|  |
| --- |
| [Nazwa firmy] |
| Strona Tytułowa |
| Placeholder |

|  |
| --- |
| Szkorla Radosław |

**Spis Treści**

[1. Wstęp 2](#_Toc3445611)

[2. Cel i zakres pracy 3](#_Toc3445612)

[3. Analiza wymagań funkcjonalnych 4](#_Toc3445613)

[4. Technologie realizacji 5](#_Toc3445614)

[4.1. Technologie Sprzętowe 5](#_Toc3445615)

[4.2. Technologie programistyczne 7](#_Toc3445616)

[4.3. Narzędzia 10](#_Toc3445617)

[5. Projekt systemu oraz realizacja 12](#_Toc3445618)

[6. Podsumowanie 13](#_Toc3445619)

[7. Literatura 14](#_Toc3445620)

# Wstęp

Szczepienia ochronne to jedno z najważniejszych osiągnięć w historii ludzkości oraz medycyny. Dziś trudno wyobrazić sobie, że takie choroby, jak świnka odra, czy ospa prawdziwa jeszcze 100 lat temu zbierały milionowe żniwo na całym świecie. Obecnie wiele osób przypomina sobie o istnieniu tychże chorób dopiero w punkcie szczepień. Wydaje się, że wakcynologia to stosunkowo młoda dziedzina nauki. Tymczasem szczepionki mają już ponad 200 lat. Historia szczepień zaczyna się przed 1800 rokiem, kiedy to rozpoczęły się pierwsze masowe szczepienia ochronne przeciw ospie prawdziwiej [6]. Twórcą tej szczepionki był Edward Jenner. W 1796 r. Jenner przeprowadził ryzykowny eksperyment. [6] Zaraził ośmioletniego chłopca krowią odmianą ospy. Po nadzwyczaj łagodnym przebiegu choroby chłopiec wyzdrowiał, a po roku okazało się, że został uodporniony również na ospę prawdziwą. Działania te uratowały miliony ludzi oraz doprowadziły do całkowitego wyeliminowania tego śmiercionośnego wirusa z naszego globu. Od tamtego czasu wiele naukowców i lekarzy prowadzili intensywne badania, mające na celu rozwój nowych rodzajów uodparniania i metod zapobiegania zarażeniom. Efektem tych prac są szczepionki, które obecnie chronią przed 25 chorobami zakaźnymi, między innymi przed wścieklizną, różyczką, WZW A czy grypą.

Obecnie jednak coraz szersza grupa osób kwestionuje sensowność szczepień. Ruchy antyszczepionkowe poruszają szereg argumentów przeciw obowiązkowym szczepieniom ochronnym [4]. Jednym z nich jest argument mówiący o przechowywaniu preparatów do iniekcji w złych warunkach. Kwestia magazynowania szczepionek jest niezwykle istotna dla zapewnienia zdrowia i życia pacjentów, w tym zapobieganiu występowania NOPów, czyli niepożądanych odczynów poszczepiennych [2]. Dlatego w przechowywaniu specyfików ważne są systemy, które stałe monitorują temperatury w jakich przechowywane są szczepionki, aby te mieściły się w zadanym przedziale, zgodnie z zaleceniami producentów i specjalistów, a w razie problemów umożliwić szybką reakcję osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo.

# Cel i zakres pracy

Celem pracy jest stworzenie systemu, który w głównej mierze będzie monitorował panującą temperaturę w magazynie szczepionek oraz powiadamiał wskazane osoby o przekroczonych wartościach. Ma to skutkować podjęciem działań prze te osoby zapobiegających przechowywaniu preparatów do szczepień w niekorzystnych warunkach [2]. Złe składowanie szczepionek może stanowić bardzo poważne zagrożenie dla życia i zdrowia osób, którym je podano, a także dla osób postronnych [3].

System składa się z dwóch podstawowych elementów: serwera monitorującego uruchomionego na Raspberry Pi oraz czujnika temperatury podłączonego do ESP32. Komunikacja między serwerem a czujnikiem odbywa się bezprzewodowo poprzez sieć Wi-Fi i przy użyciu protokołu http. Punkt dostępowy jak i serwer http jest uruchomiony na ESP32.

