

## 1 Einleitung

In diesem Praktikum werden Sie eine Frequenzmessung und eine Frequenzmultiplikation implementieren und testen. Für das Praktikum benötigen Sie das CT Board, einen Jumper und wenn vorhanden, ein Oszilloskop.

## 2 Lernziele

- Sie können die Timer auf einem Microcontroller verwenden, um eine Frequenzmessung zu implementieren.
- Sie sind in der Lage Funktionen mit einem und mehreren Timern zu realisieren.

## 3 Aufbau

### 3.1 Material

- 1 x CT-Board
- 1 x Oszilloskop (wenn vorhanden)
- 1 x BNC zu 0.64mm Buchsen Kabel (wenn vorhanden) oder Messsonde
- 1 x Jumper / Jumperkabel: Sie können hierfür den Jumper JP3 vom Filesystem-Board benutzen.

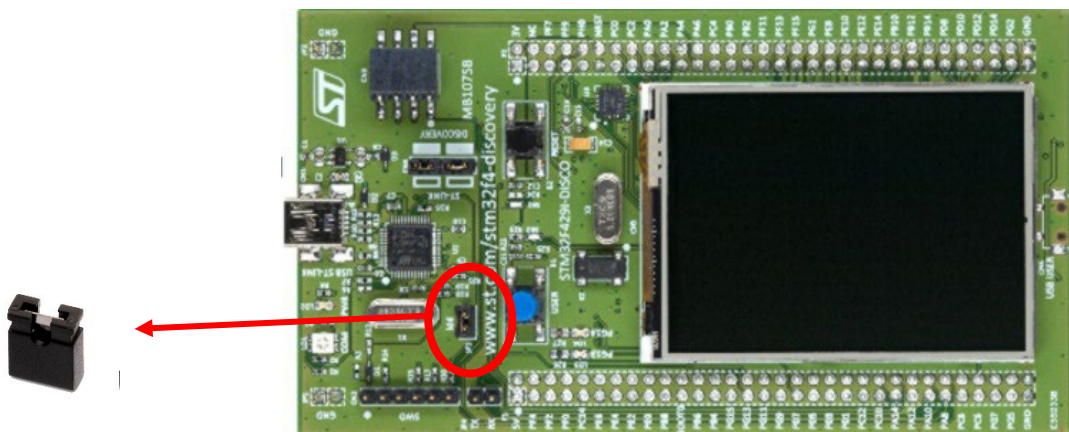


Abbildung 1 Jumper JP3 vom Filesystem-Board

## 3.2 Frequenzerzeugung

Der Timer 3 wird verwendet um Frequenzen im Bereich von ca. 800Hz – 420kHz zu erzeugen. Die Frequenz kann mit dem Potentiometer POT1 eingestellt werden. Je höher die Frequenz eingestellt wird, desto kleiner wird der Wert im AutoReloadRegister (ARR), was dazu führt, dass die Frequenzgenauigkeit abnimmt. Die erzeugte Frequenz wird am Pin PA6 ausgegeben. Der eingestellte Frequenzwert wird auf dem LCD als **f REF:** angezeigt.

Am PA8 soll dann die erzeugte Frequenz eingegeben und gemessen werden. Die gemessene Frequenz soll anschliessend auf dem LCD als **f MEAS:** angezeigt werden.

