

KONSTRUKTION AV DRÖNARE FÖR EN MER INTERAKTIV FLYGNING



Noah Carleson, Samuel Dineus, Amel
Gacic Handledare: Åsa Bengtsson



Abstract

This project looks at how to build and control a drone with a mobile phone utilizing motion sensors for an interactive flying experience. The goal was to replace traditional remote controls with a more engaging alternative, allowing users to steer the drone by tilting their devices. To achieve this, Bluetooth Low Energy (BLE) was used for communication, and an Arduino drone controller was used to improve flight stability by processing data from the gyroscope and accelerometer.

The project involved designing and assembling a drone, programming the flight controller, and developing an Android application for control. While significant progress was made in hardware integration and software development, the drone was not fully operational within the project timeframe due to technical challenges, such as errors in the code and time constraints.

Despite these setbacks, the study demonstrates the feasibility of mobile-controlled drones and highlights areas for future improvement, including optimizing stability algorithms and expanding control methods to additional wearable devices.

Innehåll

Abstract.....	2
Inledning.....	4
Bakgrund.....	4
Att styra en drönare	4
Kommunikation	5
Komponenter	6
Sammanfogning	7
Syfte/Problemformulering	7
Metod och Material.....	8
Fjärrkontroll.....	9
Joystick	9
Android Studio	9
Motorer.....	10
Antal.....	10
Kraft och Batteri.....	11
Propellrar	12
Position.....	12
Elektronik.....	13
Elektroniska hastighetskontroller.....	13
Gyroskop och Accelerometer.....	13
Hårdvara för trådlös mobilstyrning.....	14
Mikrokontroller.....	15
Montering.....	15
Ta emot data från mobilen på drönaren.....	17
Montering av Bluetooth modulen.....	18
Programmering	19
Skicka signaler från mobilen	19

Tillstånd	20
Resultat	20
Uppnådda resultat	21
Konstruktion och elektronik.....	21
Programmering	21
Flygdatorn	21
Applikationen.....	21
Tester	21
Återstående delar	22
Diskussion/Slutsats	22
Referenser	24
Otryckta källor.....	24
Bilagor	27

Inledning

Att bygga en egen drönare – det kan alla göra, och det har många redan gjort. Men hur ska man styra den? En RC-kontroll är dyr, och en vanlig mobilapplikation är tråkig. Finns det inget sätt att göra drönarflygning mer interaktiv? Jo, tänkte vi. Tänk om man kunde få drönaren att följa mobilens rörelser. Det vill säga, om man lutar mobilen framåt, så åker drönaren framåt, lutar man den åt sidan, så åker den åt sidan, och så vidare. Det vore mycket roligare än att flyga med hjälp av ett par joysticks på skärmen.

Bakgrund

Att styra en drönare

De flesta moderna drönare styrs med hjälp av en fjärrkontroll som kommunicerar med drönaren via radiovågor. Denna kontroll är ofta jämförbar med en kontroll till en vanlig radiostyrd bil. Under senare år har det blivit populärt att bygga egna drönare som en del av så kallade *DIY*-projekt (*Do It Yourself* – gör det själv). Vid konstruktionen av en drönare krävs

dock vanligtvis en fjärrkontroll vars kostnad kan variera mellan några hundra och flera tusen kronor, vilket är mycket pengar enbart för styrning. Ett alternativ till den traditionella kontrollen är att använda en mobilapplikation för att styra drönaren. Denna lösning medför dock särskilda tekniska utmaningar som måste hanteras både i drönarens hårdvara och i applikationens mjukvara. En mobilapplikation kan inte erbjuda samma precision som en fysisk fjärrkontroll, vilket ställer krav på att drönaren själv bidrar till stabilisering under flygning. För att åstadkomma detta används ett Kalman-filter programmerat på drönarens flygdator [1].

Kalman-filtret är en matematisk algoritm som kombinerar data från gyroskop och accelerometer för att beräkna drönarens lutning i olika riktningar. Accelerometer är en komponent som mäter all acceleration i alla riktningar som den utsätts för. Därför kommer den till exempel att ge -1 nedåt om den står rakt upp och stilla eftersom den utsätts för 1g gravitation. Gyroskopen mäter förändringar i vinkeln. Filtret används för att få ett så exakt värde som möjligt samt för att undvika felaktiga värden orsakade av exempelvis vibrationer under flygning. Detta bidrar till att drönaren kan hålla en stabil position, även vid styrning från mobilapplikationen [1].

Kommunikation

Det finns två vanliga standarder för trådlös kommunikation med mobiler, WiFi och Bluetooth. Bluetooth används ofta för att sammankoppla teknikenheter till mobilen så som högtalare, hörlurar eller smarta klockor. Medans WiFi är vanligare att användas för till exempel trådlös internetuppkoppling men kan även användas vid styrning av till exempel en drönare [2].

För att möjliggöra kommunikationen mellan applikationen och drönaren används en BLE-modul (*Bluetooth Low Energy*). Till skillnad från vanlig Bluetooth kan en BLE-modul inte anslutas direkt via telefonens Bluetooth inställningar utan kräver en applikation för att etablera anslutningen. BLE-tekniken skiljer sig från traditionell Bluetooth [3] genom att använda mindre energi och därmed vara mer strömsnål, vilket är avgörande för applikationer som drönarstyrning där batteritid är en viktig faktor. Anslutningen mellan telefonen och BLE-chippet kräver särskilda behörigheter från telefonens operativsystem. Dessa behörigheter ger applikationen möjlighet att söka efter och identifiera BLE-enheter i närheten, vilket är nödvändigt för att upprätta kommunikationen.

Komponenter

Drönare kan se väldigt olika ut beroende på syfte, men vissa specifika komponenter är gemensamma. En av dessa är en flightcontroller, som fungerar som drönarens huvuddator. Flightcontrollern bearbetar data från den enhet som operatören använder för att styra drönaren, exempelvis en fjärrkontroll eller mobilapplikation, och omvandlar dessa signaler till motorernas specifika styrvärden. Exempelvis ser flightcontrollern till att motorerna körs på 50 % av sin maximala hastighet när styrspaken dras halvvägs framåt [4]. Flightcontrollern tar också emot data från Kalman-filtret och skickar rätt värden till olika motorer utifrån det för att drönaren ska hålla sig stabil [1]. En flygdator kan köpas färdig, eller så kan man programmera sin egen på en liten dator som en Raspberry Pi eller en Arduino[5]. Drönare använder sig också av ESC:s, Electronic Speed Controller, som kontrollerar motorernas hastighet genom att reglera hur mycket ström motorerna får [4].

