

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

TESI IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Migrazione tecnologica e conservazione attiva di installazioni di arte multimediale. Studio di caso: Il caos delle sfere di Carlo De Pirro.

CANDIDATO

Federico Pilotto

Student ID 1218710

SUPERVISORE

Prof. Sergio Canazza

University of Padova

CO-SUPERVISORE

Dott. Alessandro Fiordelmondo

ANNO ACCADEMICO
2022/2023

Abstract

Dalla metà del XX secolo nasce un nuovo concetto di forma d'arte multimediale: l'artista vuole superare la barriera tra osservatore ed opera rendendo quest'ultima interattiva sfruttando le potenzialità delle nuove tecnologie. Istituzioni come università e ministeri culturali hanno contribuito alla nascita di opere d'arte interattive finanziando progetti sempre più all'avanguardia ed organizzando esposizioni nei musei. Opere di questo calibro necessitano di "manutenzione" ed è da qui che nasce il concetto di "riattivazione di opera artistica". In questo testo si presenta una guida alle strategie di conservazione nel lungo periodo di opere d'arte digitale, con particolare attenzione al modello di conservazione di opere artistiche del Centro di Sonologia Computazionale (CSC). Inizieremo lo studio partendo dalla struttura originale dell'opera fino ad arrivare alla sua completa riattivazione. Lo studio di caso è l'opera "Il Caos delle Sfere" di Carlo De Pirro.

Indice

Elenco delle figure	xi
1 Introduzione	1
1.1 La conservazione di opere d'arte complesse	2
1.2 Introduzione al modello di conservazione di opere artistiche del CSC	4
1.3 Schedatura e metadati: cosa sono e quali sono i tipi di metadati .	6
1.3.1 Dublin Core	8
1.3.2 Markup Schema	9
2 Studio di caso: Il Tempo Consuma	11
2.1 Struttura originale dell'opera: <i>Il Tempo Consuma</i>	11
2.2 Tecnologie e struttura originale dell'installazione multimediale .	13
3 Studio di caso: Il Caos delle Sfere	17
3.1 Breve introduzione al flipper	18
3.2 Comunicazione parallela	19
3.2.1 Porta Parallela DB25	20
3.2.2 Comunicazione parallela nel flipper	22
3.2.3 Tecnologia MIDI	22
3.2.4 Eventi MIDI	25
3.3 Spiegazione dei vari nodi	26
3.3.1 Nodo interattivo	27
3.3.2 Nodo comunicativo	27
3.3.3 nodo di riproduzione	28
3.4 Migrazione tecnologica	29
3.4.1 Scheda Arduino Mega	31
3.4.2 Multithreading	32

INDICE

3.5 Realizzazione del flow-chart	33
4 Conclusioni	35
Bibliografia	37
Ringraziamenti	39

Elenco delle figure

1.1	Rappresentazione grafica del Multilevel Preservation Model . . .	6
1.2	Esempio di utilizzo di un markup schema	9
2.1	Rappresentazione grafica del videoloop	12
2.2	Screenshot della performance originale 1979, registrazione audio- video	13
2.3	Frame differenti esportati dal videoloop	13
2.4	Modellino in carta dell'opera originale	14
2.5	Rappresentazione grafica de <i>Il Tempo Consuma</i> mediante approc- cio multilivello	14
2.6	Videoloop setup per l'esposizione Castromediano al museo di Lecce il 19 Febbraio 2022	15
3.1	Immagine del flipper "The Creature of The Black Lagoon" colle- gato al Disklavier	18
3.2	Foto del team di sviluppo de <i>Il Caos delle Sfere</i>	19
3.3	Configurazione dei Pin di una porta parallela DB25	20
3.4	Tabella delle funzioni associate a ciascun pin della porta paralle- la DB-25	21
3.5	Schema Connettore DIN a 5 poli	23
3.6	Esempio di messaggio MIDI diviso tra Status Bytes e Data Bytes .	24
3.7	Schema della struttura a nodi dell'installazione <i>Il Caos delle Sfere</i> .	26
3.8	Schema di una routine MidiShare così come rappresentata dal suo sviluppatore nella documentazione originale	29
3.9	Arduino Mega 2560	31
3.10	Flow Chart de "Il Caos delle Sfere" dopo la riattivazione	34



Introduzione

Dalla seconda metà del XX secolo, l'arte interattiva ha guadagnato sempre più attenzione grazie ai rapidi sviluppi nella tecnologia e al sempre più crescente bisogno da parte degli artisti di migrare verso nuove forme di esperienze coinvolgenti e partecipative. L'interazione tra arte e osservatore inizia così a giocare un ruolo centrale nella creazione di nuove opere artistiche, incentrate sulla performance (*performer interaction*) e focalizzate su interazione uomo-arte (*audience interaction*). Conseguentemente alla diffusione della tecnologia nel panorama della vita di tutti i giorni diventa chiaro che portare innovazione all'arte è il futuro dell'arte stessa ed è proprio ora che artisti, compositori, scultori etc. si affacciano alla tecnologia attraverso: sperimentazioni, gioco e indagine critica esplorando nuovi confini dell'hardware e software e creando nuove connessioni tra il mondo del digitale e analogico (Post 2017)[12]. Tale produzione artistica fa luce sulla società rivelando come le persone pensano e interagiscono con le tecnologie e i media. L'interazione che influenza la produzione artistica è diventata un fattore cruciale nelle *Interactive Multimedia Artworks*¹ che possiamo definire come **opere d'arte complesse**, composte da un insieme diversificato di media e in cui l'interazione umana è punto cardine. Tante di queste opere però sono destinate a diventare presto obsolete, invecchiando tanto velocemente quanto la tecnologia si innova e si trasforma. Nasce quindi la necessità di conservare e riattivare le opere artistiche interattive per renderle accessibili e utilizzabili anche alle generazioni future.

¹Installazioni Artistiche Multimediali Interattive

1.1. LA CONSERVAZIONE DI OPERE D'ARTE COMPLESSE

Dagli anni 2000 in poi, enti come: università, musei, ministeri degli artisti e della cultura iniziarono a sostenere numerosi progetti di conservazione e riattivazione consapevoli dei benefici economici che porta la circolazione e la valorizzazione delle opere artistiche riattivate.

In Europa sono vari i progetti in atto volti alla conservazione della nuova arte interattiva come: ZKM (*Zentrum für Kunst und Medien*)² in Karlsruhe che possiede una grande collezione di arte audiovisiva; the *Archive of Digital Art* ADA³; il database Basis Wien ad accesso libero e molti altri. In Italia invece un esempio è *Il Protocollo per l'Autenticità, la Cura e la Tutela dell'Arte Contemporanea* (PCTA) istituito dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo nel 2017.⁴ L'Europa finanzia molti progetti che hanno lo scopo di sviluppare nuove strategie di custodia come: *The Horizon's projects Dynamic Preservation of Interactive Art*⁵.

Nuovi linguaggi e sistemi operativi significano nuove sfide per i conservatori di queste opere d'arte digitale. Questo è il punto di partenza di questa tesi: di fronte alla varietà di forme con cui si presenta l'oggetto d'arte, andremo ad analizzare nel dettaglio il modello di conservazione di opere artistiche del CSC (*Centro di Sonologia Computazionale*), situato presso l'Università degli Studi di Padova, applicato allo studio di caso di *Il Caos delle Sfere* di Carlo De Pirro.

1.1 LA CONSERVAZIONE DI OPERE D'ARTE COMPLESSE

Per Lev Manovich: "il computer è uno strumento che simula altri strumenti e ne permette la creazione di nuovi".[10]. Si può impiegare il computer per creare nuove tecniche, nuovi linguaggi, nuove forme e nuove estetiche, come ad esempio l'arte digitale interattiva.

La salvaguardia di opere artistiche è fondamentale per rallentare il processo di "invecchiamento" delle opere stesse; la causa principale è data dal progresso tecnologico che contribuisce a rendere obsoleta la tecnologia di cui sono com-

²ZKM and conservation of Media Art <https://zkm.de/en/keytopic/conservation-of-media-art>

³Archive of Digital Art: <https://www.digitalartarchive.at/nc/home.html>

⁴<https://storico.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sitoMiBAC/Contenuti/Avvisi/visualizza-asset.html/1054867027.html>

⁵Horizon projects: <https://cordis.europa.eu/project/id/703937> and <https://cordis.europa.eu/project/id/642892> (accessed 20 March 2022)

poste le opere. La conservazione può essere considerata come un'insieme di passi e regole da seguire per garantire nel tempo l'accessibilità all'opera, così da poterla tramandare alle generazioni future. La fase di riattivazione viene eseguita cercando di rimanere il più fedeli possibile all'installazione originale conferendo "immortalità" a quella che è l'essenza dell'opera. L'autenticità è tradizionalmente connessa al concetto di integrità fisica dell'opera d'arte ed è alla base di ciò che si intende per conservazione di opere d'arte complesse.

Le installazioni artistiche sono uniche nel loro genere, difficilmente caratterizzabili in un insieme specifico di elementi che le compongono. Per lo più le opere d'arte complesse sono definibili come un'insieme di esperienze, interazioni con l'osservatore ed eventi. Ciò costituisce la vera sfida nell'impresa della custodia di un'opera d'arte complessa ovvero: trovare un modello di conservazione che il più possibile standardizzi le operazioni di manutenzione e riattivazione delle opere. La soluzione risiede nel determinare un approccio di ricerca che deve essere applicato individualmente per ogni singola opera e un modello amministrativo per una corretta analisi dei requisiti da rispettare. Con questo scopo autori, tecnici e artisti hanno iniziato a collaborare attivamente in quello che è il processo di riattivazione grazie a: interviste, studi di caso e collaborazioni con tecnici specializzati con l'obiettivo di classificare le proprietà fondamentali delle singole opere e conservarne dunque l'autenticità. L'aspetto veramente interessante della conservazione di un'opera è che il suo continuo aggiornamento porta a nuove rivisitazioni dell'opera stessa e alla scoperta di nuovi confini con l'utilizzo di nuove tecnologie ideate nel corso degli anni. Un esempio è l'opera: *Very Nervous System*⁶ dell'artista David Rockey, un'installazione artistica che tra il 1982 e il 1990 ha subito numerose riconfigurazioni dall'artista, ognuna delle quali si adattava al luogo in cui veniva installata.

