

**Dodatkowe informacje**

Dystrybutorem mikrokontrolerów i zestawów Renesas jest firma **GLYN Poland**, ul. Krupnicza 13, 50-075 Wrocław, tel. 71 782 87 58, faks 71 782 87 59, sales@glyn.pl, www.glyn.pl

Renesas Synergy – Internet Rzeczy w zasięgu ręki (1)

Ktoś, kiedyś (podobno był to Kevin Ashton) wpadł na pomysł, aby urządzenia powszechnego użytku i układy sterownia na przykład oświetleniem, połączyć za pomocą sieci komputerowej, by mogły pomiędzy sobą wymieniać informacje. Nie wiem dlaczego, ale często jako przykład urządzenia dołączanego do sieci jest podawana lodówka domowa. Może dlatego, że w obecnym stadium rozwoju cywilizacji, lodówka i jej zawartość wymagają szczególnej uwagi. Taka lodówka poprzez sieć może informować właściciela lub nawet sklep, że się skończyło masło, musztarda itp. Podobno może nawet zamówić musztardę i zostanie ona przesłana kurierem do domu. Ale nas elektroników chyba mniej interesuje musztarda, a bardziej realizacja sprzętowa i programowa mniej lub bardziej przydatnych aplikacji IoT. Bo to, że można wykonać bardziej przydatne aplikacje, nie ulega najmniejszej wątpliwości.

Dynamiczny rozwój IoT jest faktem. Pojawiły się nawet głosy, że za kilka lat to nie strumienie danych audio-wizualnych, ale małe paczki danych przesyłane przez urządzenia IoT mogą „zapchać” Internet. Skoro coś się rozwija bardzo dynamicznie, to zawsze można na tym zarobić. Dlatego firmy produkujące podzespoły elektroniczne, a szczególnie mikrokontrolery, intensywnie starają się ukierunkować ich rozwój, aby można je było łatwiej aplikować w IoT. Firma Renesas zareagowała na tę koniunkturę tworząc platformę mikrokontrolerów o nazwie Synergy. Bazuje ona na rdzeniu Cortex firmy ARM i jest podzielona na 4 serie: S1, S3, S5 i S7. Co warto zaznaczyć – już przy zakupie jednej sztuki mikrokontrolera dostajemy dostęp do profesjonalnych narzędzi (np. graficzne środowisko GUIX do projektowania interfejsów HMI), cyklicznie aktualizowanych bibliotek opisanych kartami katalogowymi, systemu czasu rzeczywistego ThreadXTM firmy Express Logic z graficznym narzędziem TraceXTM do analizowania wątków, stosów TCP/IP, USB, systemu plików i innych bibliotek.

W wersji beta, również w cenie mikrokontrolera, jest nawet udostępniany kompilator firmy IAR (finalna wersja planowana na lipiec). Charakterystyczne parametry poszczególnych serii pokazano na **rysunku 1** – tabeli zaczerpniętej z materiałów firmy Renesas.

Seria S1

Mikrokontrolery z serii S1 charakteryzują się małym poborem mocy. Wbudowany mechanizm Ultra Low Power pozwala aplikacjom zasilanym bateryjnie na niezwykle długą pracę. Seria S1 jest zbudowana w oparciu o rdzeń Cortex M0+ taktowany z częstotliwością maksymalną 32 MHz. Wbudowane tryby oszczędzania energii pozwalają na zasilanie układów napięciem 1,6 V, a procesor i jego układy peryferyjne mogą być bardzo szybko wybudzane. Ta seria ma wbudowane funkcje kryptograficzne i zabezpieczające: generator liczb losowych i sprzętowe kodowanie AES. Oprócz tego wyposażono go w funkcję autotestu, pojemnościowy interfejs dotykowy i zegar czasu rzeczywistego. Przewidywane

