BILAGA A

Syntax-grammatik

Datatyper, operatorer, scope, funktioner — det lilla språket under Arduinons huva.

Vad "kod" egentligen är

En Arduino-sketch är ett program skrivet i **C++**. Det är ett fullfjädrat programmeringsspråk med egna regler för hur orden får kombineras — precis som svenska har grammatik och stavningsregler. Felar du mot dem vägrar kompilatorn att översätta din text till något Arduinon kan köra.

Kursens slides presenterar syntax genom exempel, men ingen formell översikt. Den här bilagan är den formella översikten. Den är inte uttömmande — den täcker **det ni använder på kursen**, inte hela C++.

Variabler och datatyper

DEKLARATION

En variabel är ett namngivet utrymme där du kan lagra ett värde. För att skapa en skriver du dess **datatyp**, dess **namn**, och (valfritt) ett **initialvärde**:

```
int count = 0;
bool larmPaslaget = false;
const int knappPin = 9;
```

- `int` är datatypen — heltal.
- `count` är namnet du hittat på.
- `= 0` är initialvärdet — ditt val.
- `;` avslutar raden. Glömmer du semikolonet klagar kompilatorn.

PRIMITIVA DATATYPER SOM KURSEN ANVÄNDER

`int`	Heltal. −32768 till 32767 på Uno (16-bit). Använd när du räknar något: räknare, mätvärden, pin-nummer.
`long`	Stort heltal. Upp till ±2 miljarder. Använd `unsigned long` för `millis()` -tid eftersom den växer snabbt.
`byte`	Heltal 0–255. Perfekt för PWM-värden, bytes från sensorer, bitfält.
`bool`	Antingen `true` eller `false` . Använd för till/från-tillstånd.
`float`	Decimaltal. 3,14, −0,001 osv. Långsammare än `int` , undvik om du inte måste.
`char`	Ett enstaka tecken, typ `'a'` . Används sällan i denna kurs.

`CONST` — "DET HÄR VÄRDET ÄNDRAS ALDRIG"

Prefixet `const` låser värdet efter det tilldelats. Försöker du skriva över det senare, vägrar kompilatorn.

```
const int ledPin = 13;     // bestämt nu, för evigt
int pressCount = 0;        // kan ändras
```

Använd `const int` för pin-nummer och andra fasta värden. Det gör koden läsbar och hindrar dig från att råka ändra värdet av misstag.

`CONST INT` VS `#DEFINE` — SAMMA RESULTAT, OLIKA VÄGAR

I Arduino-exempel ser ni båda skrivsätten:

```
const int ledPin = 13;     // modern C++
#define LED_BUILTIN 13     // äldre C-makro
```

De fungerar ungefär likadant — båda ger namnet `ledPin` eller `LED_BUILTIN` värdet 13 — men under huven är de olika saker.

`const int` deklarerar en **riktig variabel** som lagras i minnet och som har en datatyp (`int`). Kompilatorn vet att det är ett heltal och kan stoppa dig från att använda det fel, till exempel skriva `ledPin = "text"` .

`#define` är ett **textmakro**: preprocessorn går igenom filen innan kompilatorn ser den, och ersätter varje förekomst av `LED_BUILTIN` med `13` . Ingen datatyp, ingen typkontroll. Det är ett äldre C-arv från 70-talet.

> **VARFÖR BÅDA?**
> Arduino-biblioteket (`Arduino.h`) använder `#define` av historiska skäl — makron fanns i C långt innan `const` blev standardiserad och typstark. För **er egen kod** på kursen använder vi `const int` , eftersom det är tydligare, typstarkt, och uppmärksammar dig

> direkt om du råkar göra något galet. Att Arduino-biblioteket självt använder `#define` är helt OK — det är etablerat och välbeprövat.

Operatorer

ARITMETISKA

```
a + b      // addition
a - b      // subtraktion
a * b      // multiplikation
a / b      // division (heltal!)
a % b      // modulo — resten efter division
a++        // öka a med 1
a--        // minska a med 1
a += 5     // kortare form av: a = a + 5
```

> **HELTALSDIVISION TRICKAR MÅNGA**
> `int a = 5 / 2;` ger `a = 2`, inte `2.5`. Heltal avrundas nedåt. För decimalsvar måste du använda `float`: `float a = 5.0 / 2.0;` ger `2.5`.

JÄMFÖRELSE

```
a == b     // lika
a != b     // olika
a < b      // mindre än
a > b      // större än
a <= b     // mindre eller lika
a >= b     // större eller lika
```

Det vanligaste nybörjarfelet: att skriva `=` (tilldelning) istället för `==` (jämförelse).

```
if (x = 5) { ... }   // FEL: tilldelar 5 till x, alltid sant
if (x == 5) { ... }  // RÄTT: jämför x med 5
```

Kompilatorn varnar ibland, men inte alltid. Läs raden högt: ”om x är lika med 5” = `==`. ”Sätt x till 5” = `=`.

LOGISKA

```
a && b     // OCH — båda måste vara sanna
a || b     // ELLER — minst en måste vara sann
!a         // INTE — vänder på sanningsvärdet
```

Används i `if`-villkor och tillstånd:

```
if (larmPaslaget && lutad) {
  // både larm på OCH tilt lutad
}

if (!larmPaslaget || ljus > 500) {
  // larm AV, ELLER det är ljust
}
```

`!` framför en variabel är **logisk inversion** — det ”motsatta”. `!true` = `false`, `!false` = `true`. Används ofta för att toggla: `larmPaslaget = !larmPaslaget;`.

Villkorssatser

`IF` / `ELSE`

```
if (villkor) {
  // kör om villkor är sant
} else {
  // annars
}
```

Flera alternativ kedjas med `else if`:

```
if (ljus < 200) {
  // kolsvart
} else if (ljus < 500) {
  // halvmörkt
} else {
  // ljust
}
```

Körs i ordning — första matchande gren vinner, resten hoppas över.

KORT IF-SYNTAX (TERNÄR)

```
int värde = (villkor) ? omSant : omFalskt;

// exempel:
digitalWrite(LED_BUILTIN, larmPaslaget ? HIGH : LOW);
```

Läses: ”om larmPaslaget, sätt HIGH, annars sätt LOW”. En rad istället för fyra.

Loopar

`FOR` — UPPREPA ETT BESTÄMT ANTAL GÅNGER

```
for (int i = 0; i < 10; i++) {
  // kör tio gånger, med i = 0, 1, 2, ..., 9
}
```

Tre delar, åtskilda med semikolon:

1. **Initiering**: `int i = 0` — körs en gång innan loopen.
2. **Villkor**: `i < 10` — testas före varje varv. När det blir falskt, avslutas loopen.
3. **Uppdatering**: `i++` — körs efter varje varv.

Användbart för till exempel att tona en LED från släckt till tänd:

```
for (int v = 0; v <= 255; v++) {
  analogWrite(ledR, v);
  delay(10);
}
```

`WHILE` — UPPREPA TILLS NÅGOT ÄNDRAS

```
while (villkor) {
  // körs så länge villkor är sant
}
```

Kursens `void loop()` är i själva verket ett inbyggt `while`-loop som aldrig avslutas. Du skriver det inte själv, Arduino-ramverket gör det åt dig.

Funktioner

En **funktion** är ett namngivet stycke kod du kan anropa. `setup` och `loop` är funktioner. Så är `digitalWrite` och `delay`. Du kan skriva egna också:

```
void blink(int tid) {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delay(tid);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  delay(tid);
}
```

Delar:

- `void` är **returtypen** — vad funktionen ger tillbaka. `void` betyder ”inget”.
- `blink` är namnet.
- `(int tid)` är **parameterlistan** — värden som funktionen tar emot. Här ett heltal som heter `tid`.

– `{ ... }` är funktionens kropp — koden som körs.

Anropa den senare med `blink(200);` eller `blink(1000);`.

En funktion som **ger tillbaka** ett värde har annan returtyp:

```
int dubbelt(int x) {
  return x * 2;
}

// Användning:
int y = dubbelt(7);   // y blir 14
```

Scope — var en variabel syns

Variabler deklarerade **inne i** en funktion är **lokala** — de syns bara där.

```
void setup() {
  int temp = 5;
  // temp finns bara här inne
}

void loop() {
  // temp finns INTE här — kompilerings-fel om du försöker använda det
}
```

Variabler deklarerade **utanför** alla funktioner — längst upp i filen — är **globala** och syns överallt.

```
int tryckCount = 0;     // global — syns i både setup och loop

void setup() {
  tryckCount = 5;    // OK
}

void loop() {
  tryckCount++;      // OK
}
```

Regeln för kursen: deklarera `const int` för pin-nummer och andra konstanter globalt, överst i filen. Deklarera tillståndsvariabler (`larmPaslaget`, `lastState`) globalt så att de överlever mellan `loop`-varv. Tillfälliga hjälpvärden (räknare, nuvarande mätvärde) deklareras lokalt där de behövs.

> **VARFÖR 'LOKAL'?**
> Lokala variabler försvinner när funktionen återvänder — minnet frigörs för nya variabler. Globala lever hela programmets livstid. Det är därför

> `int state = digitalRead(knappPin);` kan stå inne i loop — den skapas på nytt varje varv, används, och kastas bort. `lastState` däremot måste vara global så att den överlever mellan varven.

