

# Smart Energy Sensor

*W dobie drożęjącego prądu elektrycznego każda metoda na ograniczenie jego zużycia przynosi realne korzyści – od oszczędności w naszym portfelu zaczynając, na ochronie środowiska kończąc. Bardzo modne w ostatnich latach systemy automatyki domowej wspomagają użytkownika chociażby poprzez akwizycję i wizualizację zużycia prądu w gospodarstwie domowym. Jednak aby to było możliwe, należy zainstalować urządzenie do pomiaru ilości zużywanej energii elektrycznej. Prezentowany układ doskonale sprawdzi się w takim zastosowaniu.*

Pomiaru ilości zużywanej energii elektrycznej można dokonać na kilka sposobów – najprostszym wydaje się zamontowanie licznika elektrycznego z funkcją SMART, która pozwala skonfigurować licznik tak, aby wysyłał dane bezpośrednio na serwer. Jednak zgodnie z prawem licznik elektryczny nie jest naszą własnością i jakakolwiek ingerencja przy nim grozi surowymi konsekwencjami ze strony operatora. W tej sytuacji wydaje się, że jedynym sensownym rozwiązaniem jest zainstalowanie za licznikiem głównym drugiego pod-licznika z wyjściem na magistralę RS232 lub RS485, ostatecznie z wyjściem impulsowym SO+ – SO – co pozwoli na podłączenie urządzenia zliczającego generowane przez licznik impulsy. Na pewno warto rozważyć takie rozwiązanie, o ile posiadamy odpowiednio dużo miejsca w skrzynce bezpiecznikowej. Jednak taki trójfazowy licznik do tanich nie należy. Można również próbować własnymi siłami zbudować miernik zużywanej energii za pomocą gotowych modułów z przekładnikiem prądowym. Tak czy inaczej, rozwiązania gotowe są dość drogie, zaś samodzielne zbudowanie takiego modułu wymaga wiedzy i doświadczenia.

Jest jedno kompromisowe wyjście z tej sytuacji. Każdy nowoczesny licznik energii elektrycznej (czy to jednofazowy, czy trójfazowy) wyposażony jest w diodę LED sygnalizującą

poprawną pracę urządzenia. Dioda ta spełnia również dodatkową funkcję – jej częstotliwość migania informuje o aktualnym zużyciu prądu elektrycznego. I z tej cechy korzysta poniższy projekt, który służy do odczytywania zużycia prądu elektrycznego **bez ingerencji w licznik i instalację elektryczną**. Projekt składa się z dwóch modułów: nadajnika i odbiornika. Zadaniem modułu nadajnika jest zliczanie błysnięć diody LED z licznika elektrycznego w ciągu 1 h i przesłanie ich do modułu odbiornika. Zadaniem modułu odbiornika jest przetworzenie otrzymanych danych i wysłanie do serwera Domoticz lub innego, w zależności od potrzeb użytkownika. Główne założenia projektu to:

- zliczanie „mignięć” diody LED z odległości do 30cm od licznika (brak ingerencji w licznik elektryczny),
- pomiar poziomu naładowania baterii zasilającej,
- jak najdłuższy czas pracy nadajnika z baterii – min. 1 rok,
- jak najmniejsze wymiary urządzenia przy rozsądnym zasięgu radiowym,
- możliwość dołączenia dowolnej liczby nadajników przypisanych do jednego odbiornika,
- współpraca z systemem Domoticz,
- możliwość wysyłania danych na inny serwer np. Thingspeak,

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)

**W ofercie AVT\* AVT-5690**

#### Podstawowe parametry:

- bezinwazyjny odczyt zużycia energii elektrycznej w instalacjach jedno i trójfazowych
- możliwość zliczenia do 65535 impulsów/h
- moc nadajnika 13 dBm
- pobór prądu w trybie gotowości 4,5  $\mu$ A, czas pracy z baterii 5-6 lat
- współpraca z systemem Domoticz, możliwość wysyłania danych na inny serwer np. Thingspeak
- łatwa konfiguracja przez użytkownika
- niski koszt budowy, łatwo dostępne elementy

**Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

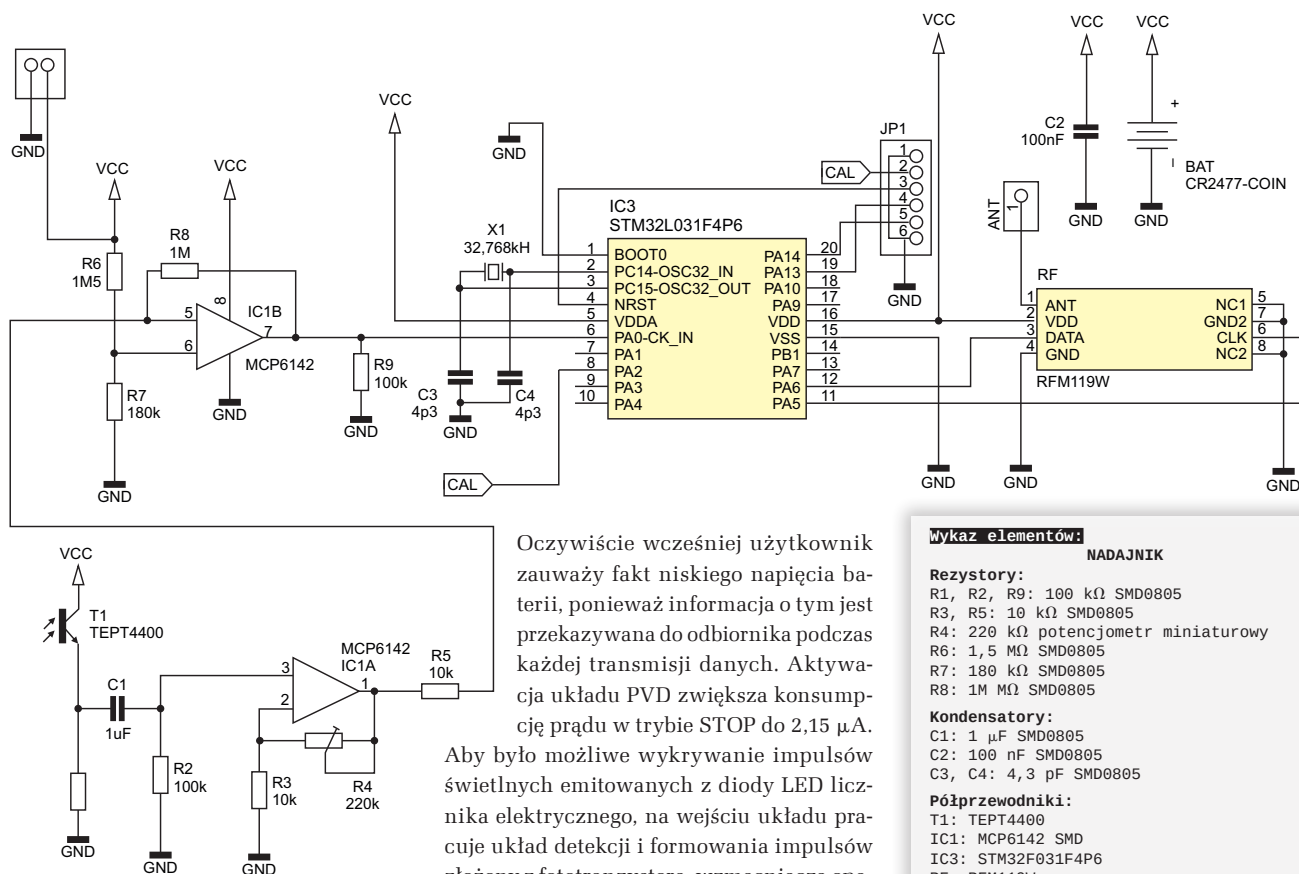
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: [kity@avt.pl](mailto:kity@avt.pl).