En drönare har i de flesta fall fyra motorer. Om alla motorer har samma rotationsriktning kommer även drönaren att rotera. För att motverka detta används motorer med olika rotationsriktningar: två motorer är märkta CW (*clockwise* – medurs) och två CCW (*counterclockwise* – moturs). Varje motor måste dessutom ha en propeller med samma rotationsriktning som motorn för att säkerställa att drönaren förblir stabil och inte roterar oavsiktligt [6].

Om en drönare istället hade tre motorer skulle det krävas en servo-motor för att justera drönarens lutning och rotation. En servo-motor är en mekanism som kan vinkla en del av drönarens struktur, exempelvis en propellerarm eller en rotor, för att balansera kraften och hålla drönaren stabil i luften. Den används för att kompensera för obalansen som uppstår med ett ojämnt antal huvudmotorer [7].

För att ett objekt ska kunna flyga behöver lyftkraften vara större än gravitationskraften, vilken beräknas av objektets massa multiplicerat med jordens gravitation, $9,82 \text{ m/s}^2$ [8]. För en drönare innebär detta att dess totala vikt måste hållas låg, annars finns risken att motorernas kraft inte är tillräcklig för att lyfta drönaren. Av den anledningen är en 3D-skriven ram till drönaren ett bra alternativ, eftersom 3D-skrivaren använder sig av plast, vilket är ett väldigt lätt material. Att 3D-skriva ut ramen innebär också att den kan designas exakt efter måtten på de olika delarna och på så sätt få en så kompakt design som möjligt [9].

Sammanfogning

En vanlig metod för att sammanfoga delar inom elektronik är att löda. Att löda innebär att löttråd värms upp tills den smälter. Löttråden består av en legering av tenn, silver och koppar, vilken har en låg smälttemperatur. Den smälta löttråden appliceras både på kabeln och på den kontaktpunkt där anslutningen ska ske. När dessa delar sammanfogas och lödtennet svalnar och stelnar, skapas en stark och elektriskt ledande förbindelse. Lötning används för att säkra anslutningar utan risk för glapp eller att anslutningen går isär [10].

En kopplingsbräda eller kopplingsdäck (eng. breadboard) är en plattform som används för att bygga och testa elektroniska kretsar utan att behöva löda. Den består av ett rutnät av hål där komponenter som motstånd, dioder och kablar kan anslutas. Metallklämmor under hålen förbinder specifika rader eller kolumner, vilket gör det enkelt att skapa elektriska anslutningar [11].

Syfte/Problemformulering

Syftet med detta projekt är att utforska och utveckla en metod för att styra en drönare på ett mer interaktivt och intuitivt sätt. Detta med hjälp av en mobiltelefon där mobilens lutningssensorer används. Målet är att ta bort behovet av en fysisk fjärrkontroll och istället låta drönaren följa handens rörelser. Detta skulle innebära att drönaren rör sig framåt när mobilen lutar framåt, åt sidan när mobilen lutar åt sidan och så vidare. För att göra detta möjligt krävs en undersökning av hur mobilens sensorer kan kommunicera med drönaren via Bluetooth Low Energy (BLE) samt hur drönaren kan stabiliseras i luften.

För att genomföra projektet krävs det svar på ett par frågor: Hur kan mobilens lutningssensorer kopplas till drönarens flygdator? Hur kan en Android applikation utvecklas för att ge en intuitiv och precis kontroll? Hur påverkas drönarens stabilitet och prestanda av dess design, komponenter och vikt? Vi antar att det är möjligt att skapa en stabil styrning via BLE och att mobilens rörelsedata kan användas för att styra drönaren på ett responsivt och smidigt sätt. Om projektet lyckas kommer drönaren att flyga stabilt och följa mobilens rörelser vilket erbjuder en ny lösning för mobilstyrd flygning.

Metod och Material

Material för att bygga drönaren:

- 4s ESC – Electronic Speed Controller
- Arduino UNO R3
- 2st FEICHAO 1806 2400KV borstlös motor CW
- 2st FEICHAO 1806 2400KV borstlös motor CCW
- DSD TECH HM-10 Bluetooth Low Energy module
- Lipo Batteri 2s (7.4V)
- PDB – Power Distribution Board med 5V BEC
- AZDelivery MPU-6050
- 2st Propellrar CW
- 2st Propellrar CCW
- PLA Filament 80g
- Lödtenn
- Distanser
- Kablar för pins

Materiel

- Mobil Android v9 eller högre
- Dator
- Sladd mellan mobil och dator ex: USB type C till USB type A
- Sladd mellan Arduino och dator, USB type A till USB type B
- Lödstation
- Insexnyckelsats
- Skruvmejslar

Mjukvara för att bygga drönaren

- Android Studio
- Arduino IDE
- DSD TECH Bluetooth – Android applikation

Fjärrkontroll

Android Studio är ett väl lämpat verktyg för att skapa en mobilapplikation som kan använda sig av mobilens inbyggda sensorer. De mest intressanta är accelerometer och gyroskop. De möjliggör en exakt och användarvänlig styrning. En av de främsta anledningarna till att använda Android är den kontroll man kan ha över hur allt fungerar jämfört med en fysisk kontroll där man måste felsöka fysiska problem. Detta är avgörande för att säkerställa smidig och tillförlitlig kommunikation mellan enheten och drönaren i realtid [12].

Joystick

En fjärrkontroll för drönare har utvecklats med två joysticks som styrkomponenter. Den ena joysticken är programmerad för att justera drönarens hastighet och påverka dess höjd. Den andra joysticken används för att kontrollera rotationen, vilket gör det möjligt att hantera riktning. För att göra styrningen ännu mer intuitiv planeras ett gyroläge som använder mobilens inbyggda sensorer (accelerometer och geomagnetisk fältsensor) för att läsa av dess lutning. Exempelvis kan en framåtlutning på mobilen öka drönarens rörelse framåt, medan en bakåtlutning kan sakta ner eller få den att backa. Ett parallellt test utförs för att implementera styrning via en smartklocka. Smartklockans rörelsesensorer används för att samla in data om lutningen, vilket gör att användaren kan styra drönaren med enkla handledsrörelser [12].

Android Studio

Version: 2024.1

Android Studio är ett program som Google har gjort för att skapa applikationer till Android. Programmet har massor av funktioner som gör det lättare att bygga och designa applikationer, till exempel designa applikationen, hitta och fixa fel och se hur applikationen ser ut. De gör att det går snabbare att jobba. Eftersom Android Studio är gjort för Android så funkar det bra med andra Google-verktyg som emulatorer och API:er [13].

Android studio stödjer användningen av olika programmeringsspråk som Java och Kotlin. Då kan man välja det språk som passar bäst för ens projekt. Programmet får också nya uppdateringar ganska ofta, så man får de senaste funktionerna [13].

