

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



GM.0489

Ecole Supérieure Polytechnique
Centre de THIES

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE
Option Electromécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE
CONCEPTION

THEME :

*Développement d'un bus de communication pour le
projet Building Intelligence de la société Stratégies
et Solutions Informatiques (2SI-BI).*



Juillet 2006

Auteur : M. Ousmane DIAGNE
Directeur : M. Salam SAWADOGO
Directeur externe : M. Ousmane CISSE

DEDICACES

Je dédie ce travail

A Mon Père,

A Ma Mère,

Pour tous les sacrifices et inlassables efforts qu'ils ne cessent de déployer pour que je réussisse et que je m'épanouisse.

A Ma Grand Mère

A tous Mes Frères, Sœurs, Oncles, Tantes

Pour leur soutien moral et matériel afin que j'accède à une formation de qualité.

Particulièrement,

A mon Oncle *M. Ibrahima DIAGNE*,
Ingénieur Polytechnicien
Génie Mécanique
1^{ère} promotion E.P.T.

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu louanges à Dieu, pour m'avoir donné le courage et la grâce d'accomplir ce travail qui est certes le fruit d'un effort personnel, mais aussi de l'appui et des conseils de plusieurs personnes et institutions envers lesquelles je tiens à témoigner toute ma profonde gratitude, qu'il me soit permis de remercier particulièrement :

- Monsieur Salam SAWADOGO (Professeur à l'E.S.P., mon Directeur de projet) pour son encadrement, sa disponibilité et les conseils ;
- Monsieur Ousmane CISSE (Ingénieur Automaticien Electromécanicien Chef du Département Automatismes et Informatique Industrielle à 2SI, mon Directeur externe) pour son soutien moral et matériel, sa disponibilité, son encadrement et aussi pour les conseils.
- Tout le personnel administratif et technique de la société 2SI pour leurs disponibilités et leur accueil.
- Tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail, particulièrement tout le personnel de l'E.S.P. et les camarades de promotion.

Résumé

Le but de ce travail est de développer un bus de communication pour le produit Building Intelligence de la société Stratégies et Solutions Informatiques. Le produit Building Intelligence intègre deux services de base : la gestion électrique automatisée et la sécurité électronique. Le bus développé parcourt tout le bâtiment et il permet de relier les différents modules conçus à cet effet pour envoyer des impulsions via le bus à des relais.

Un microcontrôleur du type CUBLOC programmé en Basic et en Ladder est utilisé pour recevoir et envoyer des commandes aux différents équipements électriques (lampes, climatiseurs, prises de courant...) si ces derniers le sollicitent. Pour véhiculer ces signaux de commande entre le microcontrôleur et les modules, un câble FTP (Foiled Twisted Pair) est utilisé comme support physique du bus qui se trouve être une solution propriétaire. Les modules placés à côté des équipements sont constitués principalement de circuits logiques servant pour la définition de l'adresse de l'équipement, de circuits intégrés et d'un relais.

Lors de la phase conception des modules nous avons, dans un premier temps eu à proposer un logigramme pour définir l'adresse du module ; ensuite dans un second temps simuler ce logigramme avec le logiciel CircuitMaker pour validation et aussi pour vérifier les niveaux de tension en sortie afin de voir le comportement des relais. Cette phase de conception a été terminée par une réalisation du prototype des différents modules. Après la vérification de la conformité des résultats de la réalisation des prototypes avec ceux obtenus lors de la simulation sur logiciel, le microcontrôleur a été installé et programmé.

Une fois cette phase bouclée, les différents cas de figures (envoi commande à partir du serveur ou de l'écran tactile ou des boutons poussoirs) ont été testé et les résultats obtenus sont conformes au cahier de charges.

Mots-clés : Cubloc – CircuitMaker – Building Intelligence – Stratégie et Solutions Informatiques.

Table des matières

	Pages
Dédicaces.....	I
Remerciements.....	II
Résumé.....	III
Table des matières.....	IV
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des sigles et abréviations.....	XI
Avant-propos.....	XIII
 INTRODUCTION.....	 1
 <u>CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE.....</u>	 3
I- PRESENTATION DU PROJET BUILDING INTELLIGENCE.....	3
I.1- Présentation de 2SI.....	3
I.2- Présentation du projet.....	3
II- LA GESTION ELECTRIQUE AUTOMATISEE.....	4
II.1- 2SI-GEA : système électrique automatisé du bâtiment simple et efficace.....	4
II.2- 2SI-GEA : contrôle de la consommation électrique des équipements.....	5
II.3- Une solution économique et adaptable.....	5
II.4- Différents modes de fonctionnement.....	5
II.4.1- Le mode manuel.....	5
II.4.2- Le mode semi-automatique.....	5
II.4.3- Le mode automatique.....	6
II.5- Un système intégré, sécurisé, paramétrable et ouvert aux dernières technologies.....	6
II.6- Une gestion centralisée.....	6
III- LE SYSTEME ACTUEL.....	7
III.1- Quelques définitions.....	7
III.1.1- Les microcontrôleurs.....	7
a)- Définition.....	7
b)- Exemples de microcontrôleurs.....	8

III.1.2- Les relais.....	8
a)- Le relais monostable.....	8
b)- Le relais bistable.....	9
III.1.3- Les bus.....	9
a)- Définition	9
b)- Différents types de bus.....	9
III.2- Le système existant.....	10
IV- PROBLEMATIQUE.....	12
<u>CHAPITRE II : PRESENTATION DES OUTILS UTILISES.....</u>	13
I- LE LOGICIEL CIRCUITMAKER.....	13
I.1- Présentation du logiciel CircuitMaker	13
I.2- Démarrage du logiciel.....	14
I.3- Espace de travail.....	14
I.4- Ajout de composants.....	15
I.5- Interconnexions.....	16
I.6- Simulation analogique.....	16
I.7- Visualisation des résultats.....	17
II- LE MICROCONTROLEUR CUBLOC.....	17
II.1- Présentation.....	17
II.2- Le BASIC et le LADDER.....	20
II.3- Le microcontrôleur CUBLOC CB280.....	20
<u>CHAPITRE III : CONCEPTION DES MODULES.....</u>	22
INTRODUCTION.....	22
A- <u>LE MODULE ECLAIRAGE</u>.....	23
INTRODUCTION.....	23
I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	23
I.1- Description	23
I.2- Le logigramme du circuit logique.....	25
I.3- Détermination des valeurs des résistances du pont.....	26
I.4- Alimentation des relais.....	28

I.5- Simulation du montage.....	30
II- REALISATION DU PROTOTYPE.....	31
II.1- Schéma synoptique.....	31
II.2- Alimentation des modules.....	32
II.3- Schéma de câblage.....	33
II.4- Intégration du bouton poussoir.....	34
II.5- Programmation du microcontrôleur.....	42
II.5.1- Présentation du programme.....	42
a) Programme BASIC.....	42
b) Programme LADDER.....	45
II.5.2- Conclusion.....	45
II.6- Intégration de deux autres modules dans le système.....	46
II.6.1- Schéma de câblage.....	46
II.6.2- Programmation de l'ensemble.....	48
a) Programme BASIC.....	48
b) Programme LADDER.....	51
III- CONCLUSION PARTIELLE.....	51
B- <u>LE MODULE CLIMATISATION</u>.....	52
INTRODUCTION.....	52
I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	52
I.1- Description.....	52
I.2- Logigramme du circuit.....	53
I.3- Alimentation du relais.....	54
I.4- Simulation du montage.....	55
II- REALISATION DU PROTOTYPE.....	56
II.1- Schéma synoptique.....	56
II.2- Schéma de câblage.....	56
II.3- Programmation du microcontrôleur CUBLOC CB280 pour le module climatisation.....	57
a) Programme BASIC.....	57
b) Programme LADDER.....	59
III- CONCLUSION PARTIELLE.....	59

C- <u>LE MODULE PRISE DE COURANT</u>	60
INTRODUCTION	60
I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	60
I.1- Description.....	60
I.2- Schéma de câblage.....	61
II- PROGRAMMATION EN BASIC DU MICROCONTROLEUR	62
III- CONCLUSION PARTIELLE	63
D- <u>SYNTHESE DES TROIS MODULES</u>	63
INTRODUCTION	63
I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	64
I.1- Description.....	64
I.2- Schéma de câblage	64
II- CONCLUSION PARTIELLE	65
E- <u>ANALYSE FINANCIERE</u>	65
I- SYSTEME AVEC BUS ET MODULES	65
I.1- Module éclairage.....	65
I.2- Module climatisation.....	66
I.3- Module prise de courant.....	67
II- SYSTEME EXISTANT	69
III- COMPARAISON ENTRE LES DEUX SYSTEMES	70
RECOMMANDATIONS	72
CONCLUSION GENERALE	73
BIBLIOGRAPHIE	74
ANNEXES	75
Annexe A1 : Vues de l'outil de supervision de l'éclairage (3D du Rez-de-chaussée de 2SI)	75
Annexe A2 : Vues du câblage des modules	78
Annexe A3 : Calcul de la longueur maximale du bus	80

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
2.1. Tableau comparaison.....	18
2.2. Caractéristiques des CUBLOC.....	19
2.3. Description des pins du CUBLOC CB280.....	21
3.1. Prix total des composants du module éclairage.....	66
3.2. Prix total des composants du module climatisation.....	66
3.3. Prix total des composants du module prise de courant.....	67
3.4. Inventaire des modules.....	67
3.5. Coût des modules.....	68

LISTE DES FIGURES

	Pages
1.1. Réseau de Gestion Electrique Automatisée	7
1.2. Circuit intégré microcontrôleur	8
1.3. Relais monostable.....	8
1.4. Relais bistable.....	8
1.5. Quelques composants du système	11
a. Ecran tactile.....	11
b. Platine d'évaluation.....	11
1.6. Schéma de principe de l'installation	11
2.1. Espace de travail de CircuitMaker.....	15
2.2. Diviseur de tension	15
2.3. Visualisation de résultats	17
2.4. Différents types de CUBLOC	18
2.5. CUBLOC structure multitâches	18
2.6. Différence entre CUBLOC et automate PLC.....	18
2.7. Interfaces développement langages BASIC et LADDER sur CUBLOC STUDIO.....	20
2.8. Brochage du CUBLOC CB280.....	21
3.1. Principe de base du circuit.....	24
3.2. Schéma synoptique du système.....	24
3.3. Logigramme du circuit logique sur CircuitMaker.....	25
3.4. Pont de résistances.....	26
3.5. Logigramme avec pont de résistances.....	27
3.6. Montage DARLINGTON.....	28
3.7. Circuit intégré 2804A.....	28
3.8. Pont de résistances.....	29
3.9. Valeurs des résistances du pont avec CircuitMaker.....	29
3.10. Pont de résistances avec les différentes valeurs.....	30
3.11. Simulation du montage	30
3.12. Module d'adresse 11111.....	31
3.13. Support pour enfichage de composants.....	32
3.14. Platine d'évaluation.....	33

3.15. Comfile CUBLOC Study-board.....	33
3.16. Schéma de câblage du module 11111.....	34
3.17. LED pour visualisation état bus.....	35
3.18. Bouton poussoir.....	35
3.19. Schéma de câblage module 11111 avec LED.....	36
3.20. Bouton poussoir avec diodes.....	37
3.21. Résistances pour mise à zéro.....	37
3.22. Schéma de câblage module 11111 modifié	38
3.23. Schéma module 11111	39
3.24. Schéma module 11111 avec Nu.....	40
3.25. Schéma de câblage module 11111 modifié avec Nu.....	40
3.26. Schéma du module 11111 avec Nu connecté au μ C.	41
3.27. Schéma de câblage module 11011.....	46
3.28. Schéma de câblage module 00111.....	46
3.29. Schéma d'ensemble du système avec les trois modules.....	47
3.30. Principe de base du circuit.....	52
3.31. Logigramme du circuit	53
3.32. Logigramme du circuit avec pont de résistances.....	53
3.33. Pont de résistances pour le relais	54
3.34. Pont de résistances avec les différentes valeurs.....	54
3.35. Simulation du circuit avec CircuitMaker	55
3.36. Schéma module climatisation 11111.....	56
3.37. schéma câblage module climatisation 11111	57
3.38. Principe de base du circuit.....	61
3.39. Schéma de câblage du module prise.....	61
3.40. Schéma de câblage de la synthèse des modules	64
3.41. Kit CT1720 avec μ C CB280 et Add on Board.....	68

LISTE DES SIGLES ET

ABREVIATIONS

A : Ampère unité de mesure du courant

AC: Alternating Current

BASIC: Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code

BI: Building Intelligence

CAN: Control Area Network

CG : Coût Global

Cme : Coût du Module éclairage

CMc : Coût du Module climatisation

CMpc : Coût du Module prise de courant

CRm : Coût des relais monostables

CTCa : Coût Total du Câble :

CTK : Coût Total du Kit

CTM : Coût Total des Modules

DC : Direct Current

D.I.T. : Diplôme d'Ingénieur Technologue

D.U.T. : Diplôme Universitaire de Technologie

E.N.S.U.T. : Ecole Nationale Supérieure Universitaire et Technologique

E.P.T. : Ecole Polytechnique de Thiès

E.S.P. : Ecole Supérieure Polytechnique

E/S : Entrée / Sortie

Esc : Escape

F CFA: Franc de la Communauté Franche de l'Afrique

FTP ou **ftp**: Foiled Twisted Pair

G.A.A : Gestion Automatisée de l'Accueil

GEA : gestion électrique automatisée

GPS : Global Positioning System

GSM : General System for Mobile Communications

HCMOS : High-density Complementary Metal Oxide Semiconductor

I2C : Inter Integrated Circuit

LED: Light Emitting Diode

PC: Personnel Computer

PLC : Programmable en Langage Contact

PT : Prix Total

RTC: Réseau Téléphonique Commuté

SMS : Service Messagerie Succinte

TN : Total Nombre

TTL : Transistor-Transistor Logic

USB: Universal Serial Bus

V: Volt

Vcc: Volt courant continu

€ : Euros

\$: Dollars

Ω : Ohm

μC : microcontrôleur

2SI : Stratégies et Solutions Informatiques

Avant-propos

Pourquoi ce projet ?

L'Ecole Supérieure Polytechnique (E.S.P.) est un établissement qui regroupe, depuis la réforme de 1994, l'ex-E.N.S.U.T., l'ex-E.P.T. et l'ex-E.N.S.E.P.T.

Elle est rattachée à l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar et comporte deux centres : le centre de Dakar et le centre de Thiès.

L'E.S.P. est constituée de cinq (5) départements répartis dans les deux centres comme suit :

- ✓ Centre de Dakar :
 - Département Génie Chimique ;
 - Département Génie Civil (formation continue) ;
 - Département Génie Electrique ;
 - Département de Gestion ;
 - Département Génie Informatique ;
 - Département Génie Mécanique (D.U.T.) ;
- ✓ Centre de Thiès :
 - Département Génie Civil (D.U.T. et D.I.C.) ;
 - Département Génie Mécanique (D.I.C.)

L'E.S.P. a pour vocation la formation de techniciens supérieurs (D.U.T.), d'ingénieurs technologues (D.I.T.) et d'ingénieurs de conception (D.I.C.) mais aussi la recherche à travers le troisième cycle. Les durées de formation sont de deux ans pour le D.U.T., de trois ans et demi en formation continue pour le D.I.T. et de trois ans pour le D.I.C.

A la fin du cycle d'ingénieur de conception, l'élève ingénieur est appelé à mener un projet de fin d'études, dont celui-ci, sous la direction de ses professeurs et éventuellement de personnes externes. Ce projet lui permettrait de mettre en application les différentes connaissances théoriques et pratiques acquises lors de son cycle.

INTRODUCTION :

Avec la pleine expansion des nouvelles technologies et l'essor des entreprises dans le 21^{ème} siècle, la consommation en énergie a augmenté d'une façon exponentielle dans beaucoup de pays de la terre. Une grande partie de cette énergie est consommée au niveau des bâtiments faisant office de locaux de travail ou de lieu d'habitation. Cette forte consommation à ce niveau est due au fait que bon nombre de personne laisse les lampes, les climatiseurs ou leurs machines allumer sans être dans la pièce ou à la descente du travail oublie de les éteindre. C'est dans le but de palier à ce problème que la société Stratégies et Solutions Informatiques a développé un produit appelé Building Intelligence. Il va assurer principalement la gestion électrique automatisée des équipements du bâtiment et la sécurité électronique.

Le principe du Building Intelligence est qu'un contrôleur (du genre microcontrôleur) est installé pour gérer l'ensemble des commandes émanant d'un serveur ou des interrupteurs, boutons poussoir et autres télécommandes de climatiseurs.

Dans la phase actuelle du projet, un microcontrôleur est utilisé pour gérer l'ensemble du bâtiment. Donc tous les fils quittant les différents appareils (interrupteurs, climatiseurs, prises,...) y sont connectés. De ce fait, deux problèmes majeurs se posent :

- Le nombre d'équipements à brancher dépend du nombre d'entrées et sorties du microcontrôleur ;
- Câblage complexe : tous les fils vont traverser le bâtiment pour relier ces équipements au microcontrôleur ainsi il va se poser un problème d'esthétique, une gestion difficile de l'installation surtout en cas de pannes ...

Pour remédier à cette situation, il faut un système souple et efficace qui puisse permettre d'intégrer un grand nombre d'équipements et réduire le câblage. L'une des solutions existantes est le développement d'un bus de communication qui permet de collecter et véhiculer toutes les informations dont le microcontrôleur a besoin pour recevoir des instructions et commander les équipements.

Ce rapport porte sur le développement du bus de communication et la conception des modules (éclairage, climatisation, prise). Un bus propriétaire maison utilisant le support des bus ETHERNET (câble ftp) est développé à cet effet. Les modules sont placés à côté de chaque équipement et branchés sur le bus.

La réalisation de cette solution consiste en un ensemble de test et câblage à effectuer, pour chaque module, sur des prototypes afin de la valider pour son extension.

Le travail est donc structuré principalement en trois (3) chapitres. Le premier porte sur les présentations de la société Stratégies et Solutions Informatiques (2SI), du projet Building Intelligence (BI), de la gestion électrique automatisée (GEA) et du système actuellement installé ; tandis que le second traite de la présentation des outils utilisés dans ce projet. Quant au troisième il est axé sur la conception des trois modules, leur synthèse et leur évaluation financière.

Il est terminé par une conclusion et des recommandations qui synthétisent l'ensemble du travail qui est fait.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE

I- PRESENTATION DU PROJET BUILDING INTELLIGENCE :

I.1- Présentation de l'entreprise Stratégies et Solutions Informatiques (2SI) :

L'entreprise Stratégies et Solutions Informatiques (2SI) est un établissement stable de droit sénégalais créé en 2001. Il est, au Sénégal, l'un des prestataires majeurs de solutions et services innovants dans le domaine des technologies de l'information et de la communication destinés aux entreprises, aux organisations et aux administrations.

Centrés autour des technologies de l'information et de la communication, les services et solutions stratégiques qu'il offre couvrent de nombreux secteurs d'activités et s'appuient sur une très forte expertise des métiers, des marchés et des technologies. Parmi ces services et solutions il y'a entre autres activités : le Conseil, la Conception, la Réalisation, la Mise en place de systèmes d'information, l'Exploitation et la Maintenance.

Dans ces activités, l'entreprise 2SI développe différents produits (applications) tels que la Gestion des Stocks, la Gestion des Approvisionnements, la Gestion de projet, la Gestion de la facturation, la Gestion de courriers ...

Au-delà de ces produits il offre également d'autres services comme : Building Intelligence (B.I.), la Gestion Automatisée de l'Accueil (G.A.A.), la Supervision de réseaux électriques et gestion de l'énergie, la Télégestion des stations d'essence, le contrôle d'accès et la gestion de pointages...

I.2- Présentation du projet :

Aujourd'hui force est de constater que la gestion économique de l'énergie électrique est un défi important à relever, de plus les entreprises privées et les administrations font face à de nouvelles exigences : prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des personnes et la sauvegarde des infrastructures. Ceci est dû au fait que les charges liées à la facture d'électricité représentent un pourcentage élevé du train de vie de l'état et des charges directes des entreprises privées. Le constat dans les bâtiments hébergeant des bureaux est unanime : la plupart du personnel n'est pas assez consciencieux et ne se soucie pas beaucoup de l'économie d'énergie dans le bâtiment. Une bonne partie des climatiseurs, des ordinateurs et des lumières restent donc allumés pendant les heures creuses.

L'entreprise Stratégies et Solutions Informatiques (2SI) développe des systèmes intelligents de commande pour la gestion électrique des bâtiments. Ces systèmes sont transparents et prévoient la future technologie.

Le système est conçu, programmé et installé afin de permettre une gestion autonome et intelligente des équipements électriques d'un bâtiment.

Les solutions fournies résultent de la gestion d'un bâtiment avec une facilité d'emploi des commandes et de la surveillance des installations. L'éclairage, la climatisation, le matériel informatique..., peuvent être aisément intégrés dans ce système transparent, facile à utiliser et ouvert aux nouvelles technologies.

C'est dans ce contexte que 2SI a mis en place l'e- Building ou Building Intelligence. 2SI Building Intelligence regroupe un ensemble d'applications souple et ouvert permettant de personnaliser les spécificités des besoins des clients et assurant la gestion complète d'un bâtiment, il intègre deux services de base :

- **La Gestion Electrique Automatisée** qui assure l'économie d'énergie électrique dans le bâtiment
- **La Sécurité Electronique** qui garantit l'intégrité de la protection et l'assurance des personnes et des biens dans le bâtiment grâce aux modules suivants :
 - ✓ Le Contrôle d'Accès.
 - ✓ L'IP Surveillance
 - ✓ La Sécurité Anti-Intrusion
 - ✓ La Sécurité Incendie.

II- LA GESTION ELECTRIQUE AUTOMATISEE (G.E.A.):

II.1- 2SI-GEA : système électrique automatisé du bâtiment simple et efficace :

2SI-GEA est conçu pour arrêter et mettre en marche automatiquement tous les équipements d'une installation électrique (informatique, éclairage, ventilation, conditionnement d'air...) suivant un horaire ou un scénario prédéterminé. La programmation du temps de fonctionnement des équipements est faite par l'utilisateur sans connaissance approfondie de l'outil informatique.

2SI-GEA permet l'automatisation de la commande des équipements électriques. Grâce à son paramétrage aisé, les heures de fonctionnement des appareils peuvent être fixées pour assurer la maîtrise de la consommation électrique.

2SI-GEA est un système flexible qui s'intègre dans le bâtiment tout en respectant la configuration et les équipements existants.

II.2- 2SI-GEA : contrôle de la consommation électrique des équipements :

Toutes les fonctions électriques dans un bâtiment peuvent être contrôlées et commandées grâce à 2SI-GEA. L'éclairage, le chauffage, la climatisation, la ventilation, les ordinateurs, les machines électriques et les appareils électroménagers sont commandés automatiquement selon des programmes préétablis par les utilisateurs du système.

II.3- Une solution économique et adaptable :

L'investissement dans la gestion électrique automatisée est à plus d'un titre intéressant puisqu'il permet de réduire considérablement le montant des factures d'électricité tout en simplifiant l'utilisation des équipements électriques et l'adaptabilité aux changements de conditions du bâtiment.

2SI a une solution complète de réseaux de transmission et de systèmes de commande pour toutes sortes de bâtiments : immeubles, villas et appartements.

II.4- Différents modes de fonctionnement :

Il est possible de configurer le système 2SI-GEA en trois modes de fonctionnement au choix:

II.4.1- Le mode manuel :

L'installation électrique fonctionne de façon transparente comme si le système n'était pas installé. Les utilisateurs mettent en marche les équipements via des boutons poussoirs (pour les lumières), des télécommandes (climatiseurs par exemple) et autres dispositifs de commande standard.

II.4.2- Le mode semi-automatique :

Le contrôleur, qui est le cerveau du système commande les équipements électriques suivant une programmation horaire déterminée ou un scénario qui peuvent être modifiés aisément et à tout moment par les membres du personnel. Ces derniers pourront aussi allumer ou éteindre les appareils par les boutons poussoirs et autres interrupteurs.

II.4.3- Le mode automatique :

Le système est piloté exclusivement par le contrôleur qui peut être connecté à un serveur pour une administration de l'installation électrique plus aisée. Dans ce cas de figure, le système est entièrement automatique et les périodes de fonctionnement des équipements ne dépendent que de la programmation effectuée au préalable. Par exemple dans une société, l'éclairage peut être programmée pour fonctionner pendant les jours ouvrables de 8h à 19h, et la climatisation de 14h à 17h etc.

II.5- Un système intégré, sécurisé, paramétrable et ouvert aux dernières technologies

2SI- GEA permet le contrôle, le paramétrage et la visualisation de l'état du bâtiment.

Le logiciel est accessible aux utilisateurs autorisés dans le réseau avec la possibilité de restreindre les fonctionnalités chez certains. Ce qui permettra à l'utilisateur de pouvoir, à distance, piloter les équipements du bâtiment. Il est possible de connaître l'état du système et de le piloter à distance par téléphone GSM ou par ordinateur connecté au réseau Internet ou par simple ligne téléphonique, d'avoir une vue des pièces dont les équipements électriques sont allumés, de programmer des scénarii, de paramétrer des alertes (alerte par email ou SMS en cas d'intrusion en plus de l'activation des dispositifs de dissuasion...).

II.6- Une gestion centralisée :

2SI-GEA permet le contrôle, la commande et la gestion horaire/calendaire de l'installation de tous les équipements électriques à partir d'un siège bien défini (voir annexe A1). Elle offre aussi la possibilité de connaître l'état et les consommations de toute l'installation de l'ensemble des bâtiments sous surveillance.

Pour une société implantée sur plusieurs sites géographiquement distants, il est aisé d'administrer tout le système à partir d'un seul point.

