

## Spis treści

Rozdział 1. Wstęp	2
1.1. Wprowadzenie	2
1.2. Motywacja	3
1.3. Cel pracy	4
1.4. Istniejące rozwiązania	4
Rozdział 2. System GSM	7
2.1. Struktura	7
2.2. Podstawowe usługi w systemie GSM	8
2.3. Lokalizacja abonenta	9
2.4. Rozkazy AT	10
Rozdział 3. Projekt urządzenia	12
3.1. Przeznaczenie	12
3.2. Wymagania i ograniczenia	12
3.3. Modem GSM	14
3.4. Karta SIM	16
3.5. Wykorzystany mikrokontroler	16
3.6. Zasilanie urządzenia	17
3.7. Komunikacja modemu GSM, mikrokontrolera AVR oraz komputera	18
3.8. Komunikacja DS18B20 z mikrokontrolerem AVR po interfejsie 1-Wire	19
3.9. Czujnik temperatury	19
Rozdział 4. Pomiary i sterowanie urządzeniem	23
4.1. Pomiar temperatury	23
4.2. Obsługa urządzenia	23
4.3. Pomiar położenia	24
Rozdział 5. Kontynuacja	27
5.1. Analiza i zmiany	27
5.2. Wdrożenie	28
Rozdział 6. Dodatek	29
Bibliografia	33

## Rozdział 1

### Wstęp

#### 1.1. Wprowadzenie

We współczesnym świecie mamy coraz łatwiejszy dostęp do urządzeń wyposażonych w elektronikę o dużej skali integracji. Jednymi z nich są telefony komórkowe. Często, oprócz podstawowej funkcji komunikacji, mają dodatkowe aplikacje takie jak: kalendarz, organizator, gry, radio, GPS, mapa czy słownik. Wraz z upływem czasu narzędzia te są coraz bardziej zaawansowane przy jednoczesnym zwiększeniu wartości użytkowych. Parametry, takie jak ciężar i wymiar, są raczej podyktowane nie tyle ograniczeniami technicznymi, co wymaganiami użytkowników. Jak często użytkownicy są świadomi posiadania tak skomplikowanych narzędzi, które wszędzie ze sobą noszą? W krótkim czasie stały się te unikatowe urządzenia tak powszechne, że dzisiaj trudno wyobrazić sobie bez nich świat.

Obecnie duże zapotrzebowanie na tego typu urządzenia oraz duża konkurencja ze strony operatorów telefonii komórkowych, powodują coraz częstsze wymiany telefonów na nowsze pod względem technologicznym i estetycznym, modele. To z kolei powoduje tworzenie się rynku wtórnego, opartego na handlu starszymi modelami telefonów.

Na rys. 1.1 przedstawiono telefony komórkowe wyprodukowane kolejno w 1998 2003 2007 roku.



RYSUNEK 1.1. Przykłady telefonów komórkowych wyprodukowanych kolejno w latach 1998 2003 2007

System GSM to system łączności bezprzewodowej [6]. Trzeba jednak zaznaczyć, że nie jest on jedynym systemem bezprzewodowym, obecnie tak bardzo rozpowszechnionym. Systemy bezprzewodowe stanowią alternatywę dla systemów przewodowych. Dają nowe możliwości oraz stanowią, w niektórych przypadkach, duże uproszczenia w komunikacji urządzeń. Bardzo istotną rolę odgrywają wtedy, gdy obiekt pomiaru się przemieszcza (np. samochód), doprowadzenie przewodów jest utrudnione (np. łódka, statek) lub po prostu podłączenie jest niemożliwe (np. na obiektach wirujących). Bezprzewodowe systemy stosuje się również ze względów ekonomicznych, gdy doprowadzenie przewodów jest bardziej kosztowne. Najogólniej systemy z bezprzewodową transmisją danych można podzielić na:

- rozproszone systemy pomiarowe z transmisją danych przez sieć telefonii ruchomej,
- rozproszone systemy z transmisją danych przez wydzielone kanały radiowe,
- systemy z bezprzewodową transmisją danych na małą odległość przez łącze promieniowania podczerwonego lub przez łącze wielkiej częstotliwości.

Trzeba jednak pamiętać o ograniczeniach bezprzewodowego systemu GSM takich jak, na przykład: mniejszy przesył niż w systemach przewodowych oraz działanie tylko w zasięgu komórek sieci.

## 1.2. Motywacja

Tak duża liczba nowszych telefonów komórkowych oraz tych starszych modeli, nieużywanych a sprawnych, inspiruje do wykorzystania ich do jeszcze innych celów. Przykładowo, coraz częściej w przemyśle jest wykorzystywany system GSM w pomiarach (telemetrii) i do śledzenia procesów (telemechaniki). Jest to często komunikacja typu M2M (Man-to-Machine, Machine-to-Machine)<sup>1</sup>. W mniejszym stopniu wykorzystuje się tą możliwość w codziennym życiu, a już naprawdę rzadko ktoś wykorzystuje do pomiarów nieużywanego już telefonu komórkowego. Koszty wykorzystania tej ogromnej możliwości technicznej są stosunkowo niewielkie, ponieważ praktycznie cały system już jest gotowy. Jak wiadomo obecnie posiadanie dwóch kart SIM nie wiąże się z większymi kosztami. Ta możliwość techniczna była dotychczas wykorzystywana w systemach alarmowych ale można ją poszerzyć o sterowanie urządzeniami codziennego użytku. Przykładowo, możliwe jest nalanie ciepłej wody do wanny przed powrotem do domu, włączenie pieca, by podgrzać obiad itd. Rozwój tej dziedziny techniki zapowiada się bardzo obiecująco, więc można wnioskować, że zainteresowanie tą dziedziną jest jak najbardziej uzasadnione.



RYSUNEK 1.2. Przewidywany model układu

### 1.3. Cel pracy

Celem pracy inżynierskiej jest zbudowanie urządzenia, wykorzystującego standard GSM, które umożliwi przesyłanie danych, zawierających wyniki pomiaru, na telefon komórkowy. Ponadto sterowanie tym urządzeniem będzie możliwe za pomocą telefonu komórkowego (rys. 1.2).

### 1.4. Istniejące rozwiązania

Opracowane urządzenie nie jest rozwiązaniem autorskim. Podobne urządzenia są już produkowane. Dlatego projektując urządzenie możemy zastosować tak zwaną metodę *benchmarking-u*. Ograniczymy się do urządzeń, które mają proste rozwiązania z możliwością szybkiego użycia. W szczególności wymaga się, by urządzenie posiadało możliwość:

- zasilania bateryjnego i sieciowego,
- integralny modem GSM 850/900/1800/1900 lub z możliwością podłączenia zewnętrznego modemu,
- wejścia i wyjścia binarne,
- interfejs do podłączenia urządzeń zewnętrznych,
- sterowanie za pomocą SMSa,
- łatwa samodzielna konfiguracji.

---

<sup>1</sup> [www.telemetry.pl](http://www.telemetry.pl), telemetron\_m\_sec.pdf

Poniżej zostaną przedstawione niektóre urządzenia znajdujące się na rynku, na których autor będzie się wzorował:

- (1) Firma **inVentia**<sup>2</sup>, oferująca profesjonalne zastosowania mobilnych technologii GSM/GPRS i GPS, jest światowym dostawcą urządzeń telemetrycznych i lokalizacyjnych. Usługi świadczone przez inVentia'ę objęte są certyfikowanym Systemem Zarządzania Jakością ISO 9001:2000.

Cechy modelu **MT-301**:

- Transmisja pakietowa GSM/GPRS,
- Integralny modem GSM 850/900/1800/1900,
- Autonomiczne logowanie się do sieci GSM/GPRS,
- Wejścia binarne,
- Wyjścia binarne,
- Wejścia analogowe 4-20 mA,
- Praca zdarzeniowa,
- Integralny akumulator Li-Polymer,
- Możliwość montażu na szynie DIN,
- Rozłączalne listwy zaciskowe,
- Łatwa samodzielna konfiguracja.

- (2) Firma **PROFIL RCG**<sup>3</sup> oferuje urządzenia pozwalające na sterowanie i monitoring obiektów za pomocą telefonów komórkowych. Koncentruje swoją działalność na rynku technologii teleinformatycznych i zajmuje się konstruowaniem, produkcją oraz sprzedażą urządzeń elektronicznych.

Cechy modelu **MODBOX**:

- napięcie zasilania 13 - 15V,
- 7 wejść cyfrowych,
- 3 wyjścia wysokoprądowe 12V - obciążalność po 1A,
- 1 wyjście niskoprądowe 5V - obciążalność 80mA (w praktyce służy jako sygnalizacja LED),
- współpraca z czujnikami alarmowymi,
- współpraca z telefonami NOKIA serii 5110 5150 6110 6150 oraz 3330 3410, lecz bez układu automatycznego włączania/wyłączania ,
- protokół transmisji danych NOKIA F-BUS,
- obudowa typu Z-53,
- komunikacja poprzez sygnał CLIP lub komunikaty SMS,
- pełna konfiguracja poprzez interfejs PC za pomocą konfiguratora lub zdalnie.

- (3) Firma **AKSEL**<sup>4</sup> oferuje profesjonalne sieci łączności, systemy radiokomunikacyjne i telemetryczne, radiotelefony i akcesoria oraz konserwacje sieci łączności.

