



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M/GE/2019

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN ELECTRONIQUE

Option : Électronique des systèmes embarqués

Par

• LAHRECHE SIDI MOHAMMED EL AMINE

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MATRICE DE COMMUTATION POUR TPs DISTANTS A BASE DE SWITCHS NUMERIQUES COMMANDES PAR REDPITAYA

Soutenu le 30/07/2019 devant le jury composé de :

Président :	Mr. BENSTALI.W	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	Mr. ABDELLAOUL.N	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	Mme. ABBAD.A	MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mr. BENACHENHOU.A	Pr	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

Table des matières

Introduction générale	1
Contexte	2

Chapitre 1

Enseignement à distance

I.1 Introduction	4
I.2 Qu'est-ce que l'enseignement à distance ?.....	4
I.3 Différence entre TP classique et TP à distance	5
I.4 Avantages de l'éducation à distance	6
I.5 Inconvénients de l'éducation à distance	6
I.6 Problématique	7
I.7 Conclusion	7

Chapitre 2

Architecture matérielle

II.1 Introduction	9
II.2 Principe de fonctionnement	9
II.3 L'interface de commande Red-Pitaya.....	11
II.3.1 Prise en contact avec Red-Pitaya.....	11
II.3.2 Caractéristiques et composition de la Red-Pitaya.....	12
II.3.3 Connexion du Red-pitaya	13
II. 3.4 Les ports GPIO.....	15
II.4 La matrice de commutation	16
II.5 L'interface PEB	18
II. 5.1 Définition	18

II. 5.2 Le potentiomètre numérique	18
II. 5.3 Exemples de TP à réaliser	19
a. Amplificateur inverseur :	19
b. Filtre passe bas :	20
Ce TP permet de démontrer la fonction de filtrage de basses fréquences, la fréquence de seuil est contrôlée par les valeurs de Z1 et Z2.	20

Chapitre 3

Architecture logiciel

III.1 Introduction	22
III.2 Application client léger	22
III.2.1 Définition	22
III.2.2 Avantages de client léger	23
III.3 Programmation coté serveur	23
III.3.1 Langage coté serveur	23
III.3.2 Programmation serveur avec Node.js	24
a- Langage :	24
b- Outils :	24
c- Définition :	24
d- Pourquoi utiliser Node.js ?	25
e- Où utiliser Node.js ?	25
III.4 Programmation coté client	26
III.4.1 application web	26
a. HTML	26
b. CSS	26
c. JAVASCRIPT	27
III.4.2 Principe de fonctionnement d'une application web	28
III.5 Conclusion	29

Chapitre 4

Réalisation pratique

IV.1 Introduction	31
IV.2 Pilotage des switches numériques	31
IV.3 Programmation du potentiomètre numérique MCP4231	31
IV.4 Conception du typon	33
IV.5 Carte de TP 1	36
IV.6 Carte de TP 2	37
IV.7 Carte de TP 3	38
IV.8 Carte de TP 4	39
IV.9 Réalisation des Circuits.....	40
IV.10 Manipulation à distance des travaux pratiques	44
Conclusion générale	45
Bibliographie	47

Liste des figures

Figure II.1 : Principe de fonctionnement de TP à distance	10
Figure II.2 : Composition de la Red-Pitaya	12
Figure II.3 : Connexion de la Red-Pitaya	13
Figure II.4 : Le switch numérique Max4678	17
Figure II.5 : Désignation des circuits MCP	19
Figure II.6 : Montage d'amplificateur inverseur	20
Figure II.5 : Montage d'un filtre passe bas	20
Figure III.1 : structure d'une page web	27
Figure III.2 : principe de fonctionnement d'une application web	28
Figure IV.1 : Schéma électronique de la matrice de commutation	34
Figure IV.2 : Schéma du PCB de la matrice de commutation généré par EASYEDA	35
Figure IV.3 : photo de matrice de commutation par EASYEDA	35
Figure IV.4 : Schéma électrique de la carte de TP 1 sur EASYEDA	36
Figure IV.5 : Schéma du PCB de la carte de TP 1 généré par EASYEDA	36
Figure IV.6 : Schéma électrique de la carte de TP 2 sur EASYEDA	37
Figure IV.7 : Schéma du PCB de la carte de TP 2 généré par EASYEDA	37
Figure IV.8 : Schéma électrique de la carte de TP 3 sur EASYEDA	38
Figure IV.9 : Schéma du PCB de la carte de TP 3 généré par EASYEDA	38

Figure IV.10 : Schéma électrique de la carte de TP 4 sur EASYEDA	39
Figure IV.11 : Schéma du PCB de la carte de TP 3 généré par EASYEDA	39
Figure IV.12 : Les étapes principales de la réalisation du circuit avec la méthode chimique.	41
Figure IV.13 : Réalisation du circuit par la machine CNC.	42

Liste des tableaux

<i>Tableau I.1 : Les fonctionnalités de l'extension E1.</i>	14
<i>Tableau I.2 : Les fonctionnalités de l'extension E2.</i>	15
<i>Tableau IV.1 : Les fonctions de la bibliothèque SpiDev.</i>	34

Introduction générale

Les Technologies de l'information et de la communication, Internet en particulier, ont, ces dix dernières années, envahi notre quotidien tant personnel que professionnel. Après s'être immiscé dans de nombreux domaines tels que le commerce traditionnel (e-commerce) et les administrations (e-administration), Internet est en passe de devenir la clé de voûte d'une nouvelle forme d'enseignement. En effet, les sites de e-formation se multiplient du fait de l'intérêt qu'ils apportent : gain de temps, économie de transport et d'hébergement, souplesse d'utilisation, interactivité, etc. Si l'engouement pour ce nouveau concept est croissant, l'offre de réels services est encore limitée, cantonnée aux domaines où l'enseignement théorique prime sur l'enseignement pratique et les manipulations. Il est aisé pour les informaticiens de présenter un cours en ligne, de le rendre accessible à tous, de diffuser l'image de l'enseignant, de lui permettre de répondre à quelques questions, ... Il est, par contre, beaucoup plus difficile de donner aux apprenants les moyens de manipuler des dispositifs technologiques (instruments de laboratoire, machines, outils, robots, ...) à distance dans un cadre pédagogique. Pourtant, si l'on souhaite faire de la e-formation un outil de formation viable et largement utilisé, une recherche en amont sur les travaux pratiques à distance (téléTP) est essentielle. La mise en place de téléTP se heurte, en plus des problèmes habituellement rencontrés dans la e-formation, à une multitude de problèmes organisationnels, humains et bien entendu, techniques.

Une plate-forme de téléTP peut à fortiori être utilisée en support informatique dans des situations de présentiel pour remplacer le traditionnel sujet de TP et faciliter le tutorat d'un enseignant devant surveiller de nombreuses manipulations simultanées.

Nous travaillons sur la modélisation des travaux pratiques à distance en vue de proposer une plate-forme générique (indépendante de toute discipline) et offrant un cycle d'édition classique (création par un auteur, adaptation à son public par un tuteur et

présentation aux apprenants). Nous nous présentons dans ce travail les différentes techniques, étapes et outils utilisées dans la réalisation d'un prototype de TP d'électronique.

Notre mémoire s'organisé en 4 parties :

Au début ne faisons une présentation générale sur le renseignement à distance et la faisabilité d'application dans des travaux pratiques sur des circuits électroniques. Puis, dans le deuxième et le troisième chapitre nous s'intéressons aux différentes parties logicielles et matérielles respectivement qui s'introduisent dans la réalisation de notre projet. Dernièrement, dans le quatrième chapitre résume la dernière phase qui consiste de réaliser des différentes maquettes électroniques et leurs programmations afin qu'elles soient interconnectés pour le déroulement du TP à distance.

Contexte

A l'instar des travaux pratiques classiques, les travaux pratiques à distance (téléTPs) sont indispensables aux environnements de téléformation, notamment dans les disciplines scientifiques et techniques. De nombreux travaux scientifiques se concentrent principalement sur la téléopération d'un dispositif pédagogique spécifique. Nous avons donc proposé une méthodologie de conception d'un modèle de téléTP ainsi qu'une méthodologie associée de mise à distance de dispositifs dans ce cadre d'utilisation

Chapitre 1

Enseignement à distance

I.1 Introduction

Le domaine de la formation à distance (FAD) se présente à l'heure actuelle comme la « nouvelle frontière » pour les professionnels de l'éducation ; de plus en plus nombreux sont les universités et les centres de formation qui choisissent d'activer un bon nombre de leurs cours en mode non-présentiel.

Le grand essor de la formation à distance pendant ces dernières années va de pair avec la diffusion de plus en plus massive des moyens de communication télématiques, qui permettent une transmission immédiate de l'information et qui, annulant les distances physiques, rendent possible l'interaction entre partenaires séparés par des milliers de kilomètres. La présence de ces moyens de communication, de l'Internet notamment, représente aujourd'hui l'atout majeur de la FAD.

I.2 Qu'est-ce que l'enseignement à distance ?

L'enseignement à distance est un dispositif de formation comportant un ensemble de moyens organisés pour atteindre les objectifs d'un cours ou d'un programme. Ce dispositif permet à une personne d'apprendre de façon relativement autonome, avec des contraintes minimales d'horaire et de déplacement, et avec le soutien à distance de personnes-ressources.

La formation à distance se positionne sur l'intégration des technologies de l'Information et de la communication, l'adaptation à l'individu et la modularité de la formation. Elle se caractérise par un dispositif de formation fondé sur une prise en compte des besoins des apprenants, articulant les contenus de formation à des services variés (tutorat, forum, exercices ou simulations...), libérant des contraintes de lieux et de moments.

I.3 Différence entre TP classique et TP à distance

La première étape du passage du modèle de TP classique à un modèle de téléTP a consisté à identifier les invariants entre TP en présentiel et à distance. Nous avons analysé les composantes risquant de se dégrader lors de la mise à distance, mais également celles conduisant à un renforcement de l'efficacité pédagogique. Nous abordons cette analyse selon les mêmes points de vue que ceux utilisés dans le modèle de TP :

- ✓ Les objectifs pédagogiques et les prérequis : les objectifs pédagogiques et les prérequis sont identiques entre TP et téléTP. Ils sont effectivement indépendamment du contexte de réalisation (que ce soit en présentiel ou à distance)
- ✓ Le dispositif technologique : une adaptation du dispositif technologique initial est nécessaire en vue de sa téléopération. Cette adaptation dépend du type de l'architecture du dispositif technologique. Elle sera développée dans la suite de cet article
- ✓ L'organisation pédagogique
- ✓ Acteurs humains : ils ne varient pas mais le contexte de travail qui diffère du fait de la perte du contact humain et d'une vision globale pour le tuteur
- ✓ Le travail en groupe : il reste identique si les apprenants sont ensemble à distance du tuteur et du dispositif. Il doit être médiatisé s'ils sont à distance les uns des autres. Dans ce cas, il faut également instaurer des techniques de partage des dispositifs technologiques pour qu'ils puissent être utilisés conjointement
- ✓ Les activités de manipulation et d'observation : les problèmes prédominants engendrés par la mise à distance sont liés à la perte de commandabilité et

d'observabilité. Des techniques de téléopération sont alors indispensables pour compenser ces effets négatifs

- ✓ Les activités de réflexion et de production : les activités de réflexion restent identiques. Celles de production peuvent différer du fait de l'usage du support informatique
- ✓ Les activités de communication : les activités de communication sont entièrement médiatisées par les moyens de communication informatiques synchrones et asynchrones à l'instar des autres vecteurs pédagogiques (téléCours, téléTD, ...)

I.4 Avantages de l'éducation à distance

Les avantages d'un tel type de formation sont très nombreux, ci-dessous on cite quelques uns :

- ✓ Étudier de n'importe où, n'importe quand
- ✓ Flexibilité du temps
- ✓ Pas de déplacement pour assister à la classe
- ✓ Plus confortable
- ✓ Coûts réduits
- ✓ Apprendre en travaillant

I.5 Inconvénients de l'éducation à distance

Cependant, les avantages de la formation à distance présentent de graves lacunes. Les voici :

- ✓ Aucune interaction avec les enseignants et les professeurs
- ✓ Manque de sérieux, concurrence et environnement d'apprentissage
- ✓ Pas tous les cours sont disponibles et peuvent être appris grâce à la formation à distance
- ✓ Format des cours ne convient pas à tout le monde
- ✓ Disponibilité Internet et abordabilité

I.6 Problématique

La technique des laboratoires à distance a vue lumière il y a longtemps et malgré l'avancement technologique ces techniques restent toujours trop coûteuses pour être utilisées pour des fins pédagogiques. D'autre part, les travaux pratiques dans le domaine de l'électronique demandent beaucoup de manipulations de la part de l'étudiant. Cet aspect doit être appliqué dans l'architecture qui sera utilisée pour le pilotage à distance.

Donc notre objectif consiste à modéliser et réaliser une architecture qui offre un accès à distance à des dispositifs de travaux pratique classique pour la manipulation, l'observation et l'intervention. Dans le même contexte cette architecture doit être flexible et reconfigurable pour prendre en charge des différents TP et leurs différentes manipulations, toute en utilisant des techniques qui se reposent sur des solutions open source pour éviter le cout et qu'elles seront utilisées librement dans des projets pédagogiques.

I.7 Conclusion

L'enseignement à distance présente donc un moyen facile et libre pour apprendre de nouveau connaissances ou prendre des formations sans se déplacer. Il y a des avantages et des inconvénients, mais le résultat final est que si vous voulez apprendre quelque chose de nouveau, vous pouvez suivre un cours à distance.

Chapitre 2

Architecture matérielle

II.1 Introduction

La révolution technologique de l'électronique embarquée et le mouvement open source du matériel ces dernières années est de plus en plus populaire dans le monde. Plusieurs plateformes ont fait apparaître pour pousser le développement de ces systèmes tel que Arduino, PcDuino, Raspberry Pi et Red-pitaya...etc.

L'apparition d'une variété de plateformes matérielles open source permet une diffusion rapide des connaissances, stimule l'innovation et accélère la conversion de l'idée à la réalisation.

Le choix de la plateforme appropriée dépend essentiellement des exigences du projet à réaliser. Notre choix s'est porté sur la Red-pitaya, car il est disponible au laboratoire et il répond parfaitement au cahier des charges en termes de performance, de coût et de ressources nécessaires pour la mise en œuvre du laboratoire distant.

Dans ce chapitre nous allons présenter la Red-pitaya et l'interface PEB (Practical Evaluation Board) ainsi que les différents circuits et composants utilisés en décrivant leurs principes de fonctionnement.

