

# □ Reverse- engineering et hacking

- [Reverse-ingeneering de la graveuse laser Jinsoku LE1620](#)

# Reverse-ingeneering de la graveuse laser Jinsoku LE1620

## Informations

- Christian Simon
- FabLabSU
- Date de fin : 29 avril 2022

## Contexte - Motivation

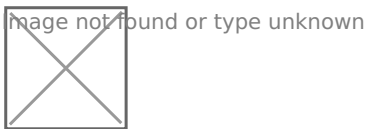
Il s'agit de détourner une CNC peu chère de son usage initial. C'est un point de départ intéressant pour construire des machines 2D+ rapidement : l'électronique et le bâti sont déjà montés, ça permet de faire vite plein de choses.

C'est initialement dans le cadre du projet [Pillink](#) que j'y ai pensé. Mais on pourrait également transformer cette découpeuse laser en découpeuse à plasma (ou autre !) avec un effort minimal.

L'étape indispensable est de pouvoir modifier la tête pour contrôler *autre chose* que le faisceau laser de gravure, sans changer le reste.

## Présentation de la machine

C'est graveuse laser à bas-coût que l'on peut trouver sur de nombreux site, dont [Amazon](#), pour 245€ environ, produite par Genmitsu et [SainSmart](#).



Elle est basée sur un contrôleur dont le firmware est basé sur l'open-source [grbl](#).

On peut donc la contrôler avec la plupart des logiciels usuels : [LaserGRBL](#) (Windows seulement), [Lightburn](#) (non-libre). On pense aussi à [UGS](#) (Universal Gcode Sender, libre et multiplateforme).

Références : [Le blog Ben Maker](#)

On trouve également quelques “unboxing” sur Youtube, mais ils sont sans intérêt pour la plupart.

## Démarche

La puissance du laser est fixée dans le Gcode, qui est transmis au contrôleur, qui envoie un PWM à une carte fille montée sous le bras, qui elle-même contrôle et alimente le laser.

On va donc chercher à exploiter ce PWM pour déclencher d'autres actions : démarrer l'aspiration (ouvrir une électrovanne), actionner un servo-moteur, ouvrir un relais. Les valeurs du PWM étant autant de codes d'actions possible... à la précision et au bruit près !

## Décodage d'un PWM

La première étape est d'arriver à décoder un PWM avec un Arduino. La meilleure lecture est le blog de [Ben Ripley](#), qui présente 3 méthodes :

-

Simple, basique avec la fonction `pulseIn()`.

-

Avec des interruptions externes à coups de `attachInterrupt()`.

-

Avec des bibliothèques qui implémentent des fonctions autour de ces interruptions.

Il utilise `[PinChangeInt]`(<https://playground.arduino.cc/Main/PinChangeInt/> "https://playground.arduino.cc/Main/PinChangeInt/") mais ont trouvé très vite ses évolutions dont `[PinChangeInterrupt]`(<https://github.com/NicoHood/PinChangeInterrupt> "https://github.com/NicoHood/PinChangeInterrupt"), incluse dans la base de bibliothèques de l'IDE Arduino.

On trouve facilement des exemples de gens l'utilisant, par exemple [le blog QuadMeUp de @pspsychalski](#). L'exemple permet de décoder des signaux RC transmis par une télécommande avec un PWM à 50 Hz... La première inconnue est donc la capacité à travailler à plus haute fréquence.

Pour prendre en main cela, on programme un premier Arduino pour générer des PWM de 0 ( `dutycycle` 0%) à 255 ( `dutycycle` 100%), selon une entrée. Le PWM généré par l'Arduino UNO est à 490 Hz, déjà de fréquence plus élevée. Ce PWM est envoyé vers l'Arduino qui décode, et allume des LED selon la valeur décodée.

Lorsque cet ensemble fonctionne, on a le code suivant.

```
#include <PinChangeInterrupt.h>
```

```
/*
```