- możliwość łatwej konfiguracji przez użytkownika (wpisanie liczby impulsów/kWh, dostępu do sieci Wi-Fi),
- niski koszt budowy, łatwo dostępne elementy.

## Moduł nadawczy

Głównym zadaniem modułu nadawczego jest zliczanie liczby mignięć diody LED wbudowanej w licznik energii elektrycznej i wysyłanie wyniku co godzinę do odbiornika. Medium transmisyjnym jest łącze radiowe w paśmie 433 MHz, zbudowane w oparciu o moduły HOPE-RF. Sercem modułu jest mikroprocesor STM32L031F4P6 z serii Low Power. Schemat



### Rysunek 1. Schemat elektryczny nadajnika

układu jest pokazany na **rysunku 1**. Aby uzyskać jak najniższy pobór prądu zdecydowano się na zastosowanie trybu STOP MODE, w którym to rdzeń procesora zostaje zatrzymany, pracuje jedynie oscylator LSE i układ RTC. Dzięki temu pobór prądu możemy ograniczyć do niecałego 1  $\mu$ A. Zawartość pamięci RAM jest podtrzymywana i po wybudzeniu nie trzeba re-inicjalizować systemu. W trybie tym możliwa jest praca specjalnego układu timera – LPTIM (Low Power Timer) do zliczania impulsów. Jest to 16 bitowy timer, który może pracować bez wewnętrznego źródła zegara i może być użyty jako licznik impulsów podawanych z zewnątrz. W trybie zliczania impulsów zewnętrznych, źródło impulsów należy podać na wejście LPTIM external Input1. Ponieważ sygnał podawany na wejście zliczające jest również używany do sterowania zegarem logiki timera, istnieje pewne początkowe opóźnienie po włączeniu LPTIM, po którym zaczyna on poprawnie pracować. Wg dokumentacji pierwsze pięć impulsów po włączeniu LPTIM zostanie utraconych. Nie ma to praktycznie znaczenia w tym projekcie, ale warto taki fakt odnotować gdyby liczba zliczanych impulsów była parametrem krytycznym.

Niekontrolowaną pracę procesora przy zbyt niskim napięciu zasilania blokuje układ PVD (Programmable voltage detektor) z progiem reakcji ustawionym na 1,9 V. Jeśli napięcie baterii spadnie poniżej tego poziomu to układ nie podejmuje pracy, co jest równoznaczne z koniecznością jej wymiany.

Oczywiście wcześniej użytkownik zauważył fakt niskiego napięcia baterii, ponieważ informacja o tym jest przekazywana do odbiornika podczas każdej transmisji danych. Aktywacja układu PVD zwiększa konsumpcję prądu w trybie STOP do 2,15  $\mu$ A.

Aby było możliwe wykrywanie impulsów świetlnych emitowanych z diody LED licznika elektrycznego, na wejściu układu pracuje układ detekcji i formowania impulsów złożony z fototranzystora, wzmacniacza operacyjnego i komparatora. Ponieważ czerwone diody LED emitują światło o długości fali około 610...650 nm, zdecydowano na zastosowanie fototranzystora wąskopasmowego i mającego największą czułość w tym przedziale widma. W układzie zastosowano fototranzystor firmy VISHAY typu TEPT4400. Wg dokumentacji w interesującym nas przedziale widmowym czułość wynosi nie mniej niż 90% maksymalnej (przypadającej na 570 nm).

Dla uzyskania jak najniższego poboru prądu, zastosowano podwójny wzmacniacz operacyjny MCP6142, który w stanie spoczynku pobiera tylko 600 nA/wzmacniacz. Pierwszy człon wzmacnia impulsy elektryczne z fototranzystora oraz daje możliwość regulacji wzmocnienia za pomocą potencjometru R4. Drugi człon pracuje w roli komparatora. Próg przełączania określa dzielnik złożony z rezystorów R6, R7 i wynosi około 320 mV z niewielką histerezą. Dzięki zastosowaniu wzmacniacza i komparatora uzyskano dobre efekty przy detekcji i zliczaniu impulsów świetlnych emitowanych z diody licznika elektrycznego. Układ ze wzmocnieniem ustawionym w położeniu środkowym R4 poprawnie rozpoznaje i zlicza impulsy świetlne z odległości do 20 cm. Z wyjścia komparatora impulsy trafiają na wejście zliczające LPTimera oznaczone jako PA0-CK\_IN. Dodatkowo, przy każdym wybudzeniu procesor mierzy napięcie zasilające baterii.

