

Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

**Zastosowanie procesorów AVR firmy ATMEL
w cyfrowych pomiarach częstotliwości**

Marcin Narel

Promotor:

dr inż. Eligiusz Pawłowski

Lublin, listopad 2005

Cele pracy:

1. Przegląd i analiza metod i układów pomiaru częstotliwości, ze szczególnym uwzględnieniem metod cyfrowych, oraz analiza możliwości ich zaimplementowania przy użyciu mikrokontrolera AVR.
2. Realizacja własnego rozwiązania układowego częstościomierza cyfrowego, czyli jego:
 - zaprojektowanie,
 - zbudowanie,
 - oprogramowanie,
 - przebadanie.

Zakres pracy obejmuje:

- prezentację i analizę metod analogowych i cyfrowych pomiaru częstotliwości,
- analizę budowy i właściwości częstościomierza cyfrowego,
- przegląd rozwiązań fabrycznych z oceną ich wad i zalet,
- ocenę przydatności układów AVR do budowy częstościomierzy,
- omówienie rodziny mikrokontrolerów AVR produkcji firmy ATMEL,
- realizację własnego rozwiązania układowego częstościomierza (określenie założeń, stworzenie schematów blokowych i ideowych, realizacja programów),
- badania zbudowanego częstościomierza i omówienie wyników,
- wyciągnięcie wniosków z pracy.

Pojęcie częstotliwości - podstawowe definicje

Częstotliwość - liczba całkowitych powtórzeń zjawiska okresowego (zdarzeń) występujących w jednostce czasu. Oznacza to, że częstotliwość f zdefiniowana jest dla zjawisk okresowych i jej wartość liczbowo jest równa stosunkowi liczby okresów N do czasu t , w którym one wystąpiły:

$$f = \frac{N}{t}$$

Jednostka częstotliwości - jeden Herc [Hz], równy jednemu powtórzeniu zjawiska okresowego w ciągu jednej sekundy.

Powyższa definicja nie jest w praktyce wystarczająca do opisu wszystkich spotykanych w technice pomiarowej przypadków. Rozróżnia się kilka różnych definicji częstotliwości:

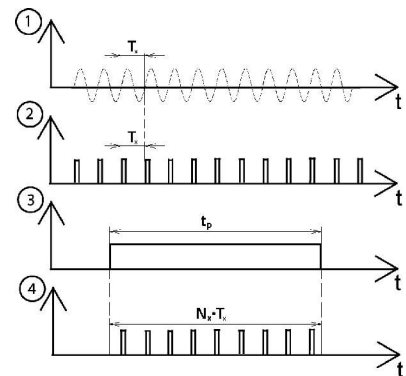
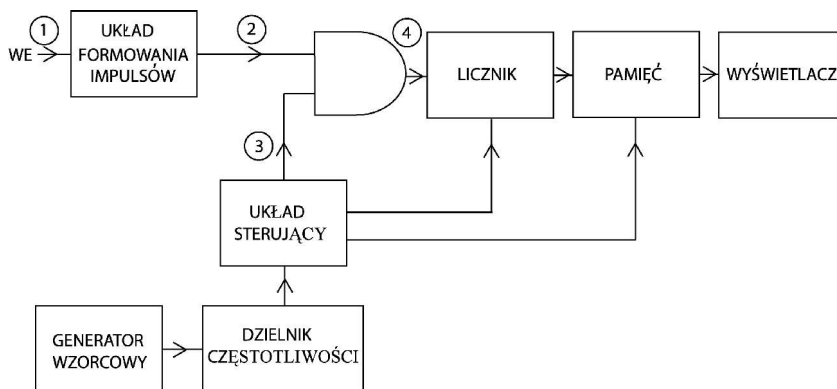
- częstotliwość statystyczna,
- częstotliwość chronometryczna,
- częstotliwość fazowa,
- częstotliwość widmowa.