Define pins used to provide RC PWM signal to Arduino

Pins 8, 9 and 10 are used since they work on both ATmega328 and

ATmega32u4 board. So this code will work on Uno/Mini/Nano/Micro/Leonardo

See PinChangeInterrupt documentation for usable pins on other boards

```
*/
```

```
const byte channel_pin[] = {8, 9, 10};
```

```
volatile unsigned long rising_start[] = {0, 0, 0};
```

```
volatile long channel_length[] = {0, 0, 0};
```

```
#define led_r 7
```

```
#define led_j 6
```

```
#define led_v 5
```

```
#define led_b 4
```

```
int etat;
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(57600);
```

```
    pinMode(channel_pin[0], INPUT); pinMode(channel_pin[1], INPUT); pinMode(channel_pin[2], INPUT);
```

```
    pinMode(led_r, OUTPUT);
```

```
    pinMode(led_j, OUTPUT); pinMode(led_v, OUTPUT); pinMode(led_b, OUTPUT);
```

```
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[0]), onRising0, CHANGE);
```

```
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[1]), onRising1, CHANGE);
```

```
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[2]), onRising2, CHANGE);
```

```
    digitalWrite(led_r, HIGH);
```

```
    digitalWrite(led_j, HIGH);
```

```
    digitalWrite(led_v, HIGH);
```

```
    digitalWrite(led_b, HIGH);
```

```
    delay(1000);
```

```
    digitalWrite(led_r, LOW);
```

```
    digitalWrite(led_j, LOW);
```

```
    digitalWrite(led_v, LOW);
```

```
    digitalWrite(led_b, LOW);
```

```
    delay(1000);
```

```
    digitalWrite(led_r, HIGH);
```

```
    digitalWrite(led_j, HIGH);
```

```
    digitalWrite(led_v, HIGH);
```

```

digitalWrite(led_b, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led_r, LOW);
digitalWrite(led_j, LOW);
digitalWrite(led_v, LOW);
digitalWrite(led_b, LOW);
}

void processPin(byte pin) {
  uint8_t trigger = getPinChangeInterruptTrigger(digitalPinToPCINT(channel_pin[pin]));
  if(trigger == RISING) { rising_start[pin] = micros(); }
  else if(trigger == FALLING) { channel_length[pin] = micros() - rising_start[pin]; } }

void onRising0(void) { processPin(0); }
void onRising1(void) { processPin(1); }
void onRising2(void) { processPin(2); }

void loop() {
  Serial.print(channel_length[0]);
  etat=map(channel_length[0], 0, 1000, 1, 5);
  Serial.print(" | ");
  Serial.print(etat);
  Serial.print(" | ");
  Serial.print(channel_length[1]);
  Serial.print(" | ");
  Serial.print(channel_length[2]);
  Serial.println("");

  int etat;

  void setup() {
    Serial.begin(57600);
    pinMode(channel_pin[0], INPUT);
    pinMode(channel_pin[1], INPUT);
    pinMode(channel_pin[2], INPUT);
    pinMode(led_r, OUTPUT);
    pinMode(led_j, OUTPUT);
    pinMode(led_v, OUTPUT);
    pinMode(led_b, OUTPUT);
  }
}

```

```
attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[0]), onRising0, CHANGE);
attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[1]), onRising1, CHANGE);
attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(channel_pin[2]), onRising2, CHANGE);
```

```
/* test */
```

```
digitalWrite(led_r, HIGH);
digitalWrite(led_j, HIGH);
digitalWrite(led_v, HIGH);
digitalWrite(led_b, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led_r, LOW);
digitalWrite(led_j, LOW);
digitalWrite(led_v, LOW);
digitalWrite(led_b, LOW);
delay(1000);
digitalWrite(led_r, HIGH);
digitalWrite(led_j, HIGH);
digitalWrite(led_v, HIGH);
digitalWrite(led_b, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led_r, LOW);
digitalWrite(led_j, LOW);
digitalWrite(led_v, LOW);
digitalWrite(led_b, LOW);
}
```

```
void processPin(byte pin) {
    uint8_t trigger = getPinChangeInterruptTrigger(digitalPinToPCINT(channel_pin[pin]));
    if(trigger == RISING) {
        rising_start[pin] = micros();
    }
    else if(trigger == FALLING) {
        channel_length[pin] = micros() - rising_start[pin];
    }
}
```

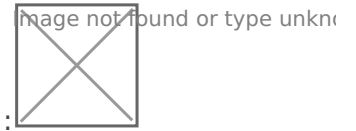
```
void onRising0(void) { processPin(0); }
void onRising1(void) { processPin(1); }
void onRising2(void) { processPin(2); }
```

```
void loop() {  
  Serial.print(channel_length[0]);  
  etat=map(channel_length[0], 0, 1000, 1, 5);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(etat);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(channel_length[1]);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(channel_length[2]);  
  Serial.println("");  
  
  switch (etat) {  
    case 1:  
      digitalWrite(led_r, HIGH);  
      digitalWrite(led_j, LOW);  
      digitalWrite(led_v, LOW);  
      digitalWrite(led_b, LOW);  
      break;  
    case 2:  
      digitalWrite(led_r, LOW);  
      digitalWrite(led_j, HIGH);  
      digitalWrite(led_v, LOW);  
      digitalWrite(led_b, LOW);  
      break;  
    case 3:  
      digitalWrite(led_r, LOW);  
      digitalWrite(led_j, LOW);  
      digitalWrite(led_v, HIGH);  
      digitalWrite(led_b, LOW);  
      break;  
    case 4:  
      digitalWrite(led_r, LOW);  
      digitalWrite(led_j, LOW);  
      digitalWrite(led_v, LOW);  
      digitalWrite(led_b, HIGH);  
      break;  
  }  
}
```

# Du Gcode au PWM

Avant de faire interpréter le PWM à l'Arduino désormais programmé, on va vérifier les caractéristiques du PWM qui sort du contrôleur, en fonction des Gcode envoyés.

