



W poprzednich odcinkach zajmowaliśmy się Raspberry Pi od strony zakupów niezbędnych elementów i codziennego użytkowania. Dotknęliśmy też tematów związanych z planowaniem i zarządzaniem projektami. Teraz czas na praktyczne zastosowanie. I to w nie było jakim wykonaniu: dwóch nastolatków postanowiło połączyć Raspberry Pi z klockami lego, aby zbudować swoje pierwsze dzieło mechatroniczne.

Raspberry Pi

prawdziwe wyzwanie

Pomysł i planowanie

Andrzej: Mam 12 lat. Bardzo lubię konstruować z klocków lego różne maszyny według własnego pomysłu. Czasami jest to robot, czasami statek kosmiczny. Budowałem również zestawy z „Małego Elektronika”, np. radio czy alarm. Komputera używam głównie do odrabiania lekcji, przeglądania Internetu oraz grania. Programowania dopiero zaczynam się uczyć.

Kuba: Chodzimy z Andrzejem do jednej klasy. Ja również lubię budowanie z klocków lego, ale wolę architekturę – nowoczesną lub średniowieczną. Interesuję się modelarstwem, ostatnio przede wszystkim zdalnie sterowanymi łodziami. Podobnie jak Andrzejowi, komputer służy mi głównie do nauki i zabawy, chociaż pierwszy program „Hello world” w języku C mam już za sobą. Umiejętności tworzyć proste strony w HTML. Internet dostarcza mi inspiracji do budowy nowych modeli.

Andrzej i Kuba to zdolni modelarze. W swoich konstrukcjach łączą bardzo różne techniki. Nie unikają też prostych elementów elektrycznych – np. oświetlenia. Do swoich celów potrafią również wykorzystywać Internet. W dziedzinie programowania stawiają dopiero pierwsze kroki. Swoje zainteresowania realizują podczas wielu zajęć pozaszkolnych. Uczestniczą w programach rozwijających ich zdolności, warsztatach modelarskich organizowanych w ramach Miejskiego Domu Kultury i innych. Mimo wielu łączących ich zainteresowań, Andrzej i Kuba są całkowicie inni. Swoje pasje rozwijają pod innym kątem. Zawsze zastanawiałem się, co mogłoby wyjść z połączenia tak różnych żywiołowości i podejść do problemów. I całkiem niedawno nadarzyła się ku temu znakomita okazja.

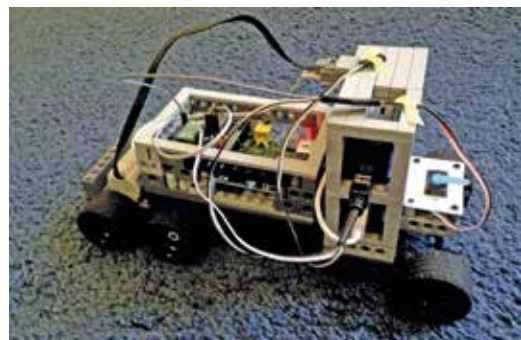
K: O „malince”, czyli Raspberry Pi, usłyszałem od mojego taty, który kupił ją i pokazał mi kilka fajnych trików. Szybko nauczyłem się podstaw Scratcha. Ponieważ na swoim komputerze mam zainstalowany Ubuntu, Linuks Raspberry nie był dla mnie żadnym szokiem. Ostateczną decyzję podjąłem po zajęciach o „inteligentnych” domach.

Postanowiłem wreszcie zaprząć Raspberry do prawdziwej pracy! Zdecydowałem się na współpracę z kolegą, bo chciałem, żeby było raźniej i potrzebowałem trochę pomocy z jego strony. On jest dokładny, a ja z kolei mam wiele pomysłów. Uznałem, że nasz duet może osiągnąć coś ciekawego.

A: Pomysł przedstawiony przez Kubę bardzo mi się spodobał. Tworzenie własnego robota jest przecież ekscytujące! O minikomputerze Raspberry usłyszałem po raz pierwszy na warsztatach organizowanych przez Uniwersytet Dzieci. Od razu wydał mi się ciekawy.

K: Na początku myślałem o chodzącym robocie, który robiłby wszystko, za czym nie przepadam, ze sprzątaniami i zmywaniem na czele. Najlepiej żeby mógł też wystartować na igrzyskach olimpijskich. Ale do tego musiałby być mocny, z metalu, którego nie umiem jeszcze obrabiać.

