



Laboration 3: Operationsförstärkaren

1 Inledning

I den här laborationen ska ni få öva mera på mätning och se hur operationsförstärkaren kan användas. Laborationen ska bidra till en grundläggande förståelse för:

- operationsförstärkaren som spänningsföljare (inverterande och icke-inverterande)
 - användning som mätförstärkare
 - användning som skydd av efterföljande kretsar
- operationsförstärkaren som komparator
- operationsförstärkare som linjär förstärkare
- inre resistans i mätinstrument och hur det kan störa mätningar

1.1 Utrustning

- 1st laborationsplatta med kopplingsdäck och Arduino Leonardo
- 3st likspänningskällor (1st Powerbox 3000 + 1st Mascot eller motsvarande)
- 2st multimetrar (Fluke 45, DT832/DVM830L – ingår i laborationskit)
- laborationskablar
- krokodilklämmor
- kopplingstråd (entrådig)
- resistorer:
 - 2st $4.7\ M\Omega$
 - 1st $1\ M\Omega$
 - 2st $100\ k\Omega$
- 1st operationsförstärkare CA3240
- 1st lysdiod
- 1st potentiometer ($10\ k\Omega$)

2 Moment 1: Mätning utan operationsförstärkare



Figur 2-1: Spänningsdelare

Ställ in spänningsaggregatets ena spänningskälla till 7 V. Stäng sedan av spänningsaggregatet. Koppla sedan en krets enligt Figur 2-1.

Kretsen liknar de kretsar som användes i Laboration 2, men med lite andra värden på resistorerna. Vi skall nu se om detta påverkar mätningen.

Uppgift 2.1

Beräkna potentialnivån i V_1 .

Uppgift 2.2 (redovisas i rapport)

Slå på spänningen till kretsen. Med Fluke-multimetern, mät potentialnivån i V_1 . Stämmer mätningen med teorin? Om inte, förklara varför! **Rita en bild** med alla ingående komponenter och använd denna för att resonera fram till varför du får det erhållna resultatet.

Tips! Kolla ingångsresistansen i databladet/manualen för multimetern!

Uppgift 2.3 (redovisas i rapport)

Räkna ut multimeters ingångsresistans baserat på mätvärdet från föregående uppgift. Stämmer det med uppgiften i databladet?

Uppgift 2.4 (redovisas i rapport)

Med DT832/DVM830L-multimetern (den som ingår i er laborationsutrustning), mät potentialnivån i V_1 . Blev det bättre eller sämre nu? Förklara varför!

Tips! Kolla ingångsresistansen i databladet/manualen för multimetern!

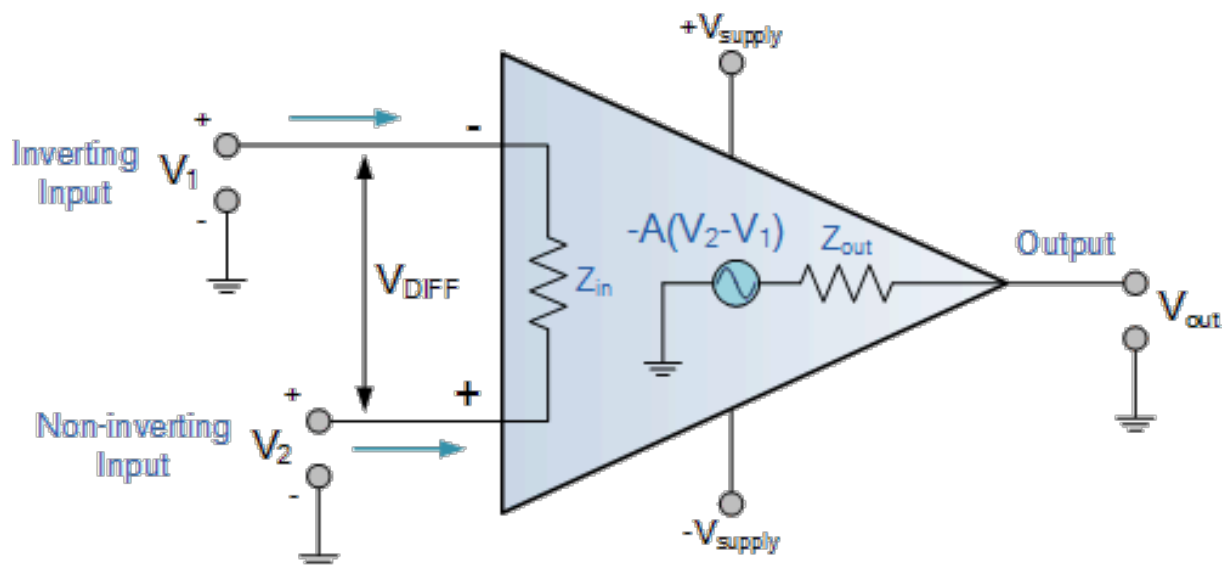
Uppgift 2.5 (redovisas i rapport)

Räkna ut multimeters ingångsresistans baserat på mätvärdet från föregående uppgift. Stämmer det med uppgiften i databladet?

