



# Zeitsynchronisation von Echtzeitmessungen verschiedener Signalquellen für Hardware in the Loop Testverfahren

Florian Spittler, Kristian Trenkel

Echtzeit 2014  
20.11.2014

# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick

# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick



# Einführung

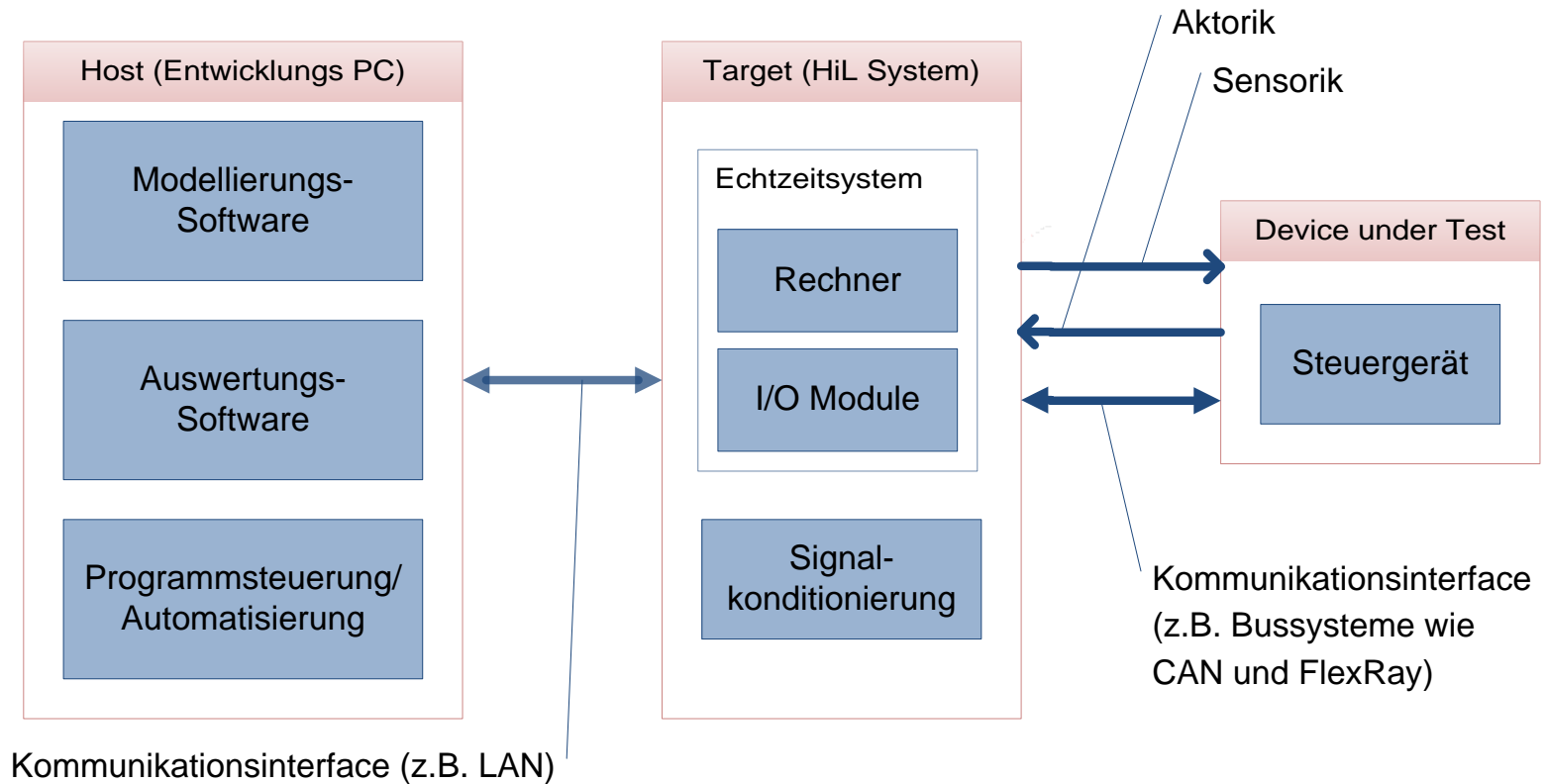
## Hardware-in-the-Loop Test

- Etabliertes Testverfahren für (sicherheitskritische) Steuergeräte
- Modellierung der Umwelt (Partnersteuergeräte, Sensoren,...)
- Einbindung realer Komponenten möglich (z.B. Dämpfer)
- Simulation in Echtzeit
- Automatisierte Testfälle