Avec un fort pourcentage d'économie, elle aboutit à une réduction des coûts d'exploitation grâce à une gestion flexible de toute l'installation. [8]

Le synoptique du réseau de gestion électrique automatisé est matérialisé par le dessin de la figure1.1 suivante :

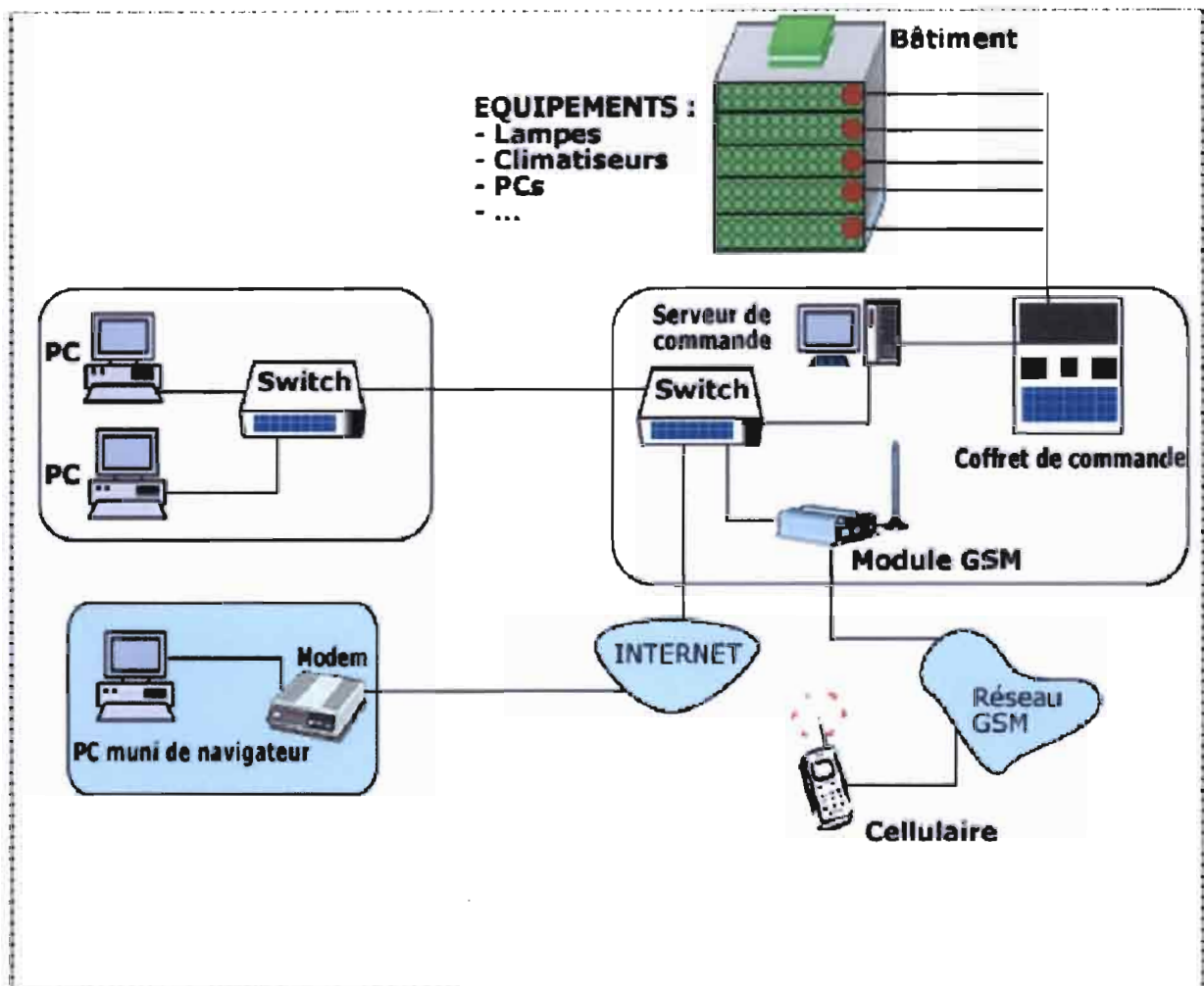


Figure 1.1 : Réseau de Gestion Electrique Automatisée

III. LE SYSTEME ACTUEL :

III.1- Quelques définitions :

III.1.1- Les microcontrôleurs :

a) – Définition :

Le microcontrôleur (ou μC) tel que montré à la figure 1.2 est un circuit intégré rassemblant un microprocesseur et d'autres composants tels que de la mémoire et des périphériques.

Les microcontrôleurs sont souvent utilisés dans l'élaboration de systèmes embarqués, nécessitant des traitements spécialisés (autoradios, téléphones portables, lecteur mp3, GPS ...).



Figure 1.2 : Circuit intégré microcontrôleur

b) - Exemples de microcontrôleurs :

- la famille Atmel AT91
- la famille Atmel AVR
- le C167 de Siemens / Infineon
- la famille Hitachi H8
- la famille Intel 8051
- le Motorola 68HC11
- la famille des PIC de Microchip
- la famille des ST6 de STMicroelectronics
- la famille ADuC d'Analog Devices
- la famille PICBASIC de Comfile Technology

III.1.2- Le relais:

Il sert en tout premier lieu à " relayer ", c'est à dire à faire une transition entre un courant faible et un courant fort. Mais il sert également à commander plusieurs organes simultanément grâce à ses multiples contacts synchronisés. Il permet également la transition entre deux sources différentes en isolant ces dernières. Il autorise des temporisations, des verrouillages, des impulsions...

a)- Le relais monostable :

C'est le plus courant des relais. Lorsque sa bobine est sous tension, l'armature mobile actionne les contacts qui changent d'état. Lorsque le courant cesse, l'armature revient à la position initiale ainsi que les contacts. (Voir figure 1.3).



Figure 1.3 : Relais monostable



Figure 1.4 : Relais bistable

b)- Le relais bistable :

Ce relais comporte généralement deux bobines montées en opposition. La mise sous tension d'une bobine déplace l'armature mobile et ses contacts qui restent en position par un système magnétique ou mécanique quand la bobine n'est plus alimentée. Pour changer la position il faut alimenter brièvement l'autre bobine. (Voir figure 1.4)

III.1.3- Les bus :

Dans un système électronique et microinformatique, nous trouverons tout ou partie des sous-ensembles :

- Le circuit microcontrôleur, cœur du système.
- Un clavier, un afficheur, des convertisseurs Analogique numérique, des ports d'entrées sorties, des mémoires, etc.

Ces composants étant parfois situés sur des cartes séparées, il est hors de question de relier chacun par des nappes de dizaines de fils véhiculant des données en parallèle. C'est ici qu'intervient la notion de bus, pour transférer les données par série et permettre les échanges. Tous ces composants vont dialoguer avec 2 ou trois fils ce qui va beaucoup simplifier la réalisation.[1]

Définir un bus consiste donc à fixer les points clefs :

- Combien de signaux seront véhiculés (nombre de fils)
- Tensions des niveaux logiques et type des fils et connecteurs (séparés, torsadés, coaxial...)
- Vitesse des échanges (horloge)
- Format de la trame et codage des informations
- Normalisation des adresses des périphériques
- Gestion des conflits de bus et dispositions anti-collisions
- etc.

a) Définition :

Un bus est un groupement de conducteurs électriques, représentant chacune une variable logique, qui sert à transiter des informations entre plusieurs éléments.

b) Différents types de bus :

Il y a une grande variété de bus, utilisés pour les échanges à partir d'une carte microcontrôleur. Généralement, tous les bus de communication industriels sont regroupés sous le terme « bus de terrain ».

Nous pouvons citer entre autres :

- Le bus I2C (Inter Integrated Circuit Bus). Le problème insoluble, avec ces bus, est qu'il véhicule des signaux TTL, avec des fronts de transition de 0 à 5 volts, à 100 kHz, très raides, qui polluent énormément l'environnement électromagnétique. Il n'y a aucun moyen de les éliminer, ce bus perturbe et est perturbé par les parasites industriels. Il n'est pas pratique pour les grandes distances.

- Le bus CAN (Control Area Network)

- Le bus série RS232

- Le bus parallèle

- Le bus USB

- Le bus ETHERNET : très largement utilisé dans les câblages réseau, il véhicule le signal à des vitesses de 100Mbps et le câble peut être utilisé jusqu'à une distance de 100m sans une grande perte de données.

- etc.

Le bus peut aussi être un bus propriétaire maison développé en interne pour application spécifique.

III.2- Le système existant :

Le système à l'intérieur du bâtiment se compose d'un ensemble d'équipements (lampes, climatiseurs, système de sécurité...), de postes de supervision et / ou commande (serveur, écran tactile). Les instructions sont envoyées à partir de ces postes de commande, des interrupteurs ou boutons poussoirs, aux relais qui vont fermer leur contact pour laisser passer le courant allumant ou éteignant ainsi l'équipement en question. (Voir figure 1.6 : Schéma de principe).

Pour cette fonction d'envoi et de réception de signaux électriques, un microcontrôleur de type CUBLOC de COMFILE TECHNOLOGY est utilisé (CB280) et il est incorporé dans l'écran tactile (Figure 1.5a).

Un programme adapté à l'application désirée et écrit en basic sur un ordinateur est transféré dans la mémoire du microcontrôleur via le port série du CUTOUCH (écran tactile).

Le signal à l'entrée de la carte (platine d'évaluation (Figure 1.5b)) venant des équipements est à 24V. Il passe à travers des relais et des circuits intégrés pour aller au microcontrôleur à 5V (entrées du μC).

Il en ressort à 5V, passe à travers les circuits intégrés et les ponts de résistances. Après ces ponts il alimente les différents relais monostable de l'installation via un câblage sous une tension de 24V.

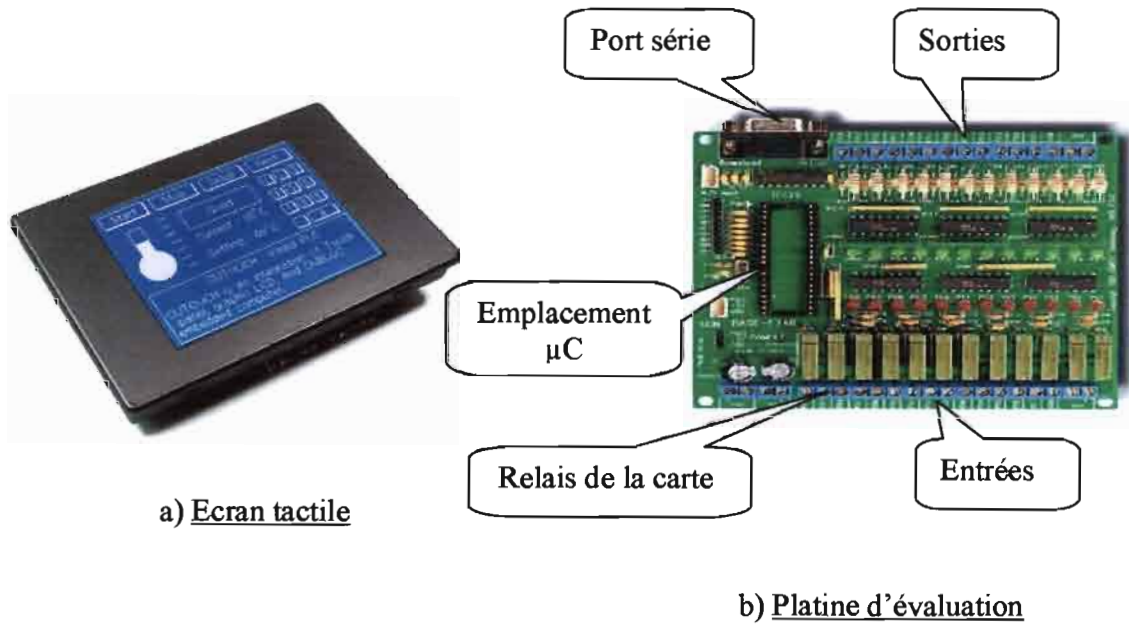


Figure 1.5 : Quelques composants du système

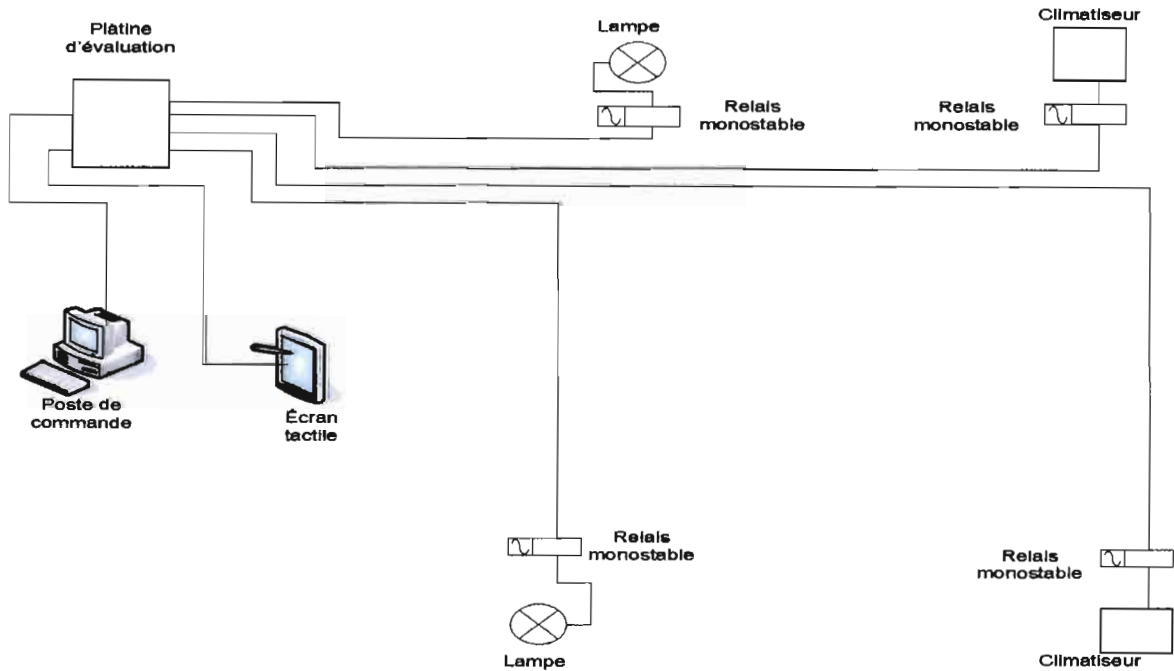


Figure 1.6 : Schéma de principe de l'installation

IV- PROBLEMATIQUE :

Il est à remarquer que tous les fils qui quittent les relais vont directement au microcontrôleur ; ce qui a pour effet d'alourdir le câblage de l'installation du bâtiment.

De ce fait il existe un certain nombre de conséquences dues à cette architecture parmi lesquelles :

- ✓ le côté esthétique : un grand nombre de fils traverse le bâtiment ;
- ✓ détection de pannes : s'il y a problème il faudra parcourir tous les fils pour déceler la panne ;
- ✓ **pour ajouter ou retirer un composant il faudra enlever ou mettre des jonctions** entre l'équipement et le microcontrôleur tout le long du bâtiment ; ce qui peut être fastidieux si l'équipement est loin.

L'objet de ce projet de fin d'études est d'apporter une ou des solutions aux problèmes cités ci haut. Ceci sera fait grâce au développement d'un bus de communication qui permettra d'optimiser le câblage.

CHAPITRE II : PRESENTATION DES OUTILS UTILISES

Dans ce projet de développement de bus de communication, un certain nombre de modules va être conçu. Les modules sont constitués principalement de circuits intégrés (portes logiques, transistors Darlington), de relais, etc.... Avant la réalisation des prototypes des modules il faut les simuler. Pour cela un bon nombre de logiciels de simulation électrique et/ou électronique existent sur le marché. Parmi ces logiciels nous pouvons citer : PSPICE, CircuitMaker, Matlab, PSIM, etc....

De tous ces logiciels, CircuitMaker à l'avantage de disposer au niveau de sa bibliothèque un grand nombre de portes logiques (tous ceux dont les modules ont besoins), et d'autres types de circuits.

I- LE LOGICIEL CIRCUITMAKER :

I.1- Présentation du logiciel CircuitMaker :

Le **logiciel CircuitMaker** combine en un même produit l'édition schématique de circuits électroniques, leur simulation et l'édition de leurs circuits imprimés.

L'édition schématique d'un circuit consiste à construire virtuellement ce circuit à partir de composants choisis et rendus disponibles dans des bibliothèques, en les interconnectant et en modifiant au besoin leurs paramètres. Une fois entièrement complété, le fichier obtenu par cette édition schématique contient toute l'information nécessaire pour que le logiciel, automatiquement ou à la demande de l'utilisateur, produise les fichiers descriptifs ("netlist" en anglais) utilisés soit pour la simulation du circuit, soit pour la réalisation du circuit imprimé.

Trois types de simulations sont possibles: la **simulation analogique**, la **simulation numérique**, et la **simulation à signaux mixtes**. La simulation numérique est utilisée pour les circuits à logique binaire (états logiques '0', '1', haute impédance, ou indéterminé).

Généralement, la simulation numérique consiste à soumettre des signaux logiques aux entrées du circuit et à évaluer la réponse temporelle des signaux logiques obtenus aux sorties et à tout autre nœud du circuit.

La simulation analogique permet plusieurs types d'analyses. Elle est utilisée pour évaluer entre autres, la réponse transitoire d'un circuit et son régime permanent, pour des signaux quelconques appliqués à l'entrée (ou aux entrées) du circuit et en fonction du temps, la réponse fréquentielle ou AC (gain et phase par exemple), les points d'opération (pour les circuits actifs comme les

transistors par exemple), la réponse en fonction de la variation d'une source d'alimentation continue ou DC, la réponse en fonction de la variation d'un ou de plusieurs paramètres (valeurs de résistances, de condensateurs, etc.), la réponse en fonction de la précision relative des valeurs des composants réels (analyse Monte Carlo), etc.

Quant à la simulation à signaux mixtes, celle-ci permet d'effectuer des analyses pour un circuit comportant des sous-ensembles de composants à signaux logiques et d'autres à signaux analogiques afin d'évaluer son comportement global.

L'**édition du circuit imprimé** consiste principalement à établir les dimensions de la carte, positionner les composants et effectuer le routage des conducteurs. Un fichier de format spécial (Gerber) et contenant l'essentiel de l'information pour chaque couche de conducteur est généré. Un autre fichier de format spécial (NCDrill) contient les coordonnées et le format des trous pour le perçage de la carte.

I.2- Démarrage du logiciel :

De la fenêtre Windows, ouvrir le menu **Démarrer**, puis sélectionner **Programmes** puis **CircuitMaker 2000**. Ou encore sous une forme abrégée: **Démarrer/Programmes/Circuitmaker 2000**.

Une fenêtre d'édition schématique vide apparaît. C'est dans cet espace que les symboles des composants seront ajoutés et interconnectés.

I.3- Espace de travail :

Par défaut, l'espace de travail de Circuitmaker comprend la barre de menu en haut, la barre d'icônes (ensemble de raccourcis du menu appelé Toolbar) juste en dessous, et la fenêtre (Panel) des composants en librairie située à gauche de la fenêtre d'édition schématique comme le montre la figure 2.1.

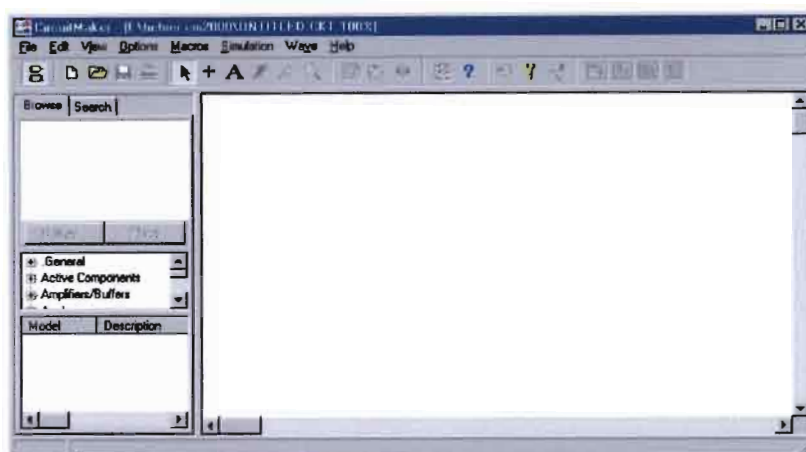


Figure 2.1 : Espace de travail de CircuitMaker

I.4- Ajout de composants :

Sous l'onglet **Browse**, sélectionner dans la classe principale **.General**, puis dans la classe secondaire **Instruments** pour choisir finalement un symbole de composant appelé **Signal Gen** soit un générateur de signal. Le circuit proposé comme exemple ci-dessous à la figure 2.2 est un simple diviseur de tension.

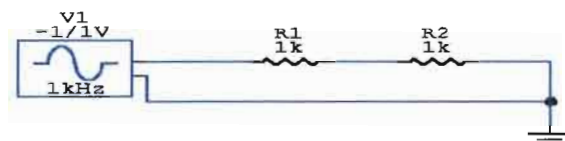


Figure 2.2: Diviseur de tension

.General/Instruments/Signal Gen (g)

Cliquer sur Place (par défaut, utiliser le bouton de gauche de la souris) puis déplacer le symbole dans la fenêtre d'édition schématique pour le placer à l'endroit désiré en cliquant de nouveau.

Il est à noter que Circuitmaker possède des raccourcis pour les commandes les plus usuelles. Par exemple la lettre (g) du clavier pour ajouter un générateur. Si nécessaire, appuyer sur la touche Esc pour annuler une commande en cours.

La liste des raccourcis alphanumériques ou «Hotkeys» pour l'ajout de composants est accessible par le bouton Hotkey... à gauche de Place. Il faut d'abord choisir un composant pour rendre effectif la touche Hotkey...

Sélectionner et placer ensuite une mise à la terre ("ground") ou masse:

.General/Sources/Ground (0 c'est-à-dire zéro)

ainsi que 2 résistances:

.General/Resistors/Resistor (r)

Ajouter la première résistance, puis cliquer à nouveau sur Place ou encore appuyer sur la touche (r) pour obtenir deux résistances.

I.5- Interconnexions :

Utiliser l'outil Wire Tool (icône "+" de la barre d'outil) pour connecter les composants entre eux. Il y a deux principaux modes d'interconnexion. Le premier mode est le mode de routage manuel et consiste à construire la connexion en forçant le passage des segments du fils par les points où l'on clique, tandis que le second mode, le routage de fils dit «automatique», ne nécessite de fixer que les extrémités de la connexion par la sélection des deux bornes à interconnecter pour laisser au logiciel le soin de positionner les segments de l'interconnexion de façon «automatique». Dans ce dernier cas, il s'agit d'abord de cliquer sur la borne initiale de la connexion à faire et de conserver enfoncé le bouton gauche de la souris tout en déplaçant le curseur pour ne le relâcher que lorsque le curseur est vis-à-vis la borne finale pour achever l'interconnexion.

Pour le mode manuel, cliquer et relâcher le bouton pour démarrer la connexion, puis déplacer ensuite le curseur jusqu'à une autre borne de composant ou jusqu'à un autre fil à connecter en cliquant pour fixer le segment de droite courant et en changeant de direction si nécessaire ou, lorsque la forme rouge apparaît autour de la borne désirée, pour terminer la connexion.

Pour rafraîchir l'image de l'écran, utiliser View/Refresh Sreen (raccourci F7).

Pour s'assurer que les interconnexions sont bien complétées, utiliser la fonction du menu Simulation / Check Wire Connections. Un message indique s'il y a ou non des connexions incomplètes. Si c'est le cas, les fils non connectés sont affichés en rouge.

Pour s'assurer qu'il n'y a pas de bornes d'éléments ("pins") non connectées, utiliser Simulation / Check Pin Connections. Cette fois, ce seront les éléments qui seront mis en rouge s'il y a une ou plusieurs bornes flottantes.

I.6- Simulation analogique :

S'assurer que l'on est en mode de simulation analogique (au menu, Simulation / Analog Mode), puis lancer la simulation analogique en sélectionnant au menu Simulation / Run, en cliquant sur l'outil Run Analog Simulation (icône avec la sinusoïde) ou encore via la touche F10

I.7- Visualisation des résultats :

Suite à la simulation, le curseur (devenu identique à l'icône de la sonde Probe Tool) permet de sélectionner les endroits sur le schéma du circuit dont on veut analyser les signaux. Pour voir le signal d'entrée en fonction du temps, cliquer avec la pointe de la sonde virtuelle sur le fil entre le générateur de fonction et la première résistance. Pour ajouter le signal de la sortie du diviseur de tension, cliquer sur le fil entre les 2 résistances, tout en appuyant sur la touche Shift. (Voir figure 2.3).

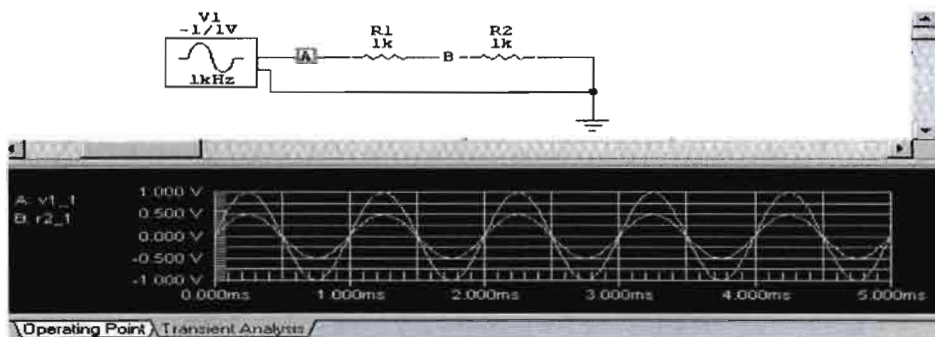


Figure 2.3 : Visualisation de résultats

Pour effacer un signal affiché dans l'écran de visualisation, cliquer avec le **bouton de droite** de la souris avec le curseur vis-à-vis l'étiquette du signal, tel que **A:v1_1** de la couleur correspondante au signal, pour faire afficher un menu. Sélectionner **Remove Wave** dans le menu pour effacer le signal sélectionné.

Terminer la simulation en cliquant sur l'icône "X" ou par le menu **Simulation Stop** ou encore par la touche **F10**. Pour quitter, choisir **File /Exit** au menu. [9]

II- LE MICROCONTROLEUR CUBLOC :

II.1- Présentation :

Les CUBLOC (figure 2.4) sont de petits modules destinés à prendre place au cœur des applications afin d'en assurer une « gestion automatisée ». Ils intègrent sur un même circuit intégré à la fois un microcontrôleur programmable en langage "BASIC" très évolué (proche du "C") ainsi qu'un mini automate (PLC) programmable en langage contact, lesquels pourront être exploités simultanément de part la structure multitâches des CUBLOC (figure 2.5).



Figure 2.4 : Différents types de CUBLOC

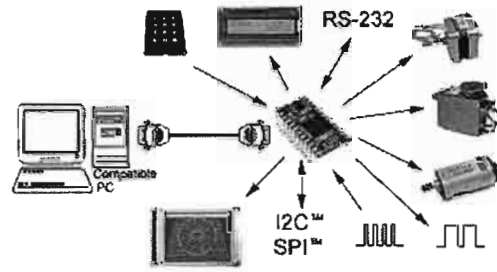


Figure 2.5 : CUBLOC structure multitâches [10]

Les CUBLOC présentent des différences avec les automates PLC traditionnels qui se présentent sous la forme de boîtiers modulaires dotés de diverses connexions (voir figure 2.6 et Tableau 2.1). Les CUBLOC s'apparentent pour leur part à de mini automates qui se présentent sous formes de modules hybrides lesquels permettent de les intégrer au sein du produit final, laissant ainsi une plus grande flexibilité sur la taille et les spécificités de l'application en question.

Parallèlement les CUBLOC sont similaires aux automates traditionnels en ce sens qu'ils peuvent tout comme eux être programmés en langage LADDER. Toutefois leur petite taille permet de les intégrer directement sur le circuit imprimé des applications comme un microcontrôleur traditionnel.