3 Moment 2: Operationsförstärkaren som spänningsföljare

Nu skall vi börja använda en operationsförstärkare av typen CA3240. Kretsen innehåller 2 st operationsförstärkare, men vi behöver bara den ena.

Från teorin känner ni igen följande bild (något annorlunda ritad här):



Figur 3-1: Generell bild för operationsförstärkare

Ta fram databladet för CA3240 (finns på It's learning) och hitta följande data:

Uppgift 3.1

Vad är "Open Loop gain (A_{ol})"?

Uppgift 3.2

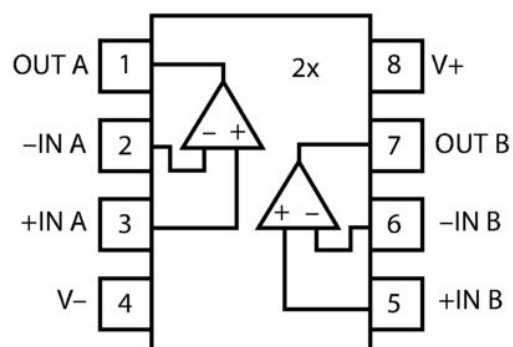
Vad är "Input impedance (Z_{in})"?

Uppgift 3.3

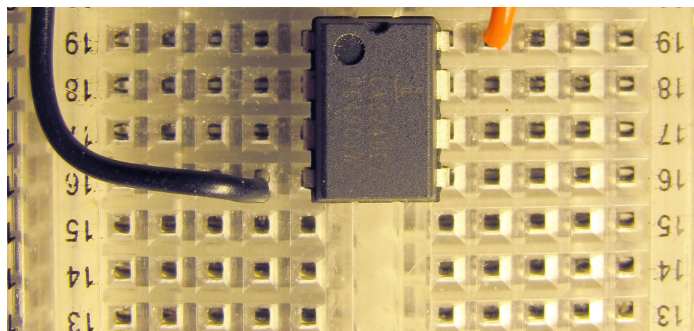
Vad är "Output impedance (Z_{out})"?

Operationsförstärkarna i kretsen kan beskrivas som i bilden till höger (Figur 3-2). Om man lägger kretsen med benen ner och det lilla uttaget i plasten vänt uppåt, så numreras benen som på bilden.

Placera kretsen enligt Figur 3-3 (på nästa sida) och koppla in V- till 0V och V+ till 12V på powerboxen (inte samma spänningsaggregat som kretsen i moment 1 är kopplad till, utan det andra spänningsaggregatet).

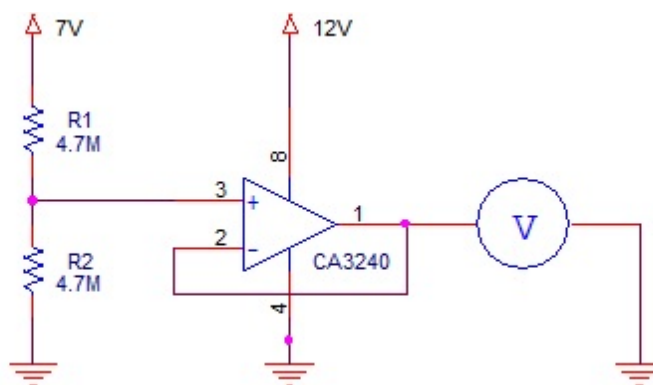


Figur 3-2: Anslutningar på CA3240



Figur 3-3: CA3240 med spänningsmatning, placerad likt Figur 3-2

Utgå från kopplingsschemat i Figur 2-1 och koppla in övriga komponenter enligt Figur 3-4.
OBS! Tänk på att koppla en gemensam jord!



Figur 3-4: Schema med samma koppling som i Figur 3-1, utökad med CA3240 kopplad som spänningsföljare

Uppgift 3.4

Koppla in Fluke-multimetern på utgången av operationsförstärkaren och mät spänningen.

