

Elektronic Eg w/ Resistor

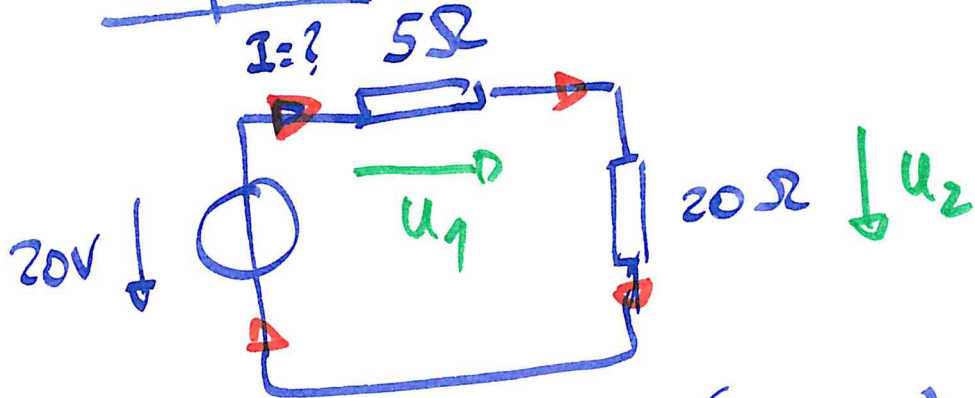
14.6.19

(1) (2)

OP: Operational Amplifier

⚠️ **Head:** Only some students, there for LT Spice exple

Exemple 1:



$$I = I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2} = \left(U = R \cdot I \right)$$

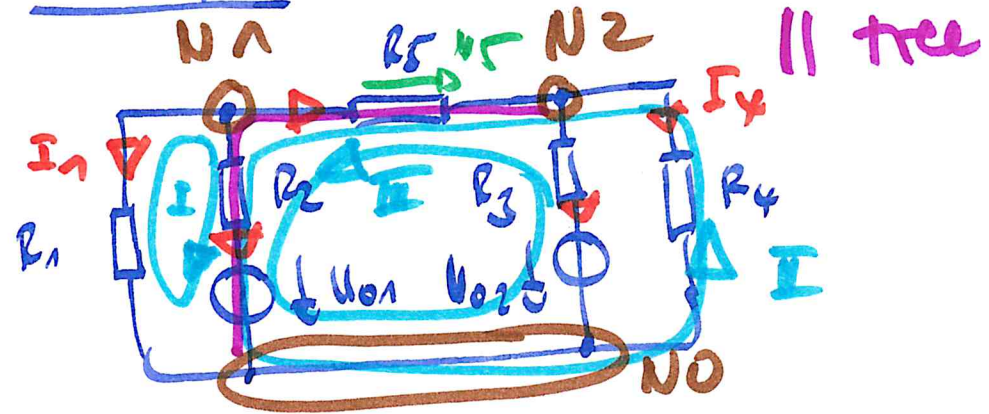
$$\frac{20V}{5\Omega + 20\Omega} = \frac{20V}{25\Omega} =$$

$$= \frac{20V \cdot 4}{25\Omega \cdot 4} = \frac{80V}{100\Omega} = 0.8 A$$

$$U_1 = 5\Omega \cdot 0.8 A = 4V$$

$$U_2 = 20\Omega \cdot 0.8 A = 16V$$

Example 2: Ex. 2. D4



$$R_1 = R_3 = R_5 = 10\Omega$$

$$R_2 = R_4 = 5\Omega$$

$$U_{01} = U_{02} / 2 = 10V$$

$$U_{01} = U_{02} / 2 = 10V$$

$$U_{01} = 10V$$

$$U_{02} / 2 = 10V$$

~~$$2 \cdot \frac{U_{02}}{2} = 10V \cdot 2$$~~

$$U_{02} = 20V$$

③

④

D4,	C1	B1	A6	
		B2	A7	
40	R	B4	A13	
	20	B5	A10	?
		B6		
		15	15	15

→ ?

105

poss : 40 Points

- op
- step
- param
- :
- :

Commands to LT Spice

in detail the Command Step

⇒ Exercise D4 is a characteristic one in theme and simulation

Example: D4

- 1.) Clear the nodes (3)
- 2.) Sketch a tree
- 3.) Number the resistors R_1, R_2, \dots, R_5

4). Create the node eqn. ⑤ ⑥

- we have to give a direction to the arms \rightarrow

- with kind to \uparrow we create Nodes $-1 = 2$ Nodes eqn.

$$N1: -I_1 - I_2 - I_5 = 0$$

$$N2: -I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

$$0 \cdot I_1 + 0 \cdot I_2 - 1 \cdot I_3 - 1 \cdot I_4 + 1 \cdot I_5 = 0$$

5). Loop equations, 3 eq.