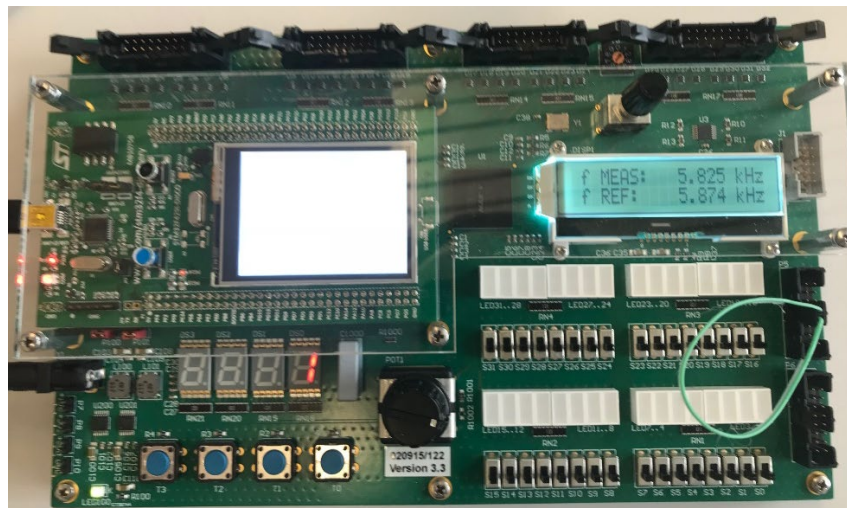


Abbildung 2 Ausgabe erzeugte (f REF:) und gemessene (f MEAS:) Frequenz auf dem LCD.

## 3.3 Anschluss

Verbinden Sie den GPIO Pin A6, kurz PA6 mit dem Pin PA8 gemäss Abbildung 3. Benutzen Sie dazu einen Jumper oder ein Jumperkabel.

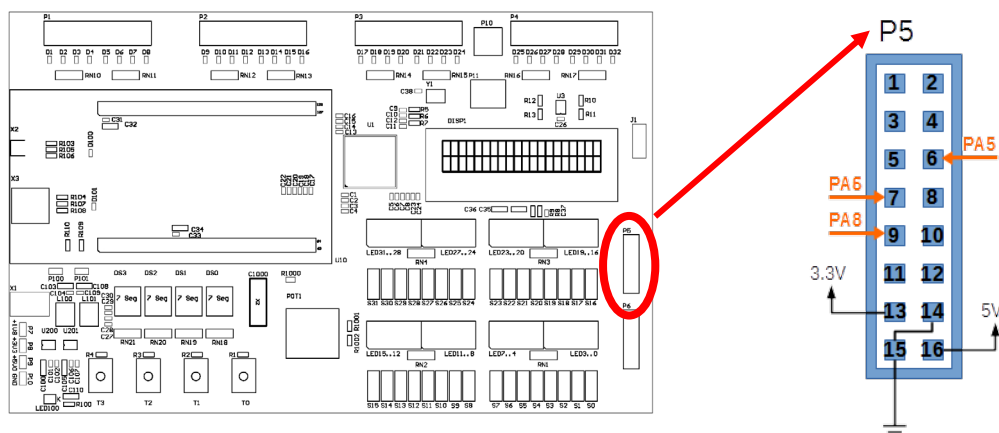


Abbildung 3: CT-Board und 16pin Header (P5) mit den verwendeten Pins

PA5 wird später am Oszilloskop angeschlossen. Verwenden Sie dazu ein BNC Kabel oder eine Messsonde. Den GND verbinden Sie an PA13 oder PA14. Das Oszilloskop wird auf 2V/div eingestellt und der Tastkopf muss auf 1X eingestellt werden.

## 4 Aufgaben

Verwenden Sie die Timer 1 und Timer 8 für alle Aufgaben in diesem Praktikum. Informationen zu den Timern finden Sie im Referenzmanual zum STM32 Seite 515 ff.

Die Taktfrequenz beträgt auf dem CT-Board für alle Timer 84 MHz, sofern der Prescaler auf einen Teiler von 1 gesetzt ist.

### 4.1 Frequenzmessung

Implementieren Sie ein Programm für eine Frequenzmessung nach dem reziproken Messverfahren. Verwenden Sie den Timer 1 und geben Sie die gemessene Frequenz auf dem Display des CT Boards aus. Verwenden Sie dazu den bereitgestellten Programmrahmen. Arbeiten Sie sich zunächst in den HAL in der Datei `hal_timer.h` ein.

