



Stefano Busnelli (IlGuru)

MODULI COMPARATOR E VOLTAGE REFERENCE DEL PIC

9 September 2015

In questo articolo si parla dei moduli Comparator e Voltage Reference del PIC16F628A e viene descritto un esempio in cui i due moduli lavorano insieme.

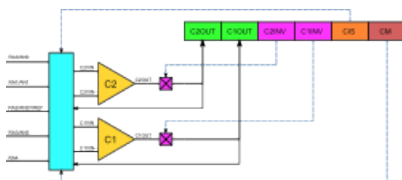
Fonte delle informazioni

La fonte delle informazioni citate in questo articolo, sono i capitoli 10 ed 11 del datasheet [PIC16F628A](#):

- 10.0 COMPARATOR MODULE
- 11.0 VOLTAGE REFERENCE MODULE

Il Comparator Module

Questo modulo è composto da due comparatori interni programmabili i cui contatti di ingresso e uscita fanno capo ai pin



ComparatorModule_000.png

- RA0/AN0
- RA1/AN1
- RA2/AN2/VRE
- RA3/AN3/CMP1
- RA4/ToCKI/CMP2

Il modulo è gestito dal registro CMCON

bit7 bit6 bit5 bit4 bit3 bit2 bit1 bit0
C2OUT C1OUT C2INV C1INV CIS CM2 CM1 CM0

- CM: Seleziona la configurazione dei due comparatori ed il loro modo di utilizzo.
- CIS: Comparator Input Switch. Seleziona il modo in cui gli ingressi invertenti dei comparatori vengono collegati ai pin analogici del PIC, nei casi in cui CM vale 001 (3 ingressi condivisi con 2 comparatori) o 010 (4 ingressi condivisi con 2 comparatori).
- C1INV e C2INV: Se impostati ad 1 invertono il livello logico del relativo comparatore.

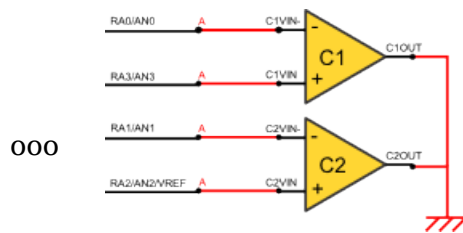
- C1OUT e C2OUT: Contengono il livello logico di uscita dei comparatori. Il loro valore può essere invertito dalle impostazioni di C1INV e C2INV. Sono bit di sola lettura.

Modalità di funzionamento

La combinazione di valori CM e CIS seleziona la modalità di funzionamento del modulo comparatore.

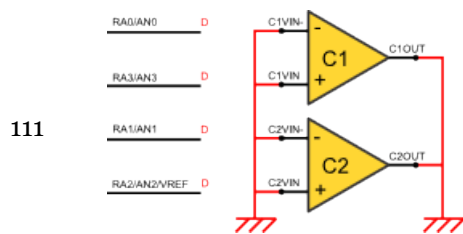
CM CIS=X CIS=0 CIS=1

Reset comparatore



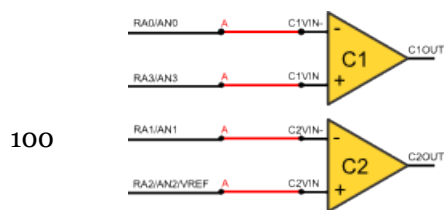
000X

Comparatore disabilitato, i pin sono ingressi/uscite digitali



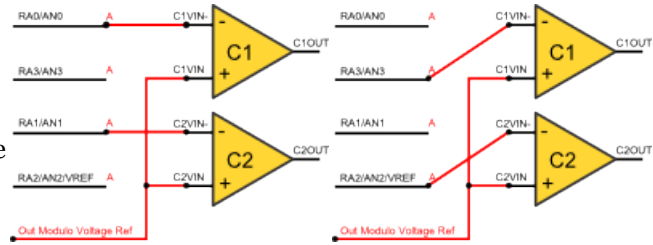
111X

Due comparatori indipendenti



100X

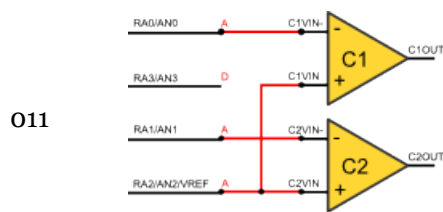
010 4 ingressi condivisi su 2 comparatori e VRef in comune



0100

0101

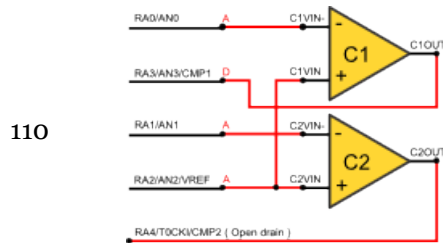
Due comparatori con un ingresso in comune



011

011X

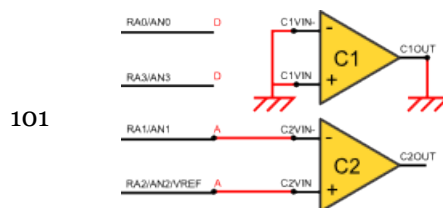
Due comparatori con un ingresso in comune e valori su pin out



110

110X

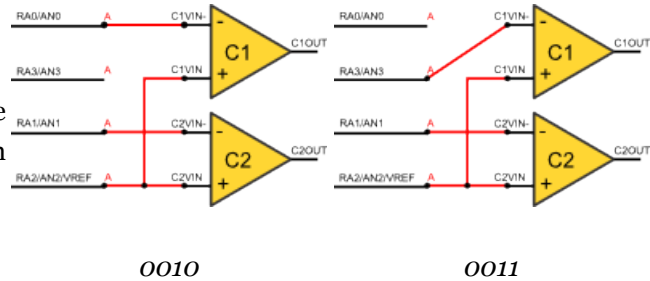
Un singolo comparatore e 2 pin digitali liberi



101

101X

Tre ingressi condivisi su due
comparatori con un ingresso in
comune

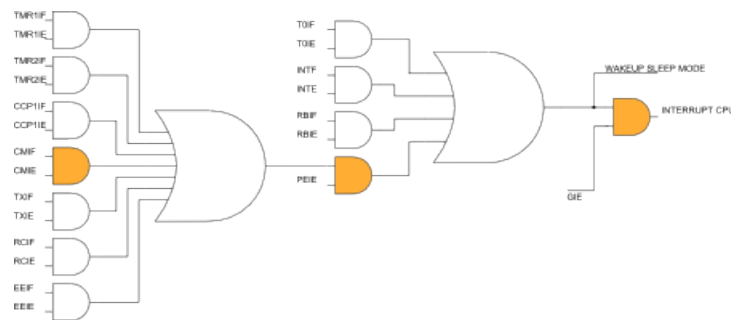


Interrupt

Se l'interrupt è abilitato, ogni volta che uno dei comparatori cambia stato viene generato un interrupt. I bit dei registri che influenzano gli interrupt del comparatore sono:

- **GIE**: Global Interrupt Enable. o disabilita tutti gli interrupt del PIC, 1 li abilita.
- **PEIE**: Peripheral Interrupt Enable, è il sesto bit del registro INTCON (INTCON.PEIE). o disabilita tutti gli interrupt delle periferiche PIC, 1 li abilita.
- **CMIE**: Comparator Module Interrupt Enable. E' il 6° bit del registro PIE1 (PIE1.CMIE). o disabilita l' interrupt del comparatore, 1 lo abilita.
- **CMIF**: Comparator Module Interrupt Flag. E' il 6° bit del registro PIR1 (PIR1.CMIF). o non c'è stato interrupt, 1 c'è stato interrupt. La routine di interrupt deve riportare questo flag a 0 altrimenti non potranno scattare altri interrupt dal comparatore.