II.2 Principe de fonctionnement

Les travaux pratiques dans le domaine de l'électronique demandent beaucoup de manipulations de la part de l'étudiant qui doit réaliser des montages, visualiser des signaux, mesurer des grandeurs électriques...etc.

L'architecture matérielle du laboratoire distant devrait tenir compte cet aspect ainsi que toutes les manipulations prévues. Elle devrait être également flexible pour pouvoir s'adapter à plusieurs matières de l'électronique : électronique analogique, électromagnétisme, traitement de signal et électronique de puissance...).

L'architecture matérielle que nous proposons se compose principalement d'une interface matérielle principale de contrôle qui joue le rôle d'une interface homme-machine et fournit des moyens de commande et de lecture pour le TP à distance cette la Red-pitaya. Le deuxième composant matériel qui intervient dans notre conception est une matrice de commutation électronique à base de switches commandés numériquement qui sert comme intermédiaire entre l'interface de commande et la carte de TP. Le dernier composant est une interface d'évaluation des travaux pratiques PEB (Practical Evaluation Board) prévue pour chaque manipulation. La figure II.1 illustre l'architecture matérielle du laboratoire distant.

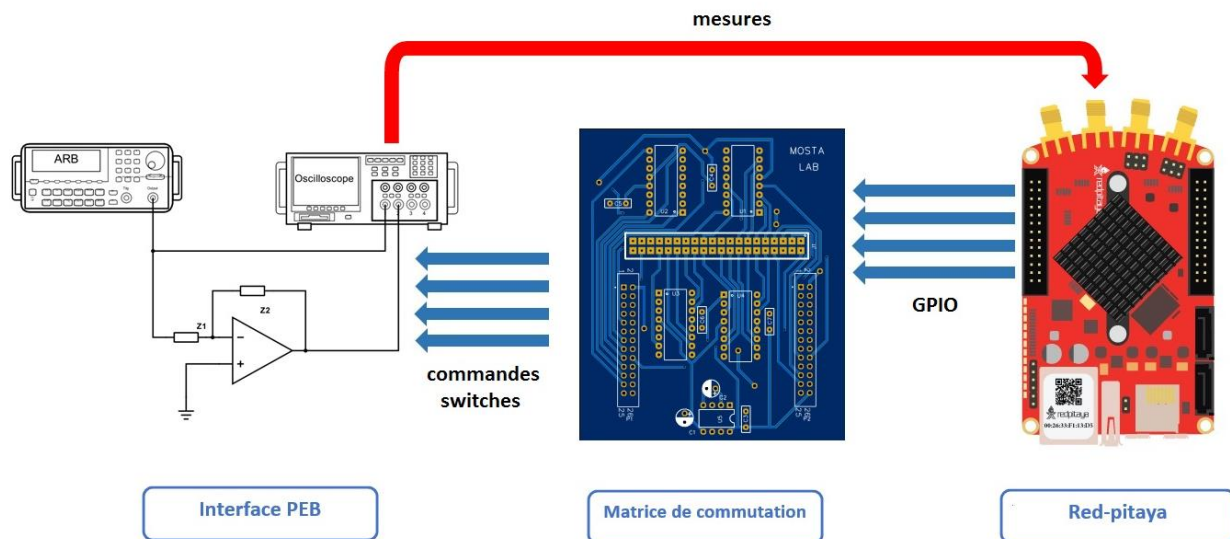


Figure II.1 : Principe de fonctionnement de TP à distance

II.3 L'interface de commande Red-Pitaya

Le contrôleur utilisé doit répondre parfaitement aux exigences du projet en termes de coût et des spécifications matérielles et logicielles. Les principaux critères sur lequel nous nous sommes basés pour choisir le contrôleur approprié sont :

- Le nombre des GPIO disponible pour commander les switchs numériques.
- Les interfaces de communications (ETHERNET, UART, SPI, I2C...).
- La compatibilité avec les technologies du web et la possibilité d'accueillir un serveur web embarqué.
- Les ressources matérielles telles que le CPU, RAM et le stockage.

II.3.1 Prise en contact avec Red-Pitaya

La Red Pitaya est une petite carte open source basée sur Linux pour le développement d'outils de mesure et de commande à l'aide d'applications trouvées sur Bazaar - le magasin de Red Pitaya. Ces applications incluent un oscilloscope, un analyseur de spectre, un générateur de fonctions et oscilloscope, un compteur LCR et des outils d'étalonnage.

II.3.2 Caractéristiques et composition de la Red-Pitaya

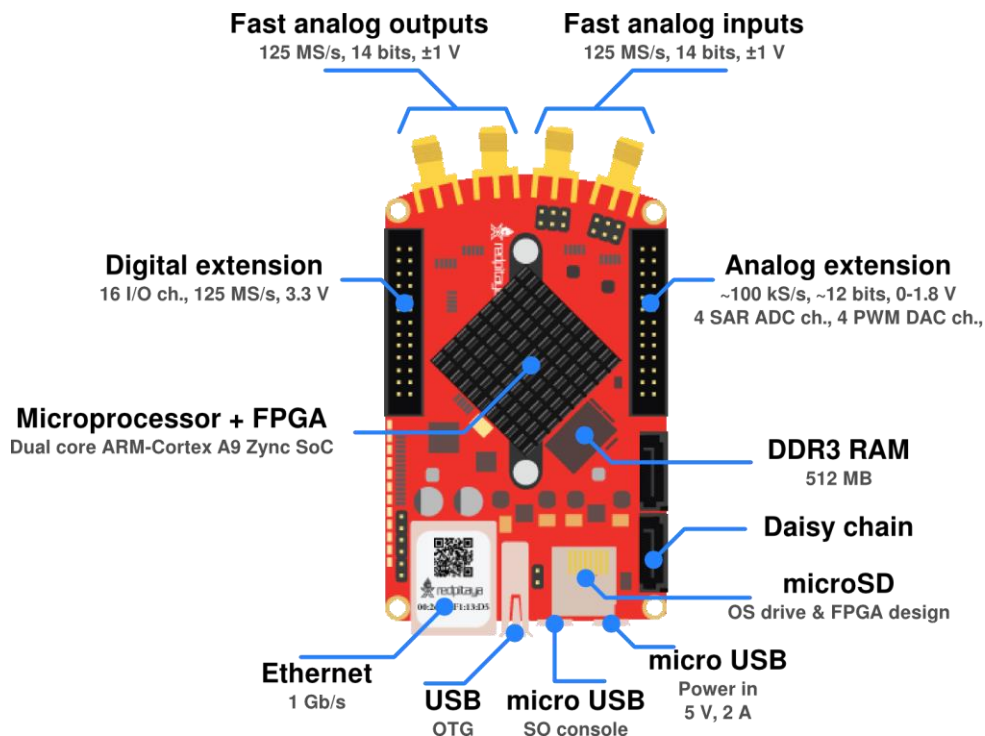


Figure II.2 : Composition de la Red-Pitaya

- ✓ Processeur ARM Cortex A9 + FPGA avec 16 GPIO
- ✓ Configuration flexible
- ✓ Linux open source
- ✓ Magasin d'applications "Bazaar"
- ✓ Accès Ethernet à distance
- ✓ Accès au réseau local ou sans fil depuis n'importe quel navigateur Web sur tablette ou PC
- ✓ Entrées/sorties analogiques rapides
- ✓ Couloir d'extension de signal numérique
- ✓ Port USB
- ✓ Micro-USB pour la console et l'alimentation
- ✓ Couloir d'extension de signal analogique
- ✓ RAM DDR3 512 Mo (4 Go)
- ✓ Connecteur en série
- ✓ Emplacement pour carte MicroSD
- ✓ Compatible avec Matlab et LabView
- ✓ Prototypage rapide et facile grâce à l'outil de programmation Visual

- ✓ Peut être utilisé comme kit de développement FPGA ou même comme radio SDR
- ✓ Compatible Windows, Linux et iOS

II.3.3 Connexion du Red-pitaya

1. 2 entrées analogiques rapides
2. 2 sorties analogiques rapides
3. 4 canaux auxiliaires d'entrée analogique
4. 4 canaux auxiliaires de sortie analogique
5. 16 connexions d'E/S numérique pour utilisation générale

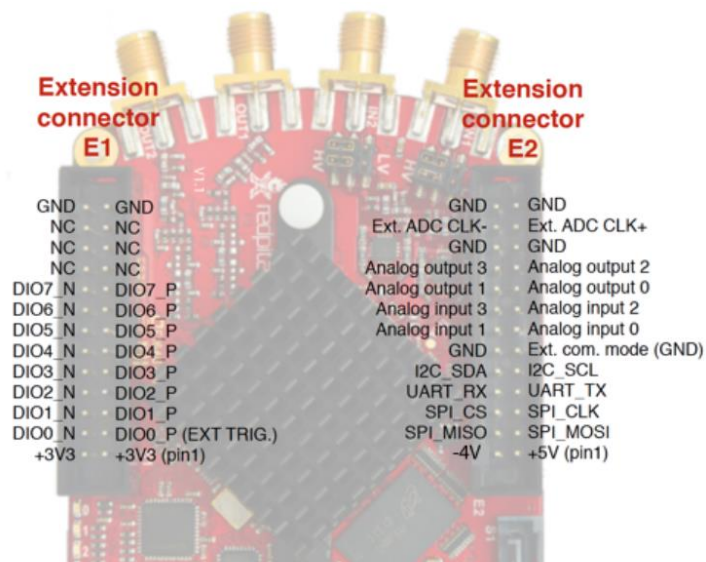


Figure II.3 : Connexion de la Red-Pitaya

6. Extension connecteur E1 :
 - 3v3 sources d'alimentation
 - 16 E/S numérique avec 3,3V niveau logique ou bien 8 différentielles

Pin	Description	Numéro	FPGA description	Tension
1	3V3			
2	3V3			
3	DIO0_P	G17	IO_L16P_T2_35 (EXT TRIG)	3.3V
4	DIO0_N	G18	IO_L16N_T2_35	3.3V
5	DIO1_P	H16	IO_L13P_T2_MRCC_35	3.3V
6	DIO1_N	H17	IO_L13N_T2_MRCC_35	3.3V
7	DIO2_P	J18	IO_L14P_T2_AD4P_SRCC_35	3.3V
8	DIO2_N	H18	IO_L14N_T2_AD4N_SRCC_35	3.3V
9	DIO3_P	K17	IO_L12P_T1_MRCC_35	3.3V
10	DIO3_N	K18	IO_L12N_T1_MRCC_35	3.3V
11	DIO4_P	L14	IO_L22P_T3_AD7P_35	3.3V
12	DIO4_N	L15	IO_L22N_T3_AD7N_35	3.3V
13	DIO5_P	L16	IO_L11P_T1_SRCC_35	3.3V
14	DIO5_N	L17	IO_L11N_T1_SRCC_35	3.3V
15	DIO6_P	K16	IO_L24P_T3_AD15P_35	3.3V
16	DIO6_N	J16	IO_L24N_T3_AD15N_35	3.3V
17	DIO7_P	M14	IO_L23P_T3_35	3.3V
18	DIO7_N	M15	IO_L23N_T3_35	3.3V
19	NC			
20	NC			
21	NC			
22	NC			
23	NC			
24	NC			
25	GND			
26	GND			

Tableau I.1 : Les fonctionnalités de l'extension E1.

7. Extension connecteur E2 :

- +5V & -3V3 source d'alimentation
- SPI, UART, I2C
- 4 convertisseurs analogique / numérique
- 4 convertisseurs numérique / analogique
- Extension d'horloge pour convertisseurs analogique / numérique rapide

Pin	Description	Numéro	FPGA description	Tension
1	+5V			
2	-3.4V (50mA) ¹			
3	SPI(MOSI)	E9	PS_MIO10_500	3.3V
4	SPI(MISO)	C6	PS_MIO11_500	3.3V
5	SPI(SCK)	D9	PS_MIO12_500	3.3V
6	SPI(CS#)	E8	PS_MIO13_500	3.3V
7	UART(TX)	C8	PS_MIO08	3.3V
8	UART(RX)	C5	PS_MIO09	3.3V
9	I2C(SCL)	B9	PS_MIO50_501	3.3V
10	I2C(SDA)	B13	PS_MIO51_501	3.3V
11	Ext com.mode			GND (default)
12	GND			
13	Analog Input 0			0-3.5V
14	Analog Input 1			0-3.5V
15	Analog Input 2			0-3.5V
16	Analog Input 3			0-3.5V
17	Analog Output 0			0-1.8V
18	Analog Output 1			0-1.8V
19	Analog Output 2			0-1.8V
20	Analog Output 3			0-1.8V
21	GND			
22	GND			
23	Ext Adc CLK+			LVDS
24	Ext Adc CLK-			LVDS
25	GND			
26	GND			

Tableau I.2 : Les fonctionnalités de l'extension E2.

II. 3.4 Les ports GPIO

Les ports GPIO (General Purpose Input/Output) référencés sur la Red-pitaya par les ports d'extension E1 et E2 mentionnés précédemment, sont des ports d'entrées-sorties très utilisés dans le monde des microcontrôleurs, en particulier dans le domaine de l'électronique embarquée, qui ont fait leur apparition aux débuts des années 1980¹. Elles

sont placées sur un circuit électronique afin de communiquer avec des composants électroniques et circuits externes. Il peut s'agir de détecteurs ou senseurs pour capter des données, ou encore de contrôler des commandes.

- Un connecteur GPIO peut être configuré pour jouer le rôle d'une entrée (réception d'un signal) ou d'une sortie (émission d'un signal). Lorsqu'il est configuré en tant que sortie, on peut écrire dans un registre interne afin de modifier l'état d'une sortie. Lorsqu'il est configuré en tant qu'entrée, on peut détecter son état en lisant le contenu d'un registre interne.
- Un connecteur GPIO ne peut traiter que des signaux numériques, 1 ou 0, une connexion sur un support analogique nécessitera un CAN/CNA.
- Les périphériques GPIO peuvent également produire des interruptions²⁰ et des événements d'accès direct à la mémoire (EDMA).
- Un connecteur GPIO est généralement alimenté en 3.3Vcc et ne peut émettre que des courants de faible intensité, allant de 3 mA à 50 mA.

Dans notre projet on se base sur les connecteurs GPIO pour connecter la Red-Pitaya à la matrice de commutation, cette dernière sert comme intermédiaire pour commander la carte de TP.

II.4 La matrice de commutation

La matrice de commutation que nous avons réalisée tient compte de toutes les configurations de manipulation prévues, elle est constituée de 16 switchs numériques commandés par les sorties GPIO du Red-pitaya. Chaque TP a une configuration des états des switchs bien particulière qui est appliquée directement sur la carte en ouvrant ou en fermant ces switchs.