|  S7 Series High Performance |  S5 Series High Integration |  S3 Series High Efficiency |  S1 Series Ultra Low Power |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 240 MHz ARM® Cortex®-M4 CPU w/FPU • Up to 4 MB Code Flash • Up to 640 KB SRAM • Dual Ethernet MAC Controller w/PTP • USBHS and USBFS • CAN, SSI, QSPI, and SDHI • Graphics LCD Controller w/2D Drawing Engine • Capacitive Touch Sensing Unit • TRNG, Crypto, HASH • Integral Safety | <ul style="list-style-type: none"> • To 200 MHz ARM® Cortex®-M4 CPU w/FPU • Up to 2 MB Code Flash • Up to 640 KB SRAM <div style="text-align: center; background-color: #333; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Coming soon </div> | <ul style="list-style-type: none"> • 48 MHz ARM® Cortex®-M4 CPU w/FPU • Up to 1 MB Code Flash • Up to 192 KB SRAM • USBFS • CAN, SSI, QSPI, and SDHI • 14-bit A/D Converter and 12-bit D/A Converter • OPAMP • High-Speed and Low-Power Analog Comparators • Capacitive Touch Sensing Unit • TRNG, Crypto, HASH • Integral Safety | <ul style="list-style-type: none"> • 32 MHz ARM® Cortex®-M0+ CPU • Up to 128 KB Code Flash • Up to 16 KB SRAM • USBFS • CAN • 14-bit A/D Converter and 12-bit D/A Converter • Low-Power Analog Comparator • Capacitive Touch Sensing Unit • TRNG and AES • Integral Safety |

Rysunek 1. Mikrokontrolery z rodziny Synergy

zastosowania to czujniki gazu, wilgotności, natężenia oświetlenia, sprzęt AGD, kasy sklepowe, skanery medyczne itp.

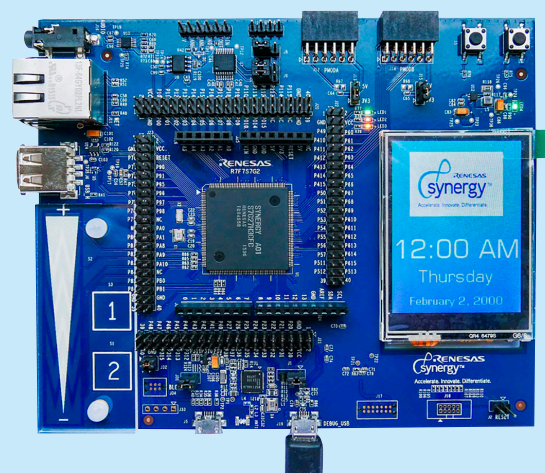
Seria S3

Seria S3 łączy stosunkowo małe zapotrzebowanie na energię z większą (w porównaniu do S1) wydajnością obliczeniową. Również ten mikrokontroler może być zasilany napięciem od +1,6 V i ma wbudowane tryby oszczędzania energii, ale jednocześnie ma wydajny rdzeń Cortex-M4 taktowany maksymalną częstotliwością 48 MHz. Operacje zmiennoprzecinkowe i DSP są wykonywane w czasie minimalnej liczby cykli zegarowych. Tworzenie interfejsu użytkownika wspomaga wbudowany sterownik matrycy LCD i sterownik pojemnościowego panelu dotykowego. Bezpieczeństwo przechowywania i przesyłania danych zapewniają moduły wykrywania błędów pamięci, układ obliczania CRC, protekcji odczytu pamięci Flash oraz moduły zabezpieczeń i kodowania nap AES.

Jak każde zaawansowane mikrokontrolery, seria Synergy S3 jest wyposażona w zestaw układów analogowych: 14-bitowy przetwornik A/C, 12-bitowy przetwornik C/A, komparatory, wzmacniacze operacyjne i czujnik temperatury. Do tego do dyspozycji oddano cały zestaw peryferii komunikacyjnych, łącznie z interfejsami USB, CAN i IrDA. Przewidywane zastosowania to przenośne urządzenia medyczne, inteligentne czujniki, aplikacje typu inteligentny budynek, zabezpieczenia przeciwpożarowe, układy zabezpieczenia budynków, AGD itp.

Seria S5

Seria S5 jest również oparta na rdzeniu Cortex-M4, ale w porównaniu do S3 jest taktowana wyższą częstotliwością – maksymalnie 200 MHz. Większa szybkość taktowania w połączeniu z pamięcią programu Flash o pojemności do 2 MB oraz pamięcią danych RAM do 640 kB powodują, że te mikrokontrolery dobrze radzą sobie z pracą pod kontrolą systemu operacyjnego. Ważną cechą z punktu widzenia technologii IoT jest wbudowanie sterownika graficznych paneli TFT z akceleratorem sprężetowym, kontrolera pojemnościowych paneli dotykowych i kodeka JPG. Podobnie jak w S3, mikrokontroler wyposażono w rozbudowane peryferia analogowe, a dodatkowo wbudowano wzmacniacz o programowanym



Fotografia 2. Moduł SK-S7G2 Starter Kit

wzmocnieniu. Rozszerzono również mechanizmy zabezpieczające i szyfrujące dane.