Lo schema logico dei bit e flag di interrupt è rappresentato nella figura 14-14 del datasheet, dove ho evidenziato quelli coinvolti nel modulo comparatore:

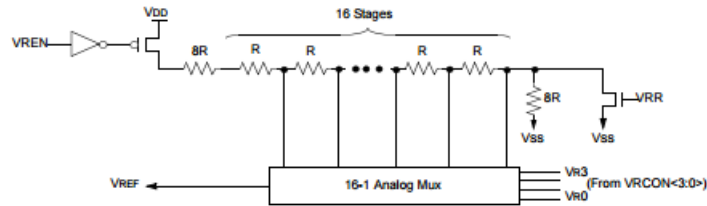


Interrupt-PIC.png

Ogni volta che si imposta il registro **CMCON** per programmare il comparatore, bisogna disabilitare gli interrupt altrimenti potrebbero scattare per errore. Anche il registro **TRISA** è coinvolto nel funzionamento del comparatore, perchè i pin da 0 a 4 della PORTA vanno impostati correttamente come input o aoutput.

Il Voltage Reference Module

Il Voltage refence module, è costituito da una rete di 16 resistenze. E' un vero e proprio DAC interno a 4 bit fatto per ottenere una tensione di riferimento secondo due modalità di funzionamento.



VR-Mod.png

Il modulo è controllato dal registro **VRCON** che è così composto:

bit7 bit6 bit5 bit4 bit3 bit2 bit1 bit0

VREN VROE VRR - VR3 VR2 VR1 VR0

- **VREN**: Voltage Reference ENable. 0 disabilita il modulo, 1 lo abilita.
- **VROE**: Voltage Reference Output Enable. 1 collega la tensione generata dal modulo su RA2/AN2/VREF, 0 lo scollega.
- **VRR**: Imposta la modalità di funzionamento del modulo secondo una delle due disponibili.
- **VR**: E' il valore digitale da convertire.

Ci sono altri due registri coinvolti nel funzionamento del modulo:

- **CMCON**: Se il modulo VR viene usato con il comparatore, questo va configurato con i bit CMCON.CM=010
- **TRISA**: Se il valore Vref viene collegato ad AN2, TRISA.TRISA2 deve essere settato a 0 per impostare AN2 come output.

Modalità di funzionamento

Tramite **VRR** si possono selezionare due modalità di conversione:

- **High range**: Quando VRR = 0

$$V_{Ref} = \left(\frac{V_{dd}}{4} \right) + \left(\frac{VR}{32} \right) \times V_{dd}$$

$$Se V_{dd} = 5.0 V \Rightarrow V_{Ref} = 1.25 V \rightarrow 3.59 V$$

- **Low range**: Quando VRR = 1

$$V_{Ref} = \left(\frac{VR}{24} \right) \times V_{dd}$$

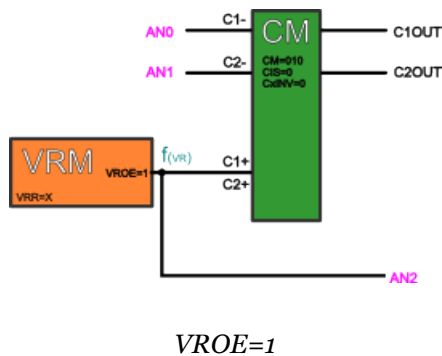
$$Se V_{dd} = 5.0 V \Rightarrow V_{Ref} = 0.0 V \rightarrow 3.125 V$$

Tramite **VROE** si può esportare il valore di V_{ref} sul pin AN2 che però non deve essere in uso al comparatore e deve essere di output.

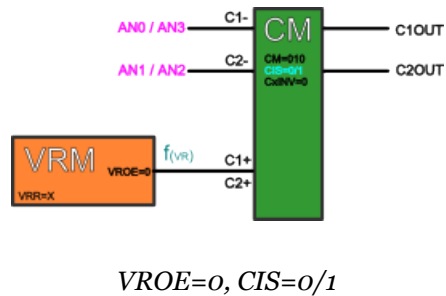
CM e VR insieme

La modalità di funzionamento del modulo comparatore è quella relativa a $CM=010$ che lo collega al modulo voltage reference.

In questa modalità, agendo sul valore di voltage reference tramite VR, si possono leggere 2 valori analogici.



Se non si esporta V_{ref} su AN2 ($VROE=0$), agendo su CIS e quindi spostando gli switch sugli altri due ingressi, si possono leggere 4 valori analogici.



Principali svantaggi per entrambe le modalità VRR:

- La risoluzione è di soli 4 bit.
- Il range di tensioni è limitato, infatti non comprende tutti i livelli tra 0 e 5V, ma cambiando configurazione al modulo comparatore e condizionando con degli operazionali il segnale da misurare o quello generato su AN2 è possibile superare questo limite.

Vantaggi:

- Se la risoluzione non è importante, la conversione è molto veloce perchè bisogna generare solo 16 livelli di tensioni da comparare. Con un clock di 20 MHz, abbiamo $\frac{20 \times 10^6}{4} = 5 \times 10^6$ cicli macchina al secondo, con cui possiamo generare teoricamente $\frac{5 \times 10^6}{16} = 312500$ rampe e quindi acquisizioni al secondo.

