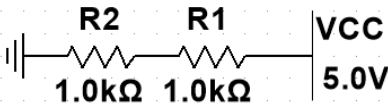
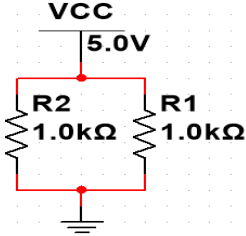
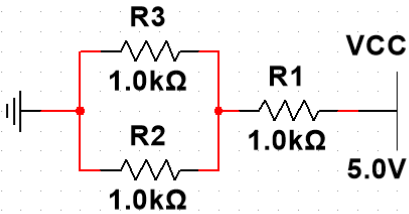
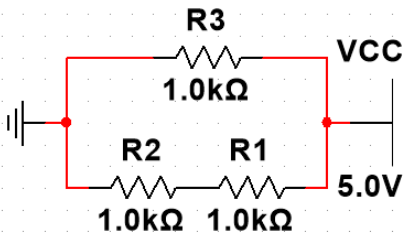
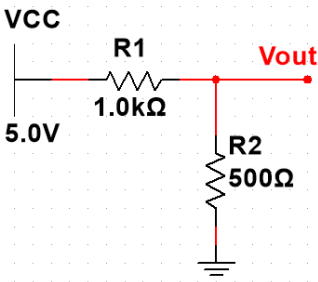
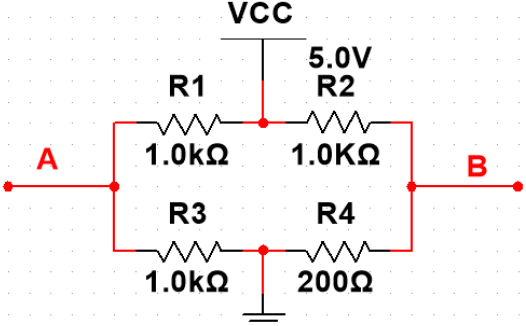
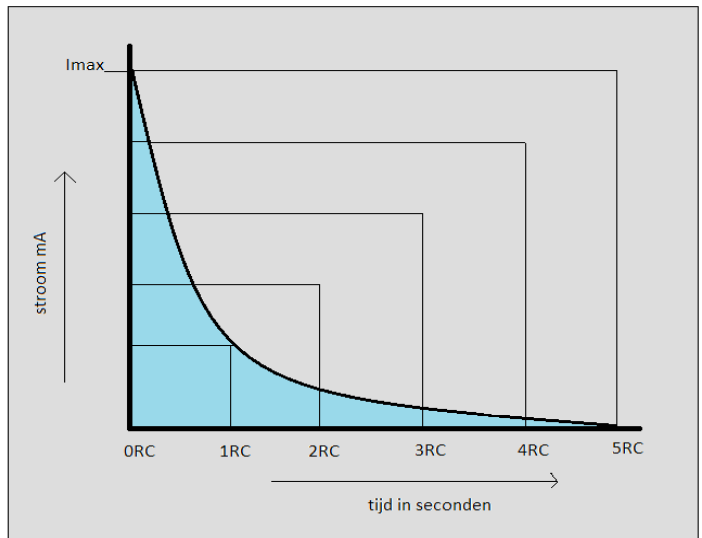
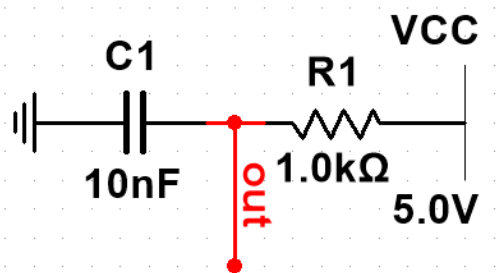


serieschakeling	Parallelschakeling
	
$R_{totaal} = R1 + R2$ $R_{totaal} = 1k\Omega + 1k\Omega$	$R_{totaal} = \frac{1}{(R1)^{-1} + (R2)^{-1}}$ $R_{totaal} = \frac{1}{(1k\Omega)^{-1} + (1k\Omega)^{-1}}$
Serie-parallelschakeling	Parallel-serieschakeling
	