Kommentarer

```
// En en-rads-kommentar. Allt efter // på raden ignoreras.

/*
  En flera-rads-kommentar.
  Allt mellan tecknen ignoreras.
*/
```

Använd dem för att förklara **varför** något görs, inte **vad** koden gör — det ser man ändå. Bra kommentar: `// edge-detection — annars flippar larmet 10000 ggr/sek`. Dålig: `// sätt pin 13 till HIGH`.

Arduino-specifika konstanter

Några värden Arduino-biblioteket definierar åt dig och som ni redan sett:

`HIGH`, `LOW`	De två logiska nivåerna. Används med `digitalWrite` och `digitalRead`.
`INPUT`, `OUTPUT`, `INPUT_PULLUP`	Används med `pinMode`.
`LED_BUILTIN`	Vanligtvis pin 13 — där den inbyggda LED:en sitter.
`A0` – `A5`	Analoga pinnar, används med `analogRead`.
`true`, `false`	Booleska värden.

Dessa är `#define`-s i `Arduino.h` — samma historiska arv som diskuterades tidigare. Du kan inte ändra dem, bara använda dem.

Användbara Arduino-funktioner

Utöver de ni redan använt rakt av finns några hjälpfunktioner i Arduino-biblioteket som sparar mental ansträngning:

`MAP()` — SKALA OM ETT VÄRDE

```
map(värde, frånMin, frånMax, tillMin, tillMax)
```

Skalar om ett tal linjärt från ett intervall till ett annat. Exempel — gör om fotocellens 0–1023 till PWM:s 0–255:

```
int pwmVarde = map(ljus, 0, 1023, 0, 255);
```

Eller **inverterat** — mörkt ger starkt ljus:

```
int pwmVarde = map(ljus, 0, 1023, 255, 0);
```

Mycket användbar i hackathonen när sensor-värden ska styra PWM-utgångar.

`CONSTRAIN()` — KLIPP TILL ETT INTERVALL

```
int sakert = constrain(värde, minsta, största);
```

Om `värde` är under `minsta` → returnera `minsta`. Om över `största` → returnera `största`. Annars oförändrat. Användbart tillsammans med `map()` för att vara säker på att resultatet aldrig går utanför ett önskat intervall.

`MILLIS()` — TID SEDAN UPPSTART

```
unsigned long nu = millis();
```

Returnerar antal millisekunder sedan Arduinon fick ström. Till skillnad från `delay()` blockerar `millis()` inte loopen — den är grunden för ”non-blocking” kod som kan göra flera saker samtidigt. Används sällan i kursen men är nästa steg för den som vill djupare.

Vanliga kompilatorsfel

`expected ';' before...`	Glömt semikolon på föregående rad. IDE:n pekar på **nästa** rad — felet är raden innan.
`'foo' was not declared in this scope`	Stavfel, eller variabel används utanför sitt scope. Kontrollera att variabeln är global eller lokal där den används.
`expected '\}' at end of input`	Glömt stänga ett block. Räkna måsvingarna — varje `\{` måste ha en `\}`.
`left operand of ',' has no effect`	Du har skrivit `,` istället för `;` mellan två uttryck.

`invalid operands of types 'const char*' and 'int'`	Du har försökt göra matematik på en sträng. Kontrollera vad du skriver in i operatorn.

En uttömmande genomgång av felmeddelanden finns i Bilaga B.

BILAGA B

Felmeddelanden

Hur du läser Arduino-IDE:ns gnäll, och vad det faktiskt betyder.

Varför meddelandena ser kryptiska ut

Arduino-IDE:n använder en riktig C++-kompilator under huven (`avr-g++`). Den är ett verktyg för proffs som skrivit miljoner rader kod och accepterat att felmeddelanden ibland ser akademiska ut. De är långa, tekniska, och verkar peka på fel plats — men det finns logik bakom dem.

Grundregeln: felmeddelanden pekar på **den rad där kompilatorn insåg att något var fel**, inte nödvändigtvis **den rad där du gjorde misstaget**. Om du glömmer ett semikolon på rad 10 kommer kompilatorn klaga på rad 11.

Andra grundregeln: läs alltid det **första** felmeddelandet, inte det sista. Senare fel är ofta följdfel från det första.

Kompilatorsfel du kommer stöta på

`EXPECTED ';' BEFORE ...`
Det vanligaste felet. Du har glömt ett semikolon.

```
digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH)    // saknar ;
delay(1000);                       // kompilatorn klagar HÄR
```

Kompilatorn läste rad 1, förväntade sig `;` men hittade `delay` istället. Felet pekas ut på rad 2, men fixa rad 1.

`'VARIABEL' WAS NOT DECLARED IN THIS SCOPE`
En variabel används utan att ha deklarerats — ofta stavfel, eller variabeln är lokal och du försöker nå den någon annanstans.

```
void setup() {
  int temp = 5;
}

void loop() {
  Serial.println(temp);   // FEL: temp finns bara i setup()
}
```

Fixa genom att flytta `int temp = 5;` till global nivå (överst i filen), eller deklarera en ny `temp` i loop.

Eller — oftast — stavfelet. Två varianter av samma fel:

```
digitalWrit(13, HIGH);    // FEL: saknar 'e' på slutet
digitalwrite(13, HIGH);   // FEL: fel skiftläge på 'w'
```

Rätt är `digitalWrite` — med **stort W och e på slutet**. Arduino är **skiftlägeskänsligt**: `digitalwrite` och `DigitalWrite` är olika ord i kompilatorns ögon. Det vanligaste felet är att tappa `e` :t; det näst vanligaste är att glömma skiftläget.

`EXPECTED '}' AT END OF INPUT`

Du har glömt att stänga ett block någonstans i filen. Räkna alla `\{` och se till att det finns lika många `\}`.

> **HITTA OBALANSERADE KLAMMER**
>
> Arduino-IDE:n markerar matchande klammer när du klickar på en. Klicka på ett `\{` — den motsvarande `\}` ska markeras automatiskt. Om det inte finns en, har du hittat problemet.

`'LED_BUILTIN' WAS NOT DECLARED IN THIS SCOPE` (OVANLIGT)

Brukar bero på att `#include <Arduino.h>` saknas — men det inkluderas automatiskt av Arduino IDE. Ser du det här felet har du sannolikt skapat en fil manuellt utanför en vanlig `.ino` -sketch. Starta en ny sketch från IDE:n istället.

`VOID VALUE NOT IGNORED AS IT OUGHT TO BE`

En funktion som inte returnerar något (`void`) har använts som om den gav tillbaka ett värde:

```
int x = delay(100);     // FEL: delay returnerar void
```

Rätt är att bara anropa den:

```
delay(100);
```

`ASSIGNMENT OF READ-ONLY VARIABLE`
Du har försökt ändra värdet på en `const` variabel:

```
const int ledPin = 13;
ledPin = 12;            // FEL: const går inte att ändra
```

Antingen: ta bort `const` om värdet **ska** kunna ändras. Eller: hitta den riktiga variabeln du menade att ändra.

`INVALID OPERANDS OF TYPES ... TO BINARY 'OPERATOR'`
Du har blandat inkompatibla typer i ett uttryck:

```
int x = "hej" + 5;      // FEL: sträng + int
```

Arduino är strikt med typer. Du kan inte addera ett tal till en textsträng rakt av. Fixa genom att tänka igenom vad du faktiskt vill göra — oftast menade du någonting helt annat.

`TOO MANY ARGUMENTS TO FUNCTION`
Du har skickat in fler argument än funktionen förväntar:

```
digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH, 100);   // FEL: digitalWrite tar bara 2
argument
```

Kolla funktionens signatur. Oftast är det `delay` du egentligen ville ha på slutet:

```
digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
delay(100);
```

Upload-fel (inte kompileringsfel)

Här kör kompilatorn klart, men programmet kan inte överföras till Arduinon.

`AVRDUDE: STK500_GETSYNC(): NOT IN SYNC`
IDE:n kan inte prata med Arduinon. Fyra vanliga orsaker:

1. **Fel port i Tools → Port**. Välj den port som heter något med ”Arduino” eller ”usbserial”.
2. **Fel board i Tools → Board**. Välj ”Arduino Uno”.
3. **USB-kabeln är en laddkabel, inte en datakabel**. Arduino Uno R3 använder en USB Type B-kontakt (den kvadratiska, ”printer-style”). Kontrollera att kabeln faktiskt överför data — många billiga kablar är bara ström.
4. **Arduinon är inte ansluten till datorn**. Låter självklart, men händer.

`SERIAL PORT 'COMX' NOT FOUND`
Porten försvann. Koppla ur och i Arduinon, vänta några sekunder, välj porten igen i Tools → Port.

`PORT BUSY` ELLER `PORT IN USE`

Serial Monitor är öppet och blockerar porten. Stäng Serial Monitor innan du uppladdar. IDE:n öppnar den automatiskt igen efter uppladdningen.