Spore zasoby mikrokontrolera w połączeniu z rozbudowanymi peryferiami oraz dużą wydajnością obliczeniową rdzenia czynią te mikrokontrolery szczególnie przydatnymi w wielu zaawansowanych zastosowaniach. Mogą to być na przykład: urządzenia pomiarowe, układy do transmisji danych (bramy komunikacyjne), serwery, zaawansowane interfejsy użytkownika, sterowniki sprzętu medycznego itp.

Seria S7

Najbardziej rozbudowana seria mikrokontrolerów Synergy jest wyposażona w układy peryferyjne podobne, jak dostępne w serii S5, ale rdzeń Cortex-M4 można taktować przebiegiem o częstotliwości do 240 MHz, a pamięć programu Flash mieści 4 MB. Podobnie jak w serii S5, położono duży nacisk na bezpieczeństwo działania układu i bezpieczeństwo oraz szyfrowanie transmisji. Ma to duże znaczenie w projektowaniu i użytkowaniu urządzeń IoT podłączonych do publicznej sieci, na przykład do Internetu.

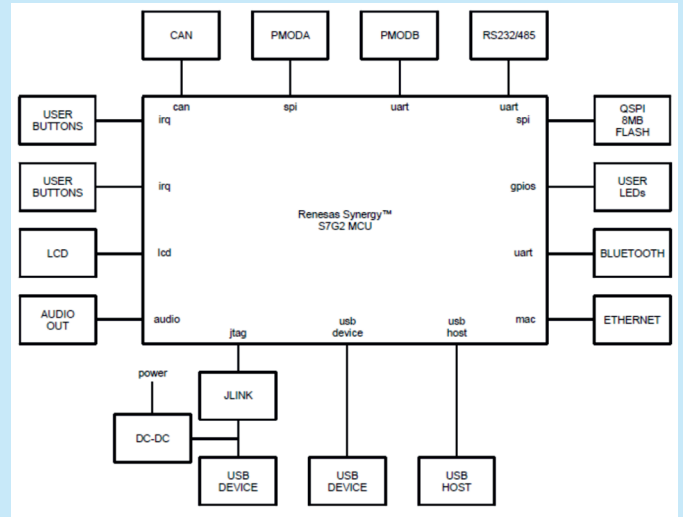
Moduł ewaluacyjny SK-S7G2 Starter Kit

Trudno sobie dzisiaj wyobrazić promocję nawet nieskomplikowanych, łatwych w użyciu rodzin mikrokontrolerów

bez przygotowania przez producenta modułów ewaluacyjnych nazywanych inaczej „starter kitami”. Inżynierowie potrzebują tych modułów po to, aby przetestować element bez konieczności samodzielnego budowania choćby prostego układu. Zaprojektowanie płytki, potem jej wykonanie i zmontowanie zajmuje sporo czasu i kosztuje więcej, niż zakup gotowego, zazwyczaj przemysłowego modułu oferowanego przez producenta mikrokontrolera. W artykule zajmiemy się modułem **SK-S7G2 Starter Kit** oferowanym przez firmę Renesas – pokazano go na **fotografii 2**. Już sama nazwa wskazuje, że moduł jest przeznaczony do testowania mikrokontrolera z serii S7. Na **rysunku 3** pokazano schemat blokowy modułu z zaznaczonymi układami peryferyjnymi.

Pierwszą rzeczą, która rzuca się w oczy na płycie SK-S7G2 jest kolorowy, graficzny wyświetlacz TFT o przekątnej 2,4” i rozdzielczości 240×320 pikseli. Panel wyświetlacza ma wbudowany sterownik IL9341V produkowany przez firmę ILTEK. Komunikacja pomiędzy sterownikiem, a mikrokontrolerem odbywa się poprzez równoległą magistralę pracującą w przemysłowym standardzie Intel 8080. Magistrala może mieć szerokość 8, 9, 16 lub 18 bitów. Opcjonalnie dane można przesyłać za pomocą interfejsu szeregowego SPI.