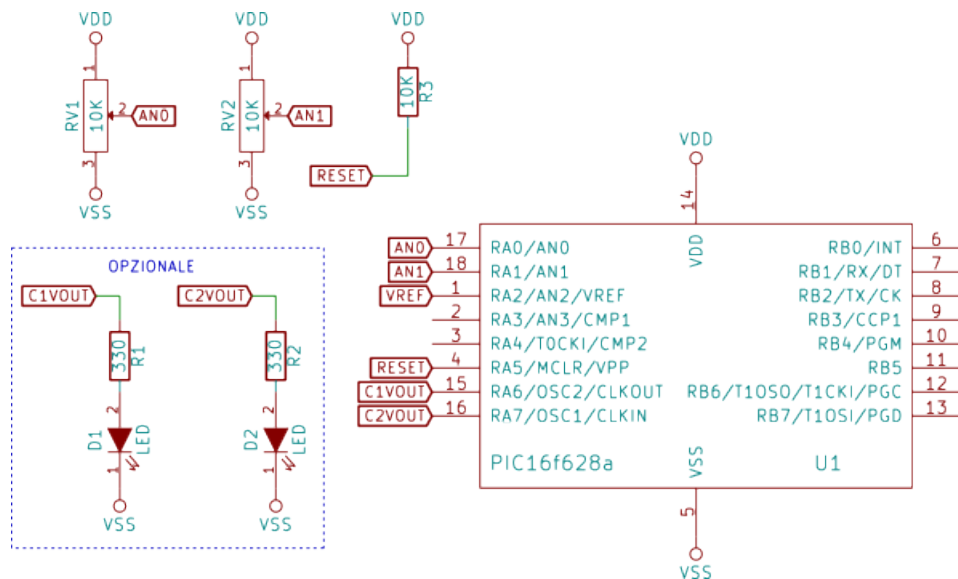
Tutto ciò in via teorica perchè bisogna tenere conto dei cicli macchina necessari alle altre istruzioni che devono essere eseguite dal PIC e del tempo minimo richiesto perchè la tensione V_{ref} impostata divenga stabile in uscita, informazione che non ho trovato nel datasheet.

Test

Nella prova che espongo in questo articolo, utilizzo il primo schema, quello con $V_{ROE}=1$ e $CIS=0$, genero una rampa tramite il modulo VR, lo confronto con il valore di tensione presente sul centrale di un trimmer utilizzato come partitore di tensione, e riporto il valore di uscita di ciascun comparatore su due pin digitali RA6 ed RA7, realizzando una specie di modulo PWM.

Vengono mostrati due esempi, uno per ciascuna modalità di funzionamento del modulo VR cioè con $VRR=0$ e $VRR=1$.

Schema elettrico



PIC16F628A_Comparator_Module_000.sch.png

- V_{REF} : Da qui possiamo leggere il valore generato dal modulo VR
- $AN0$: Da qui possiamo leggere il valore di tensione presente sul primo partitore.
- $AN1$: Da qui possiamo leggere il valore di tensione presente sul primo partitore.
- $C1VOUT$: Valore presente in uscita del primo comparatore.
- $C2VOUT$: Valore presente in uscita del secondo comparatore.

Nello schema sono presenti anche due led, che accendendosi mostrano il valore PWM in termini di luminosità, ma sono opzionali.

Firmware

Questo è il listato C del firmware utilizzato nel PIC16F627A compilato con MPLAB.X: main.c

```

/*
 * File:    main.c
 * Author:  Stefano
 *
 * Created on 9 settembre 2015, 15.21
 */

// PIC16F628A Configuration Bit Settings

#include <xc.h>
#define _XTAL_FREQ 4000000

// CONFIG
#pragma config FOSC = INTOSCIO // Oscillator Selection bits (INTOSC oscillator:
                                //      I/O function on RA6/OSC2/CLKOUT pin,
                                //      I/O function on RA7/OSC1/CLKIN)
#pragma config WDTE = OFF // Watchdog Timer Enable bit (WDT disabled)
#pragma config PWRTE = OFF // Power-up Timer Enable bit (PWRT disabled)
#pragma config MCLRE = ON // RA5/MCLR/VPP Pin Function Select bit (RA5/MCLR/VPP pin
#pragma config BOREN = OFF // Brown-out Detect Enable bit (BOD disabled)
#pragma config LVP = OFF // Low-Voltage Programming Enable bit
                                //      (RB4/PGM pin has digital I/O function, HV on MCLR
#pragma config CPD = OFF // Data EE Memory Code Protection bit (Data memory code
#pragma config CP = OFF // Flash Program Memory Code Protection bit (Code prote

void main(void) {

    unsigned char v_ref = 0;

    // -----
    // Configuro il modulo comparatore:
    /*
     * Comparator interrupts should be disabled
     * during a Comparator mode change,
     * otherwise a false interrupt may occur.
     */

    // Disabilito gli interrupt

```

```

INTCONbits.GIE = 0;          /* GIE: Global Interrupt Enable bit
                             *      1 = Enables all un-masked interrupts
                             *      0 = Disables all interrupts
                             */

// Disabilito gli interrupt relativi alle periferiche
INTCONbits.PEIE = 0;        /* PEIE: Peripheral Interrupt Enable bit
                             *      1 = Enables all un-masked peripheral interrupts
                             *      0 = Disables all peripheral interrupts
                             */

// Disabilito gli interrupt relativi al comparatore
PIE1bits.CMIE = 0;          /* CMIE: Comparator Interrupt Enable bit
PIR1bits.CMIF = 0;          /* TheCMIF bit, PIR1<6>, is the comparator interrupt f
                             * CMIF: Comparator Interrupt Flag bit
                             *      1 = Comparator output has changed
                             *      0 = Comparator output has not changed
                             */

// Modalità di funzionamento del modulo comparatore:
CMCONbits.CM = 0b010;       /* CM<2:0> = 010 Four Inputs Multiplexed to Two Compar
CMCONbits.CIS = 0;          /* CIS: Comparator Input Switch bit
                             When CM<2:0>: = 001
                             Then:
                             1 = C1 VIN- connects to RA3
                             0 = C1 VIN- connects to RA0
                             When CM<2:0> = 010
                             Then:
                             1 = C1 VIN- connects to RA3
                             C2 VIN- connects to RA2
                             0 = C1 VIN- connects to RA0
                             C2 VIN- connects to RA1
                             */
CMCONbits.C1INV = 0;        /* C1INV: Comparator 1 Output Inversion bit
                             1 = C1 Output inverted
                             0 = C1 Output not inverted
                             */
CMCONbits.C2INV = 0;        /* C2INV: Comparator 2 Output Inversion bit
                             1 = C2 Output inverted
                             0 = C2 Output not inverted
                             */

// -----
// -----

