



Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki
i Elektroniki



KATEDRA METROLOGII
studenckie koło naukowe "ECART"

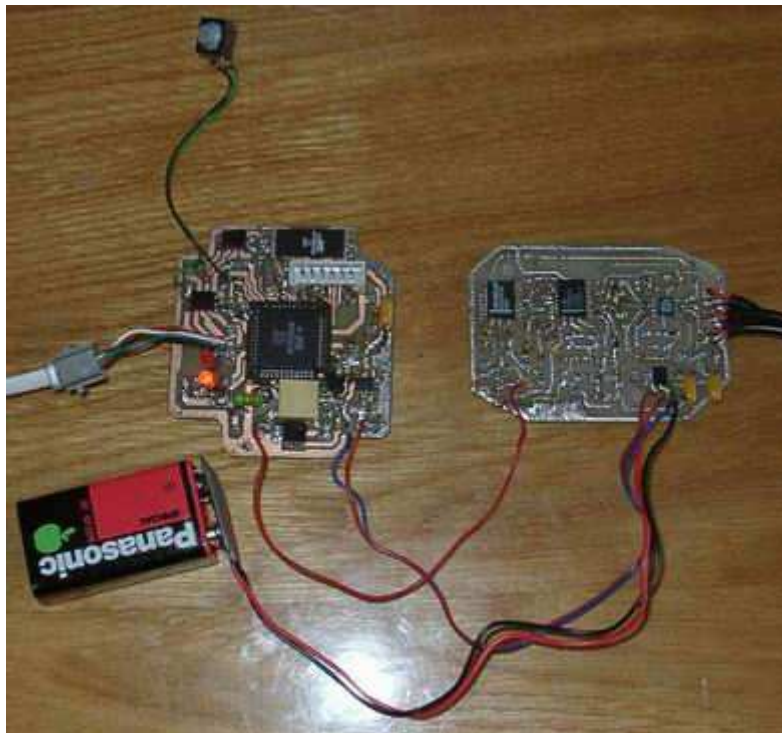
Opiekun naukowy: dr inż. Andrzej Bień
Kraków 2003



Krzysztof Tomal Marcin Herod

Temat:

Rejestrator sygnałów napięciowych biomedycznych



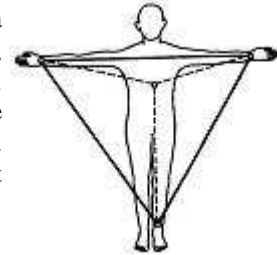
Wprowadzenie

Choroby układu krążenia stają się coraz bardziej znaczącym problemem. Jak podają statystyki, w krajach wysoko rozwiniętych liczba chorych wciąż się powiększa: [Polska Statystyka Publiczna](#). Odpowiednia profilaktyka, wczesne wykrycie i zdiagnozowanie zaburzeń pracy serca nierozdzielnie wiąże się z badaniami, które powinny być okresowo wykonywane. Podstawowym narzędziem do nieinwazyjnej analizy stanu serca jest elektrokardiografia (EKG). Badanie to polega na rejestracji czynności elektrycznej serca, umożliwia rejestrację pracy mięśnia sercowego, oraz wykrycie różnego typu nieprawidłowości w funkcjonowaniu tego ważnego organu. Jest również pomocne w ocenie zmian w sercu towarzyszących innym chorobom niż choroby serca.

Elektrokardiogram (przebieg EKG), to zapis zmian napięć elektrycznych powstających w mięśniu sercowym. Źródłem tej energii elektrycznej jest każda żyjąca komórka mięśnia sercowego. Napięcie elektryczne w pojedynczej komórce wynika ze zmianami szybkości przenikania przez jej błonę jonów sodu, potasu i wapnia. Powstające w mięśniu sercowym różnice potencjałów są przewodzone przez tkanki na powierzchnię skóry, gdzie przy pomocy elektrod można je zarejestrować (poziom w pojedynczych mV) w postaci elektrokardiogramu.

Sposób pomiaru

Mierzonym sygnałem jest napięcie elektryczne wynikające z krążenia wektora wypadkowej siły elektromotorycznej serca. Aby zmierzyć napięcie na skórze, przykładają się elektrody, które przenoszą napięcie do układu pomiarowego. Najważniejszą cechą decydującą o poprawnym pomiarze nie jest dokładne rozmieszczenie elektrod, ale ich jednakowa i jak najmniejsza impedancja na styku ze skórą. Napięcie mierzymy pomiędzy górnymi kończynami, za punkt odniesienia przyjmujemy kończynę dolną.