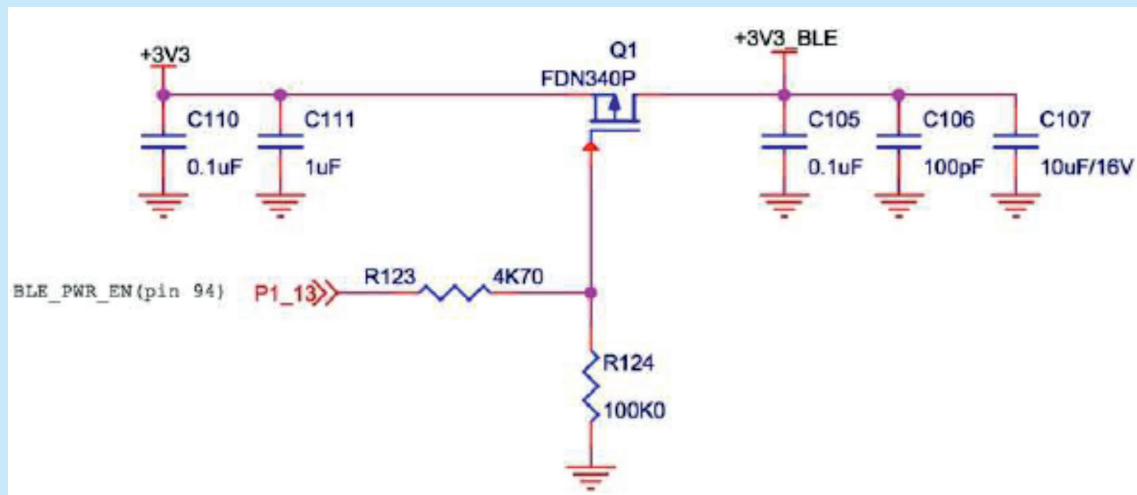
W module SK-S7G2 jest używana 16-bitowa magistrala równoległa wykorzystująca w sumie 27 linii portów mikrokontrolera. Moduł wyświetlacza jest połączony z płytką za pomocą taśmy elastycznej i specjalnego złącza. Jeżeli linie sterujące wyświetlaczem



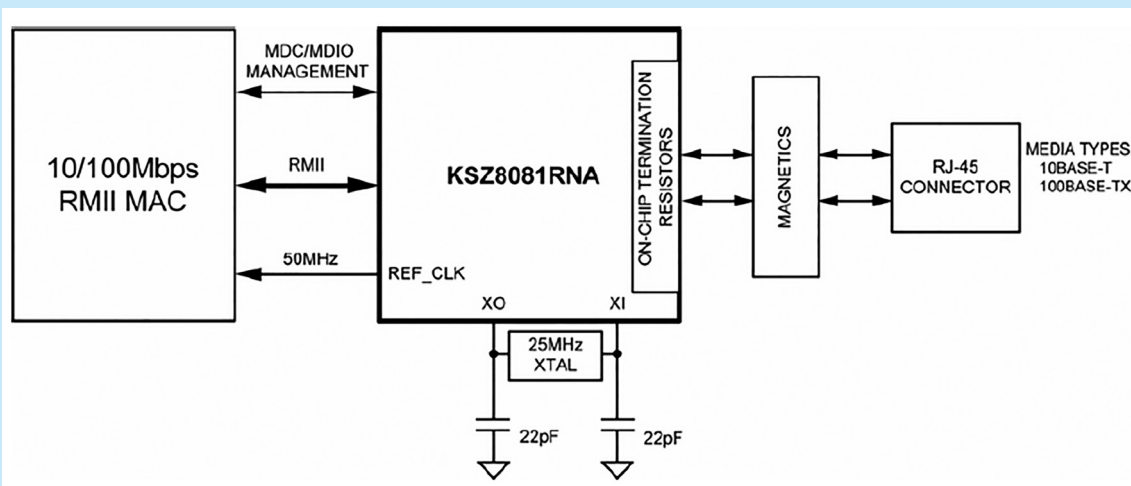
Rysunek 3. Schemat blokowy modułu SK-S7G2 Starter Kit

są potrzebne do innych celów, to taśmę można odłączyć. Na ekranie zamontowano dotykowy panel rezystancyjny współpracujący ze sterownikiem SX8656 firmy Semtech. Zmiany rezystancji są mierzone przez przetworniki A/C o rozdzielczości 12-bitowej. Sterownik komunikuje się z mikrokontrolerem poprzez interfejs I²C.

