

Smart Grid

Inteligencja w elektroenergetyce



Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 19623, pass: 6c5r20n3

Firma STMicroelectronics, od dłuższego czasu synonimicznie kojarzona z 32-bitowymi mikrokontrolerami wyposażonymi w rdzenie Cortex-M, jest jednym z większych producentów podzespołów półprzewodnikowych dla aplikacji smart grid, czyli takich, dzięki którym gniazdko elektryczne w naszym mieszkaniu staje się przedstonkiem potężnej sieci telekomunikacyjnej...

Tak naprawdę nadal nie opracowano powszechnie akceptowanej definicji sieci Smart Grid. Z definicyjnym problemem nie

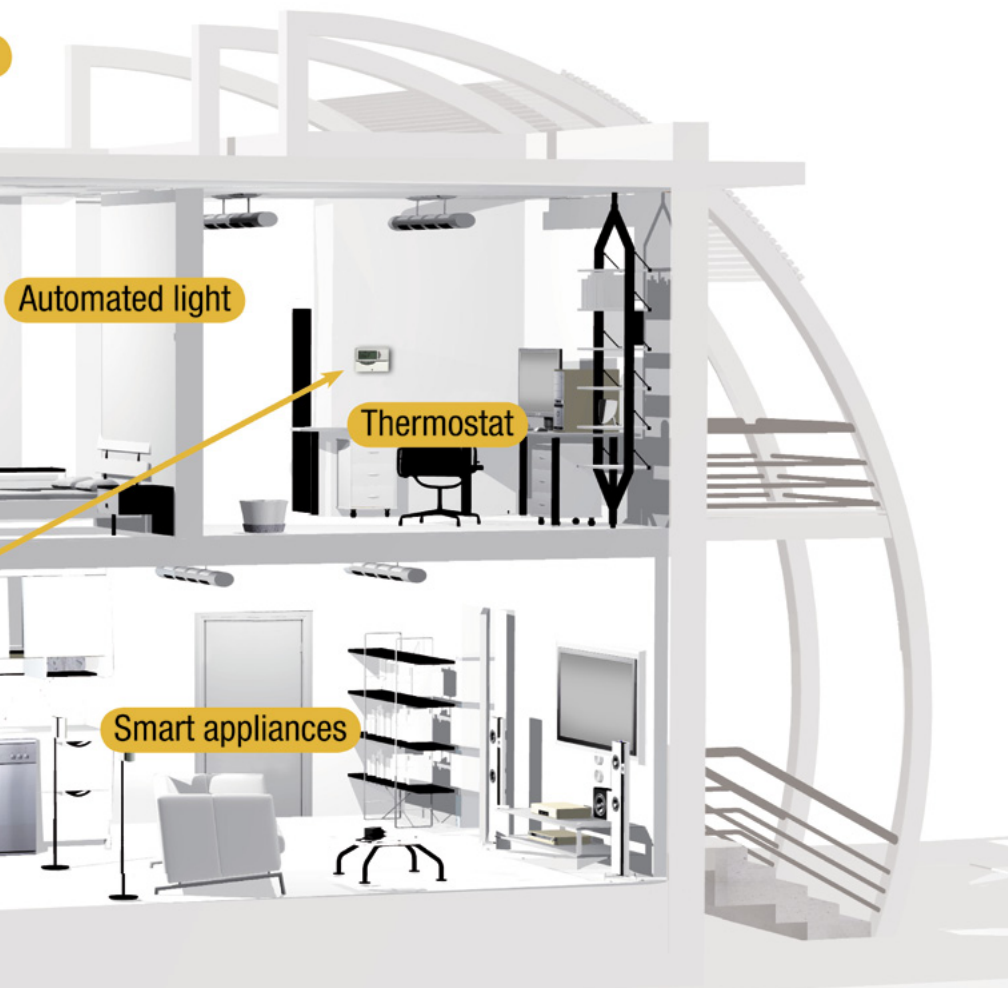
poradziła sobie nawet zbiurokratyzowana Unia Europejska, której eksperci przygotowali ułomny zarys takiej definicji, twierdząc, że smart grid to (cytat z dokumentu „Smart Grids: from innovation to deployment” [COM(2011)202]):