$$I \quad R_2 \cdot I_2 - R_1 \cdot I_1 + U_{01} = 0$$

$$II \quad -R_4 \cdot I_4 + R_2 \cdot I_2 + U_{01} - R_5 \cdot I_5 = 0$$

$$III \quad + U_{01} - U_{02} - R_3 \cdot I_3 - R_5 \cdot I_5$$

$$+ R_2 I_2 = 0$$

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 1 \\ -R_1 & R_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & -R_4 & -R_5 \\ 0 & 0 & -R_3 & 0 & -R_5 \end{pmatrix} \underline{I} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -U_{01} \\ -U_{01} \\ U_{01} - U_{02} \end{pmatrix}$$

this is exam. Δ
with values

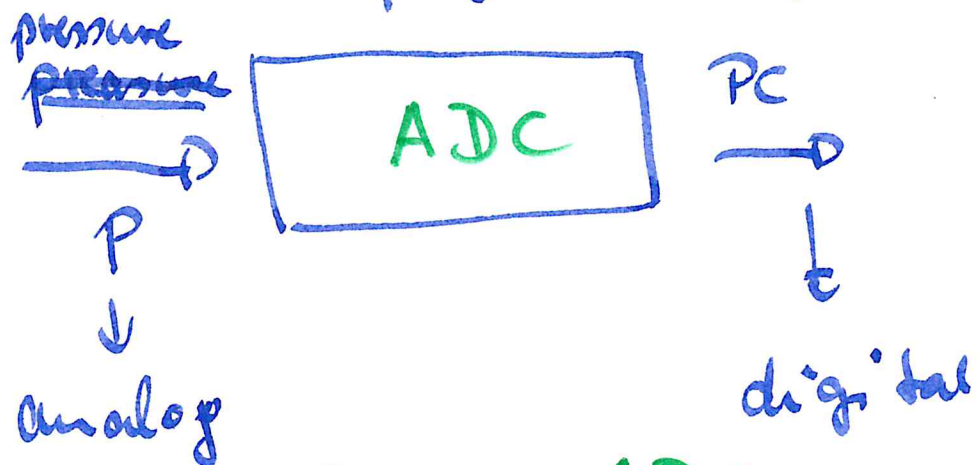
Industrial Electronics, 15.6.19 ①

Repeat: Node Potential method

Example DF. ~~→ we didn't learn the theory~~

Application of OP (Operational Amp)

- In Industry it is necessary, to measure physical signals



so we need **ADC**

②

Analog Digital Converter

Also we need **DAC**

(Digital Analog C.), to

control actuators → arm of a
motor magnet robot

But we have more analog
signals than actuators

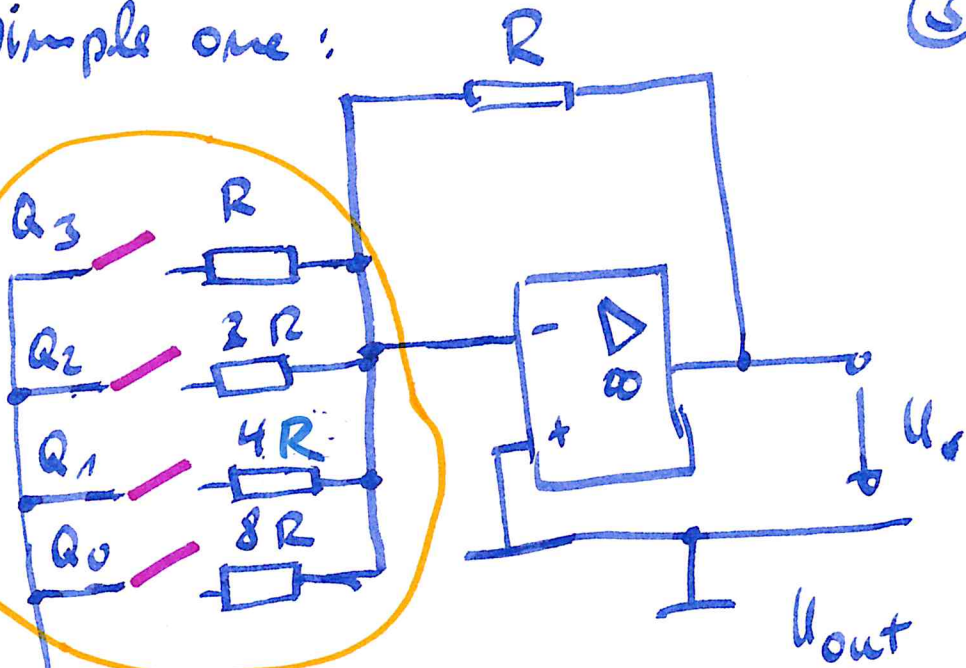
Both devices we learn:

1. DAC

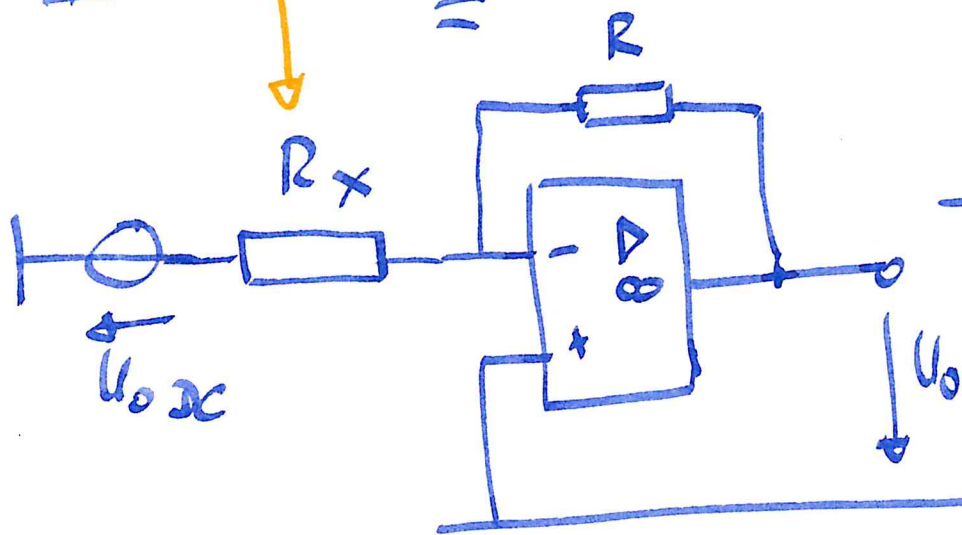
simple one:

③

④



\equiv



gain $v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{R}{R_x}$

\downarrow
 U_{0DC}

$$U_{out} = -\frac{R}{R_x} U_{0DC}$$

$$R_x = ? = ? ?$$

$$\frac{1}{R_x} = \frac{Q_3}{R} + \frac{Q_2}{2R} + \frac{Q_1}{4R} + \frac{Q_0}{8R}$$

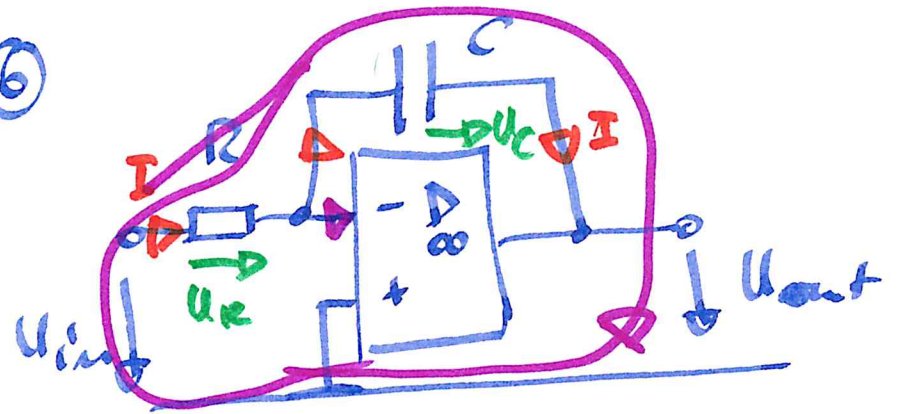
with $Q_i = 0$ or 1

$$\frac{1}{R_x} = \frac{Q_3}{R} + \frac{Q_2}{2R} + \frac{Q_1}{4R} + \frac{Q_0}{8R}$$

$$U_{out} = -R \left(\frac{Q_3}{R} + \frac{Q_2}{2R} + \frac{Q_1}{4R} + \frac{Q_0}{8R} \right) U_{0DC}$$

$$U_{out} = - \frac{U_0 \cdot D_c}{8} (Q_0 \cdot 2^0 + Q_1 \cdot 2^1 + Q_2 \cdot 2^2 + Q_3 \cdot 2^3) \quad (5)$$

(6)



in finite, $I_D = \sigma \frac{U}{z} \rightarrow \infty$

$I_D = \frac{U}{z} \rightarrow \infty$

we know:

$$I = \frac{U_{in}}{R}$$

$$i_c = C \int u_c dt$$

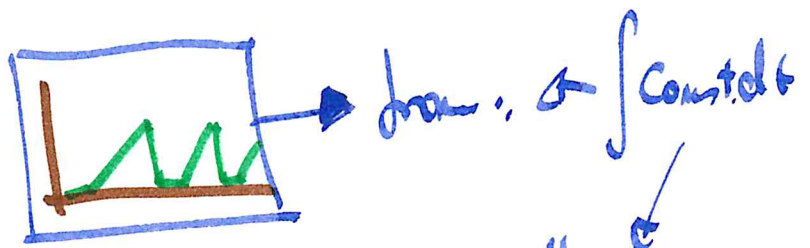
$$[i_c] = A = [C] u_c dt = F V s \frac{1}{s} = \frac{F \cdot V}{s}$$

$$\Rightarrow \frac{s}{V} \cdot V \cdot s = \frac{s \cdot A \cdot V \cdot s}{V}$$

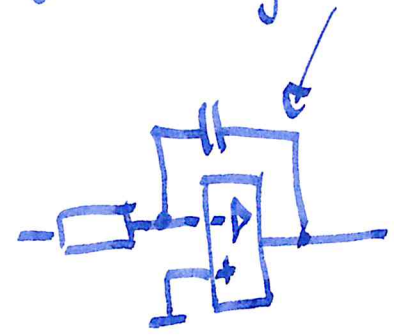
2.) ADC Type A

What we need:

1.) Saw-tooth-generator



~~2.) Comp~~



→ Integrator

$$\left\{ \begin{aligned} 1 F &= 1 \frac{C}{V} = 1 \frac{As}{V} \\ 1 H &= \dots 1 \frac{Vs}{A} \end{aligned} \right.$$