Na podstawie danych o liczbie impulsów i napięciu zasilającym liczona jest suma kontrolna CRC16. Następnie formowana jest

**Wykaz elementów:**

**NADAJNIK**

## Rezultaty:

R1, R2, R9: 100 kΩ SMD0805  
R3, R5: 10 kΩ SMD0805  
R4: 220 kΩ potencjometr miniaturowy  
R6: 1,5 MΩ SMD0805  
R7: 180 kΩ SMD0805  
R8: 1M Ω SMD0805

**Kondensatory:**

C1: 1  $\mu$ F SMD0805  
C2: 100 nF SMD0805  
C3, C4: 4,3 pF SMD0805

### Półprzewodniki:

T1: TEPT4400  
IC1: MCP6142 SMD  
IC3: STM32F031F4P6  
RF: RFM119W

Pozostałe:

X1: kwarc zegarkowy 32,768 Hz  
JP1, JP3: goldpin  
BAT: koszyk CR2477 + bateria  
Obudowa: Z94

**ODBIORNIK**

**Rezystory:**

R1, R3, R4, R7, R8: 10 kΩ SMD0805  
R2: 4,7 kΩ SMD0805  
R5, R6, R9: 1 kΩ SMD0805

**Kondensatory:**

C1, C4, C6: 100  $\mu$ F/6,3  $\mu$ V SMD  
C2, C3, C5, C7: 100 nF SMD0805

### Półprzewodniki:

PWR, Wi-Fi\_CONN, ERROR: LED SMD0805  
D1: SK14  
IC1, IC2: Wroom02 lub ESP07  
IC3: STM32F030F4P6  
IC4: LM1117 3,3 V SMD  
RF1: RFM219SW

Pozostałe:

USB: USB B micro  
RST\_ESP: microswitch  
Goldpin: 1x20 + zworka  
Obudowa: Z123

ramka danych (zawierająca liczbę impulsów, napięcie baterii, sumę kontrolną) i przekazywana bezpośrednio do modułu radiowego RFM119. Cały moduł nadajnika w trybie gotowości pobiera prąd  $4,35 \mu\text{A}$ , co pokazuje **fotografia 1**. Na czas pracy urządzenia ma również wpływ liczba impulsów świetlnych nadawanych przez LED licznika elektrycznego przypadająca na kWh. W licznikach dostępnych na rynku może się ona wahać od 1000 do 10000 imp/kWh. Zmierzony pobór prądu przez układ podczas trwania impulsu świetlnego wyniósł ok.  $28 \mu\text{A}$  w odległości 5 cm diody LED od fototranzystora.

W torze radiowym zastosowano moduły firmy HOPE-RF: RFM119 jako nadajnik i RFM219 w roli odbiornika. Zdecydowano



się na te układy, ze względu na prostotę sterowania, dobre parametry techniczne i niską cenę zakupu. Ponieważ są one mało znane, sposób ich obsługi opisałem w osobnym artykule, poświęconym tylko tym modułom – zapraszam do lektury.

Do modułu została zaprojektowana płytką PCB widoczna na **rysunkach 2 i 3**, o rozmiarach 59×37 mm pasująca do obudowy Z94. Dzięki małym wymiarom, obudowę można łatwo umieścić naprzeciwko diody LED licznika, tak jak pokazano na **fotografii 2**.

Podsumowanie parametrów modułu nadawczego:

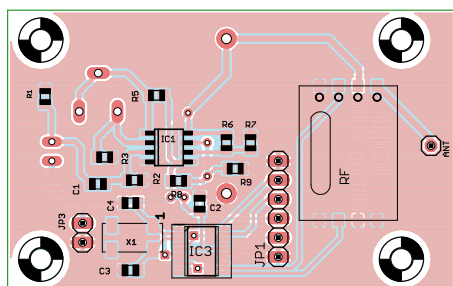
- bardzo mały pobór prądu,
- możliwość zliczenia do 65535 impulsów/h
- pomiar napięcia baterii zasilającej
- zabezpieczenie przed zbyt niskim napięciem zasilającym, dolna granica 1,9 V
- zasięg przy antenkach drutowych 1/4 λ – 2 piętra w bloku, w terenie otwartym ponad 100 m
- czas pracy z baterii (CR2477) ok. 5...6 lat (przy stałej liczniarki 6400 imp/kWh)
- wymiary obudowy W/S/D: 26,5/46,5/65,5 mm (obudowa Z94)

## Moduł odbiorczy

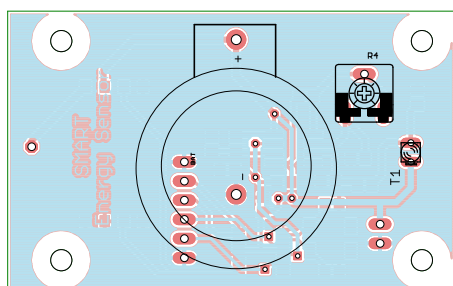
Schemat modułu odbiorczego pokazuje **rysunek 4**. Można wydzielić w nim cztery bloki:

- zasilacz
- mikroprocesor sterujący STM32F030F4P6
- moduł komunikacji Wi-Fi – ESP8266 typu Wroom-02 lub ESP-07
- odbiornik radiowy 433 MHz – RFM219