$R_{totaal} = R1 + \frac{1}{(R2)^{-1} + (R3)^{-1}}$ $R_{totaal} = 1k\Omega + \frac{1}{(1k\Omega)^{-1} + (1k\Omega)^{-1}}$	$R_{totaal} = \frac{1}{(R1 + R2)^{-1} + (R3)^{-1}}$ $R_{totaal} = \frac{1}{(1k\Omega + 1k\Omega)^{-1} + (1k\Omega)^{-1}}$
Spanningsdeler	Brug van wheatstone
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkleinen van signalen</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkleinen van signalen</li> <li>• Vergelijken van variabele signalen</li> </ul>
$V_{out} = VCC * \frac{R2}{R1 + R2}$ $V_{out} = 5V * \frac{500\Omega}{1k\Omega + 500\Omega}$	$A = VCC * \frac{R3}{R1 + R3} \quad A = 5V * \frac{1k}{1k\Omega + 1k\Omega}$ $B = VCC * \frac{R4}{R2 + R4} \quad B = 5V * \frac{200\Omega}{200\Omega + 1k\Omega}$

## DC Resistor Capacitor schakeling



- Het opladen van een condensator wordt uitgedrukt in RC (Resistente Capacitantie in seconden)
- Een niet opgeladen condensator 0RC
- Een volledig opgeladen condensator 5RC

Vinden van  $I_{max}$

$$I_{max} = \frac{V_{cc}}{R1} \rightarrow I_{max} = \frac{5V}{1k\Omega} = 5mA$$

- we kunnen dus stellen dat na 5RC de stroom ongeveer gelijk is aan 5mA

Laadtijd bepalen:

- De laadtijd van een condensator wordt bepaald door capaciteit en de weerstand

$$1\tau(t) = C * R \quad 1\tau(t) = 10nF * 1k\Omega \rightarrow 1RC = 10\mu s$$

- Na 5RC (50μs) is de stroom in de condensator 50mA
- Na 5RC is de spanning over de weerstand 5V
- Hoe voller de condensator hoe moeilijker het opladen is
- De ontlaadtijd van een condensator is hier het lineaire tegenovergestelde van:
- Na 5RC (50μs) is de stroom in de condensator 0mA
- Na 5RC is de spanning over de condensator 0V
- Hoe voller de condensator hoe gemakkelijker het ontladen is

Stel je wilt de spanning weten over de weerstand als de condensator:

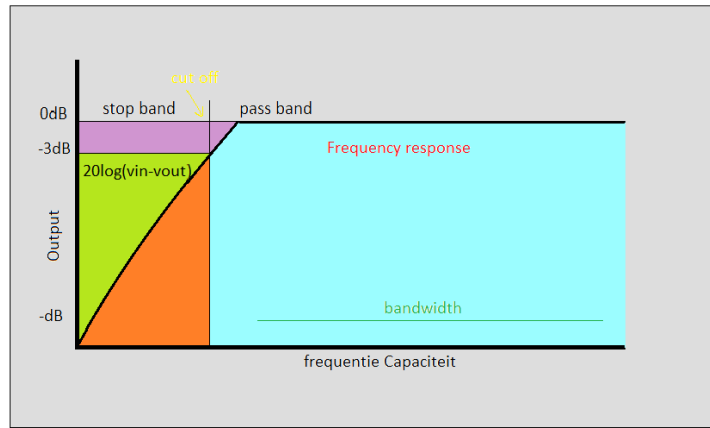
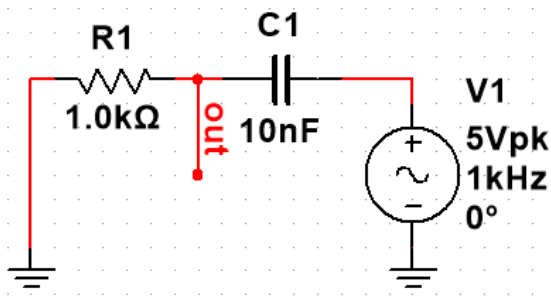
$$100\% \text{ is opgeladen} \rightarrow 5V * 1 = 5V$$

$$67\% \text{ is opgeladen} \rightarrow 5V * 0.67 = 3.35V$$

$$37\% \text{ is opgeladen} \rightarrow 5V * 0.37 = 1.85V$$

- We kunnen ook bij DC het filterprincipe toepassen, bijvoorbeeld bij drukknoppen, veranderlijke signalen etc..
- het opladen en ontladen van een condensator is ook bij het filterprincipe in AC schakelingen

