

**Ćw.6: Przetworniki cyfrowo analogowe C/A i analogowo
cyfrowe A/C**

Kacper Tatrocki

Prowadząca: dr Małgorzata Harańczyk

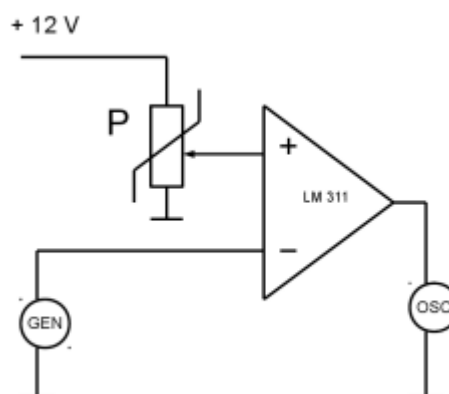
30.05.2023

Zad 6.1

Wykorzystując płytkę UA-1, połącz układ komparatora napięcia LM 311 według poniżej przedstawionego schematu. Wybierz amplitudę sygnałów z generatora (np. 5V) wiedząc że jego wyjściowe napięcie chwilowe nie może wykraczać poza zakres napięcia zasilającego komparator. Potencjometrem P nastaw napięcie z zakresu międzyszczytowego generatora, tak aby uzyskać na wyjściu fale prostokątną. Zbadaj przebieg napięcia wyjściowego komparatora dla różnych kształtów napięć i częstotliwości generatora. Wykonaj to samo ćwiczenie używając wzmacniacza operacyjnego zamiast komparatora napięcia.

Teoria:

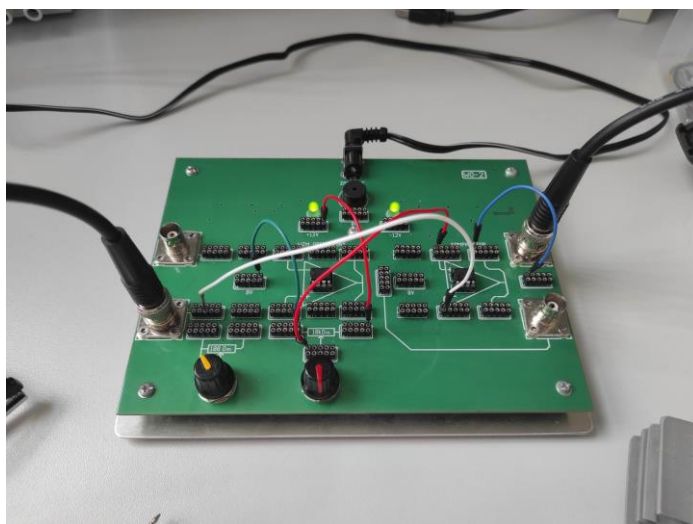
Komparator napięcia służy do porównywania analogowego sygnału $u(t)$ z napięciem progowym U . W przypadku idealnym wyjście komparatora przyjmuje tylko dwie wartości napięcia, wysoką H (high) i niską L (low), jedną dla $u(t) > U$, drugą dla $u(t) < U$. Przejście od jednego stanu do drugiego zachodzi dla $u(t) = U$, to jest dla punktu, w którym charakterystyka wyjściowa wykazuje nieciągłość. Jest zatem komparator napięcia układem o wejściu analogowym i wyjściu cyfrowym, działa na styku elektroniki analogowej i cyfrowej, pełni rolę jednobitowego przetwornika analogowo-cyfrowego. Bywa nazywany komparatorem analogowym, dla odróżnienia od komparatora cyfrowego, porównującego dane cyfrowe podawane w postaci wielobitowych słów zerojedynekowych.



Rys 1. Zbudowany układ

Obserwacje:

Zbudowano układ przedstawiony na rys 1. Przy pomocy komparatora analogowego



Rys 2. Układ na płytce UA-1 przy pomocy komparatora

Top bar: Tektronix MATH

Top left: PreVu

Top right: Autoset

Bottom status bar:

- 5.00 V
- 100ms
- 10.0kS/s
- 10k points
- 3.10 V
- Undo Autoset

| | Value | Mean | Min | Max | Std Dev |
|-----------|----------|----------------------|-------|-------|---------|
| Amplitude | 4.60 V | 4.59 | 800m | 6.00 | 242m |
| Frequency | 40.00 Hz | Low signal amplitude | | | |
| Amplitude | 28.0mV | 29.2m | 20.0m | 36.0m | 2.15m |
| Frequency | 330.6 Hz | Low signal amplitude | | | |

