



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

*Department Informations- und Elektrotechnik
 Labor für Digitale Informationstechnik
 Praktikum Mikroprozessortechnik*

Aufgabe 1 Exercise	Digitalvoltmeter¹ Digital Voltmeter	
Semester / Gruppe <i>Semester / Group</i>		Protokollführer <i>Chairperson</i>
Versuchstag <i>Day of Exercise</i>		Versuchsteilnehmer <i>Participants</i>
Professor <i>Professor</i>		

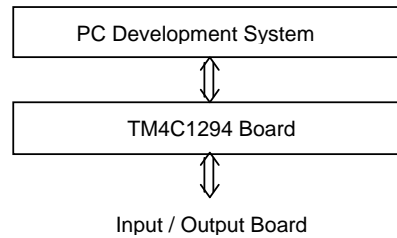
Die Aufgabe ist in 4 Versuche unterteilt. Wenn es nicht anders vereinbart wird, sind die Aufgaben 1 oder 2 und 3.1 und 3.3 zu programmieren und zu testen.

¹ Thl, Snd, Pnr 6.05, Ltl 11.13, Pro 07/2019

Einführung

Bild 1 zeigt PC-Entwicklungssystem und Texas Instruments TM4C1294-Board.

- Die Bausteine des Digitalvoltmeters sind mit dem Input/Output-Board zu verbinden.
- Mit Editor, Compiler oder Assembler und Linker ist die Steuerungssoftware für die Analog-Digital-Umsetzungsverfahren im PC-Entwicklungssystem zu programmieren, zu übersetzen und zu binden.
- Die Steuerungssoftware ist dann in das TM4C1294-Board zu übertragen, und das Digitalvoltmeter ist zu testen.



Erläuterungen zu A/D-Umsetzungsverfahren mit einem D/A-Umsetzer in der Rückführung sind im Anhang zu finden.

Versuche:

Externer D/A-Umsetzer

Das Übertragungsverhalten des externen D/A-Umsetzers ist in Tabelle 1 zu finden. Bild 2 zeigt die Schaltung. Der Triggerpuls erzeugt einen Flankenwechsel am Beginn eines Umsetzungszyklus und kann zur Triggerung des Oszilloskops verwendet werden.

Tabelle 1 Übertragungsverhalten des externen D/A-Umsetzers

Digital input	Analog output
0000 0000	0V
0000 0001	$0V + 1 U_{LSB}$
0000 0010	$0V + 2 U_{LSB}$
...	...
1111 1110	$5V - 2 U_{LSB}$
1111 1111	$5V - 1 U_{LSB}$

