Skript

# Inhalt

* Ziele und Anforderungen
* Aussage von EKG und warum Herzschlag an Haut messbar
* Umsetzung in elektrischer Schaltung
* Analyse eines EKG-Verlaufs

# Ziele & Anforderungen

* EKG-Verlauf von Elektroden auf Oszilloskop als Spannungskurve darstellen
* Analoge Schaltung auf Steckbrett, dann auf Leiterplatte
* Medizinisch verwertbar 🡪 Ende: Analyse

# Theorie

* Warum schlägt Herz? Wie verbreitet sich Herzschlag im Herz und Körper?
* Wie kann man das mit EKG messen?

## Herzschlag

* Herzschlag wird von Sinusknoten angeregt
* Kleine elektrische Impulse 🡪 Aktionspotenziale
* Verbreiten sich über Reizleitungssystem 🡪 Herzmuskelzellen als Leiterbahnen
* Herzmuskelzellen ziehen sich zusammen
* Gap Junctions übertragen Ionenfluss zwischen Hautzellen

## EKG-Arten

* Klassisch aus 12 Kanälen
* Brustwand-Ableitungen: 6 Elektroden direkt auf Brust
* Extremitäten-Ableitungen: Einthoven-Ableitungen
* Information: Verbreitung des Aktionspotenzials im Herz
* Potenzialdifferenzen zwischen 2 Elektroden wird aufgetragen

# Umsetzung in analoger Schaltung

## Aufgaben

* Sehr schwaches und verrauschtes Signal 🡪 filtern, verstärken
* Potenzialdifferenz von 2 Elektroden
* System, um zwischen Einthoven-Ableitungen hin- und her zu schalten

## Instrumentationsverstärker

* Symmetrischer Eingang mit gekoppelten nicht invertierenden Verstärkern
* Differenzverstärker
* Potenzialtrennung 🡪 kein Strom auf Elektroden

## Vorverstärker

* Nicht invertierender Operationsverstärker
* Durch Rückkopplung wird Signalanteil wieder auf Eingang geleitet
* Verstärkung durch Widerstandsverhältnis

## Tiefpass-Filter

* Hochfrequentes Rauschen und Rauschen mit Netzfrequenz
* Butterworth-Filter 3. Ordnung 🡪 flacher Durchlassbereich
* Absinken von -40 dB pro Dekade 🡪 -44 dB bei 50 Hz
* Leichte Dämpfung im Durchlassbereich

## Nachverstärker

* Nicht invertierender Operationsverstärker
* Verstärkung durch Widerstandsverhältnis
* Vorwiderstand gegen Masse für Eingangsruhestrom 🡪 OP floatet sonst

## Switch

* Ziel: alle Einthoven-Ableitungen darstellen
* Elektroden in verschiedenen Konfigurationen auf Eingänge schalten
* DPDT-Switch: 4 Eingänge auf 2 Ausgänge, 3 Schalterstellungen

## Layout

* Mit Eagle entwickelt
* Vor allem SMD-Bauteile
* Breite und Entfernung der Leitungen 🡪 Störungen
* Signal konsistenter als auf Steckbrett

# Ergebnisse

* Was hab ich erreicht mit dem Projekt?

## Analyse

* EKG-Kurve, leicht von 50 Hz-Störungen überlagert, aber gut erkennbar
* P-Welle: Aktivierung der Vorhöfe
* QRS-Komplex: Aktivierung der Herzkammern
* RR-Intervall: Herzfrequenz
* Sehr viele Erkenntnisse mit zeitlichen Abständen und Amplituden der verschiedenen Zacken

## Optimierungen

* Steileres Filter oder Bandsperre für 50 Hz
* Digitale Signalverarbeitung mit Filterung
* Goldberger-Ableitungen durch Addierer mit Operationsverstärkern
* Noch bessere vektorielle Deutung möglich

## Erkenntnisse

* Schaltungskonzept aus Dezember ziemlich gut umsetzbar
* Einfache Umsetzung für medizinisch verwendbares Gerät 🡪 einfache Schaltungsblöcke
* Menschlicher Körper funktioniert mit Strom, nie so richtig bewusst 🡪 viele Schnittstellen zur Elektrotechnik

# Fragen Abschlusspräsentation

* Wie genau leitet Haut elektrische Impulse weiter?
  + Reizleitungssystem im Herz
  + Zellmembranen enthalten Ionen, die durch Potenzial bewegt werden 🡪 Ionenfluss überträgt sich über Ionenkanäle auch auf Hautzellen 🡪 Hautzellen sind durch Gap Junctions miteinander verbunden
  + Potenzial führt zur Ladungsverschiebung in Zelle und Ladungsfluss durch Gap Junctions
* Warum Instrumentationsverstärker > Differenzverstärker?
  + Hochohmigere, symmetrischere Eingänge
* Genaue Formel für Ausgangsspannung
* Warum Verstärkung nicht schon im Instr.verst.?
  + einfacher einzustellen beim Testen
* Warum analog?
  + Weil ich Lust drauf hatte
  + Hab noch nie mit SMD-Bauteilen gearbeitet
  + Digital auch möglich, aber analog relativ überschaubar
* Warum 2 Verstärkerstufen?
  + Ausgleichen von Dämpfung des Filters
  + Hat sich in Entwicklung so ergeben
  + Ausgangsamplitude besser einstellbar, weil man Base-Wert hat, von dem man hochgehen kann?