- elastyczna sieć spełniająca potrzeby konsumentów w odpowiedzi na zmiany i oczekujące wyzwania, dostępna przy zapewnieniu współpracy z użytkownikami sieci,
- charakteryzująca się wysoko-sprawną lokalną generacją energii o zerowej lub nieznacznej emisji CO₂,
- niezawodna w zapewnieniu zwiększonego bezpieczeństwa i jakości zasilania zgodnie z wymaganiami XXI wieku ze szczególną elastycznością w przypadkach zagrożeń i stanów niepewności,

- ekonomiczna i zapewniająca najlepsze parametry na drodze rozwiązań innowacyjnych,
- charakteryzująca się efektywnością zarządzania dystrybucją energii oraz konkurencyjnością i spełniającą ustalone reguły w warunkach niedyskryminacji stron.

Bełkot? Klasyczny, ale brzmi bardzo mądrze i urzędowo. Może to dobrze, że pominięto w tym dokumencie definowanie wartości napięcia w gniazdkach elektrycznych...

Nadzieję na opracowanie lepszej definicji rodzi upór urzędników Komisji Europejskiej, którzy powołali w końcu 2010 roku specjalny zespół pracujący pod egidą *Joint Research Centre* (o niezwykle bojowej nazwie *Smart Grids Task Force*), który do roku



2020 będzie pracował nad ideą *smart grid*. Tymczasem na rynku...

Smart grid wg STMicroelectronics

Dzięki definicyjnemu chaosowi, producenci podzespołów i urządzeń samodzielnie ustalają, skąd i dokąd sięga *smart grid*, co zrobiła także firma STMicroelectronics. Według niej obecnie *smart grid* to systemy cyfrowego pomiaru energii i podzespoły umożliwiające transfer danych poprzez sieć energetyczną. Takie podejście producenta buduje podstawy do prawdziwych sieci *smart grid*, w których hierarchiczną budowę zastąpią rozproszone urządzenia o wbudowanej inteligencji i możliwości komunikowania się z otoczeniem. Jest to krok dalej niż popularna do niedawna wizja *smart grid*, bazująca na cyfrowych licznikach energii elektrycznej: *smart grid* to zdecydowanie więcej niż *smart metering*.

Kable energetyczne jako medium komunikacyjne

STMicroelectronics od lat rozwija scalone modemy przystosowane do transmisji danych poprzez linie energetyczne. Czytelnicy EP pamiętają zapewne publikowany u nas (AVT-5085, EP11/2002) projekt modemu „energetycznego” na układzie ST7537 (produkowany na początku lat 90. jeszcze przez SGS-Thomson), a także wariacje na jego temat (m.in. EP8...10/1999, EP6/2003). Długa historia produkcji i udoskonalania konstrukcji i parametrów układów z tej serii (począwszy od ST7536 z 1989 roku) pokazuje złożoność problemów, jakie napotykają ich twórcy, z drugiej strony – godną pochwały konsekwencję w ich rozwoju, która wynika zapewne z wizjonerskiego przekonania, że *smart grids* mają przyszłość.

Układy ST7537 i jego następcy (ST7538, ST7540) to były stosunkowo nieskomplikowane modemy wykorzystujące do transmisji danych modulację FSK, umożliwiające transfer danych z prędkością do 4,8 kb/s. Na **rysunku 1** pokazano schemat aplikacyjny układu ST7540, który spełnia funkcję zaawansowanego PHY, obsługę warstwy MAC musi zapewnić oprogramowanie współpracującego mikrokontrolera.

