

УДК 681.513.2:655

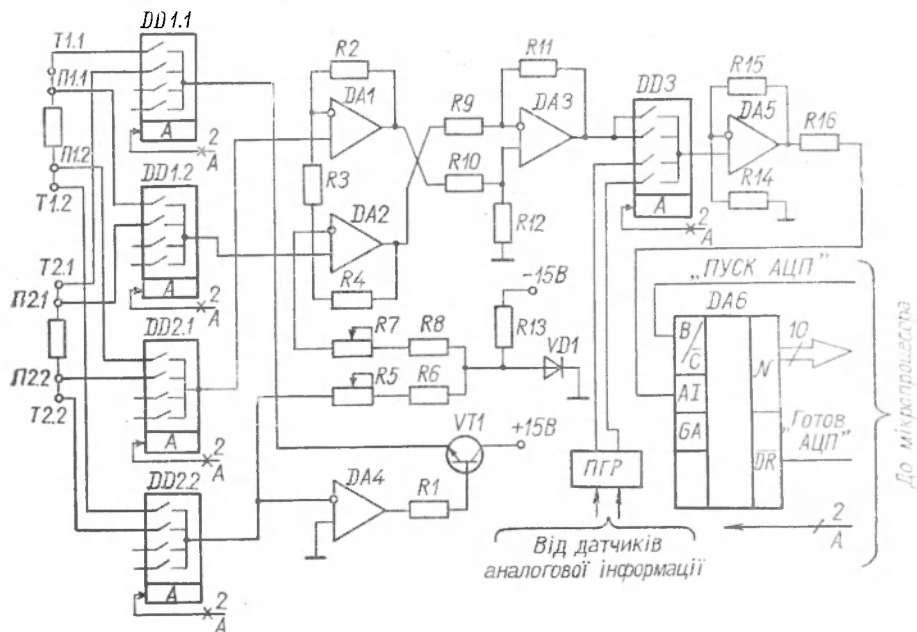
М. С. БУДИЩЕВ, О. О. ВЕРАКСИЧ, Я. С. МАРУНЯК

ТРАКТ ПЕРЕТВОРЕННЯ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЦИФРОВУ ФОРМУ

При управлінні технологічними процесами проявочних поліграфічних машин необхідно вирішувати задачі термостатування рідин (проявника, фіксажу, промивальної води) та повітря, а також завдання і регулювання частоти обертання електродвигунів, що використовуються для транспортування фотоматеріалу, для приводу насосів корекції проявника та фіксажу тощо. На сьогодні ці задачі доцільно розв'язувати на базі мікропроцесорної техніки, що дає можливість використову-

вати відомі переваги цифрової техніки і за допомогою програми, що закладається в процесор, розширяти або змінювати функції пристрою управління.

Схема тракту перетворення аналогових сигналів в цифрову форму випробувана на діючому макеті мікропроцесорного пристрою управління технологічними процесами прожовочної машини. Тракт перетворення (див. рисунок) містить в собі вхідний мультіплексор на мікросхемах *DD1* та *DD2* для комутації



Функціональна схема тракту аналого-цифрового перетворення.

кіл термоперетворювачів *BK1* та *BK2*, диференційний підсилювач на мікросхемах *DA1*, *DA2*, *DA3*, стабілізатор струму на операційному підсилювачі *DA4*, джерело підпорної напруги на стабілітроні *VD1*, вихідний мультіплексор на мікросхемі *DD3*, узгоджувач підсилювач на мікросхемі *DA5* та аналого-цифровий перетворювач (АЦП) на *DA6*.

До вихідного мультіплексора *DD3* через пристрій гальванічного розв'язку (ПГР) можуть бути підключені і інші аналогові сигнали, наприклад напруга якоря тахогенератора або тахомоста двигуна постійного струму.

Для управління роботою тракту перетворення аналогових сигналів мікропроцесор попередньо по шині *A* виставляє код адреси вимірювального каналу на мультіплексори, після чого він здійснює запуск АЦП.

При наявності на шині *A* кода адреси першого каналу струмові виводи *T1.1* та *T1.2* термоперетворювача *BK1* підключаються до кола стабілізатора струму через мікросхеми *DD1.1* та

DD2.2, а потенціальні виводи П1.1 та П1.2 — через мікросхеми DD1.2 та DD2.1 — до виходів диференційного підсилювача. Вихід підсилювача через DD3 і узгоджуючий підсилювач DA5 під'єднується до входу АЦП.

По закінченні перетворення аналогового сигналу в цифрову форму АЦП видає сигнал «Готов АЦП», за яким мікропроцесор зчитує вихідну цифрову інформацію з АЦП, а далі встановлює на шині А наступний код адреси каналу комутації, і процес роботи тракту повторюється.

На функціональній схемі передбачено почергове аналого-цифрове перетворення по чотирьох каналах. Для позбавлення впливу опору лінії з'єднання на точність вимірювання термоперетворювачі BK1 та BK2 під'єднані до тракту перетворення по чотирьохпровідній лінії.

При використанні як термоперетворювачів мідних термометрів опору типу ТСМ-50 їх опір при зміні температури від 0 до 100 °С визначається за рівнянням $R_t = R_{t_0}(1 + \alpha_t t)$. Опір термометру при 0 °С $R_{t_0} = 50$ Ом, а температурний коефіцієнт міди $\alpha_t = 3,90428$, тому в діапазоні температур $0 \leq t \leq 100$ °С опір термометра $50 \leq R_t \leq 71,4$ Ом.

Прийнявши струм живлення через датчики температури $I_0 = 2$ мА, одержимо зміну напруги на їх потенціальних виводах в межах $0,1 \leq U_t \leq 0,1428$ В.