Metody analogowe pomiaru częstotliwości:

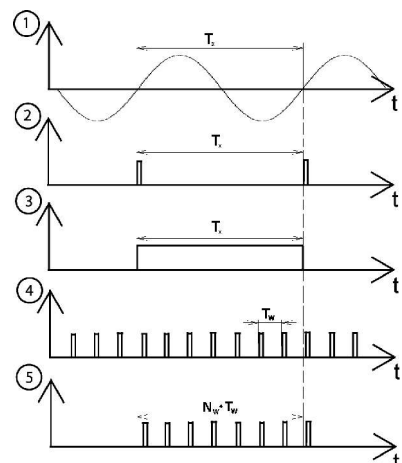
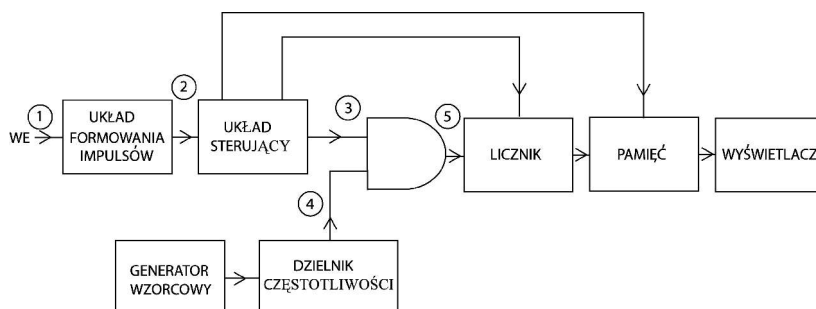
- rezonansowe elektryczne,
- rezonansowe mechaniczne,
- równań w układach elektrycznych,
- interferencyjne,
- przetwarzania na inne wielkości (np. prąd lub napięcie).

Metody cyfrowe pomiaru częstotliwości i okresu:

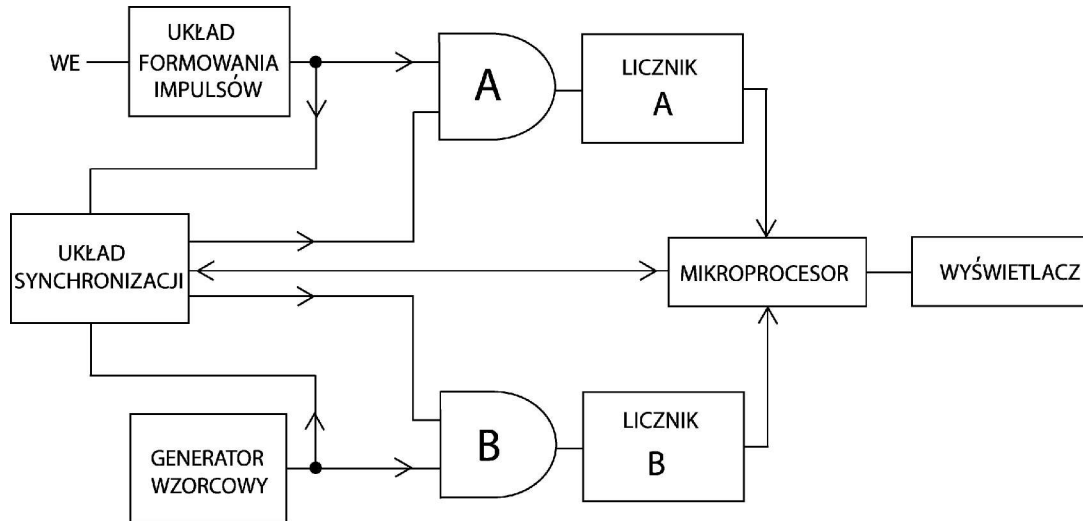
a) pomiar częstotliwości



b) pomiar okresu



c) pomiar metodą zliczania zależnego

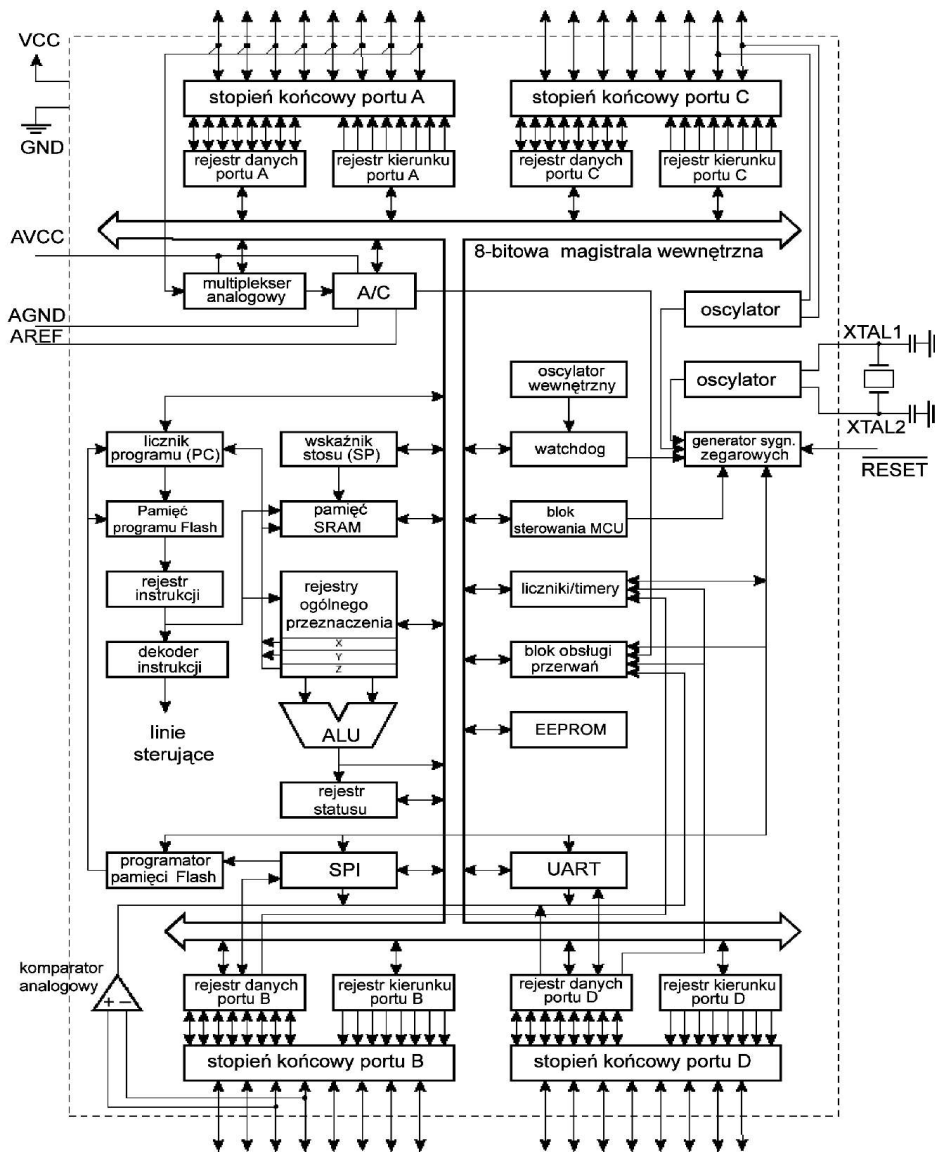


1. Licznik A – liczy impulsy przychodzące z wejścia
2. Licznik B – liczy impulsy z generatora wzorcowego
3. Czas pomiaru – w pewnych granicach narzucony z góry, jest całkowitą wielokrotnością okresu sygnału mierzonego,

W liczniku A znajduje się wartość N_x zliczanych impulsów zewnętrznych, w liczniku B wartość N_w zliczonych impulsów wzorcowych o częstotliwości f_w .

$$f_x = \frac{N_x}{N_w} f_w$$

Architektura procesorów AVR



Cechy charakterystyczne:

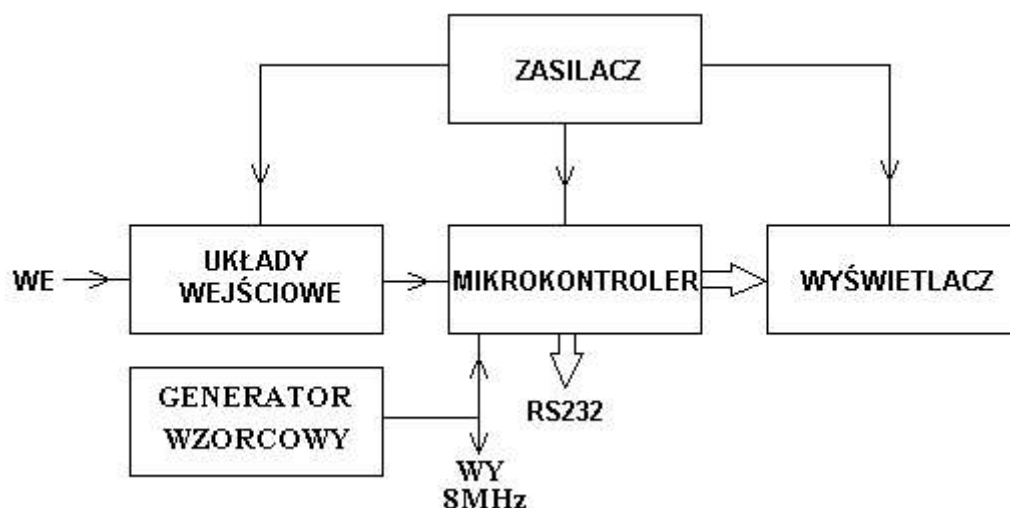
- a) architektura 8-bitowa
- b) 32 rejestry ogólnego przeznaczenia
- c) port szeregowy UART
- d) 4 porty I/O
- e) interfejs SPI
- f) 8kB pamięci programu