Voltage step: $U_{LSB} = 5V/256 = 19.53125mV$

Analog output: $U_{out} = (\text{Digital input}) \cdot U_{LSB}$

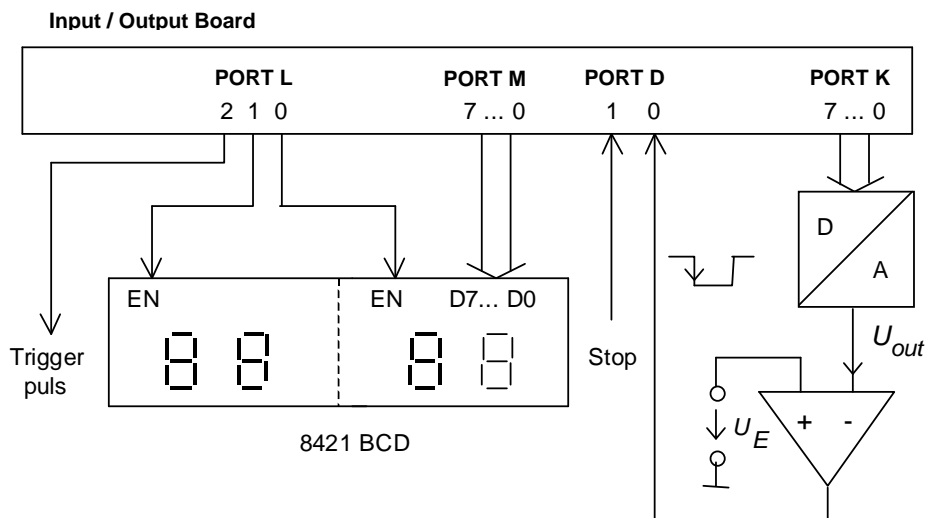


Bild 2 Schaltung

Aufgabe 1: Treppenverfahren

Über Port K legt man dual ansteigende Eingangswerte an den D/A-Umsetzer (0000 0000, 0000 0001, ..., 1111 1111). Bild 2 zeigt die Schaltung. Der Umsetzer wandelt diese Werte gemäß Tabelle 1 in eine treppenförmige Ausgangsspannung U_{out} . Wenn U_{out} größer als die zu messende Eingangsspannung U_E wird, schaltet der Komparator. Der letzte digitale Eingangswert ist zur Eingangsspannung U_E proportional. Die gemessene Spannung ist dreistellig über die Ports L und M auszugeben. Hinweis: Wenn der Eingangswert des D/A-Umsetzers geändert wird, vergehen etwa 30 μ s bis das Ausgangssignal des Komparators stabil an PD(0) anliegt.

Entwerfen Sie Stuktogramme oder Flussdiagramme für das Treppenverfahren. Durch Aktivierung des Tastersignals "Stop" an PD(1) soll die AD-Umsetzung solange ausgesetzt werden, bis der Taster wieder losgelassen wird.

Schreiben Sie ein C-Programm.

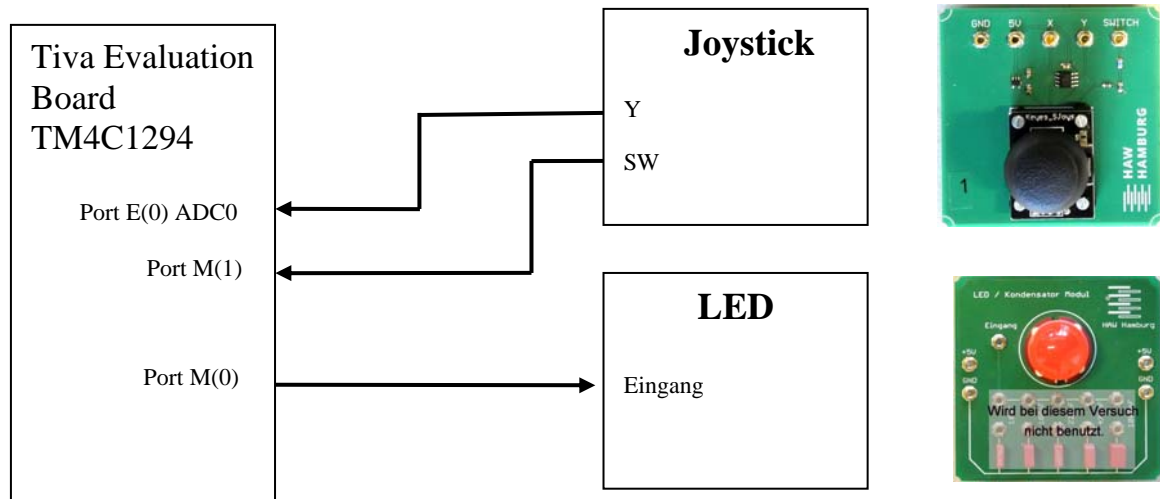
Aufgabe 2: Wägeverfahren (Sukzessive Approximation)

Über Port K in Bild 2 wird zuerst eine Dualzahl ausgegeben, bei der nur das MSB gesetzt ist (1000 0000). Ist die zugehörige Ausgangsspannung U_{out} kleiner als die Eingangsspannung U_E , schaltet der Komparator nicht. Andernfalls schaltet er den an PD(0) anliegenden Spannungspegel auf 0V. Auf diese Weise kann entschieden werden, ob das MSB gesetzt bleiben muss oder ob es wieder wegzunehmen ist. Das beschriebene Verfahren wird sinngemäß für alle anderen Bitstellen wiederholt. Man erhält als Ergebnis eine zur Eingangsspannung U_E proportionale Dualzahl. Die gemessene Spannung ist dreistellig über die Ports L und M auszugeben. Hinweis: Wenn der Eingangswert des D/A-Umsetzers geändert wird, vergehen etwa 30 μ s bis das Ausgangssignal des Komparators stabil an PD(0) anliegt.

Entwerfen Sie Stuktogramme oder Flussdiagramme für das Wägeverfahren. Durch Aktivierung des Tastersignals "Stop" an PD(1) soll die AD-Umsetzung solange ausgesetzt werden, bis der Taster wieder losgelassen wird.

Schreiben Sie ein C-Programm.