Pour la conception de notre matrice de commutation, nous avons utilisé des switches numériques de types MAX4678 à la place des relais mécaniques pour la commodité, la fiabilité et leur petite taille par rapport aux relais mécaniques.

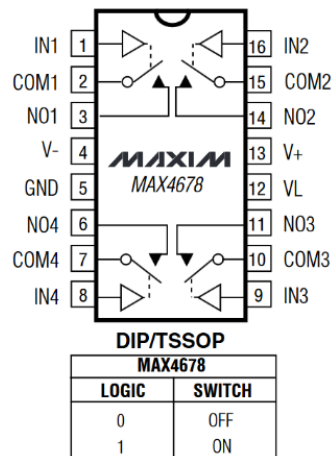


Figure II.4 : Le switch numérique Max4678

Ces commutateurs conviennent parfaitement aux applications à faible distorsion et constituent la solution privilégiée par rapport aux relais mécaniques des équipements de test automatisés. Ils nécessitent peu de puissance, requièrent moins d'espace sur la carte et sont plus fiables que les relais mécaniques.

Le MAX4678 dispose de quatre commutateurs normalement ouverts (NO) et de fonctionnalités garantissant une commutation sans coupure. Les MAX4678 fonctionnent avec des alimentations simples + 2,7V à + 11V ou doubles $\pm 2,7V$ à $\pm 5,5V$, ce qui les rend idéales pour une utilisation dans les applications de cartes numériques. Ces appareils disposent d'une entrée d'alimentation logique séparée qui fonctionne de + 2,7 V à V +, permettant des alimentations logiques et analogiques indépendantes.

II.5 L'interface PEB

II. 5.1 Définition

L'interface PEB de notre projet représente les cartes des TP à effectuer, elle est reliée à la plateforme EFHI par une nappe standard de 40 lignes ce qui permet de changer la carte facilement.

Cette interface est un support pour les composants de TP (résistances, capacités, inductances, diode,) qui sont reliés directement aux switches de la matrice de commutation.

II. 5.2 Le potentiomètre numérique

Un potentiomètre numérique est un composant actif qui simule le comportement d'un potentiomètre analogique, mais à la différence de ce dernier, on ne fait pas varier sa résistance mécaniquement en le tournant (ou en le glissant). Il varie sa résistance par programmation en fonction d'une valeur numérique (souvent un octet) qu'il reçoit.

Le potentiomètre numérique que nous utiliserons dans notre projet est le MCP4231 de Microchip. Ce type de potentiomètre est un circuit intégré à 14 broches qui contient 2 potentiomètres sur le même boîtier qui sont séparés et indépendants les uns de l'autres. Son brochage est présenté en annexe 2. La résistance du potentiomètre numérique est déterminée par une commande numérique envoyée à partir d'un contrôleur. En connectant ce circuit au PcDuino et grâce au programme que nous avons écrit, nous serons alors en mesure de modifier la sortie de la résistance aux bornes de wiper-lock du potentiomètre. L'échelle de résistances est l'élément clé d'un potentiomètre numérique, Elle est sous forme d'une série de résistances de valeur égale connectées en série. Dès la mise sous tension, certains potentiomètres numériques vont tout simplement affecter la position du wiper au milieu de l'échelle, ou à quelques autres points définis dans la fiche technique. Le circuit MCP4231 a une résolution de 7 bits et qui incorpore une RAM.

Les circuits MCP sont désignés comme suit :

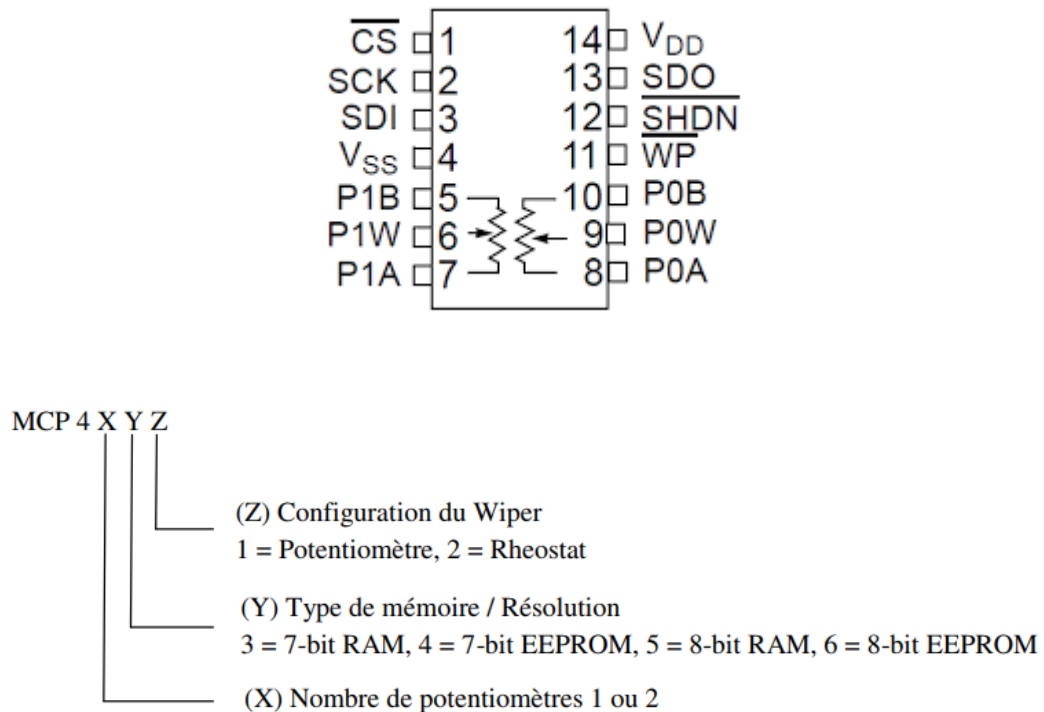


Figure II.5 : Désignation des circuits MCP

La valeur du potentiomètre est contrôlée par l'écriture dans son registre de commande à 7 bits via l'interface SPI, ce qui nous donne une résolution de 128 pas (0-127). Ces potentiomètres ne peuvent être réglés que par incréments de 1/127ème de leur résistance totale.

II. 5.3 Exemples de TP à réaliser

a. Amplificateur inverseur :

L'étudiant peut modifier la valeur de Z1 et Z2 à l'aide des boutons ainsi que la tension d'alimentation et mesurer la sortie de l'amplificateur à l'aide de l'oscilloscope.

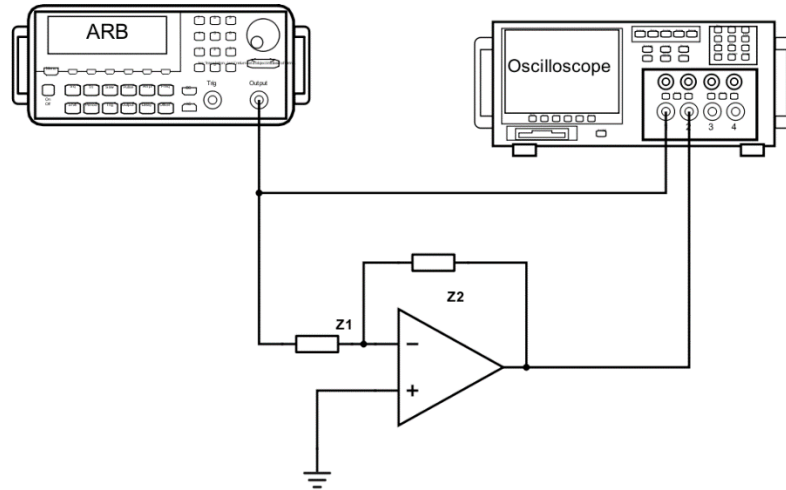


Figure II.6 : Montage d'amplificateur inverseur

b. Filtre passe bas :

Ce TP permet de démontrer la fonction de filtrage de basses fréquences, la fréquence de seuil est contrôlée par les valeurs de Z1 et Z2.

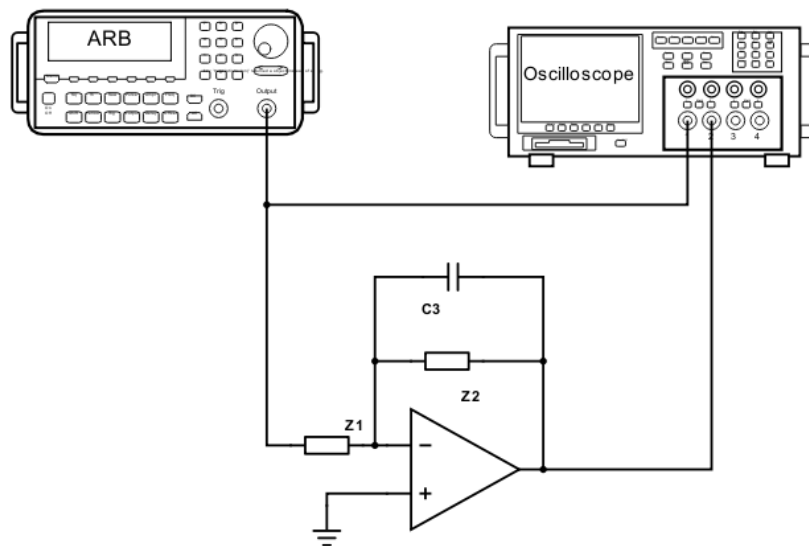


Figure II.5 : Montage d'un filtre passe bas

Chapitre 3

Architecture logiciel

III.1 Introduction

Le développement des technologies web et l'émergence des plateformes logicielles flexibles et open source comme node.js nous a incité à introduire ces dernières dans l'architecture du laboratoire distant pour répondre aux besoins de flexibilité tout en assurant le faible coût de développement et l'accessibilité à distance adaptée aux connexions à faible débit.

En effet, la plupart des laboratoires actuels utilisent un logiciel propriétaire comme Labview et un matériel coûteux (un serveur) pour les mettre en œuvre. Nous utilisons pour notre part uniquement des logiciels open source.

Le principal développement pour la partie logicielle concerne la mise en place du serveur web et le script de l'interface web pour la manipulation des TP.

Dans ce chapitre nous allons décrire l'architecture logicielle ainsi que les technologies web utilisées pour la mise à distance des travaux pratiques via Internet.

III.2 Application client léger

III.2.1 Définition

C'est une application installée sur un serveur Web et les utilisateurs n'ont besoin que d'un navigateur internet pour pouvoir accéder à l'ensemble des services. Le traitement métier des données est donc centralisé. Il se fait au niveau du serveur web qui prendra en charge la communication avec la base de données pour répondre aux besoins de tous les utilisateurs.

L'autre choix pour développer une application informatique c'est le client lourd :

C'est un logiciel installé sur les ordinateurs des utilisateurs. Le traitement métier des données se fait au niveau de la machine de l'utilisateur qui prend en charge la communication avec la base de données.

Dans une application web dynamique (contrairement au statique les données et l’affichage se mettent à jour automatiquement) on trouve deux cotés logiciels, celui du côté client où se trouve la page web envoyée au client et qui contient les informations demandées, et on trouve aussi les fonctions et les instructions côté serveur, cette partie d’instruction est transparente pour le client et responsable de la génération et la mise à jour dynamique de données.

III.2.2 Avantages de client léger

Un client léger communique avec un serveur central de traitement. Du coup, l’utilisateur final n’a besoin que d’un navigateur internet pour accéder aux services de son application. Cela permet aux systèmes des utilisateurs finaux d’être gérés de manière centralisée et avec des logiciels déployés sur un seul serveur central, par opposition au client lourd qui nécessite l’installation du logiciel sur chaque poste utilisateur.

Les clients légers sont vraiment mieux adaptés aux environnements dans lesquels les mêmes informations vont être accessibles par les clients, ce qui présente en fait une meilleure solution pour les environnements multiutilisateurs. Pour cette raison, les clients légers sont souvent déployés dans des environnements où l’installation de logiciels est centralisée. Cela facilite le déploiement et la maintenance.

Pour maintenir un client lourd, il est nécessaire de maintenir tous les postes utilisateurs pour le déploiement et les mises à niveau des logiciels, plutôt que de simplement maintenir les applications une seule fois sur un seul serveur centrale. En outre, les clients lourds nécessitent souvent l’exploitation des applications spécifiques, encore une fois imposant plus de travail et de limitations pour le déploiement

III.3 Programmation côté serveur

III .3.1 Langage côté serveur

Un langage serveur, ou plus précisément un langage de script côté serveur (de l’anglais : server-side scripting) est un langage de programmation mis en œuvre sur un serveur

HTTP pour produire une page Web dynamique. L'utilisation d'un langage serveur, nécessaire pour utiliser une base de données, est indispensable pour la majorité des scripts complexes.

Un langage serveur est interprété par un logiciel situé sur un serveur, contrairement à la partie client, interprétée sur l'ordinateur du visiteur.

L'avantage d'un langage serveur est qu'il permet d'adapter le site à l'utilisateur d'après ses besoins, ses autorisations ou d'autres informations provenant d'une base de données, tout cela sans nécessiter le support d'une technologie supplémentaire par le client

Les langages serveur sont nombreux. En voici quelques exemples :

- PHP
- Java
- Python
- Ruby
- C#
- JavaScript

III. 3.2 Programmation serveur avec Node.js

a- **Langage** : le langage utilisé pour programmer le cerveau du côté serveur de notre projet (La Red-Pitaya) est le JavaScript.

b- **Outils** : l'outil principal utilisé dans cette programmation est la plateforme Node.js.

c- **Définition** :

Node.js est une plate-forme basée sur le moteur d'exécution JavaScript de Chrome permettant de créer facilement des applications réseau rapides et évolutives. Node.js utilise un modèle d'E / S non bloquant, basé sur les événements, qui le rend léger et efficace, idéal pour les applications temps réel gourmandes en données exécutées sur des périphériques distribués.

Node.js est un environnement d'exécution multi plateforme open source permettant de développer des applications réseau et côté serveur. Les applications Node.js sont écrites en JavaScript et peuvent être exécutées dans l'exécution de Node.js sous OS X, Microsoft Windows et Linux. Node.js fournit également une riche bibliothèque de divers modules JavaScript, ce qui simplifie grandement le développement d'applications.

d- Pourquoi utiliser Node.js ?

Voici quelques-unes des fonctionnalités importantes qui font de Node.js le premier choix des architectes de logiciels.

- ✓ Asynchrone et événementielle : c'est-à-dire non bloquantes.
- ✓ Très rapide en exécution
- ✓ Pas de mise en mémoire tampon : ce qui le rend parfait pour les systèmes embarqués
- ✓ Licence - Node.js est publié sous licence MIT. Idéal pour les produits pédagogiques

e- Où utiliser Node.js ?