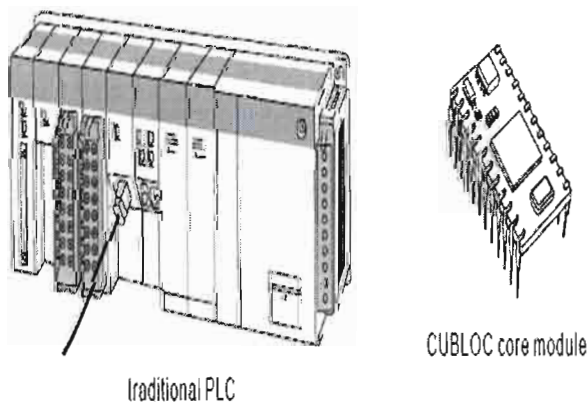


Figure 2.6 : Différence entre CUBLOC et automate PLC

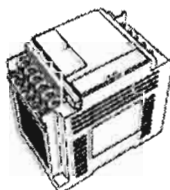
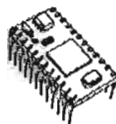
	PLC traditionnel	CUBLOC™
Photo		
Production	Support Rail Din	PCB ou Rail Din
Coût	Souvent élevé	Faible
Montage en série	Souvent difficile	Simple
Dim.	Grande	Faible
Dim. finale	Grande	Compacte

Tableau 2.1 : Tableau comparaison CUBLOC / PLC

Il existe différents modules CUBLOC, lesquels se distinguent par leur capacité mémoire, leur nombre d'entrées-sorties, etc. ... comme présenté dans le tableau 2.2.




Modèle	CB220	CB280	CB290
Image			
Programme en mémoire	80 KB	80KB	80KB
Ports E/S	16	49 + 2	91 + 2
Mémoire donnée (BASIC / LADDER)	3 KB	3 KB	28 KB
Coût (FCFA)	22 304	28 208	45 264
EEPROM	4 KB	4 KB	4 KB
Boîtier	24 broches	Module 64 broches	Module 108 broches
Autre caractéristique			Horloge - RTC

Tableau 2.2 : Caractéristiques des CUBLOC

Le principal avantage des modules CUBLOC vis-à-vis des autres automates est que les CUBLOC peuvent compenser certaines limitations propres à la programmation en langage LADDER par une programmation additionnelle en langage BASIC (très évolué).

La programmation en langage LADDER est en effet utilisée pour prendre en charge des actions qui s'inscrivent dans un diagramme de séquence ; mais lorsqu'une application nécessite de stocker des données, d'afficher des graphiques et de réaliser d'autres tâches plus complexes les automates traditionnels ne sont alors plus adaptés.

Avec les modules CUBLOC, la programmation en LADDER et en BASIC sont totalement indépendantes ; ce qui leur donne la capacité de supporter à la fois la gestion multitâche et la gestion du process en temps réel.

II.2- Le BASIC et le LADDER :

Ces deux types de langages sont utilisés depuis très longtemps dans des secteurs d'activités et pour des applications très différentes. Le LADDER est principalement exploité en automatisme par le biais d'automates programmables. Pour sa part, le langage BASIC est couramment utilisé pour la mise en œuvre d'applications diverses et variées sur compatibles PC et sur de nombreux microcontrôleurs. (Voir figure 2.7)

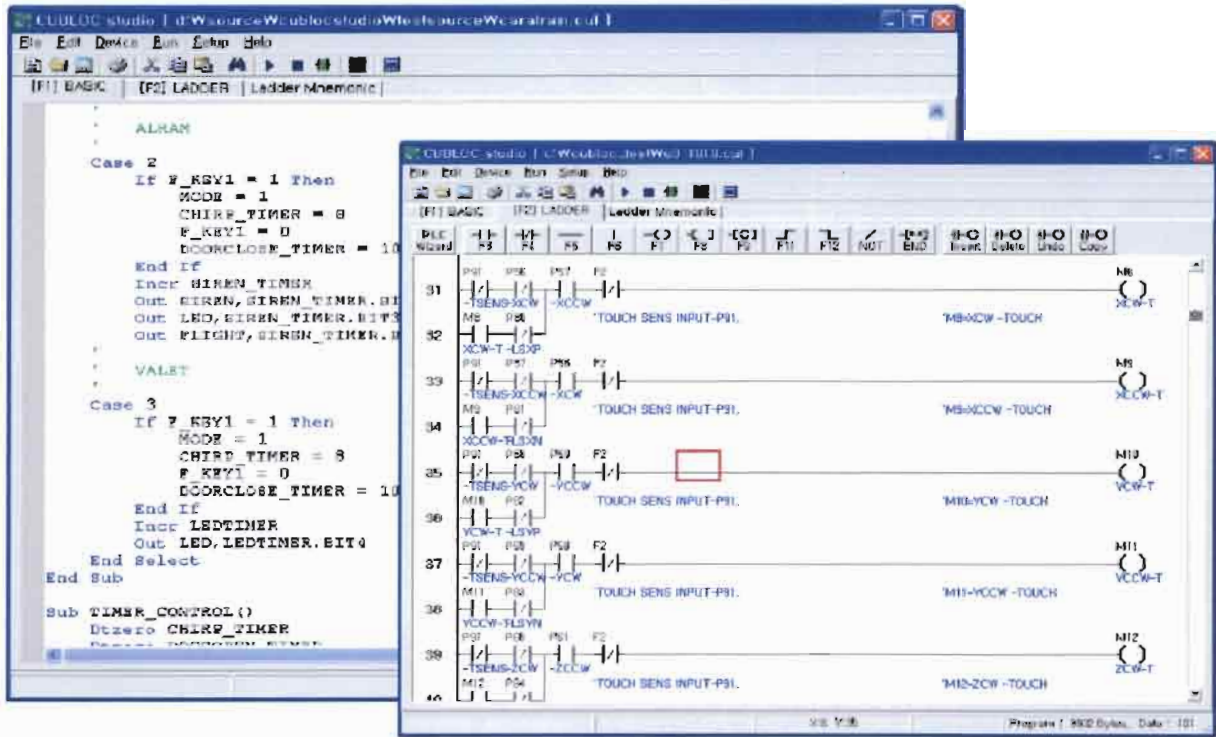


Figure 2.7 : Interfaces développement langages BASIC et LADDER sur CUBLOC STUDIO.

Pour les besoins de nos simulations nous utiliserons le microcontrôleur CUBLOC CB280 dont la présentation détaillée est décrite ci-dessous.

II.3- Le microcontrôleur CUBLOC CB280 :

Pour les besoins de la conception des prototypes nous allons utiliser le CUBLOC CB280 qui se présente sous la forme d'un module 64 broches dont 49 peuvent être utilisées en entrées / sorties. Le CB280 ne disposant pas d'un régulateur interne comme le CB220, son alimentation doit être faite sous une tension régulée et filtrée de +5 Vcc.

Son brochage est matérialisé par la figure 2.8 et le Tableau 2.3 suivants.

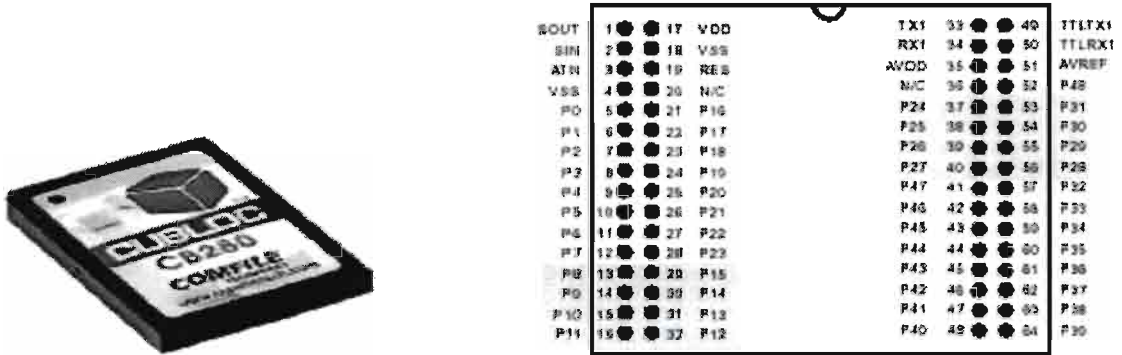


Figure 2.8 : Brochage du CUBLOC CB280

Nom	Pin #	E/S	Bloc Port	Description				
SOUT	1	Sortie	Bloc 2	Téléchargement série (Sortie)	P16	21	E/S	
SIN	2	Entrée		Téléchargement série (Entrée)	P17	22	E/S	
ATN	3	Entrée		Téléchargement série (Entrée)	P18	23	E/S	
VSS	4	Alim.		Masse	P19	24	E/S	
P0	5	E/S	Bloc 0	SPI SS	P20	25	E/S	
P1	6	Entrée		SPI SCK	P21	26	E/S	
P2	7	E/S		SPI MOSI	P22	27	E/S	
P3	8	E/S		SP MISIO	P23	28	E/S	
P4	9	E/S			P24	37	E/S	
P5	10	E/S		PWM0	P25	38	E/S	
P6	11	E/S		PWM1	P26	39	E/S	
P7	12	E/S	PWM2	P27	40	E/S		
P8	13	E/S	Bloc 3	CuNET SCL	P28	66	E/S	
P9	14	E/S		CuNET SDA	P29	65	E/S	
P10	15	E/S			P30	54	E/S	
P11	16	E/S			P31	53	E/S	
P12	32	E/S			P32	57	E/S	
P13	31	E/S			P33	58	E/S	
P14	30	E/S		Compteur rapide canal 0	P34	59	E/S	
P15	29	E/S		Compteur rapide canal 1	P35	60	E/S	
			Bloc 4		P36	61	E/S	
					P37	62	E/S	
					P38	63	E/S	
					P39	64	E/S	
					P40	48	E/S	
				Bloc 5		P41	47	E/S
						P42	46	E/S
					P43	45	E/S	
					P44	44	E/S	
					P45	43	E/S	
				P46	42	E/S		
				P47	41	E/S		
				P48	52	E/S		

VDD	17	IN	Alim. 5 V
VSS	18	IN	Masse
RES	19	IN	Entrée RESET Reset sur un Niveau Bas
TX1	33		Canal 1 (RS232) +/- 12V Sortie données
RX1	34		Canal 1 (RS232) +/- 12V Entrée données
AVDD	35		Alim. convertisseur « A/N »
TTLTX1	49		Canal 1 (RS232) Niveau 5 V TTL - Sortie données
TTLRX1	50		Canal 1 (RS232) Niveau 5 V TTL - Entrée données
AVREF	51		Référence de tension ADC

Tableau 2.3 : Description des pins du CUBLOC CB280 [2] ; [3]

CHAPITRE III : CONCEPTION DES MODULES

INTRODUCTION :

Avant le développement d'un bus ou l'utilisation d'un bus normalisé il faut, comme préalable, se poser un certains nombres de questions qui peuvent se résumer comme suit :

- Est-ce un système ouvert ou une solution propriétaire qui est développé ?
- Quelle est la technique d'adressage ?
- Quel est le nombre maximal d'adresse ?
- Quelle est la topologie du réseau ? [11]

La plupart des bus rencontrés (I²C, ETHERNET, CAN ...) nécessite un investissement qui peut être lourd à cause de l'utilisation de circuits intermédiaires et circuits d'interface pour déchiffrer et décoder les protocoles de communication qu'ils utilisent.

Dans ce projet, nous allons opter pour une solution propriétaire afin d'avoir une autonomie, une plus grande marge de manœuvre sur les composants et cartes utilisés et une liberté de produire des modules « sur mesure » d'après les spécifications bien précises des clients. Pour cela le support du bus ETHERNET (câble FTP) est utilisé. Ce câble est composé de huit (8) fils enrobés et d'un fil nu. Parmi les huit (8), deux (2) vont être utilisés pour l'alimentation et la masse ; cinq (5) pour l'adressage des modules et enfin le dernier pour les commandes. Puisque nous disposons de cinq (5) fils pour l'adressage des modules donc le nombre maximal d'adresse qui peut être défini est de 2^5 soit trente deux (32) modules. Puisque le bus va parcourir tout le bâtiment, la topologie sera une voie multipoint c'est-à-dire que les modules sont disposés les uns à la suite des autres en dérivant sur ligne.

Trois types de modules sont développés : éclairage, climatisation et prise de courant. Chacun de ces modules a une adresse bien définie et qui lui est propre.

A- LE MODULE ECLAIRAGE :

INTRODUCTION :

L'objectif premier de la conception de ces modules est tout d'abord qu'il puisse permettre de réduire le câblage au niveau des installations. Pour cela il devra remplir un certain nombre de conditions à savoir :

- Une convivialité des différents modules (pas très encombrant, facile d'accès...)
- Une interchangeabilité des éléments qui le compose
- Une fiabilité de ces composants
- Un coût de revient assez raisonnable

I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

I.1- Description :

Les câbles FTP vont être utilisés pour servir de support au bus de communication. Ces câbles sont constitués de huit (8) fils. Les cinq (5) fils sont utilisés pour les adresses, les deux autres pour l'alimentation et le commun; le dernier pour envoyer une commande. Chaque module est défini par une adresse formée de cinq (5) bits. Lors d'un appui sur le bouton poussoir (C_0) du module, l'adresse ($A_0A_1A_2A_3A_4$) est envoyée via le bus au microcontrôleur (μC) qui l'analyse et envoie ensuite en parallèle une trame composée des cinq (5) bits d'adresse du module qui a fait l'appel et d'un sixième (6^e) bit (A_5 ou \bar{A}_5) pour la commande ($A_0A_1A_2A_3A_4A_5$ ou $A_0A_1A_2A_3A_4\bar{A}_5$).

Il peut aussi arriver un scénario selon lequel le microcontrôleur s'adresse directement au module sans pour autant qu'il y ait appui sur le bouton poussoir (C_0). Dans ce cas il s'agira d'une commande envoyée à partir du serveur ou des écrans tactiles.

La trame de six (6) bits ($A_0A_1A_2A_3A_4A_5$) est envoyée directement au module concerné. Cette trame va passer à travers un circuit logique du module et sort par deux fils matérialisés par B_0 et B_1 .

Ces deux fils reliés au relais bistable vont véhiculer des niveaux de tension qui servent à envoyer une brève impulsion au relais ce qui a pour effet la fermeture ou l'ouverture du circuit de l'interrupteur suivant que la lampe doit être allumée ou éteinte. Voir figure 3.1.

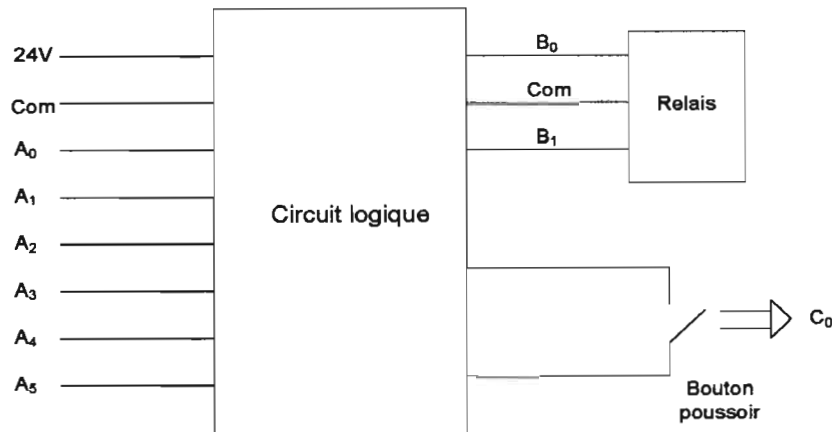


Figure 3.1 : Principe de base du circuit.

Le schéma synoptique du module est matérialisé par le schéma de la figure 3.2.

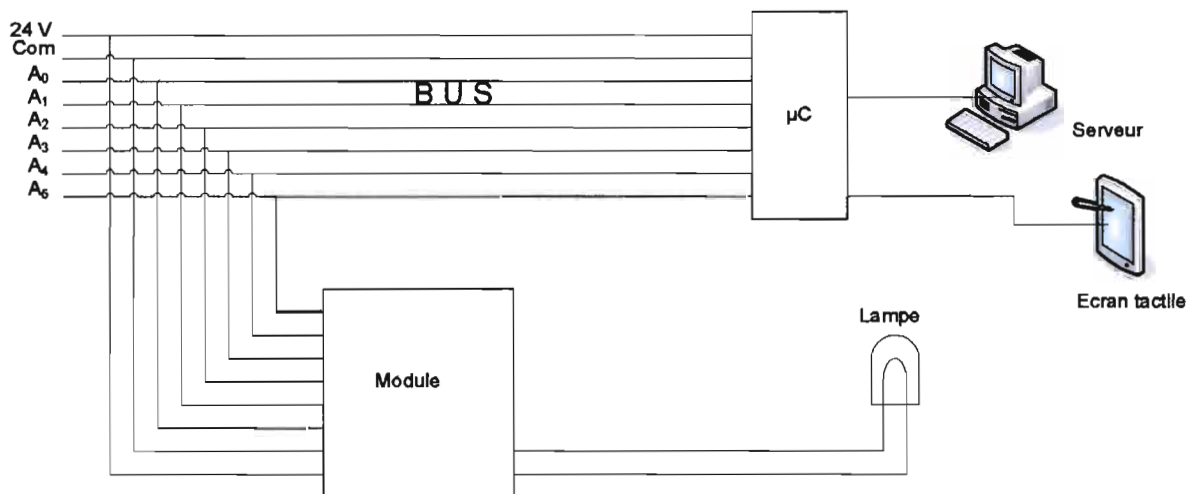


Figure 3.2 : Schéma synoptique du système.

I.2- Le logigramme du circuit logique :

Les expressions des sorties logiques B₀ et B₁ s'écrivent :

$$B_0 = A_0 A_1 A_2 A_3 A_4 A_5$$

$$B_1 = A_0 A_1 A_2 A_3 A_4 \bar{A}_5$$

Le logigramme tracé avec le logiciel Circuit Maker donne avec les tensions en différents points, le schéma de la figure3.3 suivante : [4]

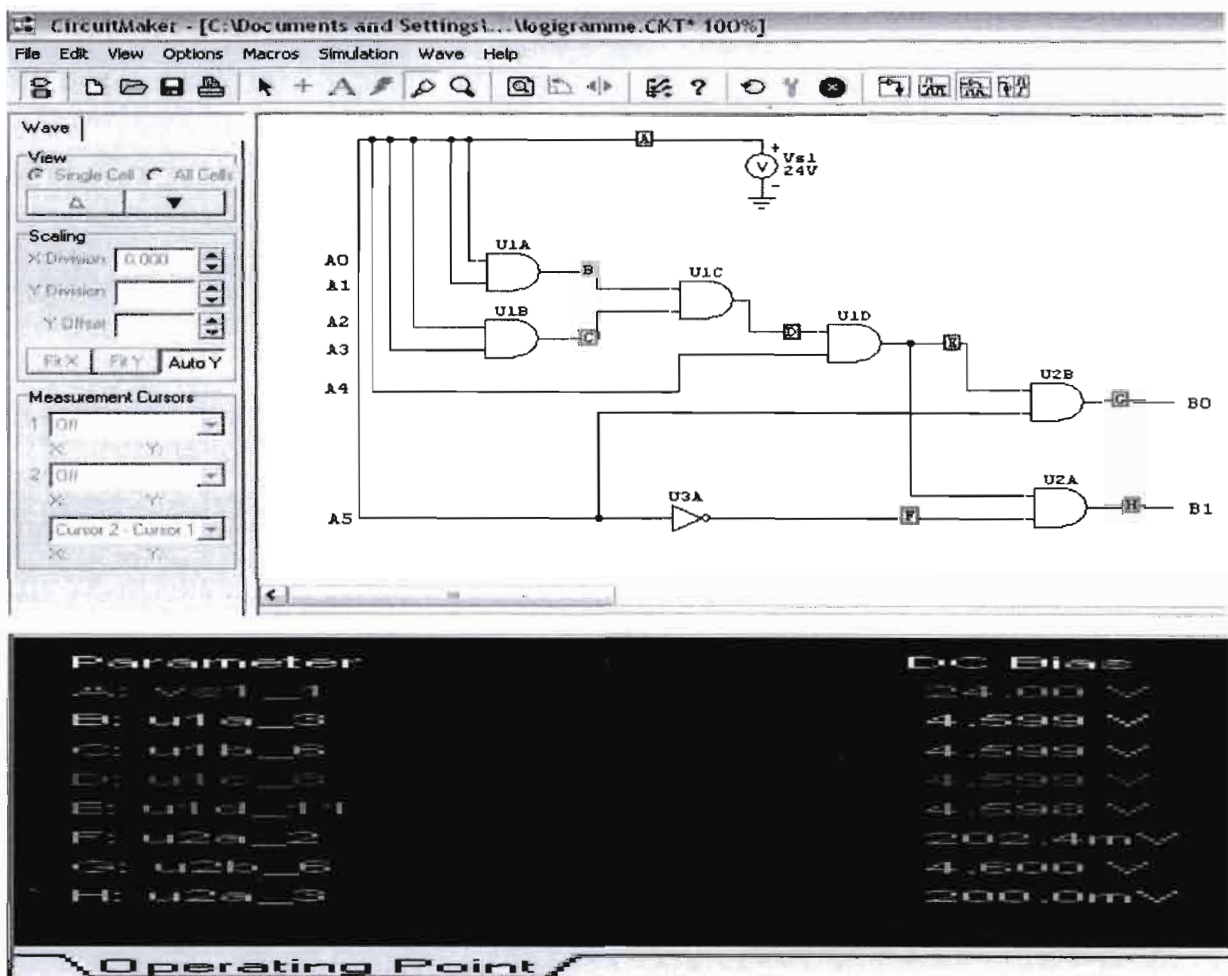


Figure 3.3 : Logigramme du circuit logique sur CircuitMaker

Les portes logiques ET utilisées sont des 74 HC 08 et les inverseurs des 74 HC 04 dont les tensions d'alimentation sont entre deux (2) et six (6) volts. De ce fait puisque la source de tension est à vingt quatre (24) V, il faut la réduire pour avoir la plage 2-6V. Des ponts de résistances sont utilisés à cet effet dans la mesure où ils permettent de réduire la tension.

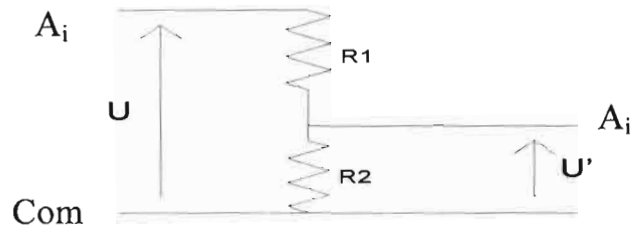
I.3- Détermination des valeurs des résistances du pont : (Figure 3.4)

Figure 3.4 : Pont de résistances

Soient :

U la tension entre un fil du bus et la masse ;

U' la tension à la sortie du pont c'est-à-dire la tension d'alimentation des portes logiques

$$U = 24\text{Volts} \quad \text{et} \quad U' = 5\text{Volts}$$

$$U' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U \quad (\text{Diviseur de tension}) \quad [1] ; [5]$$

Calculons la résistance R_2 avec comme hypothèse de départ $R_1 = 2200$ Ohms.

D'après la formule du diviseur de tension nous obtenons :

$$R_2 = \frac{R_1 \times U'}{U - U'} = \frac{2200 \times 5}{24 - 5} = 579 \text{ Ohms}$$

D'après les valeurs de résistances normalisées dans la série $\frac{1}{4}$ Watt 5 % la valeur de 579 Ohms n'existe pas ; choisissons la valeur immédiatement supérieure et calculons la tension de sortie U' .

Cette valeur de la résistance R_2 est de 680 Ohms.

La nouvelle valeur de la tension U' est de :

$$U' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U = \frac{680}{2200 + 680} \times 24 = 5,67\text{Volts}$$

Cette tension $U' = 5,67\text{Volts}$ peut bien alimenter les portes logiques.

Chaque module est défini par une adresse bien précise (1100 ou 0111 ou ...etc.) matérialisée par des niveaux de tension hauts et/ou bas ($>5\text{V}$ ou $<3\text{V}$). Pour obtenir ces niveaux bas des inverseurs sont utilisés.

Les adresses sont figées au niveau de chaque module grâce à des interrupteurs placés après les ponts de résistances pour les besoins de la simulation avec le logiciel Circuit Maker. Toutefois lors de la réalisation du circuit imprimé les interrupteurs seront représentés par des interrupteurs du type DIP switch ou seront simplement enlevés et remplacés par des points de soudure.

C'est la dernière solution qui est adoptée dans la mesure où elle est plus économique côté réalisation et coût.

Illustrons tout ceci par le schéma de la figure 3.5.

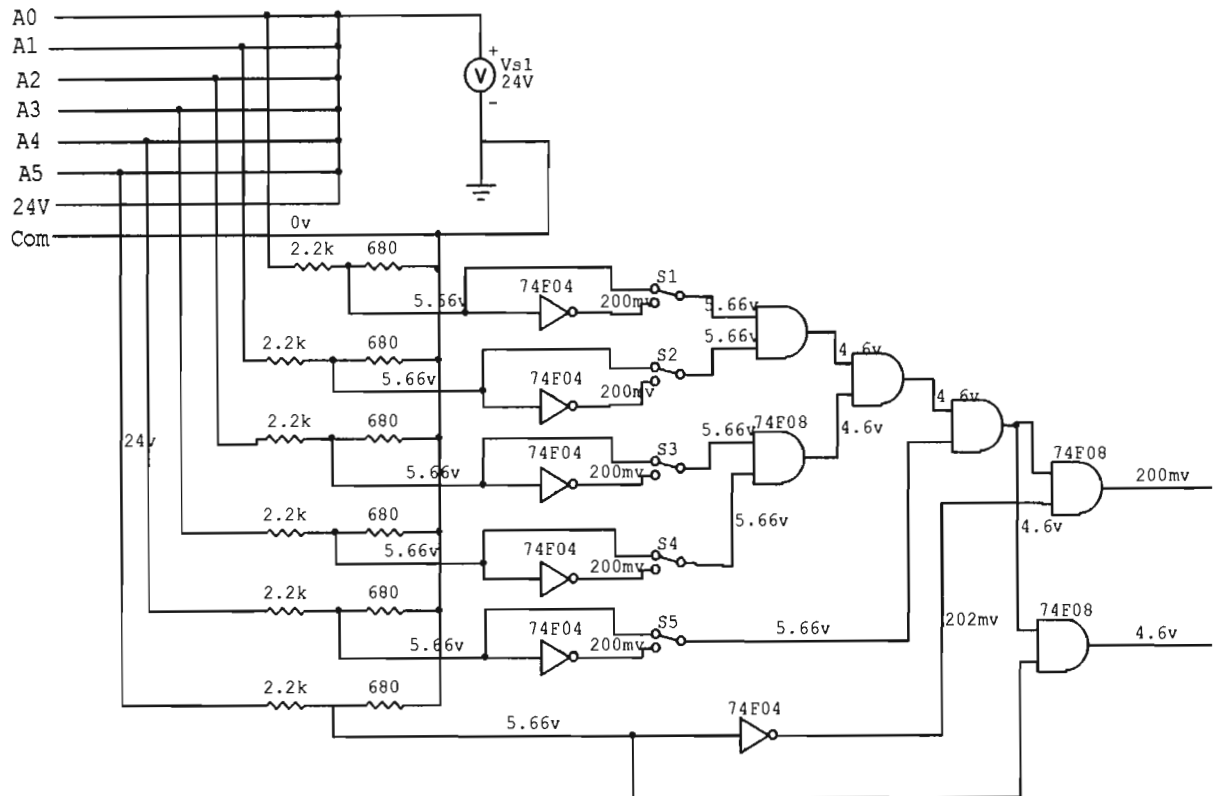


Figure 3.5 : Logigramme avec pont de résistances.