Aufgabe 3: Interner A/D Umsetzer: Dimmen einer LED unter Zuhilfenahme eines analogen XY Joysticks



Das Übertragungsverhalten des internen 12 bit A/D-Umsetzers ist in Tabelle 2 zu finden.

Tabelle 2: Übertragungsverhalten des internen A/D-Umsetzers

Analog input U_E	Digital output D
$0 \leq U_E < 1/2 U_{LSB}$	0000 0000 0000
$1/2 U_{LSB} \leq U_E < 3/2 U_{LSB}$	0000 0000 0001
$3/2 U_{LSB} \leq U_E < 5/2 U_{LSB}$	0000 0000 0010
\vdots	\vdots
$5V - 3/2 U_{LSB} \leq U_E < 5V - 1/2 U_{LSB}$	1111 1111 1111

Voltage step: $U_{LSB} = 5V/4096 = 1.220703 \text{ mV}$
 Digital output: $D = (\text{int}) (U_E/U_{LSB} + 0.5)$

3.1 Ermitteln Sie kontinuierlich mit Hilfe des A/D Umsetzers den

momentanen Spannungswert des Y Ausgangs vom Joystick und geben die gemessenen Spannungswerte in mV auf der Konsole mit `printf()` aus .

Schreiben Sie ein Programm, welches in Abhängigkeit des gemessenen Analogwertes des Joystick Ausgangs Y, die Helligkeit einer LED verändert.
Diese Helligkeitsänderung wird mit Hilfe einer PWM Funktion erzeugt.

3.2 Zur Realisierung der PWM wird ein Timer benutzt, welcher das Tastverhältnis einer 1KHz Rechteckfrequenz im Bereich von 5% bis 95% verändern soll. Über diesen Timer wird die Low Zeit und die High Zeit des Ausgangssignals festgelegt. Die Summe beider Zeiten soll stets gleich bleiben.

3.3 Zur Realisierung der PWM wird die PWM Funktion eines Timers benutzt.

XY Joystick

Die Ausgänge X und Y liefern jeweils ein Ausgangssignal zwischen 0 und 4 Volt in Abhängigkeit der Stellung des Joysticks.

Mittlere Ruhelage	= 2.0 V
Hebel nach rechts	= 4 V
Hebel nach links	= 0 V
Taster SW in Ruhe	= 0V gedrückt = 3.3 V

Funktionsweise:

Wird der Joystick nach rechts gedrückt, soll die Helligkeit langsam zunehmen.

Nach links gedrückt abnehmen.

In mittlerer Ruhestellung bleibt die letzte Helligkeitsstufe erhalten.

Bei dem kurzzeitigen Drücken des Joystick Tasters, soll abwechselnd die maximal und minimale Helligkeit bleibend sichtbar werden.

Versuchsdurchführung

Geben Sie Ihr jeweiliges Steuerungsprogramm in das PC-Entwicklungssystem ein, übersetzen und binden Sie es. Beseitigen Sie gegebenenfalls vom Compiler, oder vom Linker gemeldete Fehler. Schließen Sie dann die externe Hardware an das Input/Output-Board an und übertragen Sie das Steuerungsprogramm in das TM4C1294-Board. Überprüfen Sie die Arbeitsweise und beseitigen Sie Fehler, falls dies erforderlich ist.

- Schließen Sie an U_E zusätzlich ein professionelles Digitalvoltmeter an. Notieren und vergleichen Sie die angezeigten Spannungswerte. Untersuchen Sie Abweichungen und diskutieren Sie die Gründe dafür.
- Nur Versuche 1 und 2: Verbinden Sie PL(2) (vgl. Bild 2) mit einem Kanal des Oszilloskops und benutzen ihn als Triggerquelle. Stellen Sie die Ausgangsspannung des D/A-Umsetzers, das Komparatorsignal und das Eingangssignal dar. Ermitteln Sie aus diesen Oszillogrammen die Umsetzungszeit.
- Ermitteln Sie die Umsetzzeiten des Treppen- oder Wägeverfahrens. Diskutieren Sie im Protokoll die Auswirkungen auf die Umsetzungs bzw. Abtastrate als Kenngröße des Analog - Digital- Umsetzers.

Anhang

A/D-Umsetzer mit einem D/A-Umsetzer in der Rückführung

Bild 4 zeigt die Struktur eines A/D-Umsetzer mit einem D/A-Umsetzer in der Rückführung.