A: Trzeba było zejść na ziemię, musieliśmy dopasować cel do umiejętności. Wybraliśmy więc formę ciężarówki. Inspirację wzięliśmy z filmu „Transformers”. Nasz robot miał jeździć we wszystkich kierunkach, być zdalnie sterowany i wyposażony w termometr. Stwierdziliśmy, że zbudujemy go z klocków lego.



1. Ciężarówka, pierwszy prototyp

K: Klocki mają wiele zalet:

- łatwo się z nich tworzy, można szybko wprowadzać zmiany;

- mamy ich dużo, różnych zestawów, również z silnikami;
- ja i Andrzej umiemy dobrze budować, mamy znaczne doświadczenie w tym zakresie;
- łatwo mogliśmy podzielić się pracą.

Każdy z nas wziął się za inny element. Ja wolałem pracować nad wyglądem, Andrzej – nad elementami mechanicznymi.

Burza mózgow w wykonaniu chłopaków była dla mnie wartościową lekcją. Co ciekawe, pierwsze, całkowicie fantastyczne koncepcje, bardzo szybko weryfikowali i przycinali do realiów. Za każdym nowym pomysłem zadawali sobie nawzajem pytanie, czy dadzą radę go zrealizować, czy ich koncepcja będzie praktyczna. Ani razu nie padło jednak pytanie o ograniczenia, jakie mogą wynikać ze strony samego Raspberry Pi. Zastanawiałem się, czy było to spowodowane wiarą w jego możliwości, czy... liczeniem na moje wsparcie. Już niedługo ten brak świadomości specyfiki środowiska miał się niekorzystnie odbić na projekcie.

Decyzja o zastosowaniu klocków nie zaskoczyła mnie. Obaj są ich wielkimi fanami. Rozważania na temat użycia innych materiałów lub np. modyfikacji już gotowej zabawki właściwie nie miały miejsca. Niewątpliwie zalety tworzywa, takie jak elastyczność, wydawały się na tym etapie wystarczająco przekonujące, aby je zastosować. Niestety, szybko okazało się, że wady klocków – mała sztywność, wysoka waga, specyfika utrudniająca łączenie z elementami spoza zestawów – stawały się dla projektu coraz większym obciążeniem. Autorzy raczej zrezygnowali wtedy z „niepasujących” funkcji niż z samych klocków. Tworzywo zdominowało zakres.

K: Gdy wszystko wymyśliłymi, przyszedł czas na budowanie. A właściwie nie, bo szybko pojawiło się pytanie, dlaczego zamiast tego budowania siedzimy nad kartką i planujemy? Przecież wszystko mamy w głowach!

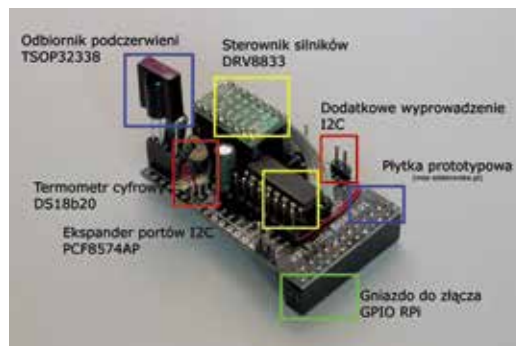
Moja propozycja zastosowania pewnych praktyk inżynierskich spotkała się z niezrozumieniem. Zachęcałem do uprzedniego przemyślenia i udokumentowania wyglądu urządzenia,

rozmeszczenia elementów, podstawowych mechanizmów. Skwitowano to stwierdzeniem: „najwyżej przełoży się kilka klocków”. Całkowitą nowością dla młodych adeptów sztuki inżynierskiej była również próba spisania zakresu działań (co będziemy robić) i stworzenia planu (jak to osiągniemy). Tworzenie z gotowych elementów łączy wizję skrócenia pewnych etapów, zwłaszcza projektowania i planowania. Jest to często jak najbardziej pożądane, bo umożliwia wcześniejsze dostarczenie produktu. Problem pojawia się jednak wtedy, gdy skrócenie w praktyce sprowadza się do pomijania. Mści się to nawet w trywialnym przypadku budowania z klocków. W obliczu braku dobrego projektu ciężarówka była wielokrotnie przebudowywana. Każda z takich iteracji wymagała czasu.

