

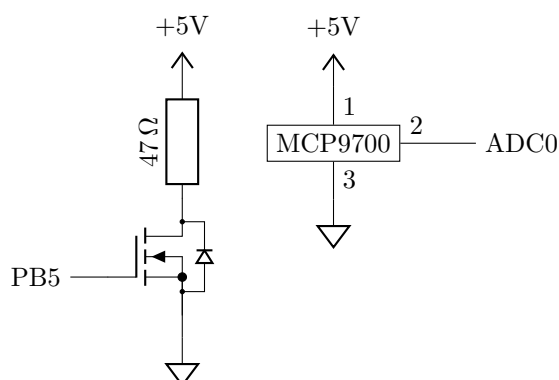
# Systemy wbudowane


Lista zadań nr 11

16 i 17 stycznia 2024

Rozwiązania należy zaprezentować najpóźniej w dniu, w którym odbywa się pracownia. Najpóźniej w tym samym dniu należy również przekazać kod źródłowy rozwiązań na SKOS. Pliki należy nazwać w czytelny sposób, podpisać w komentarzu w treści pliku, oraz przesłać jako oddzielne pliki na SKOS – bez archiwizacji.

1. Wykorzystując scalony czujnik temperatury MCP9700<sup>1</sup>, tranzystor MOSFET IRF520<sup>2</sup> oraz rezystor 47  $\Omega$  z zestawu zbuduj następujący układ, tak, aby rezystor 47  $\Omega$  stykał się fizycznie (obudową, nie przewodami) z czujnikiem temperatury:



Pamiętaj, że nóżki elementów w obudowie TO-92 liczy się od lewej do prawej patrząc na płaski bok obudowy – patrz nota katalogowa. Odwrotne podłączenie **uszkodzi** czujnik. 

Rezystor 47  $\Omega$  pełni w układzie funkcję grzałki o mocy  $\frac{U^2}{R} = \frac{(5V)^2}{47\Omega} \approx 0.5W$ . Napisz program, który będzie sterować grzałką, aby ustabilizować temperaturę mierzoną przez czujnik. Zastosuj sterowanie *bang-bang*<sup>3</sup> z *histerезą*<sup>4</sup>:

- Włącz grzałkę i czekaj, aż temperatura przekroczy nastawioną wartość  $T$ ,
- Wyłącz grzałkę i czekaj, aż temperatura spadnie do temperatury  $T - T_h$ , gdzie  $T_h$  to niewielka dodatnia wartość, np. 1 stopień Celsjusza.

Wykorzystaj do pomiarów ADC napięcie referencyjne 1.1 V, aby zniwelować wpływ zmian napięcia zasilającego na pomiary. Program powinien być sterowany przez UART (zmiana nastawionej temperatury  $T$ , wypisywanie bieżącej temperatury).

**Uwaga!** Wysokie prądy płynące przez grzałkę mogą powodować na tyle duże spadki napięć na połączeniach w płytce stykowej, że będą wpływać na wyniki pomiarów temperatury. Konstruując układ postaraj się, aby przewody zasilania i masy dla grzałki i termometru były jak najbardziej niezależne. Używana płytka deweloperska posiada dwa piny GND – możesz użyć jednego z nich dla grzałki, a drugiego dla termometru.

2. Wykorzystaj układ z poprzedniego zadania, ale zmodyfikuj sposób sterowania – zastąp sterowanie bang-bang regulatorem PID<sup>5</sup>.

Wykorzystaj umieszczoną na SKOS bibliotekę sterownika PID do stabilizacji temperatury. Program powinien umożliwiać zmianę docelowej temperatury, np. poprzez UART. Współczynniki PID należy dostroić (dowolną wybraną metodą), aby nie występowała stabilna oscylacja (dopuszczalna jest lekka oscylacja tłumiona). Innymi słowy: po upływie pewnego krótkiego czasu (np. minuty) temperatura powinna utrzymywać stabilną wartość.

<sup>1</sup><http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20001942F.pdf>

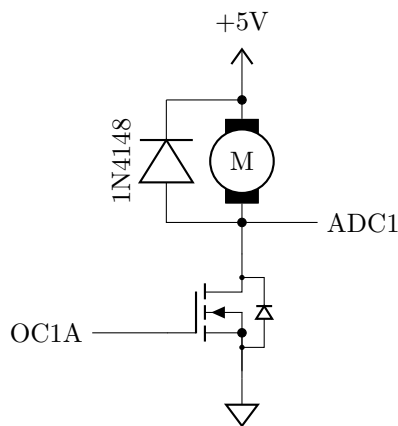
<sup>2</sup><https://www.vishay.com/docs/91017/91017.pdf>

<sup>3</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Bang%E2%80%93bang\\_control](https://en.wikipedia.org/wiki/Bang%E2%80%93bang_control)

<sup>4</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Hysteresis>

<sup>5</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/PID\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller)

3. (2 pkt) Zbuduj układ sterujący silnikiem prądu stałego wykorzystujący tranzystor MOSFET IRF520, taki, jak w zadaniu 2 z listy zadań nr 10 (włącznie z pomiarem napięcia).



Wykorzystaj tryb *Phase and Frequency Correct PWM*. Pomiary wykonywane w środku czasu zamknięcia tranzystora wykorzystaj do szacowania prędkości obrotowej. Pamiętaj, że w tym układzie napięcie to będzie **maleć** wraz ze wzrostem prędkości! Dla zatrzymanego silnika napięcie będzie równe 5 V.

Wykorzystaj umieszczoną na SKOS bibliotekę sterownika PID (nota aplikacyjna AVR221) do stabilizacji prędkości obrotowej. Sterownik PID powinien na podstawie zmierzonego napięcia silnika sterować wypełnieniem sygnału PWM podawanego na bramkę tranzystora MOSFET. Docelowa prędkość obrotowa powinna być nastawiana za pomocą potencjometru (pomiar napięcia potencjometru można wykonać po pomiarze napięcia silnika). Współczynniki PID należy dostroić, aby nie występowała stabilna oscylacja.

Prawidłowo zaprogramowany sterownik powinien przeciwstawiać się obciążaniu silnika przez zwiększanie czasu otwarcia tranzystora MOSFET. W efekcie przy nastawionych małych prędkościach obrotowych zatrzymanie silnika palcami powinno być trudniejsze, niż przy sterowaniu bez stabilizacji prędkości obrotowej.