Cechy modelu **GPSmikro**:

---

<sup>2</sup> [www.intentia.pl](http://www.intentia.pl)

<sup>3</sup> <http://www.fif.com.pl/>

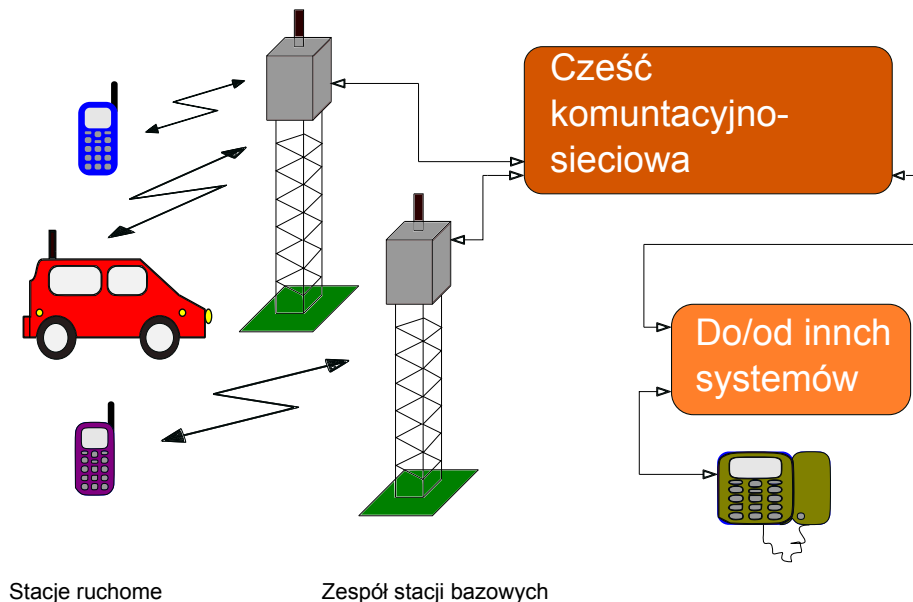
<sup>4</sup> [www.aksel.com.pl](http://www.aksel.com.pl)

- wbudowany odbiornik GPS,
- wbudowany modem GSM/GPRS,
- możliwość podłączenia radiotelefonu konwencjonalnego, trunkingowego MPT-1327 lub TETRA,
- pamięć na 100 000 zapisów lokalizacji i stanów urządzeń,
- bardzo niskie zużycie energii (średnio ok. 0,6 W przy zasilaniu 13,8 VDC oraz pracującym odbiorniku GPS i modemie GSM/GPRS ),
- możliwość podpięcia zasilania buforowego doładowywanego poprzez sterownik ze źródła głównego,
- możliwość zdalnej zmiany oprogramowania wewnętrznego,
- istnieje wersja w obudowie metalowej z materiału nierdzewnego.

## Rozdział 2

### System GSM

Korzystanie z usług systemu GSM nie wymaga jego dokładnej znajomości. Potrzebna jest jedynie świadomość, że telefon działa tylko w zasięgu komórek sieci, aparat trzeba naładować co pewien czas i doładować konto u operatora. Podczas konstruowania urządzenia współpracującego z tym systemem potrzebna jest wiedza o jego strukturze i usługach. Poglądowy schemat przedstawiono na rys. 2.1



RYSUNEK 2.1. Struktura systemu telefonii komórkowej GSM

### 2.1. Struktura

System GSM posiada strukturę, w której wyróżniamy pewne stałe elementy opisane poniżej. Wraz z rozbudową systemu o nowe usługi, elementy te są zastępowane przez nowsze lub pojawiają się całkiem nowe elementy systemu. W związku z tym wyróżniamy [6] :

- *Stacje ruchome MS* (ang. Mobile Station) – popularnie nazywane są telefonami komórkowymi, nawiązującymi łączność radiową ze stacjami bazowymi. Są obecnie

dostępne również zewnętrzne modemy GSM. Pod względem zdolności do transmisji danych cyfrowych telefony komórkowe dzielą się na trzy grupy:

- *MT0* przeznaczone wyłącznie do transmisji mowy i komunikatów SMS. Nie mogą być wykorzystywane do transmisji danych do innego urządzenia cyfrowego.
- *MT1* umożliwiające transmisję danych cyfrowych. Wyposażone są w interfejs S sieci ISDN, a do wymiany danych z komputerem wymagany jest oddzielny przyrząd, tzw. adapter terminalowy TA.
- *MT2* umożliwiające transmisję danych cyfrowych z komputerem za pomocą interfejsu RS232C, IrDA lub też łącza radiowego Bluetooth.

Powyższa klasyfikacja nie obejmuje dwóch typów urządzeń, również często wykorzystywanych w systemie GSM, jakimi są:

- karta komputerowa PCMCIA.
- urządzenie całkowicie zintegrowane z modułem telefonów komórkowych.
- *Zespół stacji bazowych* – jest to szereg stacji bazowych montowanych na odpowiednich wysokościach (masztach, wieżach) oraz odpowiedniej dla każdej bazy sterowników. Stacja bazowa jest wyposażona w antenę, nadajnik i odbiornik fal radiowych przy systemie GSM na zakres 900 MHz lub 1800 MHz oraz w układy przetwarzania sygnałów radiowych. Sterownik stacji bazowych przełącza kanały dla każdej stacji oraz steruje mocą stacji ruchomej. Jego zadaniem jest także transmisja sygnałów w kierunku od stacji bazowych do centrali systemu ruchomego i w kierunku przeciwnym.
- *Część komutacyjno-sieciowa* – składa się z centrali komunikacyjnej systemu ruchomego MSC (ang. Mobile Switching Center), bazy danych oraz urządzeń i programów do współpracy z innymi sieciami telefonii stałej, a także z innymi systemami telefonii komórkowej. Baza danych obejmuje dane o aktualnej lokalizacji stacji ruchomej, dane potrzebne do identyfikacji użytkownika i jego uprawnień.

## 2.2. Podstawowe usługi w systemie GSM

W systemie GSM możemy wyróżnić trzy sposoby transmisji, które różnią się między sobą sposobem przesyłania danych, ich rodzajem, przepływnością, a w dalszej konsekwencji ceną usługi. Niektóre z tych usług potrzebują odpowiednio rozbudowanej sieci stacji GSM. Wyróżniamy następujące transmisje [6]:

- *Messaging* – transmisja, która polega na wysyłaniu i odbieraniu wiadomości w formatach SMS, EMS i MMS. SMS (ang. Short Message Service), czyli krótkie komunikaty alfanumeryczne o długości od 160 znaków, które są wysyłane do wybranego abonenta albo na pocztę elektroniczną e-mail. Komunikaty, z względu na swoją małą wielkość, mogą być przesyłane podczas rozmowy. Wysłanie SMSa do



odbiorcy może się zakończyć komunikatem zwrotnym, tak zwanym potwierdzeniem odebrania SMS. EMS to multimedialna forma SMS, która umożliwia przesłanie monochromatycznej grafiki, animacji, dźwięku. MMS to audio-wizualna forma SMS.

- *Transmisja danych*
  - Komutatorowa transmisja danych CSD przez telefoniczny kanał radiowy. Niewielka przepływność (9,6 kb/s) powoduje, że zastosowanie tej transmisji w systemach pomiarowych jest ograniczone. Nieefektywność tej transmisji wynika z faktu zajęcia całego kanału rozmownego, co powoduje, że opłata za połączenie jest naliczana tak samo jak za rozmowę.
  - Komutatorowa szybka transmisja danych HSCSD, gdzie większą szybkość transmisji (do 57,6 kb/s) uzyskano przez zastosowanie kompresji danych oraz zajętości do czterech kanałów rozmownych w jednym kanale fizycznym.
  - Transmisja danych GPRS umożliwia nadawanie i odbiór danych transmitowanych pakietowo od nadawcy do odbiorcy w Internecie bez komunikacji kanałów transmisyjnych w sieci GSM. Transmisja GPRS odbywa się z komunikacją pakietów danych, a nie jak poprzednio z komunikacją kanałów. Transmisja GPRS może się odbywać bez przerywania łączności nawiązanej w celu prowadzenia rozmowy telefonicznej. Transmitowany zbiór danych (pakiet) jest zamkniętą całością i może być przesyłany niezależnie od pozostałych, ponieważ w nagłówku zawiera internetowy adres przeznaczenia. Transmisja danych do 170 kb/s.
  - Transmisja danych EDGE o przepływność do 384 kb/s. Również ta transmisja, która wynika z postępu technologii, wymaga zmodyfikowanej sieci GSM. EDGE jest transmisją pośrednią między GSM i UMTS.
- *Transmisja sygnałów mowy* - najbardziej powszechna transmisja, która używa cyfrowego kanału radiowego przydzielonego na czas połączenia przez Kontroler Stacji Bazowych. Każda z dostępnych częstotliwości podzielona jest na 8 szczebli czasowych, w których mogą być transmitowane pojedyncze rozmowy. Podczas rozmowy są wysyłane do sieci raporty pomiarowe, w których zawarte są informacje o sile i jakości sygnału odbieranego z okolicznych stacji bazowych.