Runtime-beteenden (inte fel — men mystiska)

Ibland kompilerar programmet, laddas upp utan problem, men beter sig inte som du väntar. Här är några klassiker:

"PROGRAMMET GÖR INGENTING"

Vanligaste orsaker:

1. Du använder fel pinne. Kontrollera att kabeln faktiskt sitter i pin 13 och inte pin 12.
2. Komponenten är inte ansluten. Lös kabel? Har LED:en fallit av breadboarden?
3. Polaritet fel. LED:en vänd åt fel håll? Resistorn saknas?
4. `pinMode` saknas. Alla utgångar måste sättas som `OUTPUT` i `setup`, alla ingångar som `INPUT` eller `INPUT_PULLUP`.

"PROGRAMMET GÖR NÅGOT MEN INTE DET JAG VILL"

Lägg in `Serial.println()` överallt där du misstänker att det går fel. Printa villkorsvariabler, mätvärden, vilken gren av if/else som körs. Arduinon är inte mystisk — den är bara tyst. Gör den pratig.

```
Serial.print("larmPaslaget=");
Serial.print(larmPaslaget);
Serial.print(" ljus=");
Serial.println(ljus);
```

"BUZZERN TJUTER KONSTANT"

En av grenarna i din if/else skriver `HIGH` men ingen återställer till `LOW`. Se till att **varje** gren skriver både `HIGH` och `LOW` på buzzern.

"KNAPPEN GER FLERA TRYCK ÅT GÅNGEN"

Knappens metallblad studsar fysiskt några millisekunder. `delay(10)` eller `delay(50)` i slutet av loopen är enklaste formen av debounce och **räcker** för att släta över studsen — men bara om du också har edge-detection på knappen. Utan flank-mönstret (`state == LOW && lastState == HIGH`) toggas larmPaslaget hundratals gånger per tryck, vilket inget delay i världen räddar. Modul 3-sektionen ”Reagera på flanken” är icke förhandlingsbar för larmet.

"SERIAL MONITOR ÄR TOM"

Tre saker att kontrollera:

1. `Serial.begin(9600);` finns i setup?
2. Baud rate i Serial Monitor står på 9600 (matchar siffran i `Serial.begin`)?
3. Skriver du faktiskt till Serial någonstans (`Serial.print` eller `Serial.println`)?

”SERIAL MONITOR VISAR KONSTIG TEXT”

Baud rate matchar inte. Kontrollera att både `Serial.begin()` och Serial Monitor står på samma siffra. 9600 är kursens standard.

”LED-STYRKAN ÄNDRAS INTE MED ANALOGWRITE”

Du använder en pinne som inte stödjer PWM. Kolla att det finns `~` framför pin-numret på Arduino-kortet. Giltiga PWM-pinnar på Uno: **3, 5, 6, 9, 10, 11**.

Felsöknings-checklista

När något inte fungerar, gå igenom i ordning:

1. **Läs felmeddelandet högt**. Ofta räcker det.
2. **Kontrollera första felmeddelandet**, inte det sista.
3. **Kolla pin-numren**. Stämmer de med vad du kopplat?
4. **Kolla polariteten**. LED, RGB-LED, buzzer — alla har riktning.
5. **Kolla att kabeln sitter i rätt hål**. ”Samma rad på breadboarden” är en favoritbugg.
6. **Printa allt**. Lägg `Serial.println` i varje gren av varje if/else och läs vad som händer.
7. **Ladda om Arduino IDE**. I sällsynta fall får IDE:n hicka och måste startas om.
8. **Fråga någon**. Inte kursledaren — grannen. Två par ögon hittar fel snabbare än ett.

> **FELSÖKNINGSFILOSOFI**
> När något inte fungerar är det frestande att **gissa**. Det är näst intill alltid fel strategi. **Ta reda på** — printa värden, kolla polariteten, läs felmeddelandet. Varje gång du fixar en bugg genom gissning istället för att verifiera, har du bara haft tur. Verifiera, vinn.

BILAGA C

Komponentreferens

Snabbreferens för varenda bit ni kopplat i kursen.

Denna bilaga är en pek-och-slå-upp-referens. Varje komponent får en kort beskrivning, pinout/polaritet om det spelar roll, vanliga fel, och hur den ska kopplas in mot Arduinon.

LED (standard, genomskinlig)

Lysdiod med markerad anod (+, långt ben) och katod (–, kort ben med platt kant).

En lysdiod. Skickar man ström den rätta vägen lyser den. Fel väg: ingenting. För mycket ström: den brinner upp permanent.

Polaritet	Långt ben = anod (+). Kort ben med platt kant = katod (−).
Max ström	Ca 20 mA. Över det → bränns upp.
Framspänningsfall	Röd ≈ 1,8–2 V. Grön/gul ≈ 2–2,2 V. Blå/vit ≈ 3–3,4 V. Se Bilaga F.
Seriemotstånd	Alltid. 220 Ω är ett säkert allround-val för 5 V.
Arduino-koppling	Pin 13 → anod. Katod → resistor → GND.

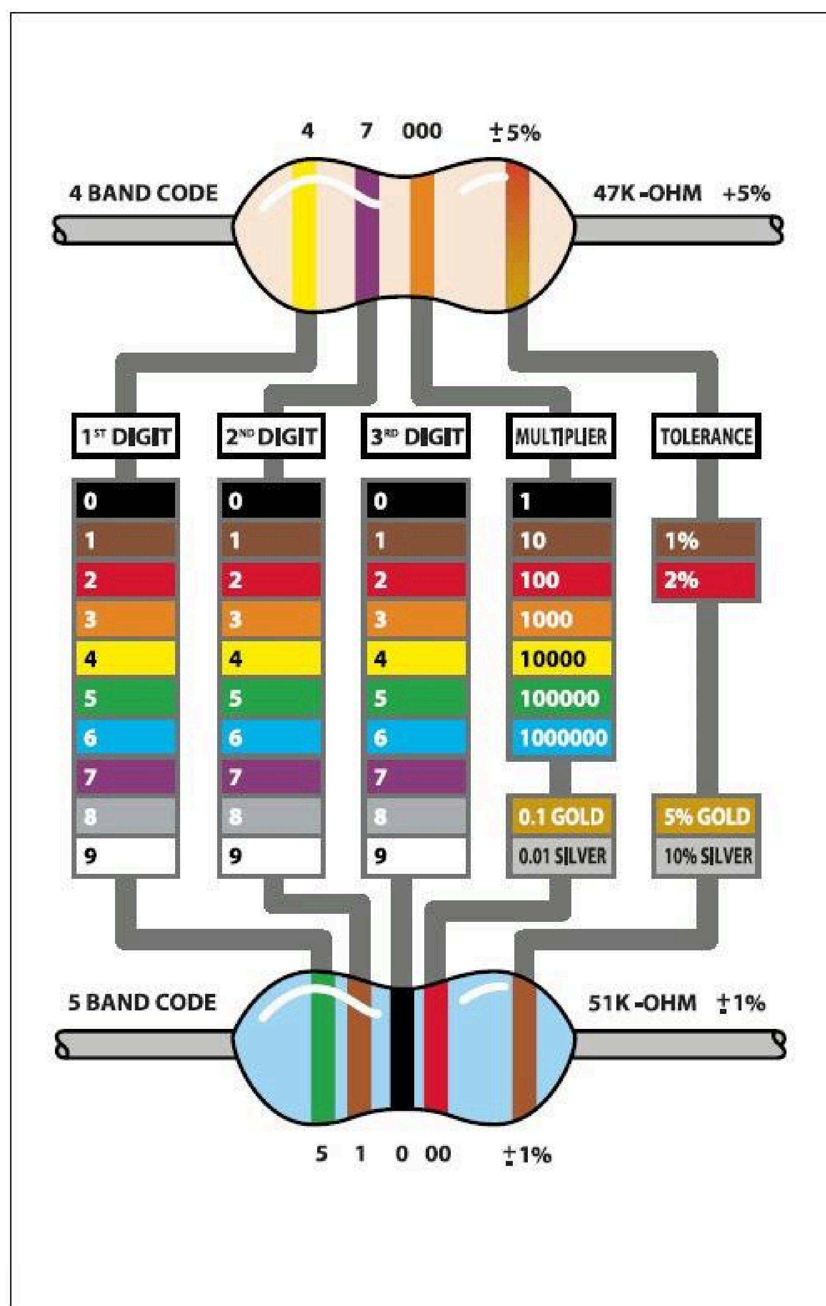
Vanliga fel: LED kopplad baklänges (lyser inte, men går inte sönder), resistor saknas (lyser en kort stund, sedan bränns upp), benet ligger i fel hål på breadboard.

Resistor

Resistor med färgband. Läs från den ände där banden ligger tätast.

Passiv komponent som ”bromsar” ström. Inget att lysa, inget att blinka — men den är ofta det som skiljer en fungerande krets från en brunnen komponent.