Istotnymi elementami w aplikacjach IoT są interfejsy komunikacyjne – najlepiej bezprzewodowe. Najbardziej popularne to Wi-Fi oraz Bluetooth. Niestety,



Rysunek 4. Układ zasilania BLE

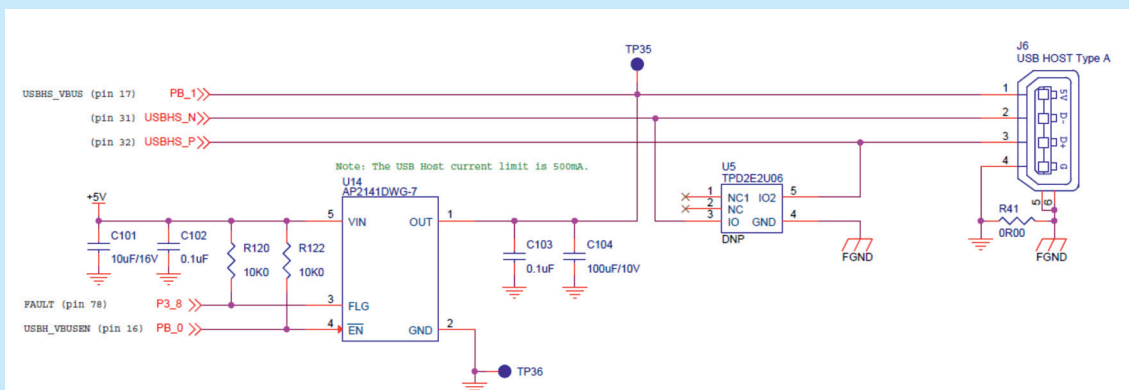


Rysunek 5. Schemat połączeń pomiędzy RJ45 i RMII MAC

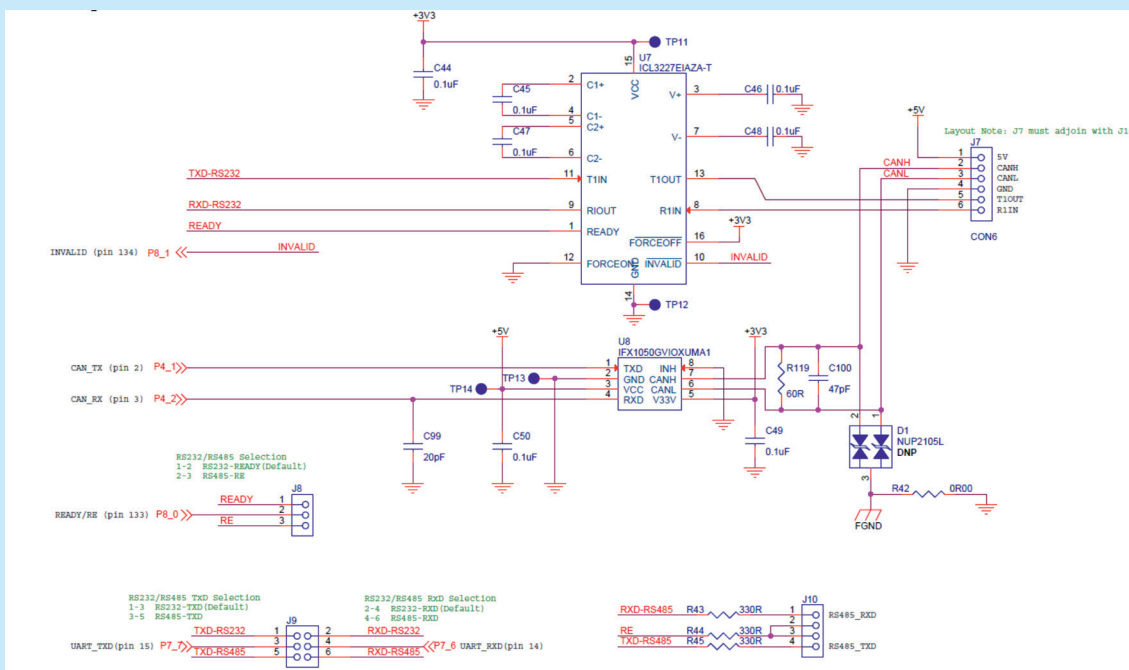
plytka SK-S7G2 nie ma interfejsu Wi-Fi, a połączenie z siecią zapewnia przewodowy interfejs Ethernet. Oprócz niego, na płytce zamontowano Bluetooth Low Energy (BLE) ze sterownikiem w postaci mikrokontrolera R5F11AGJAN z rodziny RL78/G1D firmy Renesas. Układ ma wbudowany transceiver RF wspierający specyfikację standardu Bluetooth 1.4 (Low Energy Single Mode). Pracuje w paśmie ISM 2,4 GHz z modulacją GFSK oraz zawiera jednostkę kryptograficzną AES.

Bluetooth komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą szeregowego interfejsu SCI. Oprócz sterownika na płytce zamontowano wszystkie niezbędne układy pomocnicze, łącznie z anteną. Mikrokontroler modułu ewaluacyjnego może wyłączyć lub włączyć zasilanie interfejsu Bluetooth przez zmianę poziomu logicznego na linii BLE_PWR_EN (P1_13), jak pokazano na **rysunku 4**.