(7) | (8)

→ $\frac{As}{V} \cdot V \cdot s = As^2$

We know:

$u_L = L \frac{di}{dt}$	Voltage of a wire loop
$i_C = C \frac{du_C}{dt}$	Current of a capacitor

$$\int \frac{i_C dt}{C} = \int \frac{du_C}{dt} dt$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt = \frac{1}{C} \int I dt$$

$$u_{in} - u_{out} - \frac{1}{C} \int I dt - IR = 0$$

$$I = \frac{u_{in}}{R}$$

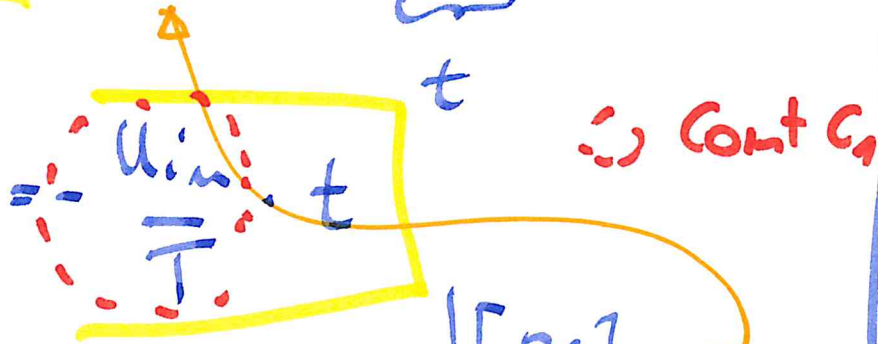
~~$$u_{in} - u_{out} - \frac{1}{C} \int \frac{u_{in}}{R} dt - \frac{u_{in}}{R} = 0$$~~

G $u_{in} - u_{out} - u_C - u_R = 0$
 $I \cdot R$

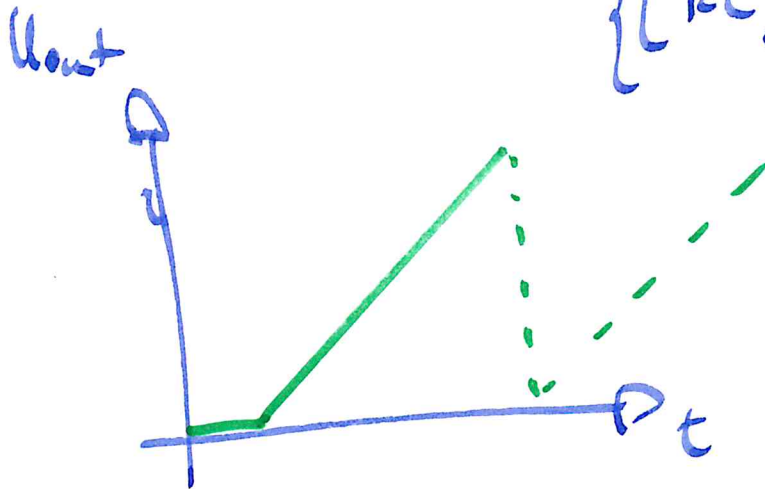
$$u_{out} = - \frac{1}{CR} \int u_{in} dt$$

for example: $U_{in} = \text{const}$

$$U_{out} = -\frac{1}{RC} \cdot U_{in} \int dt =$$



$$\{ [RC] = s \}$$



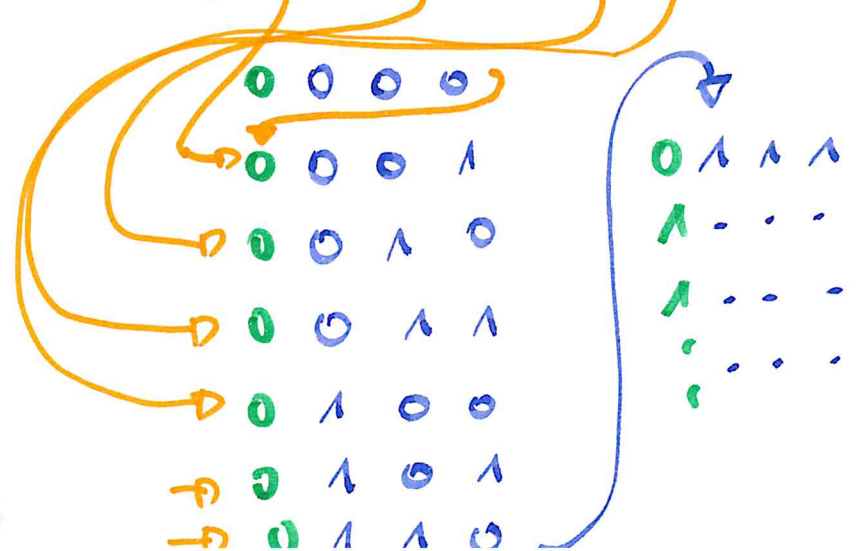
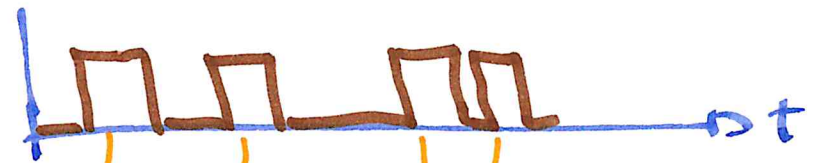
9

