

## ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.396.6

### ЦИФРОВОЙ ИНДИКАТОР ФОРВАКУУМА НА ДАТЧИКЕ ПМТ-4М

© 2024 г. В. Л. Цымбаленко

Поступила в редакцию 11.03.2023 г.

После доработки 15.11.2023 г.

Принята к публикации 20.11.2023 г.

Описана конструкция измерителя давления форвакуума датчиком ПМТ-4М, представляющая результаты измерения на дисплее в четырех форматах: напряжение от термопары; линейный индикатор напряжения; давление, определенное по калибровочной кривой датчика; значения тока нагревателя термопары.

**Рис. 1**

Конструкция индикатора представлена на рис.1. Аналоговая часть состоит из усилителя напряжения термопары (контакты  $X_1, X_2$ ) на сдвоенном операционном усилителе  $DA_1$  с коэффициентом усиления 200 и стабилизатора тока нагревателя в диапазоне 90-150мА (контакты  $X_3, X_4$ ) на микросхеме  $DA_2$ . Напряжение питания усилителя  $DA_1$  равняется  $\pm 5В$ .

Порты микроконтроллера DD<sub>1</sub> PIC16F73 программируются следующим образом:

|                       |   |
|-----------------------|---|
| $TRISA = 0xFF$        | порт А на ввод,   |
| $ADCON1 = \%10000101$ | входы $RA_{0,1}$ – АЦП, $RA_3 = V_{ref} = 2.56 В$ ,             |
| $TRISB = 0$           | порт В на вывод,  |
| $PORTB = 0$           |   |
| $TRISC = \%10001000$  | бит $RC_3$ на ввод, биты $RC_{6,7}$ обслуживают обмен по RS232. |

Цикл измерения давления и опроса кнопки  $SA_1$  выполняется раз в секунду. Выходное напряжение усилителя  $V_1$  и падение напряжения  $V_2$  на сопротивлении  $R_{14}$ , пропорциональное току нагревателя, преобразуются в 8-битный коды (соответственно  $code1$  и  $code2$ ). Напряжение термопары в милливольтках задается формулой  $V_c = code1/20.48$ . Давление  $p$  в Торрах в диапазоне  $0.5 мВ \leq V_1 \leq 10мВ$  аппроксимируется формулой

$$y = \sum_{n=0}^5 a_n (V_c \cdot 0.1)^n, \quad p = y^4,$$

где коэффициенты  $a_n$  имеют следующие значения:  $a_0 = 0.81219$ ,  $a_1 = -2.33305$ ,  $a_2 = 6.81974$ ,  $a_3 = -12.93559$ ,  $a_4 = 12.91515$ ,  $a_5 = -5.16641$ .

Формат индикации на однострочном десятизначном дисплее LCD выбирается нажатием кнопки  $SA_1$ . По умолчанию устанавливается отображение напряжения на термопаре в милливольтках: “5.82 mV”. При напряжении менее 0.5мВ на дисплей выводится значение “0.5 mV”. Одно нажатие приводит к индикации напряжения термопары в диапазоне 0–10мВ в режиме линейного индикатора (|||||||), два нажатия – к выводу показаний в Торрах (0.0152 Torr), три нажатия к показу значения тока нагревателя в мА (129 mA). Показания дисплея в режимах “mV” и “Torr” передаются на TTL-уровнях в формате “9600,8,N,1” с выхода  $T_x$ .

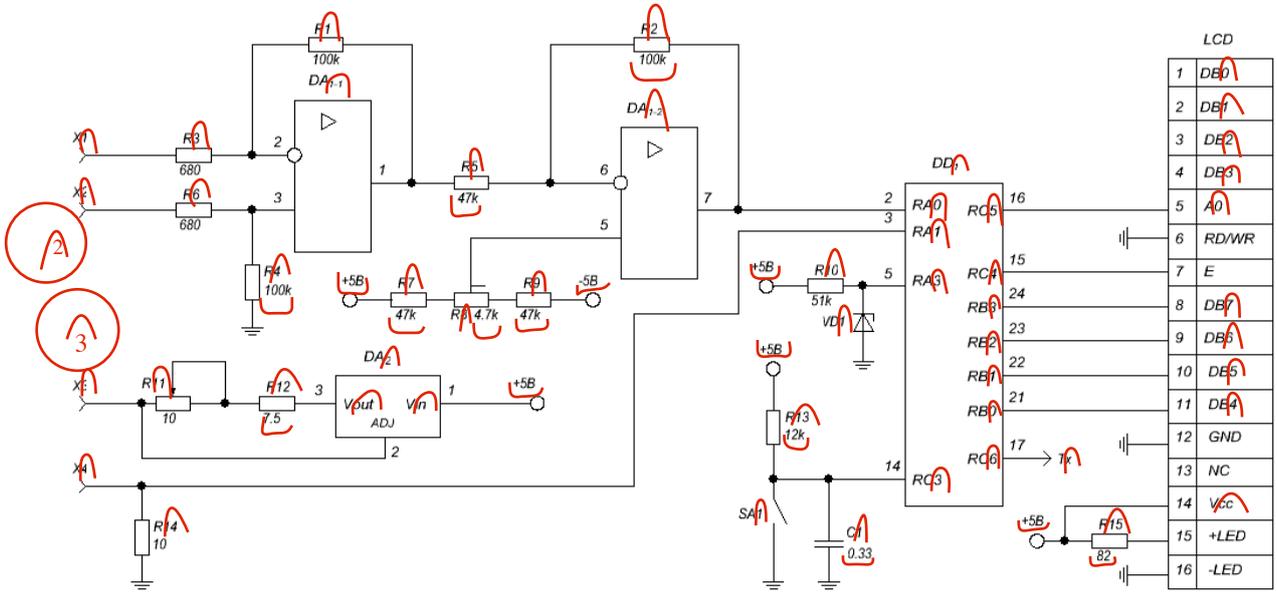
Прошивка контроллера PMT\_73.hex расположена по ссылке [jet@ras.ru](mailto:jet@ras.ru)

*Адрес для справок: Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1. Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”. E-mail: [VLT49@yandex.ru](mailto:VLT49@yandex.ru)*

## ПОДПИСЬ К РИСУНКУ

Рис.1. Схема индикатора:  $DA_1$  – LM358,  $DA_2$  – LM317-T,  $DD_1$  – PIC16F73,  $VD_1$  – LM285-2.5, LCD – MT-10S1-2YLG. Многооборотные сопротивления  $R_8$  и  $R_{11}$  – установки нуля усилителя и тока нагревателя соответственно. Стандартные цепи микроконтроллера (reset, подключение питания, заземления и кварца частотой 7.372 МГц) не показаны.

Рис.1



| LCD |       |
|-----|-------|
| 1   | DB0   |
| 2   | DB1   |
| 3   | DB2   |
| 4   | DB3   |
| 5   | A0    |
| 6   | RD/WR |
| 7   | E     |
| 8   | DB4   |
| 9   | DB5   |
| 10  | DB6   |
| 11  | DB7   |
| 12  | GND   |
| 13  | NC    |
| 14  | VCC   |
| 15  | +LED  |
| 16  | -LED  |

Для связи с автором:

**Цымбаленко Владимир Леонидович**

**Тел.: 8-962-936-66-82 (моб.)**

**Е-mail: [VLT49@yandex.ru](mailto:VLT49@yandex.ru)**