目次

AD Converter の利用

XG-50 の AD Converter には、外部電源(バッテリ[ch1]ワイド電源[ch2]) を接続しています。
加えてSoC 内部の Vref温度センサーも有効化しています。

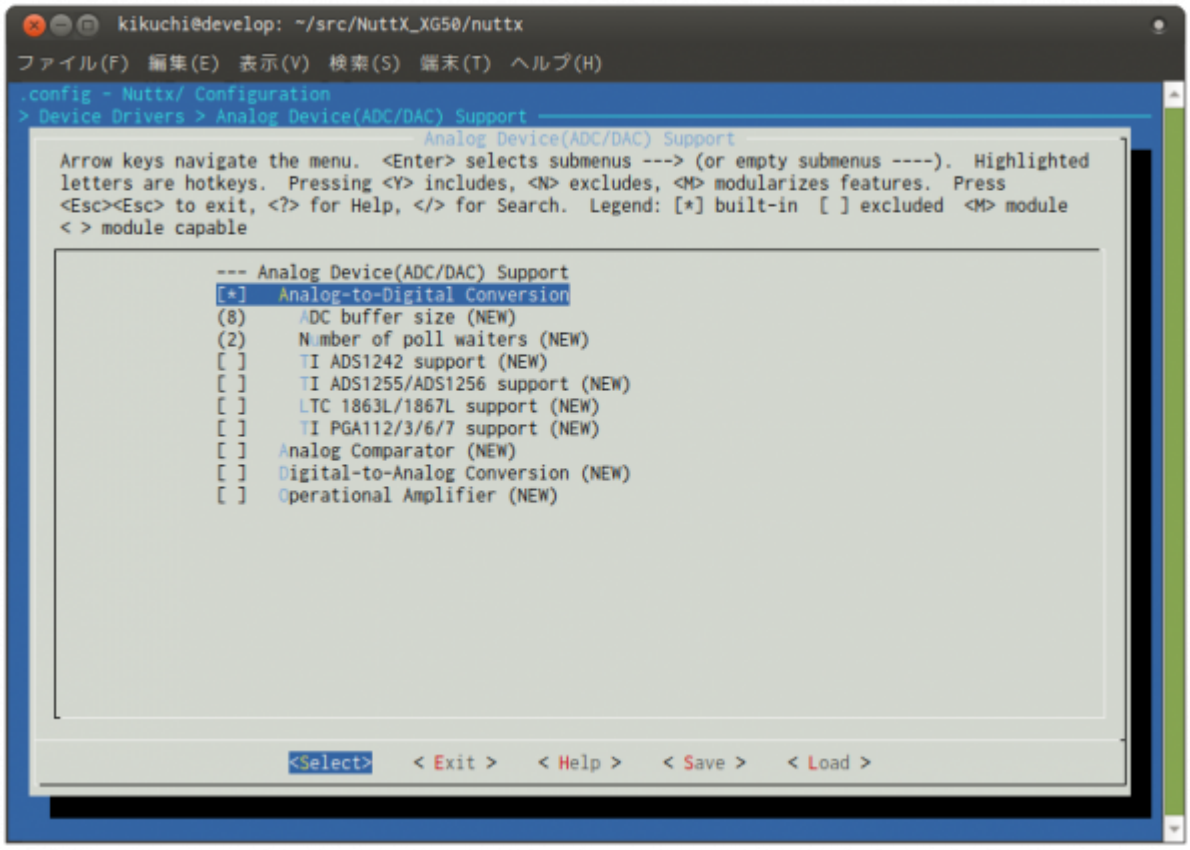
Channel	入力	Note
0	VREFINT	SoC 内部基準電圧源
1	バッテリー電圧	アッテネータ経由[1]
2	ワイド電源電圧[2]	アッテネータ経由[3]
17	温度センサー	SoC 内蔵温度センサー