Uppgift 3.5

Stämmer mätningen enligt teorin (jfr moment 1)? Varför? Vad skiljer denna mätning från mätningen i uppgift 2.2?

Uppgift 3.6 (redovisas i rapport)

Vad blir den teoretiska inresistansen på kretsen ovan? Inresistansen ökar med en faktor $(1+AB)$. Vad är A, respektive B i detta fall? Vad är inresistansen för kopplingen utan feedback?

4 Moment 3: Operationsförstärkaren som "skydd"

Förutom att förbättra ett mätinstruments inresistans, som vi har sett i föregående moment, så kan man använda samma koppling för att "skydda" exempelvis en ingång på en mikroprocessor.

Operationsförstärkaren är ju en mycket billigare komponent än processorn, så det är bättre att operationsförstärkaren går sönder än att processorn blir skadad.

I detta moment skall vi undersöka om kretsen i föregående moment kan användas till att skydda en mikroprocessoringång som har följande begränsningar (enligt databladet, se Figur 7-3):

- Max positiv inspänning: $+3.6V$ (V_{IH})
- Max negativ inspänning: $-0.3V$ (V_{IL})

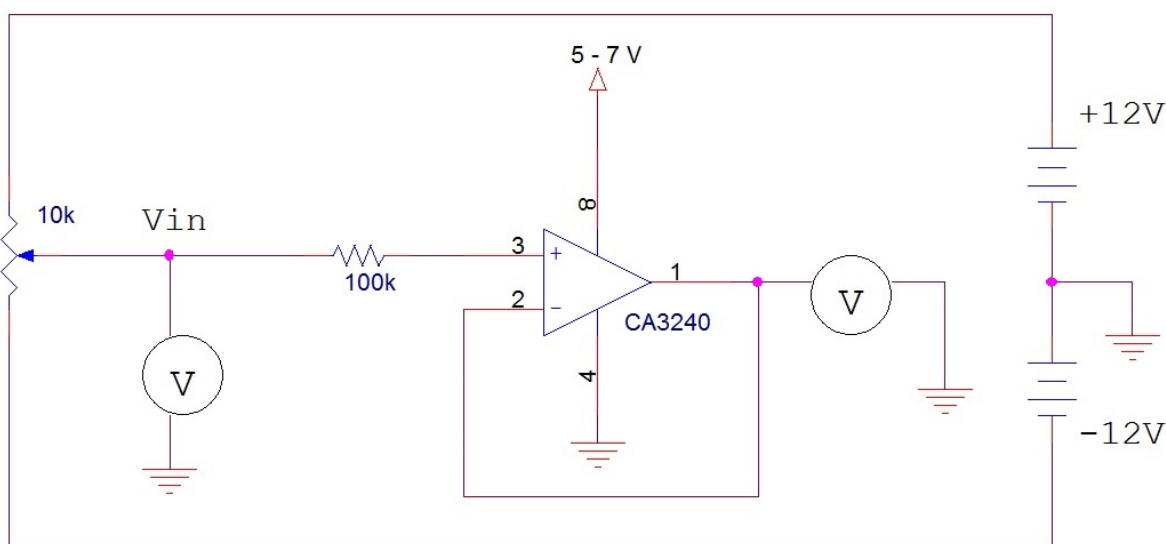
Uppgift 4.1 (redovisas i rapport)

Koppla en krets enligt Figur 4-1 (notera att ett tredje nätaggregat kan behövas för matningsspänningen till CA3240 – finns andra alternativ?). Justera matningsspänningen (5 – 7 V i schemat) så att max utspänning från CA3240 blir 3.6 V (justera potentiometern så att maximal utspänning erhålls). Vad skall matningsspänningen vara då?

Uppgift 4.2 (redovisas i rapport)

Variera spänningen ut från potentiometern (mät med den lilla multimetern, eller flytta mätpunkten för Fluke-voltmetern mellan utspänning och inspänning) från cirka $-12V$ till $+12V$. Hur varierar utspänningen? Klarar kretsen att skydda processorn med begränsningarna givna ovan?

Variera inspänningen V_{in} (mitten på potentiometern) och gör en tabell (exempelvis med värden för varje volt i intervallet för V_{in}) som visar hur utspänningen varierar med inspänningen.