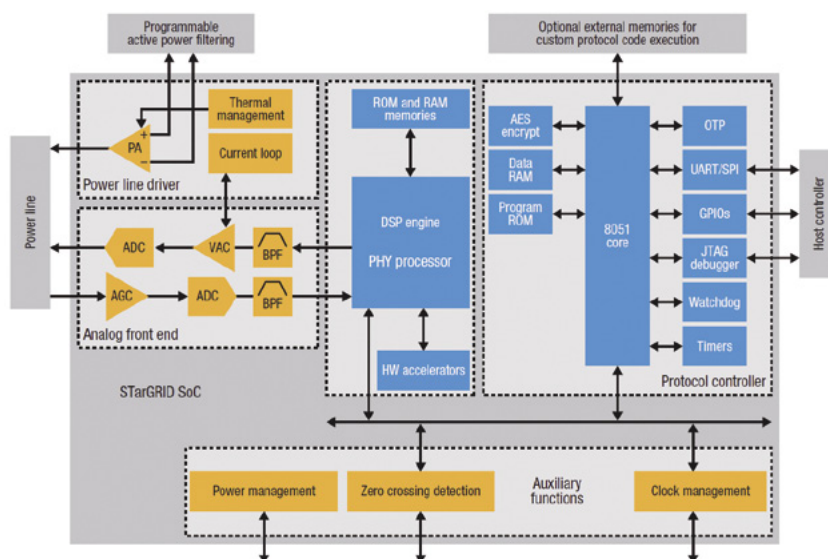
Większą wygodę z punktu widzenia aplikacji zapewniają konstruktorom układy ST7570, w których zintegrowano nie tylko warstwę PHY, ale także kompletny MAC – zgodne z zaleceniami IEC61334 (**rysunek 2**). Komunikację modemu z mikrokontrolerem zapewnia UART przystosowany do transmisji danych z prędkością 9,6/19,2/38,4/57,6 kb/s. Zastosowany w ST7570 sposób modulacji S-FSK (*Spread FSK*) wymusił zmniejszenie maksymalnej prędkości transmisji, ale zminimalizował zakłócenia generowane przez przesyłane dane w liniach transmisyjnych (czyli kablach energetycznych). Zintegrowany w układzie programowalny automat

STarGRID, czyli PLC* w wersji STMicroelectronics

Platforma sprzętowa STarGRID firmy STMicroelectronics bazuje na układach SoC (*System-on-Chip*), w których zintegrowano warstwy PHY (z DSP odgrywającym rolę cyfrowego AFE i końcówką mocy zasilającą transformator separujący modem od sieci energetycznej), MAC (ukryty w oprogramowaniu sterującym pracą mikrokontrolera zintegrowanego w SoC), a także interfejsy komunikacyjne, umożliwiające wymianę danych z otoczeniem.

Obecnie do rodziny STarGRID należą trzy typy układów modemowych o różnym stopniu zaawansowania: ST7570, ST7580 i ST7590, zawsze wyposażone w programowalny CPU (co ciekawe, STMicroelectronics stosuje 8051), a także bloki sprzętowe umożliwiające komunikację z otoczeniem.

Schemat blokowy układu STarGRID pokazano na rysunku poniżej.

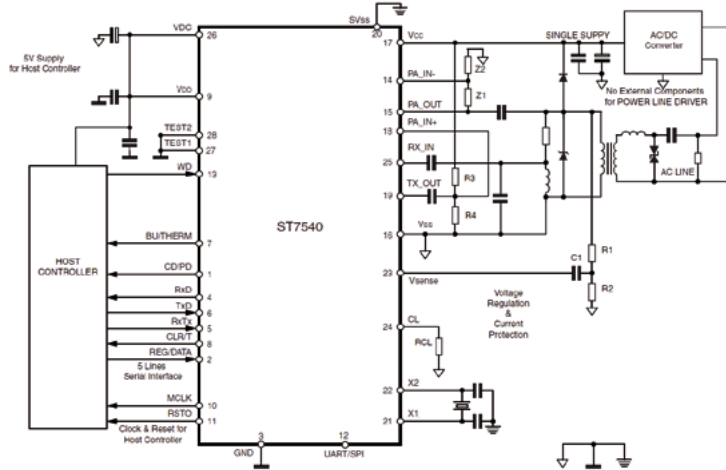


* PLC w znaczeniu: *Power Line Communication*, a nie dotychczas popularniejszym *Programmable Logic Controller*.