## AC Condensator Resistor schakeling (hoogdoorlaatfilter)



- De complexe impedantie

$$R_{totaal} = \sqrt{\text{weerstand}^2 + \text{capacitieve weerstand}^2}$$

$$R_{totaal(Z)} = \sqrt{(R1)^2 + \left(\frac{1}{2 * \pi * f * C}\right)^2}$$

$$R_{totaal(Z)} = \sqrt{(1k\Omega)^2 + \left(\frac{1}{2 * \pi * 1kHz * 10nF}\right)^2}$$

- Hoe hoger de frequentie hoe hoger de uitgangsspanning

$$Out = V_{in} * \frac{X_c}{Z} \quad Out = 5V * \frac{15915.49\Omega}{15946.87\Omega} \quad Out = 4.99V$$

- Als de impedantie van de condensator gelijk is aan de complexe impedantie is het uitgangssignaal het ingangssignaal

- De faseverschuiving

$$\varphi = -\arctan\left(\frac{1}{2 * \pi * f * R * C}\right) \quad \varphi = -\arctan\left(\frac{1}{2 * \pi * 1kHz * 1k\Omega * 10nF}\right) = 89.996^\circ$$

- Enkele dingen om te weten=
- de faseverschuiving op 0 Hz is altijd gelijk aan  $0^\circ$
- de faseverschuiving op de cutoff frequentie is altijd gelijk aan  $45^\circ$
- de faseverschuiving op  $\infty$  Hz is altijd gelijk aan  $90^\circ$

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * 15915.49Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx 45^\circ$$

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * 0Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx 0^\circ$$

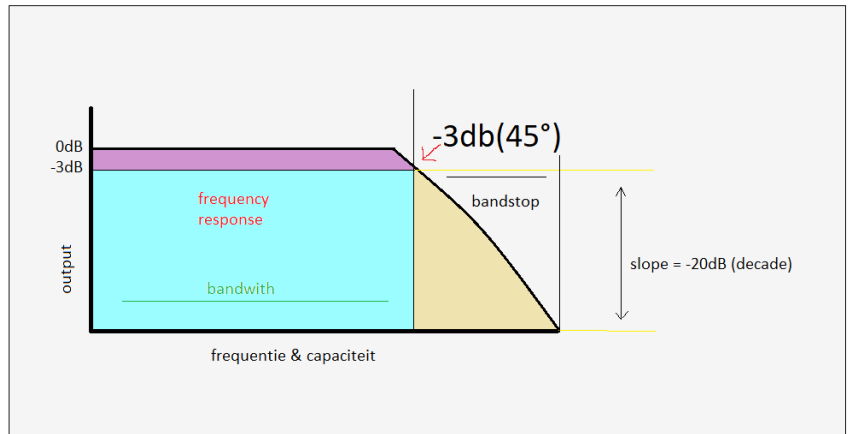
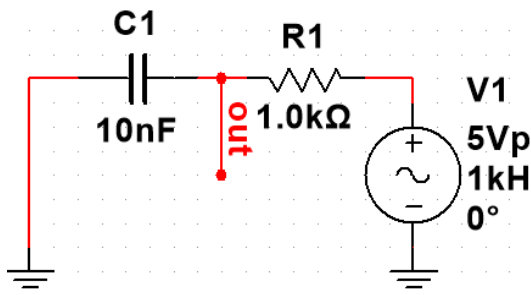
$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * \infty Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx 90^\circ$$

- De frequentie cutt-off is afhankelijk van de condensator en de weerstand

$$f_{cutoff} = \frac{1}{2 * \pi * R * C} \quad f_{cutoff} = \frac{1}{2 * \pi * 1k\Omega * 10nF} \quad f_{cutoff} = 15915.49Hz$$

- Als de schakeling in cutoff staat is de schakeling -3dB (70.7% -71% van het ingangssignaal)
- $+20\log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$
- De bandstop is het punt vanaf de cutoff tot  $\infty$
- 
- Omdat er een weerstand-condensator in de schakeling staat weten we dus:
  - De schakeling op cutoff is  $-45^\circ$  uit fase
  - De schakeling zal het signaal verzwakken hoe lager de frequentie wordt
- De schakeling heeft minder invloed op het signaal hoe hoger de frequentie wordt

