

# Laboratorio di Fisica 3

Proff. D. Nicolò, C. Roda

## Esercitazione N. D0 – v1 Uso di Waveforms per segnali digitali

Scopo dell'esercitazione è impraticarsi con le funzionalità di Waveforms per i segnali digitali così come abbiamo fatto nella prima esercitazione con l'oscilloscopio ed il generatore di funzioni.

Le funzionalità che useremo sono quelle che vedete nella figura qui di fianco:

Logic, Patterns e StaticIO.

In fondo alla guida riportiamo una lista di puntatori dove potete trovare istruzioni dettagliate sull'utilizzo dei vari strumenti.

Nel seguito quando ci riferiamo a Uscita/Output intendiamo che il pin dell'AD2 è configurato come uscita dall'AD2 → breadboard similmente per Ingresso/Input il pin è configurato breadboard → AD2.

Nella guida vi proponiamo delle misure e degli esercizi che servono per capire il funzionamento dell'utilizzo dell'AD2 per l'elettronica digitale, lo scopo non è fare misure precise.

Nella guida vi viene data una linea di azione ma non è una guida esaustiva, quindi utilizzate il manuale per cercare informazioni quando non sapete come fare qualcosa.



L'AD2 permette di utilizzare 16 canali Digitali di Input/Output (DIO). Ogni canale può essere utilizzato per generare un segnale (Output) o per leggerlo (Input). I canali digitali producono un segnale con livelli logici di tensioni alti e bassi TTL.

ATTENZIONE i canali digitali non possono essere utilizzati come sorgenti per alti carichi, non si deve connettere più di un LED con una resistenza a questi canali.

### Segnali di Input/Output (IO) statici – StaticIO

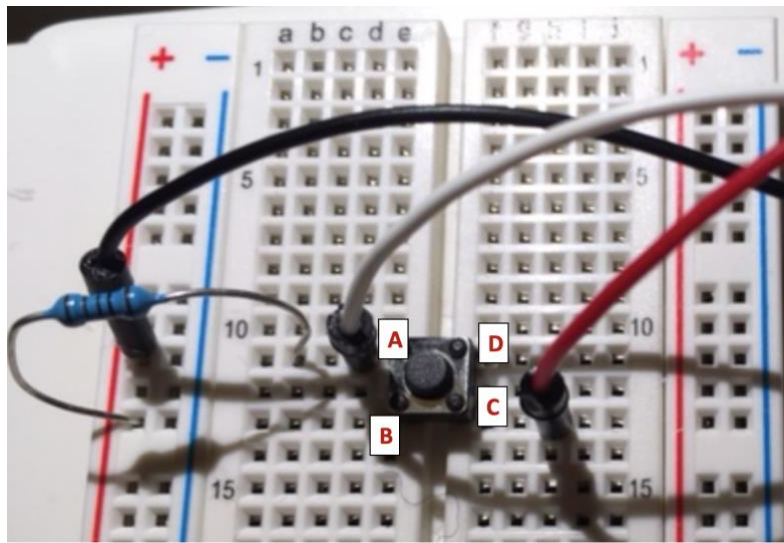
Possiamo utilizzare StaticIO per definire ingressi e uscite di segnali statici o lenti. In pratica ognuno dei 16 canali può essere definito come ingresso, appare come un LED, oppure come uscita, appare come un bottone o interruttore. Aprendo Static I/O si visualizza una icona per ognuno dei sedici canali di I/O. Utilizzando il tab 'view → names' è possibile assegnare ad ogni canale un nome a scelta. Ogni canale digitale è inizializzato come ingresso. I canali che sono definiti come input (LED) quando non sono collegati possono risultare "floating" e quindi lampeggianti perché il valore della tensione di ingresso non è definito.

Poiché utilizzeremo pulsanti e LED veri e pulsanti e LED software del Waveform indicheremo quelli del Waveform con LED-sw e pulsanti-sw.

Come prima cosa utilizziamo un canale dello StaticIO per controllare un LED-vero ...