Realizacja

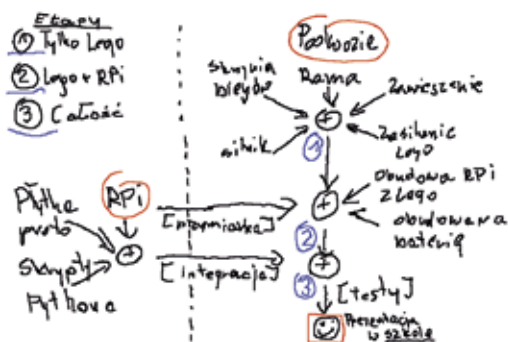
K: Samo budowanie z klocków było w miarę proste. Szybko powstała rama i układ jezdyny. Niestety, musieliśmy wprowadzić wiele zmian, żeby wszystko działało razem. Samo Raspberry Pi mnie nie zaskoczyło. Linuks nie jest mi obcy. Gorzej było z programowaniem. Sterowanie robota mieliśmy pisać w Pythonie. Dziwna nazwa, co ma wąż wspólnego z programowaniem? Na szczęście tata zaczął robić nam lekcję o pisaniu programów w tym języku.

A: Budowa elektroniki do tego robota nas przerosła, wykonał ją i zmontował tata Kuby. My nie podjęliśmy się tego zadania, bo było to skomplikowane i trochę niebezpieczne!



3. Płytkę rozszerzającą do RPi z elementami sterowania ciężarówką (w oparciu o płytkę prototypową msx-elektronika.pl)

Faktycznie, dodatkowe lekcje programowania okazały się konieczne. Po serii krótkich ćwiczeń, budowniczo rozumieeli podstawowe konstrukcje Pythona (zmienna, pętla, instrukcje warunkowe, funkcje) i byli w stanie je zastosować do tworzenia prostych programów (np. kalkulatora). Instalacja i integracja różnych bibliotek, analiza zewnętrznych przykładów oraz konfiguracja Linuksa stanowiły dla nich nie lada wyzwanie. Starłem się więc tak kierować pracami, żeby mogli się czegoś nauczyć, najlepiej bawiąc się przy okazji (np. konfiguracja pilota podczerwieni pod biblioteką lirc). Część pracy musiałem jednak wykonać



2. Planowanie etapów projektu



sam, prezentując im jedynie pewne mechanizmy, bez wdawania się w detale.

Ponadto projekt wymagał zagłębienia się w szczególności wykorzystywanych podzespołów elektronicznych. Mimo że ograniczyłem pole eksperymentów do samej cyfrowki, zrozumienie jej szło bardzo powoli.

Proste zabawy z zapalaniem diod dostarczyły wiele radości. Ale – mimo pewnych doświadczeń z różnymi zestawami elektronicznymi – trudno było o przyswojenie niektórych idei związanych np. z protokołami komunikacyjnymi (np. i2c czy 1-Wire wspomnianego powyżej termometru cyfrowego DS18B20). Z drugiej strony, obaj szybko pojęli aspekty związane z mocą i zasilaniem. Konieczność separacji zasilania RPi, zastosowania dodatkowego wzmocnienia dla silnika (DRV8833) oraz dobór parametrów akumulatorów okazały się zupełnie jasne.

Zdziwiło mnie trochę, użyte przez obydwu konstruktorów, sformułowanie o niebezpieczeństwach związanych z elektroniką. Okazało się, że odnoszą się głównie do... samego Raspberry. Rozmowa na temat pięć i ewentualnych efektów „dymnych” na tyle podziałała im na wyobraźnię, że obawiali się wszystkiego, co mogło doprowadzić do uszkodzenia minikomputera. Jednocześnie zagadnienia z elektroniki kojarzyły się nieodmiennie z gniazdkami sieciowymi. A każde dziecko wie, że należy się trzymać od nich z daleka.

Dużą przeszkodą były też braki w angielskim. O ile chłopcy są w stanie porozumieć się w tym języku, brakuje im doświadczenia w terminologii technicznej. Widziałem też różnicę w łatwości posługiwania się RPi między Kubą, wychowywanym na angielskich wersjach otwartego oprogramowania, a Andrzejem – na co dzień używającym polskich Windowsów. A myślę, że świat nie zacznie używać języka polskiego. Zwłaszcza ten komputerowo-inżynierski, gdzie angielski jest po prostu językiem urzędowym.