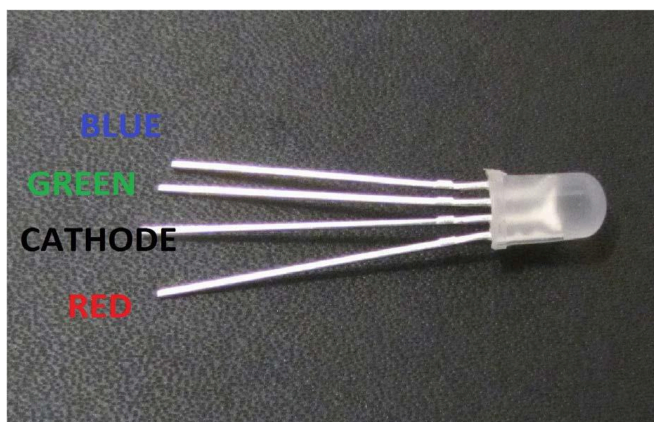
Polaritet	Ingen. Kopplas hur som helst.
Värden i kittet	220 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ (och några varianter däremellan)
Avläsning	Färgband. Räkna först **hur många band** din resistor har — kittet innehåller både 4-bands (normal precision) och 5-bands (1 % precision).
4-band	första två siffror · multiplikator · tolerans. 220 Ω = röd-röd-**brun**-guld.
5-band	tre siffror · multiplikator · tolerans. 220 Ω = röd-röd-svart-**svart**-brun.
1 kΩ (4-band)	brun · svart · röd · guld
1 kΩ (5-band)	brun · svart · svart · brun · brun
10 kΩ (4-band)	brun · svart · orange · guld
10 kΩ (5-band)	brun · svart · svart · röd · brun
Osäker?	Mät med multimeter i kontinuitet/Ω-läge. 220 Ω ger exakt ”220” på skärmen. Alltid säkrast när du tvivlar.



Färgkodstabell. För 4-band: digit-digit-multiplikator-tolerans. För 5-band (1 %-precision): digit-digit-digit-multiplikator-tolerans. Räkna banden innan du börjar dekoda.

Tabellen för färgkoder sitter också inuti locket på kittet. Du är välkommen att använda den eller mäta med multimeter. Med tiden lär man sig de vanligaste värdena utan att tänka.

RGB-LED (common cathode)



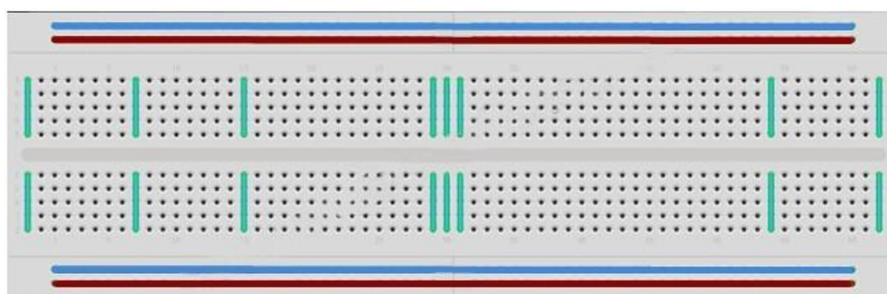
RGB-LED med de fyra benen markerade. Från platta sidan: röd, katod (längst), grön, blå.

Fyra ben, tre kanaler (röd, grön, blå) som delar en gemensam katod. Kittets variant är **common cathode** — det längsta benet går till GND.

Pin-ordning från platta sidan	röd · katod · grön · blå
Katoden	Andra benet från platta sidan. Längst av de fyra. Till GND.
De tre andra	Via varsin 220 Ω-resistor till PWM-pinne.
Kursens pinnar	R → D6, G → D5, B → D3.
Varför PWM?	För att kunna variera ljusstyrkan per kanal (0–255).

Vanligt fel: kopplad som common anode (med gemensam + istället för GND). Då fungerar inget. Om du bara får en färg lysa: ett av benen är i fel hål eller saknar resistor.

Breadboard



Breadboard ovanifrån med interna förbindelser markerade: röda/blåa power rails längs sidorna, gröna kolumn-noder i mitten, gapet som bryter förbindelsen.

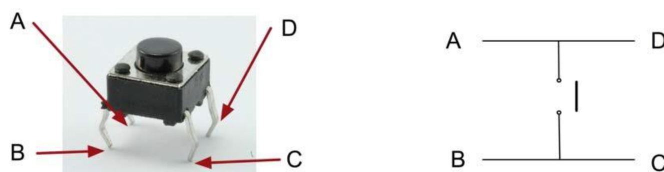
Plastbit med dolda metallklämmor som låter dig koppla ihop komponenter utan att löda.

Horisontella rader i mitten	Fem hål i rad är en nod. Raden bredvid är en egen nod.
Gapet i mitten	Bryter förbindelsen mellan övre och nedre halvan.

Power rails (+/−) längs sidorna	Hela raden är en enda lång nod. Används för att dela ut 5 V och GND.
Hål diameter	Passar genomgångshåls-komponenter och DuPont-kablar (0,6 mm).

Vanligaste nybörjarfelet: ett komponentben och en kabel ligger i olika rader. Kolla först att de **faktiskt sitter på samma rad**.

Knapp (tactile switch)



Tactile switch — fyra ben, men internt bara två noder (A–D hopkopplade, B–C hopkopplade). Tryckning sluter de två noderna.

En liten mekanisk brytare med fyra ben. När du trycker ner den kortsluts två par av benen.

Pinnar	Fyra ben, men elektriskt bara två noder: A–D är internt ihopkopplade, B–C likaså. Tryckning kortsluter båda paren.
Koppling i kurs	Ena benet → D9, andra benet → GND. Ingen extern resistor.
Läs med	`digitalRead(pin)` efter `pinMode(pin, INPUT_PULLUP)`.
Tryckt = LOW	På grund av inverterad logik med INPUT_PULLUP.
Studs	Fysisk studs några millisekunder. Lägg `delay(10)` eller `delay(50)` för enkel debounce.

Active buzzer

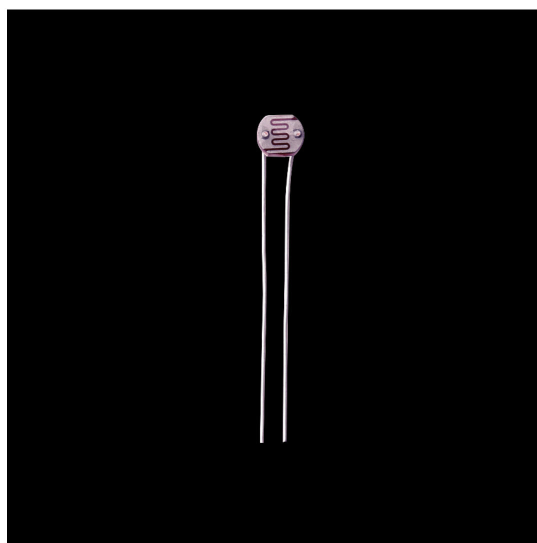
*Active buzzer — svart cylinder med inbyggd oscillator. Klisterlappen på ovansidan **stannar kvar**.*

En liten svart cylinder som ger ifrån sig ljud när du skickar ström genom den. **Active** betyder att den har en inbyggd oscillator — `digitalWrite(pin, HIGH)` ger direkt pip, ingen `tone()` behövs.

Polaritet	Långa benet = plus (markerat med `+` på ovansidan). Kort ben = minus.
Koppling i kurs	`+` -ben (höger, markerat) → `D12` , `-` -ben → `GND` -skenan på breadboarden tillsammans med knappen.
Resistor	Behövs inte. Buzzern är självreglerande.
Klisterlappen	Stannar på. ”Remove after washing” är en dämpare från tillverkningsprocessen.
Frekvens	Fast (2 kHz). Inte ställbar.

Varning: passive buzzer (blå, låg) finns också i kittet och ser liknande ut. Den kräver `tone(pin, frequency)` för att låta. I kursen använder vi active buzzer — svart, hög, med klisterlapp.

Fotocell (LDR)



Fotocell (LDR) — rund skiva med karakteristiskt gult snake-eye-mönster på ovansidan.

”Light-dependent resistor”. En resistor vars värde ändras beroende på ljuset som träffar den.

Polaritet	Ingen. Kopplas hur som helst.
Motståndsområde	Ca 50 kΩ i mörker, ca 500 Ω i starkt ljus.
Måste ha partner	Ingår i en spänningsdelare — behöver en fast resistor (1 kΩ) för att bilda mellanpunkten.
Koppling i kurs	5 V → fotocell → A0 → 1 kΩ → GND.

Läses med	`analogRead(A0)` — ger 0–1023.

Mätvärden (ungefärliga, med 1 kΩ mot GND): mörker ≈ 20–100, rumsljus ≈ 150–400, lampa nära ≈ 500–700, ficklampa direkt ≈ 700–900. Kalibrera alltid själv.

Tilt-sensor

Tilt ball switch — cylindrisk kapsel med lös metallkula inuti.

En liten cylinder med en lös metallkula inuti. I upprätt läge rör kulan bara ett ben — kretsen är bruten. Lutad: kulan rullar till det andra benet och kortsluter dem.

Polaritet	Ingen för själva funktionen. Men kopplas som en knapp: ena benet till pinne, andra till GND.
Digital trots att det är en sensor	Läses med `digitalRead`, inte `analogRead`. Bara två lägen.
Koppling i kurs	Ena benet → D2, andra → GND. Rakt i Arduino-headers.
Pinmode	`pinMode(tiltPin, INPUT_PULLUP)`.
Lutad = LOW	Inverterad logik från INPUT_PULLUP.
Studs	Kulan bouncar. `delay(50)` efter läsningen räcker som debounce.