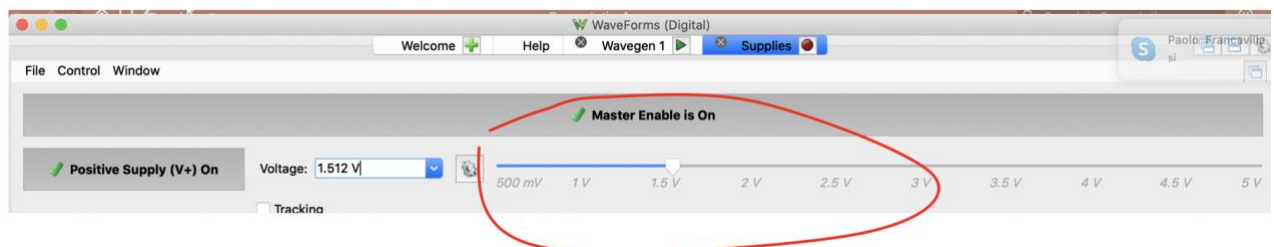
- ⇒ Accensione di un LED: vogliamo fare un circuito che accenda un LED utilizzando il canale DIO1 dello StaticIO come interruttore. Per prima cosa connettete un LED sulla basetta e collegatelo verso terra utilizzando una resistenza (1kOhm) in serie che ne limiti la corrente. State attenti alla polarità del LED. Definite ora il canale DIO1 come pulsante-sw o come switch-sw e verificate che il LED si accenda o spenga come atteso.
- ⇒ Accensione di un LED-sw con un pulsante: utilizzate un canale DIO e definitelo come LED. Utilizzate un pulsante per collegare 5V ad una resistenza che va a terra e fate in modo che il circuito sia chiuso quando il pulsante è premuto. In figura è mostrato il circuito da realizzare. I punti A e D sono collegati così come B e C. Quando il pulsante viene premuto il collegamento tra A/D e B/C viene chiuso. Verificate con il multimetro i collegamenti dei

pulsanti e fate in modo di accendere il LED-sw si accende quando il pulsante viene premuto.



La tensione corrispondente allo stato logico alto di default è 3.3V ma tutti i pin digitali sono protetti fino a 20V.

⇒ Verificate qual è il minimo valore di tensione che viene visto come alto ed il massimo valore di tensione che viene visto come basso. Per far questo utilizzate il generatore di tensione per inviare ad uno LED-sw un segnale in tensione e verificate i valori che vengono visti dal LED-sw.



I bit possono anche essere configurati a gruppi di 8 utilizzando il menu a tendina che si apre selezionando 'DIO 15-8' o 'DIO 7-0'. Le configurazioni sono:

- Slider – Output bus a cui viene assegnato un valore 0-255
- Progress – Input bus

⇒ Utilizzate lo slider per inviare i segnali alla breadboard e prelevarli dalla breadboard per inviarli al progress bus. In questo modo è possibile assegnare un valore e rileggerlo.

## Digital Pattern generator - Patterns

**ATTENZIONE:** Static I/O ha priorità rispetto a Patterns quindi disabilitare le definizioni utilizzate in StaticIO per utilizzare Patterns. Per disabilitarle è sufficiente configurarle come LED.

Il Digital Pattern Generator (Patterns) è l'analogo del generatore di forme d'onda per i segnali digitali. Attraverso Patterns possiamo generare dei segnali con l'AD2 per inviarli al circuito.

Patterns permette di definire:

- singole linee digitali;

- un insieme di linee digitali (bus) con segnali standard (binario, codice gray, ...) o con segnali definiti dall'utente;
- tabelle di verità (ROM).

Lo stato di una linea digitale può essere 1 / 0 / Z con Z si intende alta impedenza, il pin risulta non connesso. Quando si definisce un segnale o un bus si possono scegliere vari tipi di linee:

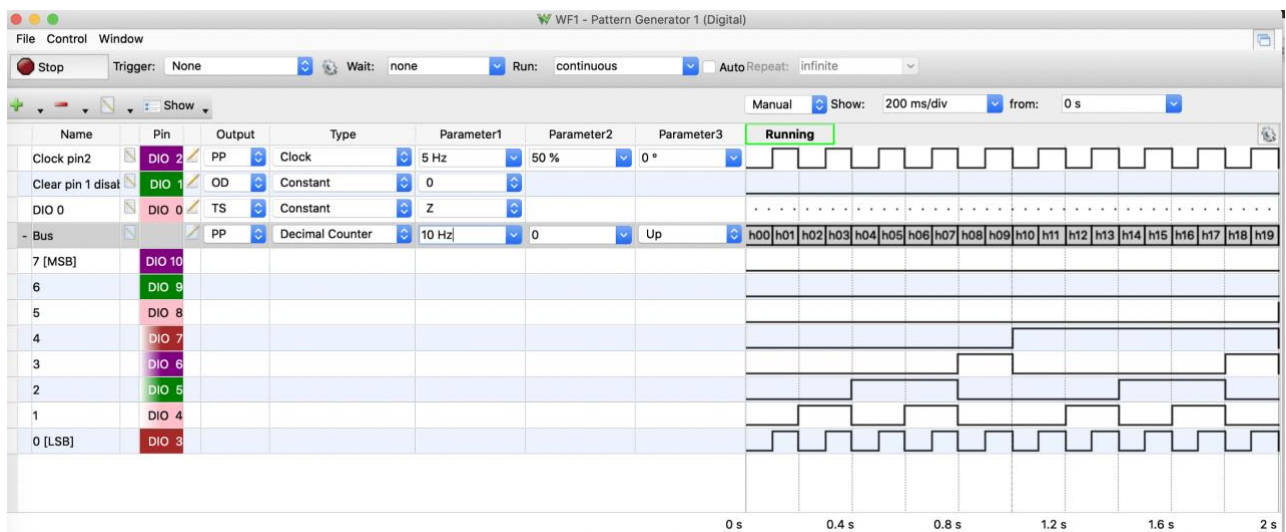
PP – push-pull – assume valori 1/0

TS – tri-state – assume valori 1/0/Z

OD – open drain 0/Z

OS - open source 1/Z

Si discuterà a lezione il significato di push-pull e tri-state e questi sono i tipi che si useranno durante le esercitazioni. Nella figura sotto mostriamo una serie di esempi di definizione di segnali di output.



DIO 2: è un segnale di clock con frequenza 5Hz;

DIO 1: è un segnale costante a 0;

DIO 0: è un segnale costante definito ad alta impedenza (Z);

DIO 3-10: è un bus che implementa un contatore crescente decimale (il contatore decimale è un contatore che codifica i segnali con la convenzione BCD) a 10Hz, si è scelto di visualizzare il conteggio con codice esadecimale.

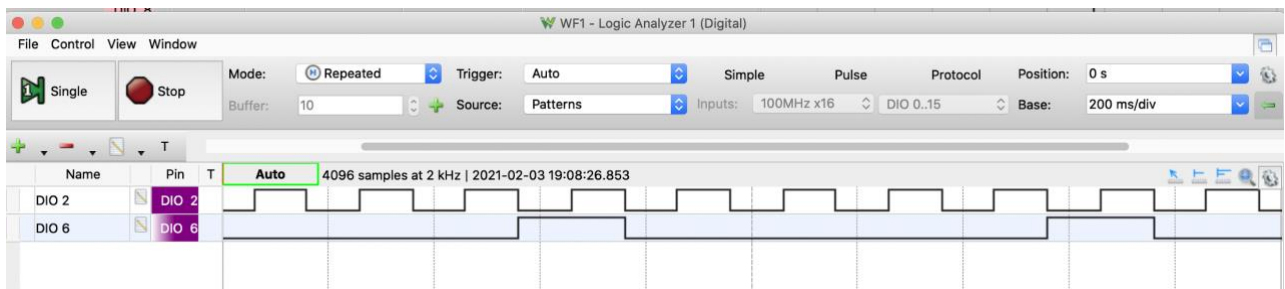
- ⇒ Provate a riprodurre l'insieme di segnali mostrati sopra;
- ⇒ utilizzate il segnale di clock per far lampeggiare un LED (ricordatevi di mettere la resistenza verso terra).

Per visualizzare i segnali in diversi istanti potete clickare sulle forme d'onda e farle scorrere.

I pin definiti da Pattern come uscite (come per esempio il DIO 2, definito come clock) in StaticIO, appaiono come LED.

## Digital signal analyzer – Logic

Per visualizzare segnali logici si utilizza la funzionalità Logic. Con questa funzionalità possiamo sia visualizzare nuovi segnali, lo vedremo tra poco, ma anche i segnali generati dal Patterns, ad esempio nella figura sotto si visualizza sia il segnale DIO 2 che il segnale del terzo bit del contatore.



- ⇒ Utilizzate Logic per visualizzare alcuni dei segnali che avete generato attivando direttamente il canale su Logic;
- ⇒ Inviare alla basetta uno dei segnali che avete generato e prelevatelo con uno dei canali che non avete utilizzato e controllate di visualizzare la stessa forma d'onda. Attenzione se un canale di ingresso non è terminato il segnale può essere 'flottante'. Per visualizzare correttamente vedete sotto come si utilizza il trigger.