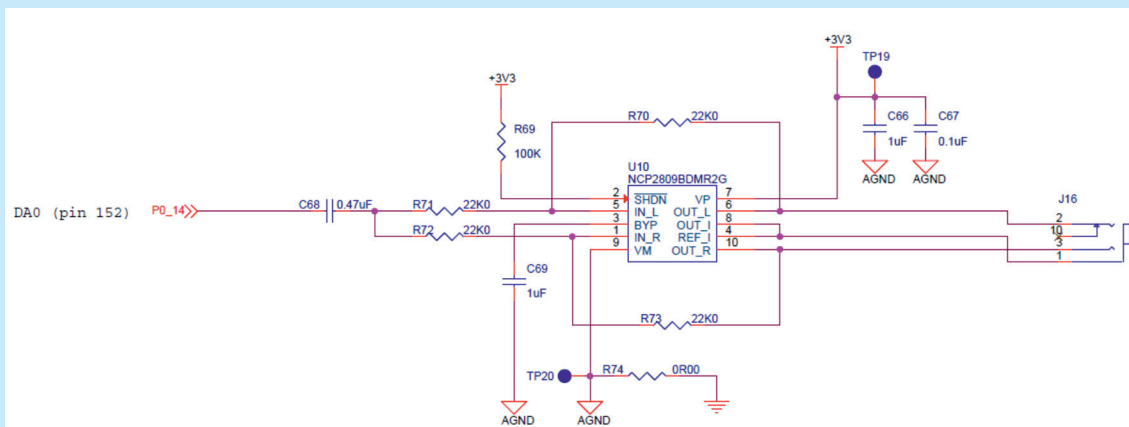
Jak wspominałem, zestawu nie wyposażono w Wi-Fi i aby połączyć się z Internetem można użyć interfejsu



Rysunek 6. Układ połączeń złącza hosta USB z układem zasilania



Rysunek 7. Schemat ideowy interfejsów szeregowych UART i CAN



Rysunek 8. Schemat ideowy toru audio

Ethernet. Na płycie umieszczono standardowe złącze RJ45 z transformatorem separującym. Mikrokontroler modułu ewaluacyjnego ma wbudowany interfejs RMII MAC, ale wymaga transcyvera 10/100Base IEE802.3. Do tego celu na płycie zamontowano układ KSZ8081 firmy Micrel. Na **rysunku 5** pokazano schemat połączenia od złącza RJ45 do układu RMII MAC. Jak wspomniano, w złączu RJ45 umieszczono zintegrowany transformator separujący, a rezystory dopasowujące impedancję ścieżek sygnałowych są w strukturze transcyvera KSZ9081.

Zestaw SK-S7G2 ma na wbudowany interfejs USB Full Speed (12 Mb/s) ze złączem Micro B USB (J5). Poza tym, jest również dostępny USB Port Host pracujący z prędkością High Speed (480 Mb/s). Urządzenie USB można dołączać do portu Hosta poprzez złącze USB Host typ A (J6). Wtedy na liniach zasilających (piny 1 i 4) moduł musi dostarczyć napięcie +5 V z ograniczeniem prądowym do 500 mA realizowanym przez układ AP2141D (U14). Połączenia złącza hosta z układem zasilania pokazano na **rysunku 6**.

Na płycie zamontowano również interfejs RS232, który nadal jest często stosowany w urządzeniach pomiarowych i przemysłowych. Poziomy logiczne dostępne na wyprowadzeniach UART mikrokontrolera są konwertowane za pomocą układu ICL322. Dostępne są jedynie sygnały uproszczonego RS232, tj. RxD oraz

TxD. Oprócz RS232 (UART) jest dostępny także interfejs CAN wykorzystujący transceiver IFX1050G firmy Infineon oraz dwa interfejsy PMOD (**rysunek 7**).