Vous trouverez ci-dessous les domaines dans lesquels Node.js s'est révélé un partenaire technologique idéal.

- ✓ Applications liées E / S
- ✓ Applications de streaming de données
- ✓ Données en temps réel intensives (DIRT)
- ✓ Applications basées sur les API JSON
- ✓ Applications à page unique

Donc, on peut facilement remarquer que Node.js sera un outil très performant pour le développement des applications d'entrée / sortie rapides qui fonctionnent sous réseau et qui se basent un système embarqué, le cas de notre projet.

III.4 Programmation coté client

III.4.1 application web

Une application web est destinée pour être traitée et affichée dans un navigateur web à travers un accès réseau en utilisant un nom de domaine ou bien directement l'adresse IP du serveur. Elle se compose principalement de trois éléments suivants :

a. HTML

Le langage HTML (HyperText Markup Language) C'est un langage permettant d'écrire de l'hypertexte, d'où son nom. HTML permet également de structurer sémantiquement et logiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images, des formulaires de saisie et des programmes informatiques. Il permet de créer des documents interopérables avec des équipements très variés de manière conforme aux exigences de l'accessibilité du web. Il est souvent utilisé conjointement avec le langage de programmation JavaScript et des feuilles de style en cascade (CSS).

Pour créer une page web il suffit de créer un fichier portant le suffixe .html et de l'ouvrir dans un navigateur web.

b. CSS

Les feuilles de styles en cascade (CSS, pour Cascading Style Sheets) décrivent l'apparence des divers éléments d'une page web par le biais de couples propriété / valeur. Étant distinctes du code de la page (HTML ou XML), elles constituent un moyen pour séparer structure et mise en page d'un site web.

Bien que l'HTML puisse être mis en forme à l'aide de balises prévus à cet effet, de nos jours il est plus judicieux d'utiliser le CSS et de n'utiliser le XHTML que pour le contenu.

L'avantage de l'utilisation d'un fichier CSS pour la mise en forme d'un site réside dans la possibilité de modifier tous les titres du site en une seule fois en modifiant une

seule partie du fichier CSS. Sans ce fichier CSS, il serait nécessaire de modifier chaque titre de chaque page du site (difficilement envisageable pour les énormes sites de plusieurs milliers de pages).

c. JAVASCRIPT

JavaScript est un langage de programmation qui permet d'implémenter des mécanismes complexes sur une page web. À chaque fois qu'une page web fait plus que simplement afficher du contenu statique — afficher du contenu mis à jour à des temps déterminés, des cartes interactives, des animations 2D/3D, des menus vidéo défilants, etc...

JavaScript a de bonnes chances d'être impliqué. C'est la troisième couche des technologies standards du web, les deux premières (HTML et CSS) étant couvertes bien plus en détail dans d'autres parties de la Learning Area.

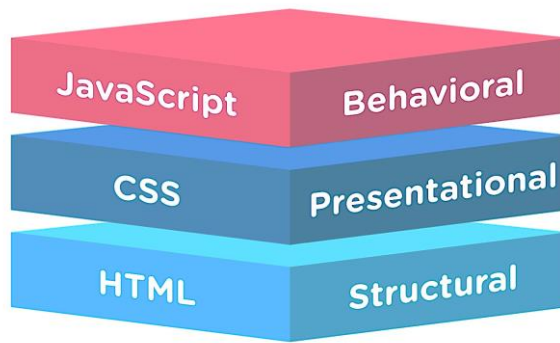


Figure III.1 : structure d'une page web

Tandis que le HTML et le CSS sont des langages de structuration utilisés principalement et uniquement pour la présentation et l'affichage des différents éléments d'un page web, le JAVASCRIPT est un langage exécutable, composé de variables, fonctions et instructions pour être exécuté sur le navigateur web.

III.4.2 Principe de fonctionnement d'une application web

Une fois que l'utilisateur envoie une requête au serveur pour demander la page web, la séquence des opérations est la suivante :

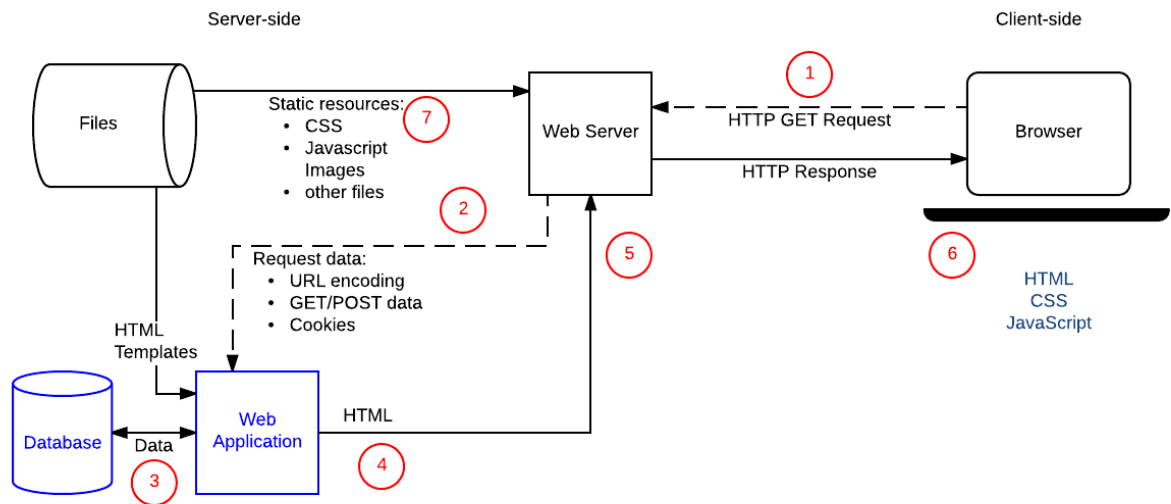


Figure III.2 : principe de fonctionnement d'une application web

1. Le navigateur Web crée une requête HTTP GET au serveur en utilisant l'URL de base de la ressource (/ le_dossier_de_l_application).
2. Le serveur Web détecte que la demande et la transmet à l'application Web pour traitement (le serveur Web détermine comment gérer différentes URL en fonction des règles de correspondance de modèle définies dans sa configuration).
3. L'application Web identifie l'objectif de la demande d'obtenir "dans notre cas" la lecture des mesures de voltage et d'ampérage a partie d'un autre programme de communication avec l'oscilloscope défini en détail dans la partie suivante. L'application Web obtient alors les informations requises de la base de données (en utilisant des paramètres "internes").

Le terme base de données est utilisé dans le cas générale pour la source de données, dans notre cas ça sera un simple fichier contiens les valeurs lues à partir de l'oscilloscope.

4. L'application Web crée dynamiquement une page HTML en plaçant les données (de la base de données) dans des espaces réservés dans un modèle HTML.
5. L'application Web renvoie le code HTML généré au navigateur Web (via le serveur Web), ainsi qu'un code d'état HTTP de 200 ("succès"). Si quelque chose empêche le code HTML d'être renvoyé, l'application Web renvoie un autre code - par exemple, "404" pour indiquer que l'équipe n'existe pas.
6. Le navigateur Web commence alors à traiter le code HTML renvoyé, en envoyant des demandes distinctes pour obtenir tous les autres fichiers CSS ou JavaScript qu'il référence.
7. Le serveur Web charge les fichiers statiques à partir du système de fichiers et les renvoie directement au navigateur.

III.5 Conclusion

La partie logicielle représente la partie la plus importante qui constitue notre travail, ce chapitre a été consacré à la description de la conception de l'architecture logicielle de notre laboratoire distant dédié aux travaux pratiques d'électronique.

Cette architecture présente plusieurs avantages :

- ✓ Faible coût de développement grâce à l'utilisation de serveur sur la carte de type Red-pitaya et de logiciels open source.
- ✓ Implémentation facile.

Chapitre 4

Réalisation pratique

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre de mon travail consiste la réalisation des circuits des cinq cartes, la matrice de commutation et les quatre cartes des TP qui sont commander directement par la Red-pitaya.

La première étape c'est la conception du typon puis la réalisation. La réalisation matérielle est suivie par l'implémentation des algorithmes pour pouvoir commander la matrice de commutation et aussi commander les autre TP à distance.

Dans ce chapitre, nous présentons l'implémentation logicielle du laboratoire distant ainsi que la réalisation matérielle des différents circuits.

IV.2 Pilotage des switches numériques

Pour commander les switchs numériques de la matrice de commutations qui sont connectés aux sorties numériques du redpitaya, nous avons développé un script crée en JavaScript et exécuté par node.js qui permet de changer l'état des GPIO de ce mini-ordinateur pour configurer le circuit PEB.

IV.3 Programmation du potentiomètre numérique MCP4231

Le MCP4261 est un potentiomètre numérique programmable contrôlé via l'interface SPI.

Caractéristiques supplémentaires

- 8 bits : 256 résistances avec prises vers VSS et VDD

- Interface compatible SPI
- Rappel automatique des réglages d'essuie-glace du potentiomètre
- Valeurs de résistance : 5k Ω , 10k Ω , 50k Ω , 100k Ω
- Basse température :
 - Absolu (rhéostat): <100 ppm (typ.)
 - Ratiométrique (potentiomètre): <10 ppm (typ.)
- Résistance d'essuie-glace faible: 100 Ω (typ.)
- Fonctionnement à faible consommation : Courant statique maximal de 1 μ A
- Large tension de fonctionnement : 2,7V à 5,5V
- Plage de température étendue : -40 ° C à + 125 ° C

Pour commander ce type de potentiomètre numérique par la redpitaya, nous avons utilisé le langage de programmation Python qui dispose une bibliothèque prête à utiliser appelée SPIDEV.

Pour contrôler le MCP4231, nous devons tout d'abord installer l'environnement de développement intégré pour le langage Python et la bibliothèque SpiDev.

Créer un script puis importer les modules nécessaires (annexe5) :

- SpiDev : permet d'utiliser l'interface SPI.
- Time : gérer le temps.
- Sys : permet un accès direct aux arguments de la ligne de commande.

Après avoir importé les modules nécessaires, nous créons un objet SPI puis nous l'activons et nous configurons les autres paramètres comme CS et nombre de bits et la vitesse à chaque transfert de données.

Sélectionner le mode transmission SPI: le potentiomètre que nous avons utilisé fonctionne en mode SPI 00 ou 11.

- ✓ spi.mode = 0b00
- ✓ spi.mode = 0b11

Pour modifier les valeurs de la résistance nous utilisons la fonction `xfer2([@pot,valeur])`.

Les principales fonctions utilisées de la bibliothèque SpiDev sont présentées par le tableau ci-dessous :

<code>spi = spidev.SpiDev()</code>	Création d'un objet spi
<code>spi.open(bus, device)</code>	Activer SPI (0 ou 1) Device est l'état du CS (0 ou 1)
<code>spi.max_speed_hz = 100000</code>	Vitesse de transfert en Hz
<code>spi.cshigh = False</code>	Indiquer si CS est actif à l'état haut (généralement CS est actif à l'état bas)
<code>spi.bits_per_word = 8</code>	Nombre de bits par transfert (généralement 8)
<code>spi.mode = 0b00</code>	Mode 0 de transmission SPI
<code>xfer2([@pot, valeur])</code>	Echange des données entre le PcDuino et le potentiomètre en fournissant son adresse et la valeur de résistance
<code>spi.close()</code>	Désactiver l'interface spi

Tableau IV.1: Les fonctions de la bibliothèque SpiDev.

Le contrôle du MCP4261 qui contient deux potentiomètres dans le même boîtier se fait par la commande suivante :

- Python `script_pot.py valeur1 valeur 2`

IV.4 Conception du typon

Pour la conception du typon on a travaillé avec logiciel easyeda.

EasyEDA est une suite d'outils Web EDA qui permet aux ingénieurs en matériel de concevoir, simuler, partager - publiquement et en privé - et de discuter de schémas, de simulations et de cartes de circuits imprimés. Les autres fonctionnalités incluent la création

d'une nomenclature, de fichiers Gerber et Pick and Place et de sorties documentaires aux formats PDF, PNG et SVG.

Ou on utilise le logiciel proteus 8.6 produit par la société LABCENTER ELECTRONICS.

Initialement les circuits sont réalisés sur ISIS Proteus pour dessiner le schéma électrique, dans cette étape nous devons prendre en considération le type, l'emplacement et les packages correspondant aux composants utilisés. Puis nous avons utilisé ARE PROTEUS pour simuler les connexions de tous les composants implantés sur nos cartes. Les résultats sont illustrés par les figures suivantes :

