

NAME _____

KLASSE _____

DATUM _____

WAHLPHASE · DER FOLGEAUFTRAG

Wahlstory D · Rechnerarchitektur · 200 Module gehen in Serie

Wahlstory D

🕒 36 h

freie Wahl

Sprint 6 und 7

EUER LERNPRODUKT

Bewertete Rechnerarchitektur für die Serie

Darauf läuft dieser Folgeauftrag zu. Anders als in den Teilen 1 bis 5 gibt es hier keine vorgegebenen Aufgaben: Ihr schneidet die Arbeitsschritte selbst, der Weg dorthin gehört zum Lernprodukt.

Es besteht aus

- die aus dem Produkt abgeleitete und gewichtete Anforderungsliste
- die Gegenüberstellung von Von-Neumann- und Harvard-Architektur mit Zuordnung der Kandidaten
- je Kandidat eine Speicherkarte mit berechneter Pufferkapazität für Messwerte
- die aus mindestens 100 Messungen bestimmte Interruptlatenz mit Mittelwert, Extremwerten und Jitter
- die Messung unter Last, bewertet gegen die Anforderung an die Abschaltreaktion
- die aufgenommenen Kennlinien der Umsetzer mit Nichtlinearität

Zur Dokumentation

Eine Architekturentscheidung für 200 Module muss in zwei Jahren noch begründbar sein. Die Messwerte gehören dazu, nicht nur das Ergebnis.

Abgenommen wird es auf der Entwicklerrmesse durch die anderen Teams und danach von der Projektleitung abgezeichnet. Meilenstein M6.

Der Kunde will 200 Module bauen lassen. Bisher war der ESP32 Werkzeug: Messgerät, Datenlogger und Auswertung. Jetzt wird er selbst zum Prüfling, neben zwei Mitbewerbern.

Schritt 2 von 3. Dein Team bearbeitet diesen Folgeauftrag eigenständig, vom Lastenheft bis zur Übergabe.

Danach: Die Entwicklerrmesse

Der wichtigste Satz auf dieser Seite: Für dieses Produkt entscheidet nicht die größte Zahl im Datenblatt, sondern das, was das MSM-1 wirklich braucht. Belegt wird mit eigenen Messwerten, nicht mit Schlagworten aus dem Datenblatt.

Darum geht es

Als Entwicklungsteam möchten wir mit Messwerten statt mit Meinungen belegen, welcher Mikrocontroller für die Serie von 200 Modulen der richtige ist, damit die Entscheidung auch dann noch trägt, wenn der Kunde in drei

Jahren Ersatz braucht.

Diese Wahlstory besteht überwiegend aus Messungen: Interruptlatenz, Jitter, Kennlinie und effektive Auflösung des Umsetzers, Stromaufnahme, Verhalten im Fehlerfall. Die Kompetenz dahinter: elektronische Baugruppen und Geräte entwerfen, technische Größen messen und Fehler in elektronischen Schaltungen suchen.

Das brauchst du dafür

- Den Projektauftrag und dein fertiges MSM-1 aus der Pflichtphase
- Drei Kandidaten: den ESP32-WROOM-32, einen 8-bit-Mikrocontroller ATmega328P auf einer verbreiteten Entwicklerplatine und einen weiteren Controller nach Verfügbarkeit
- Datenblätter und Referenzhandbücher aller Kandidaten
- Funktionsgenerator, Oszilloskop, Präzisionsspannungsquelle, Strommessgerät für den μA -Bereich
- Tabellenkalkulation für die Auswertung und die Wissenspeicher-Vorlage

Dein Weg, Schritt für Schritt

1. Anforderungen aus dem Produkt ableiten

Leite aus dem MSM-1 die Anforderungen an den Controller ab: Anzahl und Güte der Analogeingänge, Abtastrate, Reaktionszeit auf eine Grenzwertüberschreitung, Kommunikationsschnittstellen, Speicherbedarf, Stromaufnahme, Temperaturbereich. Gewichte die Kriterien.