## Utilizzo del trigger con Patterns e Logic

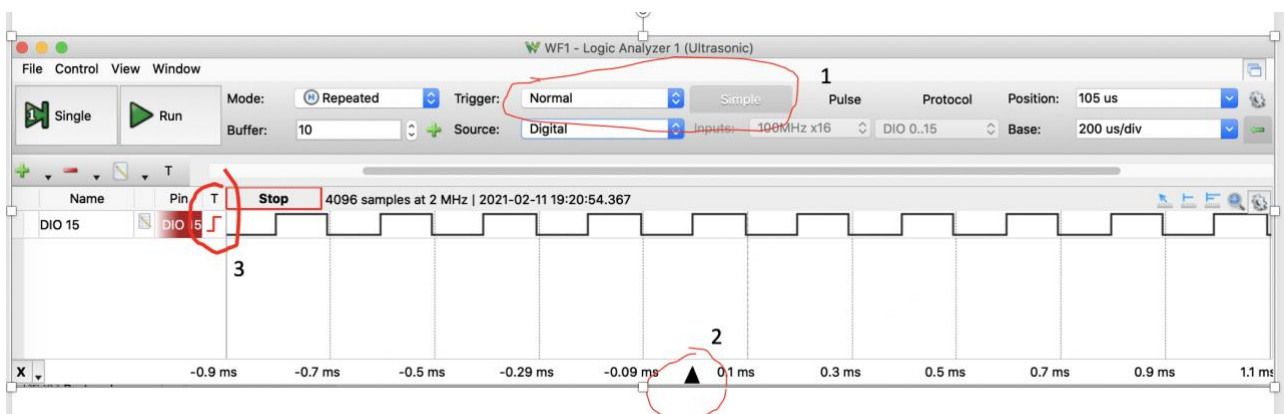
Le configurazioni di trigger possibili con Patterns e Logic sono molteplici, qui discutiamo solo la configurazione più semplice in cui il trigger proviene da Logic. Il tipo di trigger può essere Auto, Normal, None. Qui sotto mettiamo la descrizione delle modalità di trigger presa dalla guida:

*None* starts the acquisition immediately after Run is clicked.

*Auto* starts the acquisition either on the trigger event, or approximately 2 seconds after Run is pressed if the trigger event doesn't occur.

*Normal* starts the acquisition only on the trigger event.

La modalità che vogliamo usare è 'Normal', una volta scelta questa modalità sulla destra ci sono vari possibili segnali che possono generare il trigger, quella che useremo noi e che è selezionata di default è 'Simple'. In questo modo si può scegliere uno dei segnali e completare la modalità di trigger, ad esempio fronte di salita. Nella figura qui sotto utilizziamo il DIO15 in modalità Normal [1] e con fronte di salita [3]. L'istante in cui il trigger è stato soddisfatto è segnalato dalla freccia nera in basso [2].



Utilizzando le informazioni riguardo il funzionamento del trigger visualizzate il segnale inviato alla basetta.

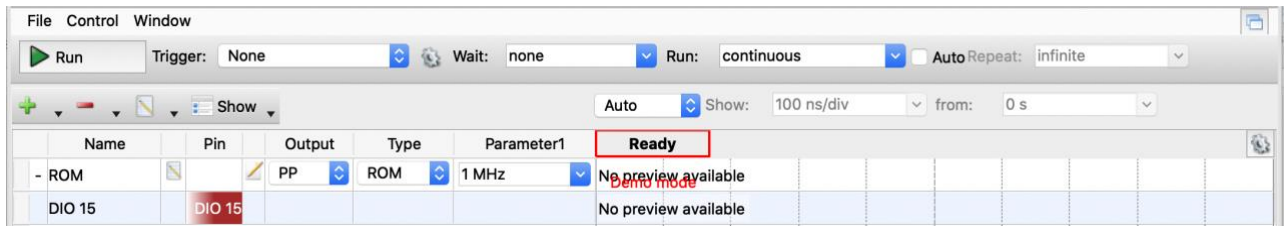
## Utilizzo della funzionalità ROM in Patterns

Oltre a segnali singoli ed a bus in Pattern si può definire una tabella di verità tramite la funzionalità ROM.