- La matrice de commutation

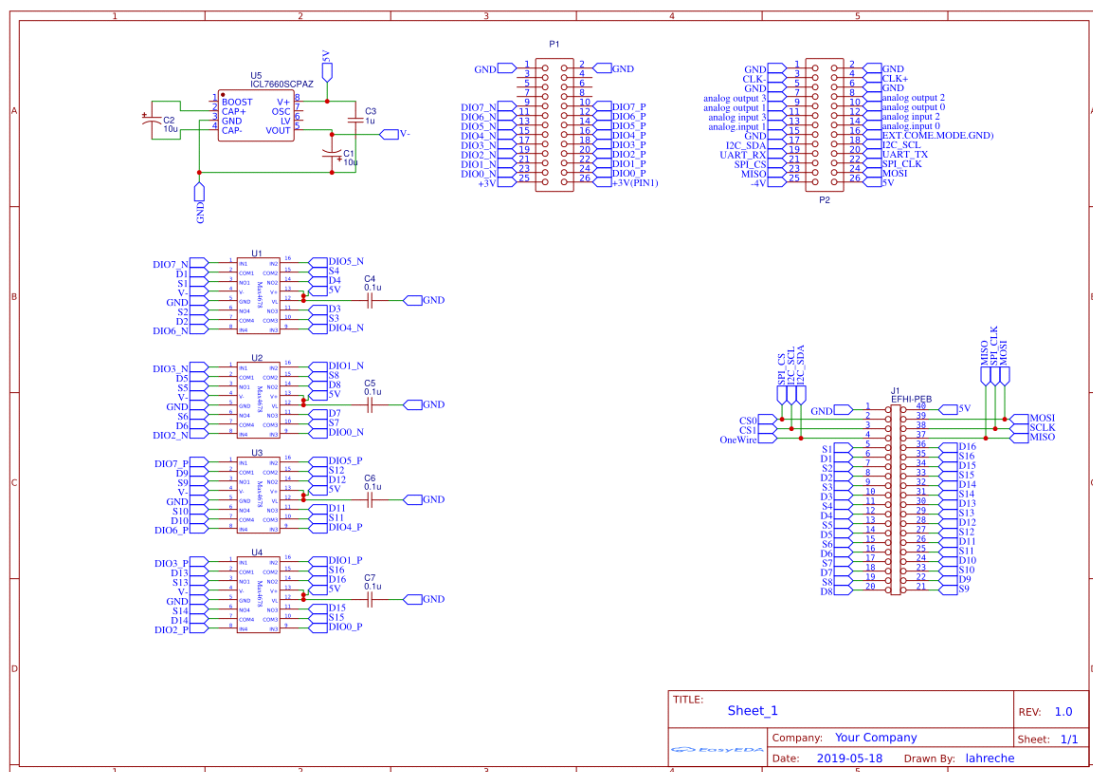


Figure IV.1 : Schéma électronique de la matrice de commutation

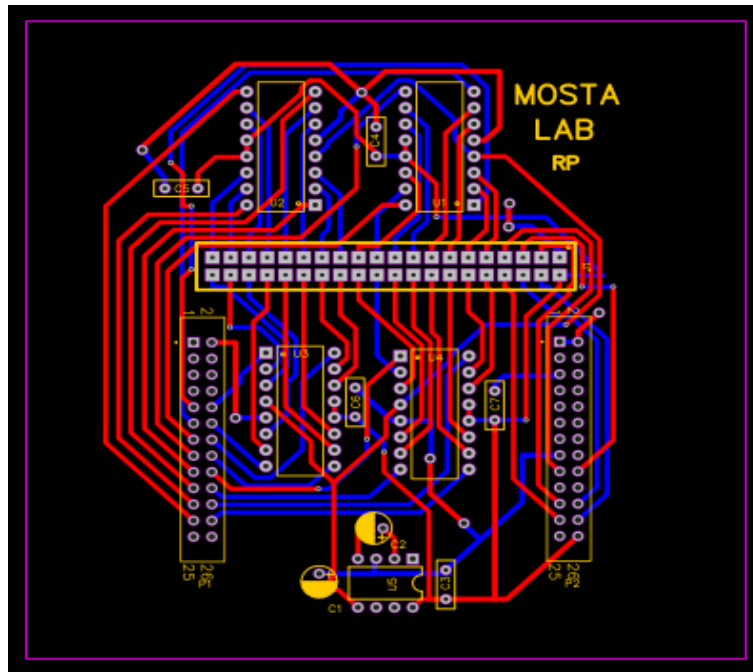


Figure IV.2 : Schéma du PCB de la matrice de commutation généré par EASYEDA

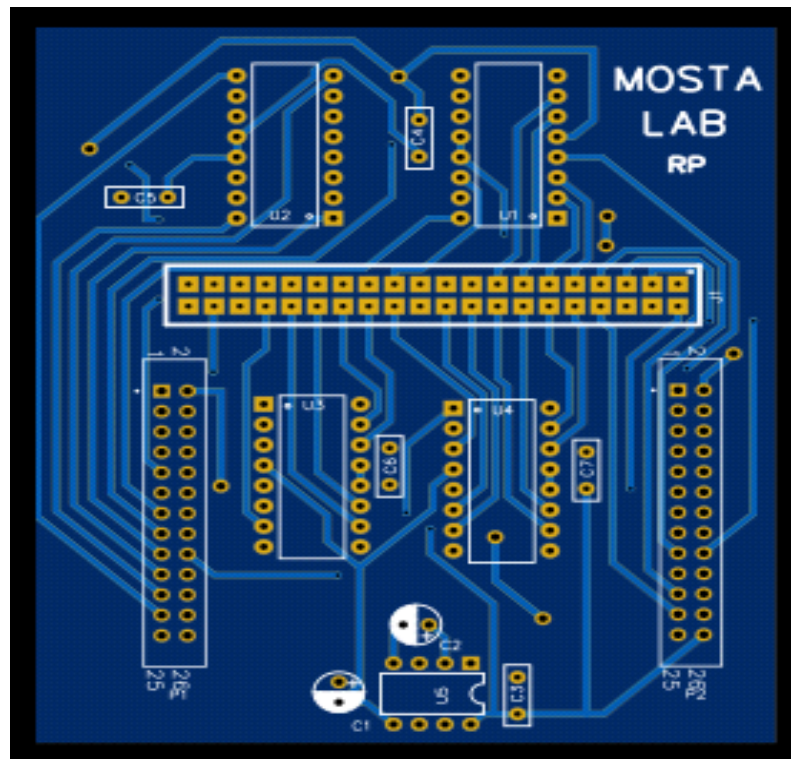


Figure IV.3 : photo de matrice de commutation par EASYEDA

IV.5 Carte de TP 1

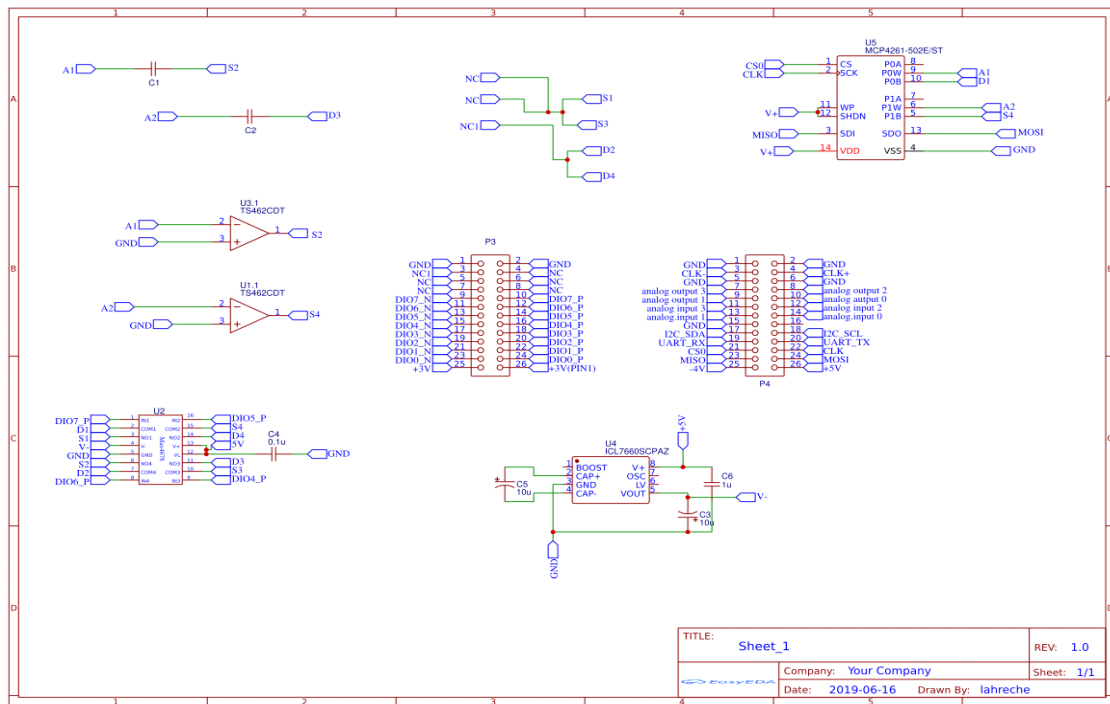


Figure IV.4 : Schéma électrique de la carte de TP 1 sur EASYEDA

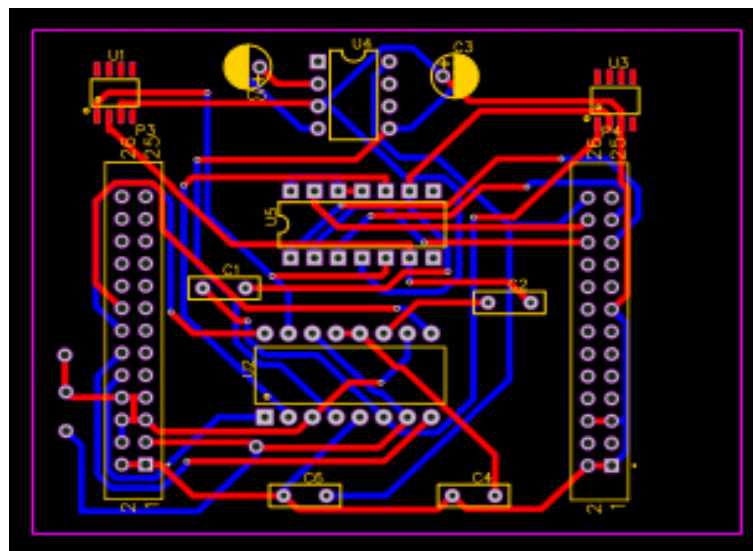


Figure IV.5 : Schéma du PCB de la carte de TP 1 généré par EASYEDA

IV.6 Carte de TP 2

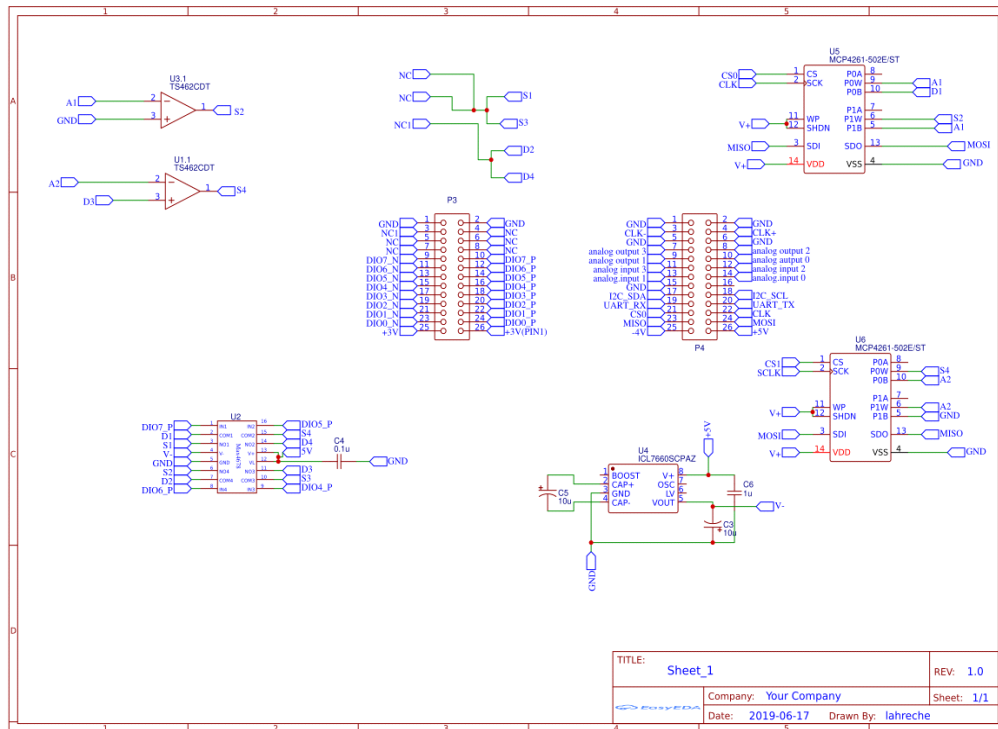


Figure IV.6 : Schéma électrique de la carte de TP 2 sur EASYEDA

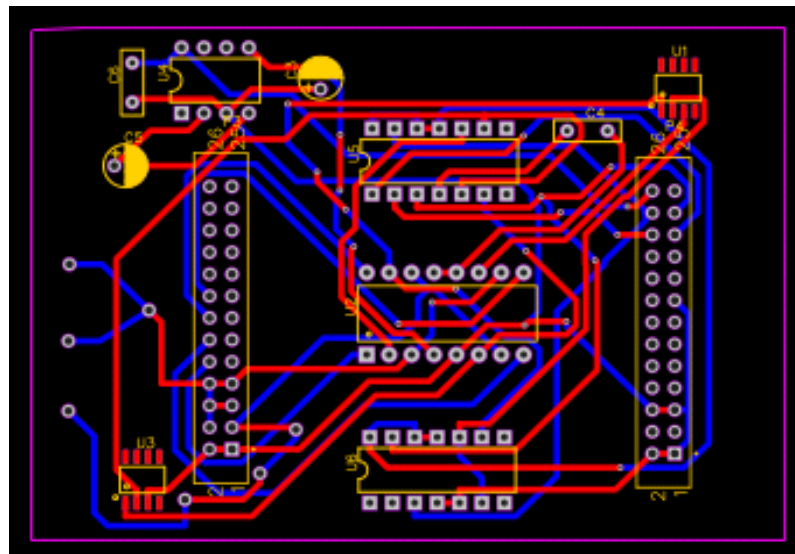


Figure IV.7: Schéma du PCB de la carte de TP 2 généré par EASYEDA

IV.7 Carte de TP 3

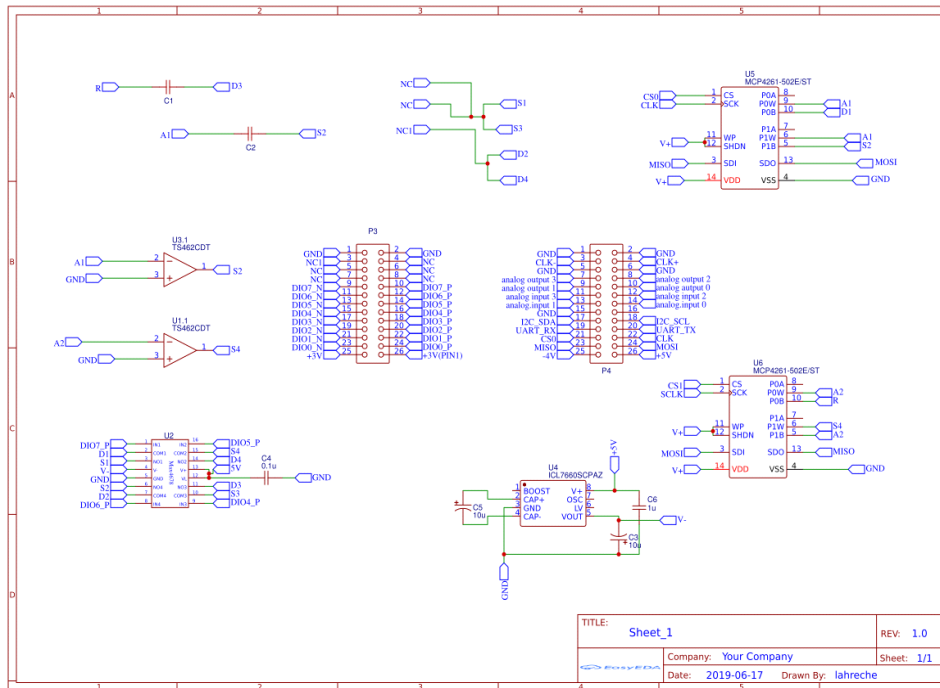


Figure IV.8 : Schéma électrique de la carte de TP 3 sur EASYEDA

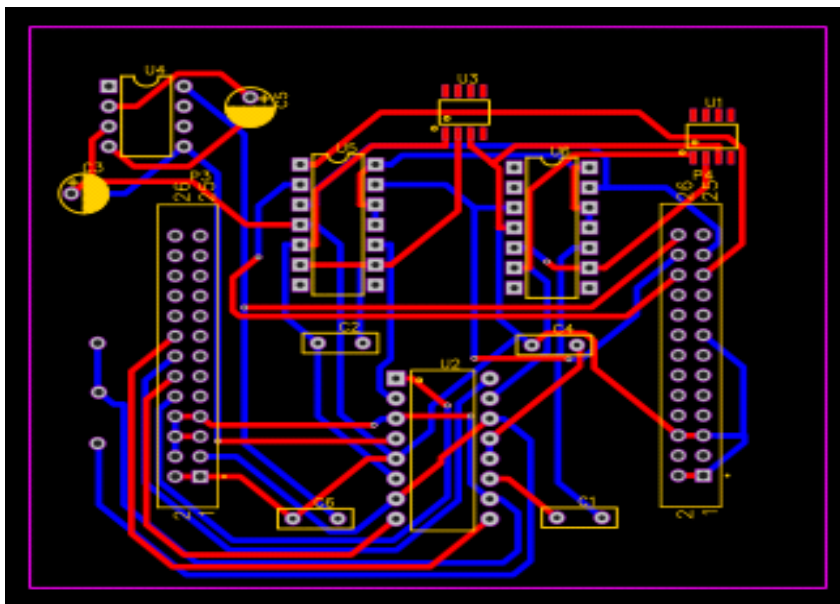


Figure IV.9 : Schéma du PCB de la carte de TP 3 généré par EASYEDA

IV.8 Carte de TP 4

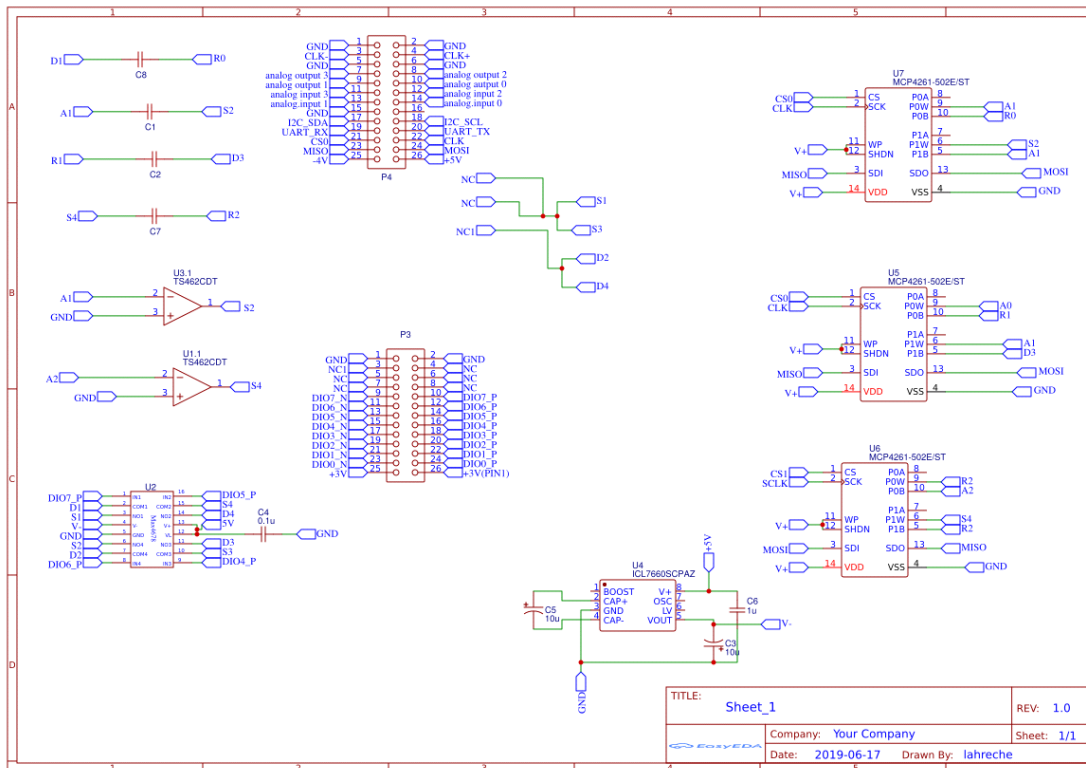


Figure IV.10 : Schéma électrique de la carte de TP 4 sur EASYEDA

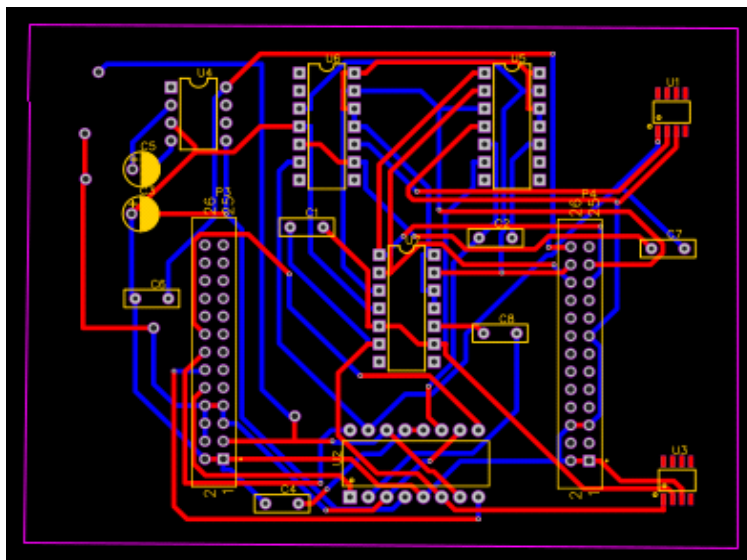


Figure IV.11 : Schéma du PCB de la carte de TP 3 généré par EASYEDA

IV.9 Réalisation des Circuits

Pour la réalisation finale des circuits on a utilisé deux méthodes, la première est la méthode chimique que nous avons l'habitude de l'utiliser, Les procédures de réalisation du PCB avec cette méthode sont présentées ci-dessous :

1. Impression du typon sur un transparent d'acétate.
2. Faire la superposition du typon sur la plaque photosensible et tracer le trait de coupe, puis la découper à l'aide de la scie à métaux selon les dimensions du CI.
3. Retirer le film protecteur de la plaque époxy et scotcher le typon sur la plaque.
4. Insolation de la résine photosensible à l'aide du rayonnement ultraviolet (UV) pour bruler la résine photosensible à l'UV (Temps d'insolation 3mn).
5. Plonger la plaque dans le révélateur (NaOH) et remuer pendant 30s, ça permet d'éliminer la couche de résine des zones exposées à l'UV.
6. Rincer la plaque à l'eau sans frotter à fin d'éliminer le révélateur restant sur la plaque avant la gravure.
7. Placez la plaque dans la graveuse pendant 20 min. cela permet d'éliminer le film de cuivre exposé à l'UV sauf sur les pistes tracées sur le typon, puis rincer pour éliminer le perchloreure de fer restant.



(a) Insolation



(b) Révélation



(c) Gravure

Figure IV.12 : Les étapes principales de la réalisation du circuit avec la méthode chimique.

La deuxième méthode consiste à utiliser la machine CNC à forêt qui est disponible au laboratoire. Pour réaliser le circuit par la CNC il faut exporter un fichier sous format Gerber à partir du schéma PCB réalisé sur EASYEDA . Ce fichier est interprété par le logiciel (IsoCam) de la machine CNC à forêt.

Après avoir importé le fichier Gerber qui correspond au schéma du circuit à réaliser dans IsoCam, nous utilisons "Create milling data" pour générer le fichier PLT compréhensible par la machine. Puis nous passons à un autre logiciel qui s'appelle RoutePro3000, ce dernier permet d'exécuter le fichier PLT et lancer la gravure du circuit imprimé.

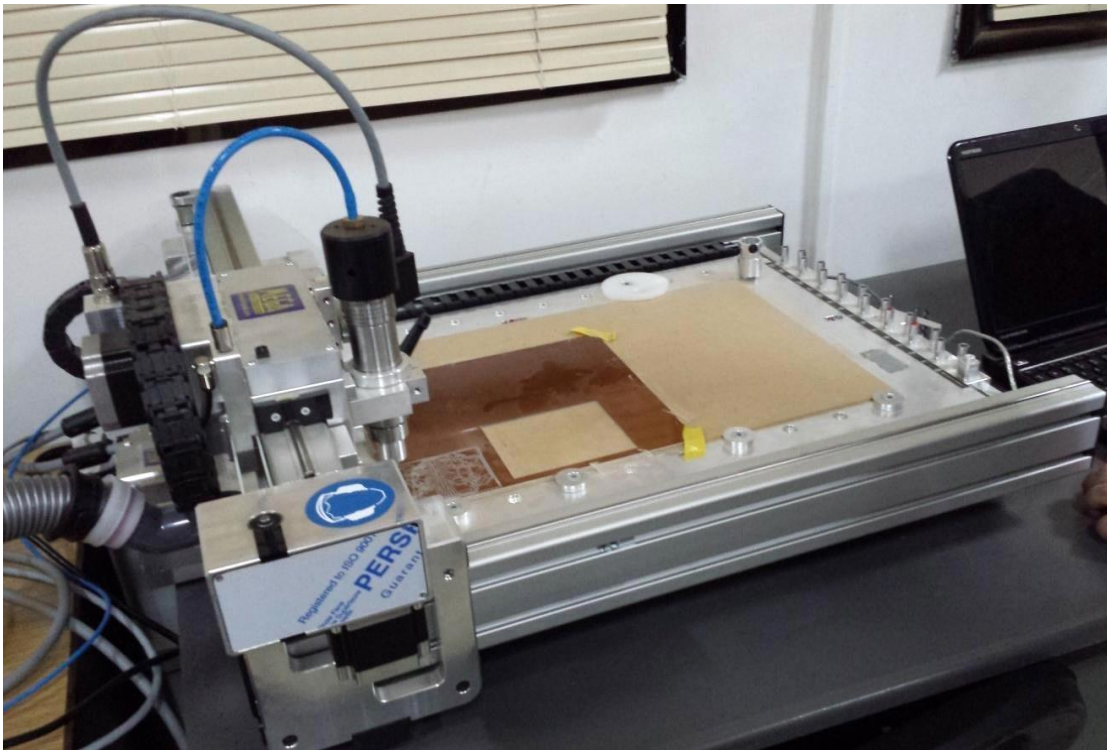


Figure IV.13 : Réalisation du circuit par la machine CNC.