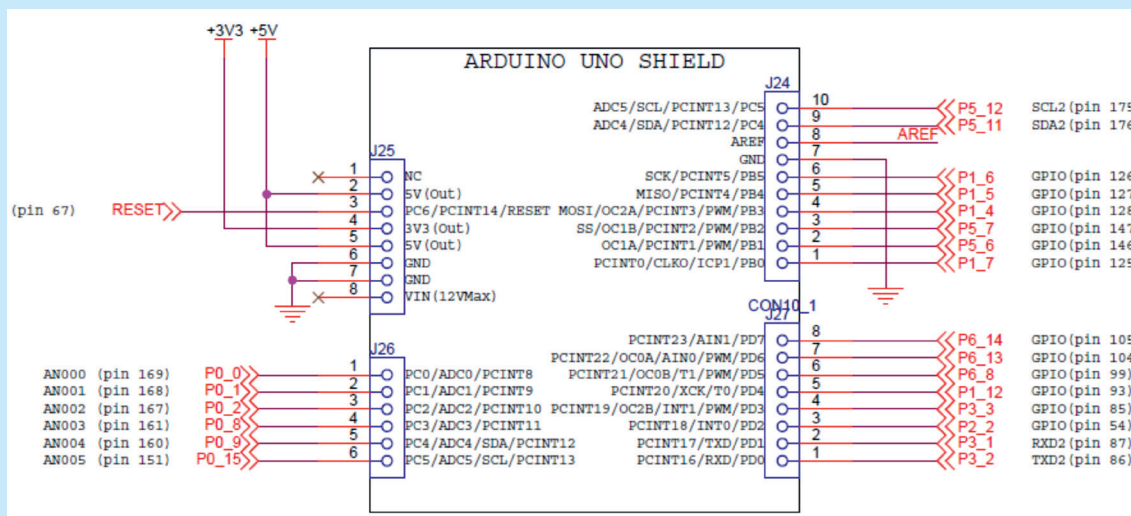
Interfejs PMOD jest przeznaczony do przyłączenia zewnętrznych modułów peryferyjnych z małą liczbą linii I/O. Moduły zewnętrzne są zasilane z napięcia zasilania płytki ewaluacyjnej, a wymiana informacji z mikrokontrolerem poprzez linie I/O nie musi być szybka. PMOD może mieć 6, lub 12 wyprowadzeń. U nas są to dwa interfejsy z 12 wyprowadzeniami: 2 wyprowadzenia masy, 2 zasilania i 8 linii I/O. Dopuszcza się wykorzystanie PMOD jako interfejsu I²C lub do połączenia 4-przewodowego kabla MTE.

Jednym z elementów interfejsu użytkownika może być układ odtwarzający dźwięki. W module SK-S7G2 umieszczono monofoniczny tor audio składający się ze wzmacniacza małej częstotliwości o wzmocnieniu ustalonym przez zewnętrzne rezystory oraz standardowego gniazda jack 3,5 mm. Wejście toru jest połączone z wyjściem przetwornika C/A mikrokontrolera (**rysunek 8**).

Zgodnie z bardzo wygodną dla programistów tendencją, moduł SK-S7G2 wyposażono w programator/debugger Segger J-link. Do tego celu użyto zaprogramowanego mikrokontrolera R556216. Programator łączy się komputerem za pomocą USB (micro B, złącze J18). Alternatywnie można użyć zewnętrznego programatora JTAG/SWD.

