

Paweł Poczekajło
Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechnika Koszalińska

Dedykowany moduł kontrolno-pomiarowy do zastosowań w systemie teleopieki

Słowa kluczowe: mikrokontroler, czujniki, sensory, moduł pomiarowy, moduł kontrolny, teleopieka

1. Wstęp

Technologie informacyjno-komunikacyjne (TIK) mają coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach życia, obejmując swoim działaniem znaczną część populacji. TIK wykorzystywane są również przy systemach zdalnej pomocy i opieki nad m.in. osobami starszymi lub chorymi (tzw. teleopieka). Nieodzowną częścią takiego systemu są również elementy sprzętowe, realizujące m.in. pomiar i kontrolę określonych parametrów związanych z danym zastosowaniem.

Przedstawiony w artykule projekt bezpośrednio dotyczy istniejącego rozwiązania teleopieki w postaci systemu RevoCom TeleCare [1], który został opracowany przez koszalińską firmę RevoApp [2]. Program ten zapewnia kompleksowe rozwiązania w oparciu o zastosowane terminale, które bazują na urządzeniach GRANYC firmy NAKAYO [3]. Moduł kontrolno-pomiarowy, który ma współpracować z tym systemem zapewnić musi pomiar przynajmniej podstawowych parametrów związanych ze zdalną opieką nad osobami starszymi przy zachowaniu stabilnej i pewnej pracy.

Istniejące rozwiązania kontrolno-pomiarowe w zakresie takich systemów, skupiają się głównie na usłudze tzw. inteligentnego domu, pozostawiając kwestię badania czynników ściśle związanych z samym użytkownikiem, co w systemie teleopieki jest podstawą. Dodatkowo warto tu zaznaczyć, że systemy inteligentnego domu nastawione są na obsługę czynności i relacji typu użytkownik-dom, gdzie teleopieka dotyczy głównie realizacji usług i działań pomiędzy użytkownikiem, a opiekunem.

Prezentowana praca porusza temat realizacji części sprzętowej (moduł pomiarowy) systemu teleopieki skupiając się głównie na osobie objętej taką opieką. W kolejnych punktach określono podstawowe warunki i założenia odnośnie urządzenia pomiarowego dla takiego systemu. Następnie omówione zostały istniejące rozwiązania oraz przedstawiono własny dedykowany układ realizujący zadane funkcje.

2. Główne założenia i zastosowanie

System teleopieki z założenia musi skupiać się na osobie, dla której jest przeznaczony. Podstawowym elementem zdalnej opieki nad pacjentem jest możliwość komunikowania się na odległość. System RevoCom TeleCare wyposażony został w terminale, które umożliwiają prowadzenie rozmów telefonicznych oraz przy wykorzystaniu wbudowanych kamer, rozmów wideo. Odpowiednie oprogramowanie, sprawia że system ten jest kompleksowym rozwiązaniem umożliwiającym niemal całkowicie zdalną opiekę nad pacjentem, z wyłączeniem sytuacji wymagających bezpośredniej obecności opiekuna. Dopełnieniem takiego systemu są elementy pozwalające na pomiar odpowiednich czynników środowiskowych, mających wpływ na pacjenta lub bezpośrednio zależnych od danej osoby. Poniżej zebrane zostały podstawowe parametry, jakie spełniać musi moduł kontrolno-pomiarowy dla systemu teleopieki RevoCom TeleCare.

2.1. Mierzone parametry (czujniki, sensory)

Głównym zadaniem modułu jest pomiar określonych czynników (m.in. związanych z użytkownikiem), potrzebnych do realizacji teleopieki. Jako podstawowe (minimalne), przyjęto następujące parametry, które mają być monitorowane:

- temperatura powietrza – pomiar w dowolnie wskazanym miejscu/punkcie mieszkania,
- temperatura powietrza – pomiar temperatury w pomieszczeniu,
- wilgotność powietrza – pomiar wilgotności w pomieszczeniu,
- czujnik jasności – pomiar natężenia oświetlenia w pomieszczeniu,
- czujnik CO – pomiar poziomu tlenku węgla w powietrzu,
- czujniki otwarcia okien/drzwi – sensor wskazujący stan otwarte/zamknięte okno lub drzwi,
- czujnik obecności osoby w danym miejscu – czujnik wykrywający osobę np. leżącą w łóżku lub siedzącą na fotelu/krześle,
- przycisk alarmowy – przycisk umożliwiający realizację funkcji alarmowych (np. wezwanie pomocy, zdalne wywołanie wideo-rozmowy) w razie wystąpienia nagłych sytuacji.