```

```
// Configuro il modulo Voltage reference:

VRCONbits.VREN = 0;      /* 0 = VREF circuit powered down, no IDD drain
                          1 = VREF circuit powered on
                          */
VRCONbits.VROE = 1;      /* 0 = VREF is disconnected from RA2 pin
                          1 = VREF is output on RA2 pin
                          */
VRCONbits.VRR = 0;       /* 0 = High range
                          1 = Low range
                          */
VRCONbits.VR = 0;        /* When VRR = 0: VREF = 1/4 * VDD + (VR<3:0>/ 32) * VD
                          When VRR = 1: VREF = (VR<3:0>/ 24) * VDD
                          */

// -----

TRISA          = 0b00111111; // RA6-RA7 pin di output.
PORTA          = 0b00000000; // Inizializzo PORTA

TRISB          = 0b00000000; // RA6-RA7 pin di output.
PORTB          = 0b00000000; // Inizializzo PORTA

VRCONbits.VREN = 1;         // Attivo il modulo Voltage Reference

while(1) {

    for ( v_ref = 0; v_ref < 16; v_ref++ ) {

        // Genero una rampa di 16 livelli di VRef
        VRCONbits.VR = v_ref;

        // La VRef è presente sul pin AN2

        PORTAbits.RA6 = CMCONbits.C1OUT; // Se AN0 > VRef -> RA6=1, altrimenti
        PORTAbits.RA7 = CMCONbits.C2OUT; // Se AN1 > VRef -> RA7=1, altrimenti

        __delay_us(500);
    }

}

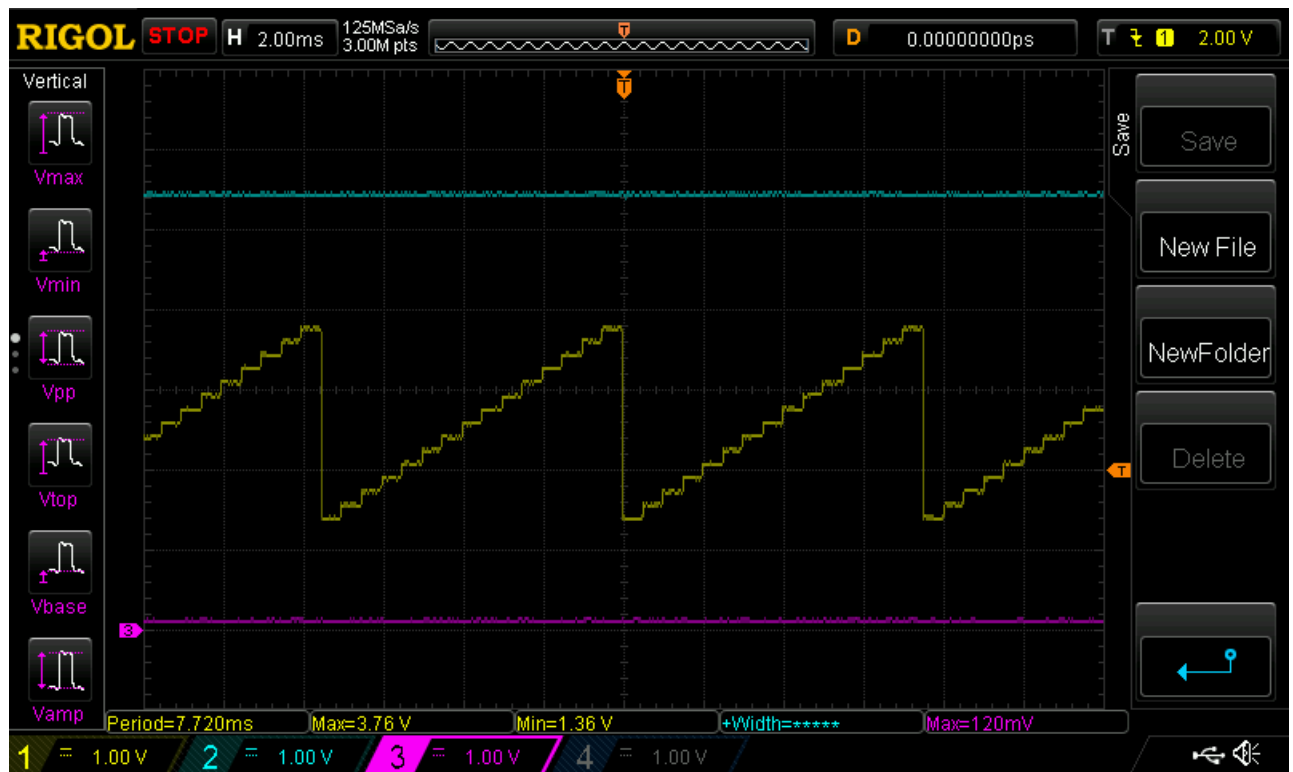
return;
```

}

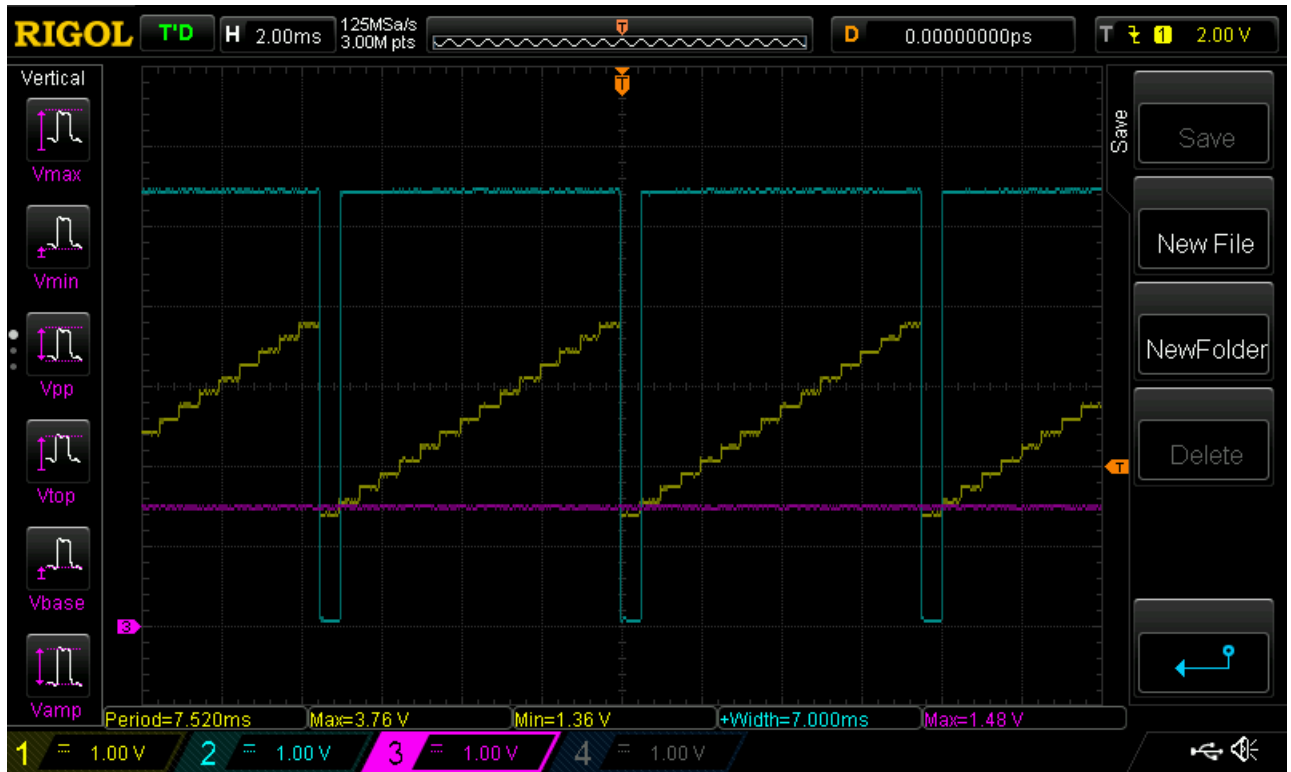
Misure con l'oscilloscopio

- La traccia gialla è VREF
- La traccia azzurra è C1VOUT
- La traccia viola è ANo
- **Modalità VR High range (VR=0)**

