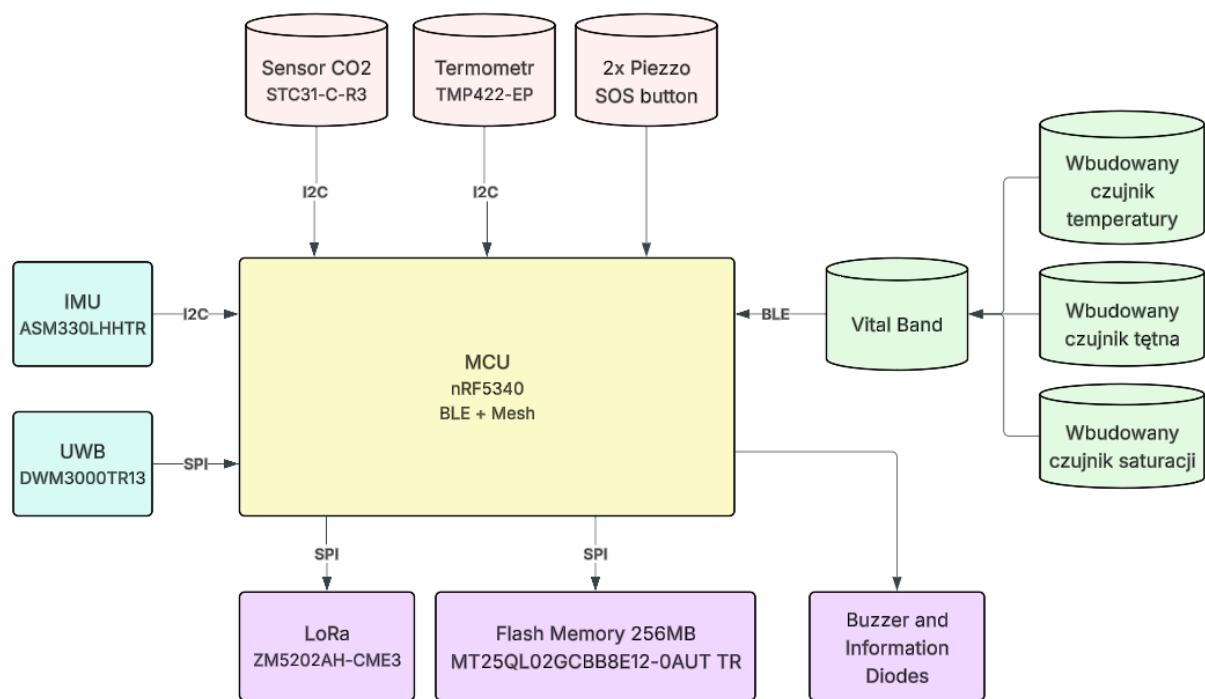


HackNation 2025 - Cyfrowy Nieśmiertelnik PSP v2.7

Koncepcja Hardware

Schemat blokowy urządzenia: Nieśmiertelnik Totem



Lista materiałowa BOM

#	Nazwa	Model	Produc ent	Il o ść	Cena jedn.	Suma	Źródło	Uzasadnienie	Temperatur a operacyjna
1	MCU	nRF53 40	Nordic	1	19,30 zł	19,30 zł	Mouser	Wsparcie BLE i szifrowania przy wysokiej temperaturze	do 105 °C
2	UWB	DWM3 000TR 13	Quorvo	1	110 zł	110 zł	Mouser	Triangulacja pozycji z beaconów	do 85 °C
	LoRa	ZM520 2AH-C ME3	Silicon Labs	1	46zł / 100 sztuk	0.46 zł	Mouser	Niskoprądowa komunikacja z centralą	do 125 °C
4	IMU	ASM33 0LHHT R		1	26.5 zł	26.5 zł		Automotive-grade Accelerometer, Gyroscope, Temperature, 6 Axis. Przybliżona lokalizacja strażaka z przemieszczenia	do 105 °C
5	Termometr	TMP42 2-EP	Texas Instrum ents	1	3 d/1ku	~0	Texas Instrum ents	Pomiar temperatury wewnętrz i na zewnętrz urządzenia. (2 in one remote i local)	do 125 °C
5	Sensor CO2	STC31 -C-R3	Sensirio n	1	116 zł	116 zł	Mouser	Pomiar poziomu CO2 w powietrzu	do 105 °C
6	Piezoelektryczny Przycisk Alarm	Any	Generic	2	10 zł	10 zł		piezo dla trwałości, dwa równoległe przyciski dla redundancji	do 80 °C
7	NOR Flash Memory 256MB	MT25Q L02GC BB8E1 2-0AU T TR	Micron	1	35 zł	35 zł	Mouser	Funkcja bufora logów i czarnej skrzynki.	do 125 °C