Parametry sygnału:

W przedstawionym układzie elektrod amplituda sygnału EKG mieści się w zakresie [0.5-1mV]. Zakres częstotliwości wynosi [0.05-100 Hz].

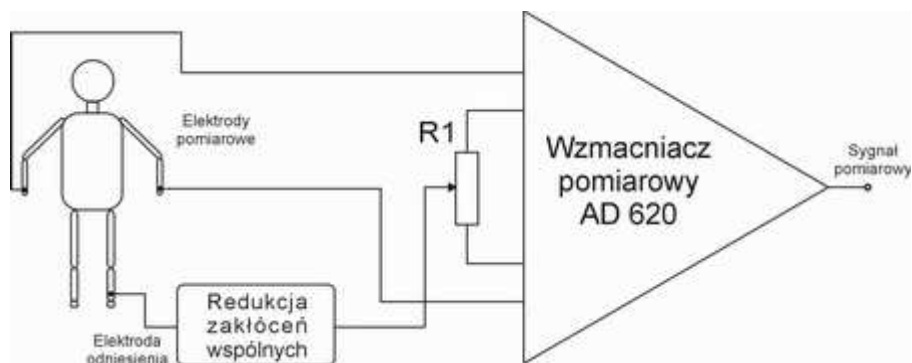
Układ pomiarowy

Schemat blokowy rejestratora:



Wzmacniacz pomiarowy:

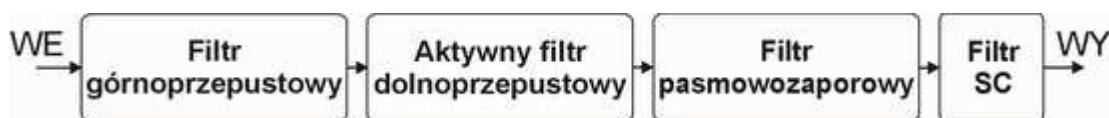
to układ [AD620](#) charakteryzuje się dużą impedancją wejściową, przez co nie obciąża źródła sygnału i bardzo dużym CMRR ($>100\text{dB}$), co pozwala wyeliminować zakłócenia współbieżne, które są w tym przypadku dużo większe od sygnału pomiarowego.



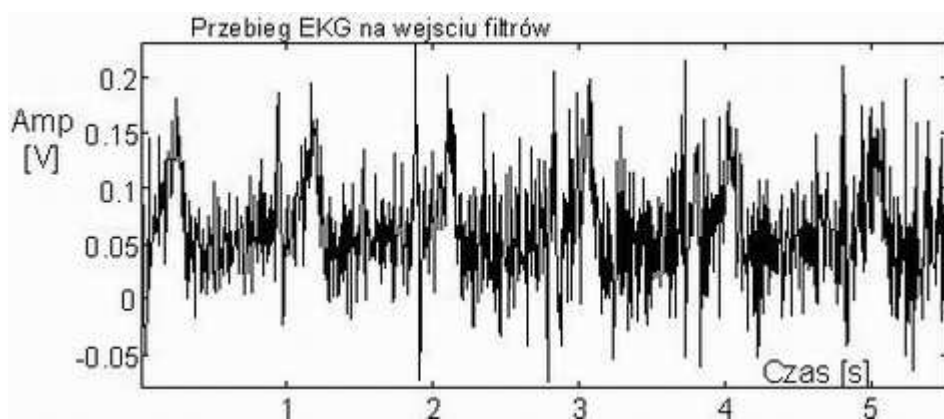
Zastosowany sposób pomiaru z różnicowym sygnałem pomiarowym, powoduje że zakłócenia współbieżne jakie "przenikają" do odprowadzeń elektrod (głównie od sieci), są eliminowane. Jest to możliwe, ponieważ długość fali tych zakłóceń powoduje że we wszystkich odprowadzeniach występuje ten sam poziom sygnału zakłóceń, w pomiarze różnicowym nie mają one więc wpływu.