Men det finns också några nackdelar med Android Studio. Det fungerar inte så bra på gamla datorer, så om man har en gammal dator kan det vara svårt att använda. Vissa har haft problem med buggar och att det inte funkar bra efter uppdateringar, vilket kan göra det jobbigt att jobba vidare.

Motorer

Här nedan motiveras motorernas position på drönaren och hur många motorer som är optimalt för drönaren och även vilka motorer som behövs för att kunna lyfta drönaren. Det är även här propellrarna bestäms.

Antal

Drönaren har konstruerats för fyra motorer och propellrar, en balanserad lösning för både stabilitet och kostnad. En drönare med tre motorer skulle vara mer instabil eftersom den behöver ett extra servo för gir- och rotationskontroll. Ett servo är en elektromekanisk enhet som utför exakta rörelser eller positioner med hjälp av en motor, men som vanligtvis styrs av en signal från en styrenhet. Vilket gör implementeringen av hårdvara och även mjukvara mycket mer komplex och dyr [7].

Mer än fyra propellrar gör drönaren mer stabil och gör att varje motor behöver lyfta mindre. Däremot krävs det mer hårdvara och mjukvara för att kunna styra drönaren. Drönare med fyra motorer är även mer väldokumenterat än drönare med fler eller färre antal motorer.

Fyra motorer förenklar därför flygkontrollen och resulterar i en enklare drönarkonstruktion. Även om detta är en bra avvägning mellan kostnad och stabilitet, kan man lägga till fler motorer för att förbättra stabiliteten, men då ökar kostnaderna. Fyra motorer representerar den mest dokumenterade konfigurationen, vilket innebär att utveckling och felsökning kan dra nytta av en mängd resurser.

Kraft och Batteri

Motorerna behöver tillsammans kunna lyfta hela drönarens vikt med marginal för att kunna stiga.

Litumpolymerbatterier (Lipo-batterier) är de vanligaste batterierna i drönare eftersom drönare kräver en stor urladdningsström, och Lipo-batterierna är väl anpassade till detta. Lipo-batterier består av en eller flera celler, där en cell har spänningen 3,7 Volt. För att få högre spänning i ett batteri seriekopplas flera celler. Det betecknas med ett antal S. Ett batteri med två seriekopplade celler betecknas alltså 2S och har en spänning på 7,4V. Valet av batteri beror främst på motorernas specifikationer. Motorerna i det här fallet är anpassade för 2S (7,4) och 3S (11,1) Lipo-batterier, där 3S skulle vara det ideala valet för bäst prestanda. Lipo-batterier är emellertid relativt kostsamma, och då vi redan hade tillgång till ett kompatibelt 2S-batteri, föll valet på detta alternativ [14].

Drönaren uppskattades till att väga 700g enligt produktbeskrivningarna med 100g marginal. Eftersom batteriet bara har 7,4 v krävs det att motorerna kan snurra snabbare per volt. Alltså snabbare rpm (Rotations Per Minute) per v (Volt) som beskrivs i Kv. Motorerna FEICHAO 1806 2400Kv borstlös motor CW/CCW har en hög Kv, samt kommer med båda CW och CCW (medurs och moturs), alltså att två motorer snurrar åt andra hållet. Det för att drönaren ska kunna rotera. Motorerna får 7,4. v var.

$$2400 \cdot 7,4 = 17760rpm$$

$$Kv/v = rpm$$

Motorerna kan snurra 17 760 varv per minut.

Motorerna behöver lyfta 700g då det är komponenternas totala vikt.

$$mg = F$$

$$0,7 \cdot 0,82 = 6,87N$$

Därför behöver de generera en lyftkraft på 6,87 Newton. Med en felfaktor på 2 blir det:

$$6,87 \cdot 2 = 13,74N$$

Varje motor behöver därför generera 3.435 Newton

$$\frac{13,74}{4} = 3,435N.$$

Propellrar

Propellrar med två blad är mest effektiva och passar därför bäst. Batteriet är lite i underkant så det kan vara värt att prioritera lägre strömförbrukning i det här fallet. Desto fler blad desto bättre dragkraft och stabilitet. Men den drar mer el för samma lyftkraft. FEICHAO Motorerna använder 70 watt. Detta innebär att de genererar en hästkraft på $70/745.7 = 0,09\text{HP}$. Utöver antal blad varierar även propellrar i diameter och stigning. Desto större diameter propellern har desto mer luft kan den trycka ner men desto mer kraft drar den. Vanliga diametrar på propellrar till drönare i denna storlek är fem till sex tum. Stigningen är vinkeln som bladen sitter i den påverkar farten igenom luften. En lägre stigning gör drönaren mer effektiv vid lägre hastigheter. Eftersom drönaren ska flygas inomhus behöver den inte vara snabb och en lägre stigning blir därför bättre. Vanliga stigningar på fem till sex tums propellrar är tre till fyra tum. Därför blir tre tum bra [15].

Om propellrarna kommer att kunna generera 3,4 N kraft nedåt återstår att se. Det är inte alls enkelt att räkna på om det kommer att fungera och tar därför mindre tid att testa sig fram. Tidigare exempel och data från andra drönare ger dock en ram i vilken man kan hålla sig för att öka chansen att drönaren lyfter.

Position

Motorernas positionering i förhållande till varandra är inte jättenoga då det mest beror på att propellrarnas lufttillförsel inte ska påverkas av varandra vilket kan resultera i att drönaren får mindre kraft. Desto längre ifrån desto bättre till en viss gräns. För långt kan även orsaka att ramen böjer sig. Däremot ska de motorer som snurrar åt samma håll sitta mitt emot varandra på diagonalen. Det för att drönaren ska kunna ändra riktning utan att börja luta åt ena hållet. Vilka propellrar som ska ändvändas är en konst i sig. Olika propellrar fungerar olika bra och vilken som kommer att fungera bäst är en form av trial and error för att lista ut. Baserat på tester gjorda av UZH Robotics and Perception Group tenderar 5 eller 6 tum propellrar på längden fungera best i drönarens storlek och viktklass. 6 tum är lika med $15,25\text{cm}$ ($\frac{l_{tum}}{0.39370} = l_{cm}$) vilket betyder att de sticker ut $15,25/2 = 7,62\text{ cm}$ från motorn centrum. När ramen skrevs ut var det på en skrivplatta på 22 x 22 cm. För att ha marginal

mellan propellrarna och i skrivaren fungerade ett diagonalt avstånd på 26 cm. Med motorerna lika långt ifrån varandra. Avståndet blir då ungefär 18,4 cm vilket låter propellrarna snurra med marginal på 3,4 cm. Det ger även 3,6cm marginal till basplattan i skrivaren. Vilket räcker för motorns fäste på 23mm diameter som sticker ut 11.5mm då plattan är 22x22 cm [15].

