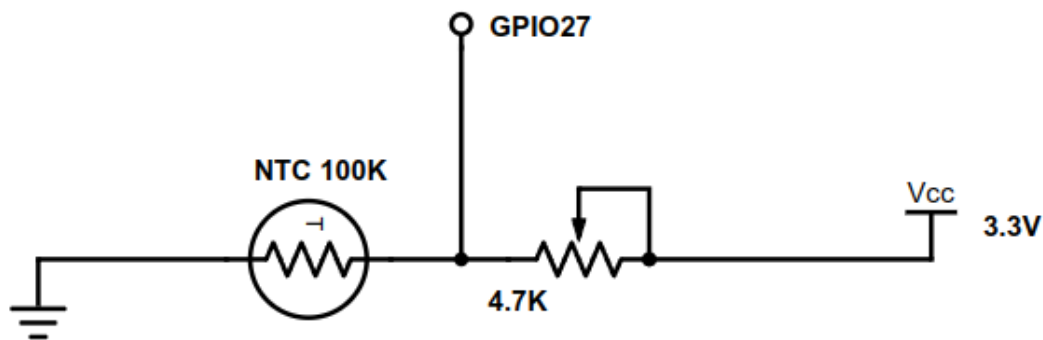


PID Heaters

Questa serie di test permettono di analizzare con una certa precisione come realmente varia la temperatura all'interno del nozzle tramite una misura diretta fatta con una termocoppia da 1,5 mm di diametro.

Queste misure hanno dimostrato che i sensori di temperatura usati per i nozzle sbagliano tutti a temperatura ambiente di anche 10 °C facendo credere quindi che la temperatura raggiunta sia di 220 °C ma in realtà è, ad esempio, solo 210 °C.



Per questo motivo ho sostituito la resistenza fissa di 4.7 K che viene messa normalmente nel circuito di misura con una resistenza trimmer da 10K. In questo modo ho potuto compensare la temperatura ad essere esattamente a quella stimata dalla termocoppia (errore +/- 0.5 °C) inserita nel nozzle con impostazione di 220 °C. In quel range di temperature l'errore è piccolo per tutto l'arco di funzionamento previsto da 180 a 300 °C.

Nota sul test

Il test è stato fatto senza usare il filo, ma solo in condizioni di funzionamento a vuoto con inserita, nel nozzle, la termocoppia da 1.5 mm di diametro.

Queste sono le condizioni peggiori di funzionamento per un sistema di controllo della temperatura in quanto non passando materiale il nozzle non viene da esso raffreddato e quindi opera in un regime prettamente instabile.

Parametri generali

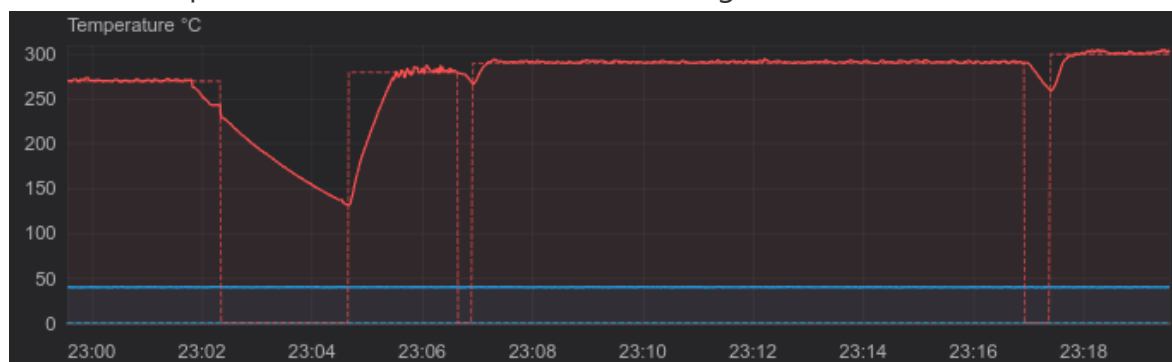
```
[extruder]
step_pin: gpio14
dir_pin: !gpio13
enable_pin: !gpio15
microsteps: 16
rotation_distance: 33.500
nozzle_diameter: 0.400
filament_diameter: 1.750
heater_pin: effector:gpio14
sensor_type: EPCOS 100K B57560G104F
smooth_time: 5
pwm_cycle_time: 0.1
sensor_pin: effector:gpio27
min_temp: 0
max_temp: 310
```

Un parametro molto interessante è lo **smooth_time** che deve essere scelto in funzione della costante di tempo del riscaldatore. Normalmente è 1 secondo, ma se il riscaldatore è molto compatto può avere una costante di tempo molto piccola che rende la misura piuttosto ballerina che può far credere al sistema di verifica (verify_heather extruder) che ci sia un errore e mandare un segnale di reset, in questo caso conviene aumentare tale tempo in modo da avere una lettura più uniforme dei valori, ad esempio possono arrivare a 5 secondi per nozzle particolarmente compatti che hanno poca inerzia termica. Il metodo di calcolo è una media cumulata su una serie di misure entro quell'arco di tempo. La media fa un vero e proprio smoothing sul diagramma.