**Esercizio:** Utilizzando la funzionalità ROM implementate una tabella di verità che permetta di generare un segnale che accenda il led solo quando il contatore raggiunge i valori 1 e 4. Nella figura sotto si mostra come appare la definizione della ROM nel pattern, in questo caso è stato scelto il canale DIO15 . Per fare questo dovete:

- definire i segnali in ingresso alla ROM: i bit del contatore, sono sufficienti i primi tre bit;
- definite il segnale in uscita dalla ROM (uno dei DIO non utilizzato);
- definite la tabella delle verità`;
- connettete il segnale di uscita ad un LED e visualizzatelo con Logic.

Una volta definita la ROM vi apparirà in PATTERN qualcosa di questo tipo:



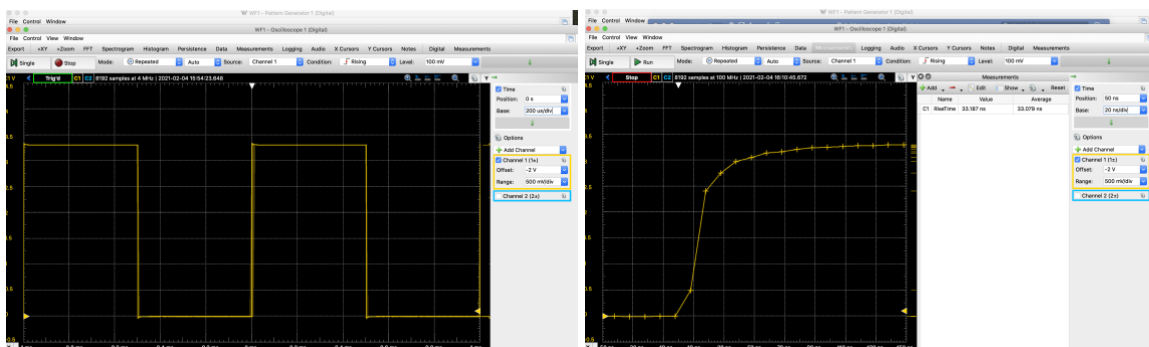
State attenti che la frequenza (Parameter1) della ROM deve essere maggiore della frequenza utilizzata per il contatore, in modo che l'uscita della ROM sia campionata con una frequenza sufficientemente alta per visualizzare correttamente i cambiamenti di stato dell'uscita rispetto ai cambiamenti di stato degli ingressi.

⇒ Verificate il corretto funzionamento.

## Livelli di tensione per stati logici alti e bassi

Per misurare i livelli di tensione generati dall'AD2 che corrispondono allo stato logico alto e basso possiamo inviare all'oscilloscopio uno dei segnali generati in pattern, ad esempio il clock.

⇒ Misurate i livelli di tensione corrispondenti al livello alto e basso e stimate il tempo di salita. Nella figura sotto si mostra il segnale misurato con l'oscilloscopio su due scale temporali diverse.



## Riferimenti:

Manuale di riferimento per l'utilizzo degli strumenti dell'AD2:

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/analog-discovery-2/start>

Logic analyzer:

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/guides/waveforms-logic-analyzer>

Pattern:

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/guides/waveforms-pattern-generator>

Trigger tra due strumenti dell'AD2:

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/guides/waveforms-cross-triggers>

### **Riferimenti:**

Riportiamo nuovamente i puntatori alla documentazione che potete comunque trovare nel folder 'Documentazione tecnica' sul sito di Lab3.

- Specifiche Analog Discovery (AD2) :  
<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/analog-discovery-2/specifications>
- Download SW Waveforms:  
<https://store.digilentinc.com/waveforms-download-only/>
- Waveforms Reference Manual:  
<https://reference.digilentinc.com/reference/software/waveforms/waveforms-3/reference-manual>
- Blog Digilent:  
<https://blog.digilentinc.com/>

### **Video tutorials:**

[https://www.youtube.com/watch?v=HUAy0J3XqaU&list=PLSTiCUiN\\_BoLtf\\_bWtNzhb3VUP-KDvv91](https://www.youtube.com/watch?v=HUAy0J3XqaU&list=PLSTiCUiN_BoLtf_bWtNzhb3VUP-KDvv91)

in particolare per una veloce panoramica delle funzionalità dell'oscilloscopio in modalità digitale video 11 (static I/O),