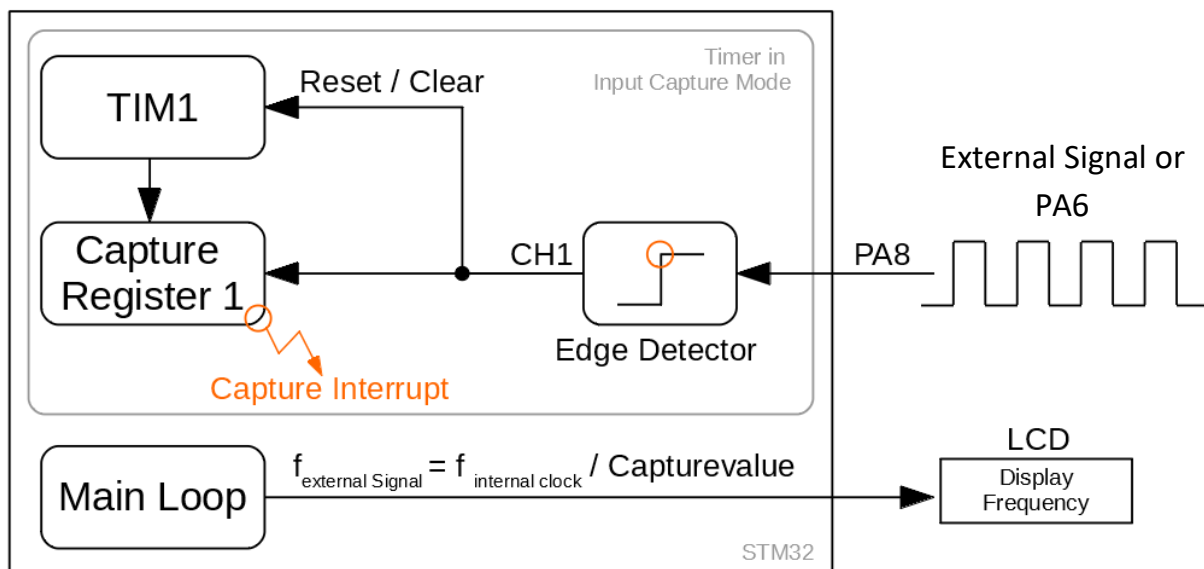


Abbildung 4: Prinzip der reziproken Frequenzmessung

Erweitern Sie die Funktion `init_measure_timer()` wie folgt. Initialisieren Sie Timer 1 als Upcounter, so dass er nach einem Update automatisch resetiert und neu gestartet wird (Run-Continuous). Wählen Sie den Counter-Reload Wert so, dass auch langsame Frequenzen gemessen werden können. Da Timer 1 nicht im Master-Mode verwendet wird, spielt die Einstellung des Master-Modes beim Initialisieren keine Rolle.

Bei jedem Capture-Interrupt muss das Capture-Register ausgelesen und in der vordefinierten Variable `capture_value` gespeichert werden. Implementieren Sie dazu die Interrupt Service Routine (ISR) des Timer 1 `TIM1_CC_IRQHandler()`.

Die Interrupts müssen Sie aktivieren, damit diese dann ihre Interrupt Service Routine aufrufen. Während der Programmlaufzeit können Interrupts mittels dieser Funktion auch deaktiviert werden.

```
hal_timer_irq_set(TIM1, HAL_TIMER_IRQ_CC1, ENABLE);
```

Setzen Sie vor Austritt aus der ISR das entsprechende Interrupt-Flag mit der Funktion `hal_timer_irq_clear(TIM1, HAL_TIMER_IRQ_CC1)` zurück, da Sie sonst in der Routine „gefangen“ bleiben.

Über die Funktion `get_capture_value()` wird der aktuelle Capture-Wert vom Hauptprogramm angefordert. Berechnen Sie aus dem Capture-Wert die Frequenz und zeigen diese auf dem LCD mit Hilfe des Moduls `display_freq` an.

- Bedenken Sie, dass Sie mit der reziproken Frequenzmessung maximal die halbe Frequenz messen können, welche als Takt am Counter anliegt (Abtasttheorem). Bei hohen Frequenzen weist das Capture Register nur noch kleine Werte auf, wodurch die Messgenauigkeit abnimmt.
- Initialisieren Sie alle Struct-Elemente.

