “закъсняло” следващо извикване. Ако то също завари процедура по обслужване на прекъсване и закъснее, то общото закъснение е сумарно, като се получава пълзене на моментите на извикване и скорост, по-ниска от зададената. Този проблем е решен, като моментът на следващото изпълнение се определя не спрямо текущата стойност на таймера, а спрямо стойността, при която би трябвало да се влезе в прекъсването. Получава се неравномерно отработване на отделните стъпки, но скоростта на придвижване в по-голям период от време се запазва.

Програмиране на АЦП. Датчик

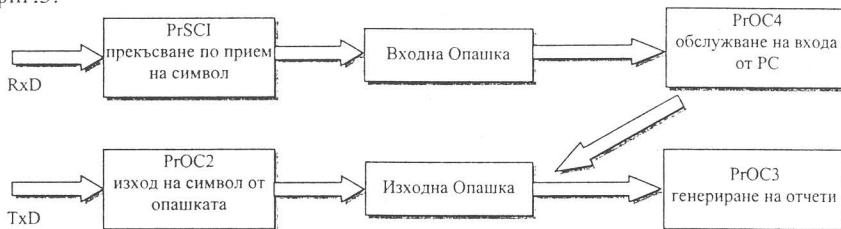
Датчикът за повърхностно напрежение е свързан към един аналогов вход на микроконтролера. Останалите входове са предвидени за използване на други датчици – за температура и повърхностен потенциал. Използван е режим на серийно многоканално преобразуване.

Клавиатура и индикация

Разработени са подпрограми за подаване на команди, извеждане на стринг на индикацията и четене на клавиатурата чрез няколко последователни обмена по SPI интерфейса. Използва се най-високата скорост на обмен – 1MHz. Изборът на премествания регистър се избира чрез допълнителен сигнал.

Подпрограми за серийна комуникация

Структурата на обслужване на серийния канал за връзка с РС е показана на фиг.3:



фиг.3

В основата на протокола на обмен стои идеята за “отчети” на контролера за текущото му състояние през 200ms. Отчетите съдържат различна информация в зависимост от режима. При обмена се използва следната форма на съобщения:

0	1	2	3	...	N
ID1	ID2	Code	... данни ...		
\$55	\$AA	код	дължина в зависимост от кода		

ID1 и ID2 се използват за идентификация на началото на съобщението, а Code определя типът му. За отчетите са предвидени кодове \$F0-\$F4, а за командите към контролера \$00-\$0F.

Докато при аварийните режими и инициализацията само се уведомява за състоянието, при работните режими се съобщава и положението на бариера, времето от началото на експеримента, измерените стойности от АЦП, посоката на движение. Изпращането на съобщения може да се потисне. Това може да се

наложи когато приемащата програма в персоналният компютър не успява да обработи входния поток.

В крайна сметка натоварването на входната опашка е доста по-малко от това на изходната за по-голям период от време, но съществува опасност от препълване при голяма скорост на възникване на съобщения от страна на РС-то, което трябва да се има предвид при разработването на софтуер за персоналният компютър.

Програмно осигуряване за персонален компютър

Реализирано е под операционна система Windows. Windows програмирането е събитийно – програмата се състои от отделни модули, които реагират на определени “събития” – няма твърдо определена последователност в обхождането на модулите. Програмата няма изисквания към бързодействието, основната задача е визуализиране на данните и управление на данните от предишни експерименти. Разработената програма е за Delphi 1 - за да е съвместима с Windows 3.x, възможно е да се прекомпилира на по-висока версия ако е необходимо.

Литература:

1. Иванов Н., Петков Л., Христов Л., “Физика”, Техника 1975.
2. Дякович Д., Добрев А., Никифоров В., “Справочник по химия”, Народна Просвета 1987.
3. “Thin films technique”, монография, Internet
4. “Langmuir-Blodgett monolayers”, монография, Internet.
5. “MC68HC11. Reference Manual”, Motorola Inc. 1996 rev.3.
6. Иванов Р., Асенов О., “Архитектура и системно програмиране на Pentium базирани компютри”, Габрово 1998.
7. Матчо Д., Фолкнер Д., “Визуално програмиране с Delphi. I и II”, SoftPress София 1997.
8. “Delphi. User’s Guide”, Borland Inc. 1997.