

# Systèmes embarqués 6

J.-M Friedt

FEMTO-ST/département temps-fréquence

`jmfriedt@femto-st.fr`

transparents à `jmfriedt.free.fr`

17 septembre 2017

## IIO : Industrial Input/Outputs. (2009)

Pourquoi un nouvel environnement de communication ?

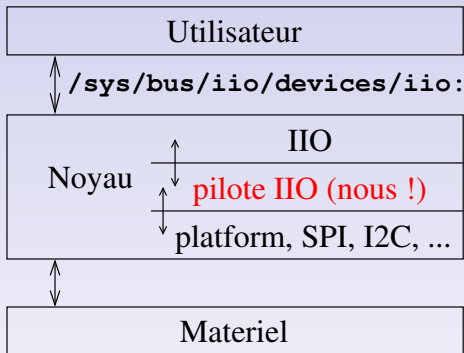
- IIO fournit les interfaces que tout capteur accessible par Linux doit respecter (ADC, DAC, accéléromètre, magnétomètre ...),
- échange d'informations en format ASCII au lieu de binaire, plus accessible au shell ou aux langages scriptés (Python)
- API entre l'interface vue de l'utilisateur et les pilotes qui accèdent au matériel

```
static int ad5624r_spi_write(struct spi_device *spi,
                             u8 cmd, u8 addr, u16 val, u8 len)
{
    u32 data;
    u8 msg[3];

    data = (0 << 22) | (cmd << 19) | (addr << 16) | (val << (16 - len));
    msg[0] = data >> 16;
    msg[1] = data >> 8;
    msg[2] = data;

    return spi_write(spi, msg, 3);
}
```

## Définition des interfaces



modprobe industrialio  
pour éviter

```
[ 81.594608] iio_simple_dummy: Unknown symbol iio_device_alloc (err 0)
[ 81.594621] iio_simple_dummy: Unknown symbol iio_device_free (err 0)
[ 81.594634] iio_simple_dummy: Unknown symbol iio_device_unregister (err 0)
[ 81.594644] iio_simple_dummy: Unknown symbol iio_device_register (err 0)
```

## Chargement du pilote ...

- En l'absence d'auto-détection, description de la structure matérielle de la carte par devicetree
- définition d'un pilote (qui n'est *pas* appelé automatiquement)

```
static const struct platform_device_id ad5624r_id[] = {
    {"ad5624r3", ID_AD5624R3},
    {"ad5644r3", ID_AD5644R3},
    {"ad5664r3", ID_AD5664R3}, // identifiant du peripherique
    ...

static struct spi_driver ad5624r_driver = {
    .driver = {
        .name = "ad5624r",
        .owner = THIS_MODULE,
    },
    .probe = ad5624r_probe,
    .remove = ad5624r_remove,
    .id_table = ad5624r_id,    // ICI on dit quel composant
                              // n\'ecessite ce pilote
};
```

## ... qui est appelé par la plateforme

- définition d'une plateforme qui fait appel au pilote au moment de sa première initialisation

```
static struct platform_device plat_gr_device = {  
    .name = "ad5624r3",    // plateforme qui fait appel au pilote  
    // MEME NOM QUE DANS static struct platform_driver ad5624r_driver = {
```

- la méthode probe du pilote est appelée autant de fois que le périphérique est présent
- ainsi, le probe accepte des arguments que init ne peut pas recevoir.

```
insmod composant.ko  
insmod dummy_platform.ko  
ls -l /sys/bus/iio/devices/iio\:device0/  
cat /sys/bus/iio/devices/iio\:device0/name
```

- cette fois  

```
ret = iio_device_register(indio_dev);
```

  
 ⇒ création d'une interface IIO (≠ platform\_device\_unregister)

## Initialisation du pilote

```
static const char *iio_dummy_part_number = "iio_dummy_part_no";
static int iio_dummy_probe(int index)
{
    struct iio_dev *indio_dev;
    indio_dev = iio_device_alloc(sizeof(*st));
    iio_dummy_init_device(indio_dev);
    indio_dev->name = iio_dummy_part_number;
    ...
    indio_dev->channels = iio_dummy_channels;
    ...
    ret = iio_device_register(indio_dev);
}
```

et affichage des diverses étapes de chargement du pilote

```
[ 156.678734] Probe
[ 156.678765] Init device
```

qui se traduit par

```
# cat /sys/bus/iio/devices/iio\:device0/name
iio_dummy_part_no
```