Figure IV.14 : Circuit final de la matrice de commutation.

IV.10 Manipulation à distance des travaux pratiques

La réalisation des travaux pratiques à distance se fait à travers l'interface web développée en html/css/javascript qui se connecte d'une manière transparente au serveur node.js implémenté sur Redpitaya via des requêtes AJAX en spécifiant son adresse IP. Les travaux pratiques représentés par l'interface web sont conçus spécialement pour des cartes PEB bien particulières.

L'utilisateur sélectionne la manipulation à réaliser parmi les TP disponibles. En arrière-plan, des requêtes http sont envoyées au serveur qui va les interpréter et les traduire en commandes. Ces derniers sont transformés en instructions sur les sorties numériques Redpitaya.

Chaque TP dispose une configuration des états des switches bien particulière, ainsi que des valeurs de potentiomètres permettant de réaliser la manipulation désirée. Ces paramètres sont appliqués directement sur les GPIO du Redpitaya. Ils sont mis à l'état haut ou à l'état bas pour piloter les switches numériques de la matrice de commutation et quant à la résistance du potentiomètre peut être modifiée via l'interface SPI.

Conclusion générale

Une offre de formation à distance qui se veut souple et complète doit inclure des situations d'apprentissage de type travaux pratiques en particulier pour les dispositifs de formation scientifiques et techniques. Les télé-TPs sont une alternative très intéressante aux TP classiques grâce au gain économique réalisé et l'ouverture à des publics qui n'avaient pas accès à un matériel technologique sophistiqué pour ce genre de situation d'apprentissage. En plus un TP est l'occasion par excellence pour des échanges intenses entre apprenants et tuteurs favorisant les conflits sociocognitifs et donc facilitant l'apprentissage individuel à travers les interactions sociales.

Cependant les télé-TPs peuvent poser des problèmes aussi bien techniques/technologiques que pédagogiques, liés à la détérioration de la qualité de la perception et de la manipulation causés par l'effet de la distance et le manque de maîtrise technique de l'accès à distance aux laboratoires. La clé de la réussite d'un environnement de télé-TP reste la recherche et le développement des interfaces homme-machine spécifiques centrés utilisateurs, réalisées en collaboration avec les futurs utilisateurs du système (enseignants et/ou apprenants) et respectant les spécificités du domaine d'apprentissage. Ce développement doit inclure une équipe pluridisciplinaire composée d'informaticiens, de didacticiens, de pédagogues d'ergonomes etc.

Le travail réalisé est pour nous une très bonne expérience personnelle et pédagogique afin de suivre le rythme de la recherche scientifique dans le domaine d'électronique et notamment le développement des laboratoires à distance. En effet, nous avons pu réaliser un projet d'actualité qui représente une solution pour les problèmes rencontrés dans les séances de travaux pratiques.

Grace à cette plateforme du laboratoire distant on peut effectuer les TP d'électronique à distance sans la nécessité de se déplacer au laboratoire, il suffit d'utiliser un ordinateur connecté à Internet. D'autre part nous proposons une architecture flexible et réutilisable permettant d'effectuer un nombre très important de manipulations, manipuler des équipements coûteux et visualiser les résultats à travers une interface web.