Projekt własnego miernika częstotliwości

Główne założenia:

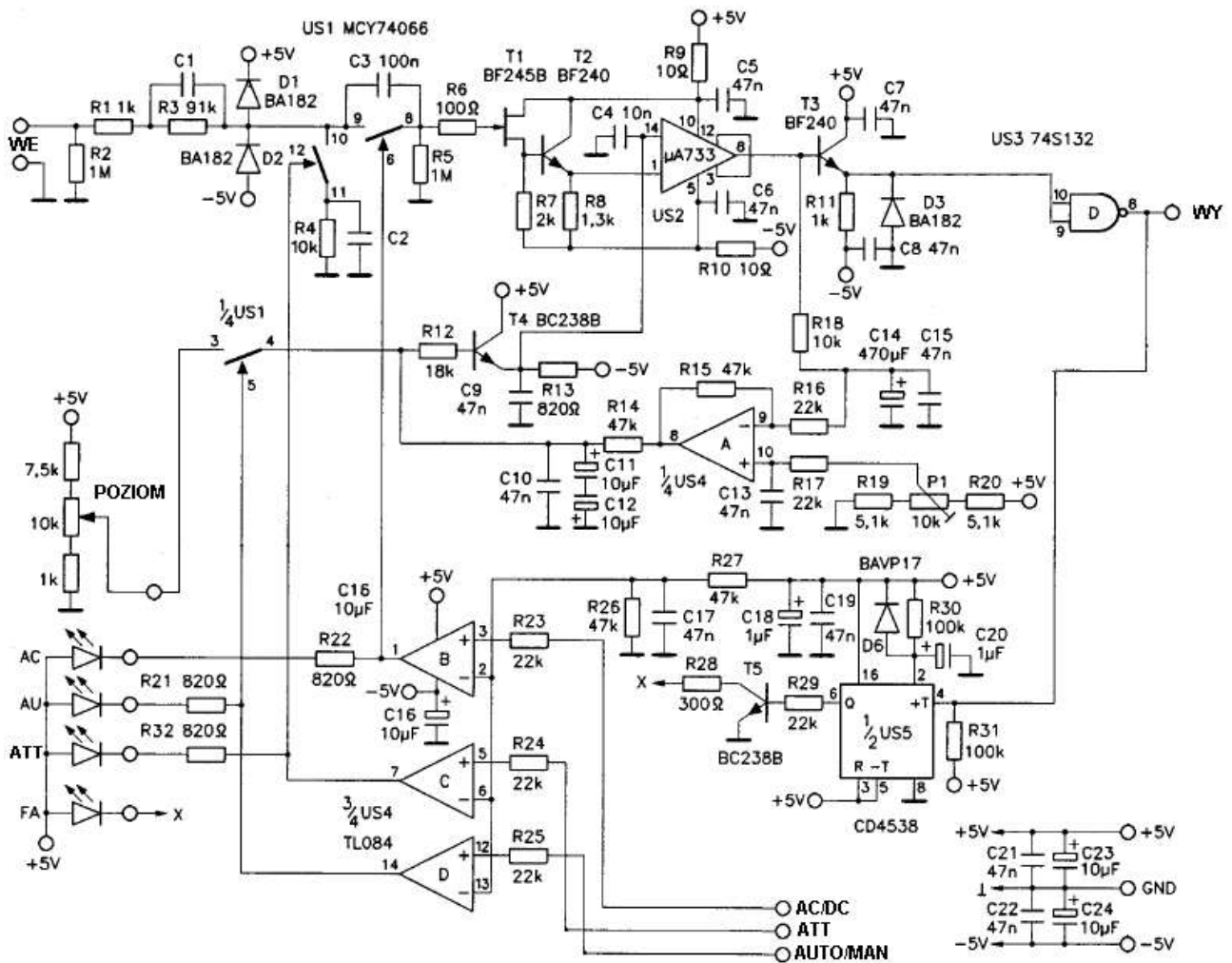
- a) jeden duży zakres pomiarowy
- b) mały i stały w całym zakresie błąd kwantowania
- c) mała komplikacja sprzętowa miernika
- d) możliwość współpracy z komputerem