Filtracja:

- Eliminacja zjawiska artefaktów (duża impedancja wejściowa wzmacniacza różnicowego i filtr górnoprzepustowy).
- Filtry dolnoprzepustowy (zabezpiecza przed aliasingiem w SC i ADC)
- Eliminacja zakłóceń sieciowych (filtr typu TT),
- Filtr SC [MAX280](#) (świetna jakość i ok. 5-krotna redukcja ilości elementów + duża dokładność parametrów łatwość dostrajania),



Przebiegi zarejestrowane w układzie:

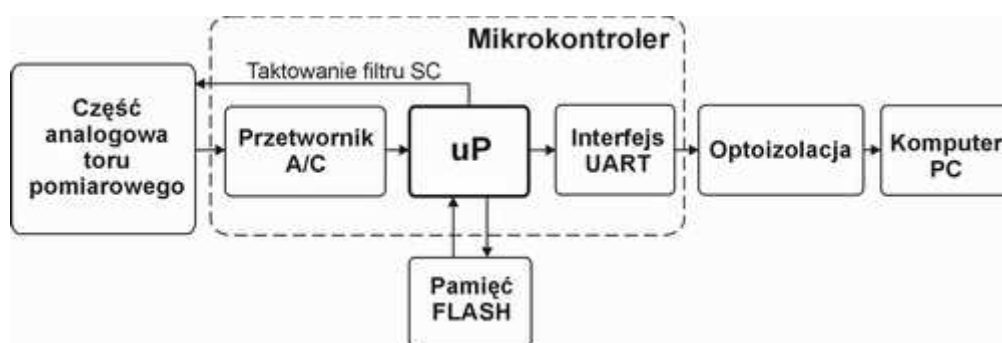


Na powyższym przebiegu przedstawiono sygnał z zakłóceniami. Zakłócenia te pochodzą od zmiany impedancji styku elektroda skóra i drgań mięśni.

Przebiegi sygnału w układzie zarejestrowano kartą pomiarową [DaqBook/216](#), współpracującą z komputerem PC. Karta posiada 16-bitowy przetwornik A/C, zakres napięcia wejściowego, na którym wykonano rejestrację: 2.5 [V].



Schemat blokowy (tor cyfrowy)



Mikrokontroler AVR 8-Bit RISC [AT90S8535](#):

W procesorze są zintegrowane moduły przetwornika A/C, transmisji szeregowej do komputera (UART) oraz moduł szeregowego interfejsu SPI, za pomocą którego procesor zapisuje pomiary do pamięci. Sygnał z układu wejściowego jest podawany do procesora, gdzie za pomocą 10 bitowego przetwornika dokonywane jest przetwarzanie sygnału pomiarowego. Próbkowanie i przetwarzanie A/C odbywa się w procesorze, jest to duża zaleta wynik od razu jest przenoszony do pamięci rejestratora lub do komputera. Budowa układu jest prostsza, nie są konieczne zewnętrzne magistrale pomiędzy przetwornikiem a procesorem.

W tej postaci sygnał jest poddawany testowaniu, w czasie którego procesor sprawdza czy pomiar przebiega poprawnie, tzn. że układ oczekuje sygnału o wartości średniej leżącej w określonym przedziale oraz występowanie pików tak charakterystycznych dla sygnału EKG. Użyty procesor zapewnia szybkość przetwarzania danych do 8 milionów operacji na sekundę, co umożliwia testowanie w czasie rzeczywistym.

Sygnał w postaci cyfrowej jest zapisywany do pamięci lub wysyłany przez UART do komputera poprzez łącze RS 232C.

Dodatkowo mikroprocesor wykorzystujemy do sterowania filtru SC, poprzez generowanie przebiegu prostokątnego o częstotliwości nastawianej programowo.

Pamięć [AT45DB321B](#):

Dane są gromadzone w pamięci FLASH, jest to pamięć wyposażona w szeregowy interfejs SPI. Interfejs ten wymaga tylko 4 linii komunikacyjnych : SO - odczytu danych, SI - wysyłania danych, SCK - sygnału zegarowego, SS\ - linii uaktywniającej transmisję.

W moduł transmisji SPI jest wyposażony procesor AT90S8535, oraz zastosowana

pamięć AT45DB321B. Zintegrowane moduły transmisji i szeregowy sposób przesyłania danych znacznie upraszczają budowę układu.

Zapis do pamięci odbywa się poprzez zapisywanie do bufora, w czasie jego przepisywania do wolnej strony pamięci pomiary są zapisywane do drugiego bufora. Odczyt z pamięci polega na przesłaniu zawartości kolejnych komórek pamięci w sposób szeregowy.