## 4.2 Frequenzmultiplikation

Erweitern Sie das Programm zur reziproken Frequenzmessung, so dass ein Vielfaches der gemessenen Frequenz an GPIO PA5 ausgegeben wird. Verwenden Sie dazu Timer 8 als Output-Compare-Timer. Erweitern Sie die Funktion `init_frequency_multiplier()` zur Initialisierung des Timers 8. Konfigurieren Sie den Timer 8 in Output-Compare-Mode, so dass das Ausgangssignal auf CH1N immer getoggelt wird, wenn der Counter den Wert 0 hat.

Modifizieren Sie die ISR des Timers 1 aus Aufgabe 4.1 so, dass der Wert des Capture-Registers von Timer 1 in das Reload-Register von Timer 8 kopiert wird. Die Multiplikation der Eingangsfrequenz wird mit Hilfe des Hexschalters auf dem CT-Board realisiert. Der Multiplikator (Hexschalter) soll auf Werte zwischen 1 und 16 eingestellt werden können. Schreiben sie dazu eine Funktion, die den Multiplikator ausliest und den eingestellten Wert auf der 7-Seg Anzeige anzeigt. Zusätzlich muss der Prescaler des Timer 8 in Abhängigkeit des Multiplikators eingestellt werden können. Benutzen und implementieren Sie dazu die Funktion `set_prescaler_freq_mul()`.

Das Prinzip der Frequenzmultiplikation wurde in der Vorlesung besprochen. Sie finden es nochmals in Abbildung 5.

Hier müssen Sie einen Kompromiss mit dem Prescaler vom Timer 1 eingehen. Ist er zu hoch, wird die Frequenzmessung schnell ungenau ausfallen. Ist der Prescaler jedoch zu klein, kann der Prescaler vom Timer 8 für die multiplizierte Frequenz nicht genau eingestellt werden.