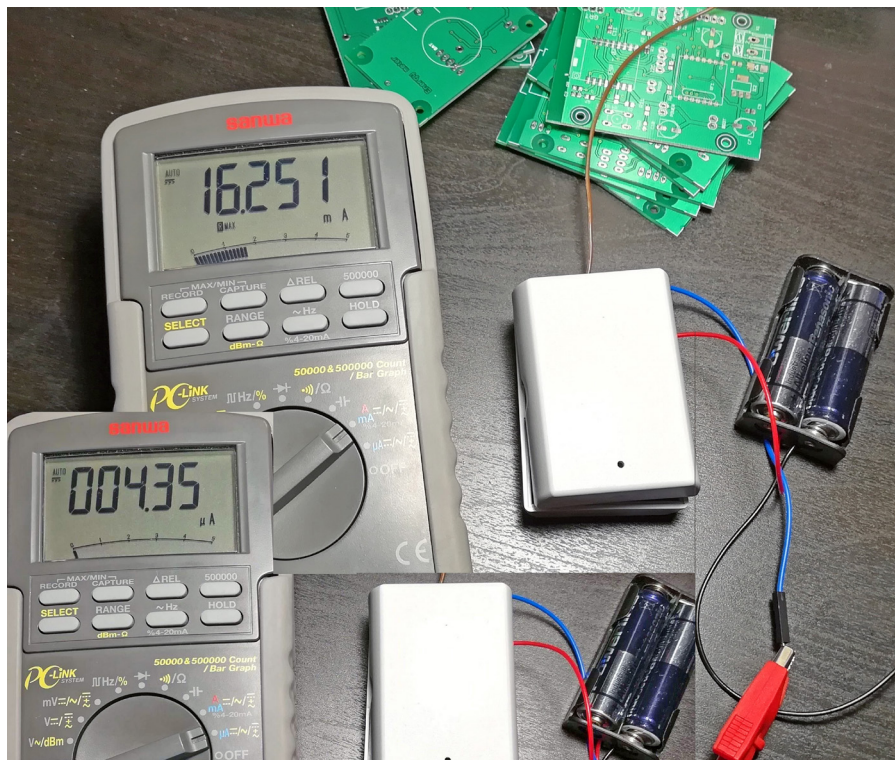
Na schemacie widoczne są dwa moduły Wi-Fi, ponieważ w zależności od potrzeb można zamontować na PCB wersję Wroom-02 lub ESP-07/07s. Wersja ESP-07s wyposażona



**Rysunek 2. Schemat płytki PCB nadajnika, strona TOP**



**Rysunek 3. Schemat płytki PCB nadajnika, strona BOTTOM**



**Fotografia 1. Pobór prądu przez moduł nadawnika w stanie gotowości oraz w trakcie transmisji danych**

jest w gniazdo u.fl do podłączenia anteny zewnętrznej, dzięki czemu zapewnia duży zasięg z domową siecią Wi-Fi. Zasilacz to klasyczny LM1117 w wersji 3,3 V zasilany z gniazda micro USB. Do tego kondensatory filtrujące C1...C6, dioda PWR sygnalizująca obecność zasilania. Rezystory R1...R4 konfiguruje moduły ESP do prawidłowej pracy. Pobór mocy przez moduł odbiorczy wynosi niecałe 0,4 W. W roli zasilacza można użyć ładowarkę do telefonu komórkowego. Odbiornik umieszczony jest w obudowie Z-123, pod którą została zaprojektowana płytką drukowana. Widok PCB modułu odbiorczego widoczny jest na **rysunkach 5 i 6**. Złącza o nazwie CONFIG i WORK służą do wyboru trybu pracy modułu. Wyboru dokonujemy zakładając zwórkę na jedno z nich.

## Oprogramowanie

Oprogramowanie układów STM32L031 i STM32F030 napisano w środowisku Atollic TrueSTUDIO for STM32, przy czym dla pierwszego układu w oparciu o rejestry, dla drugiego – z użyciem bibliotek HAL i środowiska CubeMX do konfiguracji. Jak wspomniano na początku, przez większość czasu układ STM32L031 jest w trybie STOP, pracuje tylko zegar RTC odpowiedzialny za odliczanie czasu równego 3600 s, oraz LowPowerTimer. Po wybudzeniu procesor dokonuje pomiaru napięcia zasilającego. Ponieważ nie można tego dokonać „tradycyjnie” ze względu na zasilanie bateryjne, musimy uciec się do małego fortelu: procesor musi wykonać pomiar aktualnej wartości wewnętrznego napięcia referencyjnego oraz odczytać fabryczne dane