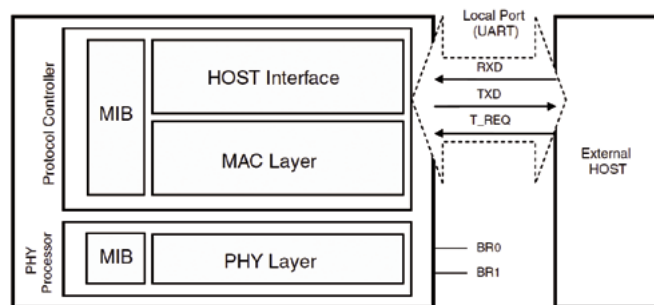
zapewnia podstawową obsługę protokołu transmisyjnego.

UKłady ST7580 to z kolei zaawansowane struktury SoC (System-on-Chip) zintegrowane z mikrokontrolerem 8051, który zapewnia obsługę transmisji danych z otoczeniem poprzez wybrany interfejs komunikacyjny (tabela 1), a także wstępną obróbkę danych odbieranych i przeznaczonych do wysłania. Przykład aplikacji tego układu producent przedstawił w nocie aplikacyjnej AN3273, a oprogramowanie obsługujące modem dla mikrokontrolera z rodziny STM32 – w dokumencie UM1070 (obydwa publikujemy na CD-EP9/2011).

Najbardziej zaawansowany – z obecnie dostępnych – jest scalony modem oznaczony symbolem ST7590, spełniający wymagania systemu sieciowego PRIME (Powerline Intelligent Metering Evolution, opracowany przez PRIME Alliance Technical Working Group), który jest promowany jako docelowy w Unii Europejskiej. Zastosowany w PRIME system transmisji pakietów jest identyczny z zastosowanym w IPv4, co pozwala traktować go jako kompletny system sieciowy wykorzystujący jako medium transmisyjne kable



Rysunek 1.



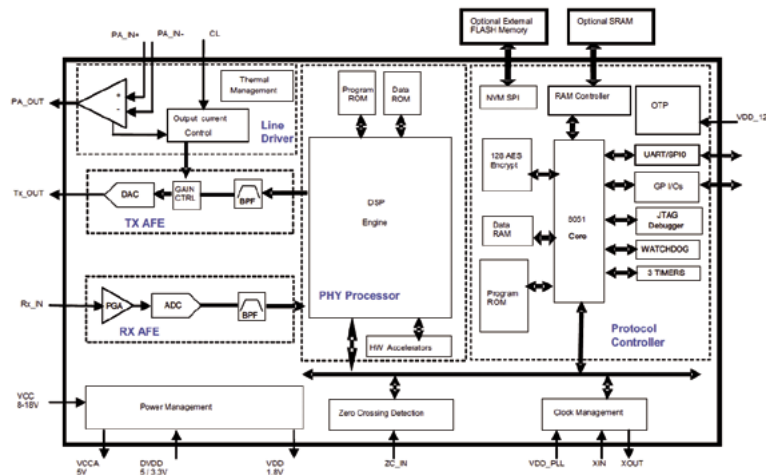
Rysunek 2.

Smart Grid: o co w tym chodzi

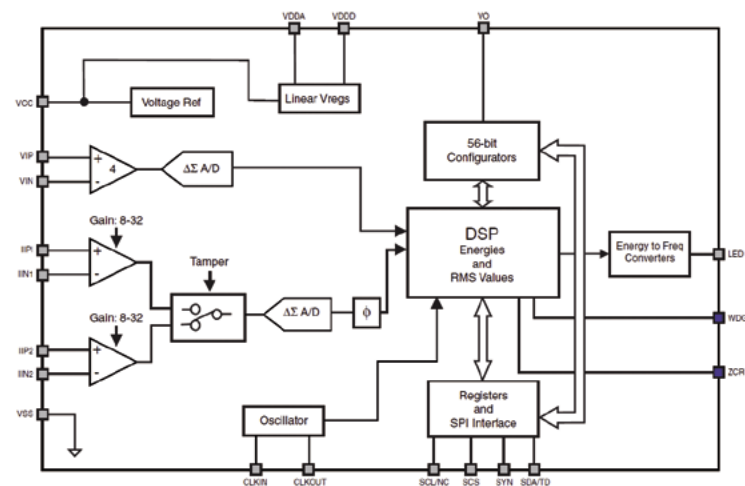
Sieci Smart Grid to w największym skrócie sieci energetyczne zintegrowane z systemami komunikacyjnymi, zapewniającymi wymianę danych pomiędzy wszystkimi uczestnikami rynku energii. Sieć integruje elektrownie oraz odbiorców energii w jedną strukturę. Dzięki temu sieć „wie”, gdzie i kiedy powstaje największy popyt na energię i jej największa podaż, potrafi także zarządzać nadwyżkami energii, dystrybuując ją w miejsca, gdzie zostanie maksymalnie wykorzystana. Dzięki sieci Smart Grid możliwe staje się automatyczne ograniczanie poboru energii w okresach szczytowego obciążenia, bez naruszenia jakości życia mieszkańców lub cyklu produkcyjnego w fabrykach.