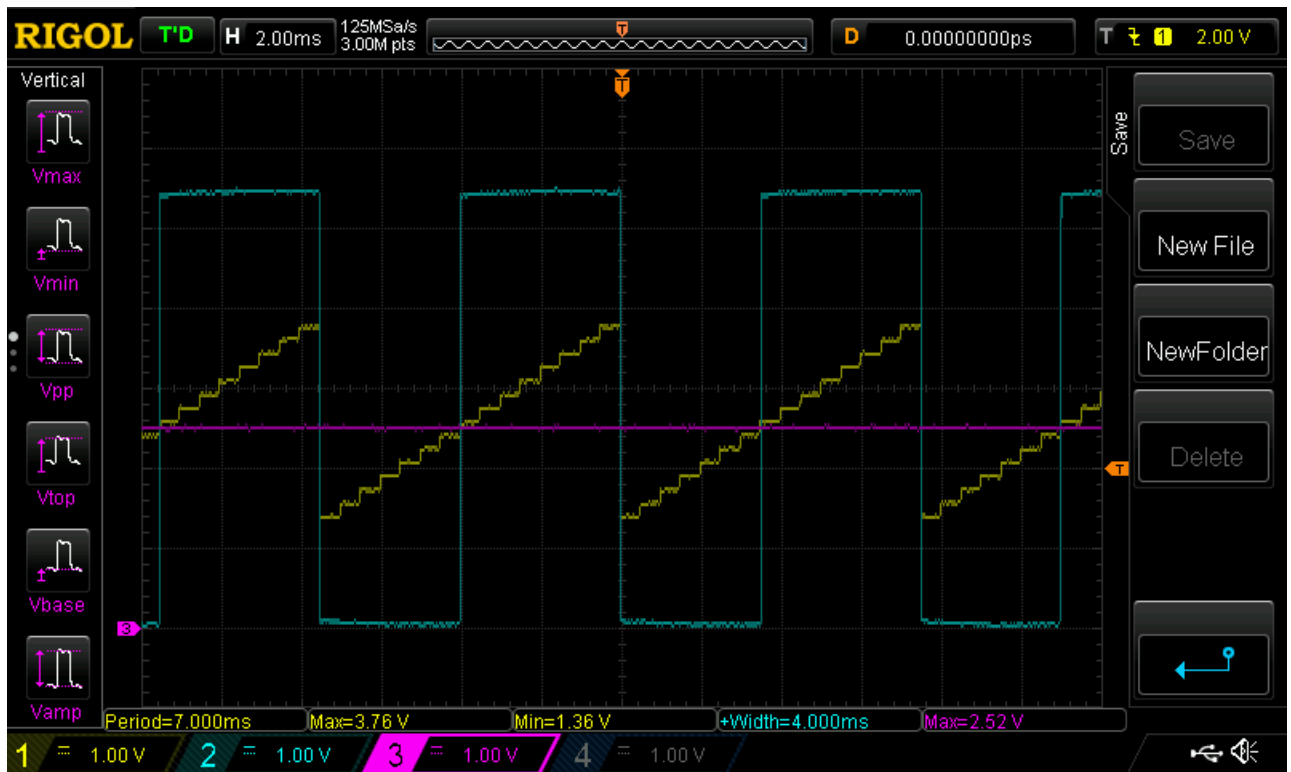
Si vede che la rampa va da 1.36V a 3.76V (La VCC è 5.40V)