10

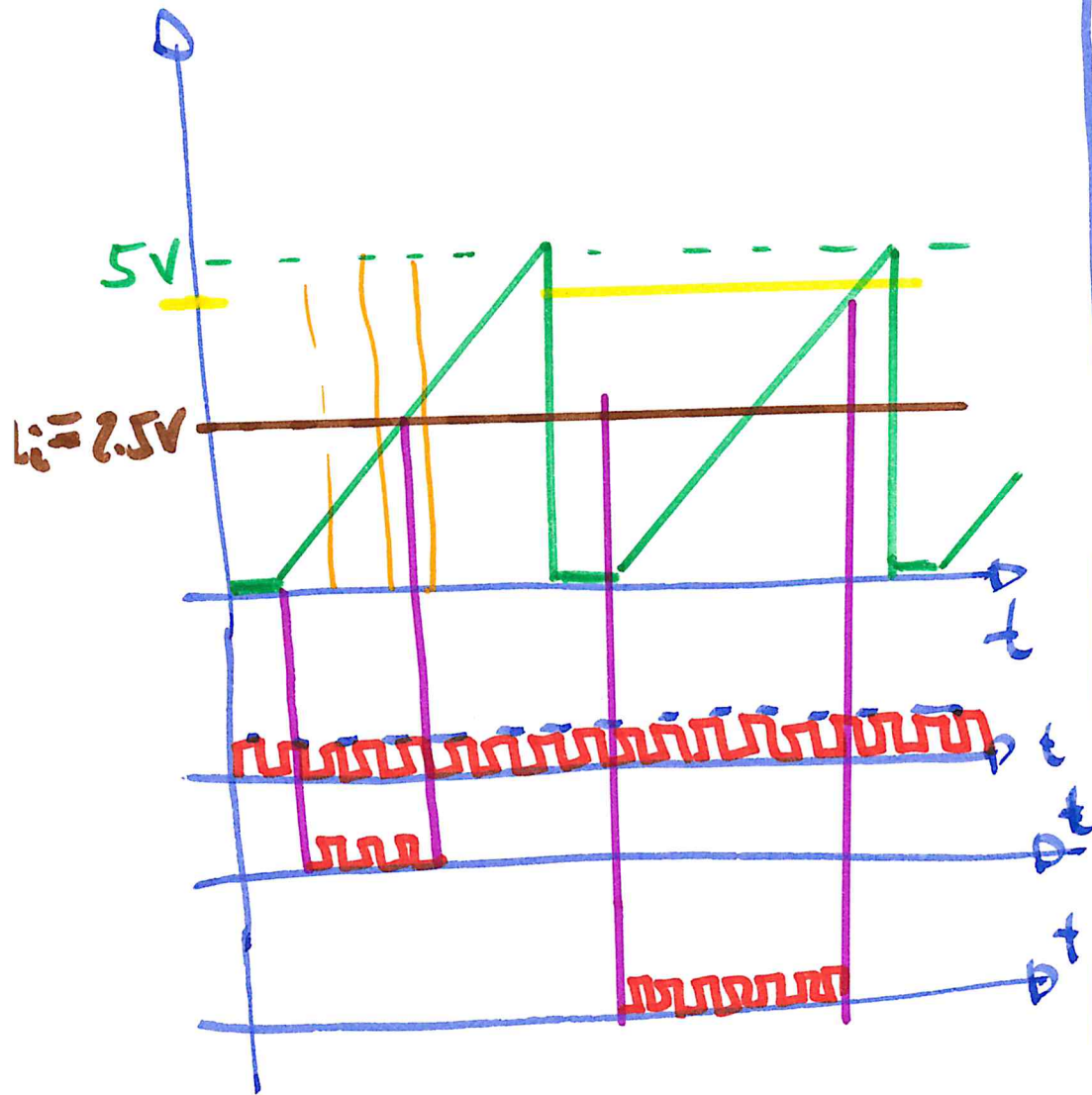
$$\left[U_{out} = -\frac{U_{in}}{T} t \right] = \frac{V}{s} \cdot s = V$$

2.) What is a counter?

It count impulses as a digital value



function of the whole circuit
(block diagram)



12

The number of pulses ~~data~~ depends on the height of the signal $U_i \Rightarrow$ ADC

neg. aspects:

- conversion time depends of the height of the analog signal
- the conversion time is long

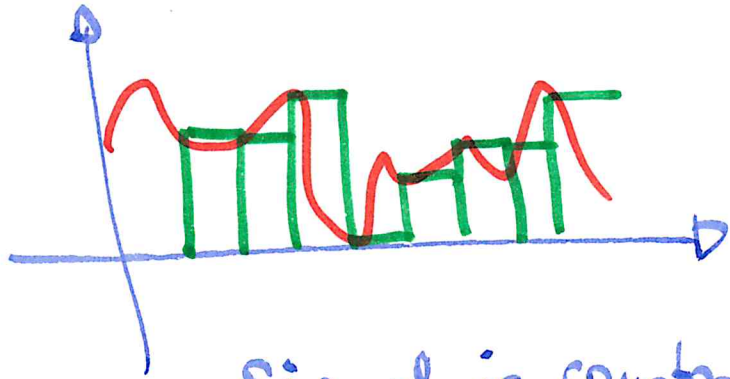
pos. aspects:

- cheap
- possible for bigger no. of bits

ADC Type B

page 18

S/H : Sample + Hold



Signal is constant while
conversion time

ADC Type C

page 19

called : Flash converter

see script

13

14

Die **Auflösung** eines A/D-Wandlers sind die Anzahl Bits, die er am Ausgang liefert.