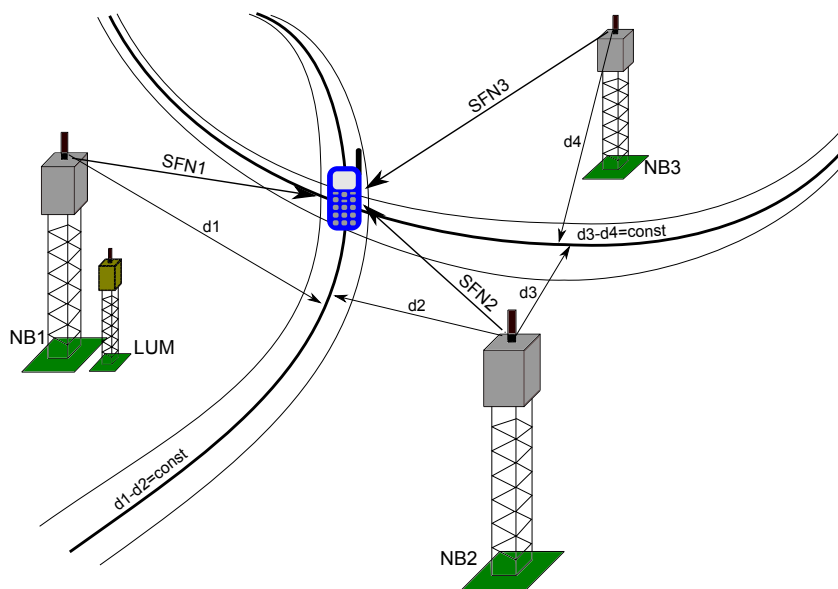
## 2.3. Lokalizacja abonenta

W zestawie usług oferowanych przez sieci GSM jest klasa usług lokalizacyjnych oraz usług wykorzystujących informacje o położeniu abonenta. Metoda OTDOA-IPDL<sup>1</sup> (ang. Observed Time Difference of Arrival – Idle Period in Downlink) rys 2.2 proponowana

---

<sup>1</sup> <http://www.partner.plusgsm.pl>

w systemie UMTS od początku była uwzględniana w ramach jego standaryzacji. W ramach standardu znana jest treść danych rozgłoszeniowych wspomagających pomiary w przypadku metod OTDOA-IPDL oraz lokalizacji opartej na systemie GPS. Dokładność metody OTDOA-IPDL szacuje się na około 50m (w systemie GPS możliwe jest osiągnięcie dokładności rzędu dziesiątek centymetrów). Należy jednak zaznaczyć, iż systemy lokalizacji oparte na sieciach komórkowych są komplementarne w stosunku do systemów satelitarnych. W szczególności sieci komórkowe mają lepszy zasięg wewnątrz budynków (mikrokomórki) oraz w wysokich kanionach miejskich ulic, gdzie sygnał satelitarny jest często przesłaniany przez budynki.



RYSUNEK 2.2. Ilustracja działania metody OTDOA-IPDL

Położenie terminala wyznaczone jest poprzez nałożenie się obszarów, dla których różnice w opóźnieniach odbioru ramek systemowych o tym samym numerze (SFN – System Frame Number) pomiędzy parami NB, mierzone na UE (OTD – Observed Time Difference), jest stałe. Rzeczywiste przesunięcia w transmisji pomiędzy NB (RTD – Real Time Difference) jest mierzone w położeniu odniesienia przez jednostkę pomiarową LMU (Location Measurement Unit).

## 2.4. Rozkazy AT

Do komunikacji z modemem używane są komendy AT [1], które różnią się w zależności od użytego modemu. Rozkazy AT opracowano w latach 70 w firmie Hayes do komunikacji między modemem a komputerem, następnie zostały adoptowane na standard przez międzynarodowe organizacje telekomunikacyjne. Nazwa AT pochodzi od angielskiego słowa „uwaga” - ang. ATtention. Znaki AT zapisane w kodzie ASCII rozpoczynają każdy rozkaz.

Znaki alfanumeryczne i inne używane w rozkazach AT powinny znajdować się na liście referencyjnej IRA (ang. International Reference Alphabet). Znaki w rozkazach AT powinny być zapisane słowami 8-bitowymi. Jeżeli w urządzeniu TE(ang. Terminal Adaptor) wysyłającym rozkazy generowane są znaki 7-bitowe, to zadaniem odpowiedniego układu TE jest dodawanie ósmego bitu. Komendy AT jest to rodzaj języka zbliżonego do Basic-a. Linie komend są na bieżąco interpretowane i wykonywane przez modem. Każda komenda składa się z co najwyżej trzech elementów: prefiksu, ciała i znaku kończącego.

- **Prefiks** zawiera ciąg znaków „AT”. Wyjątek to komenda **A/**,
- **Ciało** zawiera treść komendy i jeśli to wymagane parametry,
- **Znak kończący** to znak powrotu karetki **CR**.

Rozkazy AT dla urządzeń w sieci GSM mają prefiks „+C”, czyli zawsze początek rozkazu jest postaci „AT+C...”. W zależności od rodzaju usługi transmisji danych, korzysta się z podzbioru rozkazów AT właściwego dla tej usługi. Komendy mogą być łączone w jednej linii i oddzielone odstępami, które są ignorowane. Odbiór znaków przez modem jest potwierdzany poprzez **echo**, które można wyłączyć komendą **ATE0** Rozkaz ustawiający zawiera znak "=", po którym występują liczby oznaczające symbolicznie wybrane wartość parametru. Rozkaz pytający zawiera znak "?".

Po wydaniu rozkazu następuje próba jego wykonania, co wiąże się również z odpowiedzią. Odpowiedzi podstawowe to:

„<CR><LF>OK<CR><LF>” oznacza wykonanie komendy

„<CR><LF>ERROR<CR><LF>” oznacza nie wykonanie komendy.

## Rozdział 3

### Projekt urządzenia

#### 3.1. Przeznaczenie

Urządzenie powinno umożliwić użytkownikowi telefonu zastosowanie dodatkowych funkcji z zakresu telemetrii i telemechaniki. W pierwszym przypadku będzie to pomiar położenia i temperatury. W drugim zaś zmiana stanów na wejściach i wyjściach binarnych.

I przypadek: Sterowanie urządzeniem będzie polegało na wybraniu numeru urządzenia (sygnał dzwonienia RING), po którym nastąpi przesłanie wyników.

II przypadek: Po wysłaniu przez użytkownika wiadomości tekstowej o odpowiedniej treści nastąpi wykonanie polecenia, a następnie zostanie przesłane potwierdzenie wykonania zadania oraz dane pomiaru.

W obu przypadkach urządzenie odsyła informacje za pomocą wiadomości SMS.

#### 3.2. Wymagania i ograniczenia

Na etapie projektu urządzenia przyjęto założenie, że jego użytkownikiem będzie posiadacz telefonu komórkowego. Obserwując dzisiejsze standardy, obsługa powinna być na tyle prosta, by każdy mógł posługiwać się urządzeniem intuicyjnie. Założono jednak możliwość, że za początkowe uruchomienie może być odpowiedzialny ktoś bardziej doświadczony.

Urządzenie ma być przeznaczone do powszechnego użytku, dlatego pierwszorzędną rolę odgrywa bezpieczeństwo. Obudowa musi chronić użytkownika przed ryzykiem porażenia prądem oraz promieniowaniem elektromagnetycznym. Powinna zabezpieczyć wnętrze urządzenia przed uszkodzeniem, co w przypadku urządzeń powszechnego użytku jest ważne, ponieważ użytkownik nie zawsze musi być świadomy, jak należy się obchodzić z urządzeniem.

Założono, że wymiana danych będzie się odbywała za pomocą sygnału dzwonienia RING i wiadomości tekstowej SMS. Z kolei informacja zwrotna będzie przesyłana SMSem. Transmisja danych za pomocą wiadomości SMS została wybrana dlatego, że jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych sposobów komunikowania się za pomocą telefonów komórkowych. Można doszukać się dwóch przyczyn popularności SMSów. Pierwsza - to niższe koszty, a druga - to możliwość, a zarazem wymóg, przekazania wiadomości zawartej w 160 znakach ASCII. Sterowanie urządzeniem będzie fizycznie ograniczone do panelu telefonu oraz do danych w postaci znaków ASCII i sygnału dzwonienia. Tych wyborów

dokonano, ponieważ zakłada się najprostszą formę komunikacji. Zrezygnowano również z dodatkowej rozbudowy o klawiaturę i panele LCD, ponieważ całą obsługę przewiduje się na już dostępnych elementach w telefonie.

Na obudowie urządzenia przewiduje się następujące elementy:

- gniazdo DB9 dla interfejsu RS232 do celów serwisowych,
- przełącznik ON/OFF,
- przycisk reset,
- przełącznik o trzech pozycjach,
- gniazdo do podłączenia pod wejścia binarne,
- interfejs do podpięcia elementu pomiarowego 1-wire,
- diody LED jako elementy sygnalizujące aktualny stan pracy:
  - dioda sygnalizująca łączenie z siecią GSM,
  - dioda sygnalizująca stan zasilania,
  - dioda sygnalizująca stan wyjść binarnych.

Jednak większość z tych wymienionych elementów będzie używana raczej w przypadkach samego uruchomienia i serwisowania.

W urządzeniu przewiduje się jeszcze gniazdo ISP, w celu programowania mikrokontrolera obsługującego układ. Byłoby to rozwiązanie bardziej wygodne, ponieważ w łatwy sposób można dokonać zmiany oprogramowania, co wpływa na funkcjonalność urządzenia. Jednak dla mniej doświadczonych użytkowników, którzy wymianę oprogramowania powierzają serwisantowi, mogłoby to z czasem się okazać uciążliwe i kosztowne.