Negli ultimi decenni, la creatività ha guadagnato un ruolo sempre più importante nello sviluppo tecnologico a tal punto che: nel 2008, la Conferenza delle Nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo (United Nations Conference on Trade and Development - UNCTAD) ha descritto la creatività come una qualità significativa per la crescita economica e lo sviluppo. Ad oggi questa qualità è fondamentale in uno scenario di *Industria 5.0* ovvero: un ambiente di sviluppo dove uomo e macchina cooperano e si coordinano al fine di migliorare la

⁶un sistema che con l'utilizzo di una camera, un computer e diffusori audio, creava suoni/musica in base ai movimenti di parti del corpo

produttività con le loro capacità intellettuali e creative [9]. I benefici economici conseguenti da un adeguato intervento di conservazione sono immediati: riattivare molte opere d'arte comporta un incremento delle esposizioni, richiamando pubblico e turismo nelle località ospitanti con nuove forme di entrate economiche e una maggiore circolazione culturale e artistica nelle città. Il tutto favorisce un ambiente propositivo di sviluppo artistico incrementando la creazione di nuove installazioni e una maggiore sinergia tra arte e tecnologia.

1.2 INTRODUZIONE AL MODELLO DI CONSERVAZIONE DI OPERE ARTISTICHE DEL CSC

Per iniziare a costruire un modello il primo passo consiste nel definire la natura dell'arte digitale, essa racchiude:

- **Software:** elemento alla base dei programmi informatici, rappresenta le istruzioni date dal programmatore al computer, in cui può risiedere il segno dell'artista e il significato dell'opera.
- **Hardware:** la parte visibile e materiale che può essere importante nella ricezione estetica dell'opera.
- **Interazione:** tra software e hardware, non è sufficiente conservare i file di cui è composta. L'artefatto deve anche essere esibito attraverso un apparato hardware e software pertinente.
- **Fragilità:** a causa della complessità della struttura software. Questa è suddivisa dall'interfaccia utente al linguaggio macchina, in livelli/interfacce; nell'analisi di questo sistema più si scende lungo l'architettura più i programmatori e i conservatori perdono la capacità di comprendere e intervenire.
- **Variabilità:** in continuo divenire, fin dal suo processo di creazione; per le infinite copie che di essa si possono realizzare, per gli infiniti dispositivi in cui può essere visualizzata; in alcuni casi per l'esplicita decisione dell'artista che può decidere di modificarla ad ogni esposizione.

Il Centro di Sonologia Computazionale (CSC) adotta il *Multilevel Preservation Model* ovvero: un approccio multilivello che mira a salvaguardare gli artefatti attraverso un processo dinamico che si focalizza sulla caratteristica di "variabilità" dell'opera; quindi l'artista o i conservatori operano costantemente per adattare l'artefatto ad ogni ambientazione ed esposizione. Questo modello è un ampliamento di una pre-esistente metodologia per la conservazione di documenti audio definita in [4].

La struttura generale è basata su *General Instruction Standard for Archival Description* (ISAD(G))⁷ sviluppato da ICA2000⁸. L'approccio multilivello proposto definisce tre livelli con una gerarchia ben precisa in modo da poter rappresentare ogni situazione: dalla più generica al caso più specifico. Tutti i *record*⁹ dei metadati (approfondiremo l'argomento nel prossimo capitolo) possono essere ereditati dal livello più alto a quello più basso. In cima alla struttura multilivello troviamo l'opera che raggruppa al suo interno tutte le mostre. Il livello più basso invece è l'integrità fisica dell'opera ovvero rappresenta ogni singolo elemento di cui l'artefatto è composto. Nel mezzo di questa gerarchia troviamo i **DPO**¹⁰ (Digital Preservation Object); si possono visualizzare come un contenitori che racchiudono al loro interno un insieme di elementi digitali e analogici interconnessi tra di loro in modo da definire una singola manifestazione dell'opera d'arte. In sostanza questo livello rappresenta ogni singola esposizione dell'opera e ogni elemento caratterizzante la mostra è archiviato nel suo specifico DPOs. Tutti questi documenti digitali vengono catalogati in tre macro-categorie con funzioni ben specifiche all'interno del modello di conservazione. Possiamo quindi classificare ed organizzare i metadati in: **Bit, Data, Experience**. (come in Figura 1.1)

- **Bit** - consiste in quelle componenti dell'artefatto che possono essere direttamente conservate assicurandosi che queste non subiscano alterazioni nel corso del tempo, cioè si predispone il prolungamento indefinito della loro vita. In genere si tratta di oggetti performativi, file audio o video strettamente legati alla mostra, computer/architetture hardware. Spesso i musei comprano pezzi simili agli originali da utilizzare per l'esposizione al pubblico e su di essi trasferiscono l'apparato software, così da limitare l'uso dell'opera originale e custodire la sua integrità nel tempo.
- **Data** - sono tutte le informazioni utili alla realizzazione dell'opera e necessarie per sviluppi futuri su nuovi linguaggi di programmazione o nuove architetture software come: documentazione, descrizione dell'opera ad alto livello, scripts¹¹ e istruzioni operative.

⁷ISAD(G) è uno standard internazionale utilizzato per descrivere i materiali d'archivio in modo uniforme e coerente.

⁸ICA è il Consiglio Nazionale degli Archivi, che fornisce linee guida per descrivere i materiali d'archivio in modo che le informazioni siano facilmente accessibili e comprensibili agli utenti

⁹è un oggetto fatto da dati compositi, contenente un insieme di campi o elementi ciascuno dei quali identificabile in modo univoco

¹⁰DPO - Digital Preservation Object, è un oggetto di conservazione digitale

¹¹insieme di istruzioni/operazioni che vengono eseguite da un altro programma

1.3. SCHEDATURA E METADATI: COSA SONO E QUALI SONO I TIPI DI METADATI

- **Experience** - sono i documenti relativi al nodo interattivo dell'opera: interviste, registrazioni audio/video, test di correttezza, informazioni riguardo il personale coinvolto nell'opera (artisti, tecnici, compositori...). Riprende quello che è l'approccio museale che mira a tenere traccia della storia dell'installazione.

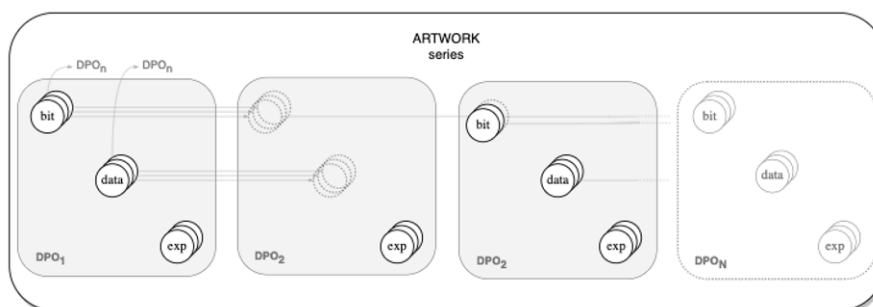


Figura 1.1: Rappresentazione grafica del Multilevel Preservation Model

1.3 SCHEDATURA E METADATI: COSA SONO E QUALI SONO I TIPI DI METADATI

Partiamo dalla definizione di metadato: è un'informazione che descrive un'insieme di dati, letteralmente "(dato) per mezzo di un altro (dato)"[7].

Nell'ambito degli archivi digitali i metadati sono le informazioni di cui bisogna dotare il documento informatico¹² per poterlo correttamente formare, gestire e conservare nel tempo. Il documento informatico è totalmente privo della componente materiale, non è altro che un insieme di byte salvati in un qualsiasi server in giro per il mondo insieme a centinaia di migliaia di altri documenti informatici. Risulta quindi necessario stilare una lista di requisiti che ogni documento deve possedere al fine di essere perfettamente conservabile nel tempo e in ogni modo rintracciabile. Per essere correttamente inserito nel suo contesto, il documento in questione deve essere posto in relazione ad un insieme di informazioni che lo descrivono. Esempi base di metadati sono: formato e nome di un file, data di creazione, ultima modifica del file, ultimo accesso al file, autore e più il dato è complesso maggiore è il numero di campi che descrivono la natura del documento.

¹²Per semplicità ci si riferisce qui unicamente al documento, ma i metadati devono essere associati a tutti i livelli di aggregazione presenti in un archivio.

Un metadato per essere definito tale deve consentire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

1. **Ricerca:** per poter verificare l'esistenza di un documento
2. **Localizzazione:** per rintracciare una particolare occorrenza in un documento
3. **Selezione:** per filtrare informazioni specifiche tra i documenti di un archivio
4. **Interoperabilità semantica:** per permettere la ricerca in ambiti interdisciplinari grazie a specifici descrittori
5. **Gestione risorse:** gestire efficientemente archivi/raccolte di documenti attraverso banche dati e/o collezioni
6. **Disponibilità:** per verificare l'effettiva disponibilità di un documento

AGID¹³ (Agenzia per l'Italia Digitale), è l'ente pubblico che fornisce le linee guida alla formazione e gestione dei metadati in Italia. La normativa prevede alcune specifiche minime per i metadati associati al documento informatico[2]:

- Identificativo
- Data di Chiusura
- Oggetto
- Soggetto produttore
- Destinatario

Si comprende quindi come le informazioni contenute nei metadati non vengono attribuite ai documenti un'unica volta e tutte contestualmente ma è un processo di archiviazione a lungo termine che oltre a descrivere la struttura e il contesto del documento ne traccia il suo utilizzo nel tempo.

Possiamo identificare tre macro-categorie in cui raggruppare le varie tipologie di metadati:

- **Metadati descrittivi:** utili per l'identificazione e il recupero di oggetti digitali, costituiti da elementi di descrizione del documento fonte. Un esempio di documenti che rientrano in questa categoria sono: contenuti audio/video, pagine web ecc ma anche oggetti fisici come: cd, libri e opere d'arte.

¹³L'AGID ha il compito di garantire l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nel paese, favorendo l'innovazione e la crescita economica.

1.3. SCHEDATURA E METADATI: COSA SONO E QUALI SONO I TIPI DI METADATI

- **Metadati amministrativi e gestionali (MAG):** riguardano le modalità di archiviazione e manutenzione degli oggetti digitali in un sistema di archivio digitale; spesso riguardano informazioni di natura tecnica come: formato di un file, procedure di creazione.
- **Metadati strutturali:** utili per descrivere la struttura interna dei documenti e gestire le relazioni tra le varie componenti di un oggetto digitale. Questi metadati inoltre forniscono dati di identificazione e localizzazione del documento.