2.2. Komunikacja

Ze względów użytkowych założono, że urządzenie musi przysyłać do terminala określone informacje w sposób bezprzewodowy. Takie rozwiązanie pozwoli nam wykorzystać moduł zarówno przy danym terminalu jak i jego kolejnych wersjach, co przy połączeniu przewodowym wymagałoby odpowiednich modernizacji i dostosowania do nowego złącza. Terminale wyposażone zostały w technologie Bluetooth oraz WiFi, więc zastosowanie któregoś z tych rozwiązań jest optymalne.

Próby wykorzystania innych sposobów komunikacji bezprzewodowej (np. IR, ZWave, RF) generowałyby dodatkowe koszty – konieczność stosowania odpowiednich modułów komunikacyjnych przy terminalu. Dodatkowo elementy takie pogarszają mobilność samych terminali, które są przenośne.

2.3. Obudowa (stylistyka, wygląd)

Urządzenie ma być stosowane w gospodarstwach domowych i ze względu na wygląd, wymagane jest aby poszczególne jego elementy umieszczone były, w odpowiednich obudowach dostosowanych do sposobu użytkowania. Jednocześnie zaznaczając, iż duży nacisk kładzie się na estetykę wykonania. Dopuszczalne są połączenia przewodowe pomiędzy poszczególnymi elementami układu (np. czujniki), jednak realizacja tych połączeń musi zapewnić łatwe prowadzenie i maskowanie przewodów.

2.4. Zasilanie

Moduł może być zasilany przewodowo, napięciem +5VDC lub +12VDC w zależności od potrzeb.

2.5. Warunki pracy

Ponieważ urządzenie ma pracować w warunkach domowych, nie ma konieczności spełnienia rygorystycznych założeń związanych z np. temperaturą pracy, która najczęściej jest kluczowa dla różnych urządzeń. Z dużym marginesem przyjęto temperaturę pracy od +5⁰C do +45⁰C oraz wilgotność względną na poziomie od 25% do 70%, z zaznaczeniem iż głównie będą to tzw. warunki pokojowe (tzn. temperatura od 20 do 25⁰C, wilgotność od 40 do 50%).

3. Istniejące rozwiązania

Na rynku dostępnych jest wiele urządzeń i rozwiązań umożliwiających zdalny pomiar określonych parametrów w mieszkaniu. Najbardziej rozbudowane są tzw. systemy domów inteligentnych, które pozwalają użytkownikowi na niemal kompleksowe zarządzanie domem [4, 5]. Warto tu zaznaczyć, iż różnych rozwiązań inteligentnego domu jest bardzo dużo, niestety większość z nich poza możliwością sterowania elementami wykonawczymi (załączającymi) nie oferuje żadnych innych usług (głównym warunkiem zastosowania w teleopiece jest pomiar różnych parametrów). To sprawia, że sporą część systemów można od razu odrzucić. Niewielka część producentów ma w ofercie różne sensory i czujniki pomiarowe. Jednak przy dokładniejszym zapoznaniu się z konkretnymi rozwiązaniami, okazuje się, iż różni producenci mają w ofercie takie same elementy składowe (np. czujniki), a różnica sprowadza się jedynie do elementów bazowych – central sterowniczych. Najciekawsze i najbardziej rozbudowane układy to Somfy [6], Satel [7]

oraz Fibaro [8]. Poniżej przedstawione zostały wady i zalety wymienionych wyżej układów, które przedstawiono i opisano pod kątem zastosowania w systemie teleopieki.