Bottom right corner: 30 May 2023 12:55:54

Tektronix
 MSO30312 Mixed Signal Oscilloscope

100 MHz
 5 Gb/s

PreVu

Autoset

2.00 V

40.0 ms

25.0kS/s
 10k points

2.72 ns

Under Autoset

| | Value | Mean | Min | Max | Std Dev |
|-------------|----------|----------------------|-------|-------|---------|
| ① Amplitude | 4.88 V | 4.89 | 4.85 | 5.20 | 56.6m |
| ② Frequency | 40.00 Hz | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 1.228m |
| ③ Amplitude | 28.0mV | 28.1m | 20.0m | 32.0m | 2.38m |
| ④ Frequency | 543.5 Hz | Low signal amplitude | | | |

30 May 2012
 12:56:42

The screenshot shows a digital oscilloscope interface. The main display area shows a waveform with a grid. The top left corner displays 'PreVu'. The top right corner has an 'Autoset' button. The bottom left corner shows a list of measurements: 1. 2.00 V, 2. 4.85 V, 3. 10.00 Hz, 4. 28.0mV, 5. 2.564kHz. The bottom right corner shows a table of statistics: Value, Mean, Min, Max, Std Dev. The table data is: Value: 4.85 V, Mean: 4.89, Min: 4.88, Max: 5.20, Std Dev: 61.9m; 2. Frequency: 10.00 Hz, Mean: 10.0, Min: 40.0, Max: 12.10, Std Dev: 2.47m; 3. Amplitude: 28.0mV, Mean: 28.3m, Min: 26.0m, Max: 32.0m, Std Dev: 2.47m; 4. Frequency: 2.564kHz, Low resolution. The bottom right corner also shows the date and time: 30 May 2023 12:57:15.

| | Value | Mean | Min | Max | Std Dev |
|---|-----------|----------|----------------|-------|---------|
| 1 | 2.00 V | 4.85 V | 4.89 | 4.88 | 5.20 |
| 2 | Frequency | 10.00 Hz | 34.02 | 10.0 | 61.9m |
| 3 | Amplitude | 28.0mV | 28.3m | 26.0m | 12.10 |
| 4 | Frequency | 2.564kHz | Low resolution | | 2.47m |

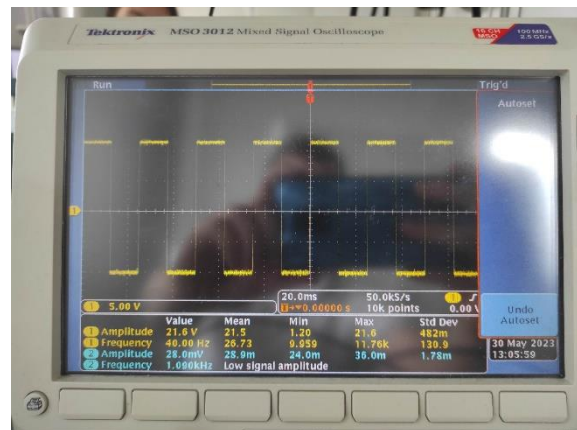
30 May 2023 12:57:15

3

Otrzymano poniższe wyniki na oscyloskopie:



Rys 8. Sygnał wyjściowy – 10Hz i 5V – sygnał kwadratowy



Rys 9. Sygnał wyjściowy – 40Hz i 5V – sygnał kwadratowy



Rys 10. Sygnał wyjściowy – 40Hz i 5V – sygnał sinusoidalny

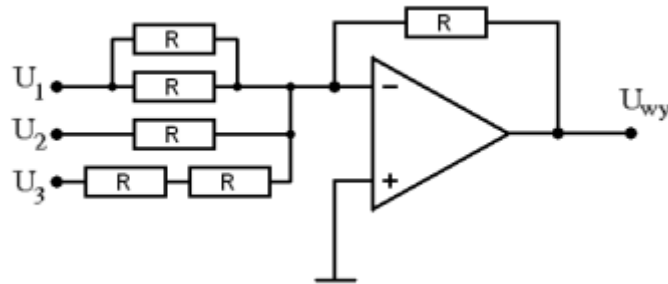


Rys 11. Sygnał wyjściowy – 10Hz i 5V – sygnał sinusoidalny

Otrzymane wyniki były bardzo podobne do tych z komparatora analogowego z tą różnicą, że sygnał wyjściowy nie był dokładnie prostokątny, a jego zbocze wznoszące nie było idealnie pionowe. Efekt ten był bardziej widoczny dla większych częstotliwości – im wyższa była częstotliwość, tym większą część okresu zajmowała zmiana stanu. Dla 20kHz sygnał wyjściowy nie przypominał nawet sygnału prostokątnego co pozwala wnioskować, że wzmacniacz operacyjny działa wolniej niż komparator jeżeli chodzi o zmianę stanu na wyjściu.