## AC Resistor Condensator schakeling (laagdoorlaatfiter)



- De complexe impedantie

$$R_{totaal} = \sqrt{\text{weerstand}^2 + \text{capacitieve weerstand}^2}$$

$$R_{totaal(Z)} = \sqrt{(R1)^2 + \left(\frac{1}{2 * \pi * f * C}\right)^2}$$

$$R_{totaal(Z)} = \sqrt{(1k\Omega)^2 + \left(\frac{1}{2 * \pi * 1kHz * 10nF}\right)^2}$$

- Hoe lager de frequentie hoe hoger de uitgangsspanning

$$Out = V_{in} * \frac{X_c}{Z} \quad Out = 5V * \frac{15915.49\Omega}{15946.87\Omega} \quad Out = 4.99V$$

- De faseverschuiving

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * 1kHz * 1k\Omega * 10nF) = 3.99^\circ$$

- Enkele dingen om te weten=

- de faseverschuiving op 0 Hz is altijd gelijk aan 0°
- de faseverschuiving op de cutoff frequentie is altijd gelijk aan -45°
- de faseverschuiving op ∞ Hz is altijd gelijk aan 90°

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * 15915.49Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx -45^\circ$$

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * 0Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx 0^\circ$$

$$\varphi = -\arctan(2 * \pi * f * R * C) \quad \varphi = -\arctan(2 * \pi * \infty Hz * 1k\Omega * 10nF) \approx -90^\circ$$

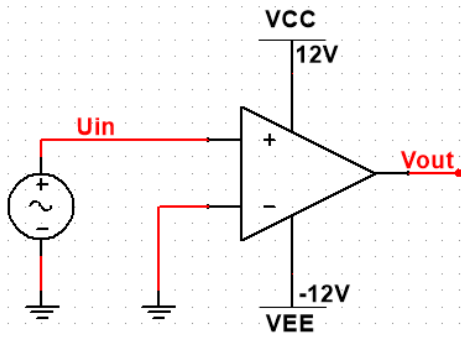
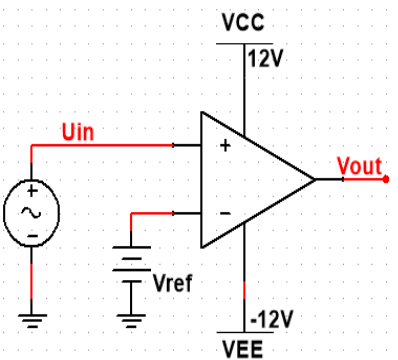
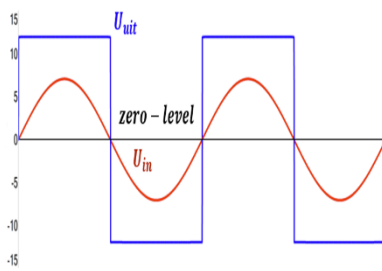
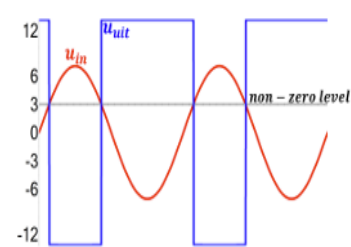
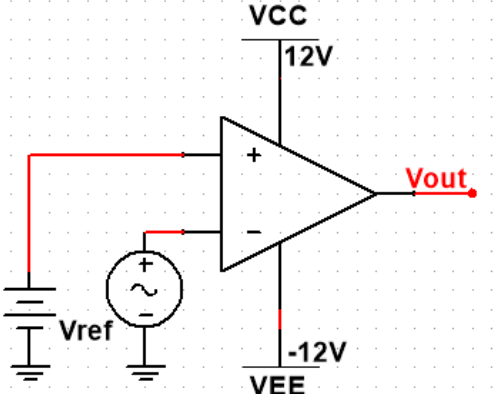
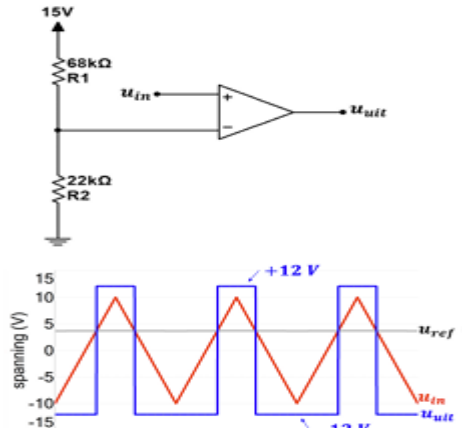
- De frequentie cutt-off is afhankelijk van de weerstand en de condensator