2. Architekturen gegenüberstellen

Stelle Von-Neumann- und Harvard-Architektur gegenüber und ordne deine Kandidaten zu. Erkläre an einem Befehlsablauf, welchen Unterschied das für die Ausführungsgeschwindigkeit macht.

3. Speicher kartieren

Erstelle für jeden Kandidaten eine Speicherkarte: Programmspeicher, Arbeitsspeicher, nichtflüchtiger Datenspeicher, Adressbereiche. Rechne aus, wie viele Messwerte das MSM-1 im Arbeitsspeicher puffern kann.

4. Interruptlatenz messen

Stell den Funktionsgenerator vorher auf 0 V bis 3,3 V ein, auch den Offset. Erzeuge mit ihm eine Flanke und lass den Controller in der Interruptroutine einen Pin setzen. Miss die Zeit am Oszilloskop, hundert Mal. Bestimme Mittelwert, Minimum, Maximum und Jitter.

5. Jitter unter Last prüfen

Wiederhole die Messung, während im Hintergrund WLAN-Verkehr läuft; bei Kandidaten ohne Funk nimmst du eine vergleichbare Hintergrundlast, etwa eine laufende serielle Übertragung. Zeige, was das mit der Echtzeitfähigkeit macht, und bewerte es gegen die Anforderung an die Abschaltreaktion.

6. Umsetzer vermessen

Nimm die Kennlinie des Umsetzers jedes Kandidaten mit einer Präzisionsquelle auf, nie über der Versorgungsspannung des jeweiligen Controllers. Beim ESP32 bewertest du den empfohlenen Bereich von 0,15 V bis 2,45 V gesondert. Bestimme Nichtlinearität, Offset und Verstärkungsfehler. Berechne aus der Streuung wiederholter Messungen die effektive Auflösung in Bit.

7. Rauschen und Mittelung

Untersuche, wie sich Mehrfachmessung und Mittelung auf die effektive Auflösung auswirken. Bestimme messtechnisch, ob die theoretische Verbesserung eintritt, und wo sie aufhört.

8. Stromaufnahme vergleichen

Miss die Stromaufnahme im aktiven Betrieb, im Leichtschlaf und im Tiefschlaf. Rechne eine Batterievariante des MSM-1 durch: Wie lange hält sie bei einer Messung pro Minute?

9. Zuverlässigkeit prüfen

Baue einen Watchdog ein und provoziere eine Endlosschleife. Miss, wie lange das Modul ausfällt, bis es sich selbst zurücksetzt. Prüfe, ob dabei Messwerte verloren gehen.

10. Serie durchrechnen

Rechne für 200 Stück: Bauteilkosten, Modulkosten, Verfügbarkeit und Abkündigungsrisiko, Zertifizierungsaufwand für ein Funkmodul, Programmier- und Prüfaufwand in der Fertigung.

11. Entscheidungsmatrix erstellen

Führe alle Messwerte und Kosten in einer gewichteten Entscheidungsmatrix zusammen. Mach die Gewichtung nachvollziehbar und prüfe, wie stabil das Ergebnis ist, wenn du einzelne Gewichte veränderst.

12. Empfehlung übergeben

Erstelle eine Entscheidungsvorlage für die Geschäftsführung: Empfehlung, Begründung mit den drei wichtigsten Messwerten, Risiken und eine Zweitquelle. Bereite den Messestand vor.

Zu keinem Schritt gibt es ein Lernangebot oder eine Musterlösung. Jeder Schritt wird im Messprotokoll und in der Projektakte dokumentiert und in der Abnahme geprüft.

Für Teams, die früher fertig sind

Software oder Gatter? Baue den Grenzwertvergleich einmal in Software und einmal als diskrete Logik mit Komparator und Gatterschaltung auf. Vergleiche Reaktionszeit, Stromaufnahme, Bauteilaufwand und Verhalten im Fehlerfall. Für welche Sicherheitsfunktion würdest du welche Lösung wählen?