Vridpotentiometer (10 kΩ) — demonstrationskomponent

Kittet innehåller en **blå vridpotentiometer** på 10 kΩ. Ni kopplar den inte själva i kursen — men i Modul 4 visar läraren den som **fysisk modell av en spänningsdelare**, för att göra det konkret vad fotocellen sedan gör automatiskt.

Vad det är	Ett ”långt motstånd” där en glidande arm (wiper) kan ställas var som helst längs det inre motståndsmaterialet.
Pinnar	Tre ben. Två yttre = ändarna av motståndsspåret. Mittben = wipern.
Demo-koppling	Yttre ben → +5 V och GND. Mittben → A0. Vrid → A0 sveper 0–1023 jämnt.
Maxvärde	10 kΩ totalt mellan de två yttre benen. Wipern delar upp denna resistans i två andelar.
Läses med	`analogRead(A0)`. Ger samma 0–1023 som fotocell-kopplingen.

Varför den ligger utanför hands-on-laben: en pot löser samma uppgift som en knapp i många nybörjarprojekt (välja ett värde) men introducerar mekanik som tar fokus från koden. Den är dock perfekt som **brygga** till spänningsdelar-konceptet — wipern är mätpunkten, ni kan se den flyttas med handen.

Vill ni leka mer: prova att ersätta fotocellen i Modul 4 med pot:en och styra LED-ljusstyrkan med vridning istället för ljus. Allt i Modul 4-koden fungerar oförändrat.

Arduino Uno R3

Själva styrkretsen. En mikrocontroller i ett ”development board”-format med inbyggd USB-kontroller, spänningsreglering och stift-kontakter.

Processor	ATmega328P (16 MHz, 8-bit)
Minne	32 KB flash (din kod), 2 KB SRAM (variabler), 1 KB EEPROM (persistent)
Digital-pinnar	D0–D13, varav **D3, D5, D6, D9, D10, D11** stödjer PWM (markerade med `~`)
Analoga pinnar	A0–A5, kan läsas med `analogRead` (0–1023).
Strömförsörjning	USB (5 V) eller externt via DC-jacket (7–12 V → regleras till 5 V internt).
5 V-pin	Ger ut 5 V vid USB-strömförsörjning. Totala budgeten är ca 450 mA efter att kortets egna komponenter tagit sitt. Mer än så och USB-portens polyfuse (500 mA) bryter.
3,3 V-pin	Ger ut 3,3 V. Användbar för vissa sensorer. Max 50 mA.
GND	Tre stift, alla elektriskt samma punkt. Vilken som helst fungerar.

Reset-knappen	Startar om din sketch från början. Användbar om den krashar.
Inbyggd LED	Pin 13, alltid kopplad till en intern LED. Använd `LED_BUILTIN` i koden.

Kabelbröderna — DuPont-kablar

De färgade trådarna du använder för att koppla mellan breadboard och Arduino.

M-M (hane-hane)	Stift i båda ändar. För breadboard-till-breadboard eller breadboard-till-header.
M-F (hane-hona)	Ena änden stift, andra änden hylsa. För Arduino-header till breadboard, eller till direkta komponenter som tilt-sensor.
F-F (hona-hona)	Hylsa i båda ändar. Används sällan i kursen.
Typisk längd	10–20 cm. Inte kritiskt men kortare är snyggare.

74HC595 skiftregister — den komponenten vi inte använder

Kittet innehåller **en** komponent som kursen inte rör: ett 74HC595-skiftregister. Det är en 16-bens IC (integrerad krets) som låter Arduinon styra 8 LED-utgångar med bara 3 pinnar.

74HC595 skiftregister	16-bens DIP-IC. Tre styrpinnar (`data`, `clock`, `latch`) kan styra 8 utgångar. Principen: skiftregistret ”kommer ihåg” en 8-bits sekvens du matar in en bit i taget, och håller dem alla samtidigt på sina utgångar.

Det är en utmärkt första fördjupning efter kursen — prova att blinka åtta LED:ar i ett löpande mönster. Sök efter ”74HC595 shift register Arduino” för exempel.

Vill du ha fler komponenter?

Kittet är medvetet minimalt — de komponenter ni byggt med under fem träffar är i princip precis de som ryms. Om ni vill gå vidare:

- **Utökningskit** (Super Starter Kit, Most Complete Kit) innehåller saker som servomotor, LCD-display, IR-mottagare, temperatursensor, ultraljudsavståndsmätare, m.fl.
- **Lösa komponenter** från Kjell & Company, Electrokit eller liknande när ni har ett specifikt projekt i åtanke. Ofta mer prisvärt än att köpa ett nytt kit.
- **Online-tutorials** — Hackster.io och Instructables förklarar nästan alltid vad de använder och var man får tag på det.

BILAGA D

Hackathon-lösning

En fullständig, kommenterad referens-sketch för tjuvlarmet.

När du ska titta hit

Den här bilagan innehåller en **fullständig körbar** version av hackathon-koden. Den finns här av två skäl:

1. **Om du fastnar hopplöst under hackathonen** och kursledaren redan har hjälpt tre gånger, så att du inte blockeras av en bug som inte är pedagogiskt värdefull att lösa.
2. **Som referens efter kursen** när du vill bygga vidare eller när du lägger en gammal sketch åt sidan och vill återvända.

Titta inte hit för tidigt. Halva värdet av hackathonen är att brottas med integrationen själv. Att läsa svaret innan du provat är som att titta på baksidan av ett korsord innan du försökt.

Regler för larmet (repeterade)

1. **Knappen** på pin 9 togglar `larmPaslaget` med edge-detection.
2. Om **larmet är på och tilt-sensorn är lutad** → buzzern tjuter och RGB-LED blinkar rött.
3. Om **larmet är av och fotocellen läser under en tröskel** → RGB-LED tänds mjukt som stämningsljus.
4. Annars → allt är tyst och mörkt.

Komplett sketch

```
// ── Pin-tilldelning ─────────────────────────────────────
const int knappPin  = 9;   // Modul 3 — digital in
```

```
const int tiltPin   = 2;   // Modul 4 — digital in
const int ldrPin    = A0;  // Modul 4 — analog in
const int buzzerPin = 12;  // Modul 3 — digital out
const int ledR      = 6;   // Modul 2 — PWM out
const int ledG      = 5;   // Modul 2 — PWM out
const int ledB      = 3;   // Modul 2 — PWM out

// ─── Tröskel för fotocellen ─────────────────────────────
// Kalibrera själv i Serial Monitor. Låg siffra = mörkt.
const int morkTroskel = 300;

// ─── Tillståndsvariabler (globala, lever mellan loopar) ─
bool larmPaslaget = false;
int  lastKnappState = HIGH;  // HIGH = släppt (INPUT_PULLUP)

// ─── Hjälpfunktion för att skriva RGB ───────────────────
void sattFarg(int r, int g, int b) {
  analogWrite(ledR, r);
  analogWrite(ledG, g);
  analogWrite(ledB, b);
}

// ─── SETUP ──────────────────────────────────────────────
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(knappPin,  INPUT_PULLUP);
  pinMode(tiltPin,   INPUT_PULLUP);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode(ledR, OUTPUT);
  pinMode(ledG, OUTPUT);
  pinMode(ledB, OUTPUT);

  Serial.println("Larmet startat. Larm av som default.");
}

// ─── LOOP ───────────────────────────────────────────────
void loop() {
  // 1. LÄS INPUTS
  int  knappState = digitalRead(knappPin);
  bool tiltLutad  = (digitalRead(tiltPin) == LOW);
  delay(50);  // debounce tilt — kulan bouncar i hylsan
  int  ljus        = analogRead(ldrPin);

  // 2. EDGE-DETECTION för knappen (toggla larmläget)
  if (knappState == LOW && lastKnappState == HIGH) {
    larmPaslaget = !larmPaslaget;
    Serial.print("Larm nu ");
    Serial.println(larmPaslaget ? "PÅ" : "AV");
  }
  lastKnappState = knappState;

  // 3. BESTÄM VAD SOM SKA HÄNDA
  if (larmPaslaget && tiltLutad) {
```

```
      // LARM AKTIVT + RÖRT → tjut + rött blink
      digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
      sattFarg(255, 0, 0);
      delay(100);
      digitalWrite(buzzerPin, LOW);
      sattFarg(0, 0, 0);
      delay(100);
    } else if (!larmPaslaget && ljus < morkTroskel) {
      // LARM AV + MÖRKT → stämningsljus (mjukt varmt)
      digitalWrite(buzzerPin, LOW);
      sattFarg(120, 60, 20);
    } else {
      // TYST OCH MÖRKT
      digitalWrite(buzzerPin, LOW);
      sattFarg(0, 0, 0);
    }

    // 4. Kort paus mot kortkrets-looping
    delay(10);
  }
```

Rad-för-rad-förklaring

PIN-TILLDELNING (RAD 2–8)

Alla pin-nummer samlade överst i filen. `const int` så de inte kan råka ändras. Den här bara-deklarations-stilen är standard bland Arduino-sketchar — allt läsbart från toppen, inga magiska siffror gömda i mitten av koden.