$$f_{cutoff} = \frac{1}{2 * \pi * R * C} \quad f_{cutoff} = \frac{1}{2 * \pi * 1k\Omega * 10nF} \quad f_{cutoff} = 15915.49Hz$$

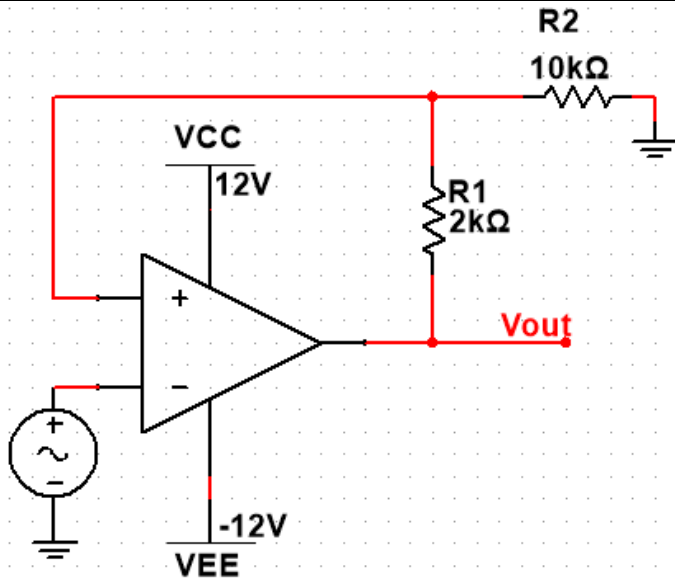
- Als de schakeling in cutoff staat is de schakeling -3dB (70.7% -71% van het ingangssignaal)

$$20 \log \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right)$$

- De bandstop is het punt vanaf de cutoff tot ∞
- Omdat er een weerstand-condensator in de schakeling staat weten we dus:
  - De schakeling op cutoff is -45° uit fase
  - De schakeling zal het signaal verzwakken hoe hoger de frequentie wordt
  - De schakeling heeft minder invloed op het signaal hoe lager de frequentie wordt

Zero level detector	Non zero level detector
	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een nulvoltdetector werkt met referentievoltages met 0V als referentiepunt</li> <li>• Van zodra de spanning &gt; 0V</li> <li>• <math>V_{out} = V_{cc}</math></li> <li>• Van zodra de spanning &lt; 0V</li> <li>• <math>V_{out} = V_{ee}</math></li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een voltagedetector werkt met referentievoltages met een Voltage als referentiepunt</li> <li>• Van zodra de spanning &gt; Vref</li> <li>• <math>V_{out} = V_{cc}</math></li> <li>• Van zodra de spanning &lt; Vref</li> <li>• <math>V_{out} = V_{ee}</math></li> </ul>
Inverterende level detector	Voorbeeld met sawtooth ingangssignaal
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een inverterende voltagedetector werkt met referentievoltages met een Voltage als referentiepunt</li> <li>• Van zodra de spanning &lt; Vref</li> <li>• <math>V_{out} = V_{cc}</math></li> <li>• Van zodra de spanning &gt; Vref</li> <li>• <math>V_{out} = V_{ee}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Van zodra er een voltage is dat over de referentiespanning gaat is de uitgangsspanning de positieve bronspanning</li> <li>• Van zodra de spanning onder dat referentiepunt gaat is de negatieve bronspanning</li> </ul>

## Comparator met hysteresis



$$U_{+ref} = \frac{R2}{R1+R2} * V_{cc} = \frac{10k}{2k+10k} * 12V = 10V$$

$$U_{-ref} = \frac{R2}{R1+R2} * V_{ee} = \frac{10k}{2k+10k} * -12V = -10V$$

- In de situatie dat de ingang spanning groter is dan 10V
- $V_{out} = V_{cc}$
- In de situatie dat de ingang spanning kleiner is dan -10V
- $V_{out} = V_{ee}$

Let op!