Dzięki Smart Grid zwiększa się efektywność wykorzystania energii i dzięki temu maleją jej ceny, niezawodność jej dostaw (m.in. dzięki rozproszeniu zasobów i możliwości autokonfiguracji systemu dystrybucyjnego), rośnie także bezpieczeństwo łańcucha dostaw. Odpowiednie zarządzanie siecią energetyczną może także poprawić jakość energii dostarczanej do odbiorców, łatwiejsze staje się też integrowanie w jeden system różnych źródeł energii elektrycznej w tym źródeł odnawialnych (panele fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, elektrownie wodne, a także inne źródła energii łączone z siecią w trybie plug-and-play).

Sieci Smart Grid pozwalają tworzyć zdalne usługi świadczone przez dostawcę energii, jak na przykład: inteligentne opomiarowanie z uwzględnieniem liczników dwukierunkowych oraz zmienności popytu na energię w czasie, czy monitorowanie warunków jej dostawy. Systemy Smart Grid będą coraz szybciej wdrażane w praktyce, bowiem bardzo szybko rośnie globalny popyt na energię. Szacuje się, że tempo tego wzrostu wynosi około 2,3 procent rocznie, co oznacza, że światowa roczna konsumpcja energii wzrośnie w 2030 roku do 33000 terawatogodzin.



Rysunek 3.



Rysunek 4.

Tabela 1. Zestawienie najważniejszych cech modemów dla aplikacji Smart Grids z oferty STMicroelectronics

Typ	Modulacja	Prędkość transmisji danych [kb/s]	Interfejs	Tryb transmisji	Wbudowane CPU	Zgodność z...
ST7538	FSK	4,8	UART/SPI	half-duplex	–	EN50065 KNX, HDLC
ST7540	FSK	4,8	UART/SPI	half-duplex	–	EN50065 KNX, HDLC
ST7570	S-FSK	2,4	UART	half-duplex	Programowalny automat obsługujący protokół wymiany danych	PHY/MAC IEC61334 CTM, ENEL-SITRED
ST7580	B-FSK BPSK, QPSK, 8PSK	9,6 28,8	SPI/I ² C/UART	duplex	8051	EN50065
ST7590	OFDM BPSK, QPSK, 8PSK	128 28,8	UART/SPI	duplex	8051	PRIME PHY PHY/MAC IEC61334

zasilające i zapewniający transfer danych z prędkością do 128 kb/s.

Schemat blokowy układu ST7590 pokazano na **rysunku 3**. Jak widać, poza jednostką DSP odpowiadającą za obróbkę przesyłanych sygnałów (spełnia ona funkcję inteligentnego AFE – *Analog Front End*), układ wyposażono także w jednostkę centralną 8051, która zapewnia obsługę wyższych warstw protokołu transmisyjnego. Sygnały są transmitowane z wykorzystaniem modulacji OFDM (*Orthogonal Frequency-Division*

Multiplexing), dotychczas stosowanej m.in. w systemach ADSL, WiFi oraz niektórych systemach telewizyjnych DVB. W strukturze układu zintegrowano blok kryptograficzny, za pomocą którego chronić przesyłane dane.