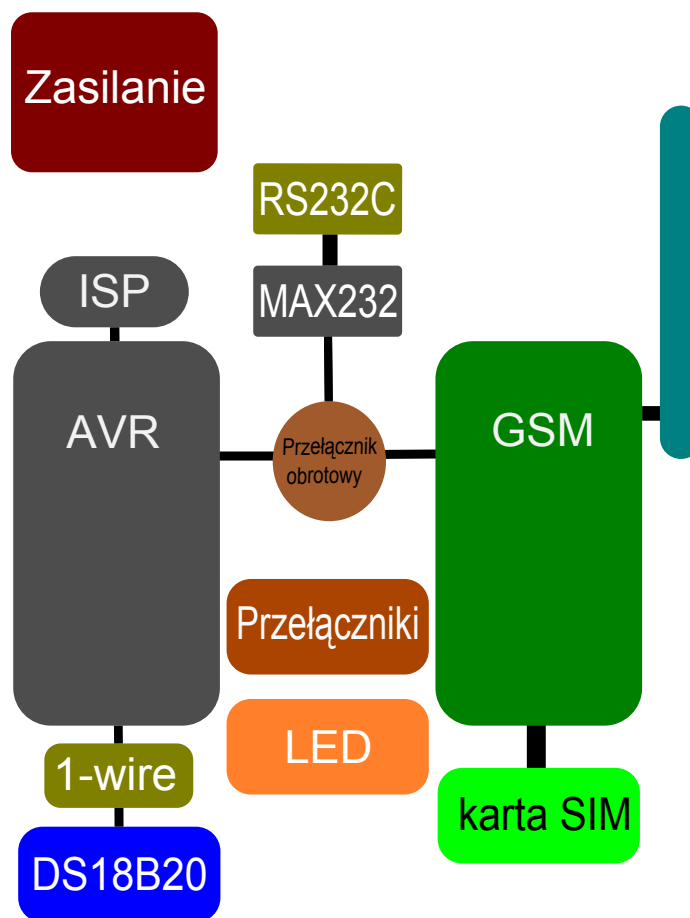
Jako warunki pracy urządzenia przyjęto *warunki standardowe*:

- ciśnienie:  $p = 1 \text{ bar} = 1000 \text{ hPa}$
- temperatura:  $T = 298,16 \text{ K} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Parametry urządzenia:

- masa: 250g,
- wymiary: szerokość 90 mm, długość 180 mm, wysokość 50 mm,
- zasilanie: zmienne 8 do 12 V,
- baterie: 3x AAA RH6,
- temperatura pracy: 15 do 40 C,
- wilgotność pracy: 20% do 90%.

Układ wstępnie jest projektowany w technologii THT (montaż przewlekły). Wybór tej technologii jest spowodowany tym, można łatwiej w niej dokonać zmian. Ostateczny projekt przewiduje się w technologii SMD. Na rys. 3.1 przedstawiono schemat ogólny urządzenia z jego najważniejszymi elementami, które zostały opisane w dalszej części pracy.



RYSUNEK 3.1. Schemat ogólny

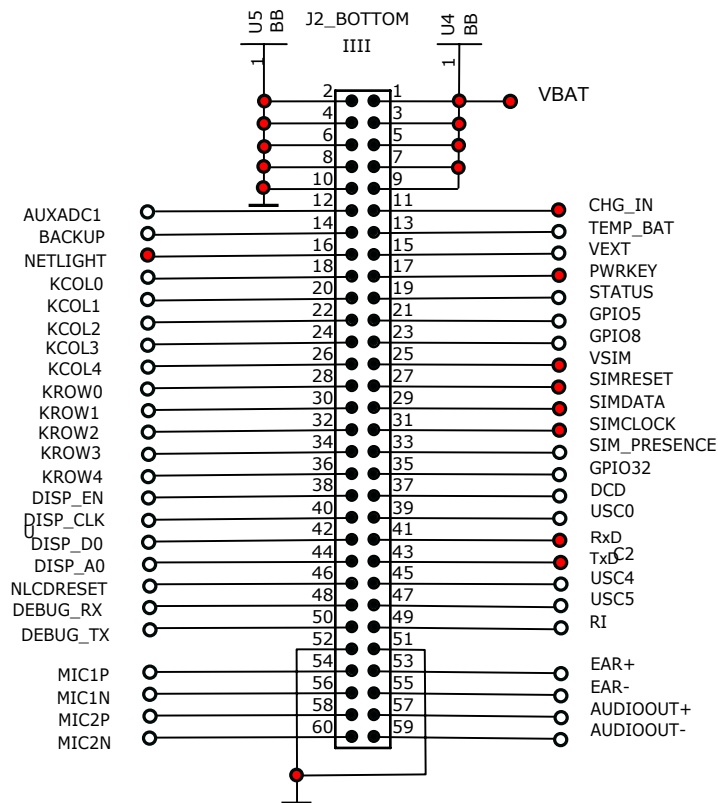
### 3.3. Modem GSM

W pracy użyto modułu GSM SIM 300CZ który jest przeznaczony do użycia w aplikacjach M2M. Poniżej opisano wykorzystane piny oraz ich przeznaczenie [2], [3]:

- PWRKEY(17) - po pojawieniu się stanu niskiego, modem zostaje załączony, a po kolejnym stanie niskim trwającym 5 sek układ zostaje wyłączony.
- VBAT(1,3,5,6,7,9) - wejście zasilane ze źródła o napięciu stabilizowanym 3,4 - 4,5V i wydolności prądowej do 2A.
- VSIM(25), SIMRESET(27), SIMDATA(29), SIMCLOCK(31) - do wyprowadzeń podpinana się kartę SIM.
- RxD(41), TxD(43) - interfejs RS232C.

- GND(2,4,6,8,10) - masa.
- NETLIGHT(16) - wyprowadzenie do podpięcia diody sygnalizującej stan transmisji modemu.

Na rysunku 3.2 przedstawiono złącze modemu.



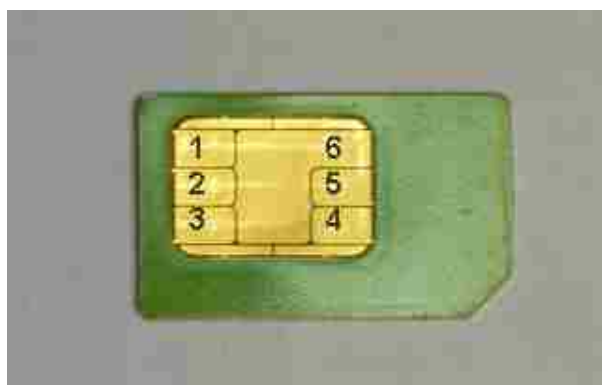
RYСУNEK 3.2. Złącze modemu SIM300

Istnieje możliwość podłączenia telefonu komórkowego przez gniazdo DB9. Oczywiście trzeba użyć odpowiedniej przelotki dopasowującej napięcia i stany logiczne. Często zdarza się, że telefony różnych firm potrzebują innych przelotek, co utrudnia pracę. Nie każdy telefon współpracuje z programem z którym działa modem SIM 300CZ. Wiąże się to z tym, że nie każdy telefon obsługuje tryb tekstowy, który włącza się rozkazem `at+cmgf=1`.

### 3.4. Karta SIM

Karta SIM (ang. Subscriber Identity Module - moduł identyfikacji abonenta). SIM to karta elektroniczna wielkości 25 na 15 mm z wbudowaną pamięcią i mikroprocesorem. Karta SIM identyfikuje abonenta i przechowuje dane np. część książki adresowej. Jest kluczem dostępowym do sieci komórkowej. Modem GSM bez karty SIM może łączyć się jedynie z numerami alarmowymi. Na karcie znajdują się pozłacane styki, które za pośrednictwem sprężynek gniazda karty SIM łączą kartę z obwodami modemu GSM. Każda karta ma swój niepowtarzalny dziewiętnastocyfrowy lub dwudziestocyfrowy numer identyfikacyjny SSN (ang. SIM Serial Numer).

Zdjęcie 3.3 przedstawia kartę SIM z opisanymi poniżej stykami:



RYSUNEK 3.3. Karta SIM

- VCC(1) - zasilanie,
- Reset(2) - reset,
- Clock(3) - wyjście zegara,
- DATA I/O(4) - linia danych,
- VPP(5)
- GND(6) - masa,

Modem GSM wymaga połączenia z kartą SIM. Stosując odpowiednie gniazdo zwane popularnie koszyczkiem, łączy się odpowiednie piny modemu z stykami karty SIM. Elementy dodatkowe zabezpieczają kartę przed przepięciami.

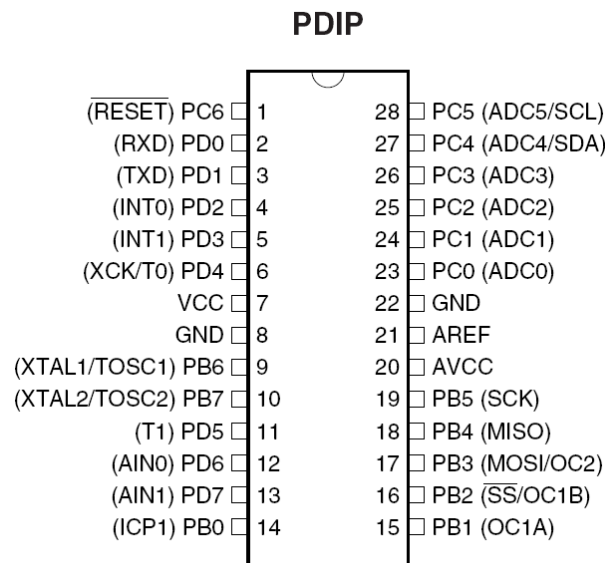
### 3.5. Wykorzystany mikrokontroler

Jako układ współpracujący z modemem GSM wybrano ATmega8<sup>1</sup> (rys. 3.4). Jego parametry i ogólnie dostępne środowiska programistyczne AVRStudio, WinAVR na licencjach GPL zdecydowały o tym, że ten mikroprocesor uznano za najbardziej odpowiedni. By

<sup>1</sup> [www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)



umożliwić dostęp do zmiany oprogramowania mikrokontrolera umieszczono gniazdo ISP na zewnątrz obudowy.