Якщо вважати, що аналоговий сигнал на вході узгоджуючого підсилювача DA5 по всіх каналах змінюється від 0 до 2,5 В, то коефіцієнт передачі диференційного підсилювача

$$K = U_{\text{вих макс}} / \Delta U_{\text{max}} = 2,5 / 0,0428 = 58,41.$$

Відомо *, що

$$K = 1 + \frac{2R_a}{\bar{R}_b} \frac{R_d}{\bar{R}_e},$$

де $R_a = R2 = R4$; $\bar{R}_b = R3$; $R_d = R11 = R12$;
 $R_e = R9 = R10$.

Вибравши $R_d = R_e$, одержимо $R_b = 2R_d / (K - 1)$. Задаючи значення опору R_d , можна визначити, що $R_b = R3$. Всі резистори мають бути прецизійними.

При температурі $t = 0$ напруга на виході диференційного підсилювача повинна дорівнювати нулю. Для цього передбачена компенсація напруги на терм резисторі при нульовій температурі шляхом подачі підпорної напруги на інвертуючий вхід мікросхеми DA2 через резистори R7, R8. Для обраної схеми коефіцієнт передачі мікросхеми DA2 $K_h = R4 / (R7 + R8)$.

При відсутності компенсуючого сигналу на виході підсилювача виникла б напруга

$$U'_{\text{вих}} = I_{\text{вх}} U_{\text{п.н}} = I_{\text{вх}} R_{\text{вх}} I_0.$$

Для компенсації цієї напруги потрібно, щоб $K_h = U'_{\text{вих}} / U_{\text{п.н}}$, де $U_{\text{п.н}}$ — підпорна напруга на вході мікросхеми DA2.

* Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л., 1983.

Прийнявши тип стабілітрона (наприклад, КС 191С), визна-чають спочатку U_n , потім $K_k = U'_{\text{вих}}/U_n$, а після цього — сумар-ний опір $R7+R8=R4/K_k$. Маючи U_n , можна знайти в колі ста-білізатора значення опорів $R5+R6=U_n/I_0$.

Узгоджуючий підсилювач на мікросхемі DA5 крім дальшого підсилення вихідних сигналів призначений ще й для усунення впливу на точність вимірювання опорів відкритих ключів вихід-ного комутатора. Коефіцієнт передачі узгоджуючого підсилюва-ча повинен становити

$$K_{УП} = 1 + R15/R14 = U_{ADC}/U_{DA5}$$

де U_{ADC} — максимальна вхідна напруга на АЦП; U_{DA5} — на-пруга на вході DA5.

Описаний тракт перетворення випробуваний на макеті про-грамного пристрою управління проявочною машиною з двома камерами термостатування. У першій камері температури зада-валися в межах 20...30°C із зоною регулювання 1°C. У дру-гій камері задані температури були в межах 60...80°C при зоні регулювання 4°C.

В макеті значення заданих температур вводили за допомо-гою цифрової клавіатури, зона регулювання задавалася про-грамним способом. Замість термометрів ТСМ-50 використову-вали магазин опорів класу 0,05 з мінімальною дискретністю ост-анньої декади магазину $\Delta R_{\text{маг}} = 0,01$ Ом.

Температури, при яких програмний пристрій видавав коман-ди на вмикання і вимикання нагрівача у камерах, знаходили з виразу $t = (R_i/50 - 1) 0,00428$. Різниця температур $t_{\text{вим}} - t_{\text{вимк}}$ визначає зону регулювання. Постійність відхилення температур $t_{\text{вимк}}$ та $t_{\text{вим}}$ від заданого значення t_z при різних значеннях тем-ператури характеризує стабільність зони регулювання відносно заданого рівня температур. Результати проведених досліджень наведені нижче.

Задана температура в камері № 1, °C	15	20	25	30	35
$t_{\text{вимк}}, ^\circ\text{C}$	14,85	19,72	24,81	29,95	34,91
$t_{\text{вим}}, ^\circ\text{C}$	15,37	20,51	25,51	30,51	35,56
Зона регулювання, °C	0,514	0,794	0,704	0,564	0,651
$\Delta t_{\text{вимк}} = t_z - t_{\text{вимк}}, ^\circ\text{C}$	0,14	0,28	0,09	0,05	0,09
$\Delta t_{\text{вим}} = t_{\text{вим}} - t_z, ^\circ\text{C}$	0,37	0,51	0,51	0,51	0,56

Задана температура в камері № 2, °C	50	60	70	80
$t_{\text{вимк}}, ^\circ\text{C}$	48,5	58,5	68,6	78,55
$t_{\text{вим}}, ^\circ\text{C}$	51,96	61,96	72,1	82,06
Зона регулювання, °C	3,46	3,46	3,50	3,51
$\Delta t_{\text{вимк}} = t_z - t_{\text{вимк}}, ^\circ\text{C}$	1,5	1,5	1,4	1,45
$\Delta t_{\text{вим}} = t_{\text{вим}} - t_z, ^\circ\text{C}$	1,96	1,96	2,1	2,06

Наведені дані свідчать про те, що описаний тракт перетворення забезпечує потрібну стабільну зону регулювання та високу стабільність відхилень температури $t_{\text{вмнк}}$ та $t_{\text{вим}}$ регульованого об'єкту від заданого значення при температурах 50 °C та вище.

Дещо гірша стабільність зони регулювання та відхилення температури $t_{\text{вмнк}}$ має місце при вимірюванні температур в діапазоні 15...35 °C, яке пояснюється тим, що абсолютна похибка десятирозрядного АЦП в макеті залишається незмінною по всьому діапазону вимірювання. Внаслідок цього відносна похибка перетворення при малих значеннях вимірювального сигналу зростає.

Стаття надійшла до редколегії 09.02.89