In questo capitolo ci focalizzeremo su due tipologie particolari di metadati: uno di tipo descrittivo, quale il *Dublin Core*, nonché la base di partenza per la riattivazione dell'opera *Il Caos delle Sfere* di Carlo De Pirro e uno di tipo strutturale per la creazione di documentazione ad alto livello.

1.3.1 DUBLIN CORE

Il nome completo del progetto Dublin Core è: *Dublin Core Metadata Initiative (DCMI)*, nato 1995 in Ohio dalla necessità di migliorare la rete di servizi americana per le biblioteche e creare quindi un insieme di strumenti condivisi per l'accesso alle risorse digitali. Lo scopo era quello di definire un insieme base di elementi descrittivi che potessero essere forniti dall'autore o dall'editore dell'oggetto digitale, ed inclusi in esso. La struttura iniziale comprendeva ben 15 elementi di base che prendono il nome di *qualificatori* originariamente studiati per la descrizione di pagine web e successivamente adottati da musei, agenzie ed organizzazioni commerciali.

1. **Title:** è il nome e/o il titolo della risorsa.
2. **Creator:** è l'autore della risorsa, che può essere una persona, oppure anche un'associazione o gruppo.
3. **Date:** è una data associata alla risorsa, che in genere corrisponde alla data di creazione.
4. **Subject:** è l'argomento generale della risorsa, ed è bene ottimizzarlo con le giuste parole chiave.
5. **Description:** è un breve testo che indica qual è il contenuto della risorsa, può essere un riassunto, un indice o anche solamente un'introduzione alla risorsa.
6. **Language:** è la lingua in cui è disponibile la risorsa, generalmente scritta con il codice del linguaggio, con la possibilità di aggiungere il codice del paese.
7. **Publisher:** più comunemente chiamato editore, indica chi o cosa è responsabile della pubblicazione e della divulgazione della risorsa.

8. **Type:** spiega di che tipo è la risorsa, ad esempio un libro, un sito web o un software, oppure più semplicemente un'immagine o un testo.
9. **Format:** è il formato della risorsa, come ad esempio le dimensioni dell'immagine, oppure l'estensione del file (.doc, .jpeg, .html, etc).
10. **Identifier:** è il riferimento univoco della risorsa, spesso è un codice alfanumerico unico, un classico esempio è il codice ISBN dei libri, ma può anche essere l'URL di un sito web.
11. **Contributor:** indica chi ha partecipato o comunque contribuito in qualche modo alla realizzazione del contenuto.
12. **Source:** indica qual è l'eventuale fonte di ispirazione e/o di primaria creazione della risorsa.
13. **Relation:** è un riferimento ad un'eventuale risorsa collegata
14. **Coverage:** indica qual è lo scopo della risorsa, oltre a poter indicare anche l'area geografica ed un'eventuale periodo di validità della risorsa
15. **Rights:** sono i diritti di utilizzo relativi alla risorsa

1.3.2 MARKUP SCHEMA

The screenshot shows the Schema.org website interface. On the left, there is a code editor displaying JSON-LD markup for a recipe. On the right, a preview window titled 'Recipe' shows the structured data extracted from the markup, including fields like name, image, datePublished, and description.

```

1 <html>
2 <head>
3 <title>Party Coffee Cake</title>
4 <script type="application/ld+json">
5 {
6   "@context": "https://schema.org/",
7   "@type": "Recipe",
8   "name": "Party Coffee Cake",
9   "image": [
10    "https://example.com/photos/1x1/photo.jpg",
11    "https://example.com/photos/4x3/photo.jpg",
12    "https://example.com/photos/16x9/photo.jpg"
13  ],
14   "author": {
15     "@type": "Person",
16     "name": "Mary Stone"
17   },
18   "datePublished": "2018-03-10",
19   "description": "This coffee cake is awesome and perfect for parties.",
20   "prepTime": "PT20M",
21   "cookTime": "PT30M",
22   "totalTime": "PT50M",
23   "keywords": "cake for a party, coffee",
24   "recipeYield": "10",
25   "recipeCategory": "Dessert",
26   "recipeCuisine": "American",
27   "nutrition": {
28     "@type": "NutritionInformation",
29     "calories": "270 calories"
30   }
  }
  
```

Property	Value
@type	Recipe
name	Party Coffee Cake
image	https://example.com/photos/1x1/photo.jpg
image	https://example.com/photos/4x3/photo.jpg
image	https://example.com/photos/16x9/photo.jpg
datePublished	2018-03-10
description	This coffee cake is awesome and perfect for parties.
prepTime	PT20M
cookTime	PT30M
totalTime	PT50M
keywords	cake for a party, coffee
nutrition	270 calories

Figura 1.2: Esempio di utilizzo di un markup schema

Il markup Schema definito da schema.org, rientra nella categoria dei *Metadati strutturali* ed è un vocabolario di dati strutturati che aiuta i motori di ricerca a comprendere meglio le informazioni del sito web. Più nel dettaglio esso è un

1.3. SCHEDATURA E METADATI: COSA SONO E QUALI SONO I TIPI DI METADATI

codice che descrive gli elementi di un sito web in un "linguaggio" comprensibile a tutti i principali motori di ricerca. Google ad esempio comprende 32 tipi diversi di markup schema. (In Figura 1.2)

2

Studio di caso: Il Tempo Consuma

Nel capitolo precedente abbiamo esposto il concetto di riattivazione e conservazione di opere d'arte ed introdotto molteplici tecniche e modelli di salvaguardia e archiviazione di documenti informatici. In questa sezione andremo a studiare il principio fondamentale del modello del CSC: registrare l'opera d'arte come processo, riattivazione dopo riattivazione. Tale principio è essenziale se non si vuole costringere l'identità dell'opera d'arte all'integrità fisica, che è fissa e immutabile. Il modello del CSC per la riattivazione di opere d'arte multimediali nasce contestualmente alla conservazione delle installazioni di Carlo De Pirro e nel corso degli anni ha subito molte rivisitazioni sulla base dei risultati ottenuti dai casi di studio in cui è stato applicato. Un progetto molto importante che ha contribuito al perfezionamento del modello è stato la riattivazione di *Il Tempo Consuma* di Michele Sambin; un progetto cruciale per risaltare l'importanza degli Experience document. Di seguito analizzeremo in breve la struttura originale dell'opera e la tecnologia con cui è stata realizzata, tutto ciò formerà le basi per il vero e proprio studio di caso al Capitolo 3 e oggetto di questa tesi: *Il Caos delle Sfere*.

2.1 STRUTTURA ORIGINALE DELL'OPERA: *IL TEMPO CONSUMA*

Il Tempo Consuma è un'opera artistica degli anni 70 ideata e realizzata dall'artista Michele Sambin. L'opera intera si basa sulla tecnica del videoloop: è

2.1. STRUTTURA ORIGINALE DELL'OPERA: IL TEMPO CONSUMA

un sistema circolare costituito da 2 videoregistratori in cui passa un nastro ad anello chiuso creato unendo le due estremità finali della pellicola. L'opera funziona in questo modo: il nastro ad anello scorre tra i due videoregistratori posti parallelamente ad una distanza tale da mantenere il nastro teso. Il primo videoregistratore (*recording*, Figura 2.1) ha la funzione di registratore mentre il secondo funziona da riproduttore (*playback*, Figura 2.1). La videocamera è posizionata di fronte al monitor e collegata al primo videoregistratore, mentre il monitor riceve il segnale dal secondo videoregistratore.[13] Registrando ciò che accade sullo schermo e poi ciò che lo schermo riproduce, cioè quello ripreso un attimo prima, si entra in un loop infinito che porta inevitabilmente alla degradazione dell'immagine originale.

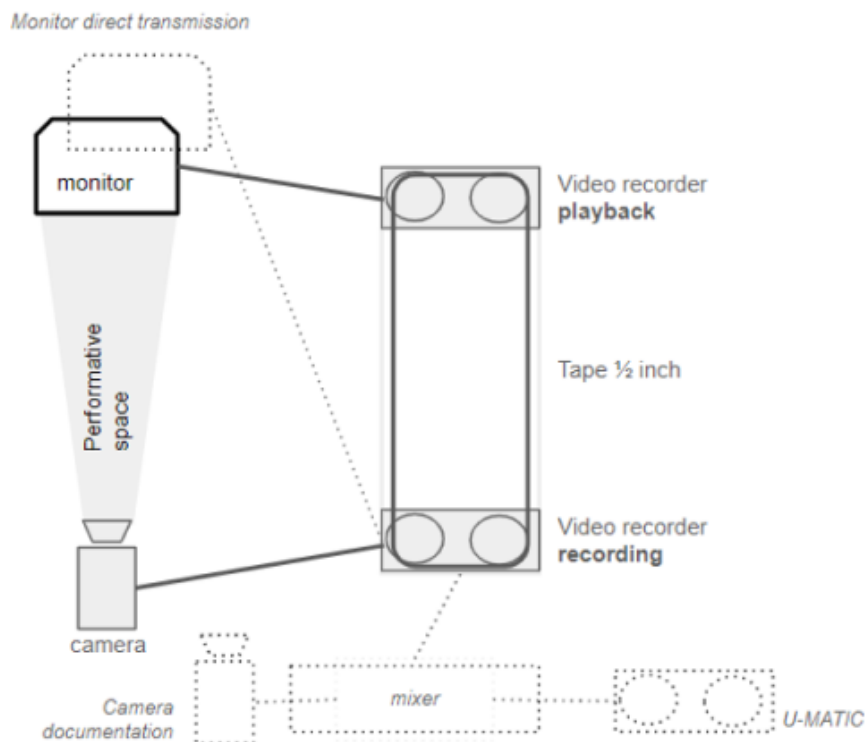


Figura 2.1: Rappresentazione grafica del videoloop

E' l'artista per primo ad interagire direttamente con l'opera registrando se stesso ad intervalli regolari per poi essere proiettato sullo schermo e nuovamente registrato in un circolo vizioso diventando lui stesso l'interlocutore dell'elettronica[1]. La Figura 2.2 è uno screenshot che ritrae Michele Sambin nel 1979 che "dialoga" con la macchina. Mentre in Figura 2.3 sono rappresentati tre scatti fatti

in momenti differenti che evidenziano chiaramente il processo di degradazione dell'immagine.