Podgląd aktualnej temperatury powinien być dostępny dla każdego użytkownika znajdującego się na terenie obietku. Nie może być on jednak swobodny, dlatego też aby uzyskać dostęp do strony www, na której owa temperatura jest wyświetlana, należy połączyć się z siecią Wi-Fi stworzoną na ESP32.

System powinien działać niezależnie od stanu zasilania czy dostępności sieci. Dlatego urządzenie, na którym uruchomiony jest serwer monitorujący powinien posiadać niezależne źródło zasilania, najlepiej w postaci urządzenia UPS. Z drugiej strony sam czujnik powinien zostać wpięty do tej samej linii zasilającej urządzenia chłodnicze magazynu, po to, aby awaria zasilania wyłączyła go, co przez serwer zostanie zinterpretowane jako właśnie awaria zasilania i wyśle powiadomienie. Powiadomienia zaś będą wysyłane w formie wiadomości SMS poprzez moduł GSM. Ma to na celu uniezależnienie przekazania informacji od dostępności sieci i Internetu.

# Analiza wymagań funkcjonalnych

# Technologie realizacji

## Technologie Sprzętowe

Raspberry Pi [7]

Sercem systemu jest Raspberry Pi 3 Model B. Raspberry Pi to seria małych komputerów jednopłytkowych opracowanych w Wielkiej Brytanii przez Fundację Raspberry Pi w celu promowania nauczania podstawowej informatyki w szkołach i krajach rozwijających się. Oryginalny model stał się znacznie bardziej popularny iż się spodziewano. Jego zastosowania wykraczają poza pierwotne założenia i obecnie obok systemów Arduino stanowią podstawę takich gałęzi przemysłu informatycznego jak Internet of Things czy robotyka.

Siłą Raspberry Pi jest możliwość instalacji na nim, w dużym uproszczeniu, klasycznego systemu operacyjnego, najczęściej opartego o system Linux. Umożliwia to użytkowanie go jak klasycznego komputera klasy PC, co jednocześnie daję możliwość tworzenia oprogramowania tak samo jak na tradycyjne platformy.

W projekcie zastosowano Raspberry Pi 3 Model B. Model ten został wydany w lutym 2016 roku. Posiada zintegrowany układ SoC Broadcom BCM 2837, z czterema 64-bitowymi rdzeniami ARM Cortex-A53, taktowanymi zegarem 1,2 GHz. Układ graficzny to Videocore 4 taktowany zegarem 400MHz. Raspberry posiada 1 GB pamięci RAM LPDDR2 taktowanej 900 MHz, która jest dzielona razem z układem graficznym, oraz układ radiowy Broadcom BCM43438, zapewniający połączenie Wi-Fi w standardzie 802.11n na paśmie 2,4 GHz oraz Bluetooth 4.1/LE. Innymi elementami są: kontroler USB/Fast Ethernet (100 Mbit/s) SMSC LAN951, cztery porty USB 2.0, wyjście HDMI, wyjście audio-wideo minijack, złącze kamery CSI, szeregowy interfejs dla wyświetlacza DSI, złącze zasilania microUSB, oraz 40-pinowe złącze GPIO.

ESP32 [8]

ESP32 to seria tanich, niskonapięciowych mikrokontrolerów z wbudowanym Wi-Fi i Bluetooth. Seria ESP32 wykorzystuje mikroprocesor Tensilica Xtensa LX6 zarówno w wersji dwurdzeniowej, jak i jednordzeniowej. Zawiera wbudowane przełączniki antenowe, wzmacniacz mocy, niskoszumowy wzmacniacz odbioru, filtry i moduły zarządzania zasilaniem. ESP32 jest tworzony i rozwijany przez Espressif Systems, i jest produkowany przez TSMC w 40 nm procesie technologicznym. Jest następcą mikrokontrolera ESP8266.