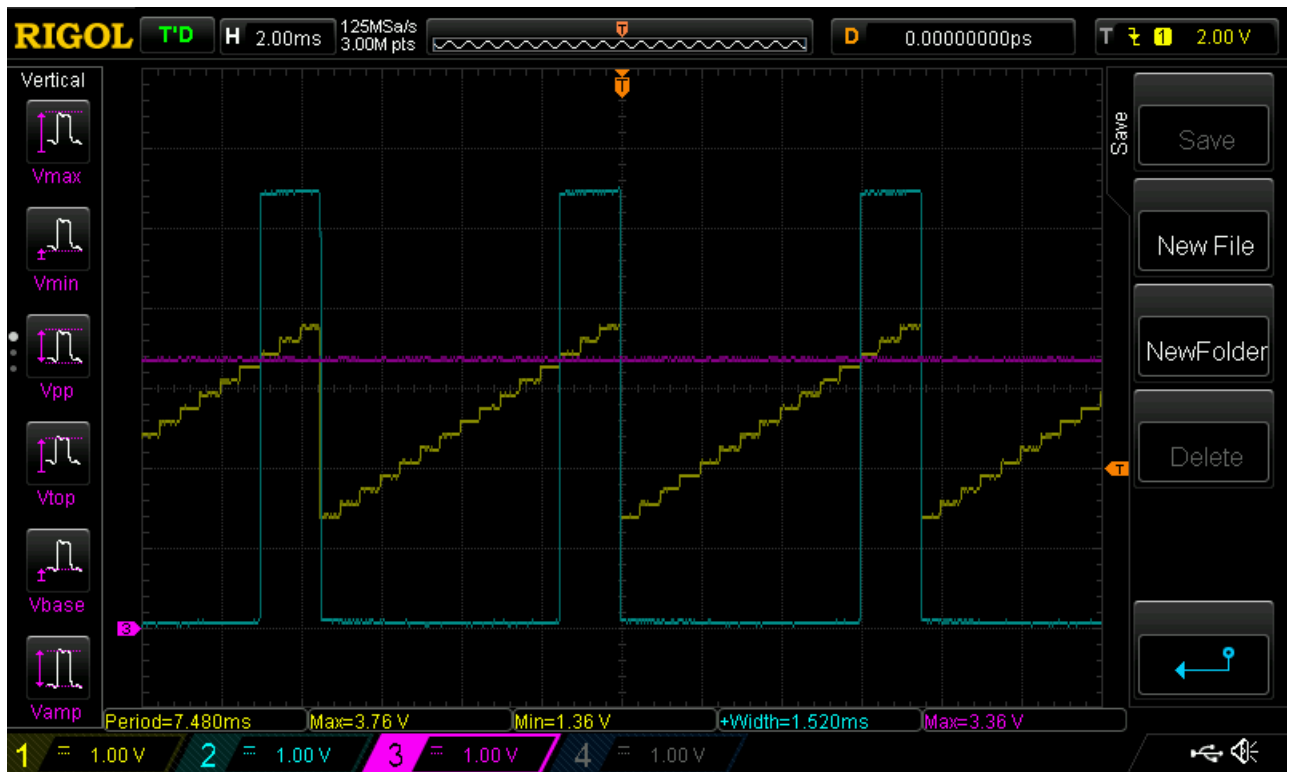


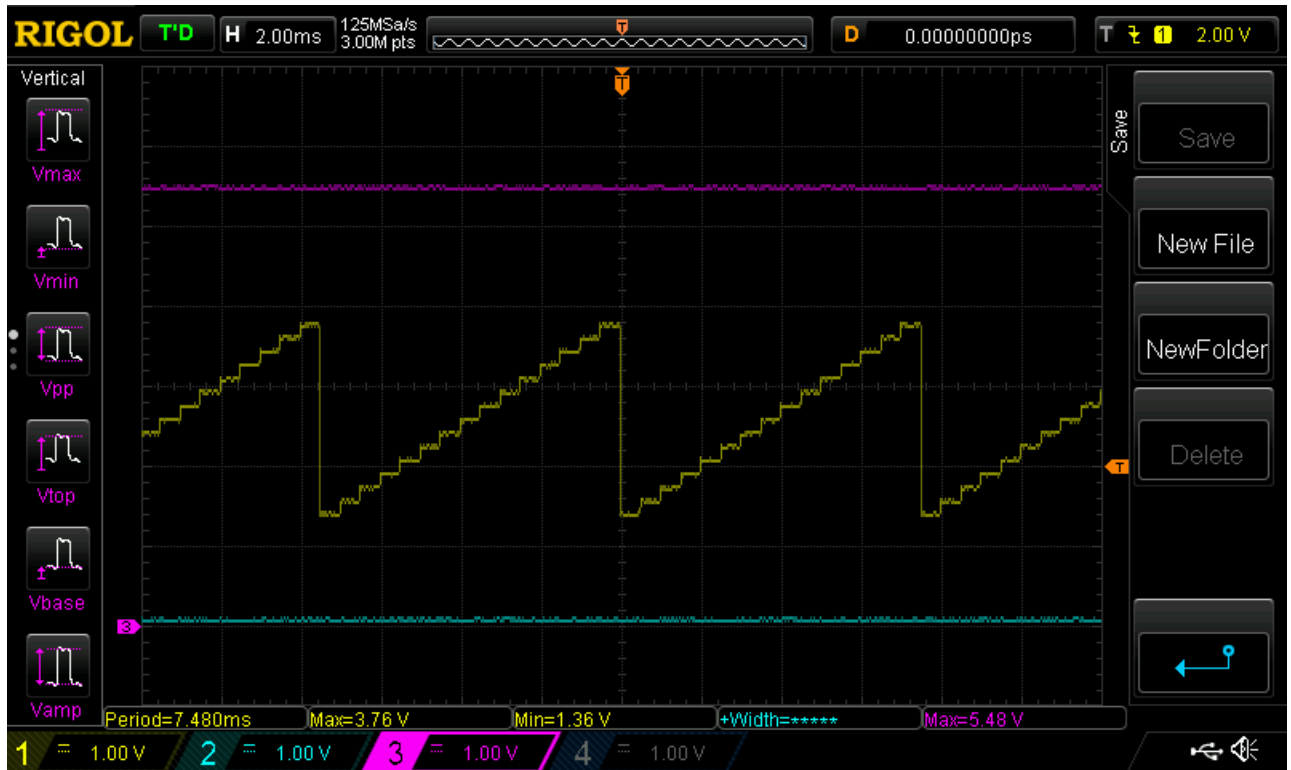
File1.png



File2.png

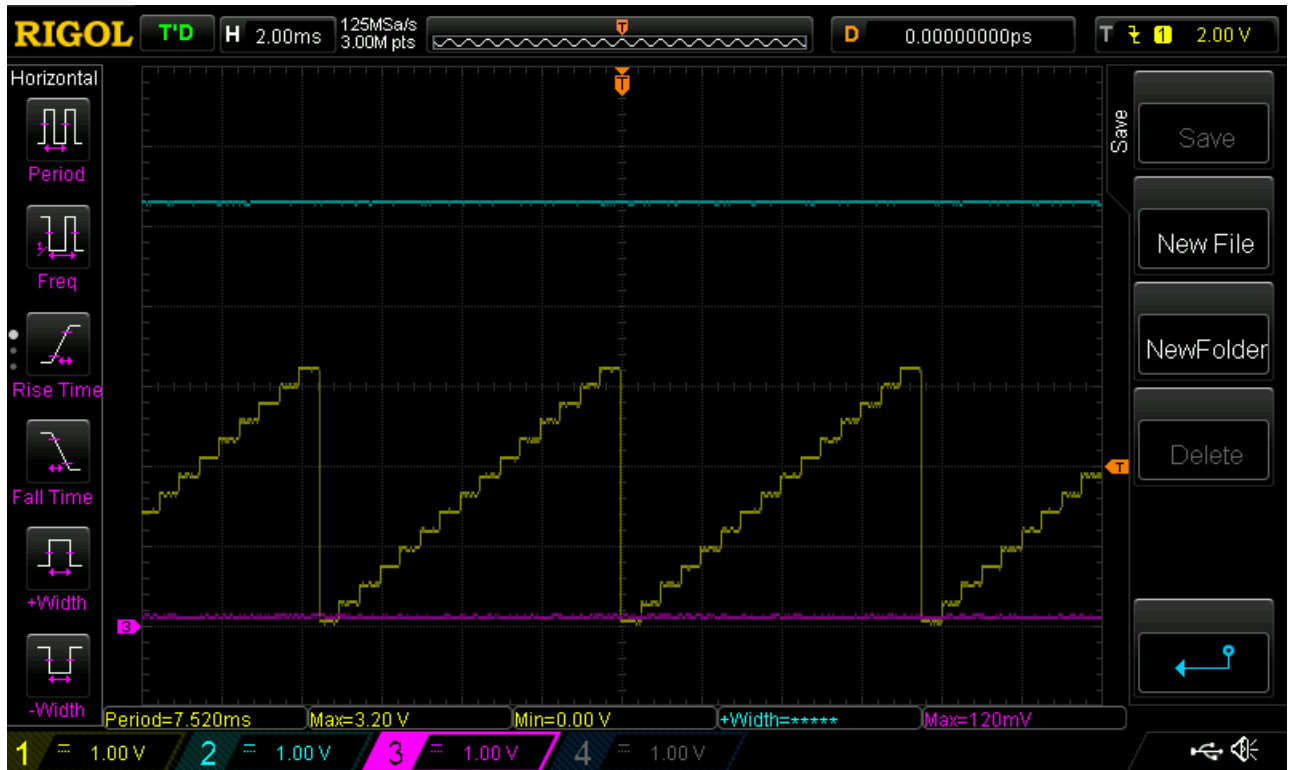
*File3.png*

*File4.png*