Problemy

K: Największymi problemami mechanicznymi podczas budowy były:

- zabudowanie silnika i jego mechanizmów (jeśli coś było źle zrobione, silnik charczał i pojazd nie jeździł);
- odpowiednie rozmieszczenie elementów;
- zapewnienie wentylacji Raspberry Pi.

Musieliśmy zrezygnować z kilku funkcji, np. ze skręcanych kół. Elementy elektroniczne lego są drogie. Kable połączeniowe kosztują niewiele mniej niż silniki! Żeby ograniczyć koszty, sami zrobiliśmy wtyczkę do silnika lego. Na drugi silnik już nie starczyło pieniędzy. Terminy goniły – chcieliśmy zdążyć przed końcem roku szkolnego. A tu jeszcze tyle sprawdzianów!

A: Nie obyło się bez problemów po stronie elektroniki. Najważniejszym była niestabilność RPi, który raz się włączał, raz nie. Ponieważ nie wszystko było gotowe na czas, do prób i budowy użyliśmy elementów elektronicznych lego.



4. Niewykorzystane elementy

Budowa bez dobrego planu przeciągała się. Okazało się, że proste rozwiązania przeniesienia napędu nie zdawały egzaminu. Przy stosunkowo dużym ciężarze (klocków, baterii) niewielkie niedopasowanie powodowało, że zębatki nie zachodziły dobrze na siebie i pojazd nie poruszał się tak, jak to sobie obaj wyobrażali. Również wydajność silnika zasilanego z niższego napięcia niż nominalne 9V pozostawiała wiele do życzenia. Dodatkowo Raspberry miał problemy ze startem. Częste awarie systemu plików uniemożliwiały poprawne wykonanie programu ciężarówki. Później okazało się, że problemem był adapter karty SD. Po jego wymianie i zablokowaniu zapisu na kartę, RPi zaczęło zachowywać się bardziej stabilnie. Należy tu jednak stwierdzić, że tego typu projekty nie są domeną RPi. Być może należało raczej użyć typowego mikrokontrolera, np. Arduino Nano? Ograniczyłoby to ilość nowych elementów do nauki i uprościło wiele napotkanych problemów.

Mimo trudności zauważyłem, że chłopcy bardzo sprawnie radzili sobie z wymyślaniem obejść kolejnych przeszkód i dzieleniem się zadaniami. Ich współdziałanie było wręcz podręcznikowe: problem – konsylium – propozycja zmian – wdrożenie nowego rozwiązania. Szybko wpadli na pomysł tymczasowego zastąpienia niegotowych elementów elektronicznych innymi dostępnymi podzespołami. Na plus można też im zaliczyć wymyśloną przez nich strategię natychmiastowego testowania każdego kolejno dodawanego elementu tak, aby upewnić się, że pasuje do całości.

Kolejnym ciekawym elementem było świadome operowanie kosztami. Długo rozważali zakup drugiego silnika. Skończyło się to stwierdzeniem: „w następnej wersji”. Takich decyzji podejmowali więcej. Najczęściej ofiarą padała funkcjonalność (zakres). Wyzaczyli sobie termin zakończenia projektu na tydzień przed wystawieniem ocen i z determinacją starali się go dotrzymać. W swoim postanowieniu byli bardzo konsekwentni, co pozwalała optymistycznie patrzeć na ich przyszłe projekty.

Kurtyna w górę

A: Postanowiliśmy z Kubą pochwalić się naszą pracą w szkole. Ja byłem odpowiedzialny za prezentację.



Ale tu powstał problem – nasze wzajemne kontakty były już wówczas ograniczone przez sprawdziany zamykające rok szkolny. Wszystko ustalaliśmy więc drogą mailową i telefoniczną. Nie mieliśmy już czasu na wspólne spotkanie i przećwiczenie prezentacji. Najtrudniejsze było dla mnie streszczenie całej naszej pracy w jednym, krótkim wystąpieniu.