Układy ST7590 występują w dwóch wersjach:

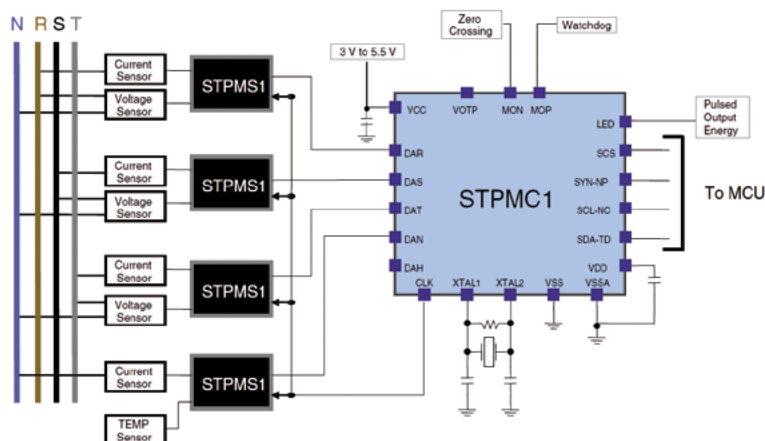
- z zewnętrzną pamięcią Flash/SRAM, w obudowach TQFP100,
- z wewnętrzną pamięcią Flash/SRAM, dostępne w obudowach QFN48.

W „mniejszej” wersji programy, realizujące obsługę protokołu wymiany danych są zapisane w wewnętrznej pamięci Flash układu, mogą być modyfikowane za pomocą interfejsu JTAG.

Podzespoły pomiarowe dla systemów smart grid

W ofercie STMicroelectronics są dostępne także inne układy tworzące system *smart grid* – układy pomiarowe do elektronicznych liczników poboru energii elektrycznej (**tabela 2**).

Na **rysunku 4** pokazano schemat blokowy scalonego licznika 1-fazowego STPM10, na **rysunku 5** uproszczony schemat wielolicznikowego (wielofazowego) systemu pomiarowego z wykorzystaniem scalonego kalkulatora poboru energii STPMC1. Układy te mogą pracować samodzielnie, bezpośrednio sterując na przykład silnik krokowy pola odczytowego lub generując impulsy zliczane przez licznik z pamięcią nieulotną, mogą także być wykorzystane jako wyspecjalizowane przetworniki A/C współpracujące z systemem mikrokontrolerowym.



Rysunek 5.

Tab. 2. Zestawienie dostępnych układów do systemów pomiarowych dla smart grid

Typ	Funkcja	Wyjście	Dynamika zakresu pomiarowego	Interfejs μ C
STPM01	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI
STPM10	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe	1:1000	SPI
STPM11	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI/I ² C
STPM12	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI/I ² C
STPM13	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI/I ² C
STPM14	Licznik 1-fazowy	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI/I ² C
STPMS1	Front-end analogowy z PGA i przetwornikiem A/C	$\Sigma\Delta$	1:1000	–
STPMS2	Dwukanałowy front-end analogowy z PGA i przetwornikami A/C	$\Sigma\Delta$	1:10000	–
STPMC1	Wielofazowy kalkulator poboru energii	Częstotliwościowe, krokowe	1:1000	SPI/I ² C

Podsumowanie

Podzespoły pokazane w artykule tworzą bazę dla współczesnych, klasycznie rozumianych systemów *smart grid*. W ofercie STMicroelectronics znajduje się także wiele innych podzespołów, które można zaliczyć do ich otoczki. Są to m.in.: wyspecjalizowane elementy dla systemów fotowoltaicznych (poświęcamy im osobny artykuł w tym wydaniu EP), zasilacze i sterowniki LED, energooszczędne tranzystory mocy (m.in. dla pojazdów elektrycznych) i diody przełączające, a także elementy dla energooszczędnych impulsowych zasilaczy sieciowych.

Rozwój inteligentnej energetyki jest nieunikniony, w związku z czym – zapewne niebawem – do tematyki podzespołów dla aplikacji *smart grid* wrócimy, bo możliwe kierunki rozwoju tej nowatorskiej idei ogranicza jedynie inżynierska wyobraźnia. A ona – jak widać w naszym otoczeniu – nie ma ograniczeń.

Piotr Zbysiński, EP
piotr.zbysinski@ep.com.pl