`MORKTROSKEL` (RAD 12)

`300` är en gissning. Du ska kalibrera själv med Serial Monitor. Lämna värdet som en `const int` i toppen så du enkelt kan ändra det utan att leta genom hela filen.

`LASTKNAPPSTATE` (RAD 16)

Startas på `HIGH` eftersom `INPUT_PULLUP` gör att en **släppt** knapp läses som HIGH. Om du startar på `LOW` kan edge-detection tro att knappen var tryckt första loopen och toggla larmet direkt.

> **NAMING-SKIFTE MOT MODUL 3**
>
> I Modul 3:s slides och ”Bygg från minnet” hette variablerna `state` och `lastState`. Här i hackathon-koden står det `knappState` och `lastKnappState`. Anledningen är att Bilaga D läser flera tillstånd (knapp, tilt, ljus) i samma loop — då är `state` för otydligt. När du själv skriver hackathon-koden kan du behålla `state` / `lastState` om du bara har en knapp; namnen är bara etiketter, mönstret är detsamma.

`SATTFARG()` HJÄLPFUNKTION (RAD 19–23)

Att skriva `analogWrite(ledR, ...)` + `analogWrite(ledG, ...)` + `analogWrite(ledB, ...)` på varje rad blir tröttsamt. En funktion som tar tre tal och skriver dem i en svep är både kortare och lättare att läsa. `sattFarg(255, 0, 0)` betyder ”helt rött”.

Det är det första ”egenskrivna” verktyget i koden. Du kunde klarat dig utan, men det **gör koden läsbar**. Det är i princip vad programmering i större skala handlar om — att skapa små, tydliga verb för vad du vill göra.

EDGE-DETECTION (RAD 46–51)

Samma mönster som i Modul 3: **agera bara när knappen just nu övergår från HIGH till LOW**. Utan detta skulle larmet toggla 100+ gånger per tryckning, och värdet skulle vara slumpmässigt vid släpp.

`larmPaslaget ? "PÅ" : "AV"` är en kort ternär if — ”om larmPaslaget, använd ’PÅ’, annars ’AV’”. En rad istället för fyra.

TRE GRENAR AV IF/ELSE (RAD 55–73)

Den första grenen har en liten detalj värd att notera: den alternerar mellan rött och svart med `delay(100)` — det är hur blink skapas inne i ett `loop`-varv. Varje gång loopen kommer tillbaka till den här grenen, kör det ett fullt blink-cykel på 200 ms.

Det betyder att knapptrycket inte reagerar förrän **efter** en blink-cykel. 200 ms är knappt märkbart för en människa, men om du vill att larmet ska svara snabbare på knappen kan du göra blinkningen med `millis()` istället för `delay()`. Det är en ren utökning — ingår inte i kursen men finns i alla online-tutorials under sökordet ”non-blocking Arduino”.

`DELAY(10)` SIST (RAD 77)

En liten paus mellan loop-varv. Gör att Arduinon inte snurrar CPU:n på tomgång. Tio millisekunder är kort nog att interaktionen känns omedelbar men tillräckligt för att knappens studs lägger sig innan nästa läsning.

Varianter att prova

VARIATION 1 — DUBBELT PIP VID LARM PÅ/AV

Istället för att bara ändra `larmPaslaget` tyst, låt buzzern säga till med ett kort pip:

```
if (knappState == LOW && lastKnappState == HIGH) {
  larmPaslaget = !larmPaslaget;

  // Pip-bekräftelse
  digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
  delay(50);
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
  if (!larmPaslaget) {
    delay(50);
```

```
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
    delay(50);
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);
  }
}
```

Ett pip = larm på, två pip = larm av. Bekräftar aktiveringen utan att säga något.

VARIATION 2 — HYSTERES PÅ MÖRKERTRÖSKELN

Ett problem: om `ljus` ligger precis på `morkTroskel = 300`, kan värdet darra mellan 299 och 301 och lampan blinkar av och på. Lösningen är två olika trösklar — en för att tända, en för att släcka:

```
const int tandVid = 280;
const int slackVid = 320;

// Statisk variabel som behåller sitt värde mellan loopar
static bool stamningslampaPa = false;

if (ljus < tandVid) {
  stamningslampaPa = true;
} else if (ljus > slackVid) {
  stamningslampaPa = false;
}
// (lampan behåller sitt senaste tillstånd när ljus är mellan trösklarna)

if (stamningslampaPa) {
  sattFarg(120, 60, 20);
} else {
  sattFarg(0, 0, 0);
}
```

`static` betyder att variabeln behåller sitt värde mellan loop-varv trots att den är lokal. Det är ett alternativ till global `bool stamningslampaPa;` längst upp.

Hysteres är konceptet att två trösklar (tänd, släck) ligger olika, så att systemet inte oscillerar på gränsen.

VARIATION 3 — FADE-IN PÅ STÄMNINGSLJUS

Istället för att LED-en bara **tänds** när det blir mörkt, låt den långsamt tona upp. Detta kräver en lokal `int`-variabel som minns nuvarande ljusstyrka mellan loop-varv:

```
static int stamningsStyrka = 0;

if (!larmPaslaget && ljus < morkTroskel) {
  if (stamningsStyrka < 120) stamningsStyrka++;
} else {
  if (stamningsStyrka > 0) stamningsStyrka--;
}
```

```
analogWrite(ledR, stamningsStyrka);
analogWrite(ledG, stamningsStyrka / 2);
analogWrite(ledB, stamningsStyrka / 6);
```

Varje loop-varv justerar styrkan med 1. Över 120 loop-varv (ca 1,2 sekunder vid `delay(10)`) tonar LED:en från 0 till 120. Mjukare beteende, inget hopp.

Sista rådet

Om du använder den här koden rakt av: **skriv om den för hand**. Inte för att den här versionen är dålig, utan för att du lär dig genom att skriva. En Arduino-bok med 500 sidor är inte lika mycket värd som 200 rader kod du skrivit själv från minnet.

Och om något här känns onödigt komplicerat — **skit i det**. En fungerande enkel lösning är värt hundra eleganta som inte kompilerar.

BILAGA E

Säkerhet

De saker som gör att du inte bränner dig, LED:en, eller Arduinon.

Ofarligt för dig — farligt för utrustningen

Spänningen du jobbar med på kursen är **5 V**. Det är samma spänning som en USB-kabel. **För människor är det helt ofarligt** — du kan hålla båda ledningarna mellan tummen och pekfingret och känna ingenting alls. Du jobbar inte på vägguttags-nivå.

Men **din utrustning** — laptopen, Arduinon, komponenterna — är inte lika robust. En kortslutning mellan `+5 V` och `GND`, en LED utan resistor, en pinne som dras över sin maxgräns — alla är saker som kan stänga av USB-porten (bra) eller rosta komponenter (mindre bra). Fem små saker att veta:

1. LED:en är riktad — kontrollera polariteten

Skickar du ström åt fel håll genom en LED: den lyser inte. Skickar du för mycket ström åt rätt håll: den brinner upp på mindre än en sekund.

- **Långt ben = plus (anod)**. Mot signal-pinnen.
- **Kort ben + platt kant på plastkuddens rand = minus (katod)**. Mot GND.
- **Seriemotstånd är obligatoriskt**. 220 Ω duger för 5 V.

Utan resistor går mer än 20 mA genom LED:en, och den hinner lysa i högst några sekunder innan den bränns upp permanent. Den är inte farlig för dig — men du får byta. Kittet har ett par extra, men regeln är enkel: **aldrig en LED utan seriemotstånd**.

2. Ingen pinne tål hur mycket ström som helst

Arduinons digitala pinnar har en **rekommenderad maxström på 20 mA per pinne** (absolut maximum enligt databladet är 40 mA, men det sliter på chippet). Totalt genom chippet

(alla pinnar tillsammans): absolut max är **200 mA** — håll dig klart under det. Drar du mer bränner du en liten effekttransistor inne i chippet. Det märks inte direkt — men efter ett tag slutar pinnen svara på `digitalWrite`.

För kursen är det inget problem. En LED via 220 Ω drar ca 13 mA. En RGB-LED med alla tre kanaler full = ca 40 mA. En buzzer = ca 30 mA. Allt med god marginal.

Fel att undvika:

- En LED direkt till 5 V utan resistor → drar 25+ mA direkt, bränner pinnen eller LED:en eller båda.
- Två LED:ar parallellt på samma resistor → delar strömmen olika, en tar skada.
- Försök driva en motor direkt från pinnen → motorer drar hundratals mA, Arduinon överlever inte.

Regel: om du kopplar något som inte är uttryckligen beskrivet i kursen, räkna om strömmen med Ohms lag först.

3. Kortslut inte 5 V och GND

Om du direkt kopplar `+5 V` till `GND` med en ren kabel, börjar Arduinon dra hela strömmen den kan leverera. Kabeln blir varm; i värsta fall smälter dess isolering eller en spårledning på kortet bränns.