Separacja galwaniczna (transoptory [SFH615A](#))

Pomiar na żywym organizmie stawia dodatkowe wymagania co do bezpieczeństwa pacjenta, dokładności i pewności wyników pomiarów, wymagania te muszą być bezwzględnie spełnione. Chodzi tu głównie o zabezpieczenie pacjenta przed porażeniem prądem.

Układ nie wymaga zasilania sieciowego (układy zasilane z baterii 9V stabilizowanym napięciem 5 V), nie występuje więc możliwość porażenia od strony zasilania. Mogliśmy zrezygnować z izolacji galwanicznej po stronie analogowej co upraszcza układ i eliminuje możliwość powstawania błędów wynikłych z nieliniowości przenoszenia transoptorów dla sygnałów ciągłych.

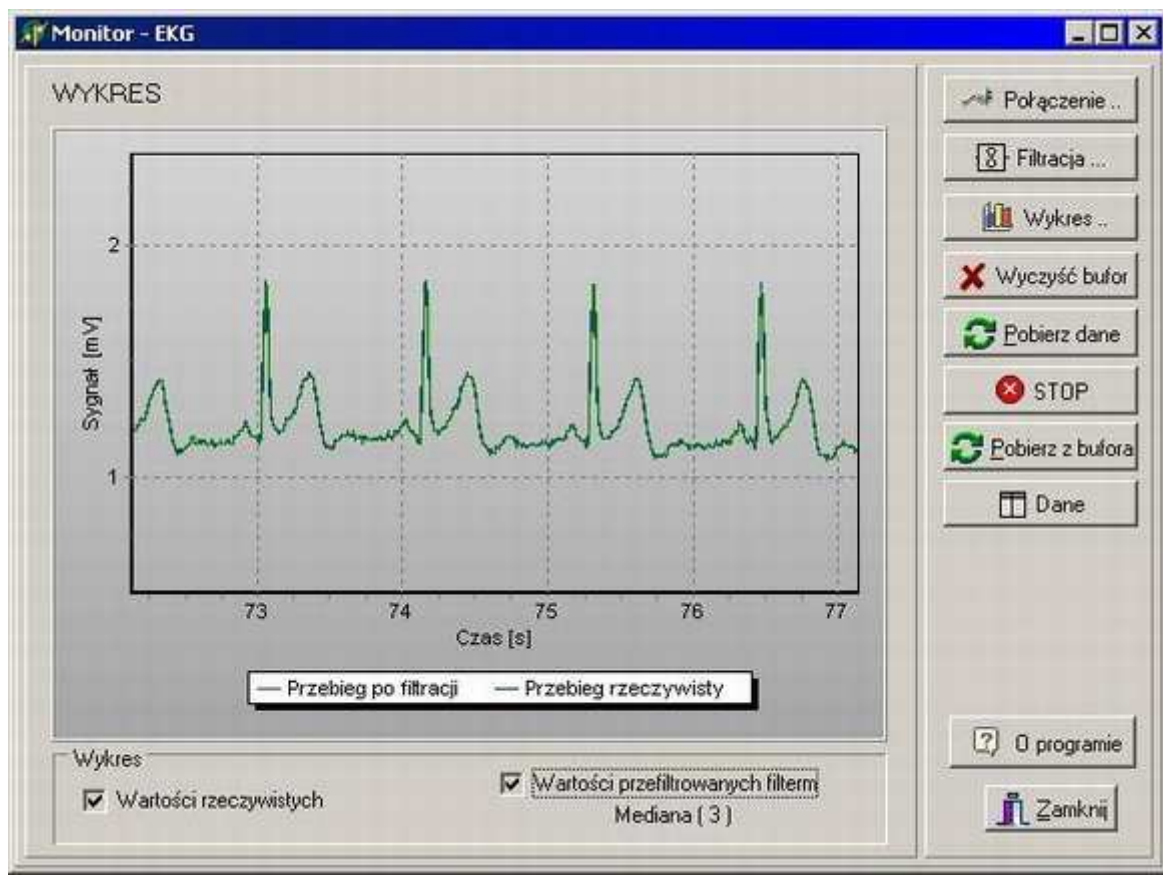
Izolację galwaniczną stosujemy po stronie cyfrowej, ponieważ układ jest połączony z komputerem. Transoptory izolują układ transmisji RS komputera od modułu UART procesora, zabezpieczając badanego przed porażeniem od strony przyłączonego do układu komputera. Nie występuje tu już błąd nieliniowości przenoszenia izolatorów galwanicznych, ze względu na zdyskretyzowane wartości sygnału.