RYSUNEK 3.4. Obudowa ATmega 8

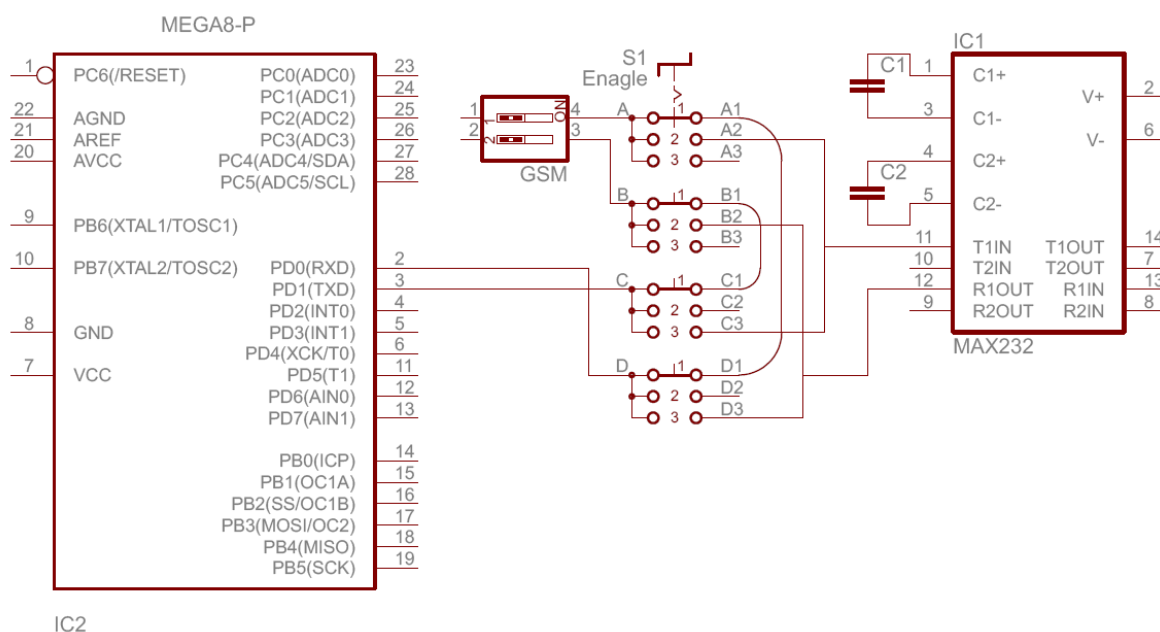
### 3.6. Zasilanie urządzenia

Jako źródła zasilania można użyć zasilania miejscowego z sieci. Jednak by urządzenie było bardziej uniwersalne przewiduje się też zasilanie akumulatorowe. Projektując to zasilanie trzeba wziąć pod uwagę elementy składowe urządzenia, a szczególnie modem GSM. W momencie łączenia z siecią GSM obciążenie impulsami prądowymi wzrasta do 2 A co powoduje spadki napięcia. Dlatego trzeba stosować odpowiednie zabezpieczenie w postaci kondensatorów umieszczonych blisko miejsca zasilania modemu GSM. W tym celu zastosowano dwa kondensatory tantalowy  $C_a=220\mu\text{F}$  i ceramiczny  $C_c=1\mu\text{F}$ .

Jako zasilanie akumulatorowe wykorzystano trzy połączone w szereg akumulatorki NiMH typu AA HR6 o pojemności 2100 mAh każdy. Przy czym, po naładowaniu, jedno ogniwo daje napięcie około 1,2 V, co w sumie daje około 3,9 V. Urządzenia działa do momentu, gdy napięcie nie spadnie poniżej 3,6 V, gdyż jest to minimalne napięcie zasilania modemu. Podczas testów, opisany powyżej sposób zasilania wystarcza do 48 godzin. Dodatkowo, zaprojektowane zasilanie zostało skonstruowane tak, aby w trakcie zasilania urządzenia z sieci ładowało również akumulatorki. Do tego celu zastosowano układ LM350M [3].

### 3.7. Komunikacja modemu GSM, mikrokontrolera AVR oraz komputera

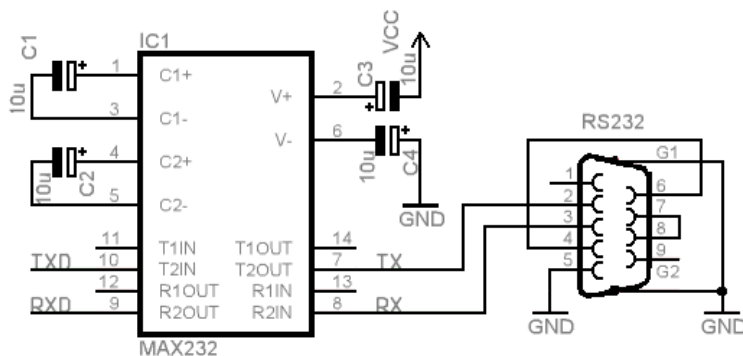
Do komunikacji wykorzystano interfejs RS232, ponieważ wszystkie elementy posiadają potrzebne do tego celu podzespoły w postaci USARTów (ang. Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter) [4]. Pierwsze połączenie występuje między modemem GSM a mikrokontrolerem AVR. W tym przypadku pierwszy element jest typu DCE (ang. Data Communication Equipment), a drugi DTE (ang. Data Terminal Equipment). Elementy te zostały połączone kablem prostym. Tak samo wygląda połączenie między komputerem (DTE) a modemem GSM. Trzecie połączenie to połączenie dwóch urządzeń DTE. Połączenie komputera z AVRem jest realizowane za pomocą kabla zerowego (kabel NullModem). W danej chwili występuje tylko jedno połączenie między tymi trzema elementami, które wybieramy za pomocą przełącznika obrotowego o trzech pozycjach i czterech sekcjach, jak to pokazano na rys. 3.5.



RYSUNEK 3.5. Przełącznik obrotowy o trzech pozycjach i czterech sekcjach

Zanim nastąpi podłączenie urządzeń typu DTE z DEC lub dwóch DTE należy upewnić się czy parametry elektryczne sygnałów pracują dla tych samych dopuszczalnych wartości napięć, które odpowiadają poziomom logicznym. Bezpośrednio można podłączyć elementy AVR i modem GSM. Jednak przy połączeniu elementów z komputerem PC konieczne jest wykorzystanie konwertera MAX232. Układ konwertera pokazano na rys. 3.6.

Zgodnie z normą RS232C wykorzystano najprostszy sposób podłączenia urządzeń wykorzystując podzbiór linii TxD, RxD, i GND=PG. By skorzystać z interfejsu RS232 należy zdefiniować tryb, rodzaj i parametry transmisji. Biorąc pod uwagę, że dane nie będą przesyłane stale można wybrać rodzaj transmisji asynchronicznej znakowej. Jako tryb przyjęto półdupleks. Parametry transmisji [7]:



RYSUNEK 3.6. Schemat z układem MAX232

- baud rate 9600,
- data bits 8,
- parity none,
- stop bits 1,
- handshaking none.

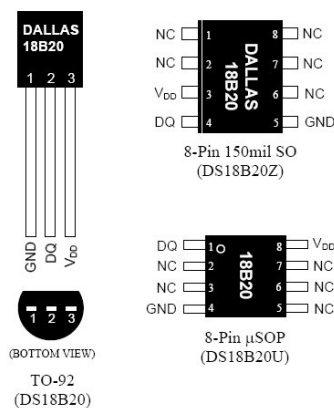
### 3.8. Komunikacja DS18B20 z mikrokontrolerem AVR po interfejsie 1-Wire

Wybór magistrali 1-Wire jest zdeterminowany tym, że do pomiaru temperatury został wybrany czujnik DS18B20. Magistrala ta ma liczne zalety, przede wszystkim możliwość podłączania większej liczby urządzeń. Komunikacja z urządzeniami znajdującymi się na magistrali 1-Wire powinna być zgodna ze standardem ISO/OSI (ang. International Organization for Standardization / Open System Interconnection). Protokół 1-Wire obejmuje pięć z siedmiu warstw standardu ISO/OSI. Oprócz warstwy fizycznej i łącza danych (dla potrzeb pomiaru) występuje warstwa sieciowa. Dzięki niej, po podłączeniu do magistrali większej liczby urządzeń istnieje możliwość wyboru, z którym urządzeniem będziemy się komunikować. Oprócz tego występuje warstwa transportowa, która precyzuje możliwość wymiany informacji z urządzeniem oraz warstwa prezentacji organizacji pamięci [5].

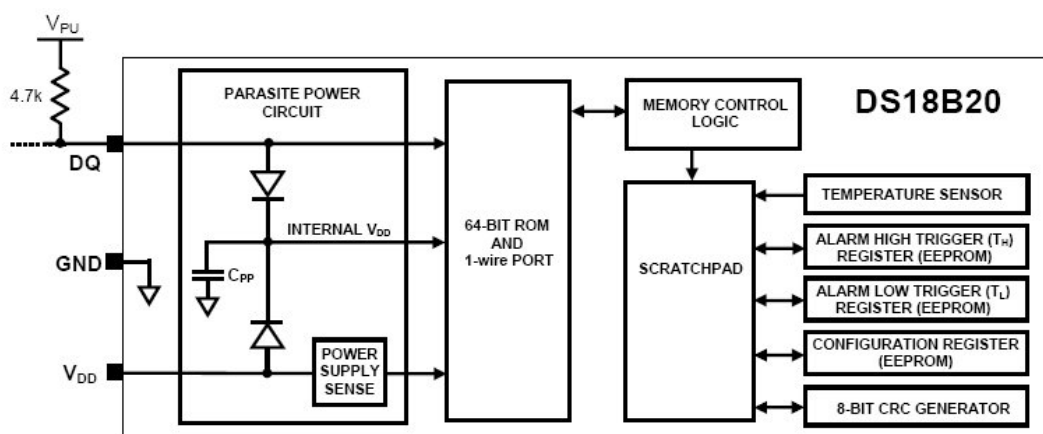
### 3.9. Czujnik temperatury

Do pomiaru temperatury wykorzystano układ DS18B20 [5]. Jest to cyfrowy czujnik temperatury z interfejsem komunikacyjnym 1-Wire. Wyboru tego dokonano ze względu na powszechność tego czujnika. Czujnik posiada 64 bitowy unikalny numer seryjny oraz

możliwość ustawienia rozdzielczości przetwarzania temperatury w zakresie od 9 do 12 bitów. Pozwala to mierzyć temperaturę w zakresie od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ . Układ osiąga dokładność  $0,5^{\circ}\text{C}$  w zakresie od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ .

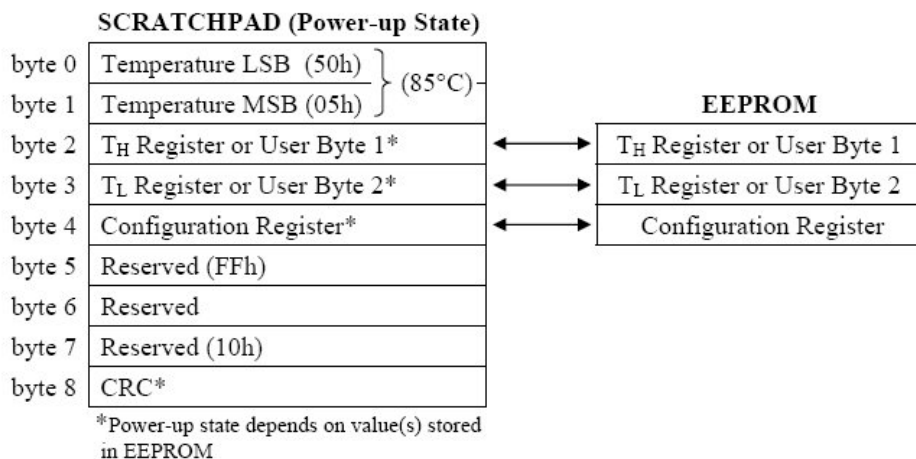


RYSUNEK 3.7. Czujnik DS18B20

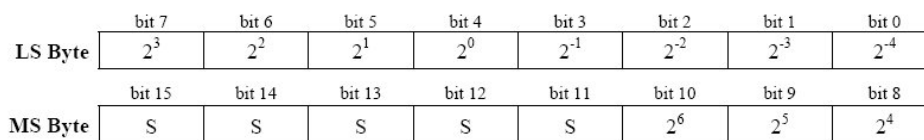


RYSUNEK 3.8. Schemat blokowy czujnika DS18B20

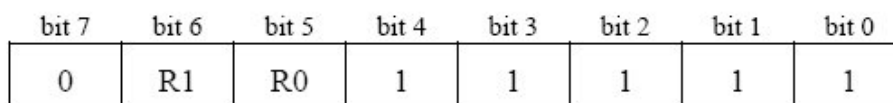
Wejście/wyjście DQ układu DS18B20 jest typu otwarty dren i wymaga rezystora podciągającego. Na rys 3.8 pokazano elementy tworzące DS18B20. Możliwe jest zasilanie układu bezpośrednio z linii danych. Jest to tzw. zasilanie pasożytnicze (ang. parasite power). W tym przypadku ciągłość w zasilaniu zapewnia kondensator  $C_{PP}$ , który jest ładowany, kiedy na linii DQ panuje stan wysoki. Przy połączeniu trzema przewodami zasilanie jest podane na nóżkę  $V_{DD}$ . Ten sposób wykorzystano w pracy, ponieważ w danym momencie nie było potrzeby ograniczenia się do dwóch przewodów. By odczytać temperaturę z układu trzeba odczytać pamięć notatnika (ang. scratchpad). Pamięć notatnika zawiera 9 bajtów danych (rys. 3.9). Pierwsze dwa zawierają informacje o aktualnej temperaturze (rys. 3.10). Po uruchomieniu czujnika w tych rejestrach zapisana jest temperatura  $85^{\circ}\text{C}$  co odpowiada wartości 0550h. Kolejne dwa rejestry to wartość temperatury alarmowej maksymalnej  $T_H$  minimalnej  $T_L$ . Kolejny bajt zawiera informację, w jakiej rozdzielczości



RYSUNEK 3.9. Organizacja pamięci notatnika



RYSUNEK 3.10. Rejestry temperatury



RYSUNEK 3.11. Rejestr konfiguracyjny

R1	R0	Resolution	Max Conversion Time	
0	0	9-bit	93.75 ms	(t <sub>CONV</sub> /8)
0	1	10-bit	187.5 ms	(t <sub>CONV</sub> /4)
1	0	11-bit	375 ms	(t <sub>CONV</sub> /2)
1	1	12-bit	750 ms	(t <sub>CONV</sub> )

RYSUNEK 3.12. Konfiguracja pracy czujnika DS18B20

pracuje czujnik (rys. 3.11). Bajt 5, 6, 7 to bajty zarezerwowane przez producenta. Ostatni 8 bajt to suma kontrolna (CRC).

W celu wyłuskania z pierwszych dwóch bajtów bitów, odpowiedzialnych za temperaturę, uzyskano poniższą procedurę:

```
T_RESET(); //reset na 1wire
```

```

T_write_byte(0xCC); //skip rom }
T_write_byte(0x44); //start conversion
if (IN_DQ) //na czas konwersji ds zwiera 1wire na "0"
{
    T_RESET(); //znowu reset
    T_write_byte(0xCC); //znowu skip rom
    T_write_byte(0xBE); // read scratchpad
    lsb = T_read_byte(); //mlodszy bajt temp
    msb = T_read_byte(); //starszy bajt temp
}

//msb=0x05;
//lsb=0x50;
for (i=0;i<4;i++){
asm( "lsl %0" "\n\t"
    : "=r" (msb): "0" (msb)

);}

for (i=0;i<4;i++){
asm( "lsr %0" "\n\t"
    : "=r" (lsb): "0" (lsb)

);}

```

Aby pomiar temperatury przebiegał odpowiednio, potrzebna jest świadomość tego, co i jak mierzymy. Pomiar czujnikiem DS18B20 jest to pomiar *stykowy*, ponieważ czujnik wprowadza się w obszar mierzonej temperatury. Wysoka dokładność czujnika będzie możliwa do wykorzystania, jeśli sam pomiar będzie odpowiednio przeprowadzony. Warunkiem jest tu dokładne wyrównanie niezakłóconej temperatury badanego ciała z temperaturą czujnika DS18B20. Dwa główne źródła błędów to:

- zakłócenie pierwotnego pola temperatury,
- niezupełne wyrównanie temperatury ciała i czujnika.

## Rozdział 4

### Pomiary i sterowanie urządzeniem

Pomiary urządzeniem dokonano w Rybniku, Gliwicach i na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej. Urządzenie pracowało w warunkach standardowych oraz było poddane na zmiany temperatury w zakresie od 15 do 26. W pracy drukowanej zamieszczono tylko wybrane pomiary, natomiast wszystkie dołączone są w aneksie na płycie DVD+R, razem z kodem programu.

**Numer karty SIM znajdującej się w urządzeniu to 669823550. Pomiaru temperatury dokonywano z sieci PLUS, Orange i ERA.**

#### 4.1. Pomiar temperatury

Po wybraniu numeru urządzenia i rozłączeniu, po kilku sekundach został odebrany SMS z informacją o dokonanym pomiarze temperatury:

WITAM  
00004 25C

Po powitaniu „WITAM” w wiadomości SMS znajduje się informacja o ilości wysłanych już SMSów z informacją o temperaturze od momentu włączenia. Oraz wartość temperatury.

Urządzenie na początku wysłało wiadomość SMS z błędną temperaturą 85 stopni:

WITAM  
00001 85C

Wiąże się to z początkowym stanem pracy czujnika temperatury, który przy włączeniu w rejestrach odpowiedzialnych za temperaturę ma właśnie 85 (0550h).

#### 4.2. Obsługa urządzenia

Aby skorzystać z urządzenia należy upewnić się czy następujące czynności zostały spełnione:

- konto karty SIM urządzenia zostało zasilone,
- konto karty SIM telefonu zostało zasilone,
- urządzenie jest zasilone (akumulatorki są naładowane).

Urządzenie należy włączyć na przełączniku *ON/OFF* i przytrzymać *reset* na czas 5 sekund. Następnie należy poczekać aż urządzenie zaloguje się do sieci (ok 10 sek), co zostanie zasygnalizowane miganiem czerwonej diody LED1. W tym momencie urządzenie jest gotowe do pomiaru.

W celu dokonania pomiaru należy wybrać numer urządzenia, odczekać do usłyszenia sygnału dzwonienia RING i rozłączyć się. Urządzenie automatycznie wysyła wiadomość SMS z pomiarem.

By wyłączyć urządzenie wystarczy na dwie sekundy przytrzymać przycisk *reset*, co spowoduje wyłączenie modemu. Całkowite wyłączenie urządzenia następuje po użyciu przełącznika ON/OFF.

### 4.3. Pomiar położenia

**Numer karty SIM znajdującej się urządzeniu to 669823550. Numer karty SIM znajdujący się w telefonie użytkownika 661486641.**

Dla porównania wyznaczono położenie miejsca za pomocą mapy Google. W celu sprawdzenia dokładności pomiaru metodą OTDOA-IPDL zrobiono kilka pomiarów w różnych miejscowościach i w różnych warunkach. Korzystając z usługi operatora **Plus GSM** ‘Wiem gdzie jesteś’ umożliwiono pomiar położenia urządzenia. By taka lokalizacja była możliwa konieczna jest aktywacja wspomnianej usługi. Informacja, jak tego dokonać znajduje się pod adresem:

<http://www.plus.pl/>

Chcąc dokonać pomiaru położenia, konieczne jest wysłanie wiadomości SMS z treścią:

‘GDZIE 669823550‘

pod numer 71101. Po po kilku sekundach następuje odebranie wiadomości o treści zależnej od położenia urządzenia:

SMS Rys. 4.1

Numer 669823550 znajduje się : Gliwice, Bolesława Krzywoustego/ Luzycka.