Elektronik

Det behövs en del elektronik för att kunna styra drönaren. Motorerna måste anpassa sin hastighet för att stabilisera drönaren men även åka åt den önskade riktningen. Detta innebär att drönaren måste kunna ta emot data från mobilen om hur den ska styras men även data om drönarens rotation för att kunna stabilisera den. Den här datorn måste då räkna ut hur snabbt alla motorer ska snurra för att drönaren ska gå att kontrollera. Men då även kunna skicka den informationen till motorerna

Elektroniska hastighetskontroller

För att enkelt kunna kontrollera farten på motorerna kan man använda ESC:s (Electronic Speed Controllers) för borstlösa motorer. Det finns dock många olika ESC:er att välja mellan. De klarar olika mycket ström och eftersom vi använder ett 2s Lipo batteri med 1500 mA (då det var det enda som vi redan hade på plats) behöver ESC:erna vara på minst 1.5 A plus marginal. Censous SimonK 30A ESC Brushless Speed Controller klarar av 30A och borde därför fungera med god marginal.

ESC:erna kontrollerar motorernas hastighet med hjälp av en pulsbreddsmodulering. Standarden för data transition till ESC:er är pulsbreddsmodulering eller PWM. Hastigheten på motorerna bestäms då av avståndet mellan pulserna av spänning som skickas. Datorn behöver därför ha stöd för PWM signaler. De behöver även vara jordade [16].

Gyroskop och Accelerometer

För att kunna mäta drönarens lutning vid alla givna tillfällen kan man använda sig utav ett gyroskop på drönaren [4]. Men som visas på mätningen i bild 1 nedan mätt av Carbon Aeronautics i Youtube videon "15 | Combine a gyroscope and accelerometer to measure angles – precisely" 0:55 [1], så samlas fel över tid och mätningen blir oanvändbar.

Alternativet blir att med hjälp av trigonometri beräkna vinkeln utifrån mätningarna av en accelerometer. Accelerometern mäter hur många g-krafter den utsätts för i tre riktningar. Där

g är jordens gravitationskraft. Men som vi kan se i samma graf gjord utav Carbon Aeronautics är accelerometern inte så precis och väldigt känslig för vibrationer, vilket kommer att skapas av motorerna på drönaren. Men i videon säger han hur dessa problem går att eliminera med hjälp av ett Kalmanfilter som kan implementeras i kod. Kalmanfiltret kommer då att ta information från både ett gyroskop och en accelerometer och omvandla det till en stabil vinkel. Därför behövs både en accelerometer och ett gyroskop. Vilket finns på en AZDelivery MPU-6050 3-axlig gyroskop och accelerationssensor. Den kommunicerar med I²C som använder tvåvägskommunikation på två ledare: SDA (Serial Data Line, datasignal) och SCL (Serial Clock Line, klocksignal). Den kör på 5v ström [17].

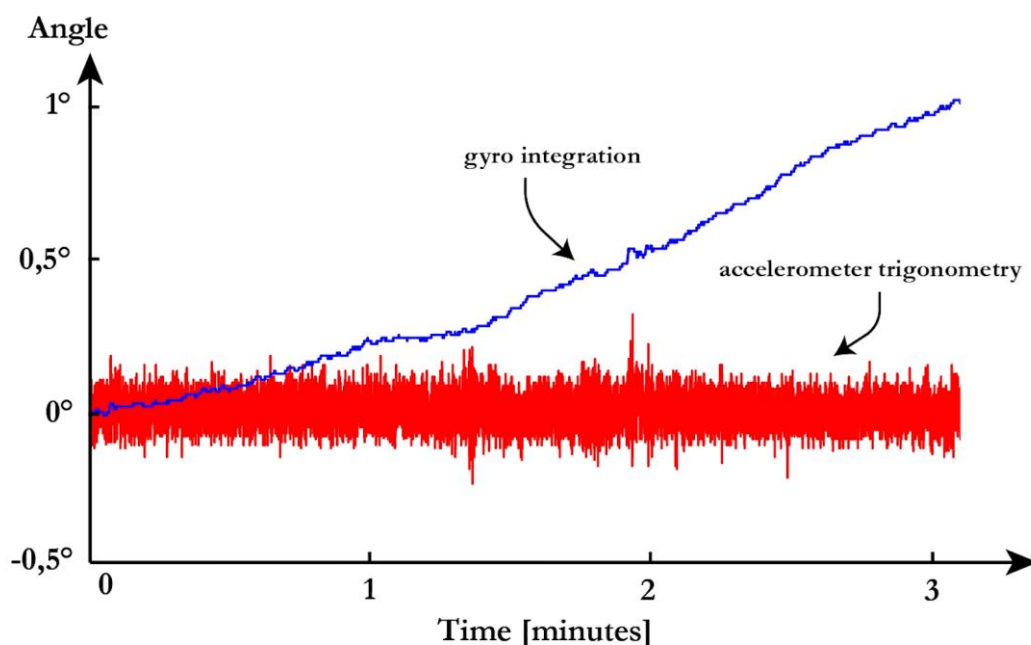


Bild 1. Diagrammet visar vinkelavvikelse över tid, där den blå kurvan visar gyroskopintegration och den röda kurvan visar accelerometerbaserad beräkning med trigonometriska metoder. Gyroskopet driver iväg över tid, medan accelerometern ger mer stabila men brusiga värden.

Hårdvara för trådlös mobilstyrning

För att kunna kontrollera drönaren via mobilen på ett trådlöst sätt finns det WiFi och Bluetooth. Bluetooth har inte lika stor räckvidd som WiFi men är billigare och enklare att använda [2]. Eftersom drönaren ska flyga inomhus behövs ingen lång räckvidd och därför är Bluetooth bättre då det även finns Bluetooth Low Energy (BLE) [3]. BLE drar mycket mindre el än en vanlig Bluetooth modul eller WiFi vilket förlänger flygtiden och kraften på drönaren. Bluetooth modulen måste kunna koppla till mobilapplikationen. DSD TECH HM-10

Bluetooth Modul uppfyller dessa krav då HM-10 är en Bluetooth 4.0 modul som inkluderar BLE. Den kommunicerar på 2.4 GHz ISM band, vilket är standard för Bluetooth, så samma som mobilen. Vilket gör den kompatibel med mobiler. På DSD Tech:s hemsida i produktbeskrivningen står det även att den är kompatibel med Android 4.3 och högre [18]. Enligt DSD Tech:s support dokument ska modulen vara kopplad via UART vilket betyder att den har en transmitt port (TX) och en receive port (RX) som ska vara kopplade till respektive receive och transmitt portar på datorn, samt att de delar jord. Modulen kör på 5v [19].