Zad 6.2

Wykorzystując płytkę UA-1 zmontować sumator o trzech wejściach. Wartość oporników dobrać w ten sposób, aby wartość napięcia wyjściowego była proporcjonalna do wartości binarnej stanów podawanych na wejścia 1, 2 i 3. Dobrać tak wartości oporników aby maksymalna wartości napięcia wyjściowego U_{wy} nie przekraczała -10V. Aby przetestować działanie układu należy zmontować licznik 3 bitowy (modulo 8) i podawać odpowiednie napięcia z licznika na wejścia sumatora U_1, U_2 i U_3 .



Rys 12. Zbudowany sumator napięć

Teoria:

Wzmacniacz sumujący jest specjalnym przypadkiem wzmacniacza odwracającego fazę. Analizując układ:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = I$$

$$U_- = U_+ = 0$$

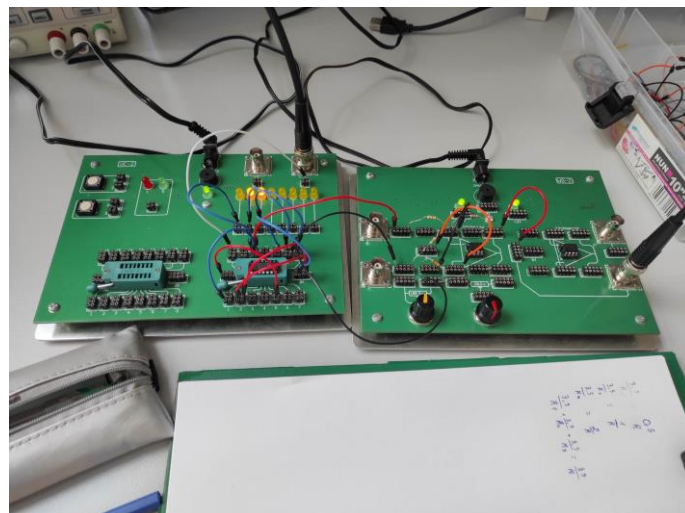
$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \dots + \frac{U_n}{R_n} = \frac{U_{wy}}{R}$$

Czyli ostatecznie mamy:

$$U_{wy} = R \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \dots + \frac{U_n}{R_n} \right)$$

Obserwacje:

Zbudowano układ przy pomocy dwóch płytek, UA-1 oraz UC-1:



Rys 13. Układ przedstawiający rys. 12

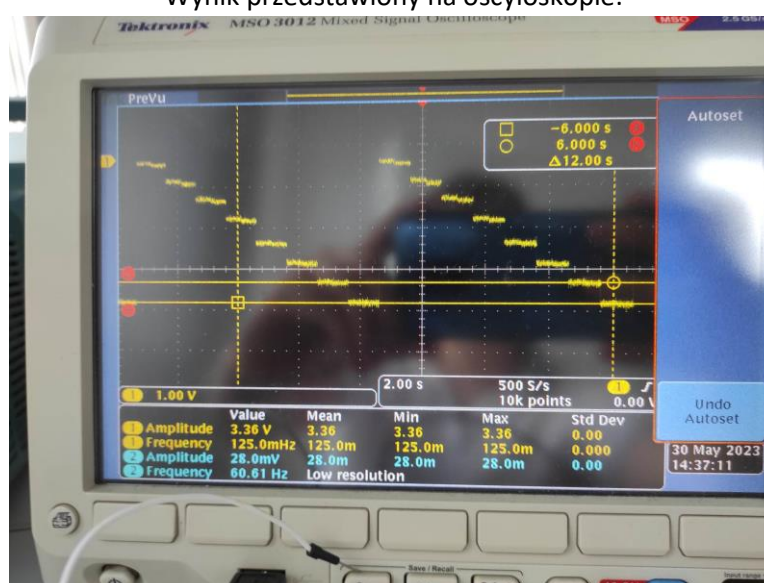
Zbudowano sumator napięć o trzech wejściach. Użyto oporników o następujących rezystancjach:

- $R_1 = 15k\Omega$
- $R_2 = 50k\Omega$
- $R_3 = 24k\Omega$
- $R_4 = 100k\Omega$

Zmierzono napięcie U_{wy} w zależności od stanów U_1, U_2, U_3 . Wyniki przedstawione są w poniższej tabelce.