Bibliographie

1. Travaux pratiques pour les dispositifs de formations scientifiques et techniques utilisant les TICs : CEMAFORAD-2, Seconde édition : 12,13 et 14 Novembre 2005 - Université de Bejai
2. Mise à distance de travaux pratiques en automatique : Arnaud Lelevé, Hcene Benmohamed, Patrick Prévot
3. <https://www.supinfo.com/articles/single/3424-client-lourd-client-leger>
4. <https://fr.wikibooks.org/>
5. <https://fr.wikipedia.org/>
6. https://fr.wikipedia.org/wiki/Langage_serveur
7. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/Server-side/Premiers_pas/Client-Serveur
8. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript
9. <https://www.microchip.com/datasheet/MCP4231> (MCP4231, Documentation)

Annexes



HQRRPW
Op-Amp Circuit
Technical Staff's Manual

Erasmus+ Programme

Key Action 2 "Capacity Building for Higher Education"

Grant agreement: 585938-EPP-1-2017-1-FR-EPPKA2-CBHE-JP



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Disclaimer: The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Title	Op-Amp Circuit – Technical Staff’s Manual EN
Version	Version 1.10 – date 08/06/2019
Contents	2 nd proposal
Status	Draft
Partners	Lead partner: Abdelhalim Benachenhou Back-up partner: Mohamed FEZARI+ Hocine Cheghib UBMA

Table of contents

Table des matières

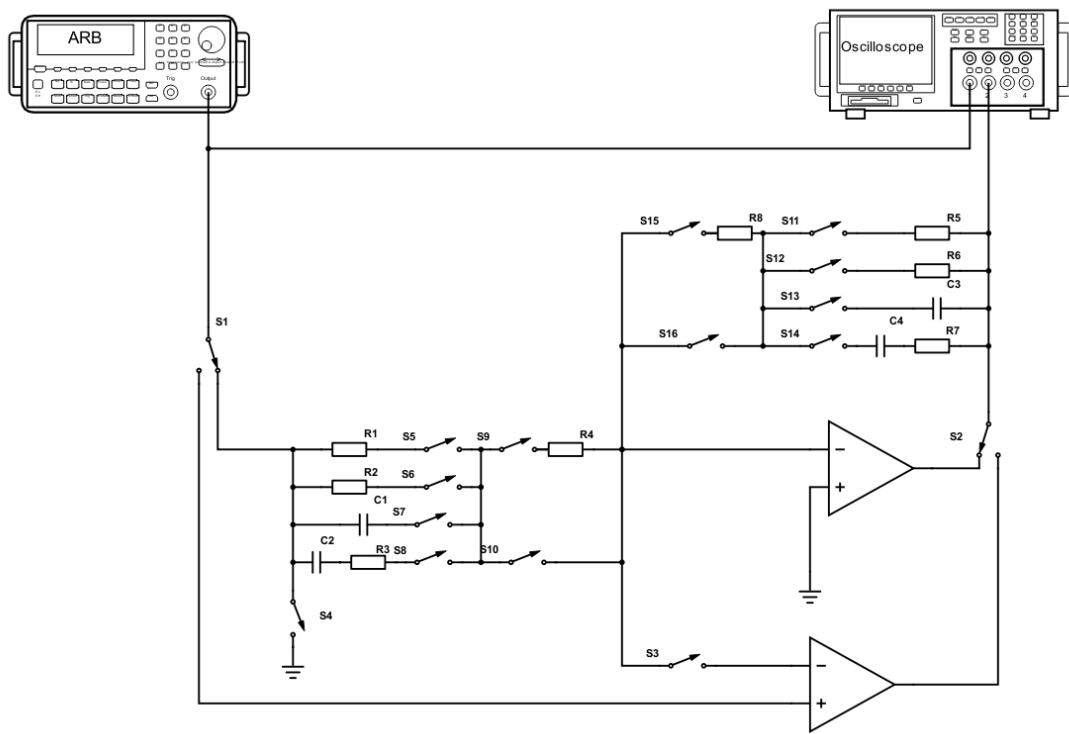
1. Overall circuit schema:.....	3
2. Experiment 1 : Inverting amplifier	4
3. Experiment 2 : Non inverting amplifier	6
4. Experiment 3 : Op-Amp Integrator	8
5. Experiment 4 : Op-Amp differentiator	9
6. Experiment5 : Low pass filter	10
7. Experiment 6 : High pass filter	11
8. Experiment 7 : Band pass filter	12
9. Experiment 8. Band stop filter	13
9.1. Experiment 8.1	13
9.1. Experiment 8.2 (R4 off)	13
9.2. Experiment 8.3 (R8 off)	14
9.3. Experiment 8.4 (R4 and R8 off)	15
10. Value of passive elements.....	16
11. RedPitaya Wave form and Oscilloscope Interface	17
12. RedPitaya Bode Analyzer interface	18

Acknowledgments

“This communication and dissemination plan is an output of the e-LIVES project, co-funded by the Erasmus+ programme under the Key Action 2 “Capacity Building for Higher Education” 585938-EPP-1-2017-1-FR-EPPKA2-CBHE-JP grant agreement.

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.”

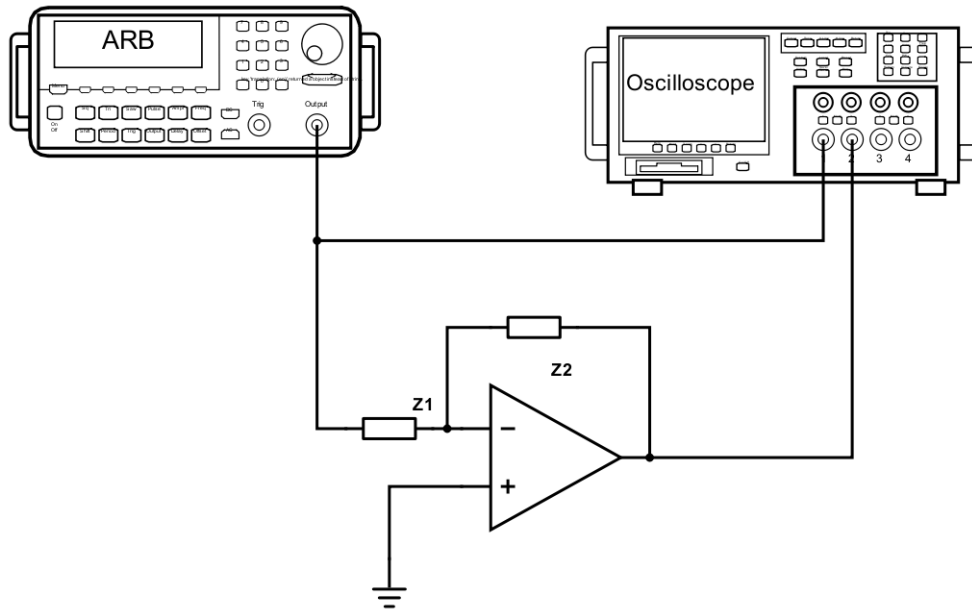
1. Overall circuit schema:



According to the switching board, this circuit uses 2 SPDT relays and 13 SPST relays. The third SPDT relay is used as SPST one.

2. Experiment 1 : Inverting amplifier

The GUI for the student should have the schema with the possibility to select the value of Z_1 and Z_2 , and the interface of the RedPitaya app.

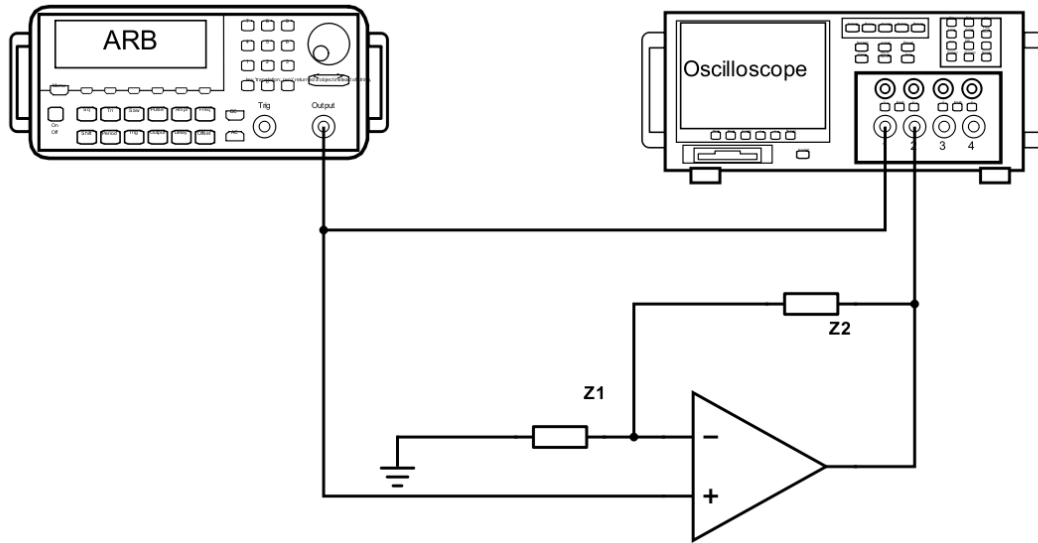


The student can change the value of Z_1 and Z_2 by radio buttons, for example

Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R2	R5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R1+R4	R5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R2+R4	R5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R1//R2+R4	R5	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R1	R6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R2	R6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R1+R4	R6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R2+R4	R6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1

R1//R2+R4	R6	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R1+R4	R5//R6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
R2+R4	R5//R6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
(R1//R2) + R4	R5//R6	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
R1	R5+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R2	R5+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R1//R2	R5+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R1+R4	R5+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R2+R4	R5+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R1//R2+R4	R5+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R1	R6+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R2	R6+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R1//R2	R6+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R1+R4	R6+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R2+R4	R6+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R1//R2+R4	R6+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R1	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R2	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R1//R2	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R1+R4	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
R2+R4	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
R1//R2+R4	(R5//R6)+R8	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

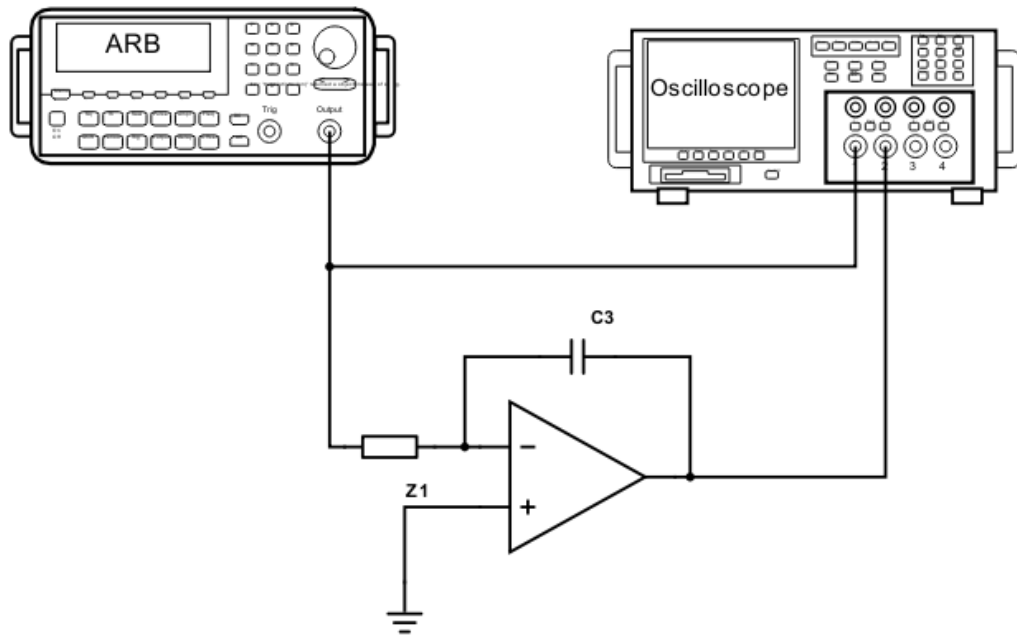
3. Experiment 2 : Non inverting amplifier



Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R2	R5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R1//R2	R5	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R1+R4	R5	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R2+R4	R5	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R1//R2+R4	R5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
R1	R6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R2	R6	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R1//R2	R6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R1+R4	R6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R2+R4	R6	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R1//R2+R4	R6	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R1	R5//R6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1

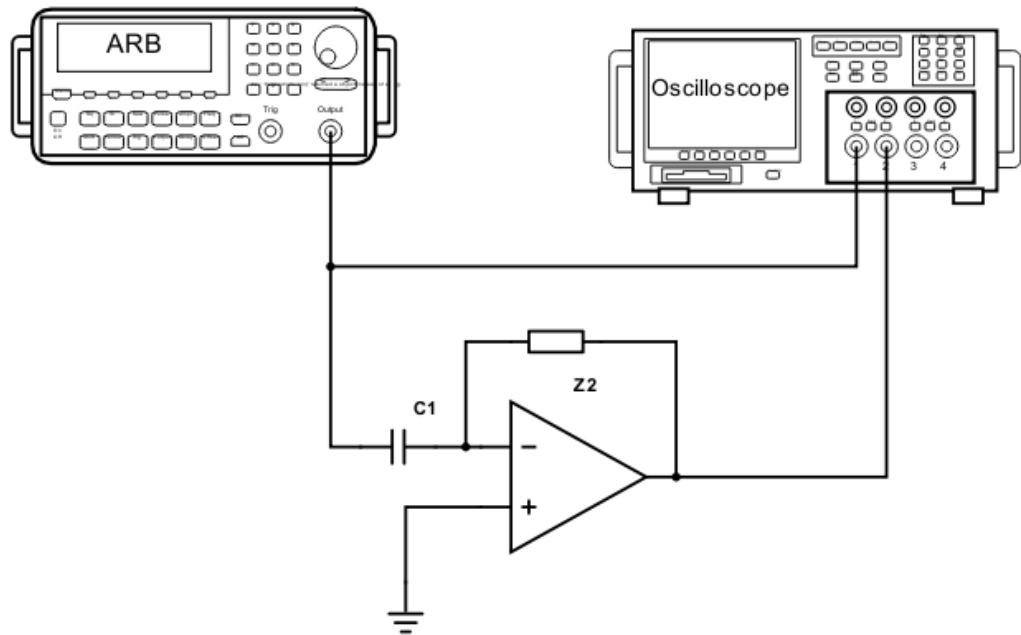
R2	R5//R6	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R1//R2	R5//R6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R1+R4	R5//R6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
R2+R4	R5//R6	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
R1//R2+R4	R5//R6	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
R1	R5+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R2	R5+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R1//R2	R5+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R1+R4	R5+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R2+R4	R5+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R1//R2+R4	R5+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
R1	R6+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R2	R6+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R1//R2	R6+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R1+R4	R6+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R2+R4	R6+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R1//R2+R4	R6+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
R1	R5//R6+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R2	R5//R6+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R1//R2	R5//R6+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
R1+R4	R5//R6+R8	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
R2+R4	R5//R6+R8	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
R1//R2+R4	R5//R6+R8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