## Fichiers dans chaque interface

```
#define AD5624R_CHANNEL(_chan, _bits) { \  
    .type = IIO_VOLTAGE, \  
    .indexed = 1, \  
    .output = 1, \  
    .channel = (_chan), \  
    .info_mask_separate = BIT(IIO_CHAN_INFO_RAW), \  
    .info_mask_shared_by_type = BIT(IIO_CHAN_INFO_SCALE), \  
    ...
```

Le pilote décrit les fonctionnalités du matériel (entrée/sortie, canaux, étalonnage ...)

```
#define DECLARE_AD5624R_CHANNELS(_name, _bits) \  
    const struct iio_chan_spec _name##_channels[] = { \  
        AD5624R_CHANNEL(0, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(1, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(2, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(3, _bits), \  
    } \  
 \  
static DECLARE_AD5624R_CHANNELS(ad5624r, 12); \  
static DECLARE_AD5624R_CHANNELS(ad5644r, 14); \  
static DECLARE_AD5624R_CHANNELS(ad5664r, 16);
```

## Fichiers dans chaque interface

```
#define AD5624R_CHANNEL(_chan, _bits) { \  
    .type = IIO_VOLTAGE, \  
    .indexed = 1, \  
    .output = 1, \  
    .channel = (_chan), \  
    .info_mask_separate = BIT(IIO_CHAN_INFO_RAW), \  
    .info_mask_shared_by_type = BIT(IIO_CHAN_INFO_SCALE), \  
    ...
```

Le pilote décrit les fonctionnalités du matériel (entrée/sortie, canaux, étalonnage ...)

```
#define DECLARE_AD5624R_CHANNELS(_name, _bits) \  
    const struct iio_chan_spec _name##_channels[] = { \  
        AD5624R_CHANNEL(0, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(1, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(2, _bits), \  
        AD5624R_CHANNEL(3, _bits), \  
    }
```

et les points d'accès associés seront créés :

```
static const struct ad5624r_chip_info ad5624r_chip_info_tbl[] = {  
    [ID_AD5624R3] = { .channels = ad5624r_channels,  
                    .int_vref_mv = 1250, },
```



## Définition des interfaces

Création de `/sys/bus/iio/devices/iio\:device0` contenant

```
dev                in_accel_x_raw        in_voltage0_raw
in_voltage3-voltage4_raw  out_voltage0_raw      uevent
in_accel_x_calibbias    in_sampling_frequency in_voltage0_scale
in_voltage-voltage_scale  power
in_accel_x_calibscale    in_voltage0_offset    in_voltage1-voltage2_raw
name                  subsystem
```

**Interfaces définies** par la description du composant : `iio_chan_spec`<sup>1</sup>

```
static const struct iio_chan_spec iio_dummy_channels[] = {
{ .type = IIO_VOLTAGE,
  .indexed = 1,
  .channel = 0, // Channel has a numeric index of 0
  .info_mask_separate = // liste des infos fournies par le canal
  BIT(IIO_CHAN_INFO_RAW) | BIT(IIO_CHAN_INFO_OFFSET) | BIT(IIO_CHAN_INFO_SC
  .info_mask_shared_by_dir = BIT(IIO_CHAN_INFO_SAMP_FREQ), // sampling_freq
  .scan_index = voltage0,
  .scan_type = { // Description of storage in buffer
    .sign = 'u', /* unsigned */
    .realbits = 13, /* 13 bits */
    .storagebits = 16, /* 16 bits used for storage */
    .shift = 0, /* zero shift */
  }
  ...
}
```

