

Często zadawane pytania

1. Co to jest modulacja LoRa®?

LoRa® (**L**ong **R**ange, Daleki Zasięg) Jest techniką modulacji, która zapewnia znacznie dalszy zasięg niż konkurencyjne technologie. Modulacja jest oparta na technikach rozproszonego widma oraz technologii chirp (rozpraszanie widma sygnału przez modulację częstotliwości, CSS) ze zintegrowanym kodowaniem korekcyjnym FEC. LoRa znacznie zwiększa czułość odbiornika i podobnie jak w innych technikach modulacji widma rozproszonego wykorzystuje do transmisji sygnału całą szerokość pasma kanału, dzięki czemu jest odporna na zakłócenia w kanale i niewrażliwa na przesunięcia częstotliwości spowodowane korzystaniem z tanich kryształów. LoRa umożliwia demodulację sygnałów 19,5 dB poniżej dolnego poziomu szumów, podczas gdy większość systemów modulacji kluczem z przesunięciem częstotliwości (FSK) do właściwej demodulacji wymaga mocy sygnału 8–10dB ponad dolny poziom szumów. Modulacja LoRa jest warstwą PHY, którą może wykorzystać wiele różnych architektur protokołów – krata, gwiazda, 6lowPAN itp.

2. Co to jest bramka LoRa®?

Bramki LoRa są przeznaczone do użycia w architekturach sieci dalekiego zasięgu w kształcie gwiazdy i używane w systemie LoRaWAN™. Są to wielokanałowe nadajniki-odbiorniki z wieloma modemami, które umożliwiają demodulację w wielu kanałach jednocześnie, a nawet, dzięki właściwościom LoRa, wielu sygnałów na tym samym kanale jednocześnie. Bramki korzystają z innych komponentów RF niż punkt końcowy, zapewniając wysoką przepustowość, i służą jako przezroczysty most przekazujący komunikaty między urządzeniami końcowymi a centralnym serwerem sieciowym zaplecza. Bramki są podłączone do serwera sieciowego za pomocą standardowych połączeń IP, a urządzenia końcowe korzystają z komunikacji bezprzewodowej z pojedynczym przeskokiem do jednej lub wielu bramek. Cała komunikacja punktu końcowego jest zwykle dwukierunkowa, ale obsługuje także takie operacje, jak multemisja, aktualizacja oprogramowania, OTA i inne komunikaty do masowej dystrybucji, skracając czas komunikacji bezprzewodowej. Istnieją różne wersje bramek w zależności od wymaganej pojemności i lokalizacji (dom lub wieża).

3. Co to jest LoRaWAN™?

Modulacja LoRa jest warstwą fizyczną (PHY), a LoRaWAN to protokół MAC dla sieci dalekiego zasięgu o dużej przepustowości w kształcie gwiazdy, której standard określa LoRa Alliance pod kątem sieci WAN o niskim poborze mocy (LPWAN). Protokół LoRaWAN jest zoptymalizowany dla tanich, zasilanych bateryjnie czujników i obejmuje różne klasy węzłów, umożliwiając optymalizację i kompromis pomiędzy opóźnieniami w sieci a żywotnością baterii. Jest on w pełni dwukierunkowy i został zaprojektowany przez ekspertów ds. bezpieczeństwa, aby zapewnić niezawodność i bezpieczeństwo. Architektura LoRaWAN została zaprojektowana również po to, aby łatwo lokalizować i śledzić obiekty mobilne, które są jednymi z najszybciej rozwijających się masowych zastosowań Internetu Przedmiotów (IoT). Sieć LoRaWAN jest wdrażana w sieciach ogólnokrajowych przez głównych operatorów telekomunikacyjnych, a LoRa Alliance określa jej standardy, aby zapewnić współdziałanie różnych sieci o zasięgu krajowym.

4. Jaka jest szybkość transmisji danych w sieci LoRaWAN™?

Szybkości transmisji danych w sieci LoRaWAN wahają się od 0,3 kb/s do 22 kb/s w sieciach LoRa i zapewniają jedną szybkość transmisji danych GFSK 100 Kb/s dla Europy. W Ameryce Północnej minimalna szybkość transmisji danych to 0,9 kb/s, co jest spowodowane ograniczeniami FCC. Aby maksymalizować zarówno żywotność baterii urządzeń końcowych, jak i ogólną przepustowość sieci, serwer sieciowy LoRaWAN zarządza szybkością transmisji danych i mocą RF każdego urządzenia końcowego oddzielnie za pomocą algorytmu adaptacyjnej szybkości transmisji danych (ADR). ADR ma kluczowe znaczenie dla sieci o wysokiej wydajności oraz umożliwia skalowalność. Umożliwia wdrożenie sieci przy minimalnej inwestycji w infrastrukturę. W miarę zwiększającej się potrzeby przepustowości można wdrożyć więcej bramek, a ADR zwiększy szybkość transmisji danych, skalując przepustowość sieci 6–8-krotnie.