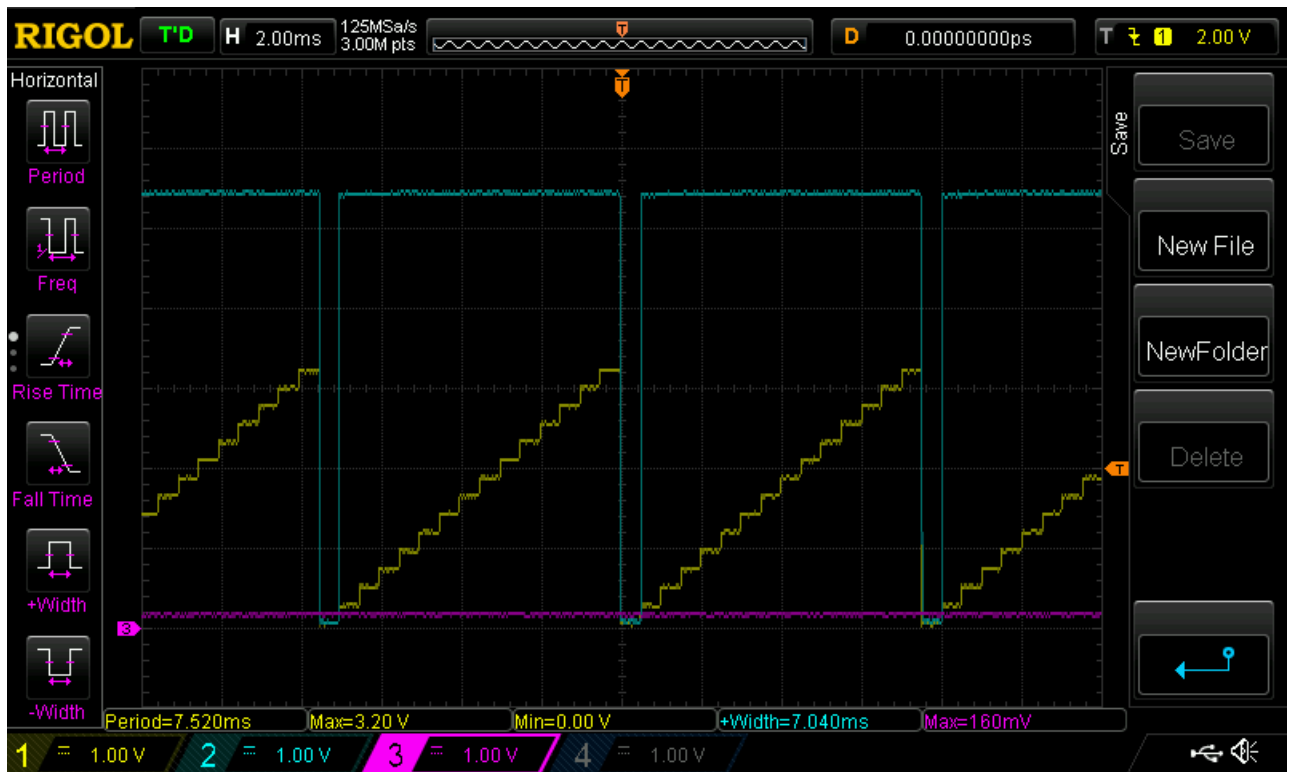
*File5.png*

- **Modalità VR Low range (VR=1)**

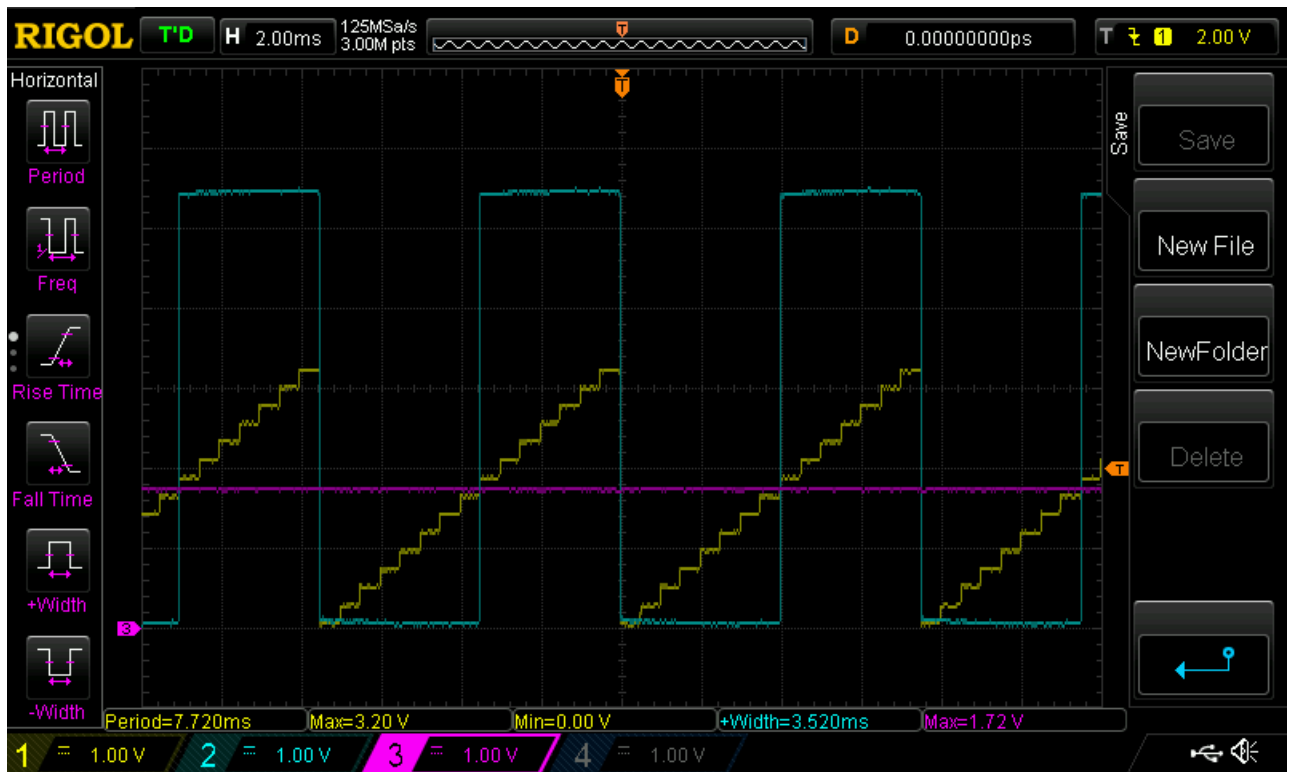
Si vede che la rampa va da 0.00V a 3.20V (La VCC è 5.40V)