Figura 2.2: Screenshot della performance originale 1979, registrazione audio-video

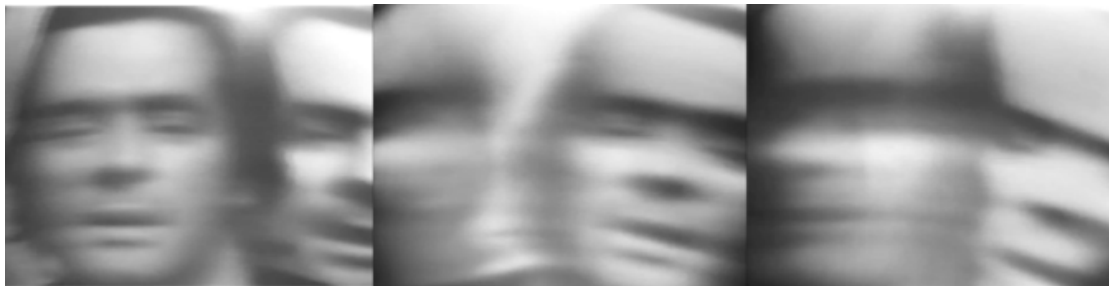


Figura 2.3: Frame differenti esportati dal videoloop

2.2 TECNOLOGIE E STRUTTURA ORIGINALE DELL'INSTALLAZIONE MULTIMEDIALE

L'opera originale degli anni 70 era composta da: videoregistratori e macchine fotografiche analogiche, monitor a tubo catodico e pellicole fotografiche, come in Figura 2.4.

2.2. TECNOLOGIE E STRUTTURA ORIGINALE DELL'INSTALLAZIONE MULTIMEDIALE



Figura 2.4: Modellino in carta dell'opera originale

E' evidente come negli anni questo tipo di tecnologia sia diventata presto obsoleta e introvabile nel mercato odierno; di conseguenza non è stato possibile riattivare l'opera mantenendo la sua tecnologia originale ma si è optato per una completa *Migrazione tecnologica* al digitale. Il primo passo è stata un'attenta analisi dei requisiti per recuperare più documentazione possibile, nei formati Bits, Data and Experience, necessaria alla formazione dei DPOs. (Figura 2.5)

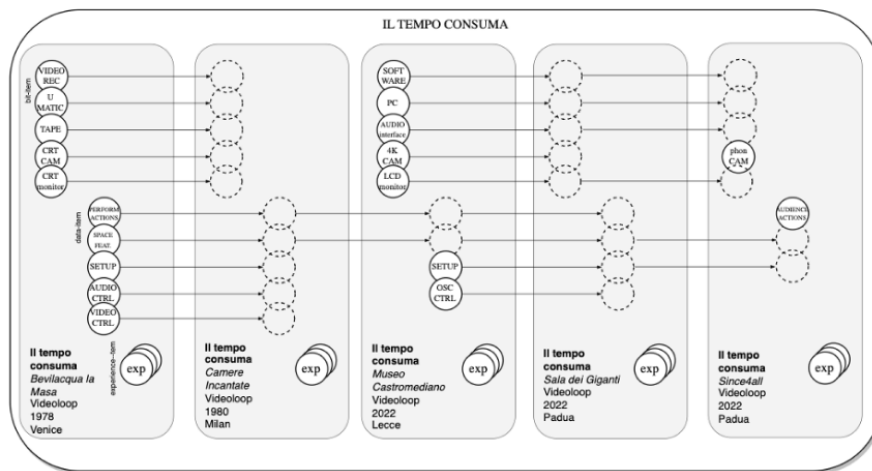


Figura 2.5: Rappresentazione grafica de *Il Tempo Consuma* mediante approccio multilivello

L'artista Michele Sambin, durante i suoi test ed esposizioni (nel 1979 e 1980), è stato molto meticoloso nella raccolta di documenti audio-video, interviste ed Experience document, agevolando il lavoro di riattivazione dell'opera da parte del CSC. La sezione dei Bits è rimasta parzialmente incompleta data appunto la poca reperibilità della tecnologia analogica ad oggi. L'hardware del sistema originale è stato sostituito da: un monitor 4K tecnologia a led, videocamera

digitale 4K; per microfono e diffusori rispettivamente i microfoni integrati della videocamera e gli speaker integrati del monitor; un computer con scheda audio e scheda video al posto della pellicola fotografica. I Bits ora sono tutti gli elementi che costituiscono il nuovo hardware del sistema e con essi è possibile costruire una raccolta di dati: rapporto tra hardware e software, ruolo degli elementi, istruzioni operative; ed esperienze come: registrazioni audio/video di performance in ambito digitale, nuove interviste e documentazione. In Figura 2.6 l'opera esposta Museo Castromediano di Lecce per la prima volta dopo la sua riattivazione.



Figura 2.6: Videolooop setup per l'esposizione Castromediano al museo di Lecce il 19 Febbraio 2022



Studio di caso: Il Caos delle Sfere

Il nome completo dell'opera presentata per la prima volta a Roma nel 1999 alla *Biennial of the Young Artists of Europe and Mediterraneo* era: *Il Caos delle Sfere: Be a Pianist with 500 Italian lire*. Il progetto è nato dalla collaborazione di Nicola Orio e Paolo Congo (al tempo membri del Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova) e Carlo De Pirro artista e compositore. L'idea alla base dell'installazione musicale interattiva (IMI¹) è quella di prendere un classico gioco elettronico, per questo progetto si scelse un flipper, e utilizzarlo per controllare autonomamente un pianoforte Disklavier². L'artista però non si limitò ad un semplice "target-suono", ovvero suonare una nota diversa per ogni target diverso colpito con la sfera del flipper, ma rendere possibile la creazione di vere e proprie melodie semi-casuali partendo dal gioco del flipper. Esistono già pre-scritte dal compositore una serie di sequenze musicali che vengono riprodotte all'inizio della partita; quando si passa di livello le sequenze verranno generate semi-automaticamente conferendo all'utente un parziale controllo di ciò che viene riprodotto in base ai target che colpisce. Man mano che si superano i livelli l'utente guadagna sempre più autonomia nella creazione della melodia riprodotta dal Disklavier. Questo tipo di interazione con l'opera è studiata per fornire a chi gioca una "ricompensa" per la bravura.

L'idea artistica consiste nel rendere un gioco dominato dall'imprevedibilità e

¹IMI - Interactive Music Installation

²I Disklavier classici pianoforti dotati di sensori di registrazione elettronica e della capacità di riprodurre automaticamente i brani

3.1. BREVE INTRODUZIONE AL FLIPPER

dal caos il più controllabile possibile dal giocatore; il feedback³ di controllo che l'utente riceve durante la partita è dato dalla complessità della melodia suonata. Sebbene questa IMI sembra non avere uno scopo scientifico, in realtà l'ispirazione alla base deriva da uno studio di ricerca congiunto riguardo l'interazione musicale chiamato *Controlled Refraction*[8].

3.1 BREVE INTRODUZIONE AL FLIPPER

Il flipper utilizzato per il progetto è *The Creature from the Black Lagoon* (In Figura 3.1). La scelta è ricaduta su questo particolare flipper elettromeccanico perché è uno dei primi nel suo genere ad implementare il concetto di "storia" in una partita. Stiamo parlando di un flipper nel quale il giocatore ha dei livelli da superare portando a termine una serie di obiettivi: target da colpire o un punteggio da superare. Risulta immediato comprendere che la scelta di questo flipper fu in gran parte influenzata dalla presenza di livelli ed obiettivi che calzano alla perfezione con l'idea artistica alla base.



Figura 3.1: Immagine del flipper "The Creature of The Black Lagoon" collegato al Disklavier

³Processo per cui il risultato dall'azione di un sistema, si riflette sul sistema stesso per correggerne o modificarne il comportamento.

In Figura 3.2 è mostrata una foto scattata presso l'abitazione di Carlo De Pirro nel 1999 che ritrae per intero il team che lavorò al progetto originale. Da sinistra a destra: Veniero Rizzardi, Carlo De Pirro, i collaboratori tecnici del CSC: Paolo Cogo e Nicola Orio



Figura 3.2: Foto del team di sviluppo de *Il Caos delle Sfere*

Il primo obiettivo tecnico era quello di monitorare interfacciandosi il meno possibile con l'elettronica del flipper. Si scelse quindi di sdoppiare il segnale in uscita degli switch per tracciare quali target sono stati colpiti, e sdoppiare il segnale in uscita dalle luci del flipper per monitorare il livello del gioco. Bisogna notare che in questo modo non si è in nessun modo a conoscenza del punteggio. L'acquisizione del segnale è effettuato tramite una scheda elettronica disegnata ad hoc e collegata, attraverso una porta parallela, ad un PC che processa le informazioni e le trasferisce sotto forma di segnale MIDI⁴ al Disklavier.