5. Co to jest koncentrator LoRa®

Używane są oba terminy: bramka i koncentrator, ale są to równoważne elementy w systemie LoRa. W innych branżach definicja bramki i koncentratora oznacza różne komponenty.

6. Jak skutecznie LoRa® radzi sobie z zakłóceniami?

Modem LoRa umożliwia odrzucanie GMSK na wspólnym kanale aż do 19,5 dB, innymi słowy, może odbierać sygnały 19,5 dB poniżej zakłócającego sygnału lub poziomu szumów. Ta odporność na zakłócenia umożliwia proste współistnienie systemów modulowanych LoRa w pasmach o intensywnym wykorzystaniu spektrum lub w hybrydowych sieciach komunikacyjnych, w których LoRa rozszerza zasięg tam, gdzie starsze metody modulacji zawodzą.

7. Jaka jest szybkość transmisji danych w LoRa™?

LoRaWAN definiuje określony zestaw szybkości transmisji danych, ale końcowy układ lub PHY zapewnia więcej opcji. SX1272 obsługuje transmisję danych od 0,3 do 38,4 kb/s, a SX1276 – od 0,018 do 38,4 kb/s.

8. Co to jest węzeł lub punkt końcowy LoRa®?

Punkty końcowe LoRa to elementy sieci LoRa, w których odbywa się wykrywanie lub sterowanie. Są one zwykle zdalne i zasilane bateryjnie. Te punkty końcowe można skonfigurować do komunikacji z bramką LoRa (koncentratorem lub stacją bazową) za pomocą protokołu sieciowego LoRaWAN.

9. Co to jest adaptacyjna szybkość transmisji danych (ADR)?

Adaptacyjna szybkość transmisji danych to metoda regulacji rzeczywistej szybkości transmisji w celu zapewnienia niezawodnego dostarczania pakietów, optymalnej wydajności sieci oraz skalowania przepustowości. Na przykład węzły znajdujące się blisko bramki korzystają z większej szybkości transmisji danych (krótszego czasu przesyłu) oraz niższej mocy wyjściowej. Tylko węzły znajdujące się na skraju budżetu łącza korzystają z najmniejszej szybkości transmisji danych oraz najwyższej mocy wyjściowej. Metoda ADR może uwzględnić zmiany w infrastrukturze sieciowej i obsługiwać zróżnicowane tłumienie trasy. Aby maksymalizować zarówno żywotność baterii urządzeń końcowych, jak i ogólną przepustowość sieci, infrastruktura sieci LoRa zarządza szybkością transmisji danych i mocą RF każdego urządzenia końcowego oddzielnie za pomocą algorytmu ADR.

10. Jaką rzeczywistą moc nadawania na antenie można osiągnąć w przypadku urządzeń LoRa®?

Na wyprowadzeniu układu moc wyjściowa wynosi +20 dBm, a na antenie po dopasowaniu/odfiltrowaniu utraty moc

wynosi +19dBm +/-0,5dB. W różnych regionach obowiązują różne przepisy dotyczące maksymalnej mocy wyjściowej, a specyfikacja LoRaWAN definiuje inną moc wyjściową w poszczególnych regionach w celu maksymalizacji budżetu łącza.

11. Ile kosztuje rozwiązanie LoRa®?

Dzięki urządzeniu LoRa (np.: SX1272 lub SX1276) można używać tańszych kryształów. W technologii wąskiego pasma potrzebne są kosztowne kryształy z kontrolą temperatury, aby zminimalizować dryf częstotliwości podczas odbioru/nadawania. Typowe zestawienie kosztów materiałów całego węzła końcowego wynosi od 2 do 5 dolarów w zależności od wielkości i funkcji. Duży zasięg transmisji oznacza prostszą infrastrukturę sieciową i niższe koszty wdrażania, ponieważ nie są potrzebne wzmacniacze. Mniejsze zużycie energii oznacza tańsze baterie i utrzymanie sieci.