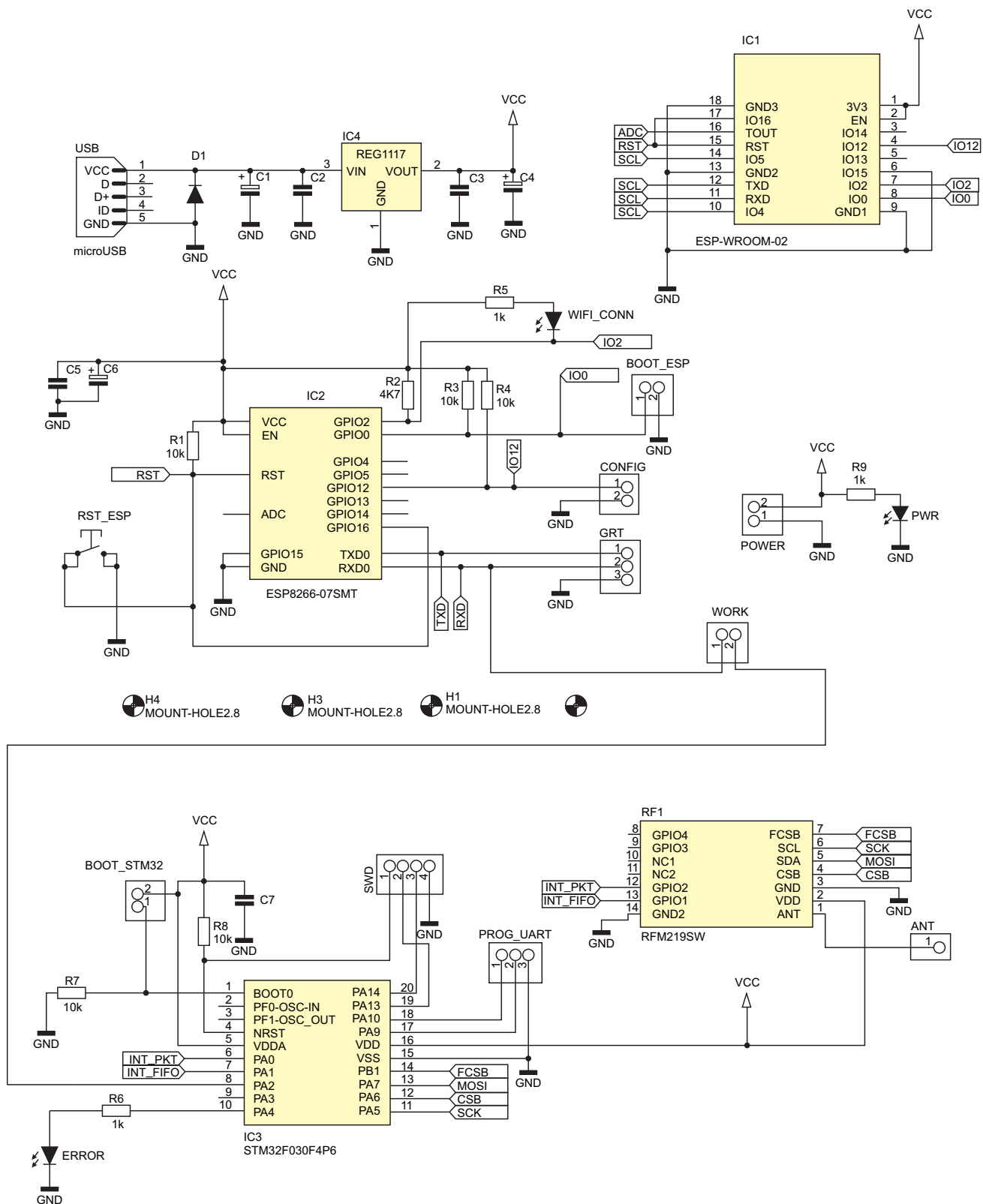


**Fotografia 2. Przykład zamocowania modułu nadawnika**

kalibracyjne dla tego napięcia wykonane przy 3 V (dostępne pod adresem 0x1FF80078). Teraz z proporcji można obliczyć napięcie zasilające – czyli napięcie baterii:

```
VDDA = 3000 * vrefint_cal / vrefint; // oblicz aktualne VDD
```

Aby przejść do trybu zatrzymania, musi być wyzerowany bit PDDS (Power Down DeepSleep) w rejestrze PWR\_CR. Ponadto należy upewnić się, że bit WUF w rejestrze PWR\_CSR jest wyczyszczony poprzez wpisanie „1” do bitu CWUF (Clear Wake-Up Flag) w rejestrze PWR\_CR. Spowoduje to wyczyszczenie WUF po 2 cyklach zegara systemowego. Po spełnieniu tych warunków użytkownik musi jedynie wykonać instrukcję WFI, instrukcję WFE lub ustawić bit SLEEPONEXIT. Przykładowo, procedura przejścia w tryb STOP może wyglądać jak na **listingu 1**.



Rysunek 4. Schemat elektryczny odbiornika

Układ licznika LPTimer skonfigurowany jest do zliczania impulsów zewnętrznych poprzez ustawienie bitu 0 i 23 w rejestrze konfiguracyjnym:

```
LPTIM1->CFGR |= LPTIM_CFGR_CKSEL
| LPTIM_CFGR_COUNTMODE; //clocked
by an external clock source
through the LPTIM external Input1
```

Liczba zliczonych impulsów przechowywana jest w rejestrze CNT licznika. Z danych o liczbie

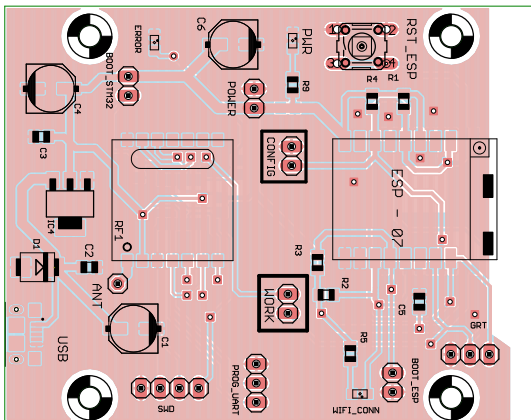
impulsów i napięciu zasilającym liczona jest suma kontrolna CRC16. Następnie formowana jest ramka danych (zawierająca liczbę impulsów, napięcie baterii, sumę kontrolną), która jest

przekazywana bezpośrednio do modułu radiowego RFM119 i dalej wysyłana do odbiornika.

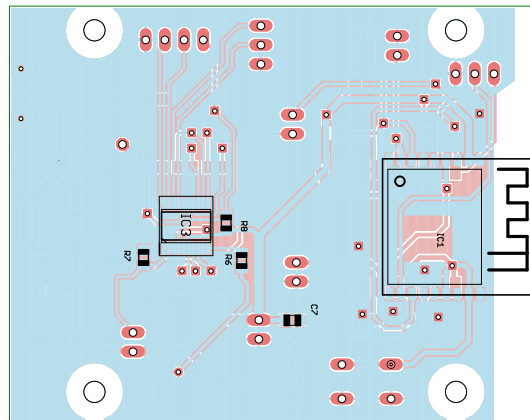
Układ STM32F030 w module odbiornika jest taktowany wewnętrznym zegarem HSI

**Listing 1. Procedura przejścia w tryb pracy STOP**

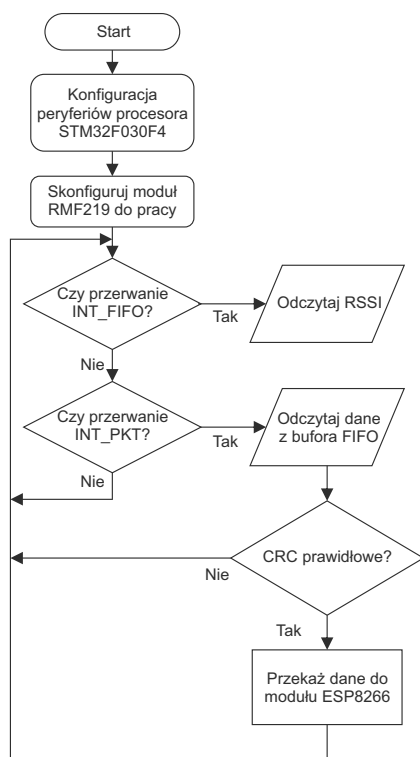
```
void Stop_mode( void ){
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_PWREN; // Enable Clocks
    PWR->CR |= PWR_CR_CWUF; // clear the WUF flag after 2 clock cycles
    PWR->CR &= ~( PWR_CR_PDDS ); // Enter stop mode when the CPU enters deepsleep
    SCB->SCR |= SCB_SCR_SLEEPDEEP_Msk; // stop mode
    __WFI(); // enter low-power mode
}
```