W projekcie zastosowano układ ESP32-WROOM-32 który posiada dwurdzeniowy, 32 bitowy procesor taktowany na 240 MHz oraz 520 kB pamięci SRAM i 16 MB pamięci Flash. Układ jest wykorzystywany jako przekaźnik pomiędzy czujnikami temperatury a Raspberry Pi. Urządzenie jest programowane przy użyciu Arduino Studio. ESP32 jest serwerem http, który przekazuje dane z czujników za pomocą protokołu http. Ponadto jest także urządzeniem, które tworzy zamkniętą sieć Wi-Fi w standardzie 802.11n, co umożliwia komunikację bezprzewodową. Dzięki niewielkiemu rozmiarowi i niskiemu poborowi prądu może być montowany blisko miejsc zainstalowania czujników.

Czujnik DHT22 [9]

DHT22 to czujnik temperatury i wilgotności. Wykorzystuje pojemnościowy czujnik wilgotności i termistor do mierzenia otaczającego powietrza i wyprowadza sygnał cyfrowy na pin danych. Parametry:

1. Napięcie zasilania: od 3,3 V do 6 V
2. Średni pobór prądu: 0,2 mA
3. Temperatura
   1. Zakres pomiarowy: -40 do 80 °C
   2. Rozdzielczość: 8-bitów (0,1 °C)
   3. Dokładność: ± 0,5 °C
   4. Czas odpowiedzi: średnio 2 s
4. Wilgotność:
   1. Zakres pomiarowy: 0 - 100 % RH
   2. Rozdzielczość: 8-bitów (±0,1 % RH)
   3. Dokładność ±2 %RH\*
   4. Czas odpowiedzi: średnio 2 s

W projekcie wykorzystano tylko czujnik temperatury.

Moduł GSM [10]

Nakładka dopasowana do złącz GPIO Raspberry Pi, która umożliwia komunikację w standardzie GSM, GPRS, GNSS oraz Bluetooth. Pozwala prowadzić rozmowy głosowe, wysyłać wiadomości sms, łączyć się z Internetem, przesyłać dane za pomocą Bluetooth, posiada system nawigacji. Nakładka wyposażona jest w moduł SIM868. Na płytce znajdują się: złącze karty SIM, gniazdo microUSB, złącze jack 3,5 mm, miejsce na baterię oraz złącze anteny u.FL.

Pozostałe elementy

Rezystory 4,7 kΩ wykorzystywane do połączenia czujników temperatury DHT22 do układu ESP32.

Płytka prototypowa która ułatwia połączenie wszystkich elementów ze sobą za pomocą przewodów.

## Technologie programistyczne

.NET Core [5]

.NET Core jest darmową, wielpolatformową i otwartą platformą tworzoną przez .NET Foundation – organizację utworzoną przez Microsoft w 2014 roku, oraz społeczność. .NET Core umożliwia tworzenie i uruchamianie aplikacji chmurowych, IoT czy klasycznych dla PC lub urządzeń mobilnych. Charakterystyka platformy .NET Core:

1. Wieloplatformowość. Umożliwia uruchamiania aplikacji na systemach operacyjnych Windows, macOS i opartych o Linux.
2. Zgodność między architekturami. Programy działają tak samo na różnych architekturach, w tym x64, x84 i ARM.
3. Narzędzia lini poleceń. Zawiera łatwe w użyciu narzędzia, które można wykorzystać do tworzenia aplikacji.
4. Elastyczne wdrożenie. Aplikacja może być dołączona do innych lub uruchomiona niezależnie oraz z wykorzystaniem kontenerów Docker.
5. Kompatybilność. .NET Core jest zgodny z .NET Framework, Xamarin i Mono, poprzez .NET Standard.
6. Open source. .NET Core wykorzystuje licencje MIT i Apache 2.

Aplikacje i biblioteki .NET Core można tworzyć wykorzystując języki programowani, takie jak C#, Visual Basic, F#.