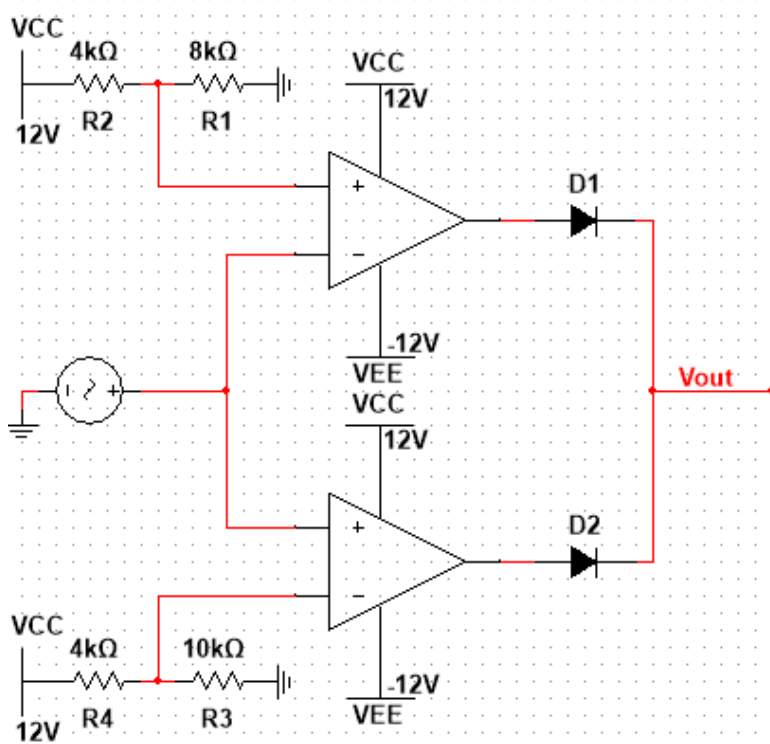
- Dit blijft een referentie comparator, hij moet een niveau detecteren voordat hij veranderd van staat
- Als je in het voorbeeld boven de 10V komt moet je eerst -10V gehaald hebben om terug van staat te veranderen
- Men gebruikt veel vaker GND als VEE om dit op te lossen
- Een detectie op twee niveaus is met een windowcomparator

Een comparator met hysteresis is een comparator die wordt voorzien van een terugkoppeling.

Deze terugkoppeling zorgt ervoor dat de gevoeligheid van de comparator wordt verminderd, via weerstanden R1 en R2 kunnen we dit gedrag manipuleren.

Een voorbeeld van toepassing is een regelsysteem voor druk in een tank, we willen soms meer of minder druk in een tank. Met een hysteresis kunnen we hier een systeem voor bedenken.