# Einführung

## HIL-System



# Einführung

## HIL-Test - Vorteile

- Test erfolgt entwicklungsbegleitend
- Kein realer Versuchsträger nötig
- Hoher Automatisierungsgrad
- Wiederholung mit exakt gleichen Parametern möglich, sichere Verifikation behobener Fehlerzustände



# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen**
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick

# Messen und Testen

## Motivation

- Messung von Daten aus verschiedener Quellen nötig, auch parallel
- Gemessen werde sowohl externe Werte (z.B. Ausgangsspannung) als auch interne Werte (z.B. Systemvariablen)
- Messgeräte müssen in die Testumgebung eingebunden und automatisiert werden
- Hohe zeitliche Genauigkeit erforderlich, gerade bei sicherheitskritischen Reaktionen
- Zur Verifikation einer Funktion ist sowohl der korrekte Funktionswert als auch das zeitliche Verhalten (einer Werteänderung) zu prüfen





# Messen und Testen

## Sensorik

- Sensorwerte dienen als Eingangsgröße des zu testenden Funktionsalgorithmus
- Um Werte direkt (und exakt) ändern zu können werden meist simulierte Sensoren eingesetzt
- Messwerte werden als Referenz gegenüber der vom Steuergerät ermittelten Werte genutzt
- Sensorwerte müssen in Echtzeit variiert werden können
- Beispiel: Temperatur, Beschleunigung, Höhenstand, Taster



# Messen und Testen

## Bussysteme

- Bidirektional – gemessen werden sowohl gesendete als auch empfangene Signale
- Botschaften mit fester Zykluszeit, nur teilweise Eventbasierend
- Simulation der Partnersteuergeräte durch das Echtzeitmodell
- Vorgabe der Werte muss in Echtzeit erfolgen (Testvektoren)
- Beispiel: CAN, FlexRay

# Messen und Testen

## Aktorik

- Gemessen werden Spannungen und Ströme am Steuergeräte-Ausgang
- Relevant ist sowohl das Erreichen definierter Pegel als auch der zeitliche Signalverlauf
- Messungen erfolgen über Analogmesskarten, die Werte stehen im Echtzeitmodell zur Verfügung
- Beispiel: Dämpfer, Kompressor, Relais

# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen**
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick

# Unterschiedliche Zeitbasen

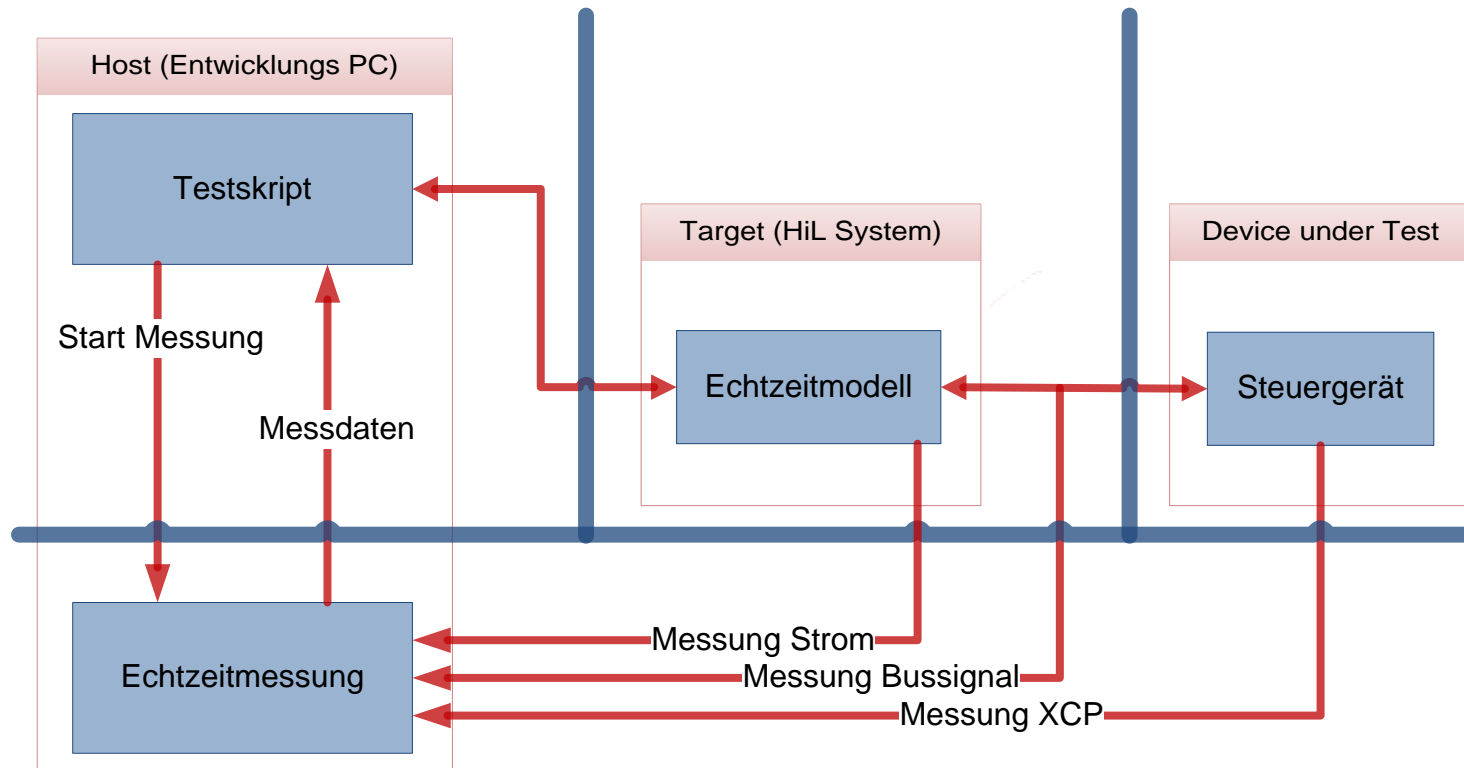
## Zeitbasen

- Ablauf des Testskriptes (bei üblicherweise voll automatisierten Tests)
- Ablauf der Simulation (Umgebungsmodell auf dem Echtzeitrechner)
- Abläufe im Steuergerät (die zu testende Software, oft mehrere parallele Zeitscheiben)
- Ablauf der jeweiligen Messung bzw. Messungen



# Unterschiedliche Zeitbasen

## Übersicht



# Unterschiedliche Zeitbasen

## Herausforderungen

- Für den Test einer Funktion sind fast immer Informationen aus mehreren, zeitlich nicht synchronen Ebenen nötig
- Ohne den zeitlichen Zusammenhang ist oft keine Aussage über die korrekte Funktion möglich
- Je nach Quelle der Messungen müssen unterschiedliche Synchronisationsverfahren verwendet werden
- Beispiel: Anlegen Kurzschluss an Dämpfer -> Erkennung durch Steuergerät -> externe Reaktion durch Setzen einer Warnlampe (FlexRay Signal)



# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen**
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick



# Synchronisationsmechanismen

## Überblick

- Notwendigkeit für Synchronisation hängt von der Abschätzung des zeitlichen Fehlers und der zulässigen zeitlichen Toleranz ab
- Verschiedene Möglichkeiten zur Synchronisation, Wahl je nach Anwendung
- Klassifizierung anhand von Komplexität (wie schwer ist das Verfahren zu implementieren) und Qualität (wie klein ist der verbleibende zeitliche Fehler)