Mikrokontroller

Mikrokontrollen som kommer att utföra alla beräkningar för att se till att drönaren är stabil har en mängd krav. Den behöver ha fyra portar med stöd för PWM (se bild 2). Detta för att kunna kontrollera de fyra ESC:erna. Samt en SDA och en SCL input för att ta emot information från gyroskopet och accelerometern. För att kunna ta emot och skicka via Bluetooth behövs en RX och TX port. Två väldigt vanliga och väl dokumenterade Mikrokontroller är Arduino och Raspberry Pi. Arduino Uno R3 uppfyller alla krav vilket kan ses i Arduinos officiella document [20]. Den har även ground och tre stycken 5v outputs vilket är tillräckligt för att ge ström till Bluetooth, gyroskopet och accelerometern.

Arduino Uno R3 Pinout

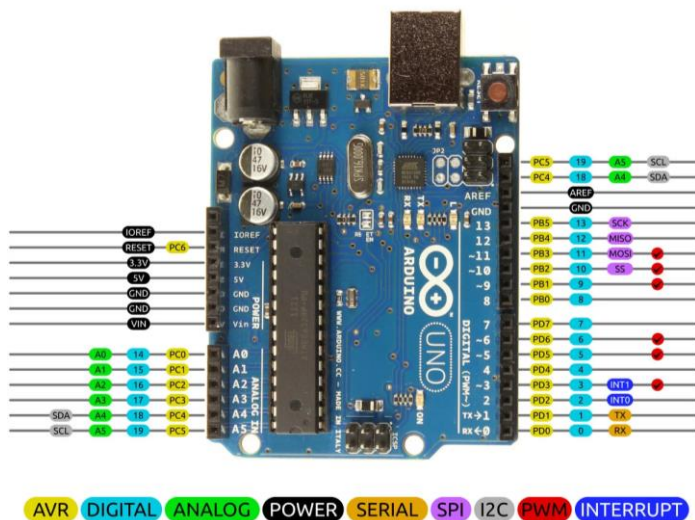


Bild 2. Bilden visar schemat över alla portar på en Arduino Uno.

Montering

Ramens ritning gjordes i CAD-programmet Onshape som är gratis i sitt grundutförande. Vilket innehåller alla nödvändiga verktyg och funktioner för det här arbetet. Onshape är

webbaserat, vilket medför fördelen att man kan arbeta med projektet från olika enheter och på olika platser utan filöverföringar. Valet av Onshape är också baserat på att det är det CAD-program som vi har erfarenhet av sedan tidigare.

Drönarens ram är 3D-skriven i PLA. Valet att 3D-skriva ut ramen beror främst på anpassbarheten. Ramen kan designas exakt utifrån de valda delarnas mått och fästpunkter så att allting sitter perfekt och så att den är anpassad för arbetets syfte [9]. Ramen måste vara tillräckligt stor för att allt ska få plats, och för att propellrarna inte ska slå i varandra, men inte för stor så att drönaren blir för tung eller får för mycket luftmotstånd [15].

3D-skrivaren skriver ut i plast, vilket gör att ramen blir lätt, samtidigt som den är relativt hållbar. PLA, som är det använda materialet här, är mycket populärt eftersom det är lätt att använda och nedbrytbart, samtidigt som det är relativt hållbart. Det finns starkare plaster som ABS, men det är inte nödvändigt i det här fallet [9].

Monteringen av de olika komponenterna på ramen har skett med flera olika metoder. Arduinon, Power Distribution Board och det kombinerade gyroskopet och accelerometern har alla färdiga hål för att kunna fästas. Med hjälp av färdigdesignade hål i ramen och distanser är de monterade på ramen (se bild 3 samt bilaga 1).



Bild 3. Bilden visar drönarens 3D-skrivna ram med färdiga hål för enkel montering.

För att skriva dit alla komponenter används distanser som är pinnar med gängor i ändarna. De skruvas fast för att säkerställa att ingenting kan falla av (se bild 4). Motorerna är monterade med medföljande skruvar för att få en stabil konstruktion. ESC:erna har inga färdiga fästpunkter och har därför fästs med buntband runt respektive arm på drönaren. ESC:erna

monteras sedan ihop med motorerna med hjälp av motorernas sladdar, som löds fast i respektive hål på ESC:n. Monterar man sladdarna i fel hål kommer motorerna inte att fungera, alternativt byta rotationsriktning. Eftersom Power Distribution Board är ett kretskort med små metallplattor som fästpunkter har ESC:erna lötts fast även här. Även kontakten för att ansluta batteriet har lötts fast. Att löda fast komponenter är ett bra sätt att minska risken för glapp eller att någonting slits isär.

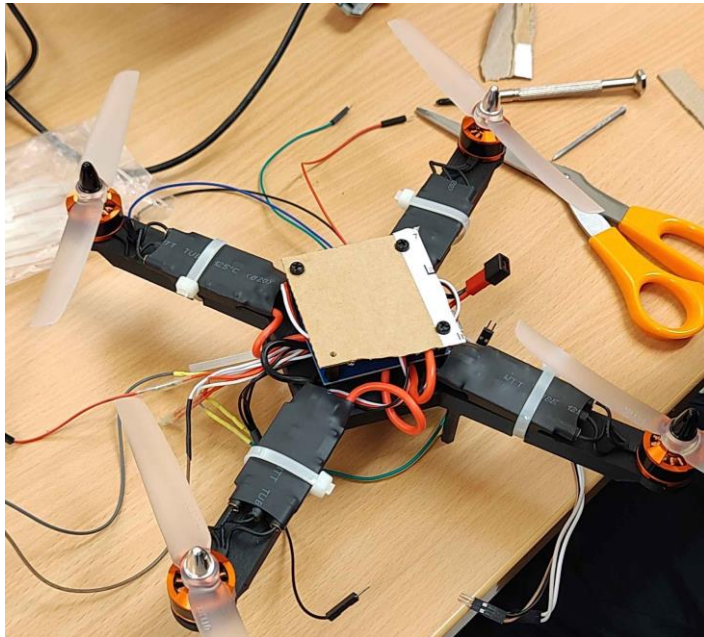


Bild 4. Bilden visar drönaren och hur de olika komponenterna är fästa.

Ta emot data från mobilen på drönaren

Här beskrivs hur Bluetooth modulen ska vara kopplad till Arduinon (datorn) på drönaren samt hur datorn ska programmeras för att kunna ta emot Bluetooth signaler.

För att kunna programmera Arduinon behöver den kopplas in till en USB typ A på datorn via sitt USB typ B uttag. Arduino IDE är en mjukvara utvecklad av Arduino för att enklare kunna programmera Arduinos. Den har inbyggda funktioner som att kompilera och skicka kod till Arduinos via sladd, med bara några knapptryck. Den kan också läsa av data skickad från Arduino via den inbyggda "serial port monitor" och är därför ett bra program för att skriva kod till Arduino [20].