K: Przeszkodą były też różne programy, których używaliśmy do zrobienia prezentacji. Ja pracowałem w LibreOffice, a Andrzej na Microsoft Office. Nie wszystkie elementy wymyślone przez Andrzeja były dobrze widoczne u mnie. Przez telefon musieliśmy też ustalić plan wystąpienia – w jakiej kolejności będziemy mówili.

A: Nadszedł dzień prezentacji. Bałem się, że coś nie wypali, np. wysiądzie zasilanie albo napęd. Na szczęście wszystkim bardzo się podobało. Kilka uwag wtrącili koledzy i nauczyciel informatyki. Podsuwano nam pomysły, by zmienić koła, zastosować różne czujniki (np. czujnik odległości), dodać oświetlenie...

Pomysł podsumowania pracy przed całą klasą okazał się trafiony. Chłopcy musieli przygotować prezentację, ograniczając się do kontaktów przez Internet i telefony. Elektroniczny obrót dokumentami był dla nich kolejną ważną lekcją. Przy okazji mogli

Zabudowanie „malinki” też nie było łatwe, zwłaszcza zapewnienie jej odpowiedniej wentylacji. Zamierzamy dorobić jeszcze kilka rzeczy, takich jak dźwięk oraz wspomniany wcześniej czujnik odległości. Projekt nauczył nas współpracy i szukania różnych rozwiązań.

K: Ja nauczyłem się wielu tajemnic programowania, elektroniki i samej Raspberry Pi. Pewne rzeczy można było zrobić lepiej, np. podwozie. Chcę kontynuować eksperymenty z robotyką i RPi.

*Projekt zakończył się więc sukcesem. Mimo że nie cały zaplanowany zakres prac został zrealizowany, udało się **dostarczyć na czas minimalną założoną funkcjonalność. Bardzo spodobała mi się również sama prezentacja.** Chłopcy nie okazali żadnego skrępowania i chętnie odpowiadali na pytania kolegów, pozostając otwartymi na ich sugestie. Jako rodzice, dzięki temu projektowi, **dowiedzieliśmy się więcej o zdolnościach naszych dzieci.** Pewne rzeczy przychodziły im łatwiej, inne trudniej. Obaj świetnie się dogadywali, dzielili zadaniami. Nie ukrywali problemów, często je konsultowali między sobą. Przeszkody ich nie zniechęcały, szukali alternatywnych rozwiązań.*

Z drugiej strony, udało się **zidentyfikować pewne luki w ich edukacji.** Oprócz elektroniki, programo-

wania – **koniecznie musimy położyć większy nacisk na naukę technicznego języka angielskiego.** Niestety, w dziedzinie inżynierii jego znajomość jest absolutnie konieczna.

*Kolejna uwaga dotyczy poziomu **wsparcia, jakie należy udzielić młodym adeptom mechatroniki.** Trudno mi sobie wyobrazić, żeby mogli ten projekt przeprowadzić całkiem sami. Wiedzę i doświadczenie (przynajmniej na początku) musi dostarczyć rodzic, nauczyciel czy instruktor. Wymaga to od niego nie tylko znajomości domeny, ale – co dla mnie było zdecydowanie trudniejsze – talentów metodycznych. Wierzę mi jednak – opłaca się zainwestować w to trochę czasu. Umiejętności, które Andrzej i Kuba zdobyli podczas tego krótkiego projektu, już procentują. I to nie tylko w konkretnym przypadku doświadczeń z mechatroniką. Obserwuję u nich pewną zmianę podejścia, która wyraża się w słowach: „dobra, ale **najpierw musimy mieć plan!**”.*

A, K: Dziękujemy za pomoc w realizacji projektu p. Pawłowi, naszemu nauczycielowi informatyki.

**Arkadiusz Merta
Jakub Merta
Andrzej Dąbrowski**



5. Ciężarówka – wersja ostateczna

podszlifować swoje umiejętności prezentacji (ang. soft-skills). Wystąpienie przed całą klasą wymagało od nich niemałej odwagi. Zostali jednak bardzo entuzjastycznie przyjęci przez rówieśników. Kilku kolegów zgłosiło nawet chęć budowy podobnych urządzeń. Zobaczymy, na ile starczy im zapału.

Wnioski

A: Najtrudniejsza w tym projekcie okazała się obsługa silnika i obudowa do Raspberry Pi. Przekazywanie napędu na bazie klocków lego było nieprecyzyjne.