Det låter allvarligare än det är. USB-porten har en skyddskrets som bryter vid ca 500 mA. Men: kabeln blir VÄLDIGT varm, laptop-varningen poppar upp, och du får koppla ur i rätt tid.

Vanligaste sättet att göra det av misstag:

- En lös kabel som hamnar i GND-raden och rör plus-raden på breadboardens power rails.
- En resistor med brutna ben där ena änden rör plus och andra änden rör minus utanför kretsen.
- Förvirrande fingerplats när du sticker in en kabel.

Om du märker att Arduinon blir varm — **koppla ur USB:n direkt**. Kolla vart du senast drog en kabel.

4. Statisk elektricitet är en verklig sak

Torr vinterluft + nyfallen snö + syntetiska tröjor → du bygger upp några tusen volt statisk elektricitet på kroppen. När du rör Arduino-chippets pinnar med ett finger kan det ladda ur sig genom chippet och permanent skada det.

Det är en liten risk på Arduino Uno (den är byggd för att vara robust), men risken finns för andra IC-komponenter. I kursen är det sällsynt att detta händer, men värt att veta.

Förebygg: ta tag i något jordat (en metallkran, värmeelementet, laptopens USB-kontakt) innan du börjar koppla om du misstänker att du är uppladdad. Eller: **rör aldrig bara själva metall-pinnarna på chipen** — håll i plastkanterna eller i själva kretskortet.

För kursens komponenter spelar det mindre roll. LED, resistor, knapp, buzzer, fotocell — ingen av dem är känslig för statisk. Men IC-kretsar som 74HC595 **är**.

Säker felsökning

När något inte fungerar är det ibland frestande att ”testa med att snabbt koppla fram och tillbaka”. **Koppla inte om medan Arduinon är strömförsörjd.** Dra ur USB:n, koppla om, koppla i igen. Det skyddar mot oväntade kortslutningar och gnistor.

Ordning:

1. Koppla ur USB.
2. Ändra kopplingen.
3. Kontrollera att inget oväntat är kortslutet (titta, tänk efter).
4. Koppla i USB.
5. Ladda upp ny kod om det behövs.

Det tar 5 extra sekunder per iteration och sparar miljoner sekunder av felsökning.

Och till slut: ofarligt för människan

Säg det högt en gång till: 5 V via USB är inte farligt för **dig**. Du kan hålla båda ledningarna, röra vid chipet med handen, droppa vatten på breadboardet (nej, bara skämt — torka upp det), och inget händer med dig. Det är komponenterna och laptopen man skyddar — inte fingrarna.

Det värsta som kan hända på kursens kompetensnivå är:

1. En LED brinner upp → du får byta till en av de andra i kittet.
2. En USB-port i laptopen stänger av p.g.a. överskydd → du kopplar i igen.
3. En Arduino slutar svara på en pinne → byt till en annan pinne och anteckna det.

Ingenting brinner. Ingen skadas. Värsta utfallet är att du får köpa en ny 29-kronors LED från Kjell & Company. **Slappna av. Bygg.**

BILAGA F

Ohms lag & framspänningsfall

Den tyngsta bilagan. Här utreder vi varför 220 Ω är 220 Ω och ingenting annat.

Vad kapitlet handlar om

Det här är inte en rundtitt. Det är ett djupdyk. Om ni satt på träff 1 och undrade ”men **varför** 220 Ω?” utan att hinna fråga, är det här svaret. Om ni redan kunnat svaret i detalj, är det en repetition på ert modersmål.

Målet är att efter läsningen ska ni kunna:

1. **Räkna ut** vilken resistor en given LED behöver utan att googla.
2. **Förklara** varför en LED inte följer Ohms lag direkt.
3. **Förstå** vad som händer om resistorn är för liten eller för stor.
4. **Läsa** en spänningsdelar-koppling som fotocellens och veta varför mellanpunkten rör sig när ljuset ändras.

Allt med svenska ord, inga latinska uttryck som jag inte vill förklara.

Ohms lag — den ultimata tre-storheten

Tre storheter som alltid hör ihop i en elektrisk krets:

Spänning (U)	Tryckskillnaden mellan två punkter. Enhet: volt (V). Exempel: 5 V.
Ström (I)	Hur mycket laddning som rör sig per sekund. Enhet: ampere (A). I småsensorik räknas det ofta i milliampere (mA).

Motstånd (R)	Hur mycket ett material bromsar strömmen. Enhet: ohm (Ω). Exempel: 220 Ω.

FORMELN

$$U = I \cdot R$$

I ord: **spänningen över en resistor är lika med strömmen genom den, gånger resistorns värde**.

Omformulerat för de gånger du söker annan storhet:

$$I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I}$$

Eller med den klassiska **triangeln**. Rita en pyramid med U på toppen och I och R i botten. Håll över den storhet du vill räkna ut, så ser formeln sig själv.

```
    U
  -----
  I · R
```

Håll för U ⟶ ser du $I \cdot R$. Håll för I ⟶ ser du $\frac{U}{R}$. Håll för R ⟶ ser du $\frac{U}{I}$. Fungerar **varje gång**.

VARFÖR BOKSTÄVERNA U OCH I?

U kommer från tyskans ”Spannung” (spänning). **I** från franskans ”intensité du courant” (strömintensitet, Ampères terminologi).

Anglosaxiska böcker använder ibland V för spänning istället för U — samma sak, olika lokala traditioner. I Sverige och Tyskland: U. I Storbritannien och USA: V.

FÖRSTA RÄKNEEXEMPLET

Om du har en resistor på 220 Ω och strömmen genom den är 15 mA, hur stor är spänningen över den?

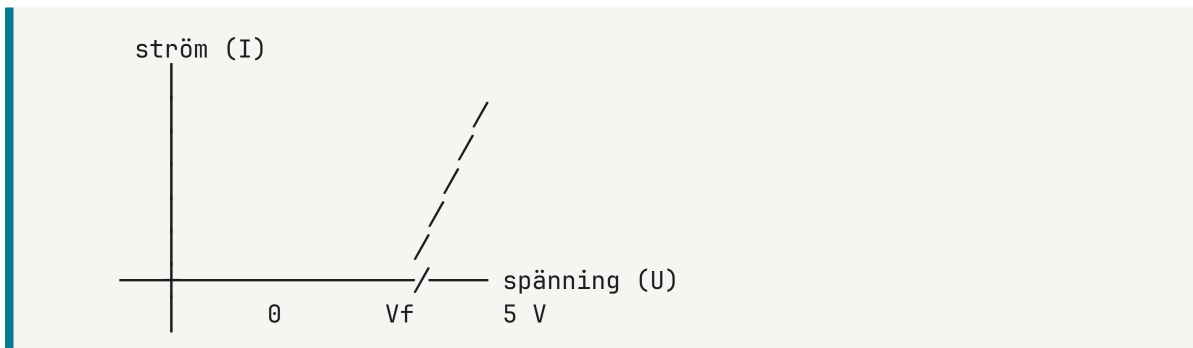
$$U = I \cdot R = 0,015 \text{ A} \cdot 220\Omega = 3,3 \text{ V}$$

Bra att komma ihåg: **ström ska omvandlas till ampere (inte milliampere) innan du räknar**. 15 mA = 0,015 A.

Varför en LED **inte** följer Ohms lag

Här kommer det som knyter ihop allt. En resistor är en snäll komponent — den följer Ohms lag slaviskt. Dubbla spänningen, dubbla strömmen. Halvera spänningen, halvera strömmen. Linjärt.

En **LED är inte en resistor**. Den är en halvledar-diod med en trösklad I-V-karakteristik. På en graf av ström mot spänning ser den ut så här (ungefär):



Upp till `Vf` (framspänningen): nästan ingen ström alls. LED:en lyser inte.

Vid `Vf`: LED:en "vaknar" och börjar leda ström. Den lyser.

Strax över `Vf`: ström stiger **dramatiskt** med minimal ökning i spänning. Det här är farligt — en liten ökning av spänningen ger stor ökning av strömmen.

Så vad är Vf? Det är **framspänningsfallet** — den spänning LED:en "kräver" för att leda ström. För en röd LED är Vf ungefär 2 V.

KONSEKVENSEN

Om du bara kopplar en röd LED till +5 V utan resistor, försöker LED:en dra så mycket ström den kan. Den lägger 2 V över sig själv (sin Vf) och de återstående 3 V har ingenstans att ta vägen — förutom att driva STRÖM genom LED:en. Massiv ström. Dioden bränns upp på under en sekund.

Lösningen: en resistor i serie som "äter upp" de återstående 3 V:en och håller strömmen på en säker nivå.

Räkneexemplet — hur man kommer fram till 220 Ω

Krav:

- Matningsspänning: **5 V** från Arduinons pin 13.
- LED: **röd**, framspänningsfall ≈ **2 V**.
- Önskad ström: **15 mA** = 0,015 A. (Säker nivå långt under LED:ens 20 mA-max.)