ASP.NET Core [11]

ASP.NET Core jest wieloplatformowym, wydajnym i otwartym frameworkiem do kreacji nowoczesnych, opartych na rozwiązaniach chmurowych aplikacji. Za jego pomocą można tworzyć aplikacje i serwisy webowe, programy na platformy Internet of Things czy mobilne. Narzędzia do tworzenia rozwiązań przy użyciu ASP.NET są dostępne na wszystkich wiodących systemach operacyjnych czyli Windows, macOS i Linux. Aplikacje można wrażać do chmury, hostować w usługach IIS, Nginx, Apache, Docker lub na lokalnych serwerach i uruchamiać je za pomocą platform .NET Core lub .NET Framework. Może wykorzystywać wzorzec architektoniczny MVC (Model-View-Controler), który optymalizuje tworzenie dynamicznych aplikacji internetowych, zapewnia czyste rozdzielenie zadań i problemów, wspiera programowanie TDD (Test Driven Development) oraz wykorzystuje najnowsze standardy tworzenia aplikacji webowych. Do kreacji widoków ASP.NET Core używa składni języka Razor, która stanowi połączenie składni HTML oraz języka C#. Oprócz tego umożliwia stosowanie takich frameworków jak Bootstrap, Angular czy React.

SignalR [11]

ASP.NET Core SignalR jest otwartą biblioteką, która zapewnia funkcjonalność w postaci komunikacji dwukierunkowej między klientem a serwerem w czasie rzeczywistym w aplikacji. SignalR dostarcza API do tworzenia zdalnych wywołań procedur w kierunku od serwera do klienta. Serwer stworzony przy użyciu .NET Core wywołuje po stronie klienta funkcje wykreowane za pomocą JavaScript. Najważniejszymi cechami tej biblioteki są: automatycznie zarządza połączeniami, potrafi wysłać polecenia do wszystkich podłączonych klientów, jak również do pojedynczych lub określonych grup klientów, a także posiada mechanizmy skalowania, przydatne zwłaszcza zwiększającej się liczby połączeń. SignalR wspiera kilka technik to tworzenia komunikacji w czasie rzeczywistym: WebSockets, Server-Sent Events i Long Polling oraz autowmatycznie określa, która z nich będzie najlepsza w danym przypadku. Biblioteka wykorzystuje do komunikacji tak zwane huby. Huby umożliwiają klientowi i serwerowi nawiązywanie połączeń między sobą. Klient może wywołać po stronie serwera metody, przesyłając do nich silnie typowane parametry. Do przesyłania parametrów można użyć tekstowego protokołu opartego na JSON lub binarnego protokołu opartego na MessagePack. Serwer natomiast wywołuje kod u klienta, wysyłając wiadomości zawierające nazwę i parametry metody po stronie klienta. Obiekty wysyłane jako parametry są serializowane najczęściej do postaci JSON i po przesłaniu deserializowane. Klient próbuje dopasować nazwę do metody w kodzie po swojej stronie i gdy znajdzie dopasowanie wywołuje tą metodę razem z przesłanymi parametrami.

Chart.js [12]

Chart.js jest otwartą biblioteką, która w łatwy sposób umożliwia tworzenie wykresów na podstawie dostarczonych danych przy użyciu JavaScript. Wspiera osiem różnych typów wykresów, w tym liniowe, słupkowe czy kołowe. Wykresy te są responsywne, co oznacza że są prezentowane dobrze niezależnie od rozdzielczości ekranu urządzenia, na którym są wyświetlane.

Raspbian [13]

Raspbian jest darmowym systemem operacyjnym, opartym na Debianie i zoptymalizowanym specjalnie dla Raspberry Pi. Raspbian jest nieoficjalnym portem Debiana Wheezy – jednej z dystrybucji systemu Linux. Został przygotowany w taki sposób, aby optymalizować operacje zmiennoprzecinkowe wykonywane na Raspberry. To sprawiło, że aplikacje, które korzystają z tego typu obliczeń zmiennoprzecinkowych działają wyraźnie szybciej. Dzięki tej optymalizacji zyskały także inne aplikacje poprzez zastosowanie zaawansowanych instrukcji procesora ARMv6 w Raspberry Pi. Ten system operacyjny umożliwia zainstalowanie na nim środowiska uruchomieniowego .NET Core, uruchomienie aplikacji monitorującej, jak również komunikację poprzez port szeregowy z modułem GSM.