Figur 4-1: Operationsförstärkare som skyddskrets

5 Moment 4: Operationsförstärkaren som komparator

Syftet med en komparator är att jämföra ("compare") två spänningar. I detta fall skapar vi en referensspänning med en spänningsdelare, som vi kopplar till den ena ingången på operationsförstärkaren. På den andra ingången kopplar vi in den spänning vi skall jämföra med.

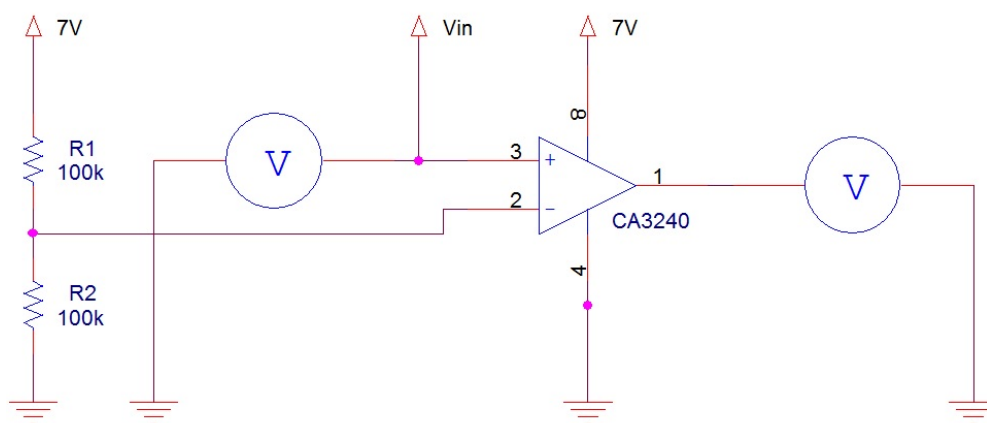
Enligt teorin kommer utgångens värde att vara: $V_{out} = A \cdot (V_+ - V_-)$

En komparator kan exempelvis användas för att göra om en analog signal till en digital signal ("1" = ca 5V eller "0" = ca 0V) som man sedan läser av i en digital ingång på Arduino-kortet. Genom att skifta ingångarna kan vi välja om vi vill få 1 eller 0 när inspanningen är över respektive under referensspänningen.

Uppgift 5.1 (redovisas i rapport)

Resonera kring vad som händer då insignalen är lägre än referensspänningen respektive när ingångsspanningen är högre än referensspänningen.

Koppla upp kretsen i Figur 5-1:



Figur 5-1: Komparatorkoppling

Koppla in V_{in} till "powerboxen" (inte samma spänningskälla som används till att spänningsförsörja CA3240, utan det andra – men med gemensam jord). Variera V_{in} enligt nedan.

Uppgift 5.2

Med V_{in} nära 0, mät spänningen på utgången av CA3240.

Uppgift 5.3

Med V_{in} på ca 5V, mät spänningen på utgången av CA3240.

Uppgift 5.4

Justera spänningen till den punkt där omslaget i utsignalen sker. Vid vilken spänning sker detta?

Uppgift 5.5

Utan att ändra inställningar från föregående uppgift, mät spänningen i referenspunkten (pin 2 på op-förstärkaren).



Uppgift 5.6

Byt plats på ingångarna på op-förstärkaren (referensspänning respektive Vin, alltså pin 2 och 3).

Uppgift 5.7

Med Vin nära 0, mät spänningen på utgången av CA3240.

Uppgift 5.8

Med Vin på ca 7V, mät spänningen på utgången av op-förstärkaren.

Uppgift 5.9 (redovisas i rapport)