Liste des informations (RAW, OFFSET...) se retrouve dans write

1. `$(SRCS)/include/linux/iio/iio.h`

Fonction appelée lors de la lecture ou écriture des données :

```
static const struct iio_info composant_info = {
    .write_raw = composant_write_raw,
    .read_raw = composant_read_raw,
    .driver_module = THIS_MODULE,
};
```

qui fait appel aux fonctions de bas-niveau :

```
static int composant_write_raw(struct iio_dev *indio_dev,
    struct iio_chan_spec const *chan, int val, int val2, long mask)
{struct composant_state *state = iio_priv(indio_dev);
    int ret;
    switch (mask) {
        // nature de la transaction
        case IIO_CHAN_INFO_RAW: // vvv recupere nbre de bits dans chan
            if (val >= (1 << chan->scan_type.realbits) || val<0) return -EINVAL;
            ret = ad5624_spi_write(state, chan->channel, val);
            default: ret = -EINVAL;
    }
    return ret;
}
```

Unique fonction d'écriture + nature de la transaction sélectionnée par `info2` exploitant la fonction vue initialement (`ad5624r_spi_write()`)

2. <https://git.kernel.org/cgit/linux/kernel/git/torvalds/linux.git/tree/drivers/iio/dac/ad8801.c?id=refs/tags/v4.9-rc8>

Remplit \*val, \*val2 et renvoie la nature de la transaction

```
static int composant_read_raw(struct iio_dev *indio_dev,
    struct iio_chan_spec const *chan, int *val, int *val2, long info)
{struct composant_state *state = iio_priv(indio_dev);
  switch (info) {
    case IIO_CHAN_INFO_RAW:
      *val = state->dac_cache[chan->channel];
      return IIO_VAL_INT;          // valeur entiere immediate renvoyee
    case IIO_CHAN_INFO_SCALE:
      *val = state->vrefh_mv - state->vrefl_mv;
      *val2 = 8;
      return IIO_VAL_FRACTIONAL_LOG2; // mantisse et exposant
    case IIO_CHAN_INFO_OFFSET:
      *val = state->vrefl_mv;
      return IIO_VAL_INT;
    default:
      return -EINVAL;
  }
  return -EINVAL;
}
```

## Conclusion

- Perte de la généricité des appels par /dev ...
- ... au profit d'une uniformité des appels systèmes par périphérique/bus
- Nouveau niveau d'abstraction avec description du pilote et de la plateforme
- Interfaces séparant données et configuration
- Échanges de données sous forme ASCII

### Ressources :

- documentation de IIO dans les sources du noyau<sup>3</sup>
- M. Ripard, *IIO, a new kernel subsystem*, FOSDEM 2012<sup>4</sup>
- L.-P. Clausen, *Using the Linux IIO framework for SDR – A hardware abstraction layer*, FOSDEM 2015<sup>5</sup>

---

3. [lxr.free-electrons.com/source/drivers/staging/iio/Documentation/](http://lxr.free-electrons.com/source/drivers/staging/iio/Documentation/)

4. [https://archive.fosdem.org/2012/schedule/event/693/127\\_iio-a-new-subsystem.pdf](https://archive.fosdem.org/2012/schedule/event/693/127_iio-a-new-subsystem.pdf)

et <http://free-electrons.com/blog/fosdem2012-videos/> pour la vidéo

5. <https://archive.fosdem.org/2015/schedule/event/iiosdr/>

## Mise en pratique

Consulter les exemples proposés dans

```
[...]/linux-headers-*/drivers/staging/iio$ ls iio_*  
iio_dummy_evgen.c  iio_simple_dummy_buffer.c  iio_simple_dummy_events.c  
iio_dummy_evgen.h  iio_simple_dummy.c  iio_simple_dummy.h
```

- 1 Proposer un exemple dans lequel deux instances d'un pilote sont chargées par une module noyau.
- 2 Proposer un exemple dans lequel un compteur est incrémenté à chaque lecture.
- 3 Proposer un exemple dans lequel la valeur renvoyée par une lecture est celle transmise au cours d'une écriture : penser à protéger lecture et écriture par un *mutex*.

```
#include <linux/mutex.h>  
struct mutex mymutex;  
  
mutex_init(&mymutex);  
  
mutex_lock(&mymutex); // bloque  
...  
mutex_unlock(&mymutex); // debloque
```

Pour chaque problème, effectuer la démonstration **sur PC** puis sur carte **Redpitaya**.