Rysunek 5. Schemat płytki PCB odbiornika, strona TOP



Rysunek 6. Schemat płytki PCB odbiornika, strona BOTTOM



Rysunek 7. Algorytm działania modułu odbiorczego

8 MHz. Zadania programu sprowadzają się do inicjalizacji peryferiów i przetwarzania odebranych danych z odbiornika RFM219 i przekazywania ich do układu ESP8266 w celu wysłania na serwer. Komunikacja z odbiornikiem RFM219 odbywa się poprzez interfejs SPI pracujący w trybie half-duplex. Taki typ komunikacji „wymusił” zastosowanie układu F030 w roli układu pośredniczącego pomiędzy RFM219 a ESP8266, ponieważ układ ESP8266 nie wspiera tego trybu.

Algorytm działania modułu odbiorczego przedstawiony jest na **rysunku 7**. Start programu to konfiguracja zegarów i peryferiów procesora STM32 oraz konfiguracja odbiornika RFM219. Następnie w pętli głównej program oczekuje na dane z układu RFM219. Odbiór zrealizowany jest na dwóch przerwaniach nazwanych INT\_FIFO i INT\_PKT. Pierwsze z nich układ RFM219 wystawia każdorazowo, gdy do bufora FIFO zapisywana

jest dana. Dzięki temu możliwe jest odczytanie siły odbieranego sygnału z modułu nadawczego - RSSI. Każdorazowy poprawny odczyt jest sygnalizowany mignięciem diody ERROR. Drugie przerwanie wystawiane jest przez moduł radiowy, gdy dane w buforze FIFO są gotowe do pobrania. Następnie program sprawdza poprawność odebranych danych poprzez porównanie sum kontrolnych. Jeśli sumy się nie zgadzają to zaświeca się na stałe dioda ERROR, co jest informacją dla użytkownika, że poziom sygnału z modułu nadawczego jest za słaby lub zakłócony i należy zmniejszyć odległość pomiędzy modułami nadawczym i odbiorczym. Jeśli sumy się zgadzają, procesor przekazuje paczkę danych przez UART do układu ESP8266. Znajdują się w niej informacje: RSSI, liczba impulsów zliczonych przez licznik elektryczny, poziom napięcia baterii modułu nadawczego.

Układ ESP8266 ma za zadanie przeliczyć odebraną liczbę impulsów na odpowiadającą jej zużycie mocy elektrycznej i wysłać do serwera Domoticz. Dzieje się tak dlatego, ponieważ to ten moduł ma zawartą informację o stałej licznika (liczba imp/kWh) wprowadzoną przez użytkownika na etapie konfiguracji. Po wprowadzeniu danych, moduł ESP8266 przechowuje dane w swojej pamięci. Jest to też jedyna konfiguracja, którą użytkownik przeprowadza na etapie uruchamiania. Aby przejść w tryb normalnego działania, należy zdjąć zwórkę ze złącza CONFIG i założyć ją na złącze WORK i zresetować moduł naciskając na chwilę przycisk RST\_ESP.

Oprogramowanie układu ESP8266 napisano w środowisku ARDUINO i jest na tyle proste, że nie wymaga specjalnego komentarza. Jedyne co zasługuje na uwagę, to sposób na „składanie” stringa zgodnego ze standardem Domoticz, widoczny na **listingu 2**.

```

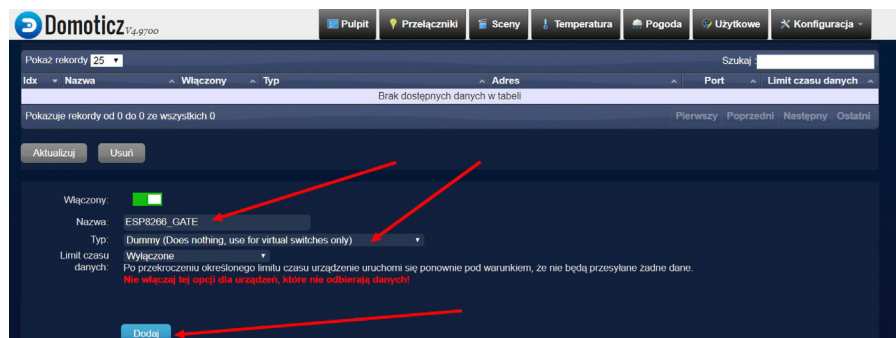
Listing 2. Sposób na przygotowanie ramki zgodnej ze standardem Domoticz
String url = "/json.htm?type=command&param=udevice&idx=";
url += String(id_czujnika);
url += "&nvalue=0&svalue=";
url += String(liczba_wh);
url += "&rss=";
url += String(rssi);
url += "&battery=";
url += String(battery);
  
```

## Montaż i uruchomienie

Montaż nadajnika zaczynamy od wlutowania procesora, następnie pozostałe elementy; koszyk baterii lutując na samym końcu ze względu na dość duży gabaryt. Fototranzystor T1 montujemy tak, aby jego obudowa znajdowała się około 0,5 cm poniżej górnej pokrywki obudowy po jej zamknięciu. W obudowie zaś dokładnie nad fototranzystorem należy wywiercić otwór o średnicy 2 mm – przez niego będzie wpadać światło z diody LED licznika. Dzięki temu, że fototranzystor jest schowany w obudowie mamy dodatkowy filtr separujący dostęp światła dziennego. W roli anteny należy wlutować przewód o długości ok. 17 cm – odpowiednik  $1/4 \lambda$  dla pasma 434 MHz. Ustawienie potencjometru R4 zostawiamy w pozycji środkowej. Do zaprogramowania