12. Co to jest proces w trybie CAD (wykrywanie aktywności kanału) LoRa®?

Zamiast użycia metody RSSI (Received Signal Strength Indicator) w celu określenia, czy sygnał jest obecny, stosuje się detektor aktywności kanału (CAD) do wykrywania obecności sygnału LoRa. Wykrywanie CAD ma tę zaletę, że jest o wiele szybsze niż typowe wykrywanie RSSI oraz umożliwia rozróżnianie pomiędzy szumem a pożądanym sygnałem LoRa. Proces CAD wymaga dwóch symboli i jeśli zostanie wykryty, nastąpi stwierdzenie przerwania CAD_Detected, a urządzenie pozostanie w trybie odbioru, aby otrzymać blok danych.

13. Czy często można zmieniać tryb między FSK a modulacją LoRa®?

Tak, bez problemu. Urządzenie LoRa można przełączyć z FSK na LoRa (i odwrotnie) poprzez proste zapisanie rejestru SPI. Nie ma to wpływu na wydajność lub niezawodność urządzenia. Urządzenie LoRa można skonfigurować i przekonfigurowywać pod kątem dowolnego parametru określonego w specyfikacjach.

14. Dlaczego moc wyjściowa urządzenia lub modułu LoRa® nie jest w stanie osiągnąć 20 dBm?

Specyfikacja mocy wyjściowej +20 dBm dotyczy wyprowadzenia układu. Filtr pasmowy i przełącznik RF mają taką samą charakterystykę tłumienności, co każdy inny system RF. Osiągnięcie +19 dBm w antenie to typowa skuteczność po dopasowaniu i odfiltrowaniu.

15. Jak rozwiązać problem z mocą wyjściową, jeśli nie może osiągnąć +20 dBm?

1.) Należy upewnić się, że podłączono odpowiednie wyprowadzenie (PA_Boost) ustawione na moc 20 dBm. Istnieją dwa porty wyjściowe dla każdego pasma, jeden to port dużej mocy, nazywany PA_boost, a drugi to port wysokiej sprawności o nazwie RFO.

2.) Następnie należy sprawdzić konfigurację oprogramowania. Następujące trzy rejestry powinny być poprawnie skonfigurowane: RegPaConfig, RegOcp i RegPaDac. Oznacza to, że należy wybrać odpowiednie wyprowadzenie dla właściwego wyjścia w oprogramowaniu, a następnie ustawić odpowiednią wartość odnoszącą się do wymaganego poziomu mocy.

3.) Potwierdzić dopasowanie konstrukcji referencyjnej do Semtech, aby uzyskać skuteczny układ, co jest ważne do osiągnięcia maksymalnej możliwej mocy wyjściowej.

16. Jak wybrać odpowiedni kryształ dla urządzenia LoRa®?

Normalnie XTAL +/-10ppm jest wystarczająco dobry dla większości konstrukcji w paśmie 62,5 kHz lub wyższym. W

paśmie niższym niż 62,5 kHz zdecydowanie zaleca się stosowanie kryształu TCXO. Więcej informacji na temat specyfikacji kryształu można znaleźć w karcie specyfikacji i narzędziu Kalkulator modemu LoRa oraz w uwagach AN1200.14_XO_Guidance_LoRa_Modulation_STD”.

17. W jaki sposób można wykonać masowy test produkcyjny systemu LoRa®?

Ważne jest sprawdzenie trzech parametrów w masowej produkcji: tolerancja częstotliwości, moc wyjściowa i czułość. Częstotliwość i moc wyjściową można łatwo sprawdzić za pomocą analizatora widma. Jeśli generator sygnału nie jest w stanie wygenerować sygnału LoRa, zdecydowanie zaleca się sprawdzenie czułości przy włączonym trybie FSK. W układzie jest tylko jeden łańcuch RF, a demodulacja FSK i LoRa odbywa się w części cyfrowej. Ścieżka RF może potencjalnie ulec uszkodzeniu podczas montażu, dlatego ważna jest jej weryfikacja. Część układu cyfrowego, w której odbywa się modulacja LoRa i FSK, jest odizolowana od skutków montażu, dlatego sprawdzenie czułości FSK wystarczy do weryfikacji wyników testu produkcyjnego. Modulacje: cyfrowa i LoRa są wszechstronnie testowane w teście produkcyjnym układów.