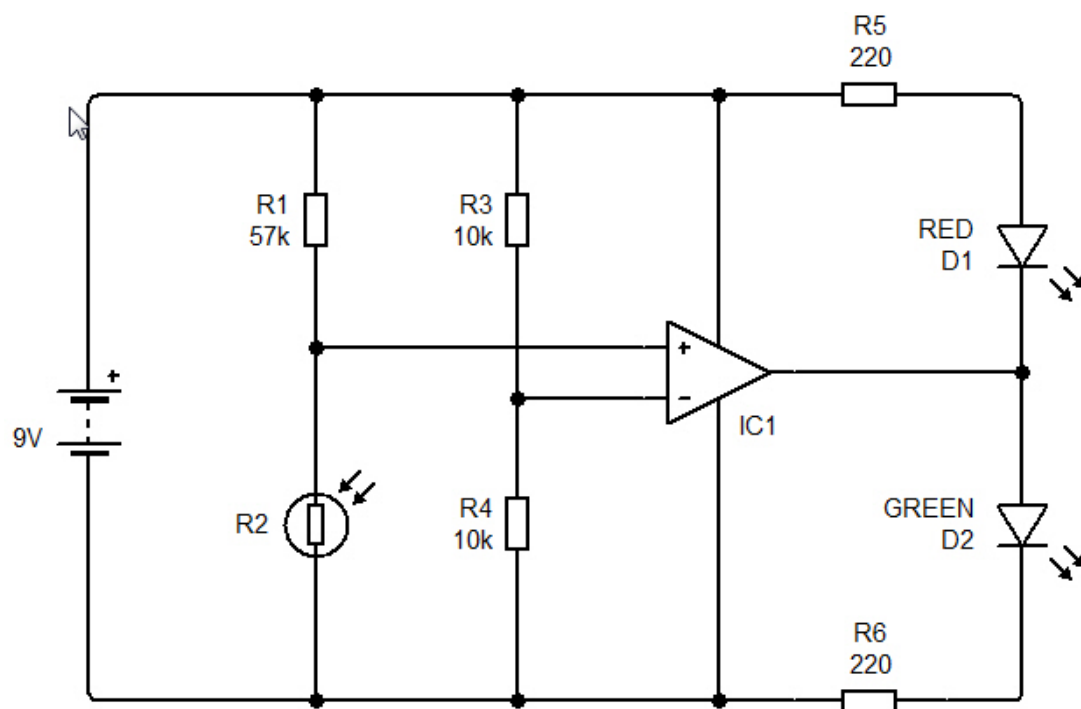
Förklara resultaten i uppgifterna 5.2 - 5.8.

Fördjupande uppgifter (görs om tid finns)

6 Moment 5: Operationsförstärkaren som komparator

Vi skall nu koppla upp en krets som fungerar som skymningsrelä, dvs en lysdiod (som ersätter belysningen i vårt fall) skall lysa då ljuset från exempelvis solen försvinner.

Vi skall utgå från ett schema som ser ut så här:



Figur 6-1: Schema för skymningsrelä

Schemat kommer från: <http://www.clarvis.co.uk/version2/opamps.html>

Studera gärna denna web-sida, som även innehåller lite beskrivningar av hur kretsen fungerar och kan modifieras.

Uppgift 6.1

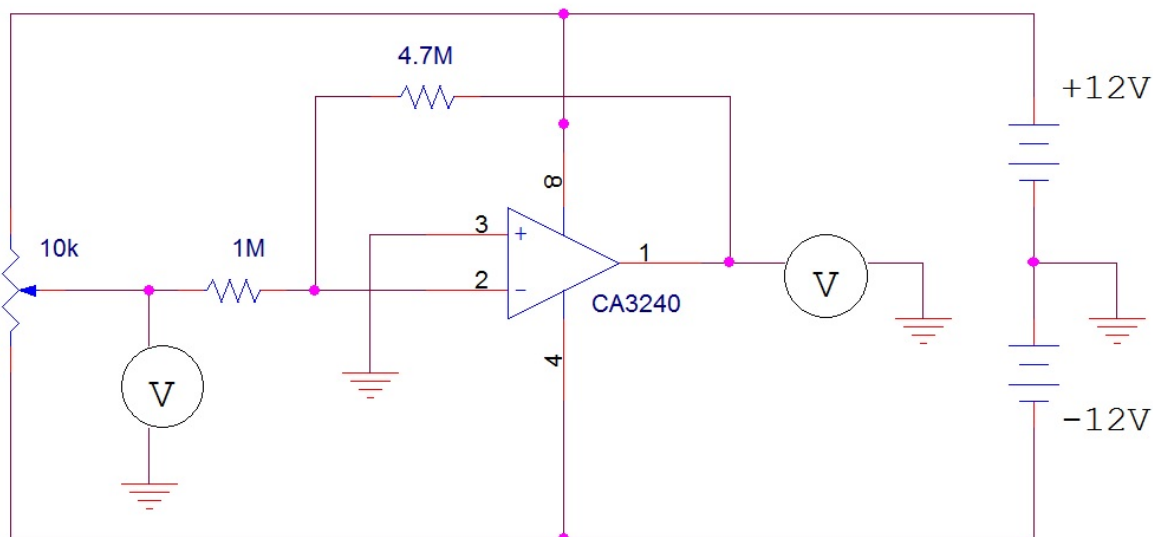
Modifiera (rita om) schemat, så att endast en lysdiod används. Fundera också på om "57k" är ett lämpligt värde då ni skall använda fotoresistorn som ni mätte på i lab1 som R2 i kretsen. Koppla upp och testa. Fungerar det bra?