Wady systemów typu inteligentny dom:

- koszt – cena najtańszych centralek sterujących zaczyna się od ok. 250 zł, najprostsze czujniki (temperatury, otwarcia drzwi/okien) to koszt od ok. 150 zł,
- brak możliwości wykorzystania samych sensorów lub czujników (współpraca jedynie z dedykowanym układem bazowym),
- najczęściej brak możliwości współpracy z własnym oprogramowaniem,
- niska kompatybilność pomiędzy urządzeniami i elementami różnych producentów (producenci zapewniają wsparcie jedynie dla własnych układów),
- mała różnorodność czujników i sensorów (najczęściej są to np. czujniki temperatury powietrza, czujniki ruchu, czujniki otwarcia drzwi/okien, kamery, czujniki dymu),
- brak lub bardzo ograniczone możliwości podłączenia własnych czujników.

Zalety systemów typu inteligentny dom:

- gotowe rozwiązanie które wymaga jedynie montażu i konfiguracji początkowej,
- wygląd oraz stylistyka urządzeń i poszczególnych modułów (dopracowany design),
- wsparcie techniczne producenta systemu,
- elementy wykonawcze w postaci sterowników np. oświetlenia, rolet, zasilania,
- niektóre systemy oferują obsługę układów alarmowych (antywłamaniowych).

Na rynku dostępne są również rozwiązania oparte o sterowniki PLC różnych producentów [9]. Jednak takie podejście jest bardzo kosztowne, gdyż sam moduł sterujący to koszt od ok. 600 zł, natomiast różne moduły rozszerzeń lub też czujniki to koszt średnio od ok. 200 zł za pojedynczy element. Dodatkowo rozwiązanie takie, ze względu na sposób montażu, narzuca konieczność opracowania specjalnych systemów zabudowy, co przy danym zastosowaniu byłoby nieopłacalne.

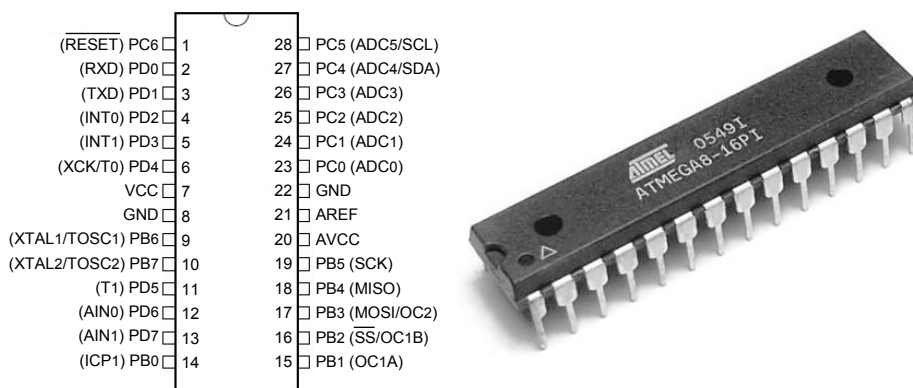
Ostatecznie podsumowując, istniejące rozwiązania nie są najlepszym rozwiązaniem do zastosowań w systemie teleopieki. Główne argumenty przeciw to wysokie koszty (nawet najprostszy zestaw, który i tak nie spełniał by wymogów to koszt ponad 1000zł) oraz bardzo duże ograniczenie odnośnie dostępnych sensorów i czujników, co uniemożliwia pełne wykorzystanie w systemie teleopieki.

4. Własne (dedykowane) rozwiązanie

Ze względu na duże ograniczenia gotowych urządzeń, które mogłyby współpracować z systemem teleopieki, zrealizowana została własna koncepcja modułu kontrolno-pomiarowego. Układ został wykonany od podstaw, z wykorzystaniem odpowiednio dobranych elementów bazowych.