Montering av Bluetooth modulen

I DSD Tech Support Documents för HM-10 finns det ett schema för hur modulen och Arduinon ska kopplas [19]. Det visas även i bild 5.

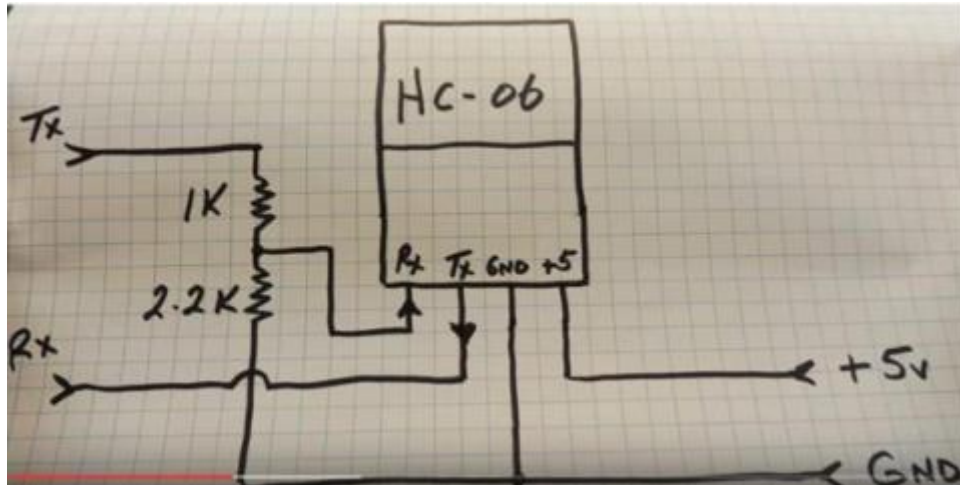


Bild 5. Bilden visar kopplingsschemat för Bluetooth-modulen. På bilden står modulen som HC-06 men finns i dokumentet för HM-10.

För att enkelt kunna sätta upp den här kretsen för test kopplas den in i en kopplingsbräda. De zigzaggiga linjerna är resistorer på 1 kΩ och 2.2 kΩ. I “About this” på DSD Techs hemsida för HM-10 modulen finns det under “**Technical Support & File**” kod för Arduino. Längst upp i den koden inkluderas ett bibliotek som heter “SoftwareSerial” (se bild 6) [18].

```
1  #include "SoftwareSerial.h"
2
3  SoftwareSerial BT(2, 3);
```

Bild 6. Bilden är tagen från koden till Arduinon och visar att biblioteket “Software Serial” är inkluderat.

Det är ett bibliotek utvecklat av Arduino själva och finns därför inkluderat i Arduino IDE och kräver ingen extra nedladdning. I Arduinos dokument för SoftwareSerial biblioteket under “Example” finns ett exempel på kod som visar hur man sätter upp ett objekt (se bild 7) [21].