Fertig bist du, wenn ...

Die Story gilt erst als fertig, wenn der Auftraggeber alle Punkte abnimmt:

- Die Anforderungsliste ist aus dem Produkt abgeleitet und gewichtet.
- Von-Neumann- und Harvard-Architektur sind gegenübergestellt und die Kandidaten zugeordnet; der Unterschied ist an einem Befehlsablauf erklärt.
- Für jeden Kandidaten liegt eine Speicherkarte vor; die Pufferkapazität für Messwerte ist berechnet.
- Die Interruptlatenz ist mit mindestens 100 Messungen bestimmt; Mittelwert, Extremwerte und Jitter sind angegeben.
- Die Messung unter Last im Hintergrund liegt vor und ist gegen die Anforderung an die Abschaltreaktion bewertet.
- Die Kennlinien der Umsetzer sind aufgenommen; Nichtlinearität, Offset, Verstärkungsfehler und effektive Bitzahl sind angegeben.
- Die Wirkung der Mittelung ist messtechnisch untersucht und gegen die Theorie bewertet.
- Die Stromaufnahme ist in allen Betriebsarten gemessen; die Batterielaufzeit ist berechnet.
- Der Watchdog ist geprüft; Ausfalldauer und Datenverlust sind beziffert.
- Die Serienrechnung enthält Kosten, Verfügbarkeit, Abkündigungsrisiko und Zertifizierungsaufwand.
- Die Entscheidungsmatrix ist gewichtet, nachvollziehbar und auf Stabilität geprüft.
- Die Entscheidungsvorlage ist übergeben und nennt eine Zweitquelle.
- Das Wissenspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.

Das kommt in deinen Wissenspeicher

Ein Blatt „Rechnerarchitektur und Controllerauswahl“: Blockbild eines Mikrocontrollers mit Rechenwerk, Steuerwerk, Bus, Speicher und Peripherie, die Gegenüberstellung von Von-Neumann- und Harvard-Architektur, die Definitionen von Latenz, Jitter und effektiver Auflösung mit je einem Zahlenbeispiel aus deiner Messung, eine Übersicht der Speicherarten mit ihren Eigenschaften und eine Kriterienliste für die Bauteilauswahl.

Zusätzlich: drei Prüffragen für die Entwicklerrunde, eine Wissensfrage, eine Rechenfrage und eine Begründungsfrage.

Hier tappen die meisten rein

- Die Auswahl wird mit Taktfrequenz und Schlagworten aus dem Datenblatt begründet. Was für dieses Produkt zählt, steht in deiner gewichteten Anforderungsliste.
- Die effektive Auflösung wird mit der Nennauflösung verwechselt. Ein 12-bit-Umsetzer mit verrauschtem Eingang liefert real deutlich weniger nutzbare Bit.
- Die Latenz wird einmal gemessen und als Wert genommen. Interessant ist die Verteilung, nicht der Einzelwert, und die Verteilung ändert sich unter Last.
- Die Mittelung wird als Allheilmittel eingesetzt. Sie hilft gegen zufälliges Rauschen, nicht gegen systematische Fehler und nicht gegen eine feste Störfrequenz.
- Die Präzisionsquelle bleibt nach der Messung am 5-V-Controller auf 5 V stehen und wird an den ESP32 gelegt. Mehr als 3,3 V überlebt sein Eingang nicht. Stell die Quelle vor jedem Umstecken neu ein.
- Die Stromaufnahme im Tiefschlaf wird aus dem Datenblatt übernommen. Der reale Wert hängt an der Beschaltung der Platine, nicht am Chip allein.
- Das Abkündigungsrisiko wird ignoriert. Eine Serie von 200 Stück lebt länger als der Produktzyklus vieler Module.