4.1. Układ sterujący

Jako główny układ sterujący całym modułem kontrolno-pomiarowym zastosowano mikrokontroler AVR Atmega8 [10] wyprodukowany przez firmę Atmel. Producent dostarcza środowisko (software) umożliwiające pełną obsługę (zaprogramowanie) układu. Jedynym elementem zewnętrznym niezbędnym do obsługi mikrokontrolera jest odpowiedni programator (nie jest on częścią niniejszego projektu).



Rys. 1. Mikrokontroler Atmega8 w obudowie PDIP z opisem wyprowadzeń

Aplikacja mikroprocesora, poza przetwarzaniem danych, wykorzystuje nie tylko wbudowane peryferia kontrolera, ale również programową obsługę określonych magistral (protokołów komunikacji) niezbędnych do obsługi wybranych czujników i sensorów [11, 12]. Dodatkowo realizowane jest przeliczenie wszystkich mierzonych wielkości w taki sposób, aby było możliwe bezprzewodowe przesłanie ich do terminala.

4.2. Zastosowane czujniki i sensory

Zastosowane przy projekcie czujniki i sensory zostały przedstawione i opisane w tabeli 1. Każdy z elementów został odpowiednio podłączony i zależnie od potrzeb umieszczony w obudowie z tworzywa sztucznego (polistyren).

Tabela 1. Czujniki oraz sensory wykorzystane w dedykowanym module

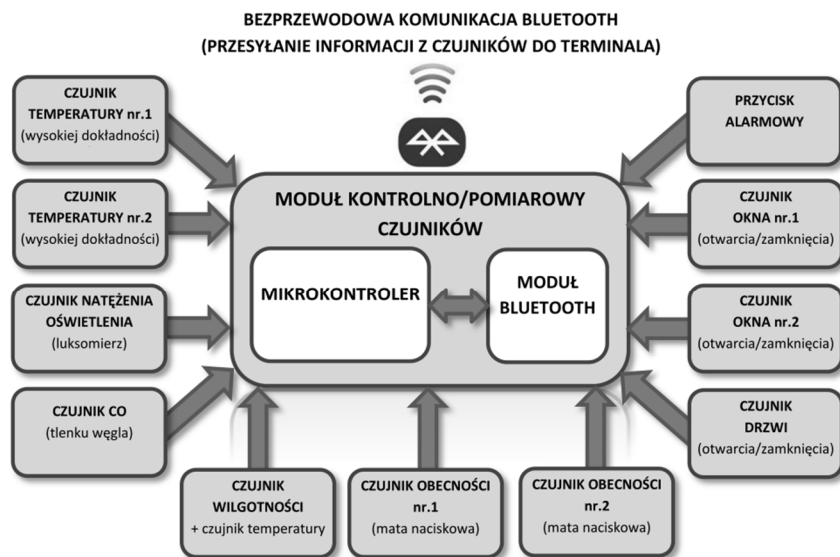
Lp.	Mierzona wielkość	Oznaczenie układu/modułu	Opis
1	temperatura	DS18B20	Scalony cyfrowy czujnik temperatury. Dużą zaletą są bardzo małe wymiary, możliwość zastosowania do pomiaru temperatury w dowolnym punkcie.
2	wilgotność	DHT11	Scalony cyfrowy czujnik wilgotności z dodatkowym pomiarem temperatury. Dużą zaletą są małe wymiary.
3	CO (tlenek węgla)	MQ7	Analogowy czujnik tlenku węgla, obsługa przez przetwornik A-D, kompaktowe wymiary.
4	czujnik obecności w miejscu (czujnik nacisku)	PM1/PK	Maty reagujące na nacisk, sygnalizacja poprzez zamknięcie obwodu. Możliwość zastosowania na niemal dowolnej powierzchni (stopień ochrony IP64).
5	przycisk alarmowy	Pbs26br	Przycisk monostabilny zwierny, montowany w obudowie, kolor czerwony.
6	Czujnik otwarcia drzwi lub okien	czujnik kontaktronowy	Dwuelementowy czujnik kontaktronowy (zwierny/rozwierny).
7	natężenie oświetlenia	luksomierz	Układ wykonany na bazie fotorezystora, wartość natężenia światła odczytywana na podstawie charakterystyki.