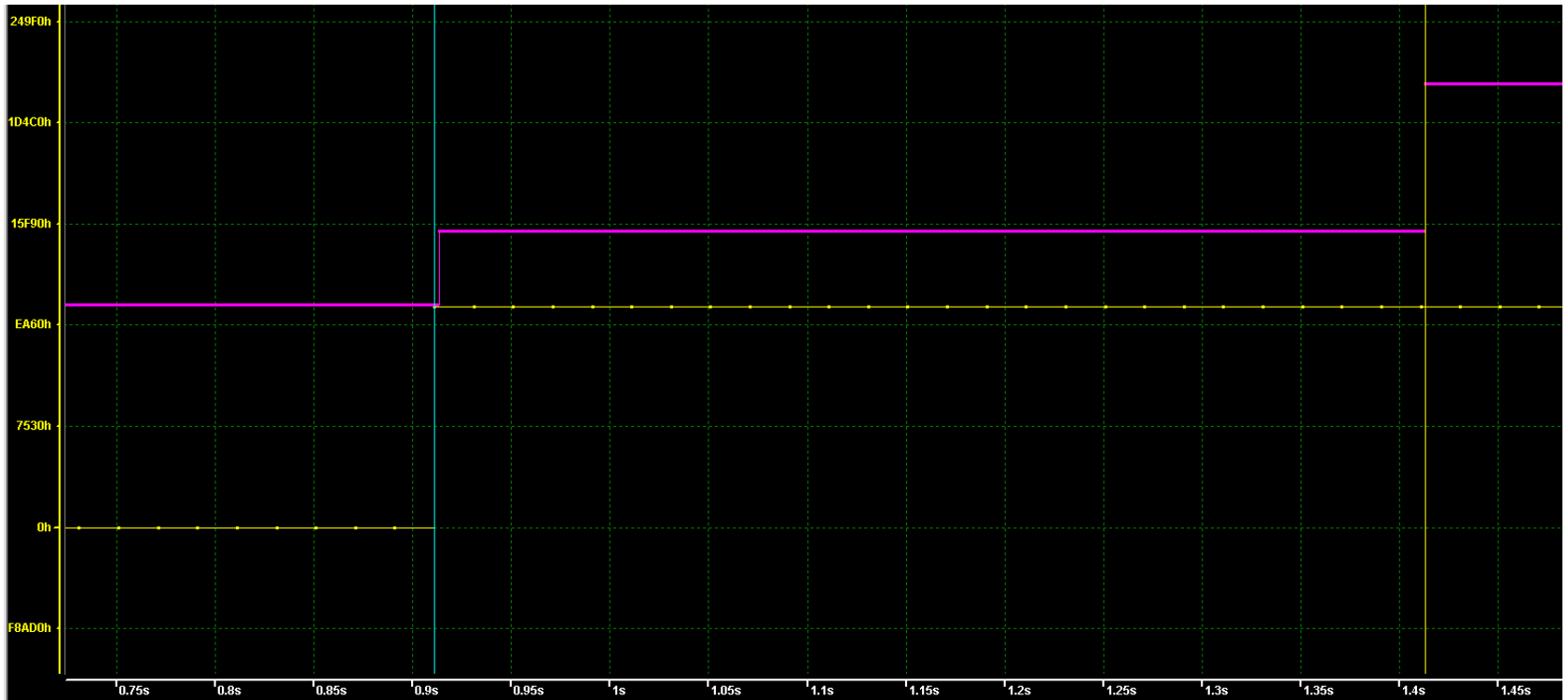
# Synchronisationsmechanismen

## Gemeinsame Zeitachse

- Einsetzbar wenn Signale aus verschiedenen Quellen mit der gleichen Software gemessen werden können
- Synchronisation erfolgt (intern) durch die verwendete Messsoftware
- Schnelle Realisierbarkeit
- Qualität zunächst nicht bekannt und eventuell nicht gleichbleibend
- Grundlage auch für weitere Synchronisationsmechanismen