Für Lehrkräfte: Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker entwerfen elektronische Baugruppen und Geräte, messen technische Größen und suchen Fehler in elektronischen Schaltungen. · Sprint 6 und 7 · 36 h · freie Wahl. Die Story wird erfahrungsgemäß gemieden; der Messanteil ist bewusst hoch. Zwischenstand statt „Lastenheft, Dimensionierung, Simulation“: gewichtete Anforderungsliste, Speicherkarten, erste Messreihe. Präzisionsquelle mit Strombegrenzung betreiben; Kandidaten mit 3,3 V und 5 V getrennt beschriften.

Dein Wissenspeicher-Blatt zu Wahlstory D

Hier wird ausgefüllt, am Ende der Story. Es ist dein sechstes Blatt, gleiches Raster wie in Teil 1 bis 5. Speichern und drucken kannst du es unten.

Worum geht es

Zwei bis drei Sätze in eigenen Worten. Kein Lehrbuchtext: wer das Feld abschreibt, hat es nicht verstanden.

Schaltbild

Beschreibe das Schaltbild mit allen Bauteilbezeichnungen und Zählpfeilen. Gezeichnet wird auf dem Ausdruck oder auf Papier; das Bild muss ohne den Text lesbar sein.

Formeln

Alle Formeln des Teils mit Größensymbolen und Einheiten. Zu jeder Formel eine Zeile, wann sie gilt und wann nicht.

Rechenschema

Ein durchgerechnetes Zahlenbeispiel aus deinem eigenen Sprint, Schritt für Schritt, mit Zwischenergebnissen und Einheiten.

Aus der Messung gelernt

Deine aussagekräftigste Messkurve oder dein Oszillogramm, mit einer Bildunterschrift, die die Aussage benennt.

Merksatz und Stolperfalle

Ein Satz, den du dir merken willst. Und der Fehler, den du selbst gemacht hast, mit dem, was du daraus gelernt hast.

Abnahme durch das andere Team

Vor der Abnahme durch den Auftraggeber prüft ein Team aus einer anderen Wahlstory eure Ergebnisse, genau gegen diese Punkte. Geht das nicht auf, prüft ein anderes Team derselben Story. Es kennt euren Auftrag nicht aus eigener Arbeit und muss sich deshalb alles zeigen lassen: den Rechenweg, das Messprotokoll, die Begründung. Mindestens zwei Ergebnisse rechnet es selbst nach. **Ein Zurück ohne Begründung zählt nicht.**

Kriterium	abgenommen	zurück, weil
Die Anforderungsliste ist aus dem Produkt abgeleitet und gewichtet.		
Von-Neumann- und Harvard-Architektur sind gegenübergestellt und die Kandidaten zugeordnet; der Unterschied ist an einem Befehlsablauf erklärt.		
Für jeden Kandidaten liegt eine Speicherkarte vor; die Pufferkapazität für Messwerte ist berechnet.		

Kriterium	abgenommen	zurück, weil
Die Interruptlatenz ist mit mindestens 100 Messungen bestimmt; Mittelwert, Extremwerte und Jitter sind angegeben.		
Die Messung unter Last im Hintergrund liegt vor und ist gegen die Anforderung an die Abschaltreaktion bewertet.		
Die Kennlinien der Umsetzer sind aufgenommen; Nichtlinearität, Offset, Verstärkungsfehler und effektive Bitzahl sind angegeben.		
Die Wirkung der Mittelung ist messtechnisch untersucht und gegen die Theorie bewertet.		
Die Stromaufnahme ist in allen Betriebsarten gemessen; die Batterielaufzeit ist berechnet.		
Der Watchdog ist geprüft; Ausfalldauer und Datenverlust sind beziffert.		
Die Serienrechnung enthält Kosten, Verfügbarkeit, Abkündigungsrisiko und Zertifizierungsaufwand.		
Die Entscheidungsmatrix ist gewichtet, nachvollziehbar und auf Stabilität geprüft.		
Die Entscheidungsvorlage ist übergeben und nennt eine Zweitquelle.		
Das Wissensspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.		