Współrzędne geogr.: 50 17' 22"N,18 40' 30"E

apa Google: 50°17'18.15N, 18°40'37.26E SM: 50 17'22"N,18 40' 30"E

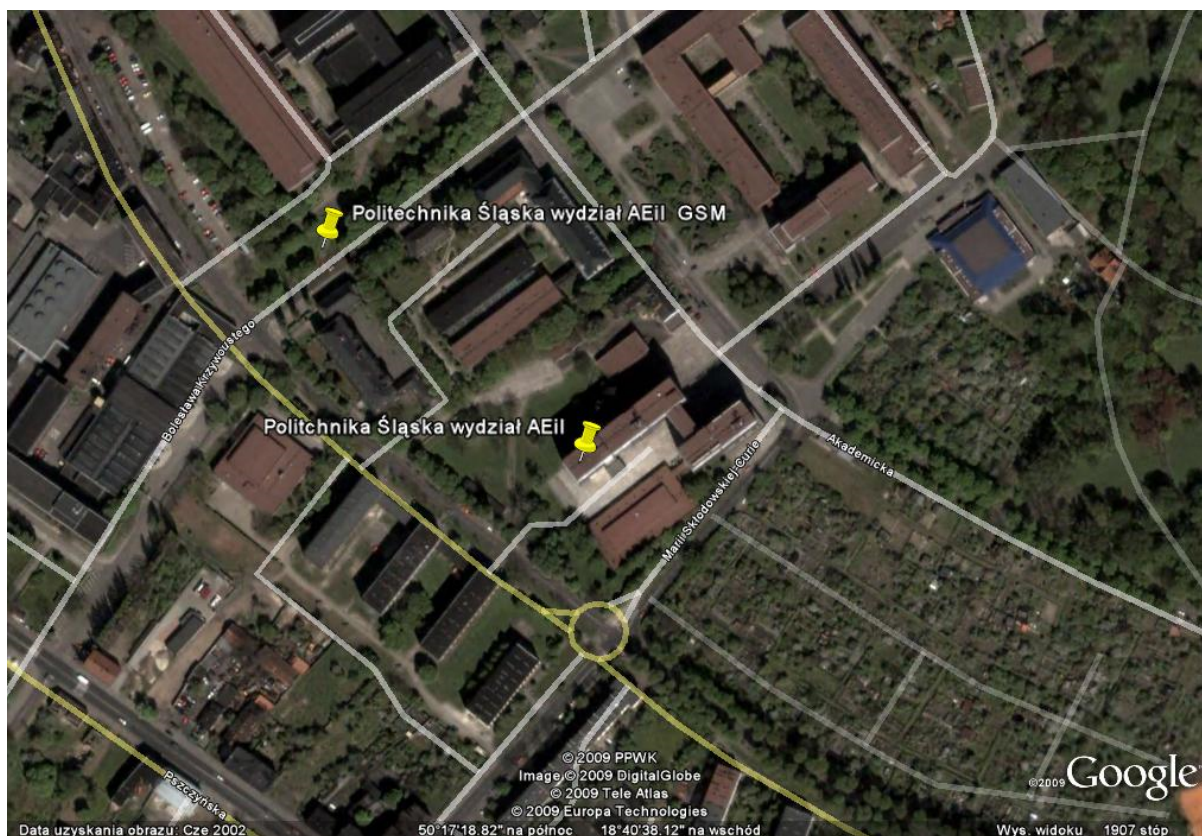
TABLICA 4.1. Lokalizacja: Politechnika Śląska

SMS Rys. 4.2

Numer 669823550 znajduje się : Rybnik, Piasta / Sw. Antoniego. Współrzędne geogr.:

50 05' 58"N,18 32' 57"E





RYSUNEK 4.1. Politechnika Śląska

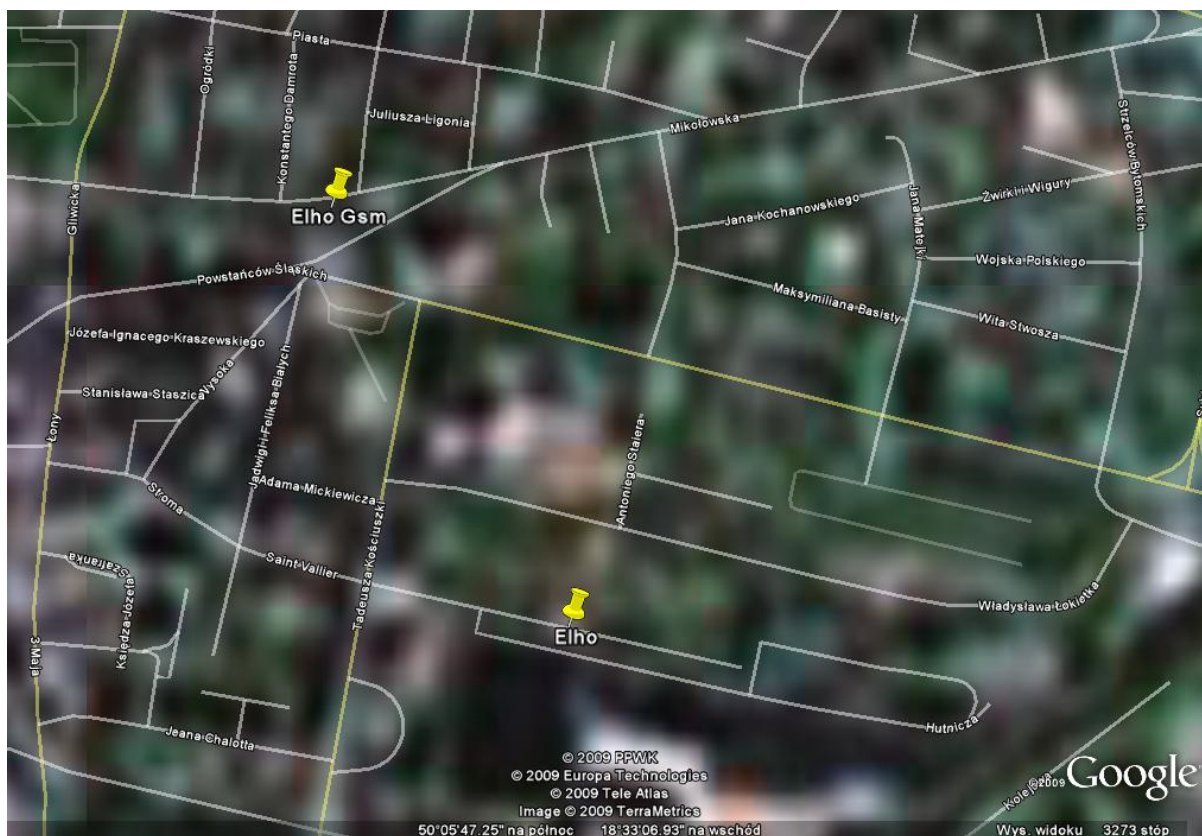
SMS Rys. 4.3

Numer 669823550 znajduje się: Rodaki gm. Klucze. Współrzędne geogr.: 50 23' 16"N, 19 32' 21"E

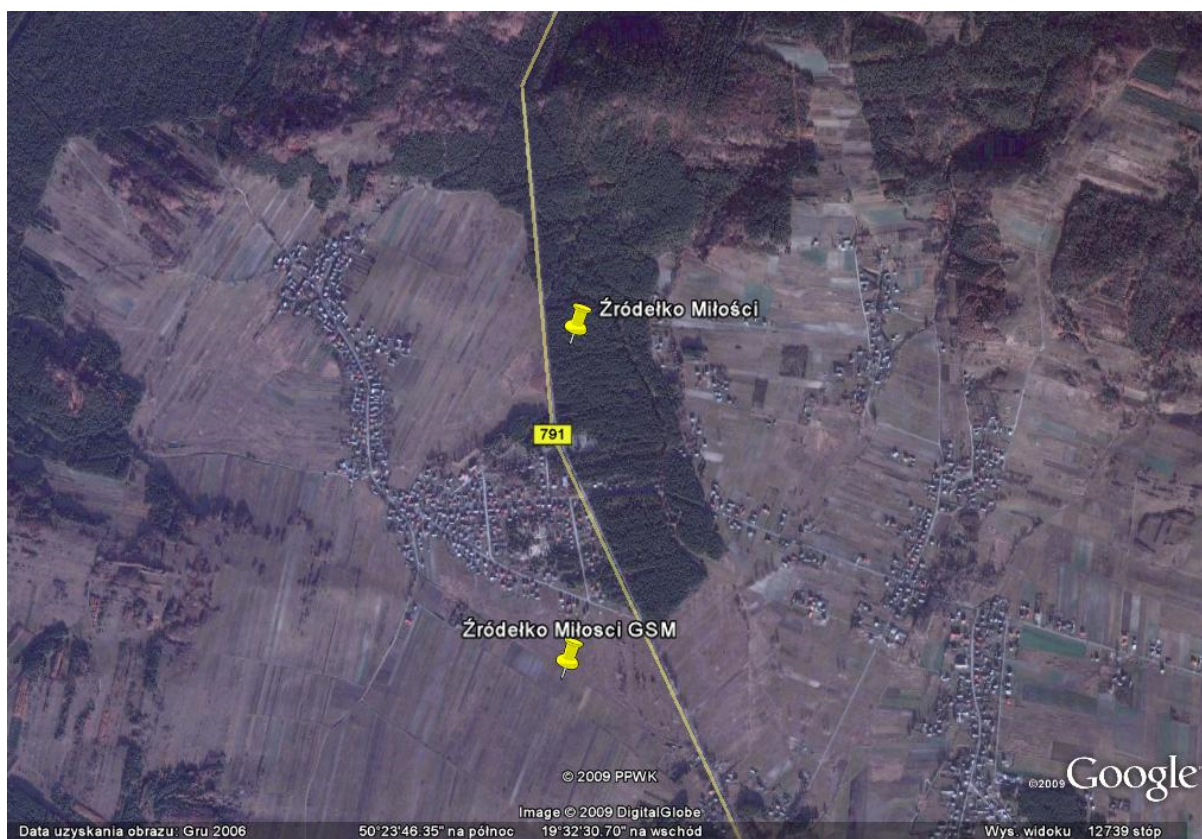
Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że dokładność lokalizacji za pomocą systemu GSM zależy od miejsca. O wartość niepewności podejrzewa się zależność gęstości rozmieszczenia stacji bazowych. W miastach wartość niepewności wynosiła około 200 m a w terenach poza miastem do 1 km.