## Windowcomparator



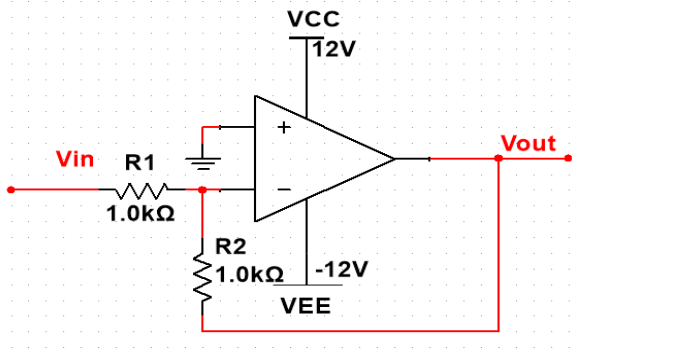
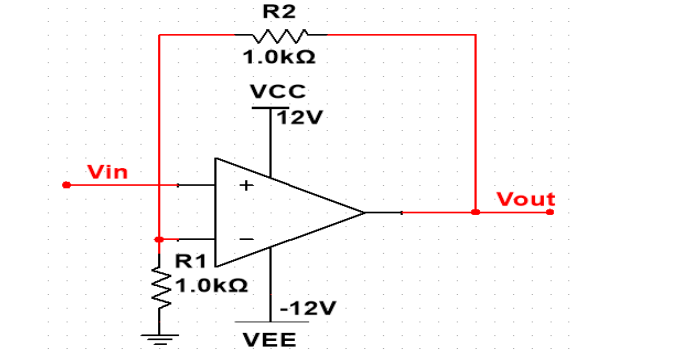
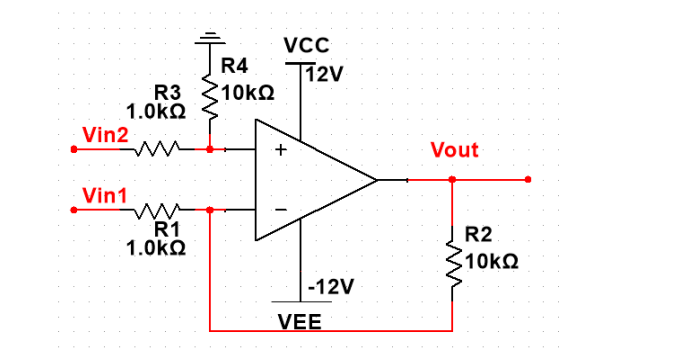
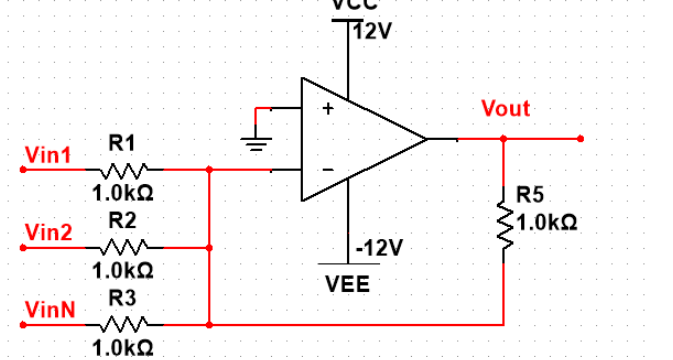
$$U_{+ref} = \frac{R1}{R2+R1} * V_{cc} = \frac{8k}{4k+8k} * 12V = 8V$$

$$U_{-ref} = \frac{R3}{R3+R4} * V_{cc} = \frac{10k}{20k+10k} * 12V = 4V$$

Deze schakeling reageert als volgt

- De comparator detecteert een spanning boven de 8V => 0V aan Vout
- De comparator detecteert een spanning onder de 4V => 0V aan Vout
- De comparator detecteert een spanning tussen de 4V en 8V => 12V aan Vout

- Een windowcomparator is een schakeling die ervoor zorgt dat we tussen referentiepunten kunnen manoeuvreren.
- We kunnen deze referentiepunten instellen om voor een inkomend signaal acties te ondernemen

Inverting amplifier	Non inverting amplifier
	
<p>Uitgangsspanning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>V_{out} \approx -V_{in} * \frac{R2}{R1}</math></li> </ul> <p>Versterkingsfactor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A = -\frac{R2}{R1}</math></li> </ul> <p>⇒ Ingangsimpedantie = R1          ⇒ Lage uitgangsimpedantie</p>	<p>Uitgangsspanning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>V_{out} \approx V_{in} * (1 + \frac{R1}{R2})</math></li> </ul> <p>Versterkingsfactor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A = 1 + \frac{R2}{R1}</math></li> </ul> <p>⇒ Zeer hoge ingangsimpedantie          ⇒ Lage uitgangsimpedantie</p>
Differential amplifier	Inverting summing amplifier
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>uitgangsspanning</li> <li><math>V_{out} = (1 + \frac{R2}{R1}) * (\frac{R4}{R3+R4}) * V2 * \frac{R2}{R1} * V1</math></li> </ul> <p>⇒ Ingangsimpedantie = R1          ⇒ Lage uitgangsimpedantie</p>	<p>Uitgangsspanning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>V_{out} = -R_{ref}(R5) * (\frac{V1}{R1} + \frac{V2}{R2} + \frac{Vn}{R3})</math></li> </ul> <p>Versterking:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A = \frac{V_{in(123)}}{V_{out}}</math></li> </ul> <p>⇒ Ingangsimpedantie = R1    R2    R3          ⇒ Lage uitgangsimpedantie</p>