4.3. Komunikacja Bluetooth

Wysyłanie wszelkich informacji z czujników odbywa się z wykorzystaniem komunikacji bezprzewodowej Bluetooth. Zdecydowano się na tę technologię ze względu na niskie koszty i łatwość implementacji. W układzie zastosowano moduł HC06 oparty na układzie BC417, który działa w standardzie Bluetooth v2.0+EDR. Typowo działa on w trybie slave, jednak zależnie od potrzeb moduł może być dostosowany do pracy w trybie master. W obecnej konfiguracji producent zapewnia zasięg skuteczny na poziomie ok. 10 m, a w sprzyjających warunkach nawet do 25 m, co jest dobrym wynikiem zważywszy na bardzo niski pobór prądu (maksymalnie 80 mA). Sterowanie i przesyłanie informacji do modułu Bluetooth odbywa się po magistrali szeregowej UART. Dzięki temu, pozostawiono możliwość rozbudowy trybu komunikacji bezprzewodowej. Przejście na inny standard (np. Bluetooth LE 4.0), od strony sprzętowej sprowadza się do wymiany samego układu, gdzie warto zaznaczyć, że większość z nich obsługiwana jest właśnie po magistrali UART.

4.4. Zasilanie

Zasilanie w głównej mierze zależy od elementów kontrolnych i pomiarowych, dla których producent ustala dopuszczalne napięcie zasilania. Obecnie większość układów tego typu wykorzystuje zasilanie +5VDC. Przyjęto, że zasilacz dostosowujący napięcie sieciowe do napięcia zasilania modułu będzie osobnym elementem (nie ujętym w projekcie), który zostanie zakupiony w postaci gotowego urządzenia.



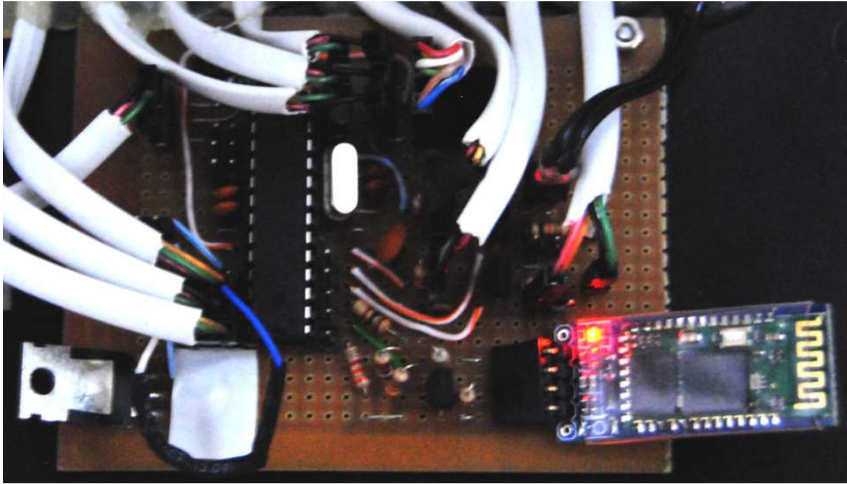
Rys. 2. Schemat ogólny dedykowanego modułu kontrolno-pomiarowego

5. Uruchomienie i implementacja własnego modułu

Moduł kontrolno-pomiarowy w postaci własnego (dedykowanego) rozwiązania, z założenia miał być w pełni funkcjonalnym prototypem, który w praktyce został uruchomiony i zamontowany w realnych warunkach użytkowych.

5.1. Montaż i uruchomienie modułu

Centrala sterująca całym modułem wraz z układem Bluetooth została umieszczona w osobnej obudowie (zdjęcie 1). Wszystkie czujniki i sensory zostały odpowiednio do potrzeb zainstalowane w zabezpieczonych osłonach (zdjęcie 2, 3) oraz podłączone przewodowo do układu sterującego. Ostatecznie gotowy prototyp wraz z elementami pomiarowymi został założony w pokoju pokazowym w firmie RevoApp, gdzie można w rzeczywistych warunkach zweryfikować poprawność działania poszczególnych elementów oraz całego systemu.