Bootstrap [14]

Bootsrap jest otwartym frameworkiem do tworzenia m. in. responsywnych (dopasowujących wygląd i treść do rozdzielczości wyświetlacza) stron WWW, przy użyciu HTML, CSS i JavaScript. Pierwotnie stworzony na potrzeby portalu Twitter, Bootstrap stał się jednym z najpopularniejszych frameworków front-end i projektów open source na świecie. Początki sięgają połowy 2010 roku, kiedy to nosił nazwę Twitter Blueprint. 19 sierpnia 2011 roku został udostępniony publicznie. Obecnie istnieje już czwarta wersja wydana w 2018 roku. Znaczącą zmianą była wersja trzecia, gdzie przepisano całość tak by współdziałać z podejściem mobile-first (tworzenie strony najpierw na urządzenia mobilne).

## Narzędzia

Visual Studio 2017 [15]

Serwer monitorujący został stworzony przy pomocy zintegrowanego środowiska programistycznego Visual Studio 2017 firmy Microsoft. Został wydany 7 marca 2017 roku. Jest to rozbudowane narzędzie do tworzenia różnego rodzaju aplikacji (klasycznych desktopowych, mobilnych, opartych na chmurze itd.). Posiada wiele przydatnych funkcji jak wspomagające refaktoryzowanie kodu, IntelliSense czyli zestaw narzędzi wspomagających pisanie (np. poprzez podpowiedzi po wpisaniu części nazwy klasy), możliwość przejścia do lub podglądu definicji danej metody z poziomu menu kontekstowego lub skrótu klawiszowego, obsługa menedżera pakietów Nuget czy wsparcie dla systemów kontroli wersji takich jak Git lub TFVC. Visual Studio wspiera korzystanie z wielu języków programowania takich jak: C#, F#, Visual Basic, C++, Python i JavaScript. Dodatkowo pozwala także na instalacje dodatkowych rozszerzeń wydanych przez Microsoft (np. Xamarin) jak i firm trzecich (np. ReSharper od JetBrains) zwiększających jego możliwości.

Arduino IDE [16]

Do napisania oprogramowania czujników temperatury wykorzystano Arduino IDE w wersji 1.8.5. Jest to darmowe środowisko do tworzenia oraz wgrywania kodu na urządzenia Arduino, jednak z powodzeniem może być wykorzystywane do pracy z innymi mikrokontrolerami jak np. wykorzystane w projekcie ESP32. Arduino IDE zapewnia dostęp do bibliotek przydatnych w tego typu rozwiązaniach, weryfikację kodu, wgrywanie bezpośrednio do urządzeń, dostosowywanie parametrów komunikacji z mikrokontrolera, konsolę informującą o statusie czy błędach oraz monitor portu szeregowego urządzenia, które może być przydatne np. przy debugowaniu.

Git [17] i github.com

Git jest to darmowy otwarty system kontroli wersji, wspomagający tworzenie oprogramowania. Początki sięgają roku 2005, kiedy to twórcy jądra Linux a przede wszystkim Linus Torvaldis zerwali współpracę z firmą rozwijającą inny system kontroli wersji BitKeepera. Tworząc Git autorzy, na bazie doświadczeń pracy z BitKeeperem starali się stworzyć system który miał być szybki i prosty w obsłudze, wspierać nieliniowe tworzenie kodu, być rozproszony oraz umożliwiać pracę z bardzo dużymi projetkami.

Git tworzy repozytoria i wykorzystuje migawki do zapisywania różnic między kolejnymi wersjami, zwanymi commitami. Git umożliwia prowadzenie procesu deweloperskiego wielotorowo poprzez gałęzie (branches). Każda gałąź przechowuje swoją wersję projektu, które można ze sobą później połączyć (merge).