| U1 | U2 | U3 | Liczba U1,2,3 w systemie dziesiętnym [n] | Uwy | Uwy/n |
|----|----|----|--|------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0V | - |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0,5V | 0,5V |
| 0 | 1 | 0 | 2 | 1V | 0,5V |
| 0 | 1 | 1 | 3 | 1,5V | 0,5V |
| 1 | 0 | 0 | 4 | 2V | 0,5V |
| 1 | 0 | 1 | 5 | 2,5V | 0,5V |
| 1 | 1 | 0 | 6 | 3V | 0,5V |
| 1 | 1 | 1 | 7 | 3,5V | 0,5V |

Wynik przedstawiony na oscyloskopie:



Rys 14. Wynik wyjścia układu z rys 13.

Widać, że stosunek $\frac{U_{wy}}{n}$ jest zachowany, zatem napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do liczby, której bity podawane są cyfrowo na wejściach.

Zad 6.3

6.3.1. Zapoznać się z budową i działaniem modułów przetwornika A/C typu FLASH: a) modułu komparatorów, b) transkodera RPP-S (Ręcznie Programowana Pamięć Stała) oraz c) transkodera RPP-SRAN (Ręcznie Programowana Pamięć SRAM).

6.3.2. Programowanie transkodera RPP-S. Połączyć moduł komparatorów z transkoderem RPP-S. Na wejście modułu komparatora podać regulowane napięcie stałe. Zmieniając poziom napięcia wejściowego zaprogramować transkoder w ten sposób, aby wartość binarna na wyjściu transkodera odpowiadała ilości zapalonych diod na module komparatorów (czyli była proporcjonalna do napięcia wejściowego). Zwrócić uwagę iż diody na wyjściu RPP-S reprezentują stany zanegowane.

6.3.3. Badanie działania przetwornika. Po zaprogramowaniu pamięci stałej dołączyć do układu płytkę konwertera C/A a na wejście modułu komparatorów podać sinusoidalne napięcie zmienne. Pamiętać, że konwerter pracuje prawidłowo tylko w zakresie napięcia powyżej 0 V. Używając oscyloskopu porównać przebieg napięcia wejściowego i napięcia po kolejnych konwersjach w układach A/C i C/A. Jaka jest rozdzielczość napięciowa konwertera typu FLASH. Porównać ją z odpowiednią wartością otrzymaną dla przetwornika badanego w punkcie 2.

6.3.4. Użycie modułu z pamięcią SRAM. Zmodyfikować konfigurację układu przetwornika zastępując transkoder RPP-S transkoderem z pamięcią SRAM. Postępując analogicznie jak opisano w punktach 3.2 i 3.3 zaprogramować pamięć SRAM i sprawdzić działanie przetwornika. Układ można zaprojektować w ten sposób aby amplituda sygnału po konwersji ulegała odwróceniu.

6.3.5. Dla przebiegu sinusoidalnego określić zakres częstotliwości, w którym przetwornik działa prawidłowo.

Teoria:

Przetworniki C/A i A/C znajdują liczne zastosowania w dziedzinie przemysłu informacji między systemami analogowymi i cyfrowymi. Mogą operować sygnałami zarówno analogowymi (w których nośnikami informacji są wartość i znak napięcia, ew. prądu), jak i cyfrowymi (reprezentowanymi w postaci kodów binarnych). Umożliwiając wymianę informacji między urządzeniami pomiarowymi różnych typów i systemami komputerowymi przetworniki te stanowią łącznik między światem urządzeń analogowym a nowoczesnymi rozwiązaniami cyfrowymi. Znajdują szerokie zastosowania w dziedzinie domowych multimedii aż po ośrodki naukowe.

Liczne metody przetwarzania sygnału analogowego na jego reprezentację cyfrową można podzielić na metody pośrednie i bezpośrednie. W układach działających w oparciu o metody bezpośrednie wielkość przetwarzania od razu jest porównywana z wielkością odniesienia. Do grupy tej zalicza się przetworniki z bezpośrednim porównaniem oraz przetworniki kompensacyjne. W przypadku metod pośrednich najpierw zamienia się wielkość przetwarzaną na wielkość pomocniczą, którą dopiero porównuje się z wielkością odniesienia. Zależne od rodzaju wielkości pomocniczej wyróżnia się metody częstotliwościowe i czasowe.