3.2 COMUNICAZIONE PARALLELA

Lo scoglio principale a livello tecnico da superare era quello di efficientare il più possibile la comunicazione tra i Nodi del sistema così da ridurre il ritardo

⁴MIDI - Musical Instrument Digital Interface, è uno standard creato per lo scambio di dati digitali fra strumenti musicali elettronici a prescindere dalla marca e dal modello

3.2. COMUNICAZIONE PARALLELA

nell'invio delle sequenze MIDI al Disklavier per evitare interruzioni della musica per colpa di trasmissioni lente. Innanzitutto era necessario semplificare a livello elettronico la scheda di acquisizione del segnale del flipper e successivamente si scelse di adottare una porta parallela a 25 pin come architettura fisica di comunicazione tra il flipper e il computer. Nell'installazione originale il PC montava come sistema operativo Windows 95 e la scelta di tale mezzo comunicativo dava la possibilità di accedere direttamente ai contenuti trasmessi tramite porte seriali o parallele. Per la trasmissione di informazioni al Disklavier è stata scelta una porta MIDI che sfrutta tutte le interfacce dell'ambiente MidiShare.⁵

3.2.1 PORTA PARALLELA DB25

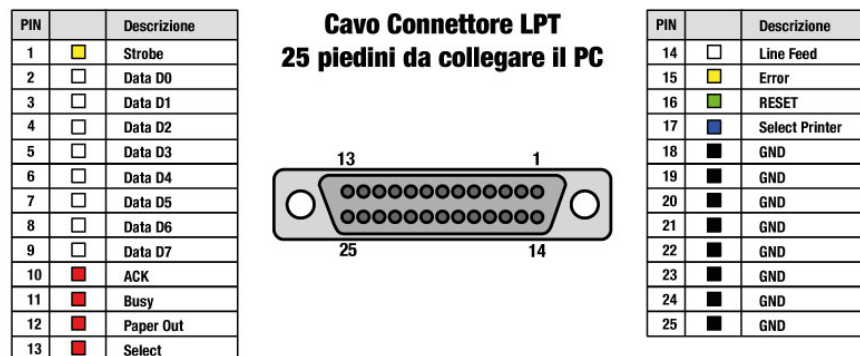


Figura 3.3: Configurazione dei Pin di una porta parallela DB25

La porta parallela (detta anche LPT - *Line Printer Terminal*) è nata come interfaccia di comunicazione tra computer e stampanti, solo in seguito nella versione bidirezionale, è stata ampiamente utilizzata per la comunicazione tra computer e una qualsiasi periferica. Lo standard al quale si rifà è lo standard IEEE(1284)[5]. La porta LPT consente di collegare al computer diverse periferiche con la possibilità di trasferire 8 bit in parallelo secondo lo standard TTL⁶ (*Transistor-transistor logic*). In Figura 3.3 sono mostrate le funzioni specifiche di ogni pin: i *pin* dal 2 al 9 trasferiscono dati in entrambe le direzioni, mentre il *pin* 1 quando il suo valore

⁵Midishare è un ambiente di sviluppo per la musica in tempo reale, sviluppato da Grame nel 1989)

⁶I TTL sono la prima famiglia di circuiti integrati rilasciati sul mercato per la prima volta nel 1963 da Sylvania. Ebbero un enorme impatto tecnologico perché per primi permisero approcci digitali laddove ancora metodi analogici.

logico è 0 indica un trasferimento di dati, e il *pin 17* a valore logico 0 indica un trasferimento di indirizzi.

Per l'acquisizione di dati di non si potevano usare i bus dati (Data0, ..., Data7), ma si usavano i pin disponibili come ingressi e la tecnica è nota come "Nibble mode"⁷ in quanto si acquisivano in sequenza temporale quattro bit alla volta. La Nibble Mode è lo standard utilizzato per la comunicazione tra pc e flipper ed essa consiste un due fasi principali:

1. **Data Transfer Phase** scrive i byet dalla periferica all'host
2. **Idel Phase** definisce gli stati del segnale per la porta quando non è in corso un trasferimento di dati[6]

La prima fase può essere riassunta come segue:

- L'host quando è pronto a ricevere dati setta il *pin 14* (Control-1) a valore logico 0
- La periferica invia il primo nibble sulle linee: S-3, S-4, S-5 e S-7 (Figura 3.4)
- La periferica setta il pin S-6 a valore logico 0 una volta che i dati sono stati validati
- Una volta ricevuto il *nibble*, l'host riporta il *pin 14* a valore logico 1 per bloccare la trasmissione di ulteriori dati
- Infine la periferica setta il pin S-6 a valore logico 1 come conferma per l'host

Nome del pin	Funzione del pin
Status-4	Se sta leggendo il primo nibble controlla lo stato della luce riferita alla lettera "F" se è il secondo riferita a "EX"
Status-5	Se sta leggendo il primo nibble controlla lo stato della luce riferita alla lettera "I" se è il secondo riferita a "JK"
Status-6	Se sta leggendo il primo nibble controlla lo stato della luce riferita alla lettera "L" se è il secondo riferita a "RE"
Status-7	Se sta leggendo il primo nibble controlla lo stato della luce riferita alla lettera "M" se è il secondo riferita a "CS"
Control-0	Determina quale dei due nibble è letto in un determinato momento
Data-0 / Data-7	Vengono utilizzati per determinare qual è l'ultimo bersaglio del flipper colpito dalla pallina

Figura 3.4: Tabella delle funzioni associate a ciascun pin della porta parallela DB-25

⁷nibble è un'unità di misura informatica per indicare 4 bit

3.2. COMUNICAZIONE PARALLELA

3.2.2 COMUNICAZIONE PARALLELA NEL FLIPPER

Il software dell'installazione originale sfruttava come metodo di acquisizione dati dalla porta parallela il Nibble Mode, dunque ora analizzeremo i punti visti precedentemente specifici della comunicazione pc-flipper:

1. Il pc acquisisce il primo nibble delle 4 lettere F-I-L-M;
2. Il pc setta il *pin 1* (Control-0) a valore logico 1 per prepararsi alla ricezione del secondo nibble;
3. Il secondo nibble ricevuto contiene lo stato delle luci del flipper codificato nelle seguenti 4 sigle EX, CS, RE e JK corrispondenti alle fasi finali del gioco;
4. Il pc legge i pin (Data0,...,Data7) per salvare il valore dell'ultimo target colpito
5. Il pc setta il *pin 1* (Control-0) a valore logico 0 per ritornare all'acquisizione del primo nibble per il controllo luci.

3.2.3 TECNOLOGIA MIDI

Il protocollo MIDI, acronimo di *Musical Instrument Digital Interface*, è uno standard che consente il collegamento e la comunicazione tra più strumenti musicali elettronici. Essenzialmente, è un linguaggio informatico basato sullo scambio di messaggi e informazioni tra hardware. Il protocollo MIDI prevede due principali categorie di strumenti che interagiscono tra di loro:

- **Dispositivi di Controllo** (Controller): che generano i messaggi MIDI; nel nostro sistema questo ruolo è gestito dal computer che elaborando i segnali inviati dalla porta parallela genera sequenze MIDI semi-casuali che poi trasmette al Disklavier.
- **Dispositivi Sonori** che ricevono in ingresso i messaggi MIDI per produrre o modificare i suoni; nel nostro caso si tratta del Disklavier.

Il protocollo MIDI nacque agli inizi degli anni 80 in risposta all'esigenza di far comunicare tra loro diversi strumenti. Così nell'agosto del 1983 furono presentate per la prima volta le specifiche MIDI al pubblico alla fiera *NAMM Show*⁸, tenutasi a Los Angeles. Successivamente nel 1985 venne pubblicato

⁸E' una delle maggiori fiere dedicate ai prodotti musicali al mondo e si tiene ogni anno a gennaio ad Anaheim in California

da IMA (*International MIDI Association*) la versione 1.0 delle specifiche MIDI, istituendo di fatto lo standard del protocollo.

Un collegamento MIDI consiste in una connessione simplex⁹ seriale a loop di corrente che funziona alla velocità di trasmissione di 31250 bps. Il loop è tenuto a massa solo da un lato e l'altra estremità è libera per evitare ronzii e interferenze audio. E' importante considerare che: nel caso di connessione in cascata di più dispositivi MIDI il ritardo del segnale si fa via via più rilevante fino a generare errori di trasmissione. Lo standard MIDI prevedeva l'uso di connettori circolari DIN a 5 pin come in Figura 3.5 (dal 1991 sostituiti dalle prese USB data la loro versatilità e affidabilità).

L'interfaccia hardware di ogni dispositivo MIDI è composta da tre connettori DIN a 5 poli, di cui solo 3 vengono effettivamente utilizzati per la trasmissione, che tramite un cavo polare a 5 poli consentono il collegamento fisico tra gli strumenti. I tre connettori si distinguono in:

1. **MIDI IN**, porta che riceve i messaggi MIDI in ingresso
2. **MIDI OUT**, porta che invia i messaggi MIDI elaborati in uscita
3. **MIDI THRU**, porta che duplica i messaggi in ingresso così da poter inviare la copia ad un altro strumento, favorendo le connessioni a cascata tra dispositivi



Figura 3.5: Schema Connettore DIN a 5 poli

Importante sottolineare che lo standard MIDI non trasmette nessun suono alle periferiche ma bensì il protocollo comunica attraverso l'invio di messaggi codificati dalla lunghezza di 10 bit. Il relativo messaggio contiene informazioni sulla nota da suonare e in che modo va suonata (velocità, intensità, ...); ogni caratteristica della singola nota viene monitorata tramite un codice che varia tra 0 (il minimo) e 127 (massimo), ad esempio: per suonare una nota al massimo

⁹connessione unidirezionale

3.2. COMUNICAZIONE PARALLELA

del volume si imposterà il valore 127 nel messaggio, mentre se quella nota non si vuole suonare si imposterà il campo relativo a 0 (esempio in Figura 3.6). Per indicizzare 128 valori diversi abbiamo bisogno di 7 bit, i 3 bit restanti sono di controllo. Questi fanno parte dei Data bytes che, come si intuisce dal nome, trasportano l'informazione; al messaggio poi ci sono da aggiungere i Bytes di stato che completano il messaggio MIDI con istruzioni di controllo o il numero del canale di trasmissione da utilizzare. Inoltre, il protocollo prevede 16 canali indipendenti per connettore ed è possibile così inviare 16 messaggi diversi contemporaneamente tramite un'unico cavo. In questo modo possiamo suonare, ad esempio, più parti sovrapposte di un brano come Basso, Batteria e Piano.