Uppgift 6.2

Ersätt de två 10k-resistorerna med potentiometern, som ni har i komponentlådan. Testa nu med att prova olika lägen på potentiometern. Går det att ställa in kretsen så att känsligheten ökar? Förklara varför.

7 Moment 6: Förstärkare

Koppla upp en krets med begränsad förstärkning enligt Figur 7-1. Nu är vi inte i första hand intresserade av operationsförstärkaren som komparator, utan hur operationsförstärkaren fungerar som en förstärkare av insignaler (avsnittet "linear region" i figur Figur 7-2 nedan)



Figur 7-1: Koppling med förstärkning

Uppgift 7.1

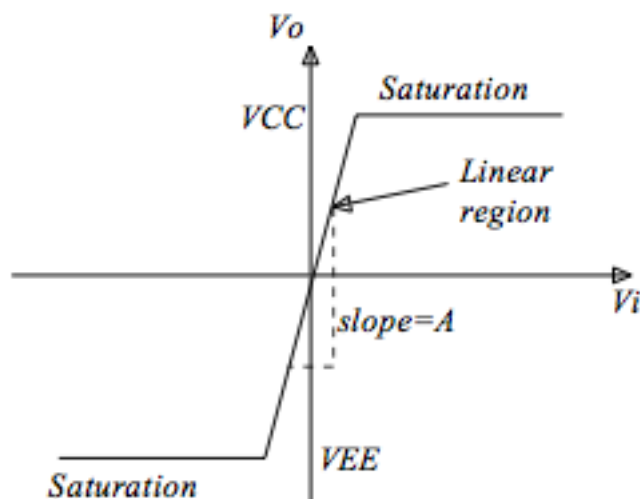
Hur stor blir förstärkningen i kretsen? Är den inverterande eller icke-inverterande?

Med hjälp av en spänning från potentiometern och med mätningar med Fluke-multimetern på utgången på operationsförstärkaren skall ni planera för att lösa uppgiften nedan.

Uppgift 7.2

Gör en tabell med lämpligt innehåll och gör mätningar i avsikt att kunna skapa en tabell och en figur liknande Figur 7-2 nedan. (en inverterande förstärkare gör att kurvan kommer att bli spegelvänd i horisontalplanet). *Tips! Fundera först hur stort det linjära området kan vara och välj sedan de olika insignalerna som skall användas för mätningarna baserat på detta.*

Vad innebär "slope = A" i figuren?



Figur 7-2: Op amp transfer characteristics

I den linjära regionen fungerar operationsförstärkaren som en linjär förstärkare och denna kan exempelvis användas till att förstärka ljudsignaler. I den här kursen kommer vi dock inte att gå in djupare på den typen av tillämpningar, utan detta lämnas för självstudier för den som är intresserad.

Referenser

Figur 3-1: Generell bild för operationsförstärkare är taget från:

http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_1.html

Figur 6-1: Schema för skymningsrelä är taget från:

<http://www.clarvis.co.uk/version2/opamps.html>

Figur 7-2: Op amp transfer characteristics är taget från:

http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-071j-introduction-to-electronics-signals-and-measurement-spring-2006/lecture-notes/22_op_amps1.pdf

Table 46-2. DC Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
V _{DDCORE}	DC Supply Core		1.62	1.8	1.95	V
V _{VDDIO}	DC Supply I/Os		1.62	3.3	3.6	V
V _{VDDBU}	Backup I/O Lines Power Supply		1.62		3.6	V
V _{VDDUTMI}	USB UTMI+ Interface Power Supply		3.0		3.6	V
V _{VDDPLL}	PLL A, UPLL and Main Oscillator Supply		1.62		1.95	V
V _{VDDANA}	ADC Analog Power Supply		(1)		(1)	V
V _{IL}	Input Low-level Voltage	PIOA/B/C/D/E/F[0-31]	-0.3		0.3 × V _{VDDIO}	V
V _{IH}	Input High-level Voltage	PIOA/B/C/D/E/F[0-31]	0.7 × V _{VDDIO}		V _{VDDIO} + 0.3V	V
		PIOA/B/C/D/F/FIO-311				

Figur 7-3: Utdrag från Datablad för Atmel CPU (Arduino Due)