Tabela 1. Podstawowe parametry mikrokontrolera na płycie SK-S7G2

| | |
|--|--|
| Rdzeń ARM Cortex M-4 | Architektura ARMv7E-M ze wsparciem dla instrukcji DSP, maksymalna częstotliwość taktowania 240 MHz, wsparcie dla przestrzeni adresowej do 4 GB, wbudowane układy debuggera JTAG, SWD i ETM, ochrona pamięci RAM – MPU (Memory Protection Unit). |
| Pamięć | 4 MB pamięci programu Flash (80 MHz zero wait state), 64 kB pamięci danych Flash (1000000 cykli kasowanie/zapis), cache pamięci Flash, MPU (Memory Protection Unit), Memory Mirror Function (MMF), 238-bitowy, unikalny numer identyfikacyjny ID. |
| Peryferia komunikacyjne | 2×Ethernet MAC Controller, Ethernet DMA Controller, Ethernet PTP Controller, Moduł USB High Speed (wbudowany transceiver) i układ USB Battery Charger V1.2, moduł USB Full Speed (wbudowany transceiver), 10×moduł SCI (Serial Communications Interface) z FIFO, 2×SPI, 3×I ² C, 2×CAN, 2×SSI (Serial Sound Interface), 2×SD/MMC Host Interface, QSPI (Quad Serial Peripheral Interface), IrDa, SRC (Sample Rate Converter), sterownik magistrali zewnętrznej z adresowaniem 8, lub 16 bitowym i wsparciem pamięci SDRAM. |
| Peryferia analogowe | 2×12-bitowy przetwornik A/C, 2×12-bitowy przetwornik C/A, 6×szybki komparator analogowy, 6×wzmacniacz o regulowanym wzmocnieniu PGA, czujnik temperatury. |
| Układy licznikowe/zegarowe | 4×32-bitowy licznik GPT32EH, 4×32-bitowy licznik GPT32E, 6×32-bitowy licznik GPT32, 2×licznik asynchroniczny AGT, Watchdog WDT. |
| Układy bezpieczeństwa | Kontrola parzystości pamięci SRAM, protekcja obszaru pamięci Flash, układ autodiagnozy przetwornika A/C, układ pomiaru dokładności częstotliwości zegara, kalkulator CRC, niezależny licznik Watchdog IWDWT, układ protekcji zapisu rejestrów, układ detekcji zatrzymania głównego oscylatora taktującego, układ wykrywania błędnego adresu. |
| Układy zarządzania zasilaniem i systemowe | Tryby obniżonego poboru energii, RTC z kalendarzem i możliwością zasilania z zewnętrznej baterii, Event Link Controller, układy DMA – 8 kanałów, Data Transfer Controller, układ POR (Power On Reset), układ wykrywania obniżenia napięcia BOR z programowanym progmem, licznik SysTick. |
| Układy kodowania i zabezpieczeń | AES 128/192/256, 3DES/ARC4, GHASH, RSA/DSA, True Random Number Generator, unikalny ID 128-bitowy. |
| Układy interfejsu użytkownika HMI | Sterownik graficznej matrycy LCD GLCDC, kodek JPEG, akcelerator graficzny 2D, moduł obsługi pojemnościowych paneli dotykowych, Parallel Data Capture Unit. |
| Zegary taktujące | Główny oscylator MOSC od 8 do 24 MHz, pomocniczy oscylator SOSC 32,768 kHz, wbudowany oscylator RC HOCO 16/18/20 MHz, wbudowany oscylator RC LCO 32,768 kHz, niezależny oscylator RC Watchdoga 15 kHz, funkcje dostrajania częstotliwości zegarów RC, generowanie sygnałów zegarowych wyjściowych CLOCK OUT. |
| Linie GPIO | Do 172 linii I/O – zależnie od typu obudowy, do 25 linii z tolerancją 5 V, do 24 linii z wydajnością prądową 20 mA. |
| Napięcie zasilania | 2,7...3,6 V |



Rysunek 9. Schemat ideowy złącza Arduino

Przewidziano do tego celu dodatkowe złącze J18. Programator/debugger współpracuje z firmowym środowiskiem **e2studio**.

Oprócz opisanych tu układów zewnętrznych na płycie znajdziemy też pojemnościowy interfejs dotykowy, 2 przyciski ze stykami zwiernymi, 3 diody LED, pamięć QSPI Flash o pojemności 64 Mbitów (8 MB) oraz 2 typy złącz: z wyprowadzaniem wszystkich linii portów i złącza w standardzie Arduino. Pierwsze z nich to typowe, dwurzędowe goldpiny o rastrze 2,54 mm. Są bardzo użyteczne do łączenia między innymi z kablami o odpowiednich końcówkach (MTE). Złącza Arduino (**rysunek 9**) nie trzeba szczególnie rekomendować. Olbrzymia liczba modułów zewnętrznych, często tanich i dobrej jakości, jest rekomendacją sama w sobie.

Na koniec opisu płyty ewaluacyjnej poświęćmy nieco czasu zasadniczemu elementowi – mikrokontrolerowi

R7F7S7G27H3CFC. Nazwa dość długa, ale w dokumentacji można znaleźć klucz pozwalający ją rozkodować: **R** – Renesas, **7** – mikrokontroler, **F** – pamięć Flash, **S** – rodzina Synergy, **7** – seria *high performance*, **G** – rdzeń ARM Cortex-M4, **2** – nazwa grupy, **7** – superser, **H** – pamięć Flash 4 MB (G – pamięć 3 MB), **3** – zakres temperatury -40... +105 °C, **C** – ID jakości, **FC** – obudowa LQFP 144.

Wyposażenie w zasoby (pamięć) i układy peryferyjne jest jak na mikrokontroler ogólnego przeznaczenia imponująca. Jeżeli dodamy do tego wydajny rdzeń ARM Cortex-M4 z jednostką FPU, to okaże się, że dysponujemy elementem mogącym wykonywać bardzo zaawansowane zadania. Podstawowe parametry mikrokontrolera zostały umieszczone w **tabeli 1**.

Tomasz Jabłoński, EP

ponad **500 000** odsłon miesięcznie

ponad **140 000** użytkowników miesięcznie

ponad **11 000** subskrybentów codziennego newslettera