Za każdym razem na urządzenie przychodzi o poniższa informacja.

+CMGL: 8,"ŻEC READ",,"71101",,"09/04/29,16:17:03+08"Użytkownik o numerze 661486641 otrzymał informacje o położeniu geograficznym Twojej karty SIM.



RYSUNEK 4.2. ELHO



RYSUNEK 4.3. Źródłko Miłości Rodaki gm. Klucze

## Rozdział 5

### Kontynuacja

#### 5.1. Analiza i zmiany

Po testach urządzenia można wyciągnąć następujące wnioski. Przede wszystkim konieczna jest zmiana interfejsu łączącego urządzenie z komputerem. Jak wiadomo, interfejs RS232 jest wypierany przez nowsze interfejsy. Dlatego planuje się jego zastąpienie interfejsem USB. Już w trakcie konstrukcji urządzenia używano konwertera USB-RS232 AVT5150. Przy interfejsie RS232 był potrzebny układ MAX232, który w tym przypadku jest zbędny. Interfejs USB umożliwi podłączenie z zewnątrz komputera do modemu GSM lub układu AVR. Jednak zastąpienie interfejsu RS232 interfejsem USB wprowadzi komplikacje przy próbie podłączenia zewnętrznego modemu lub telefonu komórkowego. Większość starszych telefonów komórkowych komunikuje się z komputerem w oparciu o RS232.

Zmianie z pewnością powinno ulec zasilanie akumulatorowe. Obecne rozwiązanie, choć nie jest kosztowne, nie wystarcza na długą pracę urządzenia.

Praktycznie w trakcie projektowania mało zajmowano się obudową. Dlatego rozmieszczenie gniazd, diod, przełączników jest przypadkowe. To przypadkowe rozmieszczenie elementów powodowało, że urządzenie było bardzo nieporęczne. Powodowało to przypadkowe resetowanie urządzenia, a także utrudniało użycie jednych elementów z powodu korzystania z innych.

Przewiduje się również usunięcie przycisku reset, by uprościć obsługę urządzenia. Reset będzie się dokonywał automatycznie, zaraz po włączeniu urządzenia.

Również podczas projektowania nie zważano na kształt obudowy i jej wielkość, ponieważ układ ma ostatecznie być wykonany w technologii SMD. Jednak z pewnością zostanie wykorzystane doświadczenie o rozmieszczaniu elementów na obudowie.

Pomiary temperatury przebiegały poprawnie. W pracy skupiono się na możliwości przesyłu informacji. W mniejszym stopniu sprawdzano dokładność pomiaru. Przed wdrożeniem urządzenia takie testy należałoby przeprowadzić.

W czasie projektowania urządzenia wykorzystywano zwykły abonament. Doładowywano konto sumami 10zł, co umożliwiało przeprowadzanie testów przez okres 7 dni. Ta opcja była najbardziej rozsądna w czasie roku pracy nad układem, ponieważ testy z jednej strony wymagały dyscypliny pracy, a z drugiej nie generowało niepotrzebnych kosztów. W pracy nie analizowano oferty operatorów, ponieważ ulega ona ciągłym zmianom i dopiero w momencie wdrożenia urządzenia sprawdzanie takiej oferty miałoby sens.

W układzie nie udało się jeszcze zrealizować funkcji obsługi SMSa. Projektowanie jej funkcji jest kontynuowane. W układzie również przewiduje się wykorzystanie pamięci do zapamiętywania wyników, co umożliwiłoby ich dalszą analizę bez potrzeby wysyłania. Układ powinien być rozbudowany o funkcję SMS ostrzegającą przed rozładowaniem się baterii.

## 5.2. Wdrożenie

Projektem zainteresowała się firma **ELHO**<sup>1</sup>, która od początku towarzyszyła w tworzeniu urządzenia. Obecnie trwa kalkulacja kosztów.



RYSUNEK 5.1. ELHO

---

<sup>1</sup> [www.elho.pl](http://www.elho.pl)

## Rozdział 6

### Dodatek

(1) Wykorzystywanie programy

- (a) AVRStudio
- (b) WinAVR
- (c) Inkscape
- (d) Eagle
- (e) TeXnicCenter

Można zauważyć, że wszystkie to programy można wykorzystywać do celów nie komercyjnych.

(2) Obudowa

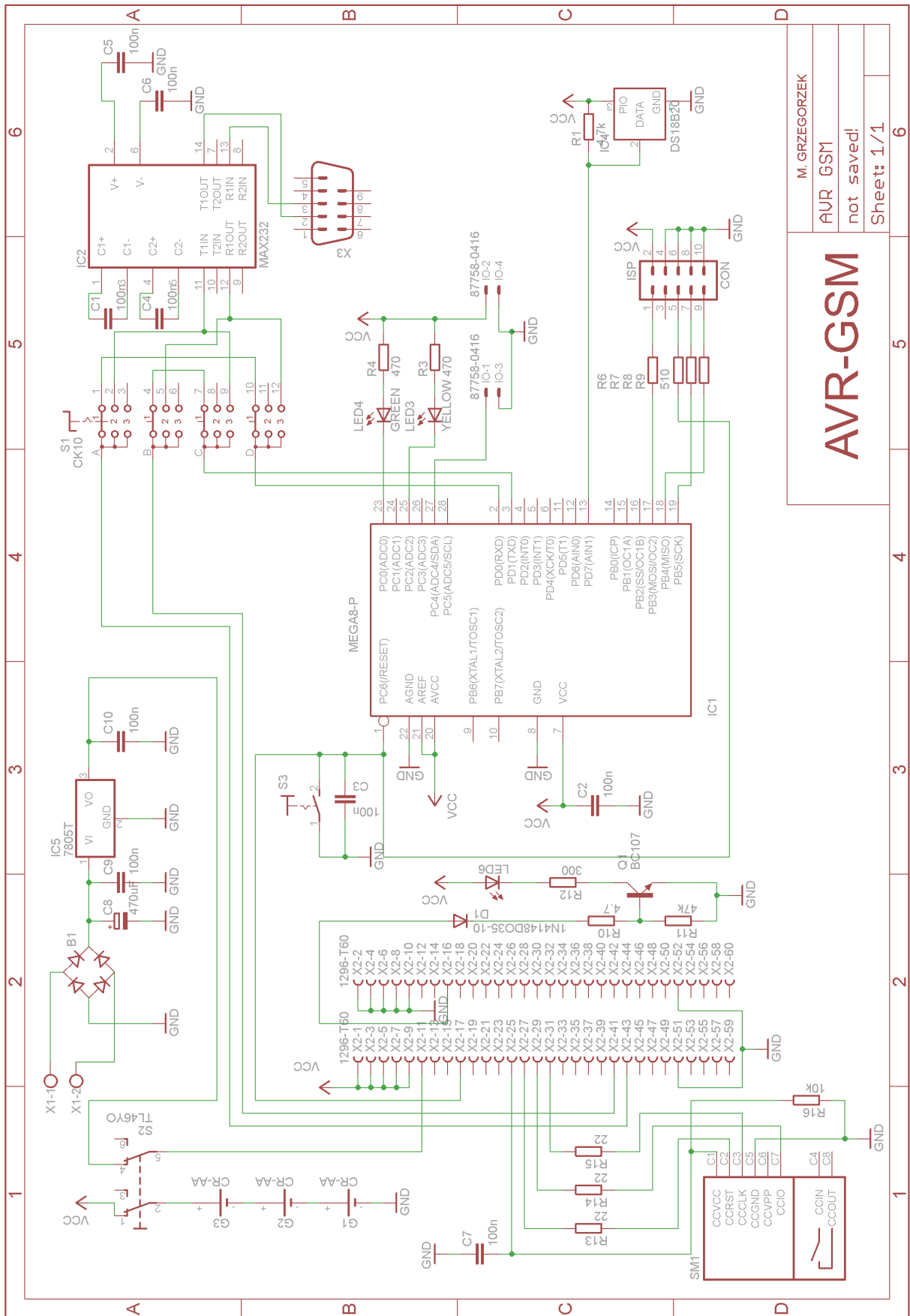
(3) Schemat urządzenia



RYSUNEK 6.1. Przód i tył urządzenia



RYSUNEK 6.2. Urządzenie z boku prawego i lewego



M. GRZEGORZEK	
AVR GSM	
not saved!	
Sheet: 1/1	6

# AVR-GSM

RYSUNEK 6.3. Schemat urządzenia



## Bibliografia

- [1] Jacek Bogusz. *Moduły GSM w systemach mikroprocesorowych*. btc, Warszawa, 2007.
- [2] SIM Technology Building. *AT Commands Set SIM300D ATC V2.00*. SIMCom, Chiny, 2007.
- [3] SIM Technology Building. *Hardware Design SIM300DZ HD V2.04*. SIMCom, Chiny, 2007.
- [4] Tomasz Grychowski. *Interfejs szeregowy RS232C*. PŚ, Gliwice, 2005.
- [5] Piotr Motyka. *Rdzeń wieloczujnikowego rejestratora temperatury dla czujników pracujących na magistrali 1-Wire*. PŚ, Gliwice, 2008.
- [6] Waldemar Nawrocki. *Komputerowe systemy pomiarowe*. WKŁ, Warszawa, 2002.
- [7] Andrzej Pawluczuk. *Sztuka programowania mikrokontrolerów AVR przykłady*. btc, Warszawa, 2007.