Zdj. 1. Układ sterujący dedykowanym modulem kontrolno-pomiarowym



Zdj. 2. Wybrane czujniki i sensory założone w pokoju pokazowym



Zdj. 3. Mata naciskowa

Prototypowy moduł został zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby umożliwić proste załączenie trybu serwisowego, który daje możliwość łatwego weryfikowania poprawności pracy całego układu wraz z czujnikami. W normalnym trybie pracy wszelkie informacje o stanie konkretnych czujników przesyłane są w sposób kodowany. Pojedyncza paczka informacji składa się z odpowiednich bloków (dwa razy po 8-bitów), każdy z bloków zawiera dane pozwalające na identyfikację danego czujnika (sensora) oraz podanie jego stanu (np. temperatura, informacje o zamknięciu obwodu itp.). W trybie serwisowym, dane przesyłane z modułu mają format tekstowy i bezpośrednio opisują dany czujnik i jego aktualny stan (rysunek 3). Takie podejście znacznie ułatwia identyfikację wszelkich problemów dotyczących działania poszczególnych elementów modułu.

```
ID1:L1 OK1:otw. OK2: zam. DR1:otw. T1:21.25 T2:22.50
CO:6 DH:44 DT:21 LUX:102 M1:N M2:T
ID1:L0 OK1:otw. OK2: otw. DR1:otw. T1:21.00 T2:26.25
CO:6 DH:37 DT:20 LUX:70 M1:N M2:T
ID1:L0 OK1:zam. OK2: zam. DR1:zam. T1:20.75 T2:30.00
CO:5 DH:52 DT:22 LUX:103 M1:T M2:T
...
```

Rys. 3. Przykładowe informacje odbierane z modułu w trybie serwisowym

5.2. Odbiór i przetwarzanie informacji z modułu

Odbiorem informacji z modułu zajmuje się bezpośrednio terminal RevoCom, który cały czas utrzymuje połączenie bezprzewodowe (Bluetooth) z centralą sterującą modułem pomiarowym. Dane odbierane z centralki weryfikowane są poprzez porównanie ze stabilizowanymi kodami czujników, dalej następuje odpowiednie przeliczenie wielkości określających stan każdego sensora. Po odebraniu danych, aplikacja sprawdza czy odczyty uległy zmianie (w pamięci przechowywane są wartości ostatnio wskazywane przez wszystkie czujniki). Jeżeli nastąpiła zmiana danych z określonego czujnika to wartość ta wysyłana jest do ogólnej bazy danych w chmurze (ang. Cloud Computing) oraz dodatkowo zapisywana jest w bazie lokalnej, która przechowuje wszystkie odczyty. Raz na godzinę obliczana jest średnia wartość dla poszczególnych czujników (np. między 13:00 a 14:00 średnia temperatura wynosiła 21,50°C) i następnie wysyłana jest do ogólnej bazy danych. W panelu www można monitorować aktualne odczyty z sensorów oraz wyświetlać wykresy ze średnimi wartościami z poszczególnych godzin. Opisana aplikacja, która ogólnie odpowiedzialna jest za odbiór i przetwarzanie danych z modułu kontrolno-pomiarowego została stworzona przez Pana mgr Mateusza Radziuka, który jest pracownikiem firmy RevoApp.

6. Podsumowanie i możliwości rozwoju

Ilość rozwiązań jakie można zastosować w postaci modułu kontrolno-pomiarowego do systemu teleopieki jest bardzo duża. Gotowe układy, przy dokładniejszej analizie, okazują się być zbyt drogie i bez wahania można stwierdzić, iż obecnie nie są w stanie sprostać wymaganiom, a ich rozbudowa lub też modernizacja jest niemożliwa lub zbyt kosztowna. Podsumowując, własny dedykowany moduł kontrolno-pomiarowy jest najlepszym rozwiązaniem i pomimo zakresu prac związanych z opracowaniem konstrukcji i uruchomieniem układu jest również stosunkowo najtańszą koncepcją. Dodatkowo, dużą zaletą jest tu praktycznie nieograniczona możliwość rozbudowy o dodatkowe sensory i czujniki. Jednocześnie mając na uwadze podstawowe założenia i cele wynikające z zastosowania i użytkowania przy teleopiece, własne rozwiązanie daje najprostszą możliwość realizacji, przy całkowitym i pełnym dostosowaniu do potrzeb systemu.