Schemat blokowy:



- a) generator wzorcowy: 8MHz z kompensacją temperaturową,
- b) mikrokontroler: ATMEGA8535,
- c) wyświetlacz: alfanumeryczny LCD 2x16 znaków,
- d) port szeregowy: standard RS232,

Obwody wejściowe:

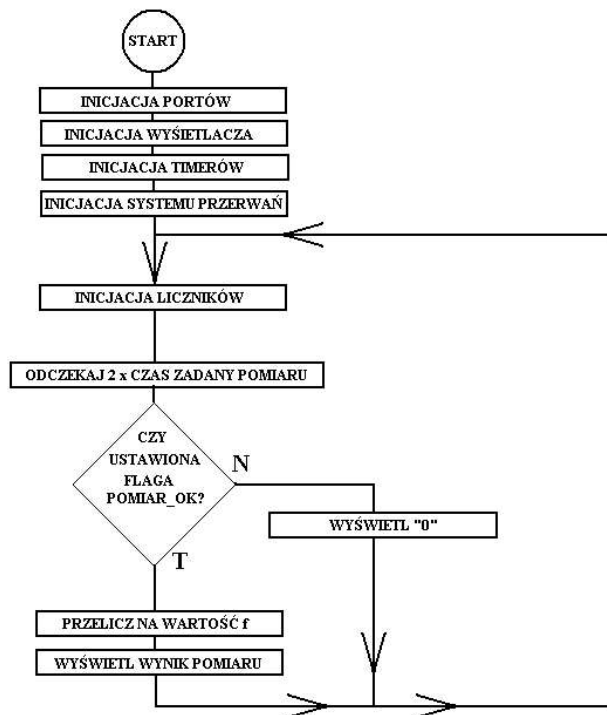


Cechy:

- możliwość oddzielenia składowej stałej,
- tłumik wejściowy,
- możliwość ręcznej lub automatycznej regulacji poziomu wyzwalania.

Oprogramowanie sterujące pracą częstościomierza:

a) algorytm pętli głównej:



b) algorytm pomiarowy w systemie przerwań



```

SIGNAL (SIG_OVERFLOW1) //obsługa przerwania licznika TC1
{
if (a>0) a--;          // dekrementuj licznik przerw (odlicza zadany czas pomiaru)
b++;                  //inkrementuj licznik zliczonych impulsów
if ((a==0)&&(e==2))    //jeżeli czas zadany minął, przejdź w tryb oczekiwania
{
//na ostatni impuls zewnętrzny
x=x+TCNT0;           //przepisz licznik TC0 do x
TCNT0=0xff;          //ustaw maksymalną wartość TC0
e=3;                  //ustaw e=3 (informacja dla innych funkcji – oczekiwanie
//na ostatni impuls)
}
}