4. Experiment 3 : Op-Amp Integrator



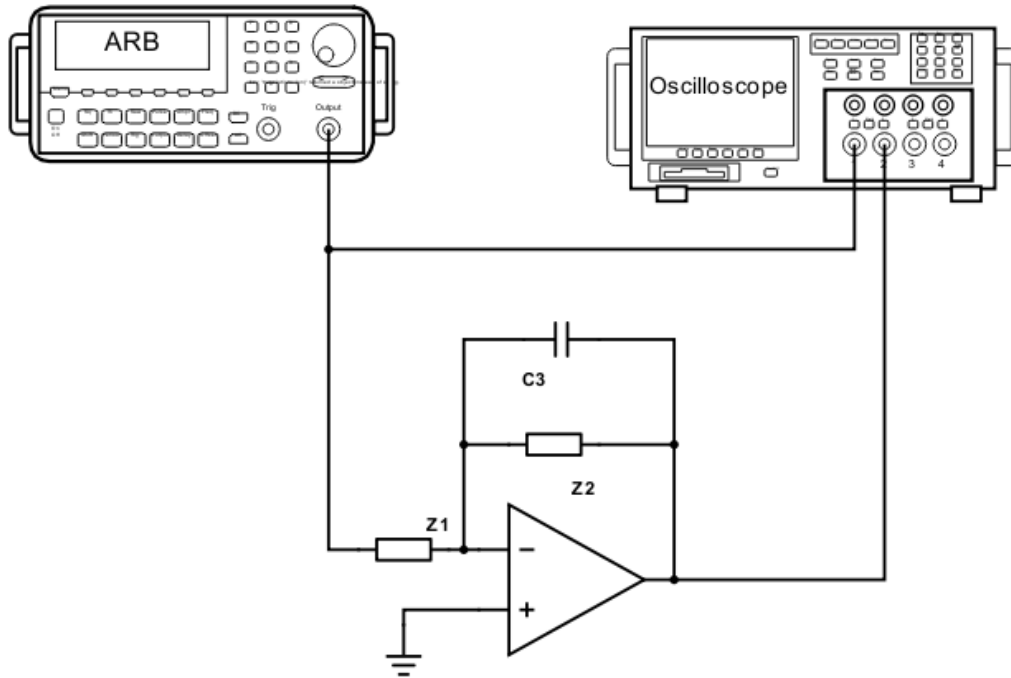
Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
R2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
$R1//R2$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
$R1+R4$	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
$R2+R4$	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
$R1//R2+R4$	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1

5. Experiment 4 : Op-Amp differentiator



Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
R6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
R5//R6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R5+R8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R6+R8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
R5//R6+R8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1

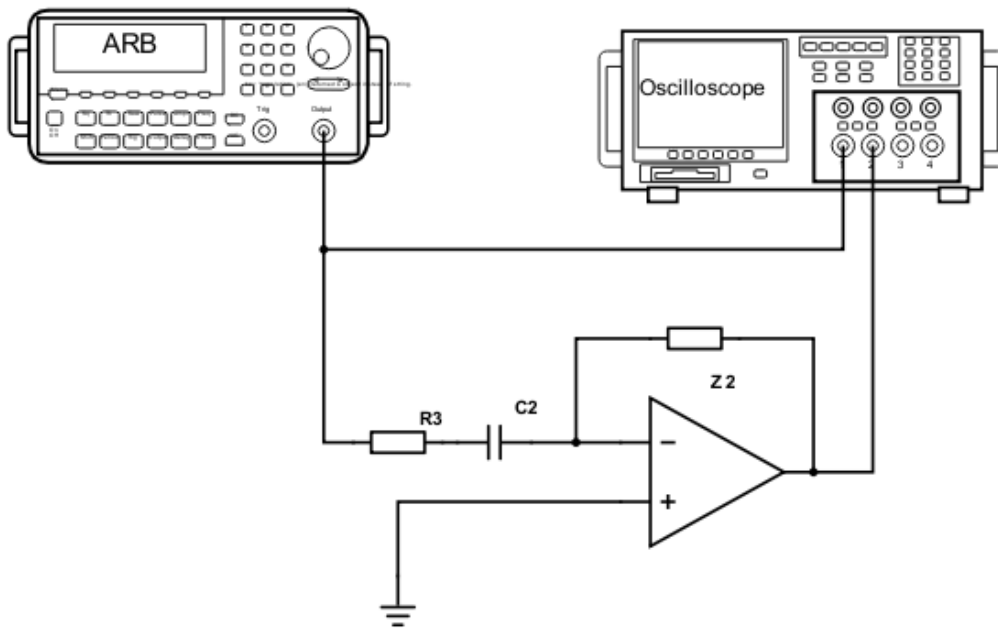
6. Experiment5 : Low pass filter



Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
R2	R5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
R1+R4	R5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
R2+R4	R5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
R1//R2+R4	R5	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
R1	R6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
R2	R6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
R1+R4	R6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
R2+R4	R6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1

R1//R2+R4	R6	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
R1+R4	R5//R6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
R2+R4	R5//R6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
R1//R2+R4	R5//R6	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1

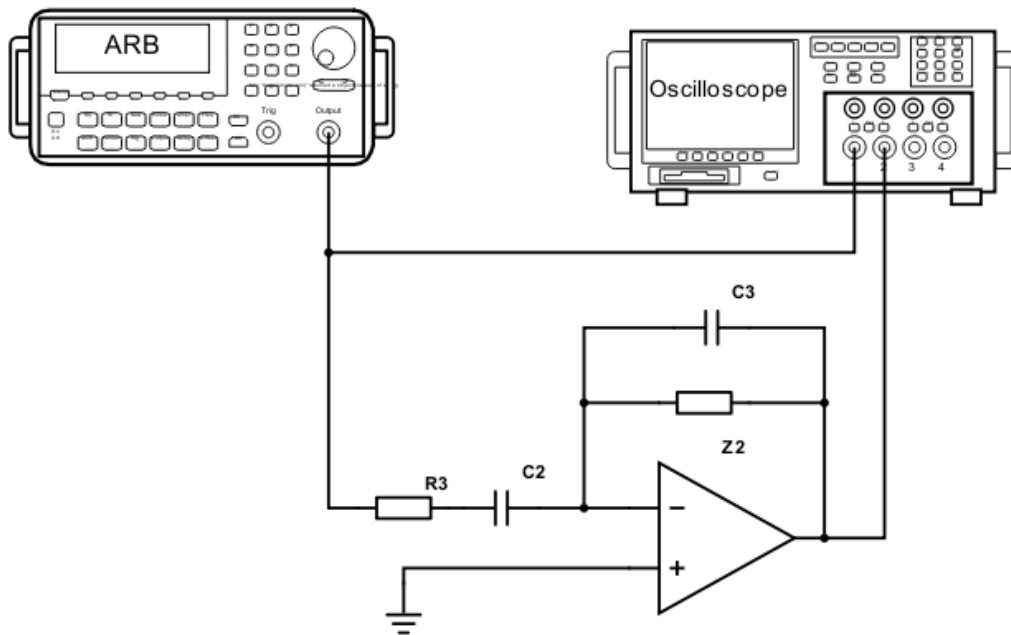
7. Experiment 6 : High pass filter



Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
R6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
R5//R6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1

R5+R8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
R6+R8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
R5//R6+R8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1

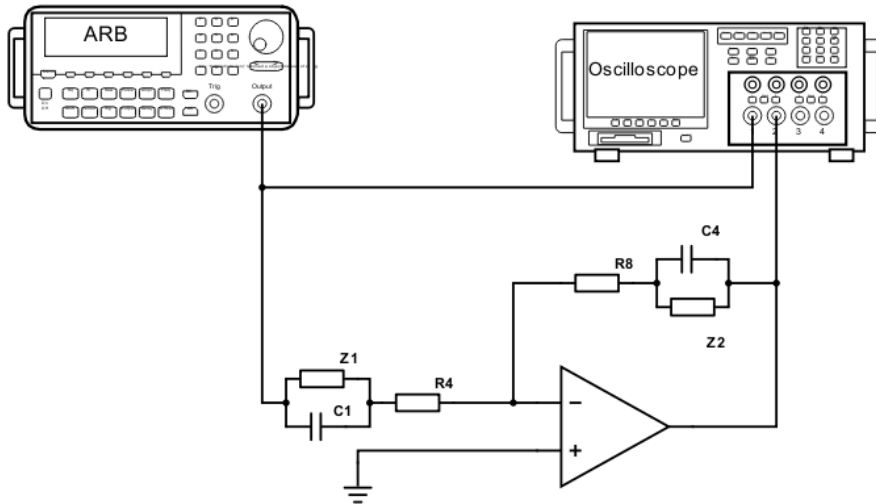
8. Experiment 7 : Band pass filter



Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
R6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
R5//R6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1

9. Experiment 8. Band stop filter

9.1. Experiment 8.1



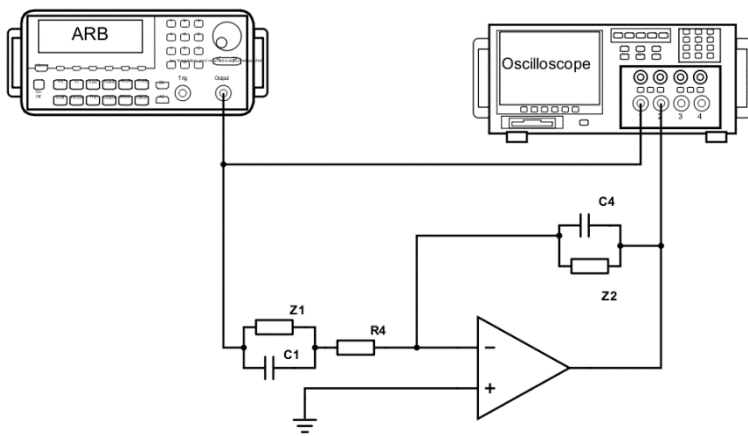
Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	1	0
R2	R5	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	3	0	1	0
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	3	0	1	0
R1	R6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	3	0	1	0
R2	R6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	3	0	1	0
R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	3	0	1	0
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	3	0	1	0
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	3	0	1	0
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	3	0	1	0

9.1. Experiment 8.2 (R4 off)

Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

R1	R5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	3	0	1	0
R2	R5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	3	0	1	0
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	3	0	1	0
R1	R6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	3	0	1	0
R2	R6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	3	0	1	0
R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	3	0	1	0
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	3	0	1	0
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	3	0	1	0
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	3	0	1	0

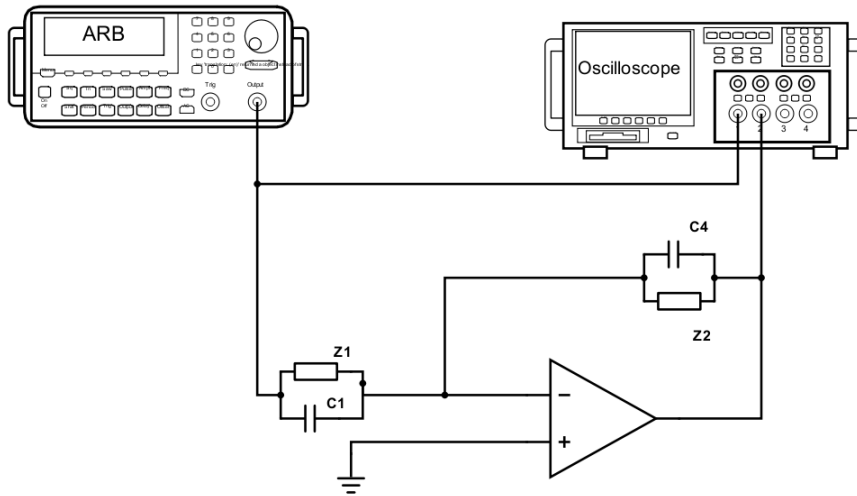
9.2. Experiment 8.3 (R8 off)



Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	0	1
R2	R5	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	3	0	0	1
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	3	0	0	1
R1	R6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	3	0	0	1
R2	R6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	3	0	0	1

R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	3	0	0	1
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	3	0	0	1
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	3	0	0	1
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	3	0	0	1

9.3. Experiment 8.4 (R4 and R8 off)



Z1	Z2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
R1	R5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	3	0	0	1
R2	R5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	3	0	0	1
R1//R2	R5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	3	0	0	1
R1	R6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	3	0	0	1
R2	R6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	3	0	0	1
R1//R2	R6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	3	0	0	1
R1	R5//R6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	3	0	0	1
R2	R5//R6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	3	0	0	1
R1//R2	R5//R6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	3	0	0	1

10. Value of passive elements

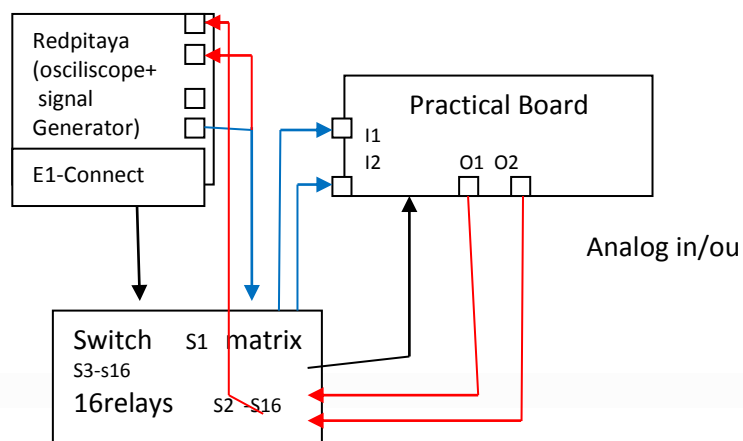
R1 = 10 K - R2 = 15K - R3= - R4 = 33K - R5= 47 K

Note 10 : Values of R6, R7 and R8 are not given

Values of C1, C2, C3 and C4 are not given

Note 11 : Redpitaya has only 16 GPIO or 8 differential IO on E1 connector so,

We can use E1-connector to control the 16 relays on switch matrix. The 16 GPIO on E1 are (DIO0N-DIO7N and DIO0P-DIO7P). Schematic is as follow:



Proposal: Connection Redpitaya –S-Matrix proposal for necessary for software developemen

D0N	D1N	D2N	D3N	D4N	D5N	D6N	D7N	D0p	D1p	D2p	D3p	D4p	D5p	D6p	D7p
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16

Note: GPIO on Redpitaya are 3V3, Can we control the Switch matrix relays with3V3

The switching board will be the same used with the first PW. As a general rule The switching device must be the same whatever the PW.

11. RedPitaya Wave form and Oscilloscope Interface



12. RedPitaya Bode Analyzer interface