Auflösung (Anzahl Bits)	Spannungs- stufen	%
8	256	0.391
12	4096	0.024
16	65536	0.0015
3 ½	1999	0.05

Wichtig: Die Genauigkeit wird zwar hauptsächlich durch die Auflösung bestimmt, ist aber nicht gleich der Auflösung! Die **Genauigkeit** eines Wandlers wird durch die Auflösung und die Summe aller Fehler bestimmt.

Die Abtastrate (Abtastfrequenz) ist die Anzahl Messungen pro Sekunde. Sie wird vor allem durch das verwendete Wandlerverfahren bestimmt. Flash-Wandler sind die Schnellsten. Sie erreichen bis 750 MS/Sekunde (Mega-Samples) bei 8 Bit Auflösung.

Prinzipiell unterscheidet man 2 Klassen von A/D-Verfahren: Direkte und indirekte. Bei den indirekten Verfahren wird nicht die Eingangsspannung selbst gemessen oder verglichen, sondern eine zur Eingangsspannung proportionale Grösse.

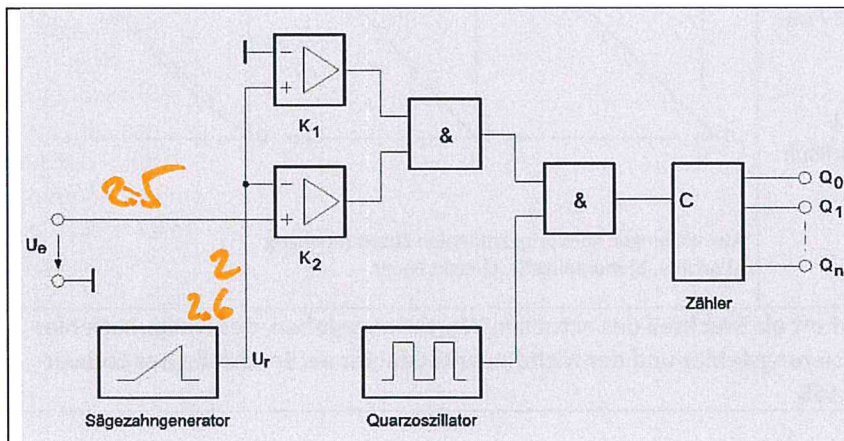
Direkte Verfahren

- Parallelverfahren
- Wägetverfahren
- Zählverfahren

Indirekte Verfahren:

- Spannungs-Frequenz-Wandler
- Single-Slope-Verfahren
- Dual-Slope-Verfahren
-

Single-Slope-Umsetzer (Sägezahn-/Einrampenverfahren)



Beim Sägezahnverfahren wird die Ausgangsspannung U_r eines Sägezahn-generators über zwei Komparatoren K_1 und K_2 mit dem Massepotenzial (0 V) und mit der ADU-Eingangsspannung U_e verglichen.

Funktionsprinzip eines ADUs nach dem Sägezahnverfahren

Während des Zeitraums, in dem die Sägezahnspannung den Bereich zwischen 0 V und der Spannung U_e durchläuft, werden die Impulse eines Quarzoszillators gezählt. Aufgrund der konstanten Steigung der Sägezahnspannung ist die verstrichene Zeit und somit der Zählerstand bei Erreichen von $U_r = U_e$ proportional zur Höhe der ADU-Eingangsspannung. Zum Ende des Zählvorgangs wird das Zählergebnis

converter

Das Parallelverfahren (Flash-Wandler) (Einstufige Parallelumsetzer)

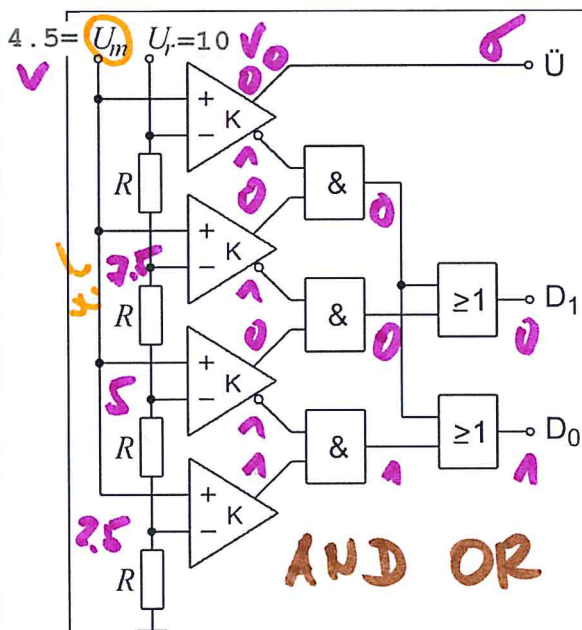
Dieser Wandler liefert bei jedem Takt am Ausgang einen neuen Wert.