```

```

SIGNAL (SIG_OVERFLOW0) //obsługa przerwania licznika TC0
{
if(e==2)              //e=2 – pomiar trwa
{
x=x+256;              // inkrementacja licznika impulsów zewnętrznych
}

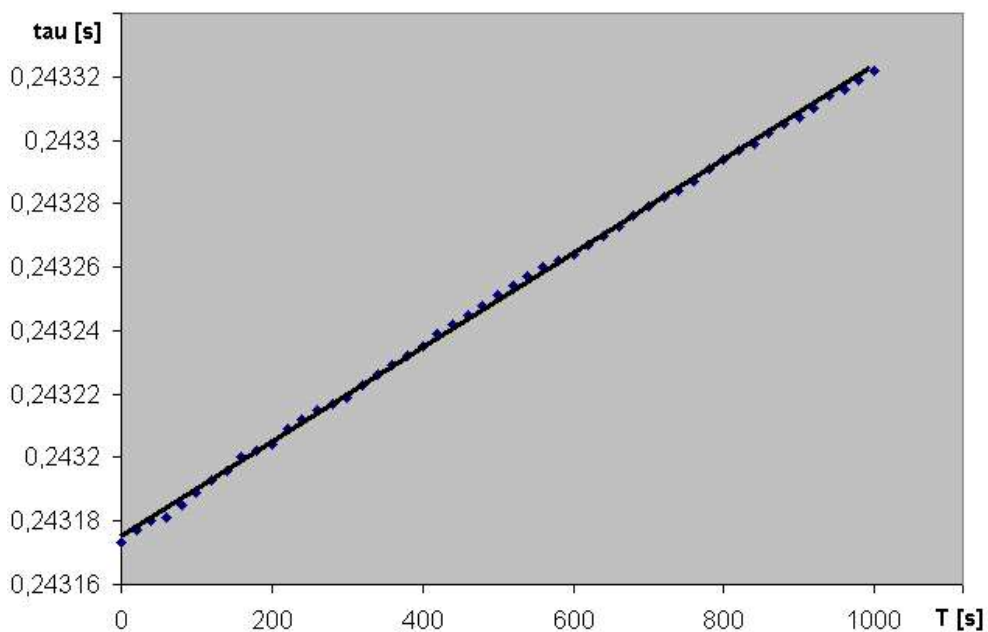
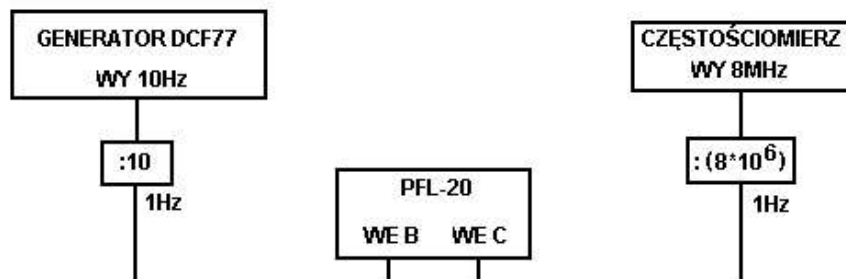
if (e==1)              //e=1 początek pomiaru
{
TCCR1B=0x01;          //start licznika impulsów wzorcowych
e=2;                  //ustawienie e – pomiar rozpoczęty
}

if (e==3)              //e=3 – oczekiwanie na ostatni impuls
{
TCCR1B=0x00;          //wyłączenie licznika impulsów wzorcowych
TCCR0=0;              //wyłączenie licznika impulsów zewnętrznych
wz=wz+TCNT1;          //przepisuje wartość licznika impulsów wzorcowych
//do zmiennej wz
x++;                  //zwiększa licznik impulsów zewnętrznych (o ostatni zliczony)
e=4;                  // ustawia e=4 – pomiar zakończony
}
}

```

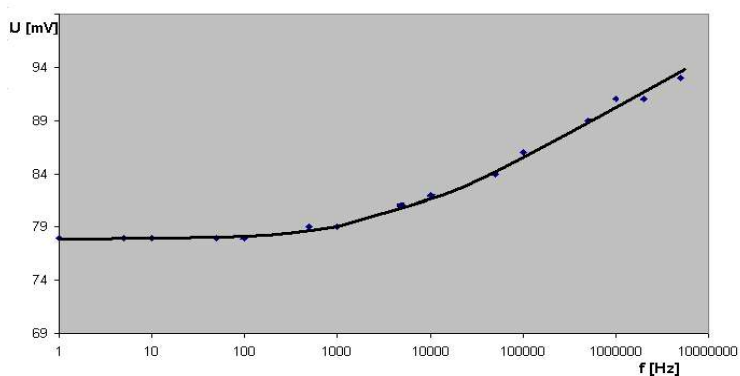
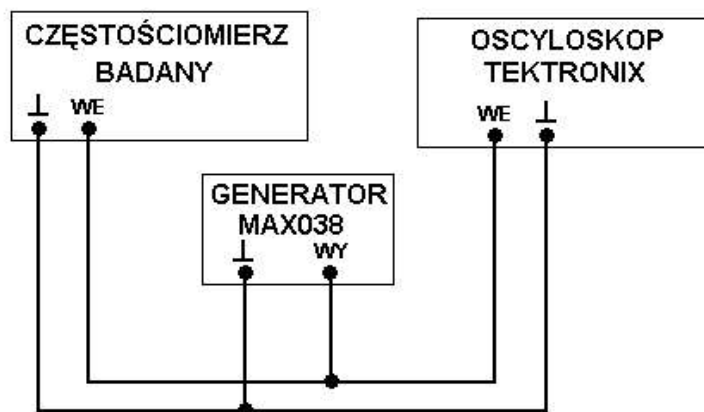
Badania częstotliwościomierza:

Odchylenie częstotliwości generatora wzorcowego:

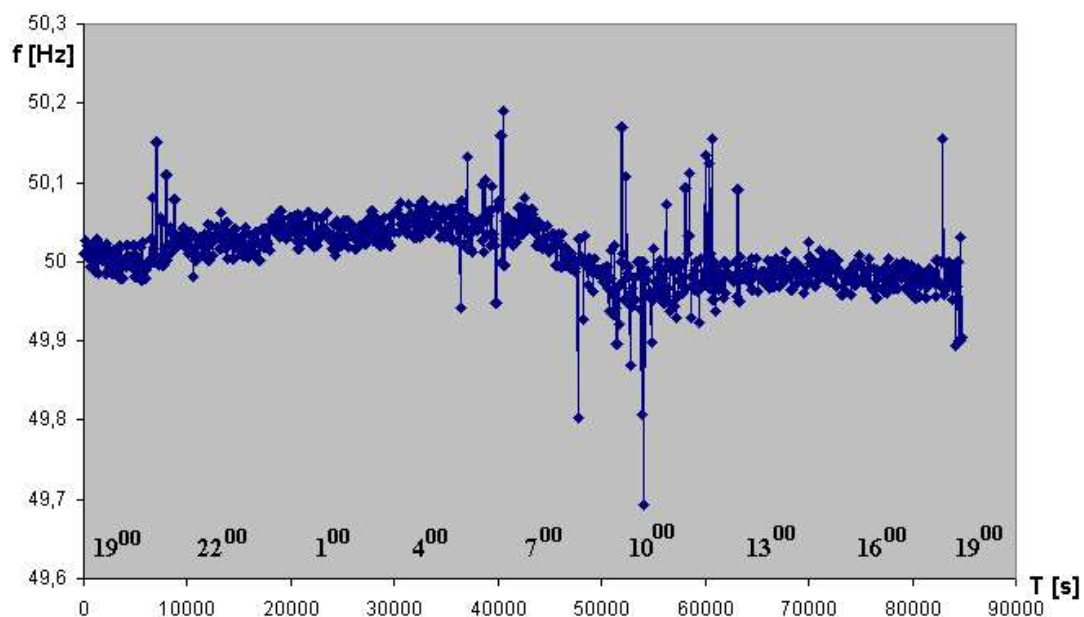


$$\frac{\Delta f}{f_g} = \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_2 - t_1} = \frac{0,243322 - 0,243173}{1000} = 1,49 * 10^{-7}$$

Czułość obwodów wejściowych (minimalny sygnał poprawnie mierzony):



Przykładowe zastosowanie - rejestracja zmian częstotliwości sieci energetycznej



Podsumowanie:

1. Wszystkie cele pracy zostały zrealizowane. Przeprowadzono analizę współczesnych metod pomiarowych, z nich wybrano jedną do implementacji w strukturze procesora AVR, następnie zaś zaprojektowano, zbudowano i przebadano w praktyce przyrząd pomiarowy.

2. Udowodniono że można stworzyć częstotściomierz o jednym bardzo dużym zakresie pomiarowym na jednym mikrokontrolerze, z niewielką ilością układów współpracujących.

3. W ramach pracy określono podstawowe właściwości zbudowanego częstotściomierza.

4. Rozwój konstrukcji w przyszłości:

- dodanie wyższych zakresów,
- dodanie wewnętrznej pamięci rejestracji,
- dodanie nowych funkcji (np. pomiar czasu i odstępu czasu),
- stworzenie oprogramowania do wizualizacji danych z częstotściomierza,
- dodanie możliwości sterowania z komputera