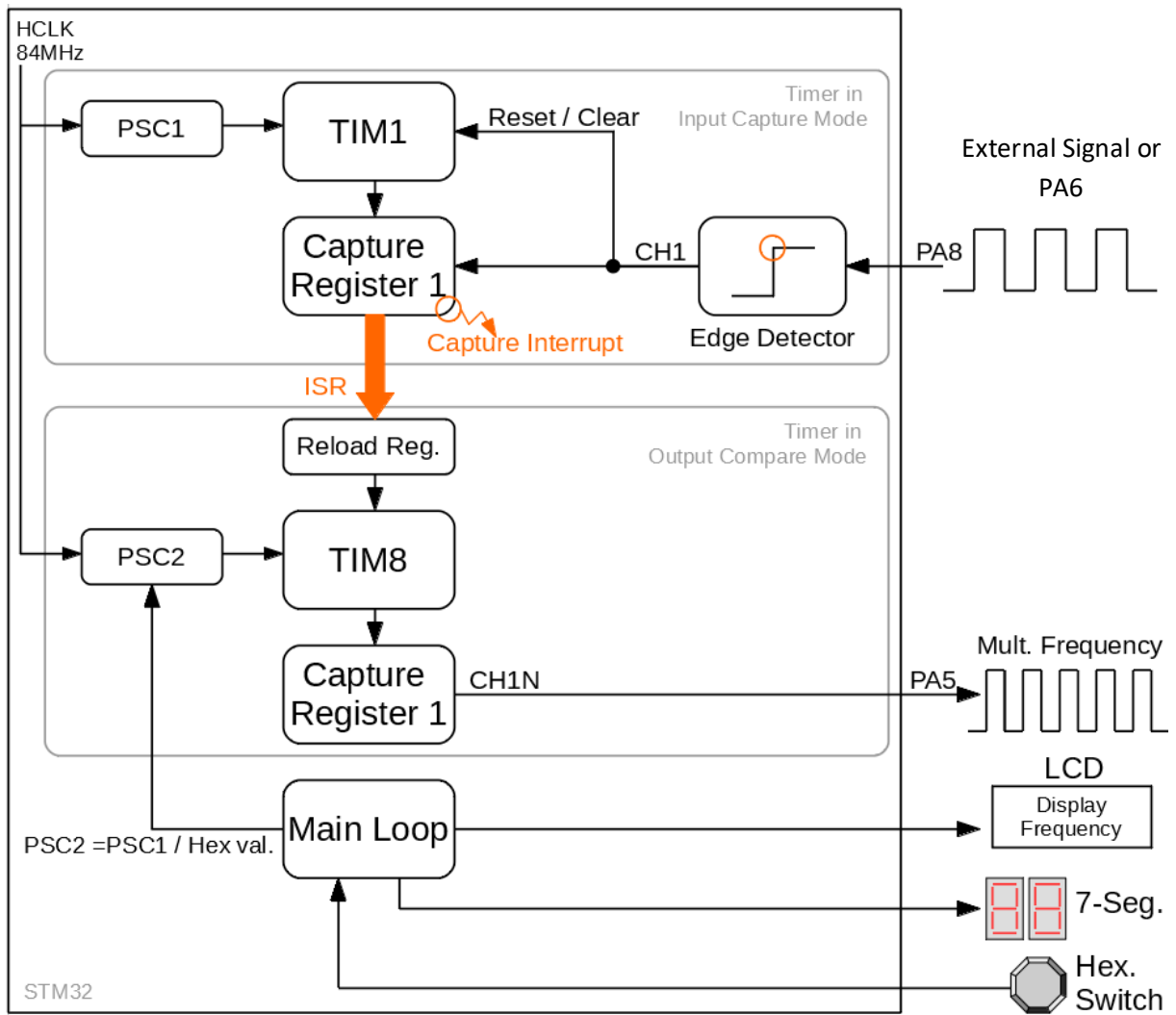


Abbildung 5: Prinzip der Frequenzmultiplikation

Testen Sie Ihr Programm mit verschiedenen Frequenzen und unterschiedlichen Hexschalterstellungen. Schliessen Sie das Oszilloskop an das CT Board an und visualisieren Sie das ausgegebene Signal mit dem Oszilloskop.

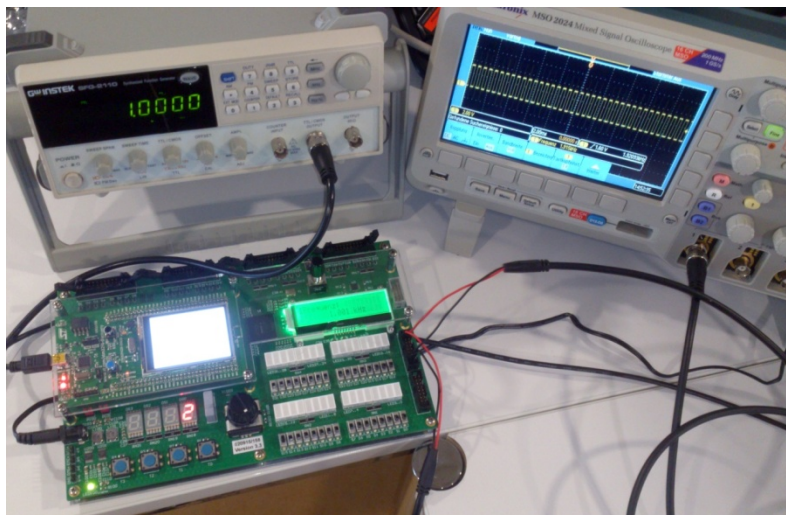


Abbildung 6: Aufbau für die Frequenzmultiplikation

## 5 Bewertung

Das Praktikum wird mit maximal 3 Punkten bewertet:

- |               |          |
|---------------|----------|
| • Aufgabe 4.1 | 2 Punkte |
| • Aufgabe 4.2 | 1 Punkt  |

Punkte werden nur gutgeschrieben, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Der Code muss sauber, strukturiert und kommentiert sein.
- Das Programm ist softwaretechnisch sauber aufgebaut.
- Die Funktion des Programmes wird erfolgreich vorgeführt.
- Der/die Studierende muss den Code erklären und zugehörige Fragen beantworten können.