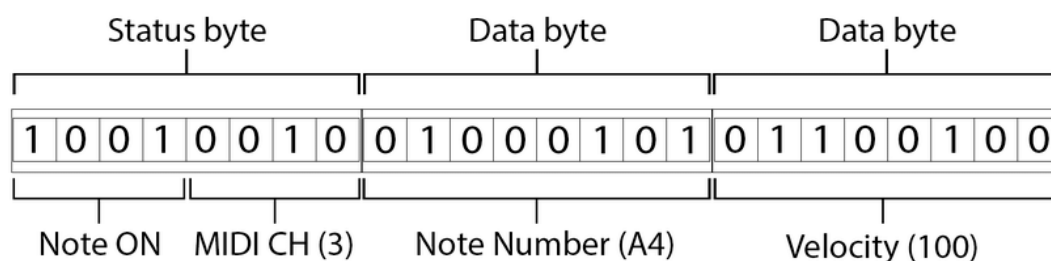


Figura 3.6: Esempio di messaggio MIDI diviso tra Status Bytes e Data Bytes

Esistono due grandi famiglie di messaggi MIDI:

- **Channel Message**, messaggi indirizzati a canali specifici. In Figura 3.6 nella sezione Status Bytes si può notare che gli ultimi 4 bit (*MIDI CH*) sono dedicati alla scelta del canale, infatti: $2^4 = 16$ sono esattamente il massimo numero di canali su cui trasmette lo standard MIDI
- **System Common Message**, messaggi broadcast inviati a tutte le periferiche connesse

In questo testo ci focalizzeremo sulla prima tipologia di messaggi dato che l'intero controllo delle sequenze MIDI è stato effettuato con l'uso dei comandi: *Note On*, *Note Off*, *Control Change*. I comandi *Note On* e *Note Off* servono rispettivamente per l'attivazione della nota e il rilascio di essa, che in un ambiente *MidiShare*, sono considerati due eventi separati. La pressione di un tasto su una tastiera MIDI genera un messaggio con il comando *Note On* che viene emesso dalla porta MIDI OUT. Trasferendoci al *Caos delle Sfere*, questo ruolo è ricoperto dal computer che sulla base di sequenze di note pre-scritte e dei target colpiti nel flipper genera il comando *Note On* affiancato da due Data Bytes relativi alla nota

da suonare e alla sua "velocità" (livello di pressione di un tasto). Intuitivamente il computer genererà il comando *Note Off* (accompagnato dai bytes di stato e i bytes data) quando la nota va rilasciata. Questo processo in realtà crea molto traffico di pacchetti e l'ambiente MidiShare ha messo a disposizione questa scorciatoia: è possibile inviare un messaggio MIDI privato dei suoi Status Bytes a patto che il messaggio sia dello stesso "stato" del precedente. Di fatto quindi se si vuole interrompere l'esecuzione di una nota verrà generato un secondo *Note On* impostando però la "velocità" a 0. Così facendo si è in grado di ridurre il traffico comunicativo di circa il 33%[11], aumentando quindi l'efficienza dell'intero sistema.

3.2.4 EVENTI MIDI

Nelle sezioni precedenti, analizzando la struttura del messaggio MIDI non abbiamo mai fatto riferimento alla durata di una nota, questo perché sarà il dispositivo di controllo ad occuparsene trasmettendo i comandi *Note On* e *Note Off* a tempo con la melodia. Nel nostro caso il dispositivo di controllo è il software che elaborando i segnali in uscita dal flipper decide quali sequenze e quali note riprodurre sul Disklavier. In musica l'unità di misura del tempo è definita dai BPM (*Beat Per Minute*) che conta quante battute ci sono in 1 minuto di traccia e permette ai musicisti di sincronizzare perfettamente due brani tra di loro. In MidiShare l'unità temporale è il tick che concettualmente è strettamente legato alla definizione di beat per la musica. Lo standard MIDI suddivide il beat in frazioni di esso, ognuna delle quali è un tick, quindi un tick rappresenta una quantità di tempo (non fissata, in base alla definizione del controller MIDI, i tick possono avere lunghezze differenti) e la somma di tutti i tick contenuti nel messaggio MIDI definiscono la durata della nota. Tutta questa informazione insieme ai Status Bytes e Data Bytes è salvata in file chiamati *Standard MIDI File* (SMF) con estensione *.mid. Le sequenze utilizzate per suonare il Disklavier sono sequenze MIDI create in tempo reale e quindi non classificabili come SFM, di conseguenza la temporizzazione è specificata in microsecondi ed è eseguita "manualmente". I messaggi MIDI in questione dispongono di un campo aggiuntivo dedicato alla gestione del tempo denominato Delta Time e l'insieme tra il Delta Time e il messaggio MIDI compongono quello che viene chiamato Evento MIDI: elemento cardine trattato ed elaborato dal software scritto per l'installazione interattiva. Il formato dell'evento midi è *.wri ed è composto da

3.3. SPIEGAZIONE DEI VARI NODI

4 campi che descrivono a tutto tondo la singola nota MIDI: delta time, tipo di messaggio, tonalità e velocità. Infine l'ambiente di sviluppo MidiShare mette a disposizione due funzioni per la gestione della trasmissione degli eventi MIDI: MidiTask e MidiDTask

3.3 SPIEGAZIONE DEI VARI NODI

Fino a questo punto abbiamo parlato separatamente di ogni elemento di quest'opera ma affinché tutto funzioni correttamente c'è bisogno di una continua collaborazione tra i vari organi e di conseguenza un'adeguata coordinazione tra le parti (in Figura 3.7 il diagramma ritraente l'interazione tra i nodi). Per primo è utile individuare i tre componenti cardine dell'installazione e scoprire quali ruoli occupano, abbiamo: il flipper, il computer e il Disklavier. A questo scopo d'ora in poi parleremo di Nodi ovvero: un'insieme di elementi suddivisi tra hardware e software che collaborano tra loro per raggiungere uno scopo comune. Per il "*Il Caos delle Sfere*" individueremo 3 diverse tipologie di Nodi:

- **Nodo Interattivo** (Flipper) il nodo dove vengono elaborati i segnali degli switch e target colpiti dal giocatore per poi essere inviati al nodo successivo.
- **Nodo Comunicativo** (Computer), il nodo che riceve i segnali dal nodo interattivo e li interpreta per la creazione delle sequenze MIDI.
- **Nodo Riproduttivo** (Disklavier), il nodo che riceve gli eventi MIDI creati dal nodo comunicativo e li riproduce sul controller MIDI.

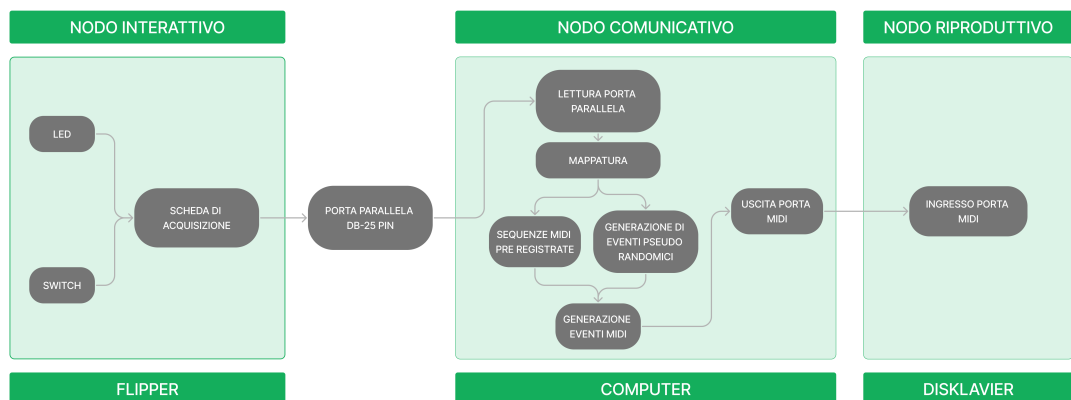


Figura 3.7: Schema della struttura a nodi dell'installazione *Il Caos delle Sfere*

3.3.1 NODO INTERATTIVO

In questo nodo troviamo tutta la sfera interattiva dell'opera, cioè l'insieme di tutti gli elementi utilizzati dall'utente per interagire con il sistema. Il flipper è al centro di tutto il nodo interattivo dato che il giocatore attraverso di esso crea melodie sempre più complesse sul Disklavier. Lo scopo del gioco in questo flipper (*Creature from the Black Lagoon*) è quello di accendere tutte e 4 le luci che scrivono la parola F-I-L-M superando così i primi 4 livelli del gioco. Successivamente si entra in fase Extra Ball (EX) ovvero con una pallina in più in gioco e nuovi obiettivi da colpire: trovare la creatura (CS), salvare la ragazza dal "mostro" (RE) e infine vincere il jackpot (JK) [3]. Queste informazioni sono trasmesse al nodo successivo lungo la porta parallela DB-25 (vista al capitolo precedente). La scheda di acquisizione, progettata da Paolo Cogo (tecnico del progetto originale de *Il Caos delle Sfer*e), monitora gli obiettivi raggiunti tramite l'accensione delle luci nel flipper e invia la rispettiva sigla (EX, CS, RE, JK) al computer per l'elaborazione successiva.

3.3.2 NODO COMUNICATIVO

Il compito di elaborare i dati provenienti dalla scheda di acquisizione montata nel flipper ed inviarli sotto forma di eventi MIDI, spetta al nodo comunicativo. L'intero nodo è rappresentato dal computer e dai software in esso installati. Originariamente il computer predisponeva Windows 95 come sistema operativo e alla macchina venne installata una scheda di ricezione ad hoc per la porta parallela DB-25 per garantire la comunicazione flipper-pc. Nel computer oltre ad essere salvato in memoria il software principale erano salvati una serie di documenti *.wri con 44 diverse sequenze di note o abbellimenti musicali scritte da Carlo De Pirro:

- **Trilli:** sono un abbellimento musicale che prevede il rapido alternarsi di due note (una principale ed una a distanza di un tono o semitono).
- **Ventata:** riproduzione di note ispirate alla musica jazz in cui il ritmo è "ondeggante", in inglese *Swing*
- **Arpa:** rappresenta la melodia di uno strumento che funziona grazie al passaggio del vento in esso.
- **Bordone:** corrisponde alla ripetizione continua di una stessa nota (o un insieme di note).
- **Canone:** è la sovrapposizione di una melodia con una o più sue imitazioni.

3.3. SPIEGAZIONE DEI VARI NODI

- **Accento Armonico:** mette in risalto una nota, cambiandone l'armonia
- **Accordo:** un giro di note che vengono riprodotte nello stesso istante

Ad ogni livello corrisponde il caricamento randomico di una sequenza già scritta, più l'accompagnamento di uno dei precedenti abbellimenti musicali. Di seguito lo schema di un evento MIDI in base al livello:

- **Livello 0** - fase iniziale del gioco, viene caricata una sequenza random tra le prime 10 [0,9].
- **Livello 1** - si accende la prima lettera tra le 4 di F-I-L-M e viene caricata una nuova sequenza random tra [10,17].
- **Livello 2** - si interrompono le sequenze e si riproducono solo i Trilli.
- **Livello 3** - si suonano le arpe + una sequenza random tra [18,27].
- **Livello 4/5** - come il livello 3 ma caricano rispettivamente la sequenza tra [28,37] e [38,42].