Ein Flash-Wandler enthält typisch für jede Spannungsstufe einen Komparator. Jeder Komparator vergleicht die Eingangsspannung mit seiner Spannungsstufe und schaltet am Ausgang auf "1", wenn die Eingangsspannung grösser ist. Nach den Komparatoren folgt ein Paritäts-Decoder, um das korrekte Ausgangssignal zu erzeugen.

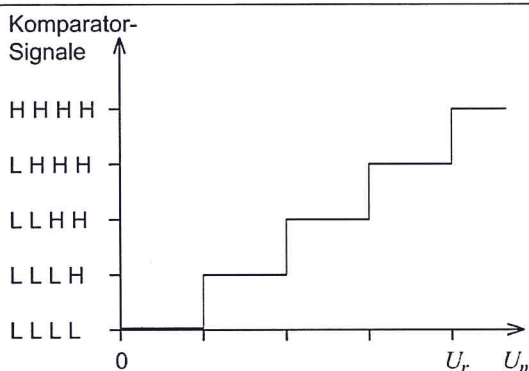
Ein 8-Bit Flash Converter hat z.B. 256 Quantisierungsstufen und benötigt 255 Komparatoren. Der nachfolgende Paritäts-Decoder muss aus den 256 Eingangssignalen das 8-Bit - Ausgangssignal erzeugen.

Diese Wandler sind sehr schnell, bis einige hundert MHz. Der Aufwand ist jedoch sehr gross. Die Hauptanwendungen sind Bildverarbeitung, Video und Radar.

alle Spannungen in V



Zwei-Bit-Parallelumsetzer mit Codeumsetzung; ein Komparator detektiert Überlauf, drei Komparatoren erzeugen den Summencode, die Und-Gatter setzen ihn in einen 1-aus-n-Code um, woraus die Oder-Gatter den gewünschten Binär-code erzeugen



Kennlinie eines Zwei-Bit-Parallelumsetzers. H steht für HIGH = positiv übersteuert, L für LOW = negativ übersteuert

Während die sukzessive Approximation mehrere Vergleiche mit nur einem Komparator ausführt, kommt die direkte Methode oder auch Flash-Umsetzung mit nur einem Vergleich aus. Dazu ist bei Flash-Umsetzern aber für jeden möglichen Ausgangswert (bis auf den größten) ein separat implementierter Komparator erforderlich. Beispielsweise ein 8-Bit-Flash-Umsetzer benötigt somit $2^8 - 1 = 255$ Komparatoren.

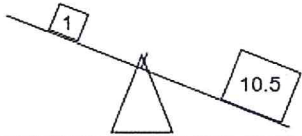
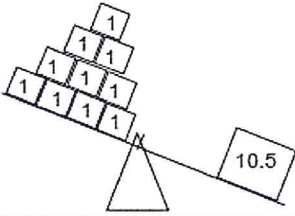
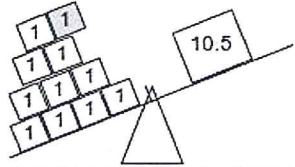
Das analoge Eingangssignal wird im Flash-Umsetzer gleichzeitig von allen Komparatoren mit den (über einen linearen Spannungsteiler erzeugten) Vergleichsgrößen verglichen. Anschließend erfolgt durch eine Codeumsetzung der $2n - 1$ Komparatorsignale in einen n bit breiten Binär-code (mit n : Auflösung in Bit). Das Resultat steht damit nach den Durchlaufverzögerungen (Schaltzeit der Komparatoren sowie Verzögerung in der Dekodierlogik) sofort zur Verfügung. Im Ergebnis sind die Flash-Umsetzer also sehr schnell, bringen aber im Allgemeinen auch hohe Verlustleistungen und Anschaffungskosten mit sich (insbesondere bei den hohen Auflösungen).

in ein Register übertragen und steht als digitales Signal zur Verfügung. Anschließend wird der Zähler zurückgesetzt, und ein neuer Umsetzungsvorgang beginnt.

Die Umsetzungszeit bei diesem ADU ist abhängig von der Eingangsspannung. Schnell veränderliche Signale können mit diesem Umsetzertyp nicht erfasst werden. Umsetzer nach dem Sägezahnverfahren sind ungenau, da der Sägezahngenerator mit Hilfe eines temperatur- und alterungsabhängigen Integrationskondensators arbeitet. Sie werden wegen ihres relativ geringen Schaltungsaufwands für einfache Aufgaben eingesetzt, beispielsweise in Spielkonsolen, um die Stellung eines Potentiometers, das durch einen Joystick oder ein Lenkrad bewegt wird, zu digitalisieren.

Das Zählverfahren *Count method*

Beim Zählverfahren werden solange gleiche Gewichte auf die linke Seite der Waage gelegt, bis die Waage kippt. Dann zählt man, wie viele Gewichte sich auf der linken Seite befinden.