W chwili obecnej prowadzone są jeszcze badania i testy nad stworzonym modułem, które mają na celu określić niezawodność podzespołów sterujących oraz poprawność działania czujników i sensorów. Prototyp modułu kontrolno-pomiarowego jest świetną bazą rozwojową i stanowi doskonałą podstawę do opracowania kolejnych celów i założeń dla następnej wersji tego urządzenia, a finalnie nawet do skonstruowania egzemplarza wdrożeniowego (wersji komercyjnej).

Podziękowania

Serdeczne podziękowania dla Pana Mateusza Radziuka, który jako pracownik firmy RevoApp zapewnił wsparcie przy realizacji projektu.

Bibliografia

1. RevoCom [online], <http://revocom.co.uk/>, data dostępu: 20.11.2014r.
2. RevoApp [online], <http://revoapp.com/pl/>, data dostępu: 20.11.2014r.
3. Nakayo [online], <http://www.nyc.co.jp/english/>, data dostępu: 20.11.2014r.
4. Niezabitowska E.: *Budynek inteligentny - Tom I Potrzeby użytkownika a standard budynku inteligentnego*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
5. Mikulik J.: *Inteligentne budynki Nowe możliwości działania*, ISBN 978-83-64275-20-3, Wyd. Libron, 2014.
6. Somfy [online], <http://www.somfy.pl/>, data dostępu: 20.11.2014r.
7. Inteligentne Systemy Alarmowe Satel[online], <http://www.satel.pl/>, data dostępu: 20.11.2014r.
8. Fibaro System - Inteligentny dom [online], <http://www.fibaroonline.pl/>, data dostępu: 20.11.2014r.

9. Kwaśniewski J.: *Inteligentny dom i inne systemy sterowania w 100 przykładach*, ISBN 978-8-3602-3373-3, Wyd. BTC , Legionowo 2011.
10. Atmel – Atmega8 [online], <http://www.atmel.com/devices/atmega8.aspx>, data dostępu: 20.11.2014r.
11. Tomasz Francuz T.: *Język C dla mikrokontrolerów AVR. Od podstaw do zaawansowanych aplikacji*, ISBN 978-83-246-3064-6, Wyd. Helion, 2011.
12. Williams E.: *Programowanie układów AVR dla praktyków*, ISBN 978-83-246-9501-0, Wyd. Helion, 2014.

The dedicated control and measurement module for telecare system

Abstract

This paper is about construction and application the control and measurement module, which is use to selected telecare system. The primary task of module are collection of data from sensors, processing this informations and send to the selected system. In the paper are presented ready systems and own dedicated solution with using selective microcontroller and sensors. Practical part of task is realization of prototypical module and adapt its to initial requirements.

Keywords: microcontroller, sensors, measurement module, control module, telecare

Streszczenie

Artykuł dotyczy konstrukcji oraz zastosowania modułu kontrolno-pomiarowego do współpracy z wybranym systemem teleopieki. Głównym zadaniem tego modułu jest gromadzenie informacji z określonych czujników i sensorów, odpowiednie przetworzenie tych danych oraz ich dalsze przesłanie do wybranego urządzenia lub systemu. Poruszony został temat wykorzystania zarówno dostępnych na rynku urządzeń jak i zaproponowano własne, dedykowane rozwiązanie zrealizowane w oparciu o wybrany mikrokontroler oraz odpowiednie układy pomiarowe. Część praktyczna pracy sprowadziła się do wykonania niezależnego prototypu, dostosowanego do założonych wymagań wstępnych.