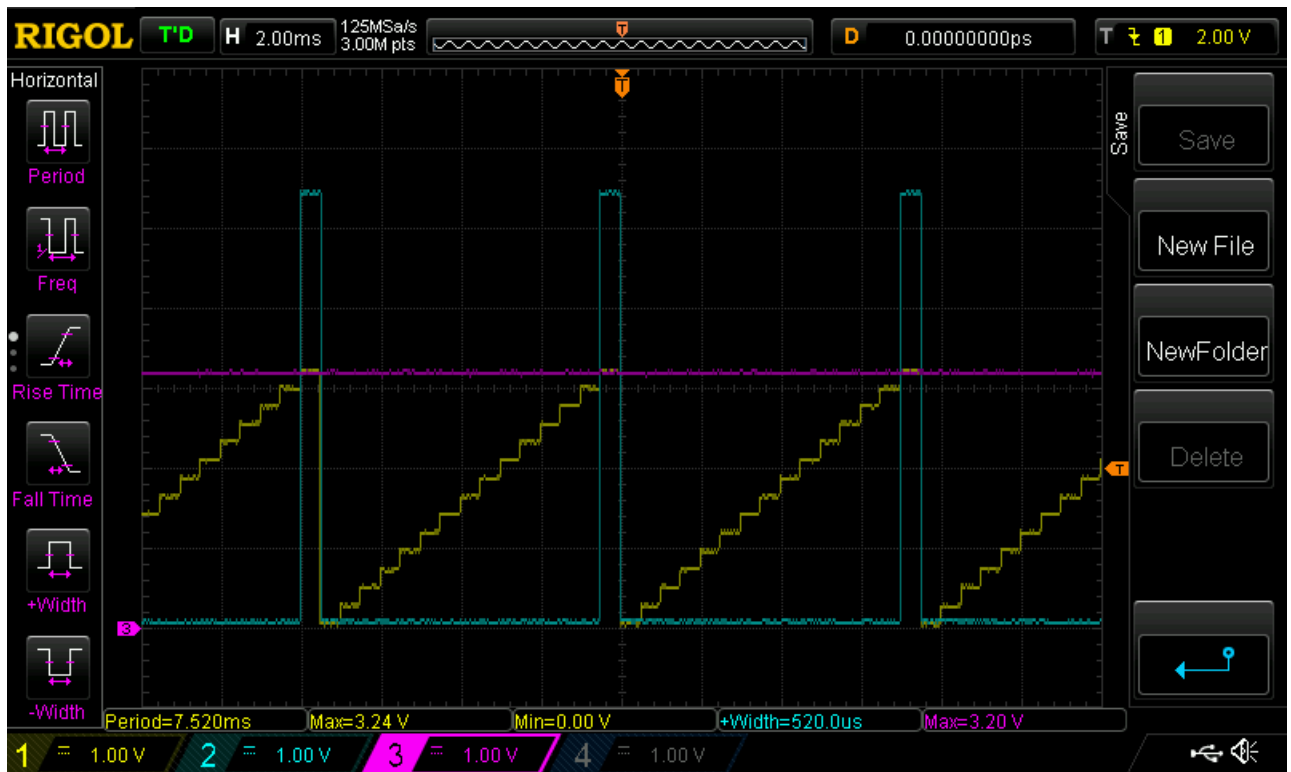


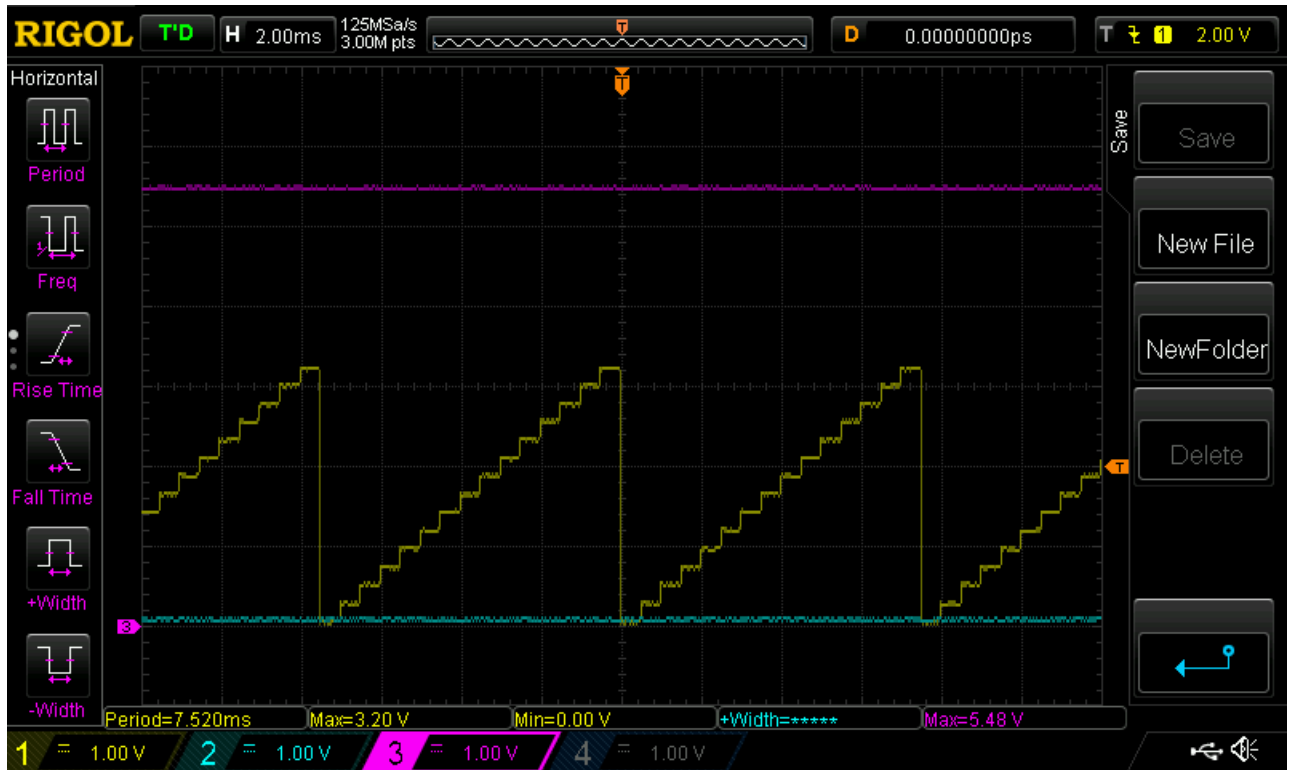
File1.png



File2.png

*File3.png*

*File4.png*

*File5.png*

Note

Versione del documento: 1.4

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ilguru:moduli-comparatore-e-voltage-reference-del-pic>"