Wizualizacja przebiegu

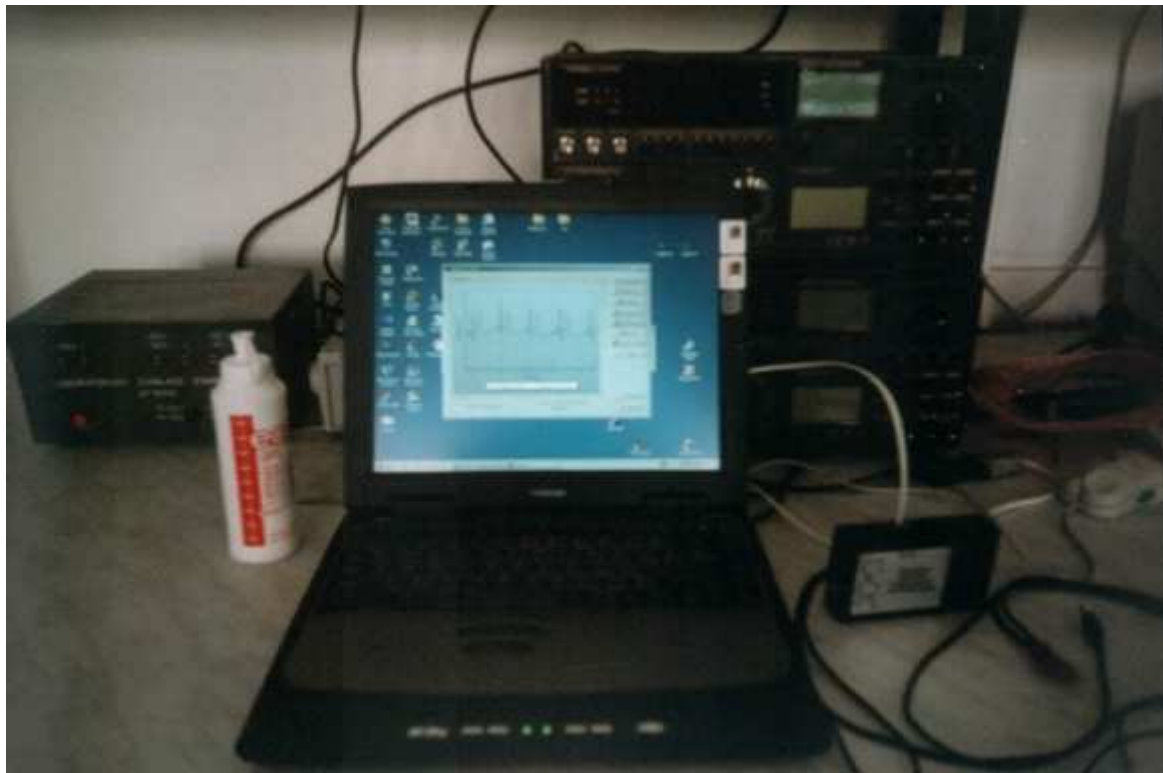
Program do akwizycji danych zapewnia odbiór danych z portu szeregowego i ich prezentację w formie wykresu na monitorze.

Program umożliwia:

- prostą obsługę poprzez graficzny interfejs,
- zapis na dysk danych pobranych z rejestratora przez łącze RS-232,
- przejrzyste wykreślanie na ekranie przebiegu elektrokardiogramu, z możliwością przewinięcia i powiększenia wycinków przebiegu,
- filtrację cyfrową, którą użytkownik może sam "dostrajać"



Finalne działanie i wygląd urządzenia:



Za skonstruowanie i wykonanie tego urządzenia zdobyliśmy kilka wyróżnień i nagród w sesjach studenckich Kół Naukowych Pionu Hutniczego Akademii Górniczo - Hutniczej. Zajęcie drugiego miejsca na sesji w maju 2003 było uwieńczeniem naszej pracy.

Projekt urządzenia stał się dobrym wstępem do pracy dyplomowej, która uzyskała wyróżnienie.

E-mail:

Krzysztof Tomal: zbujt@tlen.pl

Marcin Herod: herodmarcin@op.pl