Github.com jest najpopularniejszym serwisem internetowym, który umożliwia przechowywanie repozytoriów Gita w Internecie. Pozwala na dzielenie się kodem źródłowym. Dostarcza przydatne narzędzia do analizy kodu.

VNC Server i VNC Viewer

VNC jest programem do komunikacji między urządzeniami na zasadzie wirtualnego pulpitu. Na Raspberry Pi zainstalowany jest VNC Server a na komputerze, służącym do tworzenia oprogramowania klient VNC Viewer. Program umożliwia również transfer plików.

Etcher

Program, który posłużył do przygotowania karty pamięci z systemem Raspbian.

# Projekt systemu oraz realizacja

Pierwszym etapem tworzenia systemu było przygotowanie Raspberry Pi do współpracy z środowiskiem .NET Core. Z oficjalnej strony twórców systemu operacyjnego Raspbian pobrano plik obrazu w formacie .iso. Za pomocą programu Etcher przygotowano kartę pamięci z zainstalowanym system.

Po podłączeniu urządzeń peryferyjnych, karty pamięci oraz modułu GSM za pomocą złączy GPIO uruchomiono system, skonfigurowano połączenie do sieci LAN oraz Internet i ustawiono parametry w programie VNC Server do pracy z Raspberry Pi za pomocą komputera deweloperskiego. Praca została przeniesiona na wspomniany komputer.

Następnie z urządzenia usunięto większość niepotrzebnych aplikacji. System Raspbian posiada domyślnie wiele programów edukacyjnych, jak na przykład Wolfram Alpha. Kolejnym krokiem była aktualizacja systemu. W tym celu należało w terminalu wpisać dwa polecenia: sudo apt-get update które sprawdziło jakie elementy i pakiety posiadają dostępne nowe wersje oraz sudo apt-get upgrade, z kolei to polecenie wykonało właściwą aktualizację. Następnie za pomocą polecenia sudo apt-get install curl libunwind8 gettext apt-transport-https zainstalowano właściwe środowisko .NET Core. Aby przetestować poprawność konfiguracji utworzono czysty projekt ASP.NET Core, który został skompilowany poprzez polecenie konsoli dotnet publish -r linux-arm. Jest to wymagane aby aplikacja mogła zostać uruchomiona w środowisku Linux i na urządzeniu z procesorem stworzonym w architekturze ARM. Następnie za pomocą funkcji File Transfer z programu VNC przeniesiono gotowy program testowy na Raspberry Pi i z powodzeniem uruchomiono za pomocą polecenia terminala dotnet test.dll.

# Podsumowanie

# Literatura

1. Martin R.: Czysty kod. Podręcznik dobrego programisty. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2014.
2. Jacek Wysocki, Hanna Czajka: Szczepienia w pytaniach i odpowiedziach. Wydanie V, Wydawnictwo „Help-Med” s.c., Kraków 2014.
3. Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi, (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570).
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 sierpnia 2011 r. w sprawie obowiązkowych szczepień ochronnych, (Dz.U. 2011 nr 182 poz. 1086)
5. https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/core/ z dnia 04.01.2019r.
6. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1069029/ z dnia 23.01.2019r.
7. https://www.raspberrypi.org/documentation/ z dnia 04.11.2018r
8. Espressif Systems: ESP32 Series Datasheet.
9. https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf z dnia 23.01.2019r.
10. https://www.waveshare.com/wiki/GSM/GPRS/GNSS\_HAT z dnia 23.01.2019r
11. https://docs.microsoft.com/pl-pl/aspnet/core/ z dnia 23.01.2019r.
12. http://tobiasahlin.com/blog/introduction-to-chartjs/ z dnia 23.02.2019r.
13. https://www.raspbian.org/ z dnia 23.02.2019r.
14. https://getbootstrap.com/docs/4.3/about/overview/ z dnia 03.03.2019r.
15. https://docs.microsoft.com/pl-pl/visualstudio/ z dnia 07.03.2019r.
16. https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment z dnia 07.03.2019r.
17. https://git-scm.com/ z dnia 13.03.2019r.