	<p>Ein Gewicht ist zu wenig. Die rechte Seite (Eingangsspannung) ist also grösser als 1 Gewicht (als 1 Volt).</p>
	<p>Zehn Gewichte sind immer noch zu wenig. Die rechte Seite (Eingangsspannung) ist also grösser als 10 Gewichte (als 10 Volt).</p>
	<p>Elf Gewichte sind mehr als das zu messende Gewicht (als die Eingangsspannung). Die Eingangsspannung liegt also zwischen 10 und 11 Volt.</p>

Die linke Seite entspricht der Referenzspannung, die rechte der zu messenden Spannung. In der Praxis erzeugt man die "Gewichte" der linken Seite mit einem Sägezahngenerator oder mit einem digitalen Aufwärtszähler und einem Digital/Analogwandler. Als "Waage" dient ein Komparator, der schaltet, sobald die Sägezahnspannung grösser ist als die zu messende Spannung.

Das Zählverfahren ist sehr langsam, dafür ist auch die Schaltung relativ einfach. Der Hauptvorteil dieser Schaltung ist jedoch, dass sie gut Abgeglichen werden kann. Dadurch erreicht man **sehr hohe Auflösungen** von über 20 Bit.



Digital-Analog-Converter (DAC)

Frei vortragen: Etwas zu Bit, Byte, von Neumann Struktur, Wertigkeit, Anzahl Zustände, Diskretisierung (s.u.), Stufenkurven

Wenn unsere vielen digitalen Daten wieder in die reelle analoge Welt verbracht werden, werden DA-Converter benötigt. In Folgenden ist ein einfacher zusehen.

<p>Bild 184: D/A - Wandler, 4 Bit</p>	$U_a = -R \cdot U_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{8 \cdot R} + \frac{Q_1}{4 \cdot R} + \frac{Q_2}{2 \cdot R} + \frac{Q_3}{R} \right) \quad (149)$ $= -\frac{U_0}{8} (Q_0 \cdot 2^0 + Q_1 \cdot 2^1 + Q_2 \cdot 2^2 + Q_3 \cdot 2^3) \quad (150)$ <p>$U_a = \alpha \cdot n$; α = Konstante n = Datenwort</p>
---------------------------------------	--

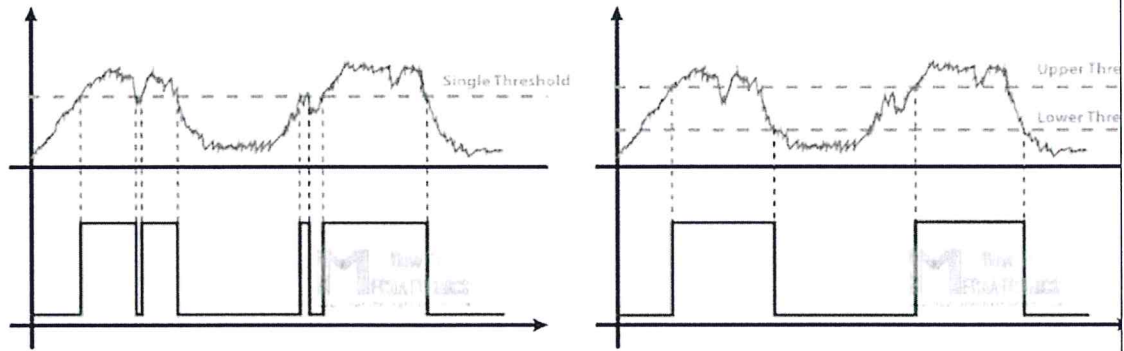
Die Methode der gewichteten Widerstände wird aber unhandlich, wenn mehr als 10 Bit zu wandeln sind, da das Widerstandsverhältnis dann über einen Faktor 1000 beträgt. Eine elegante Umgehung dieses Problems liefert die **R - 2R Ladder** (Leiter-Netzwerk). Dieses Netzwerk braucht nur zwei Widerstandswerte um die skalierten Ströme zu erzeugen.

Bild xyz stellt einen 4 Bit Wandler mit R-2R Ladder vor.

<p>Bild xyz D/A Wandler mit R-2R Ladder</p>	<p>Datengeber DA-Umsetzung</p> <p>• Bild 2 DA-Umsetzer mit R-2R-Leiternetz a) Grundschialtung.</p> <p>Bild xyz D/A Wandler mit R-2R Ladder</p>
---	---

Ein R/2R-Netzwerk ist aus Widerständen mit den Werten R und 2R aufgebaut. Die einzelnen Eingangsbits liegen entweder auf Masse oder auf der Referenzspannung und speisen über doppelt so

Beispiel 4: Vergleich Komparator und Schmitt-Trigger

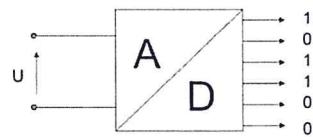


<https://howtomechanics.com/how-it-works/electrical-engineering/schmitt-trigger/>

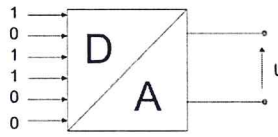
4.) Digital-Analog-Wandler und Analog-Digital-Wandler

Gut: www.itwissen.info

Analog-Digital (A/D) Wandler



Digital – Analog (D/A) Wandler



Signalverarbeitungskette