Suivant l'adresse désirée il faut basculer le ou les interrupteurs concernés (S1, S2, S3, S4, S5).

Après avoir défini l'adresse, la tension et le courant récupéré au niveau de la dernière porte ET (74HC08) du module vont servir à faire basculer le contact d'un relais.

Comme sus mentionné plus haut, un relais est un interrupteur actionné par un électroaimant. Si le courant passe dans l'électroaimant, l'interrupteur est fermé (il existe également des relais où l'électroaimant ouvre l'interrupteur, et la plupart des relais contiennent un inverseur et non un interrupteur). L'électroaimant peut être actionné par un courant relativement faible et une tension basse. L'interrupteur peut au contraire être traversé d'un courant fort et d'une tension élevée (selon le type de relais jusqu'à plusieurs dizaines d'Ampères et un millier de volt; mais la plupart sont limités à 220V 1 à 2A). Le courant issu d'un circuit intégré numérique n'est cependant pas suffisant pour alimenter la bobine du relais directement. Il faut passer par un transistor.

Par ce fait, après la porte ET, le signal est récupéré et il va servir de commande à un transistor qui laisse ou pas passer le courant traversant le relais.

Parfois un transistor est insuffisant, on emploie alors un montage en Darlington (Figure 3.6) (un transistor usuel et un transistor de puissance en série).

Il existe des circuits intégrés qui assurent cette fonction et ils sont du type : ULN2803 / 2804, MC1411/12/13/16, UDN2998W, UDN 2878W, UDN 2879W, UCN5813/UCN5814...;

Notre choix porte sur le circuit intégré ULN2804 (figure 3.7) qui a la chance d'être très répandu. Il contient 8 montages de ce type (avec diode de protection).

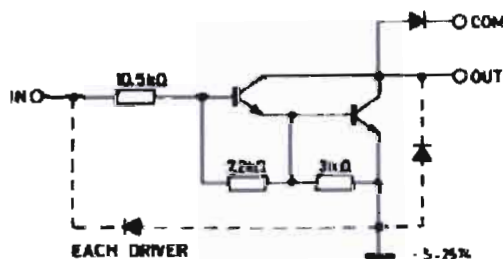


Figure 3.6 : Montage DARLINGTON

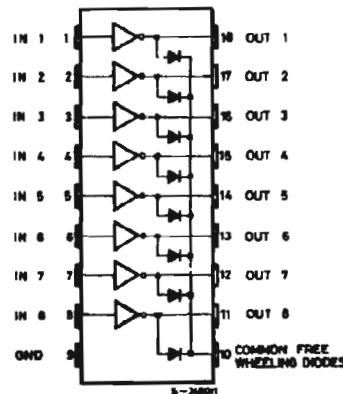


Figure 3.7 : Circuit intégré 2804A

Les sorties des deux portes sont reliées aux entrées « in » du montage Darlington et les sorties « out » du Darlington aux bornes du relais. L'autre sortie « COM » du Darlington va être mise à la masse.

Pour les besoins de la simulation sur CircuitMaker deux relais monostables sont utilisés pour remplacer le bistable car le logiciel n'en a pas dans sa bibliothèque.

I.4- Alimentation des relais :

Le système existant utilise des relais monostables. Avec ces types de relais dès que l'alimentation cesse, l'armature mobile revient à sa position initiale. De ce fait pendant le fonctionnement de la lampe, l'alimentation du relais ne doit pas cesser. Par contre, si nous disposons d'un relais bistable qui de par sa constitution est composé de deux bobines montées en opposition, ce problème peut être résolu. Il suffit juste d'envoyer une impulsion à une des

bobines pour faire basculer l'armature qui va rester dans cette nouvelle position tant qu'une autre impulsion n'est pas envoyée à l'autre bobine. Dans le système développé, c'est un relais bistable qui est utilisé et ces caractéristiques sont : tension d'alimentation 12V ; résistance enroulement bobine 960 Ohms. Il faut donc prévoir une alimentation de 12V pour le relais. Cette alimentation est dérivée des 24V de la source de tension ce qui fait qu'il faut réaliser un pont de résistances qui permet de passer des 24 au 12V avec la charge de 960Ω du relais. Avec cette charge et cette tension calculons les valeurs des résistances du pont (figure3.8) qui va donner la tension.

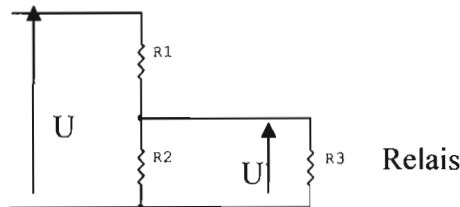


Figure 3.8 : Pont de résistances

Soient :

$U = 24\text{Volts}$ la tension d'alimentation venant du bus; $U' = 12\text{Volts}$ la tension aux bornes du relais
 $R_3 = 960\text{ Ohms}$ la résistance du relais ; R_1 et R_2 les résistances du pont à déterminer.

Si nous posons $R_2 = 2200\text{ Ohms}$ et désignons par $R_{\text{équivalente}}$ la résistance équivalente de R_2 et R_3 qui sont en parallèles alors nous avons :

$$R_{\text{équivalente}} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2200 \times 960}{2200 + 960} = 668\text{ Ohms}$$

Or $U' = \frac{U}{2}$ et R_1 est en série avec $R_{\text{équivalente}}$ donc $R_1 = R_{\text{équivalente}} = 668\text{ Ohms}$

LA valeur trouvée de R_1 n'est pas normalisée. Mais d'après les valeurs normalisées de résistances il y'en a une qui est proche de cette valeur 668 Ohms soit 680 Ohms.

Pour cette nouvelle valeur $R_1 = 680\text{ Ohms}$ de la résistance vérifions la tension d'alimentation U' du relais avec Circuit Maker (Figure 3.9):



Figure 3.9 : Valeurs des résistances du pont avec CircuitMaker.

Cette valeur de la tension est acceptable pour faire basculer le relais bistable.

De la même manière nous avons les portes logiques qui sont alimentées sous 5V donc il faut prévoir un pont qui va assurer la chute de la tension de 24 à 5 V.

Ce qui nous donne le schéma du pont de résistances (Figure 3.10) qui se présente comme suit :

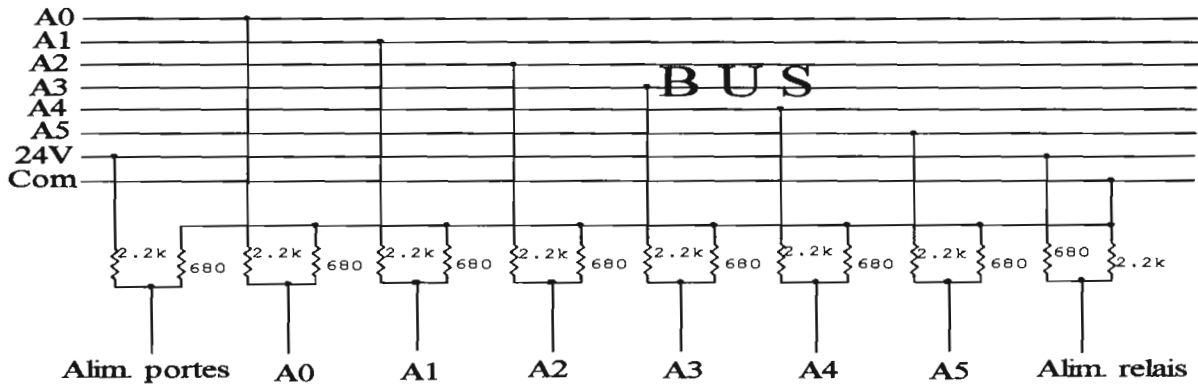


Figure 3.10 : Pont de résistances avec les différentes valeurs

I.5- Simulation du montage :

Pour les besoins de la simulation nous allons utiliser comme interrupteur un montage Darlington pour matérialiser le circuit intégré ULN 2804A qui est en fait composé de montages Darlington comme vu précédemment. Ce qui donne à la figure 3.11 les valeurs suivantes :

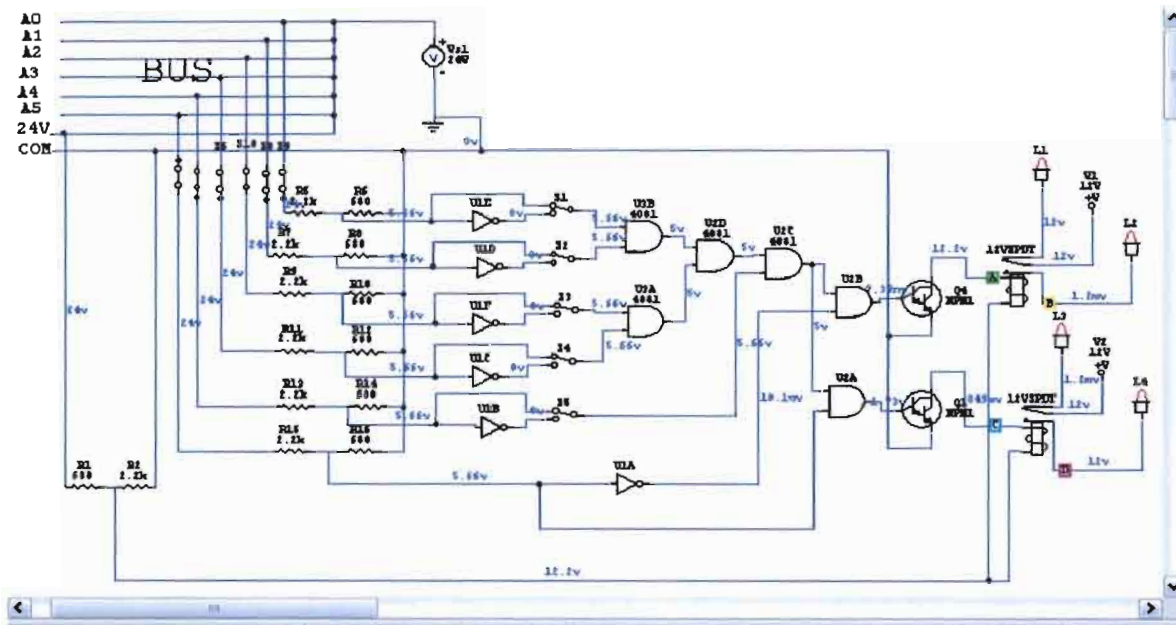


Figure 3.11 : Simulation du montage

Il est à remarquer d'après le schéma ci dessus que si l'adresse est correcte et aussi quand la commande A_5 est envoyée (0 ou 24V), l'un des Darlington va conduire pour permettre le passage du courant dans le relais ce qui a pour effet l'allumage de la lampe ; et si une autre commande est envoyée ce sera le contraire de l'opération précédente qui se passera et vice versa.

Maintenant si l'adresse envoyée ne correspond pas à celui du module en question, il ne se passera rien au niveau de transistor puisque la sortie de deux derniers portes logiques est au niveau bas (environ 0V).

II- REALISATION DU PROTOTYPE :

II.1- Schéma synoptique :

La réalisation du prototype est faite sur la base du module d'adresse 11111. Le schéma de principe est défini comme présenté par la figure 3.12 suivante avec tous les composants.

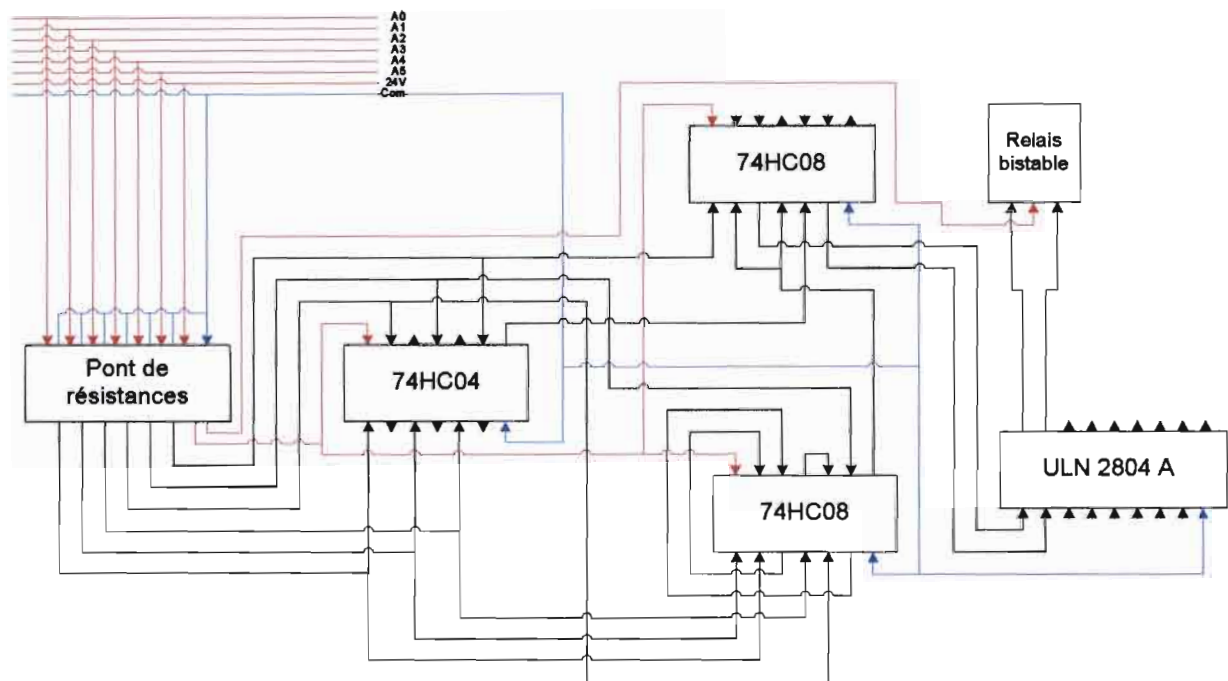


Figure 3.12 : Module d'adresse 11111

Plaçons tous ces composants (les portes 74HC04, 74HC08, les ponts de résistances, l'ULN2804A et le relais) sur le support pour enfilage de composants (figure 3.13) et faisons les interconnexions comme réalisées sur le schéma puis alimentons le bus sous 24 V.



Figure 3.13 : Support pour enfichage de composants.

Résultat :

Après alimentation du bus et envoi de la commande A_5 nous constatons comme prévu que le relais bascule dans l'une ou l'autre sens suivant la valeur de la commande.

II.2- Alimentation des modules :

Le bus va parcourir tout le bâtiment dans le but d'alimenter les modules qui à leur tour vont commander des relais fonctionnant sous 12V. Il y'a autant de jonctions (connexions) au niveau du bus que de modules. Ces deux facteurs (bus qui parcourt le bâtiment et le nombre de connexions) occasionnent des chutes de tension. Si nous supposons que le bus est alimenté sous 12V alors avec toutes ces chutes de tension nous aurons des modules qui ne répondront pas à cause de la tension faible qui arrive à leur niveau. Alimentons le bus sous 24V pour palier à ce problème.

Le signal à travers le bus transite sous 24V alors que le microcontrôleur fonctionne avec du 5V. Donc il faut que la tension, avant d'atteindre le microcontrôleur, soit transformée à l'entrée de 24V à 5V. A la sortie du microcontrôleur nous avons aussi du 5V donc il faut aussi la transformer en 24V pour attaquer le bus. Pour cela nous pouvons utiliser un pont de résistances. Mais comme il est dit plus haut, le microcontrôleur ne fonctionne que sous une tension régulée et filtrée de 5V donc ce pont seul n'est pas adapté. Une solution qui se pose est de récupérer l'ancienne carte (platine d'évaluation) qui était dans l'ancien système et qui servait pour le microcontrôleur TinyPLC (figure 3.14). Nous allons aussi utiliser la platine d'expérimentation de Comfile (CUBLOC Study-board) qui sert à recevoir le microcontrôleur (figure 3.15). Livrée pré câblée, la platine dispose d'un étage de régulation +5V, d'une interface permettant "d'attaquer" directement le port "RS-232" d'un ordinateur.

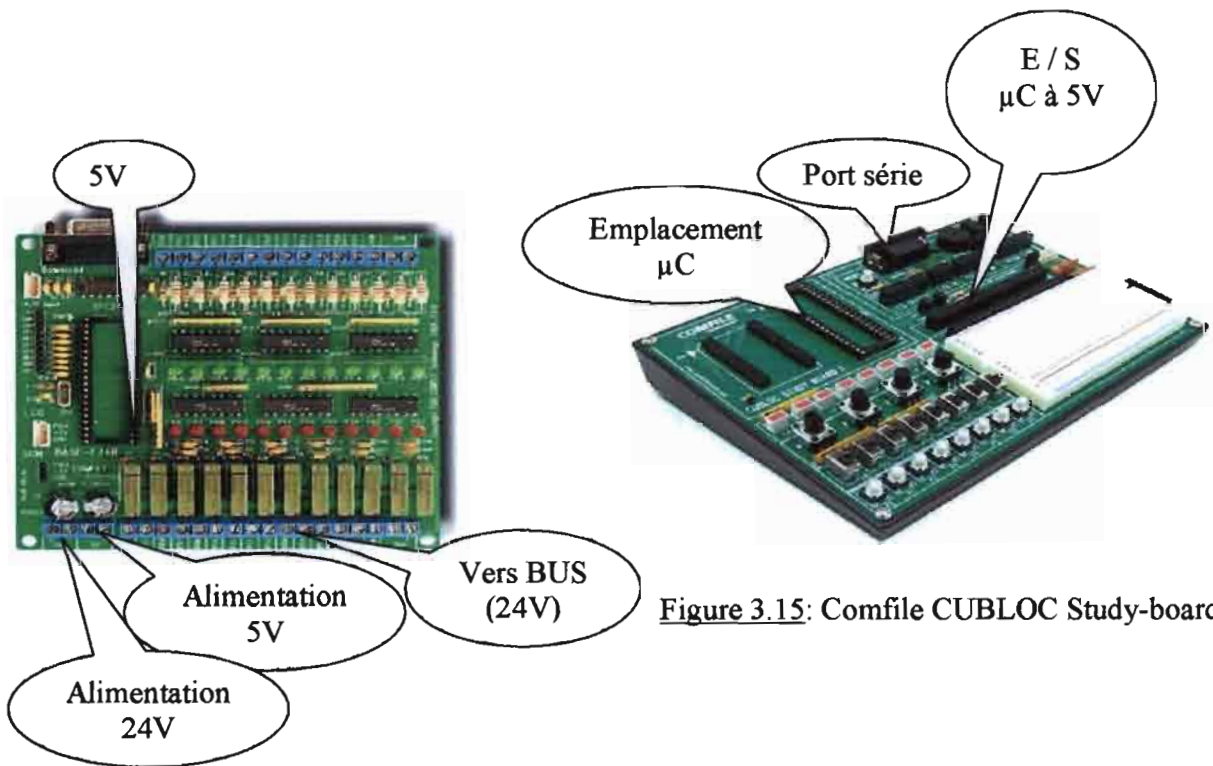


Figure 3.15: Comfile CUBLOC Study-board

Figure 3.14: Platine d'évaluation

II.3- Schéma de câblage :

Plaçons maintenant le module dans le dispositif comportant le microcontrôleur, la platine d'expérimentation CUBLOC, et la platine de conversion. Le schéma de câblage se présente comme montré à la figure 3.16 :

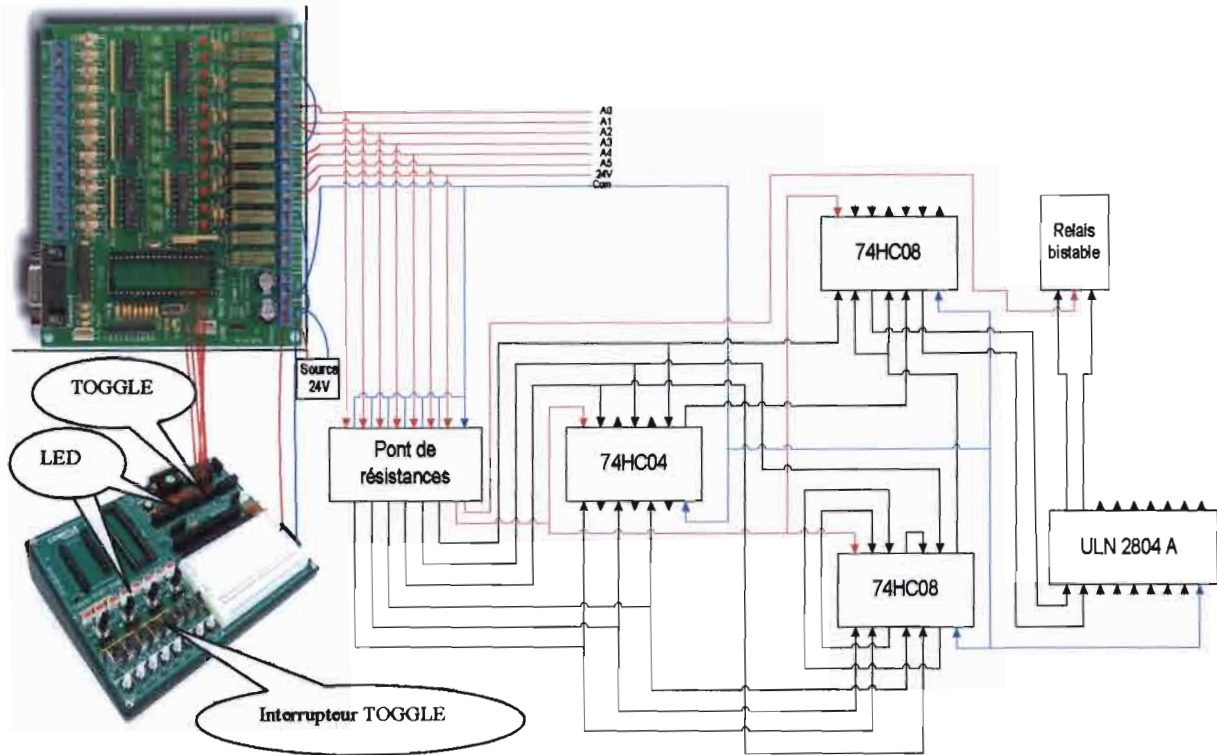


Figure 3.16 : Schéma de câblage du module 11111

Avant de placer le microcontrôleur, vérifions le câblage en branchant les fils de 5V de la platine de conversion au TOGGLE du CUBLOC Study-board et aussi aux LEDs pour visualiser l'état du bus. Alimentons les deux platines et mettons les interrupteurs en position haute (5V) (pour simuler l'adresse 11111).

Résultat :

Les niveaux de tension aux différentes parties du circuit sont corrects si nous les mesurons avec le multimètre. Nous constatons aussi dans la même occasion que le relais bascule dans l'une ou l'autre sens suivant que nous envoyons la commande A_5 (0 ou 5V). Quand nous envoyons d'autres adresses différentes de 11111, nous constatons que rien ne se passe.

II.4- Intégration du bouton poussoir :

Insérons maintenant un bouton poussoir (figure 3.18) dans le système pour l'envoi de commande manuelle. Il aura la même adresse que le module (11111). Dans la même occasion mettons des LEDs au niveau de chaque fils du bus pour voir à tout instant son état (figure 3.17).

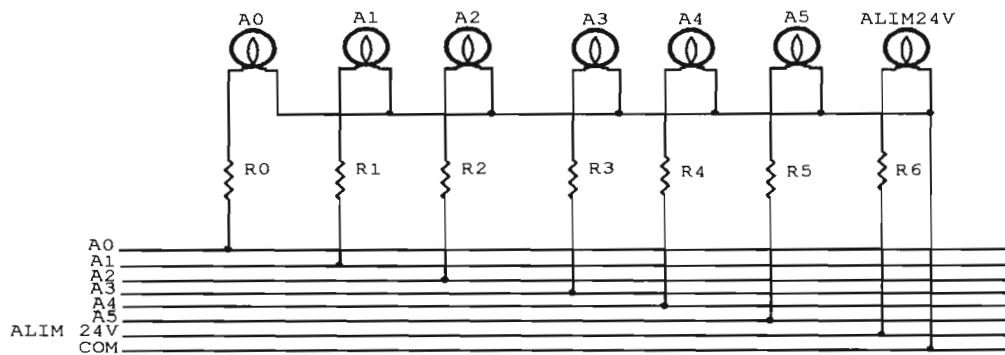


Figure 3.17 : LED pour visualisation état bus.

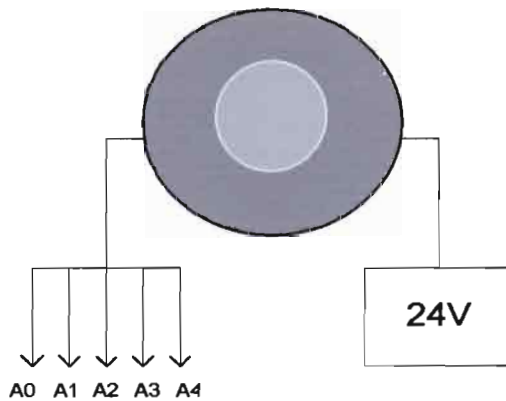


Figure 3.18 : Bouton poussoir

Rappelons d'après le principe de fonctionnement du module que nous avons deux possibilités pour la commande de l'éclairage :

1^{er} cas :

Si l'opérateur appuie sur le bouton poussoir, l'adresse 11111 est envoyée au microcontrôleur qui après analyse de la requête envoie, dans le bus, la trame 11111 représentant l'adresse qui l'a sollicité suivi de la commande A₅.

2^{em} cas :

Si l'opérateur veut commander l'éclairage directement à partir du PC ou de l'écran tactile, il entre l'adresse du module concerné suivi de la commande et le microcontrôleur se charge de l'exécuter.

Pour plus de visibilité dans la simulation, remplaçons le relais bistable par deux LEDs qui permettront de matérialiser les deux positions possibles du relais (figure 3.19).