設定

NuttX Configuration

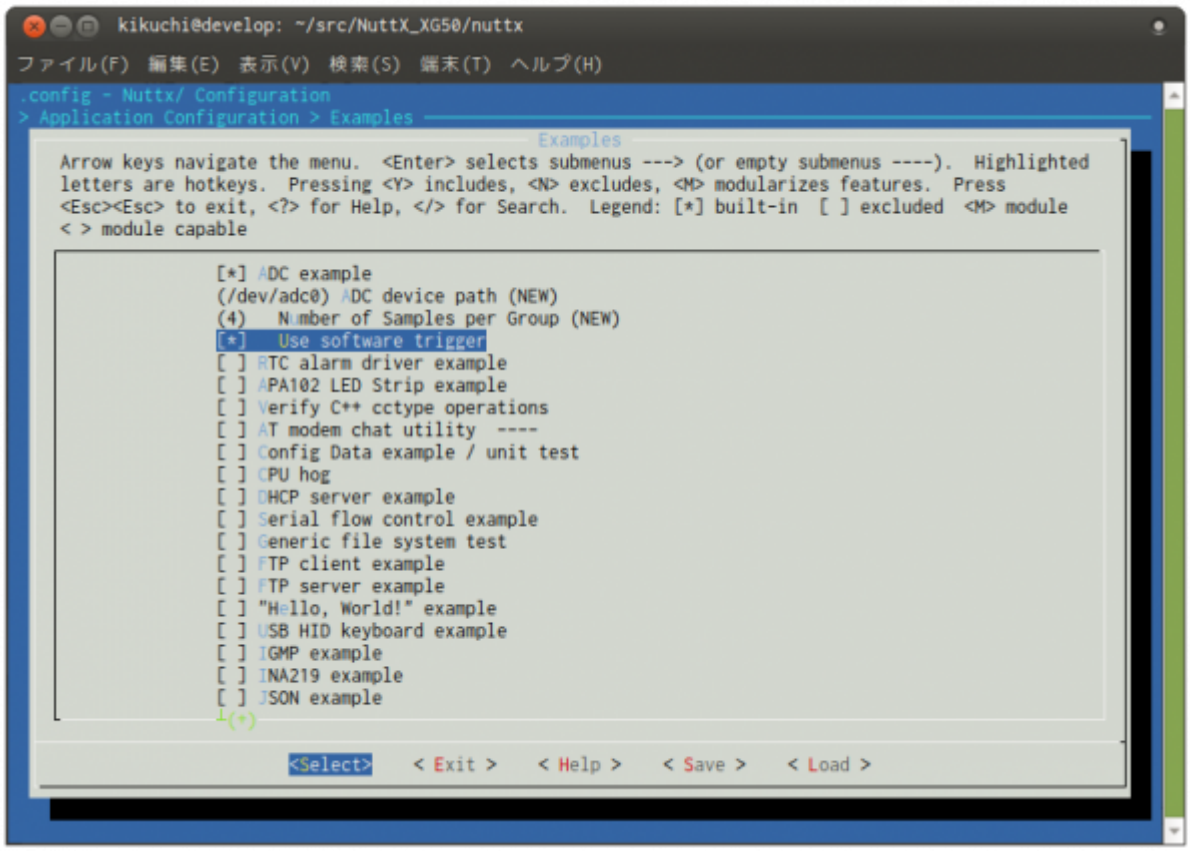
AD Converter を有効化するため、**make menuconfig** で NuttX の構成を変更します。

- Device Drivers → Analog Device(ADC/DAC) Support 有効化
- Device Drivers → Analog Device(ADC/DAC) Support → Analog-to-Digital Conversion 有効化



- Application Configuration → Examples → ADC example 有効化
  - ADC device path → **“/dev/adc0”**
  - Number of Samples per Group → 4

- Use software trigger 有効化



config を保存し、build します。

ファームウェアの書き込み

ファームウェアの書き込みと動作 を参考に、ファームウェアを XG-50 に書き込みます。

動作テスト

書き込んだファームウェアを実行すると、下のように**adc**というコマンドが使用できるようになります。

```
NuttShell (NSH)
nsh> help
help usage:  help [-v] [<cmd>]

  [           dirname     false       mkfatfs     pwd         time
  ?           date        free        mkfifo      reboot      true
  basename    dd          help        mkrd        rm          uname
  break       df          hexdump     mh          rmdir       umount
  cat         dmesg       kill        mount       set         unset
  cd          echo        ls          mv          sh          usleep
```

```
  cp          exec        mb          mw          sleep       xd
  cmp         exit        mkdir       ps          test

Builtin Apps:
  adc <-------
  cu
  i2c
  sudoku
nsh>
```

さっそく実行してみます。

```
nsh> adc
adc_main: g_adcstate.count: 1
adc_main: Hardware initialized. Opening the ADC device: /dev/adc0
Sample:
1: channel: 0 value: 1498
2: channel: 1 value: 3483
3: channel: 2 value: 0
4: channel: 17 value: 936
nsh>
```