Tanken är: resistorn och LED:en ligger i **serie**. Strömmen genom dem är samma. Spänningen fördelas så att LED:en tar sina 2 V och resistorn tar resten. Det ska bli 5 V totalt.

$$U_{\text{resistor}} = 5\ \text{V} - 2\ \text{V} = 3\ \text{V}$$

Nu vet vi spänningen över resistorn och strömmen genom den. Ohms lag löser resten:

$$R = \frac{U}{I} = 3\frac{\text{V}}{0},015 \text{ A} = 200\Omega$$

Exakt svar: 200 Ω. Men resistor-värden säljs bara i fasta standardstegstorlekar — E12-serien, som innehåller 100, 120, 150, 180, **220**, 270, 330, 390, 470, osv. Det närmsta tillgängliga värdet över 200 är **220 Ω**.

Kolla vad strömmen faktiskt blir med 220 Ω:

$$I = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V}}{220}\Omega = 13,6 \text{ mA}$$

Lite lägre än vårt ideal på 15 mA. **Det är helt OK.** LED:en lyser fortfarande starkt och håller sig inom säkra gränser. Skillnaden är ungefär som om en lampa kördes på 85 % av sin fulla styrka — synligt, men marginellt.

Det är **därför** 220 Ω valdes. Inget gissningsval — ren matematik.

Vad händer om resistorn är för **liten**?

Säg att du byter till **120 Ω** istället. Strömmen blir:

$$I = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V}}{120}\Omega = 25 \text{ mA}$$

25 mA > 20 mA (LED:ens max). Den börjar värmas upp, lyser starkare initialt, och tappar ljusstyrka efter någon minut som kiselet inuti degraderar. Efter några timmar eller dagar är den obrukbar — ljuset blir märkbart svagare, slut.

Säg att du använder **ingen resistor alls** (0 Ω). Då begränsar bara LED:ens egen fysik strömmen. Den lägger 2 V över sig själv, men det finns inget som tar upp de andra 3 V — strömmen skenar iväg och LED:en bränns upp på **mindre än en sekund**.

> **EN LED UTAN SERIEMOTSTÅND ÄR EN DÖD LED INOM FEM SEKUNDER**
> Låt det här vara en av de första reglerna ni lär er utantill. **Varje LED behöver en resistor i serie**. Utan undantag på kursens nivå. När ni sitter hemma och experimenterar och det finns en dag då ni är trötta och stressade och hoppar över resistorn ”bara den här gången” — det är dagen ni får köpa nya LED:ar.

Vad händer om resistorn är för **stor**?

Säg att du använder **2,2 kΩ** (2200 Ω) istället för 220. Strömmen blir:

$$I = \frac{5\text{ V} - 2\text{ V}}{2200}\Omega = 1,4\text{ mA}$$

Det är tio gånger **mindre** än 15 mA. LED:en lyser — men **svagt**. Ungefär som en stearinlåga i dagsljus. Du kan knappt se att den är tänd. Ingen skada, bara svag.

Om resistorn är ännu större — säg **10 kΩ** — blir strömmen 0,3 mA. LED:en lyser kanske, kanske inte, beroende på LED:ens tröskelström. Osynlig för praktiska ändamål.

Så: **för liten resistor = LED dör**. **För stor resistor = LED lyser svagt eller inte alls**. Mellan dem finns ett lagom intervall på säg 180–330 Ω för röda LED:er på 5 V. 220 Ω ligger mitt i mjuka delen.

Framspänningsfall för andra färger

En viktig detalj: **olika LED-färger har olika Vf**. Det betyder att räkningen för en grön eller blå LED ger ett annat resistor-värde.

Röd	Vf ≈ 1,8 – 2,0 V. Resistor för 15 mA på 5 V: runt 200 Ω → välj 220.
Gul	Vf ≈ 2,0 – 2,2 V. Nästan samma som röd. 220 Ω fungerar.
Grön	Vf ≈ 2,0 – 2,2 V (klassisk grön) eller 3,0 – 3,2 V (modern "ren grön"). 220 Ω för den klassiska.
Blå	Vf ≈ 3,0 – 3,4 V. Resistor: (5 − 3,2) / 0,015 ≈ 120 Ω. Men 220 Ω fungerar också, bara något svagare.
Vit	Vf ≈ 3,0 – 3,4 V (samma som blå, eftersom vita LED:er är blåa med fosforcoating). 220 Ω duger.

Varför 220 Ω är ett säkert allroundval: det är lagom för alla färger i kittet. Röda LED:ar hamnar på 13 mA (säker). Blåa LED:ar hamnar på 7 mA (något svaga men fungerar). Ingen färg får för mycket ström.

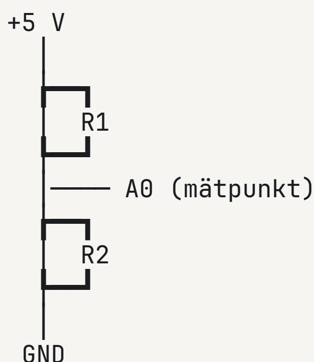
Om du vill optimera: räkna om med varje LED:s Vf och välj närmaste E12-värde. För kursen: 220 Ω överallt, klart.

Spänningsdelaren — ohms lag för **två** resistorer

I Modul 4 byggde ni en **spänningsdelare** för att läsa av fotocellens motstånd. Så här fungerar den på papper.

KOPPLINGEN

Två resistorer i serie mellan +5 V och GND. Mätpunkten är **mellan** dem.



Strömmen genom hela serien är samma (det är vad ”serie” betyder):

$$I = \frac{5\text{ V}}{R_1 + R_2}$$

Spänningen vid mätpunkten, mätt mot GND, är spänningen **över R2**:

$$V_{\text{mid}} = I \cdot R_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \cdot 5\text{ V}$$

Detta är **spänningsdelar-formeln**. Den säger: andelen av inkommande spänning som hamnar på mätpunkten är samma som andelen R_2 i den totala resistansen.

EXEMPEL 1 — TVÅ LIKA STORA RESISTORER

Om $R_1 = R_2 = 1\text{ k}\Omega$:

$$V_{\text{mid}} = \left(\frac{1000}{1000 + 1000}\right) \cdot 5 = 0,5 \cdot 5 = 2,5\text{ V}$$

Mellanpunkten ligger exakt halva. Intuitivt vettigt: lika bromsning på båda sidorna = spänningen delas lika.

EXEMPEL 2 — FOTOCELL I MÖRKER

Fotocell i mörker ≈ 50 kΩ. Fast resistor = 1 kΩ. Fotocellen är R1 (över), 1 kΩ är R2 (under):

$$V_{\text{mid}} = \left(\frac{1000}{50000 + 1000}\right) \cdot 5 = 0,0196 \cdot 5 \approx 0,098\text{ V}$$

A0 visar ett väldigt lågt värde. Arduinons analog-till-digital-omvandlare mäter 0,098 V → ungefär 20 på 0–1023-skalan.

EXEMPEL 3 — FOTOCELL I STARKT LJUS

Fotocell i starkt ljus ≈ 500 Ω. Fast resistor = 1 kΩ:

$$V_{\text{mid}} = \left(\frac{1000}{500 + 1000}\right) \cdot 5 = 0,667 \cdot 5 \approx 3,33\text{ V}$$

A0 visar cirka 682 (3,33 V / 5 V × 1023 ≈ 682).

SÅ VARFÖR PRATAR NI OM SIFFROR SOM 150 / 400 / 900?

Verkligt rumsljus ligger någonstans mellan mörk och strålande sol. Arduinons ADC är 10-bits (1024 steg) vilket innebär runt 5 mV upplösning. I praktiken:

Mörker, hand över cellen	A0 ≈ 20–100
Rumsljus, taklampa	A0 ≈ 150–400
Direkt bordslampa	A0 ≈ 500–700
Ficklampa direkt	A0 ≈ 700–900
Midsommarsol direkt	A0 ≈ 900 – 1023 (mättad)

Dessa är **riktvärden**. Din exakta fotocell, din breadboard, ditt rum — alla påverkar. Kalibrera alltid med Serial Monitor innan du sätter en tröskel i koden.

Serie-resistorer, parallell-resistorer — snabbregler

För den som vill veta lite mer:

Två resistorer i serie: den totala resistansen är summan.

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2$$

Två resistorer parallellt (ena änden ihop, andra änden ihop): den totala resistansen är **mindre** än den minsta. Formeln:

$$R_{\text{total}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Ett specialfall värt att komma ihåg: två **lika stora** resistorer parallellt = halva värdet. Två 220 Ω parallellt = 110 Ω.

I kursen använder vi bara resistorer i serie. Men när ni googlar Arduino-projekt online kommer ni stöta på parallell-kopplingar också — nu vet ni vad de betyder.

Sammanfattning — det mest centrala

1. **Ohms lag:** $U = I \cdot R$. Tre variabler, en formel, tre omformuleringar.
2. **En LED kräver resistor i serie.** Alltid. Varje gång.
3. **Räkningen för 5 V + röd LED + 15 mA:** `(5 - 2) / 0,015 = 200 Ω` → välj 220 Ω.
4. **Olika färger = olika Vf**, men 220 Ω funkar som allroundval på 5 V.

5. **Spänningsdelaren** delar upp en spänning mellan två seriekopplade resistorer. Mellanpunktens spänning bestäms av förhållandet mellan resistorerna.

Och det viktigaste: **när något inte fungerar i en krets är oftast svaret ”räkna om”**. Inte ”gissa igen”.