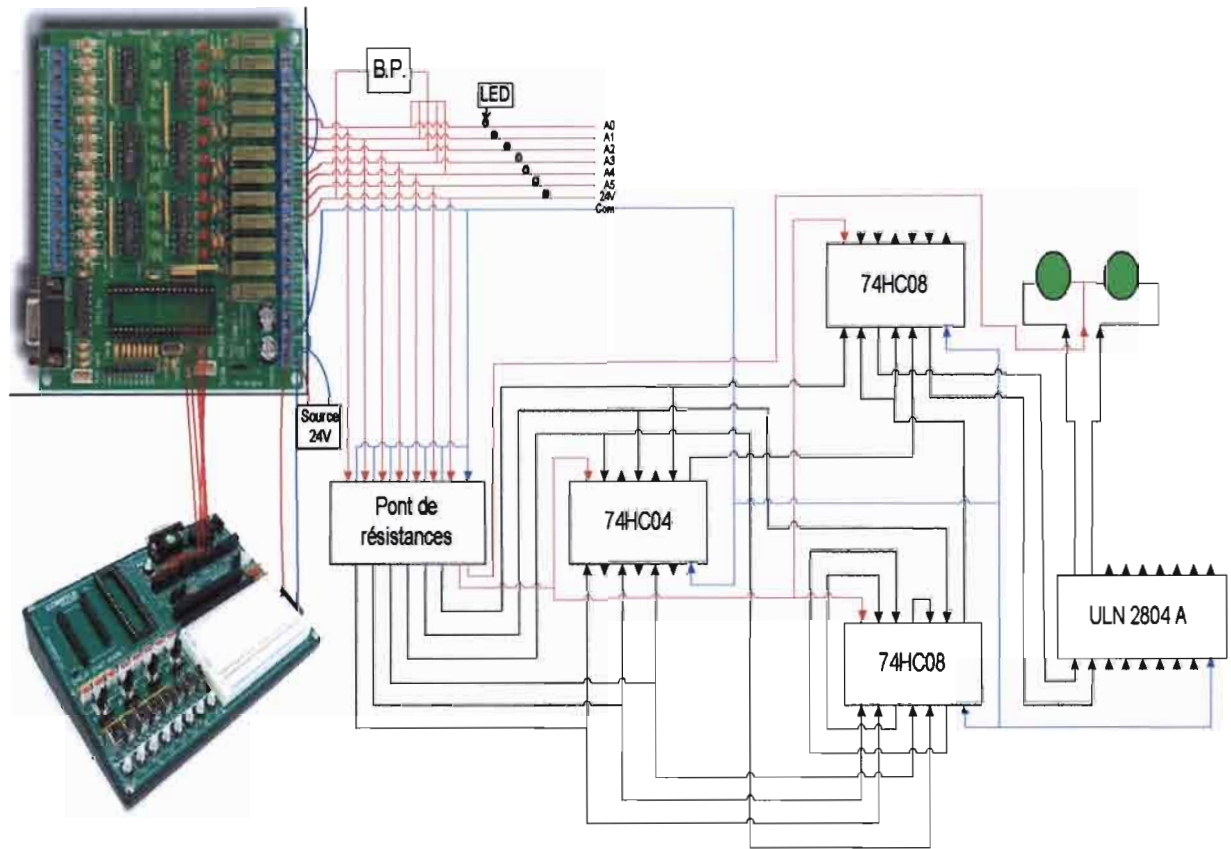


Figure 3.19 : Schéma de câblage module 11111 avec LED

Résultats :

Si nous appuyons sur le bouton poussoir et suivant aussi que nous agissons sur l'interrupteur A_5 du TOGGLE du CUBLOC Study-board, nous constatons que les deux LEDs matérialisant le relais s'allume inversement suivant la position de A_5 .

De même si nous agissons sur les interrupteurs des TOGGLES du CUBLOC Study-board nous obtenons les mêmes résultats que précédemment avant l'insertion des boutons poussoirs.

D'après le 1^{er} cas de figure du principe de fonctionnement, s'il y'a appui sur un bouton poussoir, l'adresse est envoyée au microcontrôle qui après analyse envoie la commande A_5 .

Mais après le câblage du module, nous constatons trois problèmes majeurs à savoir :

- s'il y a appui sur le bouton poussoir, le LED faisant office de relais s'allume ; alors que ça ne doit pas être le cas ;

- au niveau du bouton poussoir tous les fils, étant reliés, sont au même potentiel. Ce qui veut dire en d'autres termes que si au lieu de l'adresse 11111 nous installons un autre module d'adresse ayant au moins un 0, il se comportera comme celui qui a l'adresse 11111 puisque ses fils sont au même potentiel. De même si nous avons deux modules comme par exemple 11110 et 01101 qui sont sollicités au même moment, nous aurons l'adresse 11111 qui va être actif car tous les fils du bus sont à 1.
- s'il n'y a pas d'appui sur le bouton poussoir ou d'envoi de commande par microcontrôleur, certains LEDs du bus s'allument : ce qui veut dire qu'il y'a une tension au niveau de ces fils avec comme corollaire l'allumage du LED matérialisant le relais. Si nous mesurons les tensions des différents fils du bus avec le multimètre nous obtenons au niveau de certains d'entre eux des tensions avoisinant les 2 à 3V : ce qui est suffisant pour mettre à un niveau haut (1) les portes logiques allumant ainsi les LEDs.

Conséquences :

Pour résoudre ces problèmes, nous allons :

- ✓ dans un premier temps, placer des diodes sur les fils quittant le bouton poussoir pour bloquer le courant venant du bus avant qu'il n'attaque la jonction au niveau du bouton poussoir (voir figure 3.20),
- ✓ ensuite dans un second temps, placer des résistances pour forcer à zéro (0) les fils du bus qui ne sont pas sollicités (voir figure 3.21).

Matérialisons tout ceci par les schémas ci-dessous.

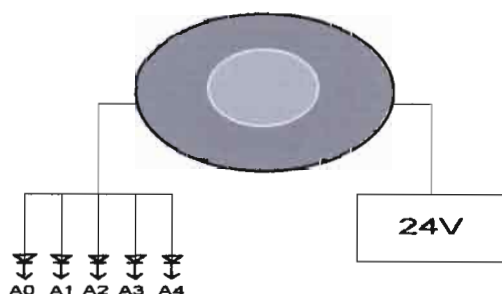


Figure 3.20 : Bouton poussoir avec diodes

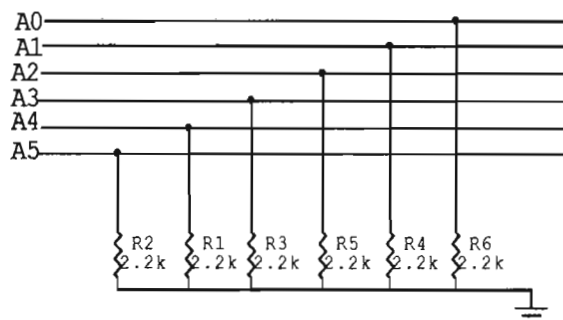


Figure 3.21 : Résistances pour mise à zéro

Installons ces nouveaux composants dans le module. Ce qui donne le schéma suivant (Figure 3.22):

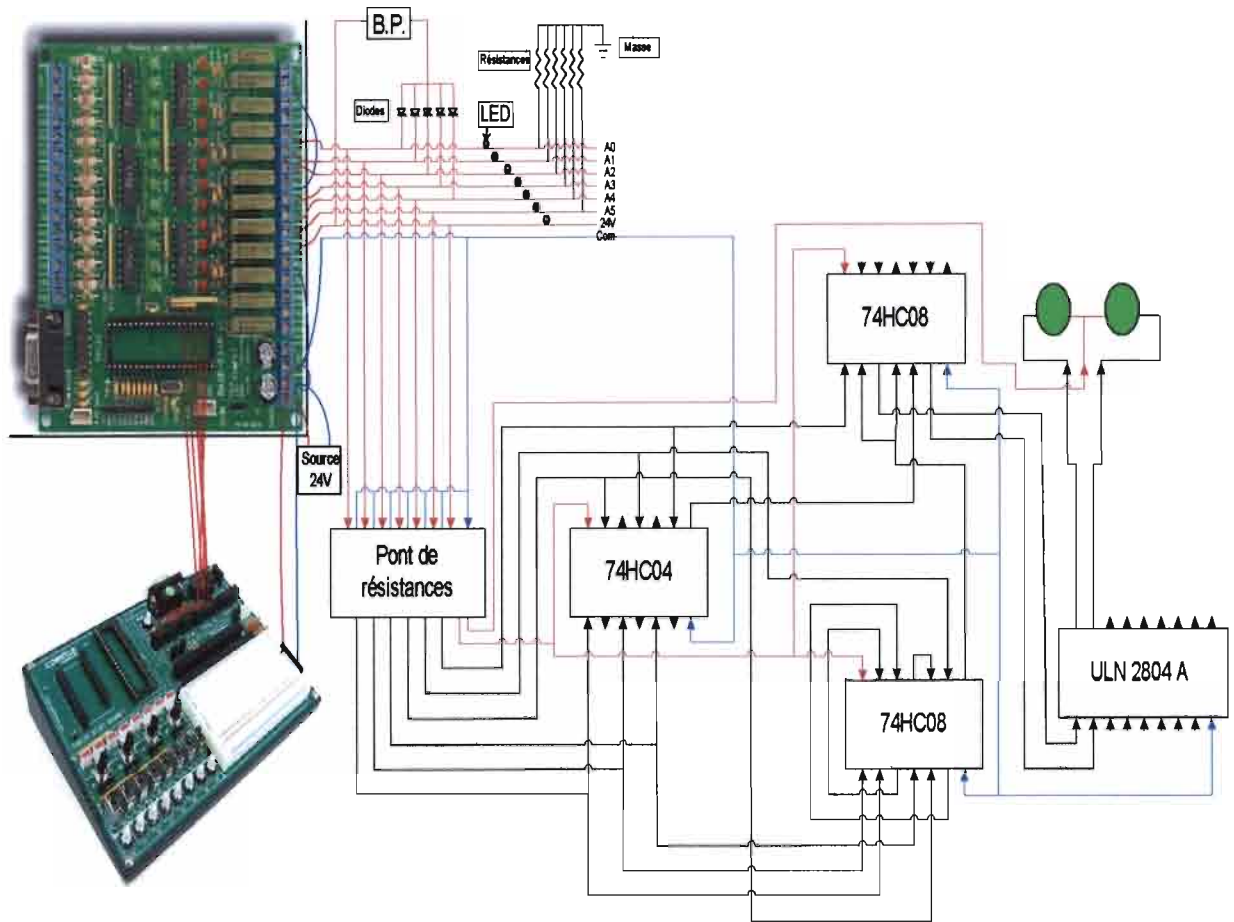


Figure 3.22 : Schéma de câblage module 11111 modifié

Si nous alimentons les deux platines, nous constatons que le problème relatif aux fils du bus qui ne se mettent pas à un niveau bas (0) lorsqu'ils ne sont sollicités, est résolu de même que le problème des fils du bouton poussoir qui étaient au même potentiel.

La défaillance observée avec le bouton poussoir subsiste toujours ; c'est-à-dire il allume les LEDs matérialisant le relais alors qu'il ne devait servir qu'à solliciter le microcontrôleur qui envoie la commande d'allumage ou d'extinction de la lampe.

Cette défaillance est due au fait qu'il n'y a rien qui interdit la commande des portes logiques par les boutons poussoirs. Pour cela revoyons le câblage des portes logiques.

Le schéma de câblage des portes se présentent comme suit (figure 3.23):

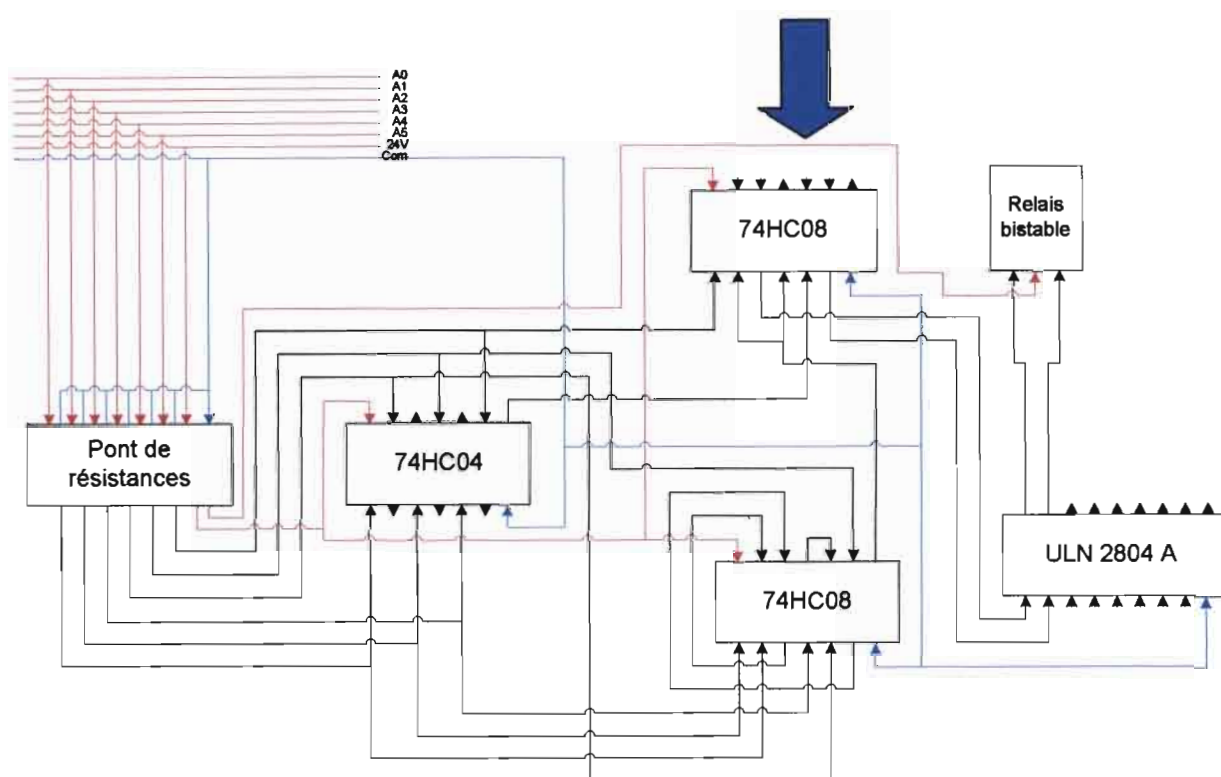


Figure 3.23 : Schéma module 11111

Le dernier composant 74HC08 qui alimente le Darlington ULN 2804A a deux portes ET qui ne sont pas utilisées. Récupérons les deux sorties connectées au Darlington et mettons les comme entrées de chacune des deux dernières portes avec un autre fils qui servira pour l'autre entrée. Tant que le fil n'est pas alimenté et que l'autre entrée avec laquelle il est couplé n'est pas à 1, la sortie sera à un niveau bas.

Pour ce fait comme un câble FTP est utilisé, il contient un neuvième (9^{ème}) fils nu non utilisé jusqu'à présent. Nous allons utiliser ce fil à cet effet.

Comme les portes fonctionnent avec du 5V au niveau haut, connectons le fil à une sortie du microcontrôleur dans le CUBLOC Study board. Ce fil est commandé directement par le microcontrôleur.

Nous obtenons le schéma de la figure 3.24 suivante :

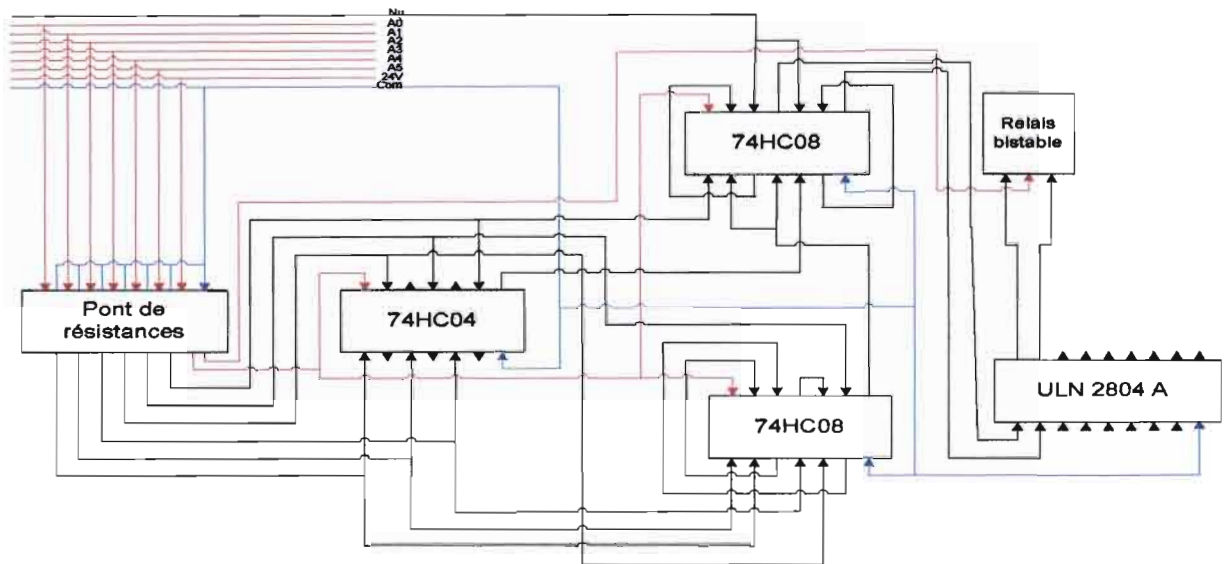


Figure 3.24 : Schéma module 11111 avec Nu

Insérons maintenant le schéma ainsi modifié dans le dessin de câblage général pour tester si le problème des boutons poussoirs subsiste toujours. (figure 3.25)

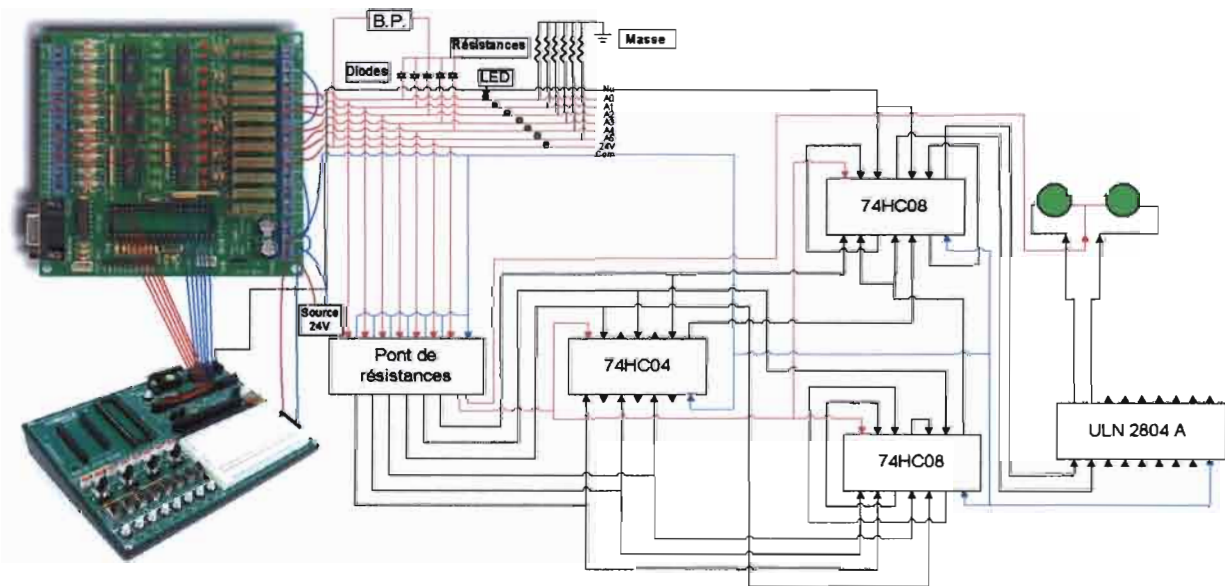


Figure 3.25 : Schéma de câblage module 11111 modifié avec Nu

Après alimentation des deux platines, si nous appuyons sur le bouton poussoir nous constatons que les LEDs concernés du bus s'allument et que les deux LEDs matérialisant le relais bistable ne s'allument pas. Si nous alimentons le fil Nu et appuyons sur le bouton poussoir, une des LEDs s'allume suivant la commande A₅ : ce que est conforme aux résultats désirés.

Résultat :

Les trois problèmes majeurs rencontrés, à savoir les boutons poussoirs qui allumaient les LEDs, la tension au niveau des fils du bus qui n'était pas nulle s'il n'y a pas de commande ou les fils du bus qui étaient au même potentiel si au moins un d'entre eux étaient à un niveau haut, sont résolus par l'utilisation des diodes, des résistances et du neuvième (9^{ème}) fil.

Maintenant le bouton poussoir et les interrupteurs du Study board commandent correctement le module.

Comme le câblage utilisé au niveau du CUBLOC Study board (branchement au TOGGLE) a été fait pour simuler le comportement du module face à des tensions similaires à celles délivrées par le microcontrôleur, nous pouvons maintenant connecter le bus directement aux entrées-sorties du microcontrôleur dans la mesure où les résultats escomptés ont été obtenus. A la fin du câblage nous obtenons le schéma de la figure 3.26 suivante.

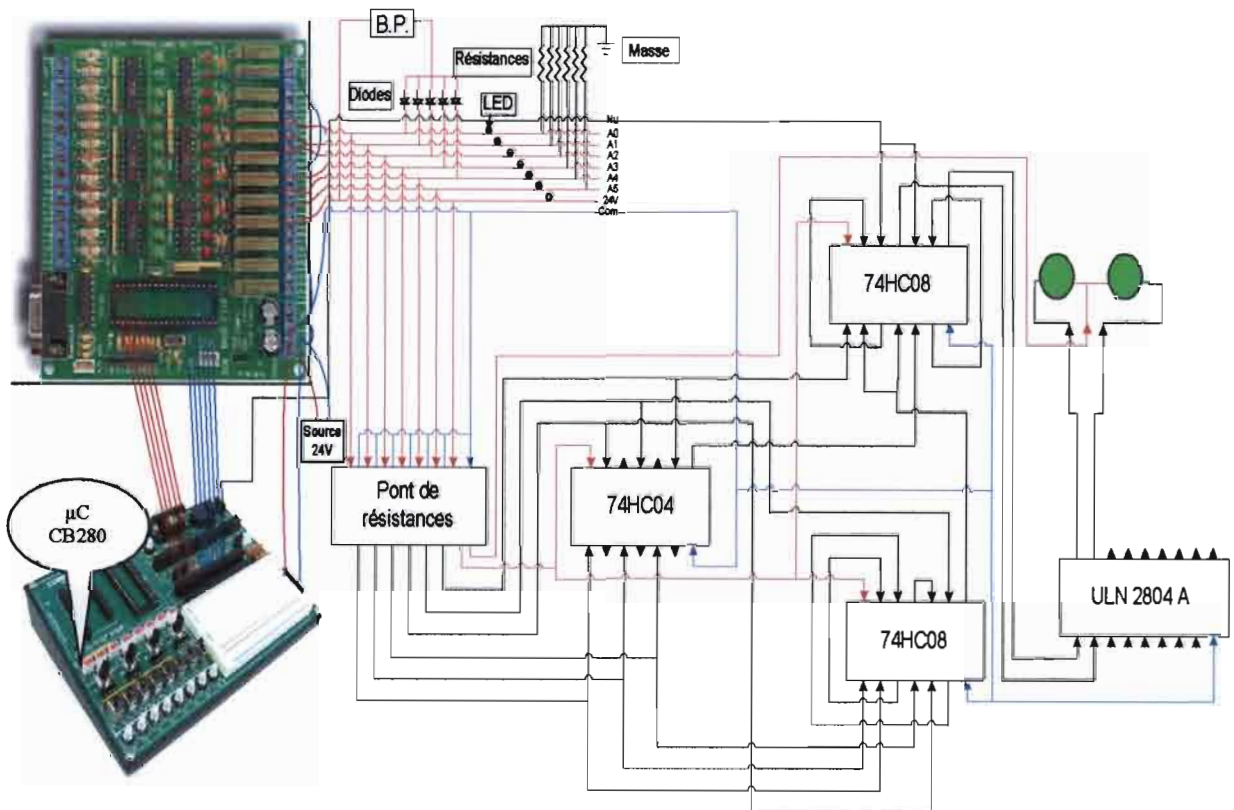


Figure 3.26 : Schéma du module 11111 avec Nu connecté au μ C.

Après avoir réaliser le câblage, plaçons maintenant le microcontrôleur, puis le programmer afin de pouvoir envoyer des commandes à partir de l'ordinateur.

II.5- Programmation du microcontrôleur CUBLOC CB280 :

Cette phase est constituée d'un certain nombre d'étapes qui peuvent être décrite comme suit :

- tout d'abords lancer le logiciel CUBLOC Studio
- écrire les programmes en BASIC et en LADDER
- charger le programme sur le microcontrôleur
- envoyer les commandes via le PC grâce par exemple au logiciel PComm Terminal Emulator.