Channel 0, 1, 2, 17 の 4 つの値を取ることができました。

値の(電圧への)変換

上記 AD 変換で取得した値は、アナログ電源(VDDA) を基準にした相対値[4]となっています。
STM32L4 の Reference Manual にあるとおり、実際の電圧を求めるには計算を行う必要があります。

計算式は下記のとおりです。

$$ V_{CHANNEL_X} = \frac{V_{DDA}}{FULL\_SCALE} \times ADC_X\_DATA $$

(Reference Manual より)

ここで、VDDA は 3.3[V]、FULL_SCALE は 4095 なのでそれを当てはめて Channel 1 (バッテリー入力電圧) を計算すると、

$$ V_{CHANNEL1} = \frac{3.3}{4095} \times 3483 \times 1.1 = 3.087 [V] $$

となります。

VREFINT を利用した計算

STM32L4 の VREFINT を利用し、VDDA の電圧に依存しない計算方法です。

$$ V_{CHANNEL_X} = \frac{3.0 V \times VREFINT\_CAL \times ADC_X\_DATA}{VREFINT\_DATA \times FULL\_SCALE} $$

ここで、各変数は下記の通りです。

変数	内容
VREFINT_CAL	VREFINT calibration value[5] (0x1FFF75AA - 0x1FFF75AB)
ADC_DATA	AD 変換結果
VREFINT_DATA	Channel 0 AD変換結果
FULL_SCALE	4095

手元のチップでは、**VREFINT_CAL** の値は 0x0678 でした。

```
nsh> mh 0x1fff75aa
  1fff75aa = 0x0678
nsh>
```

この値を上記式に当てはめて計算すると、

```
In [8]: ((3 * 0x0678 * 3483) / (1498 * 4095)) * 1.1
Out[8]: 3.1028589034463536
```

となります。

試しに電圧計で電源ピンのところで計測してみると 3.094 [V] でした。
どちらの方法を使用しても 0.3% 程度の誤差[6]で計測できるようです。

値の(温度への)変換

CH17 の温度センサーの値から温度への変換式は下記のとおりです。

$$ Temperature\ (in \ ℃) = \frac{110\ ℃ - 30\ ℃}{TS\_CAL2 - TS\_CAL1} \times (TS\_DATA - TS\_CAL1) + 30\ ℃ $$

ここで、各変数は下記になります。

変数	内容
TS_CAL1	温度センサーキャリブレーション値[7] @30℃ (0x1FFF75A8 - 0x1FFF75A9)
TS_CAL2	温度センサーキャリブレーション値[8] @110℃ (0x1FFF75CA - 0x1FFF75CB)
TS_DATA	温度センサ ADC 出力値

TS_CAL1, **TS_CAL2** ともに VDDA が 3.0V のときの値となっていますが XG-50 の VDDA は 3.3V のため、

『VREFINT を利用した計算』 を用いて換算する必要があります。

$$\begin{align} Temperature\ (in\ ℃) = \frac{110\ ℃ - 30\ ℃}{TS\_CAL2 - TS\_CAL1} \times \left(\frac{VREFINT\_CAL \times TS\_DATA}{VREFINT\_DATA} - TS\_CAL1 \right) + 30\ ℃ \end{align}$$

手元のチップで **TS_CAL1**, **TS_CAL2** を確認してみると、

```
nsh> mh 0x1fff75a8
  1fff75a8 = 0x0410
nsh> mh 0x1fff75ca
  1fff75ca = 0x051b
```

それぞれ 0x0410, 0x051b となっているため、それを用いて計算すると、

```
In [18]: VREFINT_CAL=0x0678

In [19]: TS_DATA=936

In [20]: TS_CAL1=0x410

In [21]: TS_CAL2=0x51b

In [22]: VREFINT_DATA=1498

In [23]: ((110 - 30) / (TS_CAL2 - TS_CAL1)) * ((VREFINT_CAL * TS_DATA) /
VREFINT_DATA - TS_CAL1) + 30
Out[23]: 28.419065620577733
```

28.4℃ となりました。

プログラミング

apps/examples/adc/adc_main.c を参照してください。

1)
10/11 にしているため、真の値を求めるには 1.1 倍する必要があります
2)
5□36V
3)
1/12 にしているため、真の値を求めるには 12倍 する必要があります
4)
12bit ADC なので、0〜4095
5)
メーカーにて出荷時にキャリブレーションした結果を不揮発領域に書き込んであります
6)
電圧計が正しいかどうかは置いておいて

[7] [8]
,
VDDA 3.0V