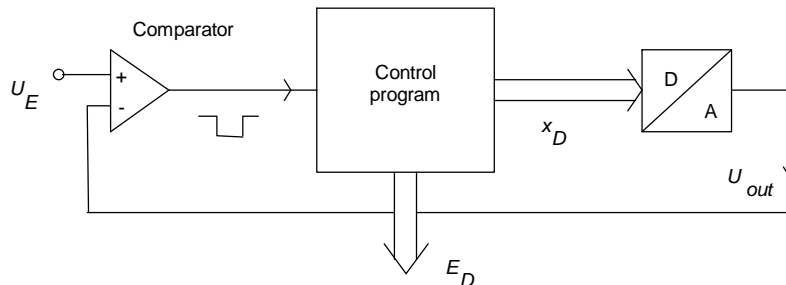


Bild 4 D/A-Umsetzer mit einem A/D-Umsetzer in der Rückführung

Das Steuerungsprogramm erzeugt nach einer geeigneten Strategie digitale Werte x_D . Die daraus abgeleitete Spannung U_{out} wird mit der analogen Eingangsspannung U_E verglichen. Wenn die beiden Spannungen "gleich" sind, wird die Umsetzung beendet. Das Steuerungsprogramm gibt dann das digitale Ergebnis E_D aus. E_D wird während der nächsten Umsetzung konstant gehalten und kann sich von x_D zusätzlich in der Codierung unterscheiden.

Beim *Treppenverfahren* gibt das Steuerungsprogramm am Anfang der Umsetzung $x_D = 0$ aus und zählt x_D dann in Einer-Schritten hoch. Als Folge steigt U_{out} treppenförmig an. Wenn U_{out} größer als U_E wird, ändert sich der Ausgangspegel des Komparators und zeigt damit dem Steuerungsprogramm an, dass die Ausgabe von Treppenstufen zu beenden ist. Das Treppenverfahren ist einfach, aber langsam. Die Umsetzungszeit hängt von der Höhe der Eingangsspannung U_E ab.

Das *Wägeverfahren* arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie eine Balkenwaage mit einem Gewichtssatz von $\text{Max}/2$, $\text{Max}/4$, $\text{Max}/8$, usw. Zuerst wird das schwerste Gewicht $\text{Max}/2$ aufgelegt. Ist $\text{Max}/2$ zu leicht, dann wird $\text{Max}/4$ dazugelegt. Ist $\text{Max}/2$ zu schwer, dann wird es wieder entfernt und durch $\text{Max}/4$ ersetzt. Diese Vorgehensweise wird sinngemäß solange wiederholt, bis auch das leichteste Gewicht verglichen worden ist.

Bild 5 zeigt den Verlauf von U_{out} bei einer A/D-Umsetzung nach dem Wägeverfahren. Da stets acht Schritte erforderlich sind, ist die Umsetzungszeit hier von der Höhe der Eingangsspannung U_E weitgehend unabhängig.

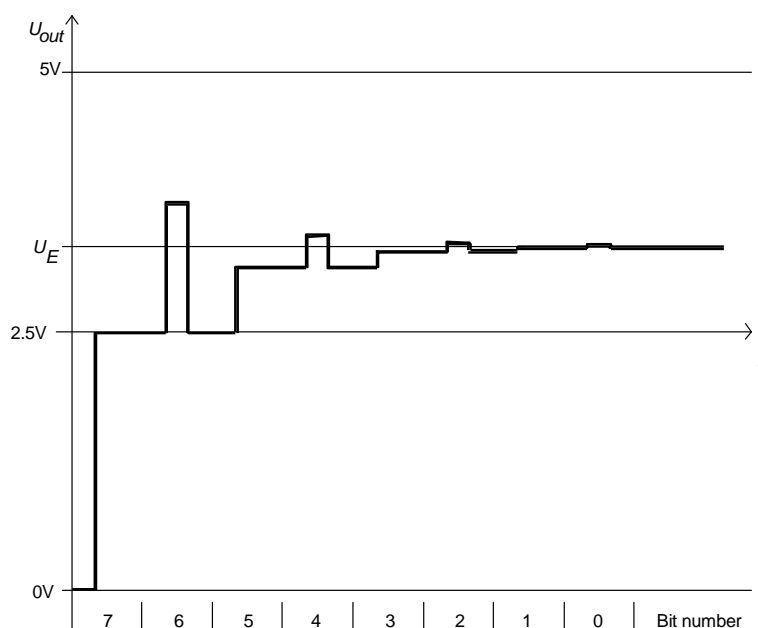


Bild 5 Spannungsverlauf beim Wägeverfahren