Nei livelli 6-7-8 si è nella fase di gioco Extra Ball e vengono suonati solo Trilli. Ogni volta che in un livello termina la riproduzione di una sequenza, ne viene ricaricata una nuova pescata nell'insieme di sequenze relativo al livello.

3.3.3 NODO DI RIPRODUZIONE

L'ultimo nodo del sistema è rappresentato dal Disklavier: un particolare tipo di pianoforte Yamaha con la tastiera servomotorizzata e un'unità di elaborazione interna per processare le sequenze MIDI. La piccola CPU montata nel pianoforte suddivide l'evento MIDI nelle singole note, ognuna accompagnata delle sue caratteristiche (velocità e tonalità), e attiva i motori posizionati in corrispondenza di ogni tasto della tastiera del pianoforte. In questo sistema, il Disklavier è tutto il nodo riproduttivo e la trasmissione con il nodo comunicativo è resa possibile: dalla porta MIDI installata nel computer e dall'ambiente di sviluppo MidiShare che traduce gli eventi MIDI in ingresso in note riproducibili dal pianoforte. (In Figura 3.8 un esempio di routine MidiShare)

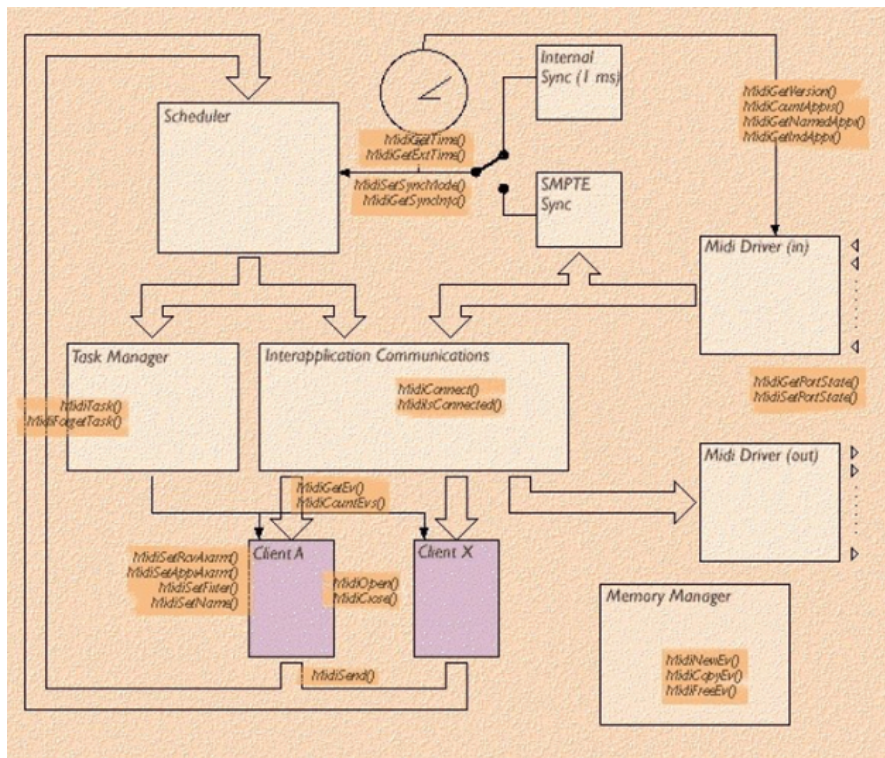


Figura 3.8: Schema di una routine MidiShare così come rappresentata dal suo sviluppatore nella documentazione originale

3.4 MIGRAZIONE TECNOLOGICA

Sebbene a prima vista possa sembrare sufficiente conservare l'arte digitale per mantenerla fruibile di generazione in generazione, in realtà non è possibile contare sul funzionamento dei computer nel lungo periodo. La velocità con cui il mercato e le aziende sviluppano nuove tecnologie rende estremamente obsoleta la tecnologia del passato ed inoltre è impossibile trovare pezzi di ricambio per tutti i dispositivi vecchi, malfunzionanti o che inevitabilmente smetteranno di funzionare. In un artefatto la componente hardware è la componente fragile di tutta l'opera perché l'uso nelle esibizioni e le manutenzioni compromettono l'usabilità e l'integrità dei circuiti elettrici nel tempo. Infine con un hardware malconcio anche l'intero apparato software smetterà di funzionare senza un apparente motivo. Risulta obbligatorio quindi non solo prevedere una manutenzione costante dell'artefatto ma anche un riaggiornamento continuo dell'hardware sostituendo quello obsoleto con componenti nuovi all'avanguardia.

Questa è la motivazione principale che ha spinto i ragazzi del Team del

3.4. MIGRAZIONE TECNOLOGICA

CSC: Alessandro Fiordelmondo, Mattia Pizzato e Luca Zecchinato ad operare un'intera *Migrazione Tecnologica* dell'opera di Carlo De Pirro *Il Caos delle Sfere*, dato che l'ultima esposizione al pubblico di quest'opera risale al 2004. In questi anni il CSC si è preso l'incarico di custodire tutta la documentazione riguardante l'opera compresa di ogni elemento hardware come: il flipper, il computer, la scheda di acquisizione progettata da Paolo Cogo.

Il primo passo verso la totale riattivazione dell'opera fu quello di organizzare tutta la documentazione disponibile nei vari DPOs (Bits, Data ed Experience). Il gruppo dei Bits è ancora interamente fruibile, infatti il vecchio codice è stato prelevato, e successivamente interpretato, dal computer originale ancora funzionante. Il codice è stato interpretato perché la documentazione del codice è totalmente assente e priva anche di qualsiasi tipo di flow-chart; lo stesso vale per la scheda di acquisizione dato che nell'archivio non è presente nessuno schema elettrico che ne possa spiegare a fondo il funzionamento. Per questo motivo il gruppo dei Data è incompleto. Infine nel gruppo Experience sono state raccolte tutte le varie dimostrazioni fotografiche dell'opera in funzione, le molteplici interviste e documenti scientifici che sono stati pubblicati per descrivere l'installazione.

Gli scogli tecnici che il CSC ha dovuto affrontare per attuare una completa migrazione tecnologica sono stati di due tipi: hardware e software. Partendo dal primo bisognava capire con cosa sostituire il computer originale. Inizialmente si pensava ad una scheda Raspberry¹⁰ comoda per sfruttare la caratteristica di multithreading e utile per gestire facilmente gli eventi MIDI. Il problema di questa scheda è che lavora a regime con segnali in ingresso a 5 Volt mentre i segnali in uscita dalla porta parallela sono a 3 Volt, di conseguenza la scheda non era sempre in grado di leggere correttamente gli input del flipper. Alla fine si è optato per una scheda Arduino che dal punto di vista elettronico combaciava perfettamente con il flipper, ma dal punto di vista software si sarebbe lavorato con un solo thread¹¹, gestendo quindi "manualmente" tutto il discorso multithreading dello standard MIDI (esposto alla sezione 3.4.2).

¹⁰Raspberry Pi è un computer a scheda singola progettato per ospitare sistemi operativi open source basati su kernel Linux o RISC OS

¹¹Un thread è la suddivisione di un processo in due o più sottoprocessi che vengono eseguiti concorrentemente da un sistema di elaborazione monoprocesso (monothreading) o multiprocesso (multithreading) o multicore.

3.4.1 SCHEDA ARDUINO MEGA

Come citato sopra la scelta dell'hardware per motivi elettronici è ricaduta su una scheda Arduino. Arduino è una scheda elettronica dotata di microcontrollore, ideata per la prima volta dall'*Interaction Design Institute* per scopi hobbistici, didattici e professionali. Sono schede comode da usare grazie alle loro caratteristiche:

- permette di leggere dati in input sia analogici che digitali provenienti da qualsiasi periferica
- è possibile programmare il microcontrollore attraverso un suo ambiente di sviluppo proprietario
- si può programmare sfruttando librerie software open source basate su C++

Il modello di scheda Arduino scelta dal CSC per il progetto è la *Scheda Arduino Mega 2560* (in Figura 3.9) per l'elevato numero di pin di I/O suddivisi tra analogici e digitali, infatti di 54 pin ne verranno usati 25 per la porta parallela DB-25 in ingresso; e per la potenza di calcolo dato che è dotata del chip ATmega2560 che fornisce ottime prestazioni grazie alla RAM aumentata rispetto alle altre schede Arduino e al clock del microcontrollore a 16MHz. Per la memorizzazione dei file *.wri, contenenti le sequenze MIDI, si utilizza una scheda SD inserita nella scheda Arduino così da sfruttare la memoria interna per il codice.

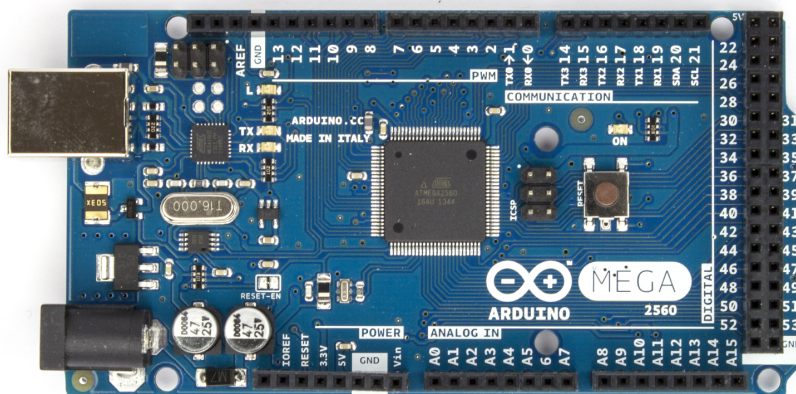


Figura 3.9: Arduino Mega 2560

3.4.2 MULTITHREADING

Un aspetto importante dell'ambiente di sviluppo MidiShare è la gestione della temporizzazione degli eventi MIDI. Dato che spesso molte note delle sequenze devono essere suonate simultaneamente, è essenziale far elaborare dalla CPU del nodo comunicativo più note alla volta e per l'appunto MidiShare sfrutta la proprietà di multithreading dei processori odierni ovvero la capacità di eseguire più processi parallelamente. Suddividendo un processo in vari thread ed assegnando una nota per ognuno di essi è possibile mandare in esecuzione più note contemporaneamente. Tutto ciò è attuabile se l'architettura hardware è multi-processore (multicore) così più processori insieme possono elaborare più thread (in questo caso note MIDI) insieme. Il computer dell'installazione originale prevedeva già un processore multicore di conseguenza la temporizzazione era gestita per intero dalle librerie di MidiShare, ma come spiegato nel capitolo precedente l'architettura Arduino è singlecore quindi per bypassare il problema bisogna implementare un software che simuli il comportamento di un sistema a più processori.