Mogelijke examenvragen:
Wat is het werkingsprincipe van een inverterende versterker?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Door de grote spanningsversterking van de op-amp zal zonder (negatieve) terugkoppeling een kleine spanning tussen de ingangen direct naar de Vcc of Vee sturen.</li> <li>De (negatieve) terugkoppeling werkt dit tegen, de opamp stuurt stroom door R2 totdat de spanning op de inverterende ingang gelijk is aan de niet inverterende ingang.</li> <li>Dit hefboomeffect wordt ook "virtual ground" genoemd omdat het referentiepunt van dit effect 0V is</li> </ul>
Wat is het werkingsprincipe van een niet inverterende versterker
<ul style="list-style-type: none"> <li>De spanningsdeler R2 en R1 zorgen ervoor dat er op de inverterende ingang dezelfde spanning komt te staan als op de niet inverterende ingang</li> </ul>
Waarom gebruik je liever een inverterende somversterker dan een niet-inverterende?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Van zodra een van de ingangen van een niet inverterende somversterker wegvalt wordt de gain verdubbeld voor de andere kanalen</li> <li>Van zodra je een kanaal extra toevoegt dropt de gain van de andere kanalen</li> <li>Iedere variabele ingang met een andere impedantie betekend een verschil in gain per kanaal</li> <li>Geen enkele van bovenstaande problemen is er bij de inverterende somversterker</li> </ul>
Geef het werkingsprincipe van een inverterende somversterker
<ul style="list-style-type: none"> <li>Een somversterker telt een aantal signalen met een eigen gewicht bij elkaar op, deze schakeling is eigenlijk een uitbreiding op de inverterende versterker met hetzelfde werkingsprincipe van virtual ground.</li> </ul>
Geef het werkingsprincipe van een differentieelversterker
<ul style="list-style-type: none"> <li>De differentieel versterker werkt als verschilversterker die het verschil tussen V<sub>in</sub> en V<sub>-in</sub> versterkt met een factor afhankelijk van weerstanden R2/R1</li> </ul>
Geef 2 toepassingen van condensatoren.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Netwerkfilters</li> <li>Timercircuits</li> </ul>
Hoe werkt een brug van wheatstone?
<ul style="list-style-type: none"> <li>De ideale brug van wheatstone bestaat uit drie <b>exact dezelfde weerstanden</b> en een veranderlijke weerstand.</li> <li>Door het spanningsdeler principe toe te passen krijgen we twee punten A en B</li> <li>A is ons referentiepunt, en B is onze veranderlijke weerstand en dus ons meetpunt.</li> </ul>
Wat is het verschil tussen een actieve en een passieve filter?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Een passieve filter is een niet versterkte filter met enkel een weerstand en condensator</li> <li>⇒ We gebruiken passieve filters vaak voor het ruw aanpassen van signalen</li> <li>Een actieve filter is een versterkte filter met op-amps/transistors</li> <li>⇒ We gebruiken actieve filters om kleine signalen zoals sensors/audio te filteren en te versterken</li> </ul>
Wat is capaciteit?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Een capaciteit is het vermogen om een bepaalde hoeveelheid elektrische lading op te slaan en vast te houden voor een bepaalde periode.</li> </ul>
Wat is het verschil tussen keramische en elektrolytische condensators?
<p>Keramische condensators</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zijn niet gepolariseerd en hun lagen zijn gescheiden door een keramisch materiaal</li> <li>meestal een lage ESR -&gt; lage impedantie</li> </ul> <p>Elektrolytische condensators</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zijn gepolariseerd en hun lagen zijn gescheiden door een elektrolyt en metaaldioxidelag. Dit maakt dat we deze elektrolyt kunnen beschouwen als anode en een van de metalen platen als kathode.</li> <li>Meestal een hogere impedantie die sterker afhankelijk is van de frequentie.</li> </ul>
Wat is het nut van een zero level detector geef een toepassing?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Als een bepaalde spanningsbron wegvalt kan een nulvoltdetector een indicatie geven</li> </ul>