II.5.1- Présentation du programme :

Le programme qui va être chargé dans la mémoire du microcontrôleur est décrite ci-dessus et il permettra d'envoyer des commande à partir du PC ou des boutons poussoirs.

a) Programme BASIC :

Const Device = CB220	'Déclaration du microcontrôleur
Dim tampon(1) As Byte	
Opencom 0,9600,3,30,20	'Ouverture du port de communication
Usepin 1,In	'Déclaration des inputs à utiliser (Réception des commandes boutons poussoirs)
Usepin 2,In	
Usepin 3,In	
Usepin 4,In	
Usepin 5,In	
Usepin 6,Out	'Déclaration des ouputs à utiliser (Transmission des commandes des lumières)
Usepin 7,Out	
Usepin 8,Out	
Usepin 9,Out	
Usepin 10,Out	
Usepin 11,Out	
Usepin 12,Out	


```

Set Ladder On                                'Activation de l'utilisation du programme Ladder
On Ladderint Gosub Evenement                 'Sur interruption aller dans la routine Evenement
On timer(50) Gosub Interruption
Do
Loop
Interruption:
If Blen(0,0)>0 Then
    _M(21)=1
    Geta 0,tampon,1
    _M(12)=1
    If tampon(0)=&HA0 Then                    'Envoi commande Adresse 11111
        _M(6)=1
        _M(7)=1
        _M(8)=1
        _M(9)=1
        _M(10)=1
        Delay 2000
    End If
Delay 5000
    _M(6)=0                                    'Mise à zéro 0 du bus
    _M(7)=0
    _M(8)=0
    _M(9)=0
    _M(10)=0
    _M(11)=0
    _M(12)=0
Delay 1000
    _M(21)=0
End If
Return

```

Evenement:

If $_M(21)=0$ Then

 If $_D(0)=2$ Then

 'Bouton poussoir Module A0 appuyé

$_M(6)=1$

$_M(7)=1$

$_M(8)=1$

$_M(9)=1$

$_M(10)=1$

$_M(12)=1$

 If $_M(22)=0$ Then

 'Etat précédent

$_M(11)=1$

$_M(22)=1$

 Else

$_M(11)=0$

$_M(22)=0$

 End If

 End If

 Delay 5000

$_M(6)=0$

$_M(7)=0$

$_M(8)=0$

$_M(9)=0$

$_M(10)=0$

$_M(11)=0$

$_M(12)=0$

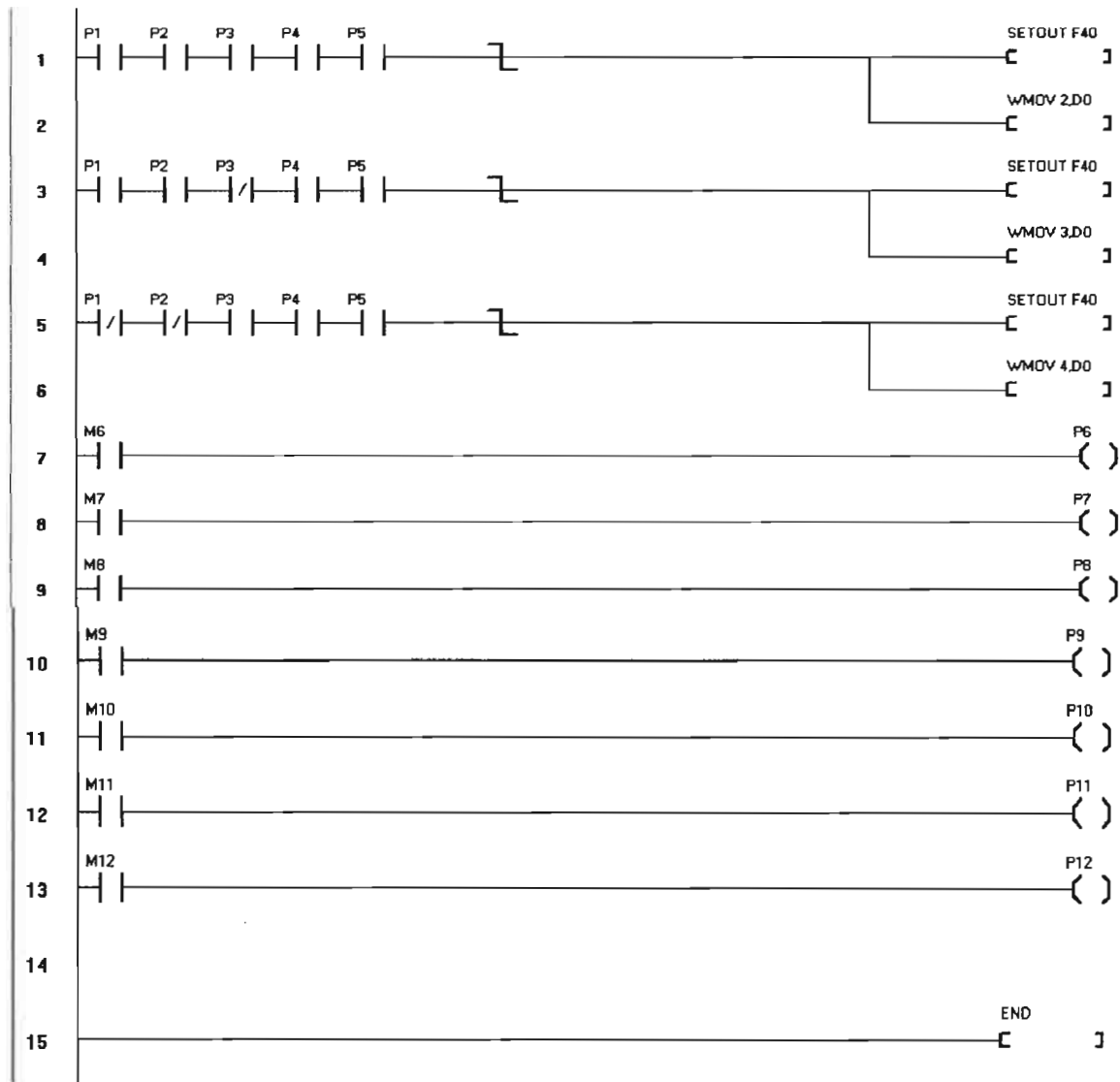
 Delay 1000

End If

Return

End

b) Programme LADDER :



Maintenant, après chargement du programme, nous pouvons lancer les commandes et appuyer sur le bouton poussoir voir le comportement du module.

II.5.2- Conclusion :

Nous pouvons constater que le module fonctionne correctement ; les différents LEDs répondent normalement aux différentes commandes (par PC ou par bouton poussoir).

Après cette phase, insérons deux autres modules afin de vérifier le fonctionnement du système en présence d'autres modules. Prenons en plus du module d'adresse 11111, les modules d'adresses 00111 et 11011.

II.6- Intégration de deux autres modules dans le système :

II.6.1- Schéma de câblage :

Les schémas de câblages des deux modules (11011 et 00111) sont présentés avec les figures 3.27 et 3.28 suivantes :

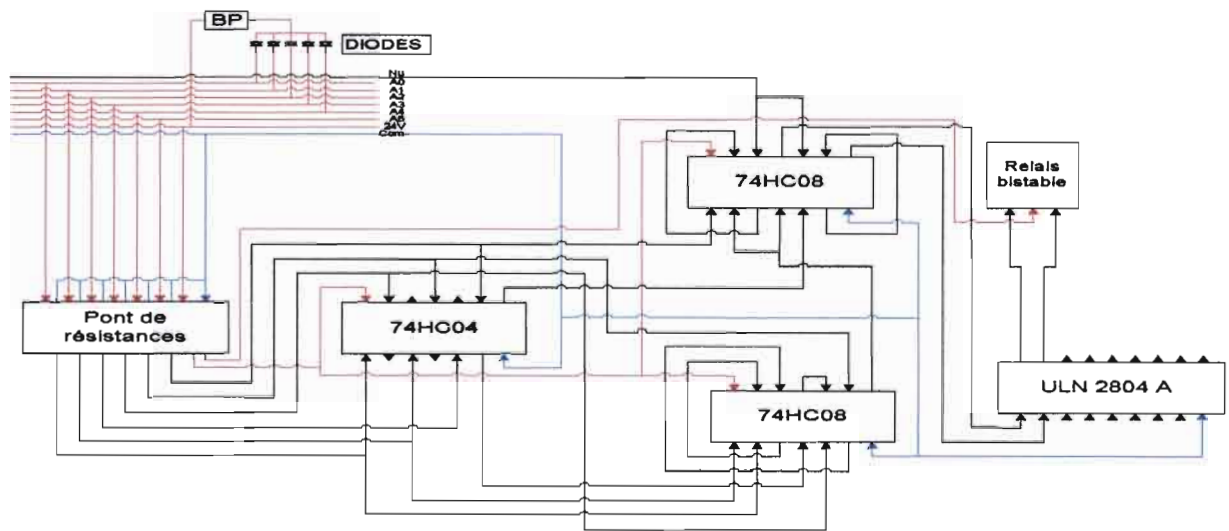


Figure 3.27 : Schéma de câblage module 11011.

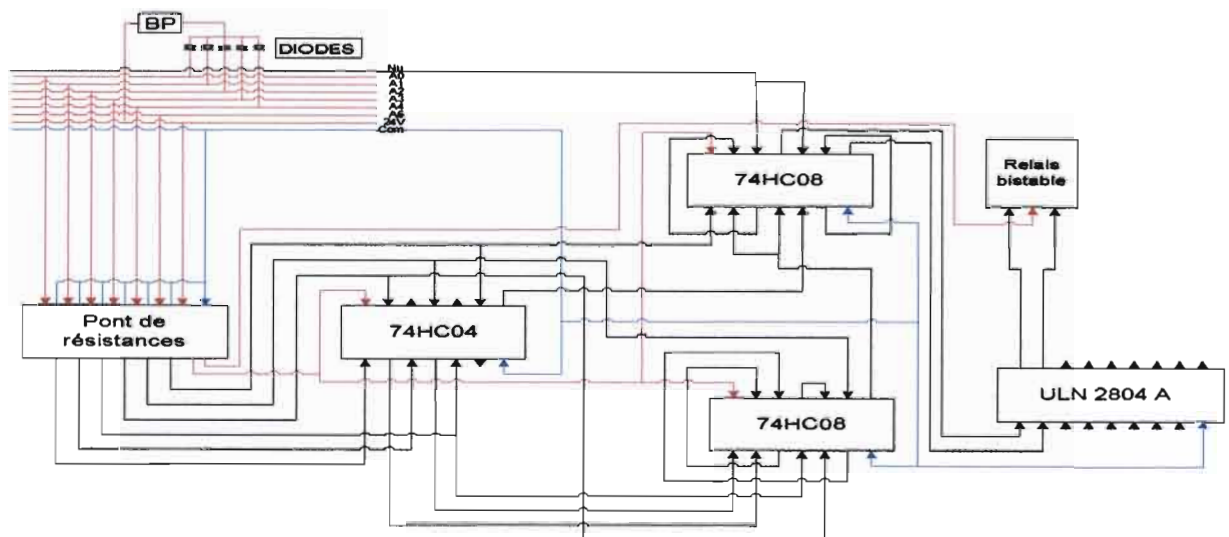


Figure 3.28 : Schéma de câblage module 00111.

Comme il a été dit plus haut, intégrons ces deux modules dans le système ce qui va donner le schéma d'ensemble qui se présente comme l'indique la figure 3.29 suivante :

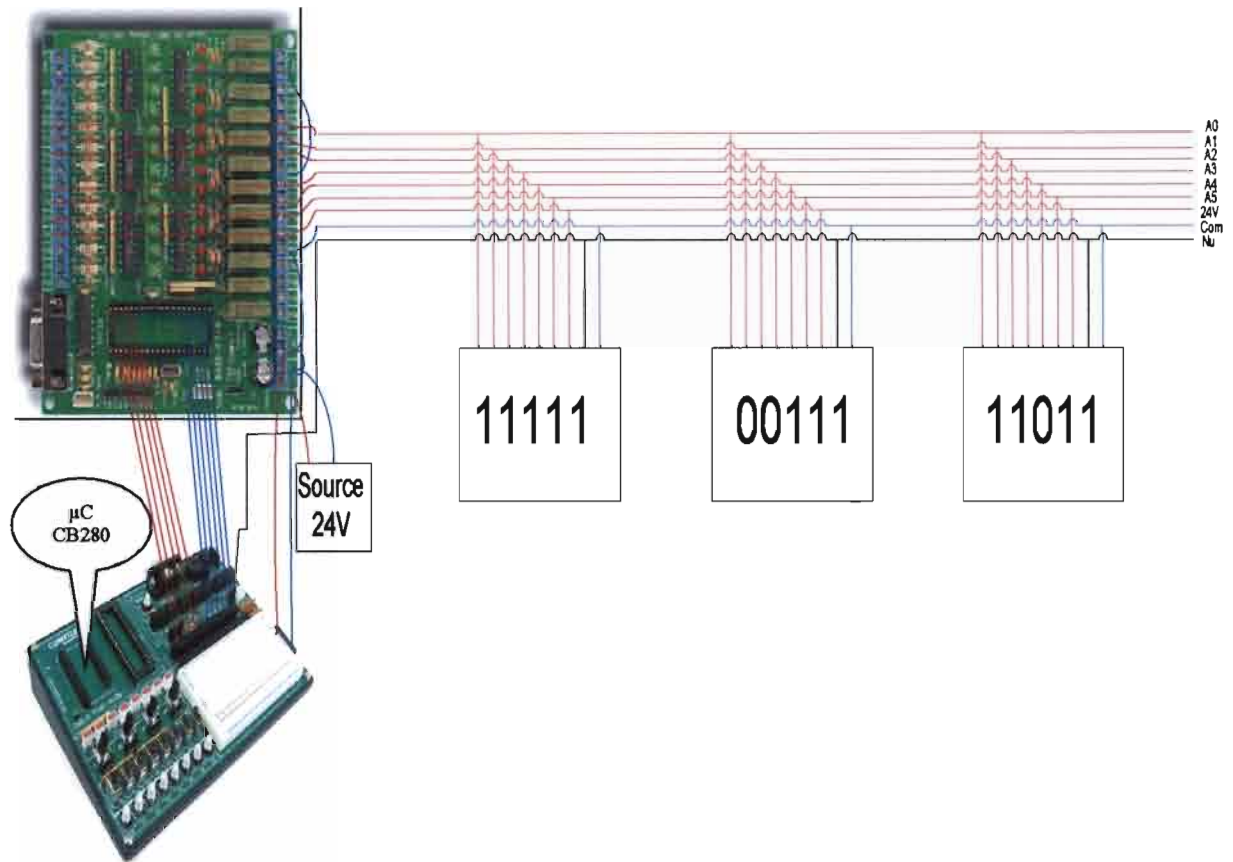


Figure 3.29 : Schéma d'ensemble du système avec les trois modules.

Après avoir réaliser le câblage de l'ensemble, dans un premier temps programmons le microcontrôleur, ensuite dans un second temps lançons la simulation afin de vérifier son fonctionnement en mode manuel et en mode automatique.

II.6.2- Programmation de l'ensemble :**a) Programme BASIC :**

```

Const Device = CB280           'Déclaration du microcontrôleur
Dim tampon(3) As Byte

Opencom 0,9600,3,30,20        'Ouverture du port de communication
Usepin 1,In                    'Déclaration des inputs à utiliser (Réception des commandes
                                boutons poussoirs)

Usepin 2,In
Usepin 3,In
Usepin 4,In
Usepin 5,In

Usepin 6,Out                    'Déclaration des ouputs à utiliser (Transmission des
                                commandes des lumières)

Usepin 7,Out
Usepin 8,Out
Usepin 9,Out
Usepin 10,Out
Usepin 11,Out
Usepin 12,Out

Set Ladder On                  'Activation de l'utilisation du programme Ladder
On Ladderint Gosub Evenement   'Sur interruption aller dans la routine Evenement
On timer(50) Gosub Interruption

Do

Loop

Interruption:
If Blen(0,0)>1 Then
    Geta 0,tampon,2
    _M(12)=1
    If tampon(0)=&HA0 Then      'Envoi commande module1111
        _M(6)=1
        _M(7)=1
        _M(8)=1
        _M(9)=1
        _M(10)=1
    If tampon(1)=&HB0 Then
        _M(11)=1
    Elseif tampon(1)=&HB1 Then
        _M(11)=0
    End If

```

```

Elseif tampon(0)=&HA1 Then                                'Envoi commande module 11011
    _M(6)=1
    _M(7)=1
    _M(8)=0
    _M(9)=1
    _M(10)=1
    If tampon(1)=&HB0 Then
        _M(11)=1
    Elseif tampon(1)=&HB1 Then
        _M(11)=0
    End If

Elseif tampon(0)=&HA2 Then                                'Envoi commande module 00111
    _M(6)=0
    _M(7)=0
    _M(8)=1
    _M(9)=1
    _M(10)=1
    If tampon(1)=&HB0 Then
        _M(11)=1
    Elseif tampon(1)=&HB1 Then
        _M(11)=0
    End If
End If
Delay 5000
_M(6)=0                                                    'Mise à 0 du bus
_M(7)=0
_M(8)=0
_M(9)=0
_M(10)=0
_M(11)=0
_M(12)=0
End If
Return

```

Evenement:

```

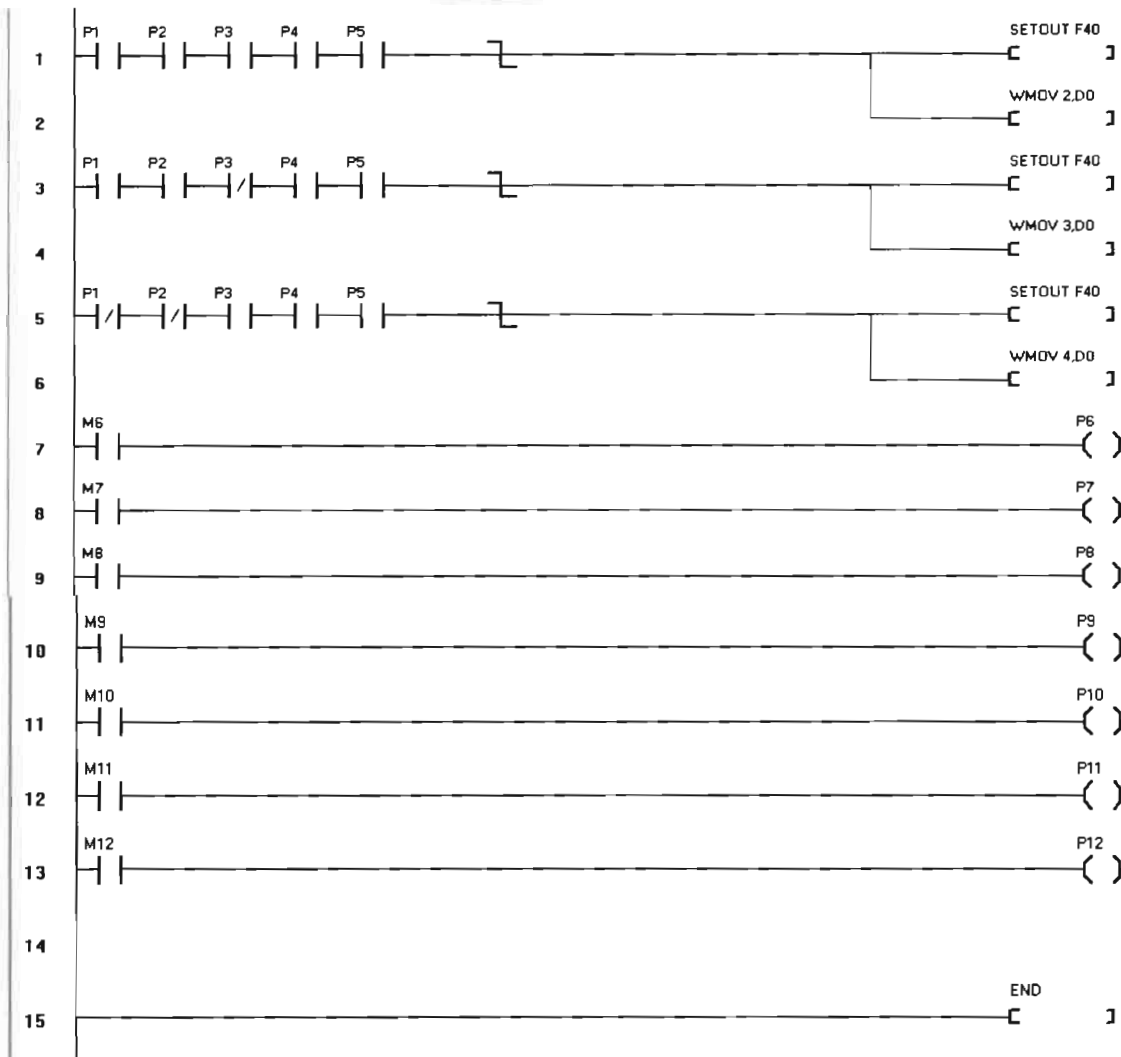
If _D(0)=2 Then                                           'Bouton Module 11111 appuyé
    _M(6)=1
    _M(7)=1
    _M(8)=1
    _M(9)=1
    _M(10)=1
    _M(12)=1

```

```

    If _M(21)=0 Then          'Etat précédent
        _M(11)=1
        _M(21)=1
    Else
        _M(11)=0
        _M(21)=0
    End If
Elseif _D(0)=3 Then        'Bouton Module 11011 appuyé
    _M(6)=1
    _M(7)=1
    _M(8)=0
    _M(9)=1
    _M(10)=1
    _M(12)=1
    If _M(22)=0 Then
        _M(11)=1
        _M(22)=1
    Else
        _M(11)=0
        _M(22)=0
    End If
Elseif _D(0)=4 Then        'Bouton Module 00111 appuyé
    _M(6)=0
    _M(7)=0
    _M(8)=1
    _M(9)=1
    _M(10)=1
    _M(12)=1
    If _M(23)=0 Then
        _M(11)=1
        _M(23)=1
    Else
        _M(11)=0
        _M(23)=0
    End If
End If
Delay 5000
_M(6)=0                    'Mise à 0 du bus
_M(7)=0
_M(8)=0
_M(9)=0
_M(10)=0
_M(11)=0
_M(12)=0
End

```


b) Programme LADDER:**III- CONCLUSION PARTIELLE :**

Après édition du programme et son chargement dans la mémoire du microcontrôleur, nous constatons les résultats suivants :

- ✓ S'il y'a appui sur l'un quelconque des boutons poussoirs, le module concerné fonctionne correctement.
- ✓ Si via le PC nous envoyons une commande, le module répond correctement.
- ✓ Si nous envoyons une adresse quelconque en dehors de celle des modules, rien ne se passe.

D'après ces résultats observés, nous pouvons en déduire que le module éclairage satisfait aux cahiers de charges et il donne les résultats escomptés.

B- LE MODULE CLIMATISATION :

INTRODUCTION :

Dans la même optique que le module éclairage, celui pour la climatisation devra nous permettre de pouvoir allumer ou éteindre les climatiseurs manuellement ou par télécommande ou via le PC à tout instant.

Pour cela nous allons utiliser le même bus qui a servi pour le transfert du signal avec le module éclairage.

I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

I.1- Description :

D'après le principe de fonctionnement des climatiseurs splits, ils n'ont besoin que d'une impulsion électrique pour leur allumage ou leur extinction. Pour cela, nous pourrions mettre en place un circuit logique dont les entrées viendront du bus et les sorties reliées à un relais monostable qui va envoyer l'impulsion électrique.

Cependant seulement sept (7) fils du bus seront utilisés en plus du fil Nu pour réaliser le câblage comme montré à la figure 3.30. Ceci est motivé par le fait que nous n'avons besoin que d'une seule impulsion ; il n'y a pas de commande A5 à envoyer comme pour le module éclairage où nous avons un relais bistable.

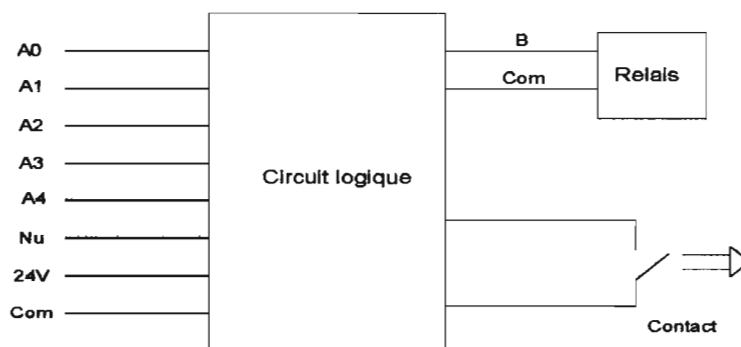


Figure 3.30 : Principe de base du circuit

En plus de ce fonctionnement par commande à partir d'un PC, nous aurons toujours le mode de fonctionnement par télécommande, et le mode manuel.

I.2- Logigramme du circuit :

L'expression logique du circuit est donné par :

$$A_0A_1A_2A_3A_4N_u = B$$

Matérialisons cette expression par le Logigramme de la figure suivante :

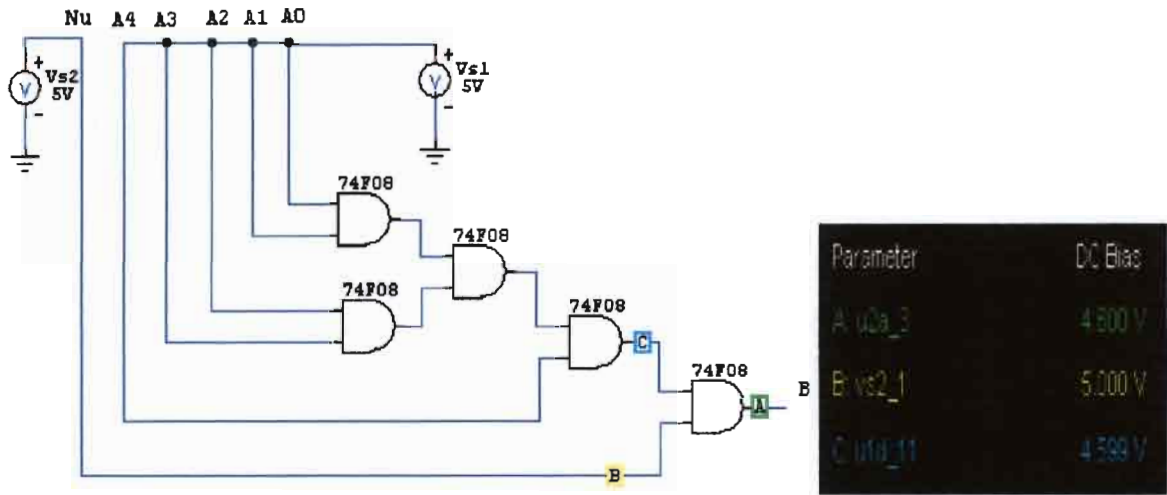


Figure 3.31 : Logigramme du circuit

Comme pour le module éclairage, des portes logiques ET du type HCMOS (7408) sont utilisées. Donc nous aurons la même structure pour les ponts de résistances qui vont être utilisés comme montré à la figure 3.32.

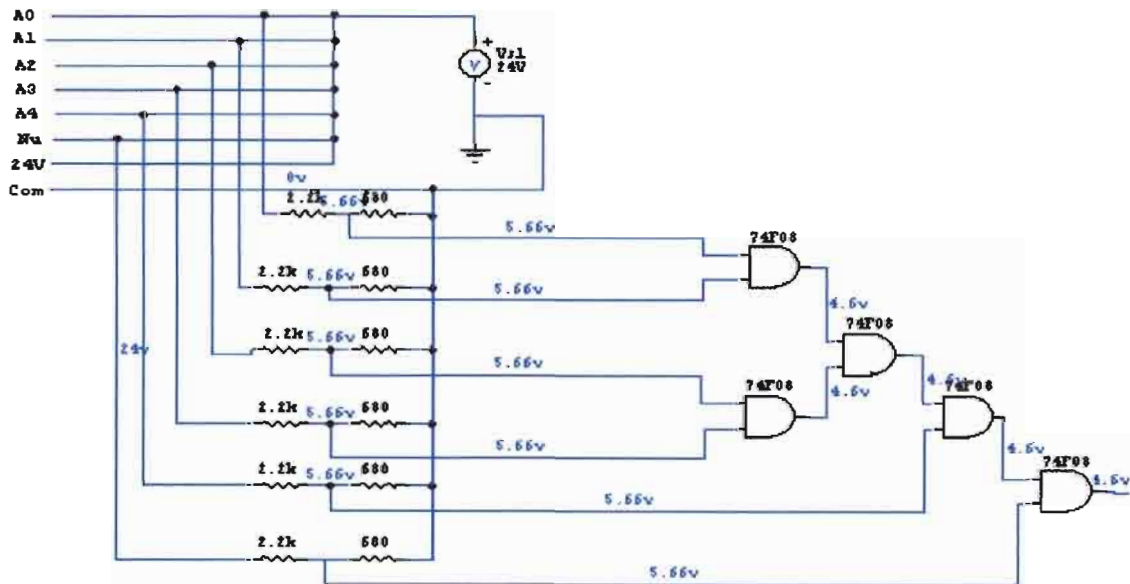


Figure 3.32 : Logigramme du circuit avec pont de résistances

Après insertion des ponts de résistances, nous obtenons de niveaux de tensions correctes (près de 5V) pour l'alimentation des portes logiques. De plus si les fils $A_0A_1A_2A_3A_4$ et le fil Nu sont au niveau haut (5V) la valeur en B sera aussi au niveau haut : ce qui est conforme à l'expression logique $B = A_0A_1A_2A_3A_4Nu$.

L3- Alimentation du relais :

Le signal récupéré au niveau de la dernière porte ET va passer dans le Darlington ULN 2804A comme dans le module éclairage avant d'atteindre le relais monostable dont la tension d'alimentation est de 12V. Pour les besoins de la simulation, nous utiliserons un LED pour matérialiser le climatiseur.