Ad esempio il primo diagramma ha una media di **1** secondo, mentre la seconda parte è di **5** secondi, il risultato risulta molto più vicino alla media dei valori.

Oltretutto la sonda inserita per fare la misura dentro il nozzle conferma una migliore approssimazione della temperatura.

In questo esempio usavo una MCU con RP2040 e la sua porta A/D da 12 bit su NTC da 100K compensata con una R variabile da 10K regolata a circa 6 K.



Il sistema se ben calibrato può funzionare anche a 300 °C con una discreta stabilità, l'errore di temperatura rilevato dalla sonda della termocoppia inserita all'interno del nozzle è di 1 °C.

Calibrazione dei parametri PID

Ci si pone sul terminale e si esegue la seguente macro:

```
$ TURN_OFF_HEATERS
$ PID_CALIBRATE HEATER=extruder TARGET=290
// PID parameters: pid_Kp=28.247 pid_Ki=47.080 pid_Kd=4.237
// The SAVE_CONFIG command will update the printer config file
// with these parameters and restart the printer.
```

Quando si salva con SAVE_CONFIG i valori del PID vengono scritti sotto forma di commento (DA NON EDITARE) in fondo al file printer.cfg

Questo è come si può osservare il file dell'extruder, notare che mancano i parametri del PID:

```
[extruder]
step_pin: gpio14
dir_pin: !gpio13
enable_pin: !gpio15
microsteps: 16
rotation_distance: 33.500
nozzle_diameter: 0.400
filament_diameter: 1.750
heater_pin: effector:gpio14
sensor_type: EPCOS 100K B57560G104F
smooth_time: 1.0
pwm_cycle_time: 0.05
sensor_pin: effector:gpio27
min_temp: 0
max_temp: 310
```

Se però andiamo in fondo nella sezione SAVE_CONFIG troviamo questo:

```
### <----- SAVE_CONFIG ----->
### DO NOT EDIT THIS BLOCK OR BELOW. The contents are auto-generated.
###
### [extruder]
### control = pid
### pid_kp = 28.247
### pid_ki = 47.080
### pid_kd = 4.237
```

Evitare di modificare manualmente i parametri del PID in quanto è veramente difficile trovare la giusta soluzione.

Alcuni parametri utili a conoscere per la calibrazione

pwm_cycle_time

Il valore da porre è in finzione della finezza di approssimazione in potenza e quindi della variazione max-min di una temperatura, quindi un PWM time più piccola porta ad una maggiore finezza, ma non esagerare con valori troppo piccoli.

verify_heather extruder

È un file di configurazione di comportamento considerato corretto prima di un abort:

```
[verify_heater extruder]
#max_error: 120
# The maximum "cumulative temperature error" before raising an
# error. Smaller values result in stricter checking and larger
# values allow for more time before an error is reported.
# Specifically, the temperature is inspected once a second and if it
# is close to the target temperature then an internal "error
# counter" is reset; otherwise, if the temperature is below the
# target range then the counter is increased by the amount the
# reported temperature differs from that range. Should the counter
# exceed this "max_error" then an error is raised. The default is
# 120.
#check_gain_time:
# This controls heater verification during initial heating. Smaller
# values result in stricter checking and larger values allow for
# more time before an error is reported. Specifically, during
# initial heating, as long as the heater increases in temperature
# within this time frame (specified in seconds) then the internal
# "error counter" is reset. The default is 20 seconds for extruders
# and 60 seconds for heater_bed.
#hysteresis: 5
# The maximum temperature difference (in Celsius) to a target
# temperature that is considered in range of the target. This
# controls the max_error range check. It is rare to customize this
# value. The default is 5.
#heating_gain: 2
# The minimum temperature (in Celsius) that the heater must increase
# by during the check_gain_time check. It is rare to customize this
# value. The default is 2.
```

Può essere modificato per l'heater che per il bed, ma usare attenzione in quanto questi parametri servono per la sicurezza del sistema, ovvero per evitare che ci sia un malfunzionamento che porta troppo in alto la temperatura con conseguente pericolo di incendiare le plastiche.

L'effetto dell'isteresi massima prevista è normalmente di 5 °C, ma può essere aumentato se necessario, questo non significa che la temperatura del nozzle segua

questa variazione, ma solo che il sistema di riscaldamento deve seguire entro una certa banda massima di ± 5 o più gradi il valore richiesto. Se dopo 120 errori (valore che può essere modificato) questo parametro continua a cambiare si ha il reset.

Se la temperatura vera del nozzle (ricavata ad esempio con una termocoppia da 1,5 mm inserita al suo interno) è quella richiesta, ma si ha dei reset, può essere conveniente aumentare l'isteresi di un paio di gradi, questo può essere necessario se si opera con temperature più alte.