	Buzzer	?						
	RGB Led	?						
	Inne			25 zł				
8	Bateria	Li-Po 1500m Ah	Generic	1	32 zł	32 zł	Alibaba A generic power source 3,6 V	do 80 °C
1	Obudowa i PCB			1		zależnie od dostawc y i materiał u		
	SUMA				~349,26			

Inne: Rezystory, stabilizatory napięcia, mierniki poziomu naładowania baterii, kable miedziane,

Specyfikacja techniczna

Wymiary i obudowa:

Wymiary: 100 x 40 x 20 mm (dodatkowa przestrzeń na izolację)

Waga: 0,04 kg

Obudowa: Tworzywo sztuczne ABS/PC spełniająca standard IP67. Dodatkowa izolacja termiczna dla ochrony elektroniki.

Temp. pracy: -20°C do +105°C

Odporność: Upadek z 2m na beton, odporność na ciągłą eksponcję na temperaturę ponad 100°C. Odporność na krótkowarą skoki temperatury ponad 150°C.

Mocowanie: Klips do uprzęży SCBA

Interfejsy:

Ładowanie: USB-C (5V/1A)

Wskaźniki: LED RGB (status), Buzzer

Przyciski: Piezoelektryczny SOS zdublowany (IP67, 3s hold to activate)

Anteny: 4x (UWB, GNSS, LoRa, BLE) - wewnętrzne PCB

Analiza poboru energii

Tryb	Opis	Pobór prądu	Czas pracy
Deep Sleep	Tylko RTC	15 µA	> rok
Standby	LoRa RX window co 30s	32 mA	13h
Active	UWB 1Hz, IMU fusion, LoRa	180 mA	2h 20min
Active High Rate	UWB 10Hz, IMU fusion, LoRa	194 mA	2h 15min
Alarm	Buzzer, Leds all radio	194 mA	2h 15min

Uzasadnienie decyzji projektowych

Dlaczego nRF5340?

nRF5340 to zintegrowany układ mikrokontrolera zapewniający temperaturę operacyjną do 105 C. Posiada wbudowaną obsługę BLE czym wyróżnia się na tle podobnych modułów. Większość z nich wspiera BLE tylko do 85 stopni.

Dlaczego LoRa a nie LTE

Wyбралиmy LoRa dla zapewnienia obsługi systemu w wypadku braku dostępności sieci GSM. LoRa jest też znacznie mniej energochłonną technologią niż LTE. Wybrałyśmy ZM5202AH-CME3 głównie przez temperaturę operacyjną.

Po co nam IMU?

Moduł IMU zapewnia dodatkowe źródło danych do lepszego oszacowania dokładnej pozycji strażaka. Moduł, dzięki wykorzystanym akcelerometr, umożliwia także wykrywanie upadku strażaka. Model ASM330LHHTR został wybrany przez natywne wsparcie wykrywania upadku swobodnego oraz przez wysoką temperaturę operacyjną.

Dlaczego sensor temperatury TMP422-EP

TMP422-EP umożliwia pomiar temperatury przy użyciu zewnętrznej sondy, nie polega na termo-rezystancji. Czyli nie musimy eksponować samego modułu na zewnętrzne warunki. Ten konkretny model oczywiście zapewnia wysoką temperaturę operacyjną.

Dlaczego sensor STC31-C-R3

Sensor zapewnia pomiar stężenia dwutlenku węgla. Sensor zapewnia adekwatną do zastosowania temperaturę operacyjną.

Dlaczego pamięć NOR Flash Memory 256MB (czarna skrzynka)

Pamięć typu NOR Flash zapewnia dużą wytrzymałość na ekstremalne warunki w tym wysoką temperaturę (do 125 °C). Temperatura dużo wyższa niż spodziewana aby zapewnić działanie czarnej skrzynki. Duża pamięć pozwala na przechowywanie bogatych danych telemetrycznych z całej akcji strażaków.

Dlaczego brak sensora ciśnienia

Głównym zastosowaniem sensora ciśnienia byłoby oszacowanie wysokości na podstawie ciśnienia atmosferycznego. Doszliśmy do wniosku że w ekstremalnych warunkach akcji pożarniczej taki pomiar byłby wysoce niedokładny. Podczas akcji gaśniczej ciśnienie powietrza może się bardzo nagle i drastycznie zmieniać. Zwłaszcza przy bezpośrednim kontakcie z ogniem. Nie chcieliśmy żeby ten nieprzewidywalny pomiar interferował z naszymi metodami namierzania strażaków.

Zagadnienia Praktyczne:

Przycisk SOS:

Przycisk SOS to kluczowy element urządzenia zapewniający bezpieczeństwo użytkownikom. Aby ułatwić przyciśnięcie przycisku w rękawicach przycisk jest piezoelektryczny ukryty za izolacyjną membraną. Dla zapewnienia niezawodności przycisku musi on być zdublowany. Pod membraną dwa równoległe przyciski. Aby uniknąć przypadkowej aktywacji przycisk wymaga ciągłej aktywacji przez 3 sekundy aby uruchomić alarm.