Rysunek 8. Formularz do wprowadzenia danych przez użytkownika





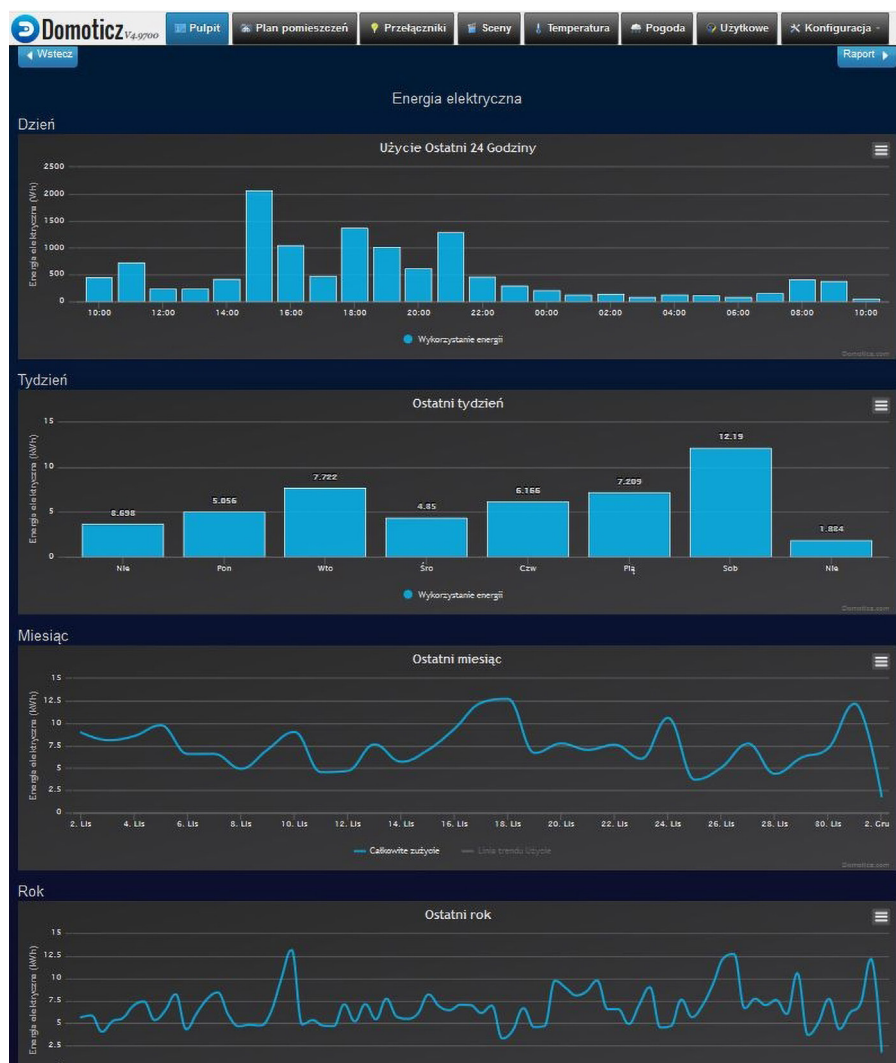
Rysunek 9. Dodawanie czujnika do systemu Domoticz



Rysunek 10. Numer ID utworzonego czujnika

modułu użyć należy programatora np. ST-LINK. Na złączu JP1 wyprowadzone są niezbędne piny: SWDIO, SWCLK oraz RESET – piny 3,4,5. Po zaprogramowaniu układ jest gotowy do pracy – należy go umocować

jak najdokładniej naprzeciwko diody LED licznika elektrycznego. Gdyby odległość od licznika była większa niż 20 cm, a odczytane wskazania zużycia mocy znacząco różniły się od zużycia faktycznego – można



Rysunek 12. Wizualizacja zgromadzonych danych



Rysunek 11. Dane czujnika w zakładce Użytkowe

zwiększyć czułość układu poprzez regulację R4. Należy jednak to robić po dłuższej obserwacji – mając na uwadze fakt, że odczyty wykonywane są co godzinę.

Montaż modułu odbiorczego zaczynamy od zasilacza. Po jego prawidłowym uruchomieniu przystępujemy do lutowania pozostałych elementów – zaczynając od najmniejszych SMD. Podobnie jak w przypadku nadajnika – jako antenę lutujemy 17 cm cienki przewód. Następnie należy zaprogramować procesor stm32 oraz układ ESP8266. Do zaprogramowania układu stm32 można użyć programatora np. ST-LINK lub przejściówki USB/UART. W pierwszym przypadku korzystamy ze złącza SWD, w drugim – PROG\_UART wraz ze zworką BOOT\_STM32. Wyprowadzone sygnały RX/TX dostępne są na złączu GRT(gnd/rx/tx), oraz dostępnego w sieci oprogramowania np. NODEMCU FIRMWARE PROGRAMMER. Aby wejść w tryb programowania należy założyć zworkę na piny złącza BOOT\_ESP i zresetować moduł przyciskając na chwilę switch RST\_ESP.

Po zaprogramowaniu układu ESP należy skonfigurować parametry do połączenia z domową siecią Wi-Fi. Brak takich danych jest sygnalizowany trzema krótkimi błyskami diody LED Wi-Fi\_CONN. Wprowadzenie modułu ESP w tryb konfiguracji umożliwia zworka CONFIG. Po założeniu zworki na piny złącza i chwilowym naciśnięciu przycisku RST\_ESP, układ ESP8266 przechodzi w tryb pracy AP o nazwie „Smart Energy Sensor” i pod adresem 192.168.4.1 generuje stronę HTML z formularzem do wprowadzenia danych przez użytkownika. Formularz przedstawiony jest na **rysunku 8**. Użytkownik wprowadza następujące dane:

- nazwę sieci Wi-Fi w której ma pracować układ
- hasło dostępu do sieci
- adres IP serwera Domoticz
- stała licznika (liczba impulsów/kWh)
- ID czujnika (numer wirtualnego czujnika w systemie Domoticz)