18. W jaki sposób można zmierzyć dokładność częstotliwości w trybie LoRa® dla szerokopasmowego sygnału LoRa®?

Jeśli jest to tylko pomiar, można użyć trybu syntezy częstotliwości nadawania (FSTX), jak podano w tabeli rejestru LoRa, aby wygenerować ton CW na podstawie konfiguracji LoRa.

19. Jaki jest związek między pasmem (BW), szybkością symbolu (RS) i szybkością przesyłania danych (DR)?

Teoretycznie: $RS=BW/(2^{SF})$, $DR= SF*(BW/2^{SF})*CR$. Jednakże radzimy korzystać z narzędzia Kalkulator modemu LoRa Semtech, aby ocenić szybkość transmisji danych i czas przesyłu dla różnych opcji konfiguracyjnych.

20. Jak wybrać pasmo (BW), współczynnik rozpraszania (SF) oraz szybkość kodowania (CR) w LoRa®?

W sieci LoRaWAN™ wykorzystuje się przede wszystkim ustawienie pasma 125 kHz, ale inne zastrzeżone protokoły mogą wykorzystywać inne ustawienia pasma. Zmiana wartości BW, SF, i CR zmienia budżet łącza i czas przesyłu, prowadząc do kompromisów między żywotnością baterii a zasięgiem. Aby ocenić te kompromisy, należy skorzystać z Kalkulatora modemu LoRa.

21. Jak rozwiązać problem, gdy dwa moduły SX127x różnych producentów nie są w stanie komunikować się ze sobą?

Przede wszystkim należy sprawdzić przesunięcie częstotliwości spowodowane przez kryształ między dwoma urządzeniami. Pasma, częstotliwość środkowa i szybkość transmisji danych są pochodnymi częstotliwości kryształu. Po drugie, należy sprawdzić ustawienia oprogramowania/firmware z obu stron pod kątem częstotliwości, pasma, współczynnika rozpraszania, szybkości kodowania i struktury pakietów, aby upewnić się, że są takie same.

22. Jak to możliwe, że odebrano błędny pakiet przy włączonej cyklicznej kontroli nadmiarowej (CRC) w trybie LoRa®?

W trybie LoRa, nawet jeśli pakiet nie przeszedł testu CRC, blok danych zostanie wprowadzony do kolejki FIFO. Proponujemy sprawdzenie nagłówka, czy zawiera prawidłowe dane. Wynika to z informacji CRC ON/OFF zawartej w

nagłówku. Pakiet należy odrzucić, gdy nagłówek jest nieprawidłowy. Ponadto, obecny jest bit Reg0x1C nazwie CrcOnPayload (Bit6), należy go odczytać przed sprawdzeniem CRC, jeśli CRC przez pomyłkę wyłączono, a następnie odrzucić ten pakiet.

23. Czy mogę wysłać lub odebrać pakiet bloku danych o nieograniczonej długości za pomocą urządzenia LoRa®?

Nie, maksymalna długość pakietu wynosi 256 bajtów w trybie LoRa.

24. Jak można korzystać z wyprowadzeń DIOx w trybie LoRa®? Czy wszystkie wyprowadzenia DIOx powinny być podłączone do mikrokontrolera?

Rozpoczynając projektowanie, należy sprawdzić odwzorowanie DIO w trybie zarówno LoRa, jak i FSK. Informacje odwzorowania DIO można znaleźć w specyfikacji LoRa układu SX127x. DIO nie działają jako normalne (typowe) mikrokontrolery GPIO. Istnieją specjalne sygnały przerwania (lub wyjścia zegara) wskazujące zdarzenie lub stan układu, które w dalszej perspektywie ułatwiają wdrożenie projektu firmware. Teoretycznie można nie podłączać DIO, a następnie odczytać powiązany rejestr, aby poznać wynik stanu. Jednakże zaleca się podłączenie jak najwięcej DIO, aby uzyskać zewnętrzną funkcjonalność przerwania, która zmniejsza obciążenie zasobów przez mikrokontroler.

25. Dlaczego dwa rejestry RSSI są w trybie LoRa®? Jaka jest różnica?

Oba rejestry: RegPktRssiValue i RegRssiValue są przydatne w trybie LoRa. RegPktRssiValue oznacza poziom RSSI pakietu, a RegRssiValue jest podobny do RSSI, który można znaleźć w trybie FSK (innym niż LoRa).