La programmazione a eventi è un paradigma di programmazione in cui il flusso del programma è continuamente determinato dal verificarsi di eventi esterni. L'analogia per lo studio del flipper è immediata dato che il computer riceve continuamente in ingresso aggiornamenti di stato per via di nuovi switch colpiti o il superamento di livelli. Il programma in questione è impostato in modo da eseguire all'infinito un loop di istruzioni che attendono continuamente il verificarsi di eventi che modifichino lo stato del programma. Ogni volta che lo stato cambia, il programma esce dal loop principale ed entra in una nuova routine di istruzioni che gestiscono l'evento per poi ritornare al loop iniziale e restare in attesa di nuovi eventi. Inoltre bisogna considerare che in un sistema singlecore non è possibile mettere in stato di attesa un thread per aspettare la fine di quello precedente, per questa ragione si è scelto quindi un approccio ibrido alla programmazione a eventi: quando capita di dover eseguire due azioni consecutive all'interno del flusso principale di istruzioni, si mette in pausa una delle due e la si fa ripartire al termine dell'esecuzione della precedente; reinserendola nel loop di istruzioni. In questo modo ci si ritrova una serie di blocchi di loop simultanei che non lasciano mai il processore inattivo, simulando così il comportamento di un'architettura multithreading.

In Arduino è possibile monitorare il tempo di esecuzione di un processo

utilizzando la funzione di libreria *millis()* che permette di salvare in memoria quanto tempo è trascorso dall'inizio di esecuzione del programma intero. Salvando in diversi momenti gli istanti di inizio e fine di ogni processo ed eseguendo la differenza si è a conoscenza della durata di un processo. Questo ci permette di temporizzare l'esecuzione delle sequenze MIDI senza che queste si sovrappongano o che ci siano momenti vuoti nella riproduzione. Invece per mettere i processi in stato di attesa esiste un'altra funzione di libreria di Arduino: *delay()* che semplicemente ferma l'esecuzione di un'istruzione per un ammontare di millisecondi specificati come parametro della funzione.

3.5 REALIZZAZIONE DEL FLOW-CHART

Il seguente diagramma di flusso (in Figura 3.10) è la rappresentazione ad alto livello dell'intera architettura software riprogettata dal CSC sulla base del vecchio codice. Le istruzioni che compongono il loop principale, esposto al capitolo precedente, sono *leggiPorta()* e *scriviPorta()*, il resto del diagramma visualizza le routine eseguibili in base alla tipologia di evento che si manifesta. Come mostrati in Figura 3.7 e ripreso anche dal flow-chart, l'inizio del flusso corrisponde al flipper e il processo termina con l'invio delle sequenze elaborate al Disklavier.

3.5. REALIZZAZIONE DEL FLOW-CHART

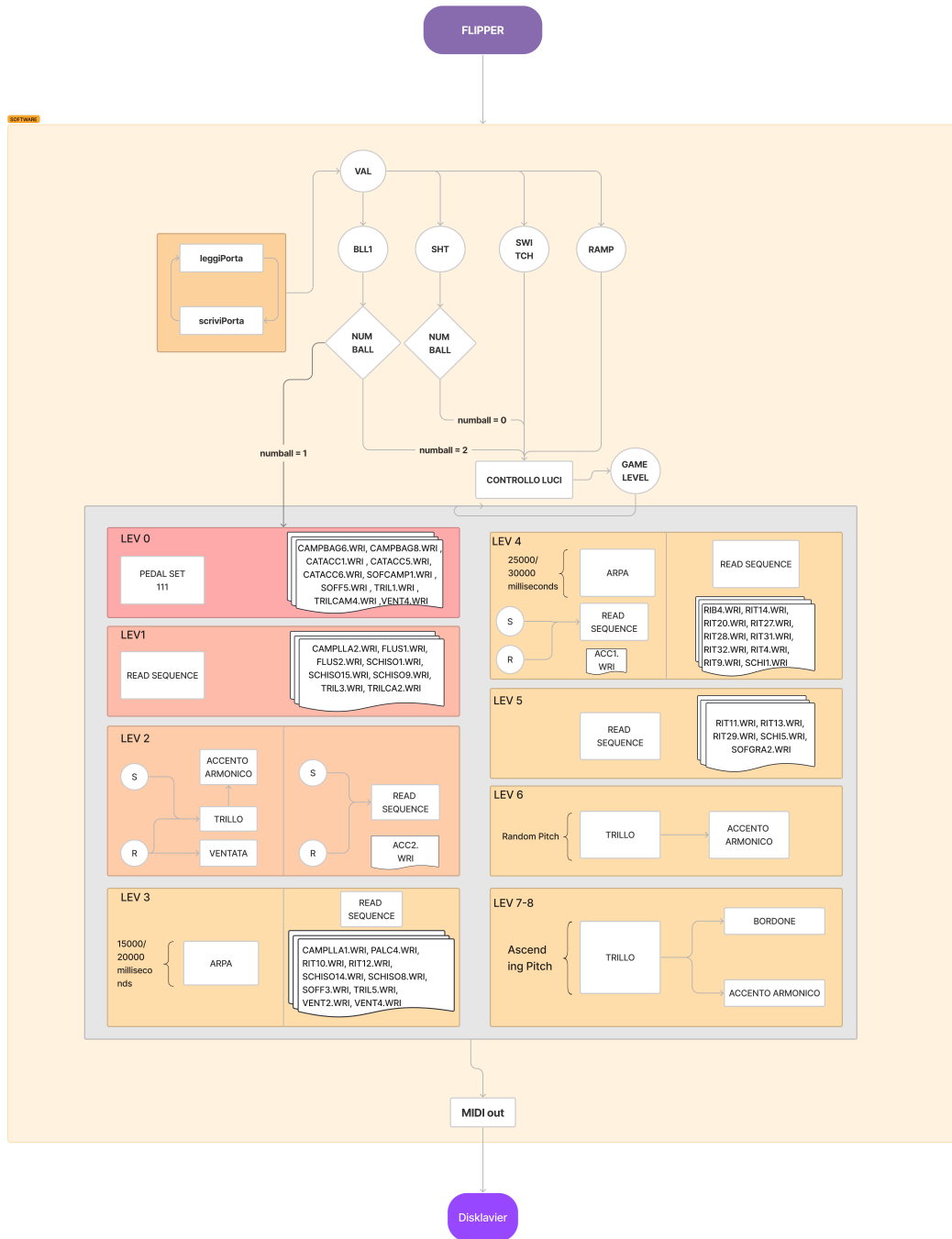


Figura 3.10: Flow Chart de "Il Caos delle Sfere" dopo la riattivazione

4

Conclusioni

Attraverso questo studio abbiamo analizzato ogni aspetto ed ogni criticità delle varie fasi che compongono il processo di conservazione e riattivazione di un'opera d'arte complessa. L'opera *Il Caos delle Sfere* ora dispone di tutta la documentazione essenziale per la propria conservazione e quindi, qualora fossero necessarie, per future migrazioni tecnologiche. Nonostante l'opera sia perfettamente funzionante, è possibile apportare in futuro alcune migliorie all'artefatto. Si può pensare di riprogettare da zero la scheda di acquisizione del flipper così da collegarci un'unità elaborativa multi-processore e sfruttare a dovere le proprietà dell'ambiente di sviluppo MidiShare. Il codice conseguentemente dovrà essere riadattato ma grazie al lavoro di documentazione da parte del team del CSC, il software ha acquisito un grado di accessibilità molto elevato.

Bibliografia

- [1] A. Monteverdi A. Balzola. «Le arti multimediali digitali: storia, tecniche, linguaggi, etiche ed estetiche delle arti del nuovo millennio». In: *Garzanti* (2019).
- [2] AGID. «Linee Guida sulla formazione, gestione e conservazione dei documenti informatici». In: *Allegato 5, AGID* (2013).
- [3] Midway Manufactory Company. «Creature of the Black Lagoon». In: (1993).
- [4] S. Canazza F. Bressan. «The challenge of preserving interactive sound art: a multilevel approach». In: *International Journal of Arts and Technology* 7(4) (2014), pp. 294–315.
- [5] IEEE. «Std. Ieee standard signaling method for a bidirectional parallel peripheral interface for personal computers». In: (1994), pp. 1284–1994.
- [6] J.AXELSON. «Parallel Port Complete: Programming, Interfacing Using the PCs Parallel Printer Port». In: *Lakeview Research* (1996).
- [7] «Metadato». In: *Wikipedia* ().
- [8] C. De Pirro N. Orio. «Controlled refractions: A two-level coding of musical gestures for interactive live performance». In: *Proceedings of the International Computer Music Conference* (1998), pp. 88–89.
- [9] Nahavandi. «Industry 5.0A human-centric solution». In: *Sustainability* 11(16) (2019), p. 4371.
- [10] B. Jones P. Falcao. «Virtualisation as a Tool for the Conservation of Software-Based Artworks». In: *IPRES* (2014), pp. 83–90.
- [11] G. De Poli. «Standards for audio and music representation». In: 10 (2020), pp. 196–205.

BIBLIOGRAFIA

- [12] Post. «Preservation practices of new media artists: Challenges, strategies, and attitudes in the personal management of artworks». In: *Post* (2017).
- [13] L. Parolo S. Lischi. «Michele Sambin: performance tra musica, pittura e video». In: *Cleup* (2014).

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va al Professor Canazza, nonchè mio relatore, che mi ha introdotto al Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova. Inoltre ringrazio il CSC per le risorse messe in campo e l'opportunità datami di applicare al lato pratico tutte le conoscenze acquisite in ambito di conservazione di opere d'arte multimediali. Grazie a questa esperienza ho conosciuto l'importanza culturale e anche economica dell'atto di conservazione e riattivazione di opere d'arte. Una mansione che da dietro le quinte svolge un lavoro importantissimo per il patrimonio culturale della società e che spesso viene sottovalutata o data per scontato.