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2
3  const byte rxPin = 2;
4  const byte txPin = 3;
5
6  // Set up a new SoftwareSerial object
7  SoftwareSerial mySerial (rxPin, txPin);
```

Bild 7. Bilden är tagen från Arduino SoftwareSerial library Documents och visar ett exempel på hur man kan sätta upp ett objekt med hjälp av biblioteket.

Det är samma kod som i dokumentet från DSD Tech. Därför blir pin 2 receive pin på Arduinon och pin 3 transmitt. Kretsen till Bluetooth modulen som visas i den tidigare bilden (Bild 7) ska då kopplas in i Arduinon med (TX) änden till pin 3 och (RX) änden till pin 2.5 v och GND ska kopplas till 5v och ground på Arduinon. Vilka pins som är 5 v och jord står på Arduinon [20].

Programmering

Koden som finns på DSD Tech:s hemsida för HM-10 modulen startar kommunikationen med modulen. Den skriver även ut all data som tas emot från Bluetooth modulen till datorn, vilket gör att den går att läsa via Arduino IDE:s Serial port monitor [18]. För att testa om Bluetooth modulen är korrekt kopplad till Arduinon skickas, enligt DSD Tech Support documents, ett "AT" kommando. Koden för det finns redan implementerad i DSD Tech:s kod. Därför dyker "OK" upp i Serial Port monitorn på datorn när Arduinon startar om den är korrekt kopplad. Detta sker dock efter 3 sekunder då koden innehåller en fördröjning [19].

För att testa att Bluetooth modulen tar emot data används DSD Techs egen mobilapplikation. Den kan koppla till Bluetooth BLE enheter och skicka, samt ta emot data. DSD Tech:s egna applikation rekommenderas på deras hemsida och fungerar därför säkert med denna modul [18]. För att göra Bluetooth modulen enklare att hitta skickar man, enligt HM-10 datasheet på sida 29, "AT+NAME[P1]" där [P1] ersätts med ett lämpligt namn så som "Drönaren". Modulen dyker då upp i applikationen som Drönaren. När mobilen kopplar till den och skickar text dyker den upp i serial port monitorn om allt funkar [22]. Koden från DSD Tech tändar den inbyggda lampan på Arduinon om man skickar "1" och släcks om man skickar "0". Om det funkar så är Bluetooth modulen korrekt uppsatt och är redo för att ta emot signaler [18].

Skicka signaler från mobilen

Här skrivs det om hur mobilapplikationen ska programmeras för att kunna koppla och skicka data till drönaren.

Eftersom Bluetooth BLE inte stöds naturligt av Android mobiler går det inte att koppla samman med hjälp av Bluetooth inställningarna. Därför krävs det extra kod i mobilapplikationen. För att göra det enkelt används ett bibliotek. BLESSED Kotlin är ett sådant bibliotek.

Android studio kommer med en del mallar. För att programmera Bluetooth är det bra att börja med mallen som heter "Empty activity". Den innehåller redan allt som krävs för att applikationen ska starta på mobilen. Här finns också mallar för applikationer på Wear OS klockor. Vilket är användbart när det är dags att styra drönaren från klockan. Efter att ha valt mall ska versionen vara Android 9 eller högre då lägre versioner inte stöds av BLESSED. I dokumentet README på BLESSEDs GitHub sida finns instruktioner på hur Bluetooth Low Energy ska implementeras [23].

Tillstånd

För att kunna koppla till och skicka data till en Bluetooth-enhet via en applikation behövs tillstånd av användaren. För att be om tillstånd på en Android 12 eller högre behövs det först, enligt Developer Androids hemsida för Bluetooth tillstånd, i Android studio tillstånden deklarerar i applikationens manifest document. Vilket görs igenom att lägga till "<uses-permission android:name='\"android.permission.BLUETOOTH_CONNECT\"' />" och "<uses-permission android:name='\"android.permission.BLUETOOTH_SCAN\"' />" [24].

Resultat

I detta avsnitt redovisas de resultat vi uppnått utifrån våra frågeställningar:

- Kan vi göra en drönare som kan styras med mobilen?
- Kan vi göra mobilstyrd drönarflygning mer interaktiv?

Projektet syftade till att bygga en egen drönare som kunde styras via en mobilapplikation. Under arbetets gång har vi arbetat med design och montering av de olika komponenterna, programmering av en flygdator som kan styra drönaren, utveckling av en applikation och tester av kommunikation mellan applikationen och

drönaren. Tyvärr hann inte drönaren färdigställas inom projektets tidsram. Det innebär att drönaren kunde styras med mobilen, men vi har inte gjort mobilstyrd drönarflygning mer interaktivt.

Uppnådda resultat

Konstruktion och elektronik

Samtliga material och komponenter är utvalda och monterade. Motorerna är inkopplade i ESC:erna som i sin tur är fastlödda på drönarens Power Distribution Board. Sensorer och Bluetooth-modulen är in kopplade i Arduinon och det är ström har dragits mellan Power Distribution Board och Arduinon. En koppling är fixad så att batteriet kan anslutas till Power Distribution Board. Alla komponenter på drönaren som ska få ström får ström och de kan kommunicera med varandra.

Programmering

Flygdatorn

Flygdatorn har grunden klar. Den kan kommunicera med mobilapplikationen via Bluetooth-modulen och den kan kommunicera med de andra komponenterna på drönaren. Värden från sensorerna kan läsas av och användas till viss del för stabilitet under flygning.

Applikationen

Mobilapplikationen är klar med undantag från lite gränssnittsdesign. Den ansluter till drönaren via Bluetooth. Joysticks som utifrån ett koordinatsystem ger olika värden är programmerade och dessa värden skickar applikationen hela tiden via Bluetooth till drönaren. Drönaren kan styras från mobilapplikationen.

Tester

Motorerna har testats för att ge en uppskattning om hur mycket lyftkraft som kommer att genereras under flygning. Gyroskopet har kalibrerats för att det ska ge så korrekta värden som möjligt. Därefter har både Gyroskopet och accelerometern testats för att se om de ger korrekta och användbara värden.

Återstående delar

- Att färdigställa PID-controllern och därmed även färdigställa flygdatorn.
- Testflygningar och kalibreringar av såväl kod som hårdvara.
- Gränssnittsdesignen på mobilapplikationen.

Diskussion/Slutsats

Våra frågeställningar i detta projekt var:

Kan vi göra en drönare som kan styras med mobilen?

Kan vi göra mobilstyrd drönarflygning mer interaktivt?

Den första frågeställningen fick vi svar på. Som vi kan läsa i resultatet så kan vi skicka data från mobilen till flygdatorn och vi kan med hjälp av flygdatorn och denna data kontrollera drönaren genom att gasa mer eller mindre med några motorer. Vi kan alltså styra drönaren från applikationen även om den inte kan flyga för tillfället.

Den interaktiva styrningen kunde också delvis implementeras genom mobilapplikationen och joystick-funktionen. Eftersom drönaren inte kan flyga för tillfället har vi dock inte gjort drönarflygningen mer interaktiv och vi kan inte heller säga om den skulle vara mer interaktiv eller inte. Resultatet var inte väntat från början, då vi trodde att vi skulle hinna klart utan några större problem. Under arbetets gång har dock misstankar om att vi inte skulle hinna klart dykt upp då vi allt eftersom har insett hur stort projektet egentligen är.

Orsakerna till att projektet inte blev färdigt är flera. På grund av diverse problem och förseningar så drog arbetet ut på tiden. Beslut om vilka komponenter som skulle användas samt leverans av dem tog längre tid än väntat.

I början delade vi upp arbetet bra så att man ansvarade för olika delar för att det skulle bli så effektivt som möjligt. Vi borde dock ha gjort mer bakgrunds forskning innan vi påbörjade projektet för att bättre kunna planera och prioritera de saker som tar längst tid/är svårast. Hade vi haft bättre koll på allt som krävts för att lyckas hade vi också haft möjligheten att organisera och dela upp arbetet bättre mellan oss, vilket hade lett till ett effektivare arbete och eventuellt möjligheten att bli klara med projektet inom tidsramen.