Jak wiadomo, LoRa umożliwia demodulowanie pakietu poniżej poziomu szumów (wynik PktRssi), a wówczas CurrentRssi będzie równe lub większe niż szumy. Aby uzyskać więcej informacji na temat sposobu obliczania tych dwóch wartości RSSI, należy zapoznać się z API Semtech lub najnowszymi specyfikacjami Lora.

26. Jak można obliczyć faktyczną szybkość i czas przesyłu systemu LoRa®?

Postępuj zgodnie podanymi poniżej instrukcjami (i – V):

(i) **symbol rate:** $R_s = \frac{BW}{2SF}$

(ii) **time of 1 symbol:** $T_s = \frac{1}{R_s}$

(iii) **preamble duration:** $T_{preamble} = (n_{preamble} + 4.25)T_{sym}$

where $n_{preamble}$ is the programmed preamble length, taken from the registers *RegPreambleMsb* and *RegPreambleLsb*

(iv) **number of payload symbols:** $payloadSymbNb = 8 + \max\left(\text{ceil}\left(\frac{8PL - 4SF + 28 + 16 - 20H}{4(SF - 2DE)}\right)(CR + 4), 0\right)$

$$T_{payload} = payloadSymbNb T_{sym}$$

(v) **duration of packet:** $T_{packet} = T_{preamble} + T_{payload}$

symbol rate:	szybkość symboli:
time of 1 symbol:	czas 1 symbolu:
preamble duration:	czas trwania ciągu wstępnego:
where n preamble is the programmed preamble length, taken from the register RegPreambleMsb and RegPreambleLsb	gdzie $n_{\text{ciąg wstępny}}$ jest zaprogramowaną długością ciągu wstępnego uzyskaną z rejestru RegPreambleMsb i RegPreambleLsb
number of payload symbols:	liczba symboli bloku danych:
duration of packet:	czas trwania pakietu:

Łatwo to obliczyć za pomocą kalkulatora LoRa, który można pobrać ze strony internetowej Semtech (łącze poniżej).
<http://www.semtech.com/apps/filedown/down.php?file= SX1272LoRaCalculatorSetup1%271.zip>

27. Czy długość bloku danych w konfiguracji trybu LoRa można ustawić na 256 bajtów przy dowolnej szybkości transmisji danych?

Urządzenie LoRa SX127x ma FIFO o wielkości 256 bajtów w trybie LoRa. Teoretycznie można wykorzystać wszystkie 256 bajtów do transmisji lub odbioru. Jednakże przy konfiguracji niskiej szybkości transmisji danych czas przesyłania 256-bajtowego bloku danych będzie bardzo długi (kilka sekund lub nawet dłużej), co nie sprzyja odporności na słabnięcie i pracy w środowiskach o dużych zakłóceniach. Nie jest to niezawodna konfiguracja w większości środowisk, dlatego, jeśli wymagany jest długi blok danych o małej szybkości przesyłu, zaleca się podzielenie pakietu na kilka krótszych pakietów.

28. Czy LoRa® jest siecią kratową, typu punkt-punkt czy w układzie gwiazdy?

Sama modulacja LoRa to warstwa fizyczna (PHY), którą można wykorzystywać w większości topologii lub konfiguracji sieci. Sieć kratowa zwiększa zasięg sieci, ale kosztem zmniejszonej przepustowości, narzutu synchronizacji i zmniejszonej żywotności baterii w wyniku synchronizacji i przeskoków. Wraz ze wzrostem budżetu łącza i zasięgu sieci LoRa nie ma potrzeby stosowania architektury sieci kratowej w celu zwiększenia zasięgu, dlatego do sieci LoRaWAN wybrano architekturę gwiazdy w celu optymalizacji przepustowości sieci, żywotności baterii i łatwości instalacji.

29. Czy LoRa® obsługuje IPv6 lub 6LoWPAN?

Tak, LoRa jest kompatybilna z protokołami IPv6 i 6LoWPAN. Actility (partner LoRa) i inni partnerzy umożliwiają stosowanie protokołu 6LoWPAN na sieci LoRaWAN.

30. Jaka jest przepustowość bramki LoRa®? Ile węzłów można podłączyć do jednej bramki?

Przepustowość wynika przede wszystkim z liczby pakietów, które można odebrać w określonym czasie. Pojedyncze urządzenie SX1301 z 8 kanałami może odebrać około 1,5 mln pakietów dziennie przy użyciu protokołu LoRaWAN. Dlatego, jeśli aplikacja wysyła jeden pakiet na godzinę, to jedna bramka SX1301 może obsłużyć około 62 500 urządzeń końcowych.