Innym istotnym kryterium podziału jest czas przetwarzania sygnału. Pod tym względem metody przetwarzania można podzielić na integracyjne i chwilowe. Metody chwilowe dają wynik odpowiadający wartości sygnału w chwili czasu względem okresu przetwarzania. Na odwrót, rezultaty metod integracyjnych odpowiadają wartości sygnału średniej za okres integracji, który na ogół zajmuje znaczną część okresu przetwarzania.

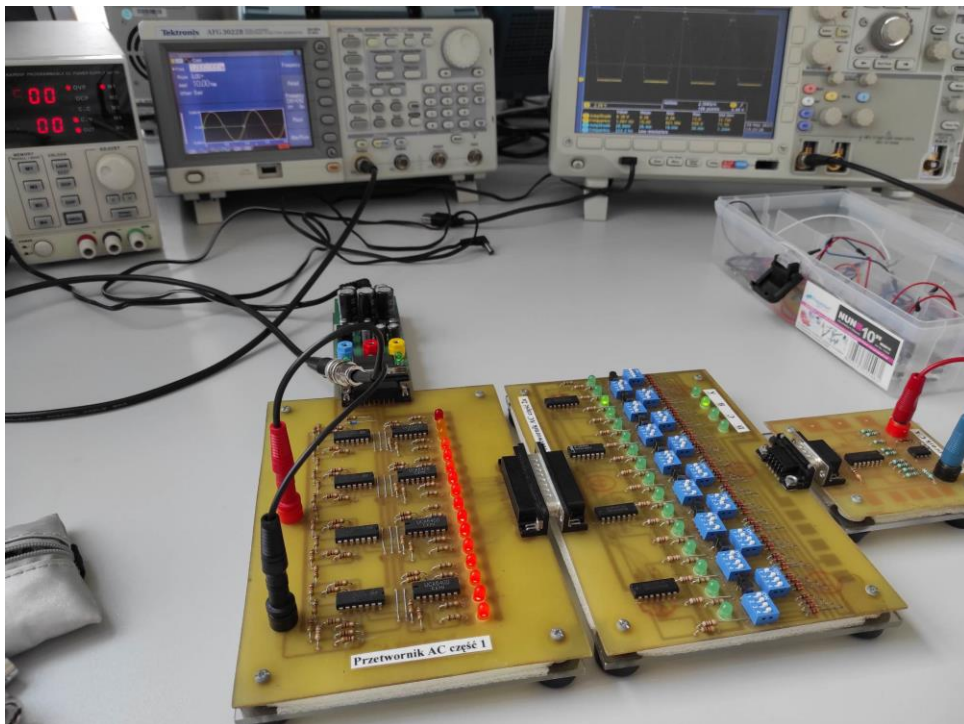
Istnieje fizyczne ograniczenie minimalnej częstotliwości próbkowania zapewniającej pełne odtworzenie sygnału analogowego z uzyskanej reprezentacji cyfrowej. Zgodnie z tzw. Prawem próbkowania informację zawartą w sygnale ciągłym zmieniającym się w czasie można wiernie wyrazić za pomocą kolejnych próbek cyfrowych jego wartości, jeżeli częstotliwość próbkowania f_s jest co najmniej dwukrotnie większa od maksymalnej częstotliwości f_{max} występującej w widmie sygnału:

$$f_s \geq 2f_{max}$$

Omawiany w niniejszym opracowaniu przetwornik analogowo-cyfrowy stanowi układ typu FLASH opierający się na bezpośrednim i chwilowym pomiarze napięcia wejściowego. W skład przetwornika A/C wchodzi blok komparatorów (płytką 1) oraz blok kombinacyjny (Ręcznie Programowana Pamięć Stała – płytką 2A oraz Ręcznie Programowana Pamięć SRAM – płytką 2B). Do zestawu dołączony jest również przetwornik C/A (płytką 3)

Obserwacje:

Połączono moduł komparatorów z transkoderem RPP-S. Na wejściu modułu komparatora podano regulowane napięcie stałe.



Rys 15. Połączenie wszystkich płytek podanych w części teoretycznej

Po dołączeniu do układu płytkę konwertera C/A, podano na wejściu modułu komparatorów dodatnie sinusoidalne napięcie zmienne o amplitudzie $U_{we} = 9.6V$ i wartości minimalnej 0V. Na wyjściu otrzymano skwantowany sygnał przypominający wejściowy sygnał sinusoidalny. Przyjmował on kolejno 15 stanów, jak na rysunku poniżej:



Rys 16. Napięcie po konwersjach w układach A/C i C/A

Jeden był niedostępny z powodu niskiej amplitudy napięcia wejściowego.