# Synchronisationsmechanismen

## Gemeinsame Zeitachse - Beispiel



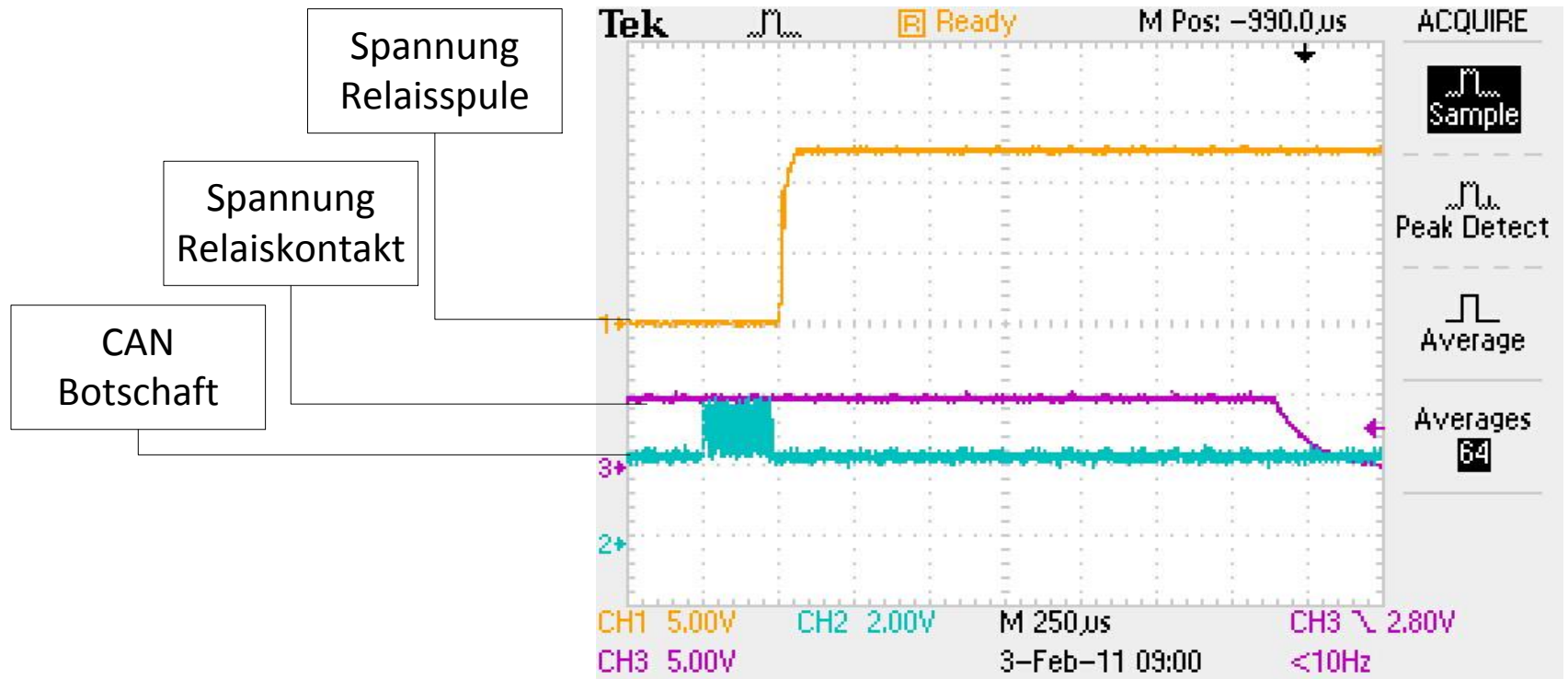
# Synchronisationsmechanismen

## Statussignale

- Einsetzbar bei externen Schaltvorgängen, z.B. beim Anlegen elektrischer Fehler über Relais
- Ansteuerung der Relais nicht dediziert sondern über ein Bussystem
  - Messung mit gemeinsamer Zeitachse möglich
  - Zusätzliche Kontrolle durch bidirektionale Kommunikation möglich
- Geringer Restfehler ist zu vernachlässigen
- Hoher Aufwand, eventuell Eigenentwicklung nötig