Numer ID czujnika odczytamy w systemie Domoticz w zakładce Konfiguracja/Urządzenia. Opisano to poniżej w instrukcji dodawania czujnika do systemu. Po zapisaniu danych w module, przekładamy zworkę na piny złącza WORK i resetujemy układ ESP. Układ jest gotowy do pracy. Po uruchomieniu moduł spróbuje załogować się do naszej sieci Wi-Fi – w tym czasie będzie migać dioda

CONN. Po kilkunastu sekundach po poprawnym zalogowaniu do sieci dioda zgaśnie. Gdyby tak się nie stało i dioda nie przestała migać, oznacza to, że wprowadzone dane są nieprawidłowe i należy ponownie je wprowadzić (**UWAGA – spacja też jest traktowana jako znak!**). Złącze GRT (gnd/rx/tx) możemy potraktować jako diagnostyczne dla modułu ESP8266. Można podłączyć się jakimkolwiek terminalem z parametrami 115200B8N1 i podglądać informacje o połączeniu oraz dane jakie są przesyłane na serwer Domoticz. Po poprawnym zalogowaniu, możemy przystąpić do konfiguracji modułu w systemie DOMOTICZ.

### Dodawanie czujnika smart energy sensor do systemu domoticz

Opiszę teraz proces dodawania naszego czujnika do systemu Domoticz. Najpierw dodajemy w systemie DOMOTICZ wirtualny czujnik w zakładce *Konfiguracja/Sprzęt* (rysunek 9). Wpisujemy nazwę (dowolna np. ESP8266\_GATE) oraz typ (ustawiamy Dummy) i klikamy *Dodaj*. Następnie

klikamy na *Utwórz wirtualne czujniki*. Otworzy się okienko z parametrami czujnika. Wybieramy *licznik przyrostowy* i nadajemy nazwę np. Energia elektryczna i klikamy OK. Utworzony czujnik otrzyma z systemu nr ID, który musimy zanotować do konfiguracji odbiornika (rysunek 10). W zakładce *Użytkowe* mamy dostęp do danych czujnika (rysunek 11). Log jest aktualizowany co 1 h automatycznie przez system Domoticz. Po dłuższym okresie czasu będziemy dysponowali całkiem sporą ilością danych, która pozwoli na przeanalizowanie możliwych oszczędności energii elektrycznej (rysunek 12).

### Podsumowanie

Przedstawiony w artykule moduł pracuje nieprzerwanie od ponad roku. Do tej pory nie było jakichkolwiek problemów w działaniu, a otrzymane dane pozwoliły na zredukowanie zużycia prądu elektrycznego o prawie 20%. Jak zostało napisane na wstępie, istnieje możliwość wysyłania danych na inny serwer np. Thingspeak. W tym celu należy odpowiednio oprogramować moduł ESP8266.

Dane jakie do modułu wpływają z układu stm32f030 są łatwe w parsowaniu – jest to string z separatorami pomiędzy danymi. Dla przykładu string: 89%1D2980V5670# oznacza odpowiednio: siła odebranego sygnału z nadajnika RSSI: 89%, ID czujnika: 1, napięcie baterii nadajnika: 2890 mV, liczba zliczonych impulsów z licznika: 5670. Można je „podglądać” w dowolnym terminalu wpinając się linią odbiorczą przejściówki USB/UART w pin 2 złącza GRT podczas pracy modułu.

Grzegorz Burzyński  
sp5ein@gmail.com

### Bibliografia:

1. <http://bit.ly/31FAPYE>
2. <http://bit.ly/2MSbNCf>
3. <http://bit.ly/2IUQPXv>
4. <http://bit.ly/2XjYoa6>
5. <http://bit.ly/2x0CTwn>
6. esp8266-technical\_reference\_en
7. <http://bit.ly/2x2mM1e>
8. <http://bit.ly/2FgFfM0>

### Nucleo-F091RC – zestaw startowy z mikrokontrolerem z rodziny STM32 (STM32F091)

Dzięki uprzejmości firmy Kamami, mamy dla czytelników EP zestaw startowy z serii Nucleo wyposażony w mikrokontroler STM32F091RCT6 (256 kB Flash), z wbudowanym programatorem-debuggerem ST-Link/v2, wyposażony w złącza zgodne z Arduino.

Płytki Nucleo są jedną z najłatwiejszych, najtańszych i najbardziej przystępnych metod zapoznania się z mikrokontrolerami STM32. Stanowią bazę, którą można obudować układami zewnętrznymi wykonując w ten sposób prototyp dowolnego urządzenia z układem procesorowym.

Dzięki złączom płytki nadają się do wielokrotnego użytku. Wbudowany programator-debugger zwalnia ich użytkownika z konieczności zakupu drogiego wyposażenia, a szeroka gama dostępnych procesorów przy jednoczesnej kompatybilności płytek pin-to-pin pozwalają na łatwe dobranie odpowiedniego układu do aplikacji oraz jego zmianę w razie konieczności.

Dla płytek są dostępne kompilatory oferowane przez różnych producentów (w tym darmowe), biblioteka HAL, oprogramowanie ułatwiające konfigurację oraz wyczerpująca dokumentacja, przykłady programów oraz gotowych aplikacji.

Podstawowe parametry płytki oferowanej w ramach KAP:

- Mikrokontroler STM32 w obudowie LQFP64.
- Dostępność dwóch rodzajów płytek rozszerzeń: moduły Arduino Uno rev. 3 oraz STMicroelectronics Morpho.
- Wbudowany programator/debugger ST-Link/v2-1 z interfejsem SWD. Programator można wyłączać i używać do programowania innych procesorów STM32.
- Możliwość zasilania za pomocą USB lub zewnętrznego zasilacza o napięciu z zakresu 3,3...5 V lub 7...12 V.
- Trzy diody LED: sygnalizacja komunikacji USB LD1, do wykorzystania w aplikacji użytkownika LD2, sygnalizująca załączenie zasilania LD3.
- Dwa przyciski: USER oraz RESET.
- Trzy tryby pracy USB: Virtual COM, pamięć masowa, port programatora/debugera.