En sak som det borde ha gjorts mer efterforskningar på är flygdatorn. När vi började med den visste vi inte hur olika det var och att den måste anpassas utifrån varje drönare. Här hade vi haft möjligheten att spara väldigt mycket tid om vi hade läst på mer från början och kunnat fördela arbetskraften bättre.

Arbetet har även medfört en del överraskningar, såväl positiva som negativa. Även om det tog lite längre tid än planerat så blev valet av komponenter bra. Alla komponenter är kompatibla med varandra och de har som komponenter fungerat felfritt. När vi beställde komponenterna gjorde vi också en uppskattning av deras vikt för att försäkras om att de motorer vi valt skulle generera tillräckligt med kraft för att lyfta drönaren. Där blev vi positivt överraskade när det visade sig att drönaren endast vägde hälften så mycket som vi hade uppskattat, vilket gav oss mer spelrum med kraften.

Sedan vi upprättade kommunikation mellan drönaren och mobilapplikationen har den också fungerat väldigt bra och vi har kunnat skicka och ta emot data utan problem.

När vi beställde komponenter valde vi en modul med Bluetooth Low Energy. Vi antog att det var samma sak som vanlig Bluetooth och försökte därför använda den som det. Vid närmare efterforskningar visade det sig att det inte är samma sak och att man måste gå tillväga på ett annat sätt. Det är ytterligare ett moment där vi kunde sparat mycket tid och undvikit en tråkig överraskning om vi hade läst på ordentligt från början.

Drönare har stora användningsområden och det finns många sätt att bygga vidare på projekt innehållande dessa. En intressant undersökning vore att implementera styrningen på andra enheter än en mobiltelefon. Till exempel att styra drönaren med en smart klocka. Går det, och vilka svårigheter uppstår i så fall?

Slutsatserna från detta arbete blir alltså att vi kan bygga en drönare som kan styras med mobilen, men att vi inte hade tid att göra mobilstyrd drönarflygning mer interaktivt. Vi drar också slutsatsen att vi borde ha läst på mer i början av projektet för att bättre kunna planera vårt arbete och använda tiden på ett bättre sätt. Hade vi gjort det hade vårt resultat kanske blivit annorlunda.

Referenser

Otryckta källor

[1] Carbon Aeronautics. 15 | Combine a gyroscope and accelerometer to measure angles – precisely [videofil]. 2022, 30 december [citerad 2024-11-18]. Hämtad från:

<https://www.youtube.com/playlistlist=PLeuMA6tJBPKsAfRfFuGrEljpBow5hPVD4>

[2] HelloTech. What is the Difference Between Bluetooth and WiFi? [Internet]. HelloTech; 2020 [uppdaterad 2020-04-16; citerad 2024-12-09]. Hämtad från:

<https://www.hellotech.com/blog/what-is-the-difference-between-bluetooth-and-wifi>

[3] Proctor B. Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What's The Difference? [Internet]. Annapolis: Link Labs; 2023 [uppdaterad 2023-05-17; citerad 2024-12-09]. Hämtad från:

<https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy>

[4] Shah K. Drone Components: From Propellers to Flight Controllers [Internet]. Drones Technology; 2024 [uppdaterad 2024-03-04; citerad 2024-11-12]. Hämtad från:

<https://dronstechnology.com/drone-components-from-propellers-to-flightcontrollers/>

[5] Admin. Build Drone Flight Controller With Raspberry Pi Pico | Unlimited Range [Internet]. Diy projects lab; Ej angivet [citerad 2024-11-12]. Hämtad från:

<https://diyprojectslab.com/drone-flight-controller-with-raspberry-pi-pico/>

[6] AVR Documentation. Motors and Arms [Internet]. AVR Documentation; 2022 [uppdaterad 2022-09-01; citerad 2024-11-12]. Hämtad från: <https://the-avr.github.io/AVR-2022/basic-drone-assembly/arms-and-motors/>

[7] Zou, J.-T., Su, K.-L. och Tso, H. (2012). 'The modeling and implementation of tri-rotor flying robot'. I Proceedings of the Seventeenth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 17th '12), Beppu, Japan, 19-21 januari. Tillgänglig: <https://alife-robotics.co.jp/members2012/icarob/data/papers/OS20/OS20-3.pdf> [citerad 2024-11-12].

[8] Fysikguiden. Newtons gravitationslag [Internet]. Fysikguiden; Ej angivet [citerad 2024-11-13]. Hämtad från: <https://fysikguiden.se/krafter/newtons-gravitationslag>

[9] Shah K. 3D Printing and Drones: Customizing and Modifying Drone Components [Internet]. Drones Technology; 2024 [uppdaterad 2024-03-17; citerad 2024-11-13]. Hämtad från: <https://dronstechnology.com/3d-printing-and-drones-customizing-and-modifying-drone-components/>

[10] Kjell & Company. Kom igång med lödning [Internet]. Kjell & Company; 2018 [uppdaterad 2018-04-26; citerad 2024-12-12]. Hämtad från: <https://www.kjell.com/se/kunskap/hur-funkar-det/elelektronik/lodning/kom-igang-med-lodning>

[11] Bone T. A Beginner's Guide to Breadboarding: Building Circuits with Ease [Internet]. Tboneelectronics; 2024 [uppdaterad 2024-08-26; citerad 2024-12-12]. Hämtad från: <https://www.tboneelectronics.com/burnt-circuits/a-beginners-guide-to-breadboarding-building-circuits-with-ease>

[12] Android Studio. Position sensors [Internet]. Android Studio; 2024 [uppdaterad 2024-12-07; citerad 2024-12-10]. Hämtad från: https://developer.android.com/develop/sensors-and-location/sensors/sensors_position

[13] Android Studio. Meet Android Studio [Internet]. Android Studio; 2024 [uppdaterad 2024-12-07; citerad 2024-12-10]. Hämtad från: <https://developer.android.com/studio/intro>

[14] Hansen L. Den stora guiden till LiPo-batterier [Internet]. Köpenhamn: Dronestore.se; 2021 [uppdaterad 2021-06-15; citerad 2024-12-09]. Hämtad från: https://dronestore.se/newsroom/den-stora-guiden-till-lipo-batterier?srsId=AfmBOor58TfUIKMeYSejSXZU8AOBKIMYJ_BR2id_fcMQ2KIXD9W14LH1

[15] UZH Robotics and Perception Group. Robotics meets Fluid Dynamics: A Characterization of the Airflow below a Drone as a Turbulent Jet [videofil]. 2024, 12 december [citerad 2024-12-16]. Hämtad från: https://www.youtube.com/watch?v=-erfmxWTzPs&ab_channel=UZHRoboticsandPerceptionGroup

[16] JOUAV. Electronic Speed Controller (ESC): Everything You Need to Know [Internet]. JOUAV; 2024 [uppdaterad 2024-07-23; citerad 2024-12-02]. Hämtad från: <https://www.jouav.com/blog/electronic-speed-controller-esc.html>

[17] AZ-Delivery. GY-521 MPU-6050 3-axis gyroscope and acceleration sensor [Internet]. AZ-Delivery; Ej angivet [citerad 2024-12-02]. Hämtad från: <https://www.az-delivery.de/en/products/gy-521-6-achsen-gyroskop-und-beschleunigungssensor>

[18] DSD Tech. HM-10 Bluetooth Module [Internet]. DSD Tech; Ej angivet [citerad 2024-12-09]. Hämtad från: <https://www.deshide.com/product-details.html?pid=344835&t=1665209850>

[19] DSD Tech. HM-1x Support [Internet]. DSD Tech; 2024 [uppdaterad 2024-11-29; citerad 2024-12-09]. Hämtad från: <https://docs.qq.com/doc/DUEVrZVhwbWZQdXNm>

[20] Arduino. Arduino Uno Rev3 datasheet [Internet] Arduino; 2021. [uppdaterad 25/04/2024; citerad 2024-12-18] Hämtad från: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>

[21] Arduino. SoftwareSerial Library [Internet]. Arduino; 2022 [uppdaterad 2022-06-15; citerad 2024-12-18]. Hämtad från: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial/>

[22] DSD Tech. HM-10/HM-11 DataSheet [Internet]. DSD Tech; 2017 [uppdaterad 2017-01; citerad 2024-12-18]. Hämtad från: <https://wds-service1258344699.file.myqcloud.com/20/12636/pdf/1694067402916eed7c34c55e813358278626d7271051f.pdf>

[23] BLESSED kotlin [Internet]. GitHub; 2025 [uppdaterad 2025-01-18; citerad 2025-02-28] Hämtad från: <https://github.com/weliem/blessed-kotlin>

[24] Andriod Studio. Bluetooth permissions [Internet]. Android Studio; 2024 [uppdaterad 2024-12-07; citerad 2024-12-18]. Hämtad från: <https://developer.android.com/develop/connectivity/bluetooth/bt-permissions#declare>

Bilagor

Bilaga 1.