# Synchronisationsmechanismen

## Statussignale



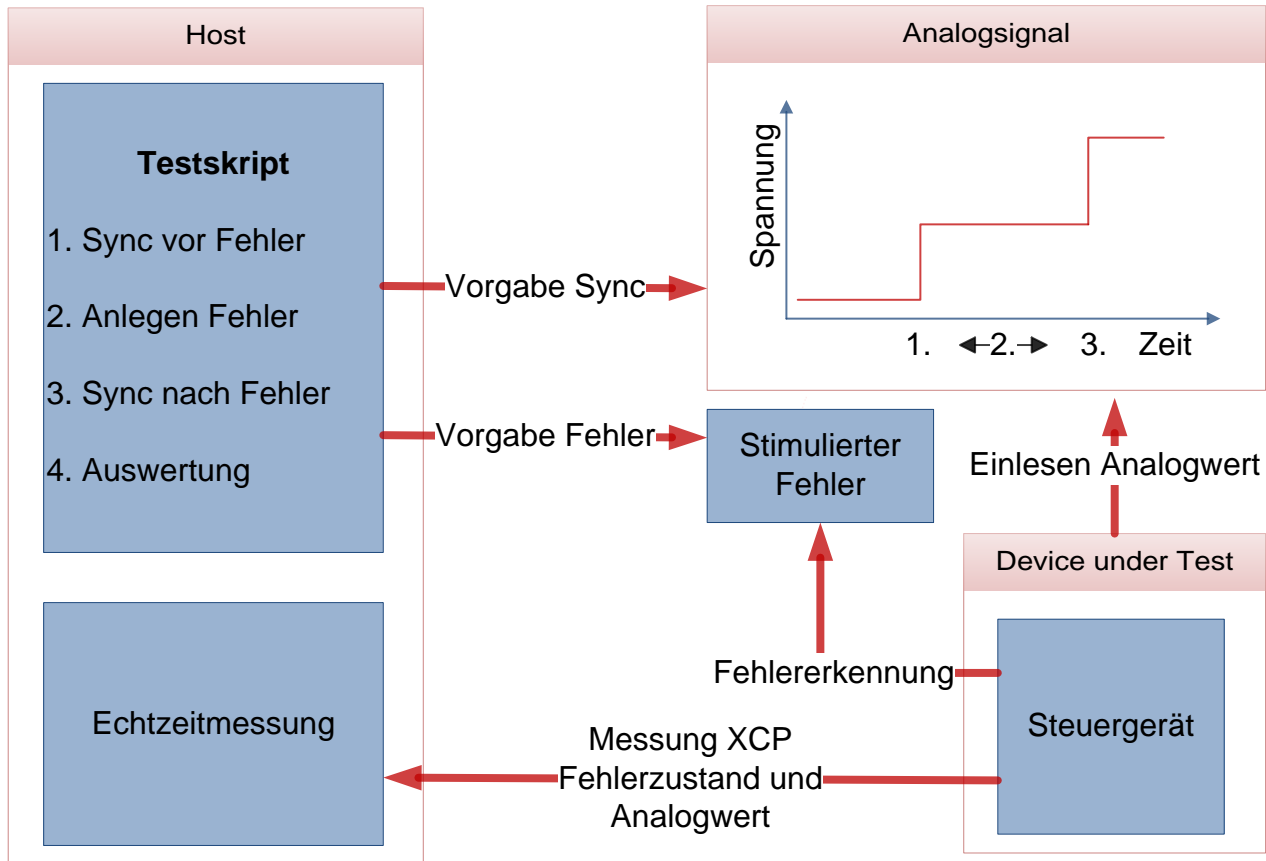
# Synchronisationsmechanismen

## Messwerte

- Wird verwendet wenn die Reaktion auf ein Ereignis unabhängig von Bussignalen gemessen werden muss/soll
- Verwendung nicht relevanter ECU Eingangssignale (Funktion muss bereits qualifiziert sein)
- Änderung eines messbaren Statussignales unmittelbar vor und nach Eintritt des zu messenden Ereignisses
- Nur eine Messung nötig, dadurch genaue Bestimmung der Synchronisations-Qualität und des Restfehlers

# Synchronisationsmechanismen

## Messwerte - Beispiel



# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick



# Anwendungsbeispiel

## Einführung

- Steuergerät zur Regelung elektrisch verstellbarer Dämpfer
- Eingangsgrößen: Bussignale, Beschleunigungswerte, Höhenstände
- Ausgangswerte: Dämpferstrom pro Rad, Bussignale
- Eingestuft als sicherheitskritisch, umfangreiche Testaktivitäten nötig
- Getestet wird sowohl mit synthetischen Daten als auch realen Umgebungsdaten



# Anwendungsbeispiel

## Verwendete Synchronisationsmethoden

- ECU Reaktion auf fehlerhafte CAN Signale
  - Synchronisation durch gleichzeitige Messung
- ECU Reaktion auf elektrische Fehler am Dämpfer
  - Synchronisation über Statussignale
- ECU Reaktion auf Fehler an simulierten Höhenstandsensoren
  - Synchronisation über Messwerte

# Gliederung

- I. Einführung
- II. Messen und Testen
- III. Unterschiedliche Zeitbasen
- IV. Synchronisationsmechanismen für Echtzeitmessungen
  - a. Gemeinsame Zeitachse
  - b. Statussignale
  - c. Messwerte
- V. Anwendungsbeispiel: Test Fahrwerk-Steuergerät
- VI. Zusammenfassung und Ausblick

# Zusammenfassung

- Komplexe Steuergeräte erfordern komplexe Testverfahren
- Vielzahl an unterschiedlichen Messarten für den Test notwendig
- Ohne Zeitsynchronisation ist kein Test, also auch keine Funktionsverifikation, möglich
- Vorgestellte Synchronisationsmethoden:
  - Gemeinsame Zeitachse
  - Einbringung von Statussignalen
  - Nutzung nicht-relevanter Messgrößen

# Ausblick

- Funktionsvielfalt moderner Steuergeräte wird weiter steigen, im gleichen Maße steigt der Testbedarf
- Immer genauere Zeitsynchronisation nötig, da die zu messenden Reaktionspfade immer zeitkritischer werden (z.B. autonomes Fahren)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Haben Sie Fragen oder Anregungen?

iSyst Intelligente Systeme GmbH  
Nordostpark 91  
D-90411 Nürnberg

[florian.spiteller@isyst.de](mailto:florian.spiteller@isyst.de)