Hélas, l'interface UGS est incapable (*a priori*) d'allumer/éteindre/moduler le laser de la machine. Pour trouver les Gcode à envoyer, on a donc recours à Lightburn. La configuration du logiciel pour la Jinsoku-LE1620 est détaillée sur [le blog Ben Maker](#).



On met en place 4 tracés, en définissant 4 lignes à 4 puissances différentes :

Le Gcode est sauvegardé

```
; LightBurn 1.1.03
; GRBL device profile, absolute coords
; Bounds: X17.22 Y16.41 to X37.78 Y65.59
G00 G17 G40 G21 G54
G90
M4
; Cut @ 100 mm/sec, 20% power
M9
G0 X17.219Y16.408
M3
; Layer C00
G1 Y65.592S200F6000
G1 X20.781
G1 Y16.408
G1 X17.219
; Cut @ 100 mm/sec, 40% power
M9
G0 X23.219Y16.408
; Layer C01
G1 Y65.592S400
G1 X26.781
G1 Y16.408
G1 X23.219
; Cut @ 100 mm/sec, 80% power
M9
G0 X29.219Y16.408
```



```

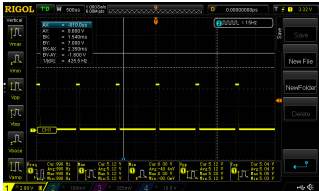
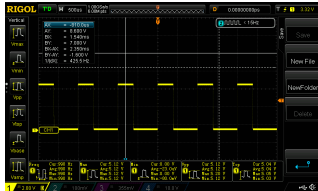
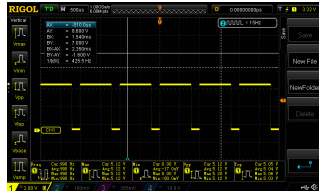
; Layer C03
G1 Y65.592S800
G1 X32.781
G1 Y16.408
G1 X29.219
; Cut @ 100 mm/sec, 100% power
M9
G0 X34.219Y16.408
; Layer C02
G1 Y65.592S1000
G1 X37.781
G1 Y16.408
G1 X34.219
M9
G1 S0
M5
G90
; return to user-defined finish pos
G0 X0 Y0
M2

```

Pour comprendre ce code, on se reporte à la documentation de [grbl](#), page "Laser Mode".

En examinant le Gcode, on repère des lignes G1 qui sont suivies de SXXX et FXXX. On a en particulier choisi le mode d'opération M3 "puissance constante" (et non M4 modulé en fonction de la vitesse de déplacement). Le code du réglage de la puissance est SXXXX (de 0 à 1000), et F est le "feed-rate".

Avec Lightburn, on envoie divers séquences, et on observe alors à l'oscilloscope :

séquence envoyée	M3 G1S100F100	M3 G1S400F100	M3 G1S800F100
PWM constaté	10%	40%	80%
observation			

Accessoirement, on peut mesurer la fréquence du PWM, qui est 1kHz, conformément d'ailleurs à ce qui est annoncé dans la documentation de grbl.

## Décodage par l'Arduino et remontage global

Un point important est d'assurer la continuité des masses sur l'ensemble du montage. Même ainsi les moteurs pas-à-pas génèrent un bruit important sur le PWM que l'on cherche à exploiter.

Je dessine alors un carré avec 4 côtés de couleurs différentes dans Lightburn, j'exporte le Gcode, que j'ouvre avec UGS :

```
; LightBurn 1.1.03
; GRBL device profile, absolute coords
; Bounds: X20 Y30 to X50 Y60
G00 G17 G40 G21 G54
G90
M4
; Cut @ 100 mm/sec, 20% power
M9
G0 X20Y30
M3
; Layer C00
G1 X50S200F6000
; Cut @ 100 mm/sec, 40% power
M9
G0 X50Y30
; Layer C01
G1 Y60S400
; Cut @ 100 mm/sec, 60% power
M9
G0 X50Y60
; Layer C03
G1 X20S600
; Cut @ 100 mm/sec, 100% power
M9
G0 X20Y60
; Layer C02
G1 Y30S1000
M9
G1 S0
M5
G90
; return to user-defined finish pos
G0 X0 Y0
M2
```

Voici le résultat (intégration du fichier vidéo uploadé sur Bookstack)

Et encore (fichier vidéo accessible depuis Peertube) :