Wybór temperatury operacyjnej:

Z konsultacji z klientem wiemy że temperatura wewnętrz kombinezonu zazwyczaj nie przekracza 80°C. Temperatura na zewnątrz szacujemy na ciągle 100-120 °C. Krótkie piki temperatury mogą osiągać ponad 200 °C nawet ponad 500 °C. Nie jest konieczne przygotowywać urządzenia na ciągłą ekspozycję ponad 100 °C. Nasz hardware przygotowany jest na temperatury do 105 °C. Zewnętrzna izolacja urządzenia musi chronić elektronikę przed nagłymi skokami temperatury.

Niestety nie udało nam się znaleźć baterii, modułu UWB i buzzera spełniających kryterium 100 °C temperatury operacyjnej. Z tego powodu dla tych komponentów przewidziana musi być specjalna dodatkowa warstwa izolacji termicznej.

Pomiar parametrów życiowych strażaka:

Pomiar parametrów życiowych wymaga bezpośredniego kontaktu ze skórą. Bezpośrednie połączenie kablem urządzenia przy skórze z urządzeniem na powierzchni kombinezonu stanowiłoby zagrożenie dla użytkownika. Postanowiliśmy oddelegować pomiar parametrów do opaski na nadgarstek strażaka schowanej pod wewnętrzną warstwą kombinezonu, bezpośrednio przy skórze. Komunikacją opaski z Nieśmiertelnikiem bezprzewodowa przy użyciu Bluetooth Low Energy. W ten sposób rozdzielimy urządzenia pod kombinezonem od urządzeń na powierzchni kombinezonu.

Szacowana Pojemność Czarnej Skrzynki:

Zakładając że pojedyncza ramka danych z Nieśmiertelnika waży 32B i zbierana jest co jedną sekundę, nasza pamięć flash zmieści ok. 2h logów z akcji.

Montaż i użytkowanie:

Tag montowany będzie na powierzchni kombinezonu przy pomocy klipsa. Komponenty nieprzystosowane do pracy w 100 °C wymagać będą dodatkowej izolacji. Z racji na małą pojemność baterii, urządzenia będą musiały być wymieniane co 2h. W wozie strażackim znajdująć się może stacja ładowająca z konektorami typu USB-C i zapasem nieśmiertelników do wymiany.

Certyfikacje ważne dla zastosowania przez PSP:

- IP67/IP68 - wodoodporność
- IP6X - pyłoszczelność - pełna ochrona przed drobnym pyłem i sadzą
- MIL-STD-810H - standard używany w amerykańskim wojsku i straży pożarnej.
Gwarantuje odporność na: wodę, pył, sadzę i korozję.

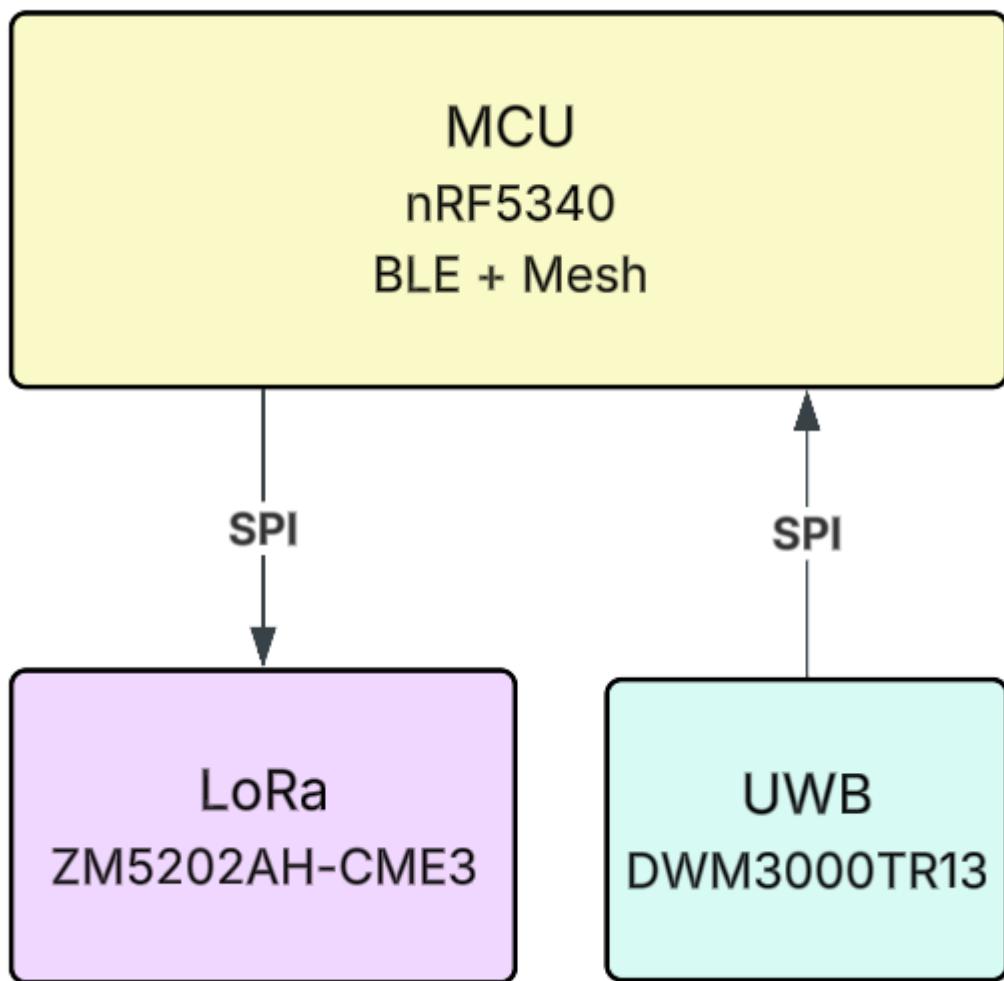
Produkcja:

Z racji na względную prostotę i cenę systemu, jednostki mogą być produkowane w standaryzowany, hurtowy sposób. Większość komponentów dostępna jest w ilościach >1000 w obniżonych cenach.

Koncepcja Hardware

Schemat blokowy urządzenia: Beacon

Totem



Lista materiałowa BOM

#	Nazwa	Model	Producent	Ilość	Cena jedn.	Suma	Źródło	Uzasadnienie	Temperatura operacyjna
1	MCU	nRF53 40	Nordic	1	19,30 zł	19,30 zł	Mouser	Wparcie BLE przy wysokiej temperaturze	do 105 °C
2	UWB	DWM3 000TR 13	Quorvo	1	110 zł	110 zł	Mouser	Triangulacja pozycji z beaconów	do 85 °C
	LoRa	ZM520 2AH-C ME3	Silicon Labs	1	46zł / 100 sztuk	0.46 zł	Mouser	Niskoprądowa komunikacja z centralą	do 125 °C
8	Bateria	Li-Po 6000m Ah	Generic	1	32 zł	32 zł	Alibaba	A generic power source 3,6 V	do 80 °C
10	Obudowa + PCB			1		zależne od dostrawcy			
	SUMA					160 zł			

Inne: Rezystory, stabilizatory napięcia, mierniki poziomu naładowania baterii, kable miedziane

Specyfikacja techniczna

Wymiary i obudowa:

Wymiary: 120 x 90 x 50 mm (dodatkowa przestrzeń na izolację termiczną)

Waga: 0,08 kg

Obudowa: Tworzywo sztuczne ABS/PC spełniająca standard IP67. Dodatkowa izolacja termiczna dla ochrony elektroniki.

Temp. pracy: -20°C do 80°C

Mocowanie:

Interfejsy:

Ładowanie: USB-C (5V/1A)

Anteny: 4x (UWB,, LoRa, BLE) - wewnętrzne PCB

Analiza poboru energii

Tryb	Opis	Pobór prądu	Czas pracy
Deep Sleep	Tylko RTC	1,5 µA	> rok
Standby	LoRa RX window co 30s	32 mA	52h
Active	UWB 1Hz, LoRa	82 mA	20h
Active High Rate	UWB 10Hz, LoRa	96 mA	17h

Uzasadnienie decyzji projektowych

Urządzenie jest bliźniaczo podobne do Nieśmiertelnika. Główne różnice to standard temperatury i rozmiar baterii. Beacons to urządzenia montowane w bezpiecznej części budynku gdzie już nie ma ognia. Nie mogą być tak często wymieniane jak Nieśmiertelniki stąd większa bateria.

Zagadnienia Praktyczne:

Montaż i użytkowanie:

Urządzenie montowane przy użyciu magnesu lub statywów. Może zostać rozstawione raz na całą akcję dzięki znacznie większej pamięci i mniejszemu poborowi energii.

Certyfikacje ważne dla zastosowania przez PSP:

- IP67/IP68 - wodoodporność
- IP6X - pyłoszczelność - pełna ochrona przed drobnym pyłem i sadzą
- MIL-STD-810H - standard używany w amerykańskim wojsku i straży pożarnej.
Gwarantuje odporność na: wodę, pył, sadzę i korozję.

Produkcja:

Z racji na względną prostotę i cenę systemu, jednostki mogą być produkowane w standaryzowany, hurtowy sposób. Większość komponentów dostępna jest w ilościach >1000 w obniżonych cenach.