L'alimentation sera délivrée par la source de 24V. Donc il va falloir prévoir un pont de résistances qui va nous permettre d'effectuer cette chute de tension. Puisque nous avons les mêmes caractéristiques entre le relais bistable du module éclairage et le monostable du module climatisation, nous aurons les mêmes éléments pour le pont de résistances qui se présente comme montré à la figure 3.33 suivante.



Figure 3.33 : Pont de résistances pour le relais

Ce qui nous donne le schéma du pont de résistances dans son ensemble avec la figure 3.34 suivante.

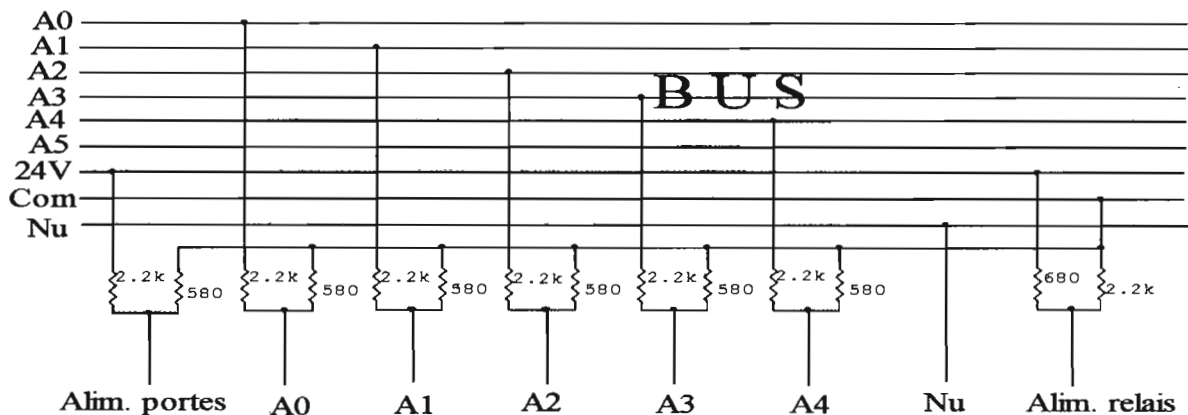


Figure 3.34 : Pont de résistances avec les différentes valeurs

I.4- Simulation du montage :

Plaçons maintenant ces différents ponts dans le logigramme et faisons la simulation sur CircuitMaker. Ce qui nous donne le schéma de la figure 3.35 suivante :

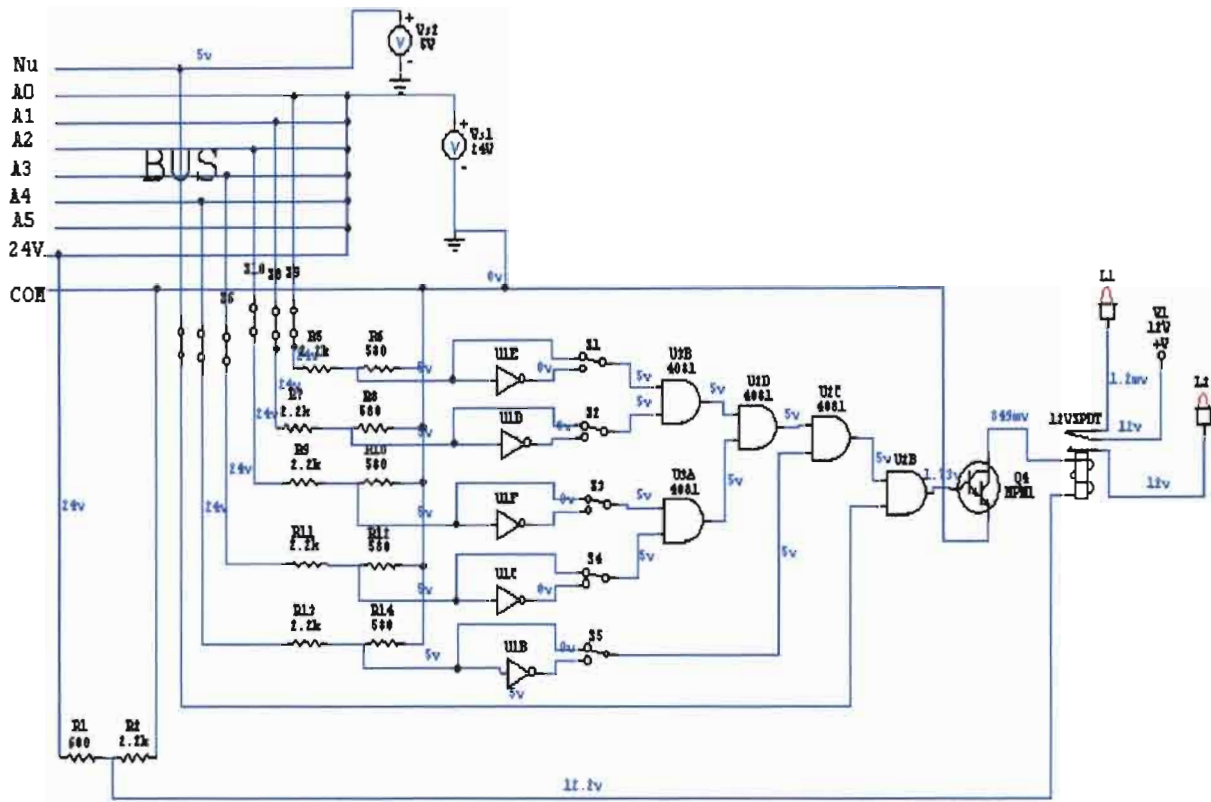


Figure 3.35 : Simulation du circuit avec CircuitMaker

Résultats :

D’après la figure 3.35, il est à remarquer que si la trame $A_0A_1A_2A_3A_4Nu = 111111$ est envoyée, le relais bascule créant au même moment une différence de potentielle ce qui allume le LED.

Lorsqu’une trame autre que celle correspondant à 111111 est envoyée, il ne se passe rien au niveau du relais ; ce qui est compréhensible puisque le câblage du module est réalisé pour n’être conforme qu’à l’adresse 11111.

Après cette phase, nous pouvons maintenant passer à la réalisation du prototype.

II- REALISATION DU PROTOTYPE :

II.1- Schéma synoptique :

La réalisation du prototype est faite sur la base du module d'adresse 11111. Le câblage du circuit logique correspondant avec tous les composants donne le schéma de la figure 3.36 suivante.

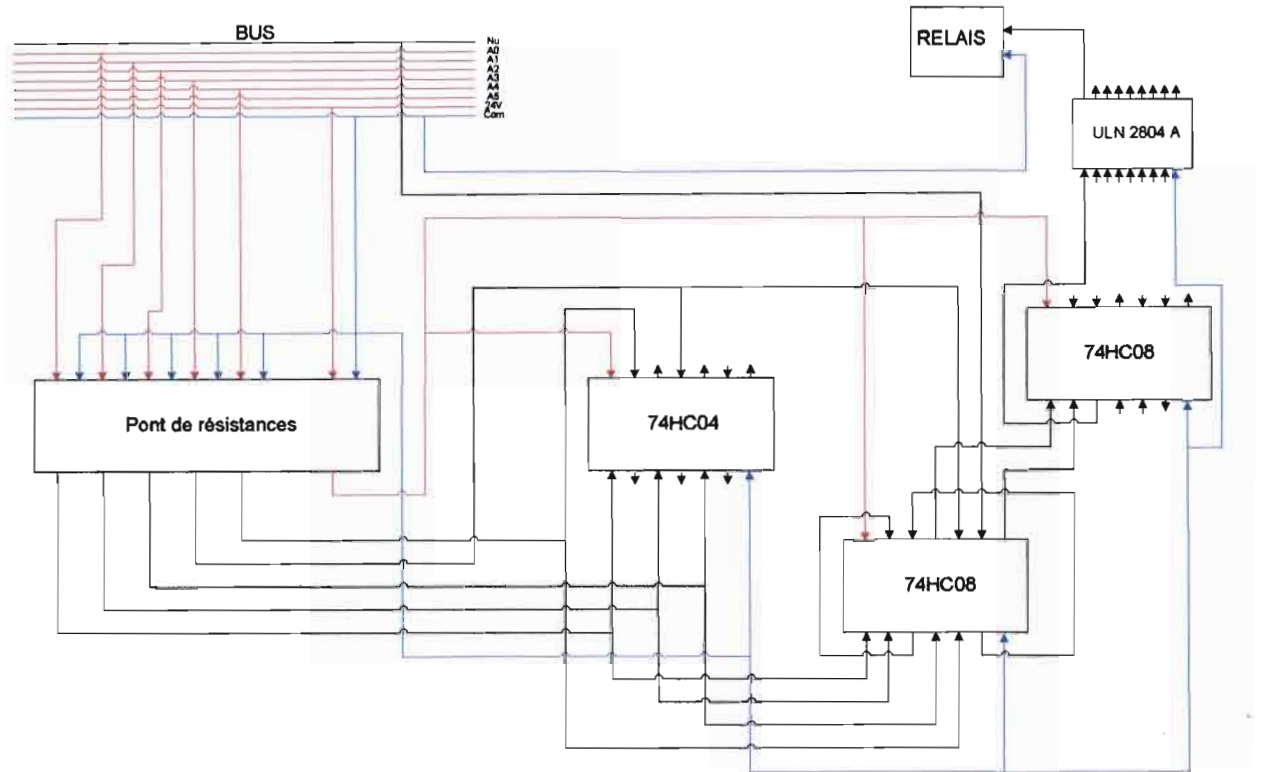


Figure 3.36 : Schéma module climatisation 11111

En ce qui concerne l'alimentation du bus pour simuler le comportement du module, nous utiliserons les platines d'évaluation du TyniPLC TPC-26 Study-board et Comfile CUBLOC Study-board.

II.2- Schéma de câblage :

Plaçons le module dans le dispositif comportant le microcontrôleur, la platine d'expérimentation CUBLOC et la platine de conversion. Pour plus de visibilité aussi, nous remplacerons le relais monostable par un LED lors de la simulation. Le schéma de câblage se présente comme décrit à la figure 3.37 suivante.

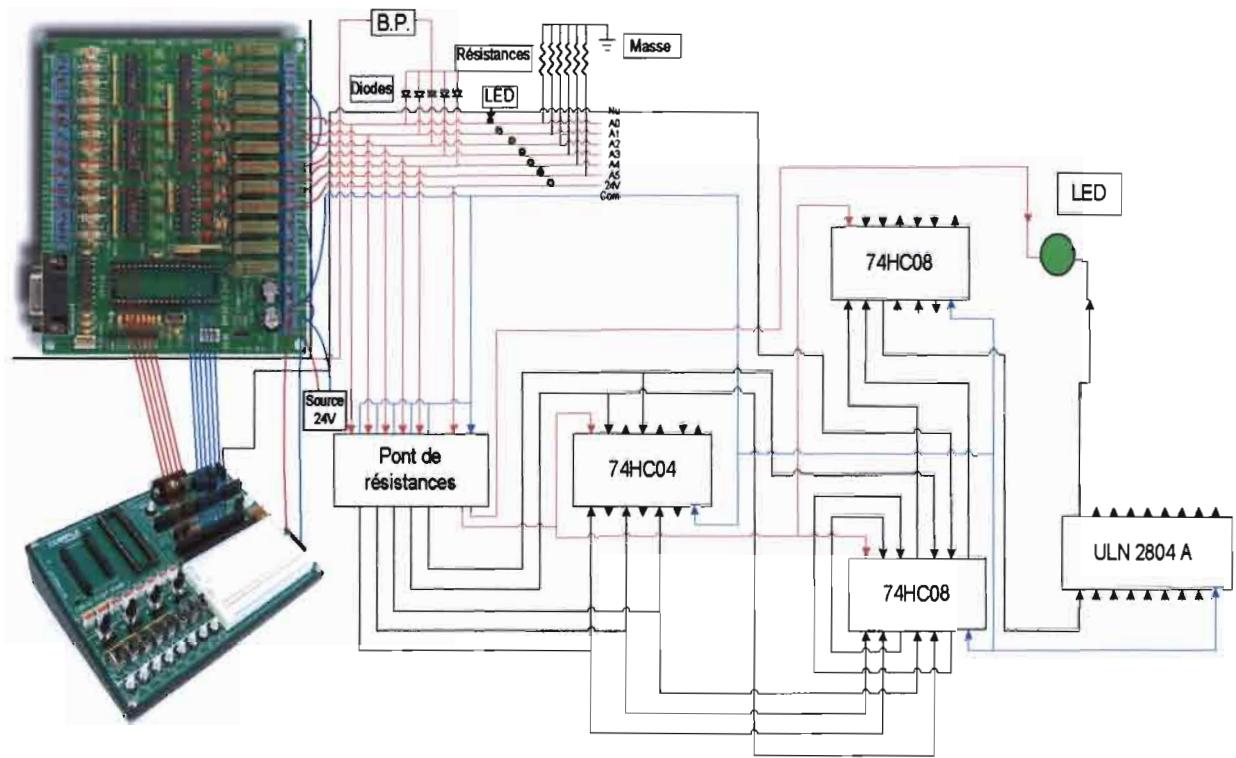


Figure 3.37 : schéma câblage module climatisation 11111

Une fois le câblage terminé, nous allons placer le microcontrôleur et passer à la programmation.

II.3- Programmation du microcontrôleur CUBLOC CB280 pour le module climatisation:

a)- Programme BASIC :

Opencom 0,9600,3,30,20

Usepin 1,In

Usepin 2,In

Usepin 3,In

Usepin 4,In

Usepin 5,In

Usepin 6,Out

Usepin 7,Out

Usepin 8,Out

Usepin 9,Out

Usepin 10,Out

Usepin 11,Out

'Ouverture du port de communication

'Déclaration des inputs à utiliser (Réception des commandes boutons poussoirs)

'Déclaration des outputs à utiliser (Transmission des commandes des climatiseurs)

```
Set Ladder On
On Ladderint Gosub Evenement
On timer(50) Gosub Interruption
```

```
'Activation de l'utilisation du programme Ladder
'Sur interruption aller dans la routine Evenement
```

```
Do
```

```
Loop
```

```
Interruption:
```

```
If Blen(0,0)>0 Then
```

```
  _M(21)=1
```

```
  Geta 0,tampon,1
```

```
  _M(11)=1
```

```
  If tampon(0)=&HA0 Then
```

```
    _M(6)=1
```

```
    _M(7)=1
```

```
    _M(8)=1
```

```
    _M(9)=1
```

```
    _M(10)=1
```

```
    Delay 2000
```

```
  End If
```

```
'Envoi commande adresse 11111 par PC
```

```
  _M(6)=0
```

```
  _M(7)=0
```

```
  _M(8)=0
```

```
  _M(9)=0
```

```
  _M(10)=0
```

```
  _M(11)=0
```

```
  Delay 1000
```

```
  _M(21)=0
```

```
End If
```

```
Return
```

```
'Mise à 0 du bus
```

```
Evenement:
```

```
If _M(21)=0 Then
```

```
  If _D(0)=2 Then
```

```
    _M(6)=1
```

```
    _M(7)=1
```

```
    _M(8)=1
```

```
    _M(9)=1
```

```
    _M(10)=1
```

```
    _M(11)=1
```

```
  End If
```

```
'Bouton Module 11111 appuyé
```


Delay 2000

$\overline{M(6)}=0$

$\overline{M(7)}=0$

$\overline{M(8)}=0$

$\overline{M(9)}=0$

$\overline{M(10)}=0$

$\overline{M(11)}=0$

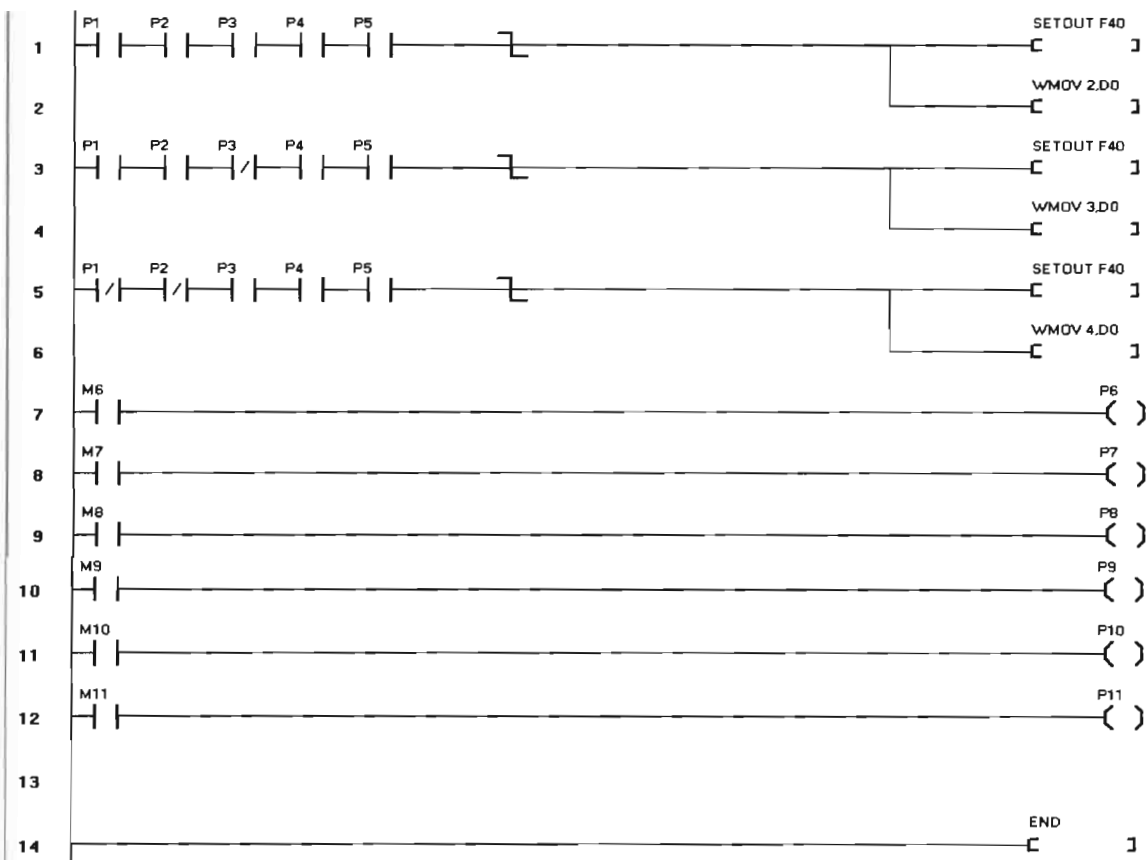
Delay 1000

End If

Return

End

b)- Programme LADDER :



III- CONCLUSION PARTIELLE :

Après programmation du microcontrôleur, si nous envoyons une commande (adresse 11111 et Nu = 1) à partir du PC ou si nous appuyons sur le bouton poussoir, le LED s'allume d'une durée égale à celle définie dans le programme.

Lorsqu'une autre trame différente de l'adresse 11111 ou lorsque $Nu = 0$ rien ne se passe au niveau du LED ; ce qui est en conformité avec le cahier de charge.

C- LE MODULE PRISE DE COURANT :

INTRODUCTION :

Toujours dans le même ordre d'idée que pour les deux précédents modules, celui des prises de courant va nous permettre de contrôler leurs utilisations, d'isoler rapidement certaines parties de l'installation électrique s'il y a problème....

I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

I.1- Description :

Le principe de fonctionnement est presque identique à celui du module éclairage. Mais cette fois ci nous n'aurons pas de bouton poussoir pour commander le module. La commande du module est assurée par le PC seulement. Nous n'avons besoin que de la mise sous tension ou non de la prise ; pour cela c'est le microcontrôleur qui se charge d'envoyer l'adresse et la commande à la prise concernée à la suite d'une requête venant du PC afin d'exciter la bobine du relais bistable.

Le relais va être connecté à la phase de la prise courant. Si le microcontrôleur envoie la commande au module de la prise concernée, le relais va fermer le circuit et laisser passer le courant fort afin d'alimenter l'appareil qui est branché dessus.

Le module de la prise de courant sera aussi branché sur le bus qui a servi pour les deux autres modules. En outre, il est caractérisé par une adresse qui lui est propre et qui lui permet d'être reconnu par le microcontrôleur.

Dans ce cas tous les fils du bus vont être utilisés comme pour le module éclairage. Illustrons ceci dans le schéma de la figure 3.38 suivante.

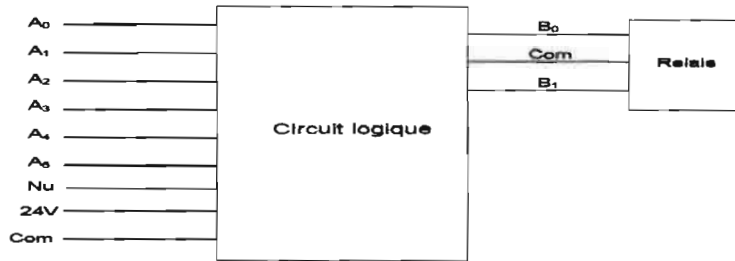


Figure 3.38 : Principe de base du circuit

I.2- Schéma de câblage :

La différence entre le module des prises de courant et celui de l'éclairage est qu'il n'existe pas de bouton poussoir pour ce module toutefois nous avons la même architecture pour les deux en ce qui concerne le schéma de câblage comme montré à la figure 3.39.

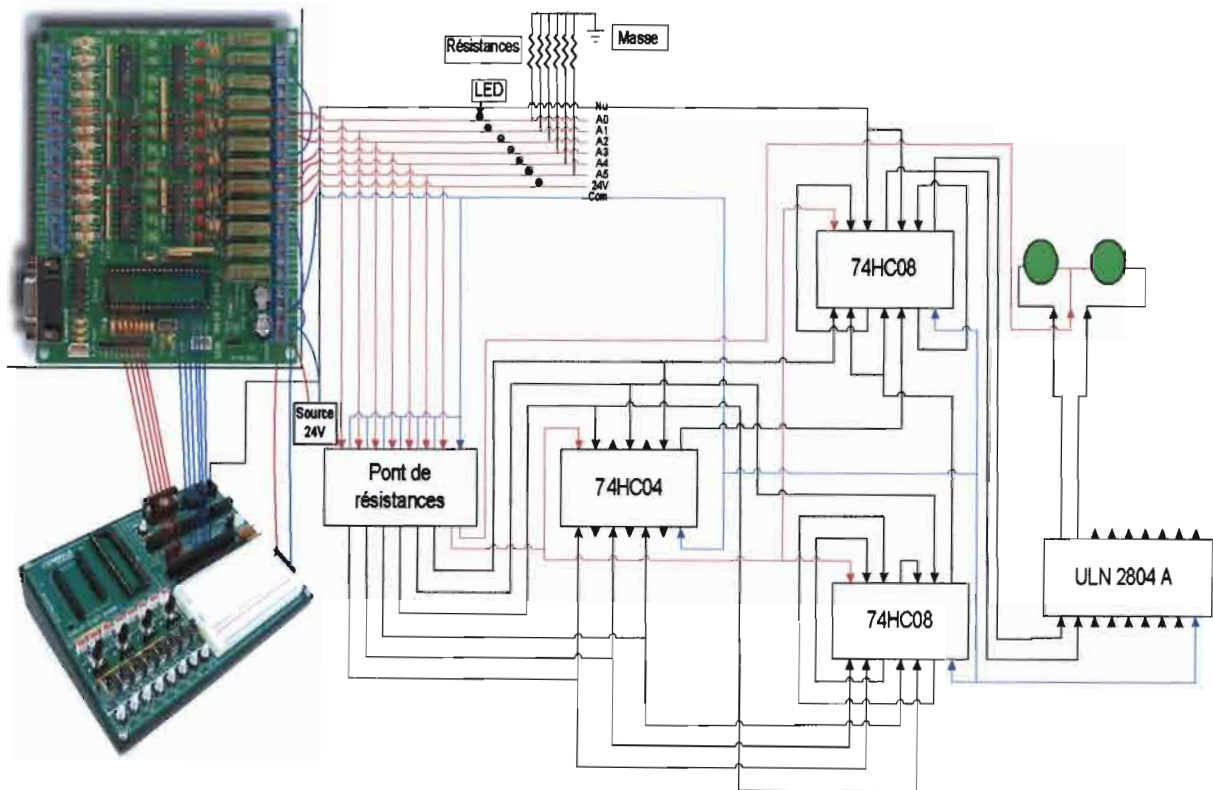


Figure 3.39 : Schéma de câblage du module prise

Après la réalisation du câblage, programmons le microcontrôleur pour tester la fonctionnalité du module.

II- PROGRAMMATION EN BASIC DU MICROCONTROLEUR :

Afin de mieux visualiser cette partie, prenons comme exemple le module d'adresse 11111.
Le programme en BASIC se présente comme décrit ci-après :

Const Device = CB220	'Déclaration du microcontrôleur
Dim tampon(1) As Byte	
Opencom 0,9600,3,30,20	'Ouverture du port de communication
Usepin 1,In	'Déclaration des inputs à utiliser
Usepin 2,In	
Usepin 3,In	
Usepin 4,In	
Usepin 5,In	
Usepin 6,Out	'Déclaration des ouputs à utiliser (Transmission des commandes des prises)
Usepin 7,Out	
Usepin 8,Out	
Usepin 9,Out	
Usepin 10,Out	
Usepin 11,Out	
Usepin 12,Out	
On timer(50) Gosub Interruption	
Do	
Loop	
Interruption:	
If Blen(0,0)>0 Then	
_M(21)=1	
Geta 0,tampon,1	
_M(12)=1	
If tampon(0)=&HA0 Then	'Envoi commande Adresse 11111
_M(6)=1	
_M(7)=1	
_M(8)=1	
_M(9)=1	
_M(10)=1	
Delay 2000	
End If	

```
Delay 5000
  _M(6)=0           'Mise à zéro 0 du bus
  _M(7)=0
  _M(8)=0
  _M(9)=0
  _M(10)=0
  _M(11)=0
  _M(12)=0
Delay 1000
  _M(21)=0
End If
Return
End
```

Résultat :

Lorsque la commande 111111 et Nu = 1 est envoyée à partir du PC, le LED qui a remplacé le relais s'allume ; et quand une autre adresse ou quand Nu = 0 est envoyée, le LED ne s'allume pas. Ce qui correspond aux résultats attendus.

III- CONCLUSION PARTIELLE :

Après la réalisation des trois modules (câblages, programmation), nous pouvons constater que chacun d'eux pris séparément donne les résultats qui étaient attendus à savoir allumage ou extinction du LED suivant la commande qui lui est envoyé.

Une fois cette phase terminée, nous allons maintenant regrouper les trois modules et les connectés sur le bus afin de tester le fonctionnement global du système.

D- SYNTHESE DES TROIS MODULES :

INTRODUCTION :

Pour cette partie nous allons suivre la même procédure que pour les modules présent individuellement c'est-à-dire commencer par faire le câblage des trois modules (éclairage, climatisation, prise courant), ensuite les relier au bus, puis programmer le microcontrôleur et enfin en dernier lieu passer à la phase test.

I- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

I.1- Description :

La synthèse des trois modules consiste à faire le câblage du module éclairage avec une adresse bien précise, celui de la climatisation avec une adresse, et enfin la même chose pour celui de la prise de courant. Prenons par exemple comme adresse 11111 pour le module éclairage, 00111 pour celui de la climatisation et 11011 pour la prise de courant. Après le câblage il faut les relier au bus. En principe après la programmation du microcontrôleur s'il y a appui sur un bouton poussoir, le LED du module correspondant doit s'allumer.

De même, si une commande est envoyée à partir du PC au bus pour solliciter un module, le LED correspondant doit aussi s'allumer.

Toutefois si une trame dont l'adresse est différente de celles des modules installés est envoyée à partir du PC ou bien tant que $Nu = 0$ alors il ne doit rien se passer au niveau des trois LEDs des modules.

I.2- Schéma de câblage :

Le schéma d'ensemble du système se présente comme montré à la figure 3.40.

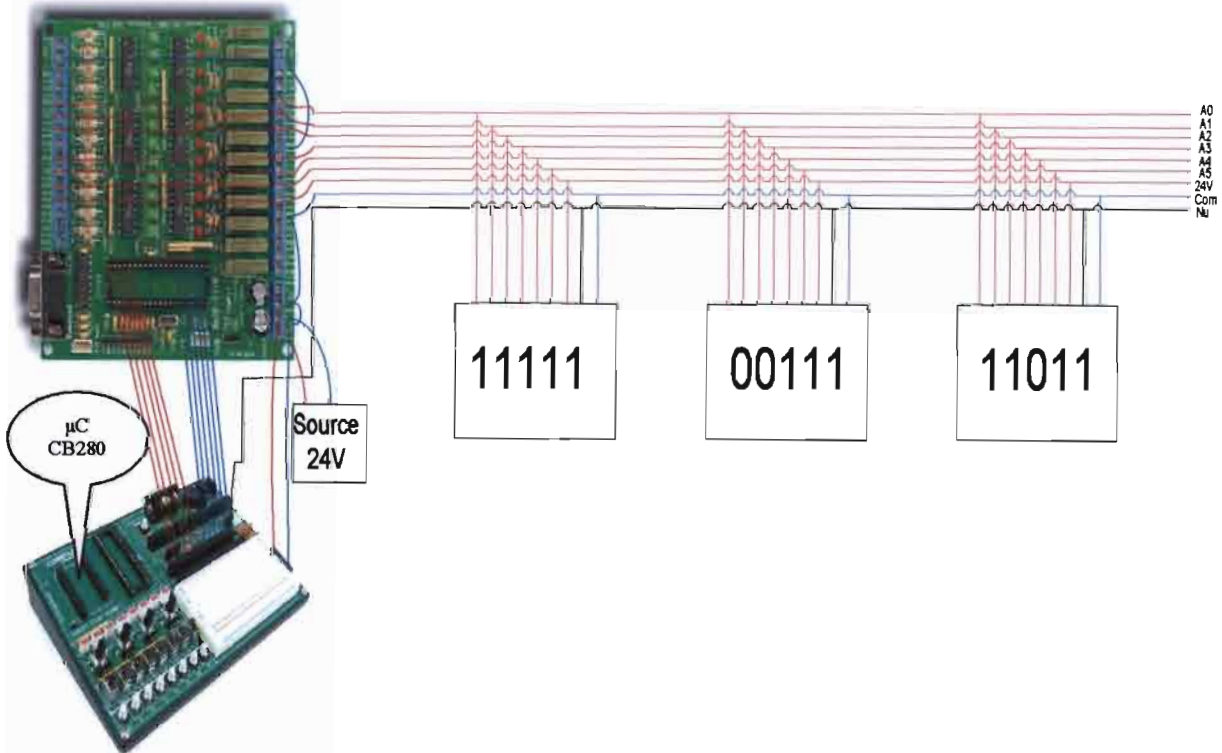


Figure 3.40 : Schéma de câblage de la synthèse des modules

II- CONCLUSION PARTIELLE :

D'après le principe de fonctionnement du système qui a été décrit plus haut, si nous envoyons l'adresse d'un module (par exemple celui de l'éclairage) à partir du PC, le LED de ce module s'allume. Si nous faisons de même pour les deux autres modules, nous obtenons les mêmes résultats que précédemment. En plus, s'il y a appui sur les boutons poussoirs des modules éclairages et climatisations nous avons les LEDs concernés qui s'allument. (voir Annexe A2)

Aux vues de tous ces analyses et résultats obtenus, nous pouvons dire que la synthèse des trois modules branchés sur le même bus répond bien aux exigences du cahier de charge.

E- ANALYSE FINANCIERE :

Cette analyse permet de faire une comparaison côté financier, coût de développement ou de mise en place du système actuel relativement à celui, utilisant le bus, qui a été développé dans ce projet de fin d'études. Elle est axée sur deux parties que sont les volets matériels à utiliser (quantitatif) et coût de ces matériels.

Pour faire cette analyse nous allons prendre comme exemple le bâtiment de la société Stratégies et Solutions Informatiques (2SI). Il est constitué de deux niveaux (un rez-de-chaussée et un étage). Au rez-de-chaussée il y'a six (6) interrupteurs qui commandent des lampes et ils seront remplacés par six (6) boutons poussoirs, un climatiseur et six prises de courant. En ce qui concerne le premier étage il y'a trois (3) interrupteurs, trois (3) climatiseurs et trois (3) prises.

I- SYSTEME AVEC BUS ET MODULES :

I.1- Module éclairage :

Dans le module éclairage les besoins en matériel s'estiment à :

- deux portes ET (74HC08),
- un INVERSEUR (74HC04),
- un réseau de Darlington (ULN2804A),
- un relais bistable (12V ; 960 Ohms),
- huit (8) ponts de résistances (2200 Ohms et 680 Ohms),
- un bouton poussoir,
- cinq (5) diodes ZENERS (24V BZX 55C 0.4W).

Une fois l'inventaire du matériel terminé, calculons le coût des modules. Les prix de chaque composant sont donnés dans le tableau suivant et ce sont des prix en Euros (€), hors taxes et sans les frais (transport, douanes,...) : [6] , [12] , [13] , [14]

	74HC08	74HC04	ULN 2804A	Relais bistable	R = 2200 Ohms	R = 680 Ohms	Bouton poussoir	Diodes
Nombre	2	1	1	1	8	8	1	5
Prix unitaire	0,35	0,3	0,55	5,95	0,011	0,011	0,55	0,09
Prix total PT	0,7	0,3	0,55	5,95	0,088	0,088	0,55	0,45

Tableau 3.1 : Prix total des composants du module éclairage

Soit C_{Me} le Coût du Module éclairage:

$$C_{Me} = \sum PT_i = 0,7 + 0,3 + 0,55 + 5,95 + 0,088 + 0,088 + 0,55 + 0,45 = 8,676€$$

$$C_{Me} = 8,676€$$

I.2- Module climatisation :

Nous avons presque le même matériel que pour le module éclairage avec comme seule différence au lieu d'un relais bistable ce sera à la place un relais monostable. Nous obtenons le tableau 3.2.

	74HC08	74HC04	ULN 2804A	Relais monostable	R = 2200 Ohms	R = 680 Ohms	Bouton poussoir	Diodes
Nombre	2	1	1	1	8	8	1	5
Prix unitaire	0,35	0,3	0,55	2,4	0,011	0,011	0,55	0,09
Prix total PT	0,7	0,3	0,55	2,4	0,088	0,088	0,55	0,45

Tableau 3.2 : Prix total des composants du module climatisation

Soit C_{Mc} le Coût du Module climatisation :

$$C_{Mc} = \sum PT_i = 0,7 + 0,3 + 0,55 + 2,4 + 0,088 + 0,088 + 0,55 + 0,45 = 5,126€$$

$$C_{Mc} = 5,126€$$

I.3- Module prise de courant :

Procédons de la même manière que pour les modules précédents. Le module des prises est composé de :

- deux portes ET (74HC08),
- un INVERSEUR (74HC04),
- un réseau de Darlington (ULN2804A),
- un relais bistable (12V ; 960 Ohms),
- sept (7) ponts de résistances (2200 Ohms et 680 Ohms),

Comme précédemment nous obtenons le tableau 3.3 suivant :

	74HC08	74HC04	ULN 2804A	Relais bistable	R = 2200 Ohms	R = 680 Ohms
Nombre	2	1	1	1	7	7
Prix unitaire	0,35	0,3	0,55	5,95	0,011	0,011
Prix total PT	0,7	0,3	0,55	5,95	0,077	0,077

Tableau 3.3 : Prix total des composants du module prise de courant

Soit CM_{pc} le Coût du Module prise de courant :

$$CM_{pc} = \sum PT_i = 0,7 + 0,3 + 0,55 + 5,95 + 0,077 + 0,077 = 7,654\text{€}$$

$$CM_{pc} = 7,654\text{€}$$

Pour le cas de l'exemple du bâtiment de 2SI, nous avons comme montré par le tableau 3.4, l'inventaire des modules au rez-de-chaussée et au premier étage.

	Module éclairage	Module climatisation	Module prise de courant
Rez-de-chaussée	6	1	6
1er étage	3	3	3
Total Nombre (TN)	9	4	9

Tableau 3.4 : Inventaire des modules.

Nous pouvons maintenant calculer le Coût Total des Modules (CTM) donné par :

$$CTM = TN_i \times CM_i$$

	Module éclairage	Module climatisation	Module prise de courant
Total Nombre (TN)	9	4	9
Coût Module (CM) en €	8,68	5,13	7,65
Coût Total Modules (CTM) en €	78,084	20,504	68,886
Coût Total Modules (CTM) en FCFA	51188,74704	13441,60224	45158,90616

Tableau 3.5 : Coût des modules.

Dans le système utilisant le bus hormis les modules, un écran tactile (CT1720) dans lequel le microcontrôleur est incorporé est utilisé et aussi un câblage (câble FTP) pour relier le microcontrôleur aux différents modules.

Le coût du microcontrôleur avec l'écran tactile CT1720 et le bloc add-on board est de :

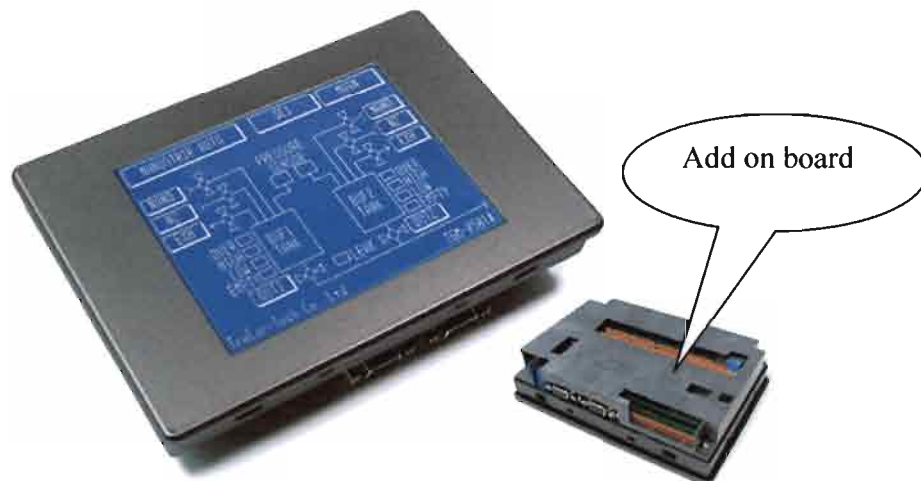


Figure 3.41: Kit CT1720 avec µC CB280 et Add on Board

Le Coût Total du Kit (CTK) avec une alimentation de 24V est de :

$$\text{CTK} = 399 \$ + 22 \$ = 421 \$ \quad \text{soit} \quad \boxed{\text{CTK} = 329,012 \text{ €}}$$

Toujours dans le volet matériel, il y'a le câble FTP qui va être utilisé pour relier les différents modules de l'installation au microcontrôleur.

La distance maximum entre le module et le point de connexion au bus est près de trois (3) mètres (cas le plus défavorable pour les prises de courant). Comme il y'a dans le bâtiment vingt deux (22) modules donc nous avons besoin d'au moins $l = 22 \times 3m = 66m$ de câbles pour relier les modules au bus. Le bus parcourt tout le bâtiment en quittant le microcontrôleur pour aller à l'équipement le plus éloigné. De ce fait une boite de 100m de câble FTP suffira pour le câblage.

Soit CTCa le Coût Total du Câble :

$$\boxed{\text{CTCa} = 40,57 \text{ €}}$$

Ce qui nous amène à en déduire le Coût Global du système utilisant le bus :

$$\text{CG} = \text{CTK} + \text{CTCa} + \sum \text{CTM}_i = 78,084 + 20,504 + 68,886 + 329,012 + 40,57 = 537,056 \text{ €}$$

$$\boxed{\text{CG} = 537,056 \text{ €}} \quad \text{Soit} \quad \boxed{\text{CG} = 352072,43 \text{ F CFA}}$$

II- SYSTEME EXISTANT :

Le système qui existe actuellement a le même nombre d'équipements que le précédent (22). Les besoins en matériels se résument à un écran tactile (CT1720, Add on board, alimentation 24V), un relais monostable pour chaque équipement et un câblage.

En ce qui concerne l'écran, nous avons le même prix que précédemment. Tout comme pour le système étudié précédemment, les prix sont aussi donnés en Euros (€) et ils ce sont des prix hors taxe, frais non inclus.

Soit CTK le Coût Total du Kit (CT1720 + Add on Board + Alim.).

$$\boxed{\text{CTK} = 329,012 \text{ €}}$$

Le Coût des relais monostables (CRm) est :

$$\text{CRm} = 22 \times 2,6 = 57,2 \text{ €} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\text{CRm} = 57,2 \text{ €}}$$

Evaluons la longueur nécessaire pour réaliser tout le câblage. Contrairement au système utilisant le bus où un seul fil traverse tout le bâtiment, ici tous les fils quittent le microcontrôleur pour aller vers les équipements. D'après l'envergure du bâtiment et la disposition des bureaux, deux (2) boîtes de 100m de câbles peuvent suffire pour réaliser le câblage.

Soit CTCa le Coût Total des câbles.

$$CTCa = 2 \times 40,57 = 81,14 \text{ €} \quad \Rightarrow \quad \boxed{CTCa = 81,14 \text{ €}}$$

Le Coût Global du système actuel est

$$CG = CTCa + CRm + CTK = 329.012 + 57.2 + 81.14 = 467.352 \text{ €}$$

$$\boxed{CG = 467,352 \text{ €}} \quad \text{Soit} \quad \boxed{306\,377,28 \text{ F CFA}}$$

III- COMPARAISON ENTRE LES DEUX SYSTEMES :

Pour le cas particulier traité ici, à première vue il apparaît que le système existant coûte moins cher que celui qui est développé dans ce projet. Mais il présente des inconvénients non moins négligeables qui ont amené à la proposition de ce projet de développement de bus de communication. Parmi ces inconvénients nous pouvons citer entre autres :

- Un câblage lourd
- Si les équipements sont éloignés du microcontrôleur, le coût des câbles augmentera considérablement pour le système existant.
- Pour l'ajout ou le retrait d'un équipement il est plus aisé et plus facile pour le système avec bus que pour l'existant.
- Le nombre d'équipement que le système existant peut prendre en compte dépend du nombre d'entrées/sorties du microcontrôleur.

Le système avec bus développé dans le projet présente un inconvénient qui porte sur la capacité du bus (nombre maximum d'appareils pouvant être branché sur le bus est limité à trente deux (32) équipements).

Cependant si nous sommes dans le cas d'un bâtiment présentant plusieurs niveaux avec plusieurs équipements, le système avec bus peut être configuré comme suit :

- Placer un microcontrôleur à chaque niveau si le nombre d'équipements y est inférieur à trente deux (32).
- Pour un niveau donné, installer un bus qui relie les différents équipements au microcontrôleur.
- Installer un microcontrôleur central relié aux différents microcontrôleurs des paliers. Leur liaison est assurée par un autre bus qui récupère l'ensemble des informations venant des microcontrôleurs des différents niveaux pour transmettre au microcontrôleur central.

RECOMMANDATIONS

C'est ainsi qu'à l'issue de cette étude que nous recommandons les propositions suivantes :

1. Installer suivant l'envergure du bâtiment, un microcontrôleur par palier ensuite un bus pour relier l'ensemble des paliers au microcontrôleur central.
2. Calculer la longueur maximale du bus pour que l'équipement le plus éloigné fonctionne correctement.
3. Prévoir le cas où plusieurs bâtiments proches doivent être supervisé en même temps ; en ce moment concevoir des passerelles pour relier les bus de chaque bâtiment.
4. Placer le module dans un endroit accessible pour faciliter le changement de composant quand il y'a défaillance.
5. Installer des répéteurs pour palier aux pertes de signal au niveau du câble FTP.
6. Déposer pour une certification du produit avant de passer à la phase production des modules.

CONCLUSION GENERALE

Le projet de développement d'un bus de communication a pour objectif de réduire le câblage du produit Building Intelligence. Par un système de câblage simple, le bus doit relier tous les équipements du bâtiment à un microcontrôleur central qui contrôle et commande toute l'installation.

Des modules munis d'adresse permettant d'identifier les équipements sont installés entre ces derniers et le microcontrôleur. Durant la phase conception de ces modules, des tests ont été effectués avec le logiciel CircuitMaker pour vérifier leur fonctionnalité et les niveaux de tensions en sortie. Ces tests sont suivis du câblage des composants des modules et de la programmation du microcontrôleur. Les tests réalisés tant du côté simulation logiciel que lancement commande à partir du serveur ou des boutons poussoirs sont concluant et correspondent au résultat désiré.

Après validation des modules, une étude financière du projet de développement d'un bus de communication et du système existant a été faite en prenant comme exemple le bâtiment de la société Stratégies et Solutions Informatiques. De cette étude, nous constatons que le système existant est moins cher mais avec une différence pas très grande. Toutefois, puisque l'objectif principal est de réduire le câblage cette différence peut être négligée comme il y'a un gain considérable pour le système développé sur : l'esthétique de l'installation, le temps pour ajouter ou diminuer un module, le câblage etc....

Comme toute œuvre scientifique de recherche, même si celle-ci n'en est pas vraiment une, ce travail comporte certainement des insuffisances. Il conviendrait alors de le parfaire afin d'atteindre les objectifs fixés pour le produit final du projet 2SI-Building Intelligence à savoir la commande à distance à partir d'Internet, du réseau GSM...

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SAWADOGO, Salam ; “ *Notes de cours Informatique Industrielle* ” ;
Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2005 – 2006.
- [2] COMFILE TECHNOLOGY; “*BASIC and LADDER Microcomputer, CUBLOC User Manual, Version 0.5.0*”;
Comfile Technology Inc., Manual Version 0.5.0, 2005 07.25.05.
- [3] COMFILE TECHNOLOGY; “*PLC / Embedded computer, CUBLOC User Manual, Version 2.0*”;
Comfile Technology Inc., Manual Version 2.0, 2006 (revised March 2006).
- [4] FAYE, Roger ; “ *Notes de cours Automatismes* ” ;
Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2004 – 2005.
- [5] GNING, Gaskel ; “ *Notes de cours Electricité Appliquée* ” ;
Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2003 – 2004.
- [6] Catalogue Arquie composants ; “ *Composants Electroniques* ”.
- [7] KINDO, Omar ; “ *Analyse conceptuelle d'un système d'information en vue du développement d'un progiciel de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (G.M.A.O.) : Cas de la Compagnie Commerciale et Industrielle du Sénégal (C.C.I.S.)* ”,
Rapport Projet de Fin d'Etudes D.I.C.
Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2004 – 2005.

WEBOGRAPHIE

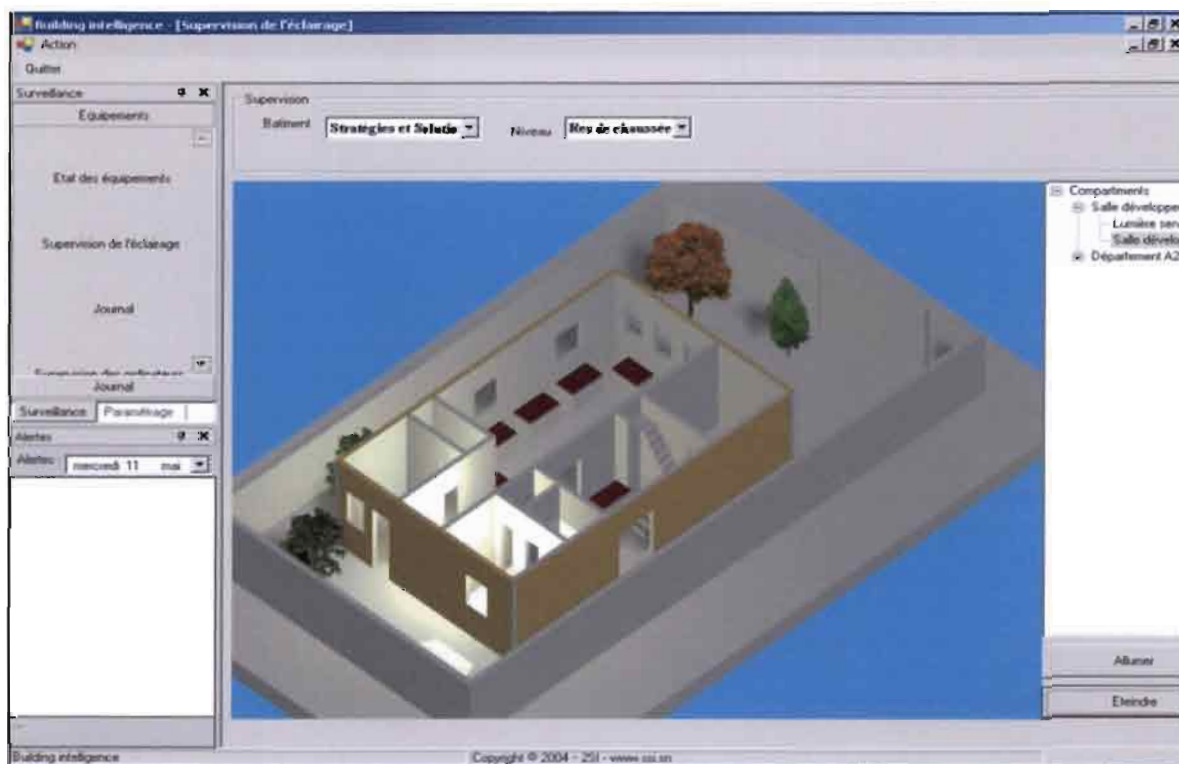
- [8] <http://www.ssi.sn>
- [9] <http://www.gel.usherbrooke.ca/circuitmaker/plan.htm>
- [10] <http://www.lextronic.fr/Comfile/cubloc/description.htm>

- [11] http://www.enseirb.fr/~kadionik/formation/fieldbus/fieldbus_enseirb.html
- [12] <http://www.comfiletech.com>
- [13] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur>
- [14] <http://www.ordaline.com/connectique/FR/29345723.htm>

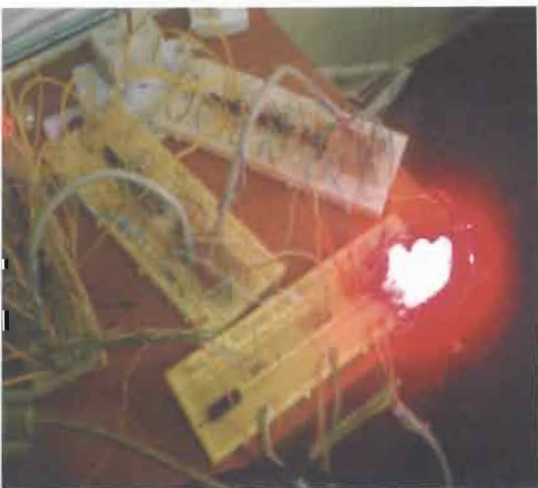
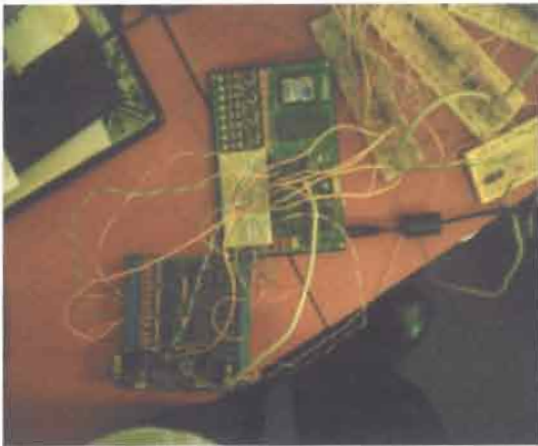
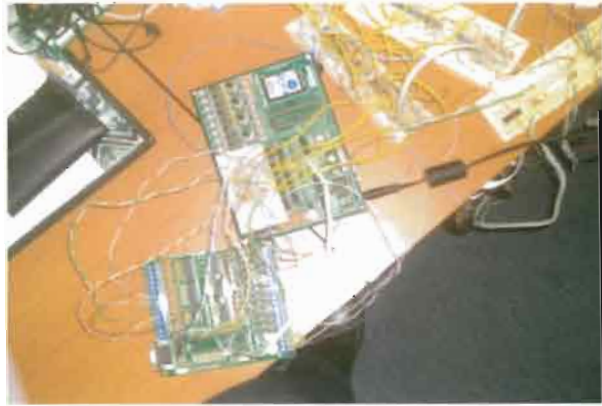
ANNEXES

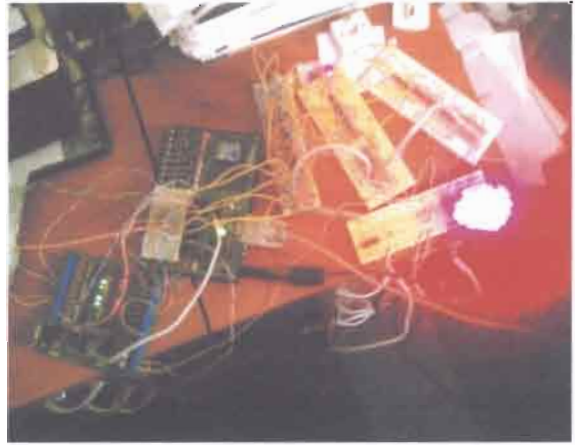
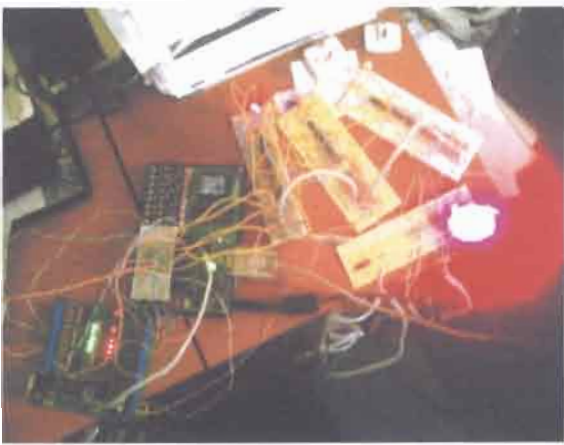
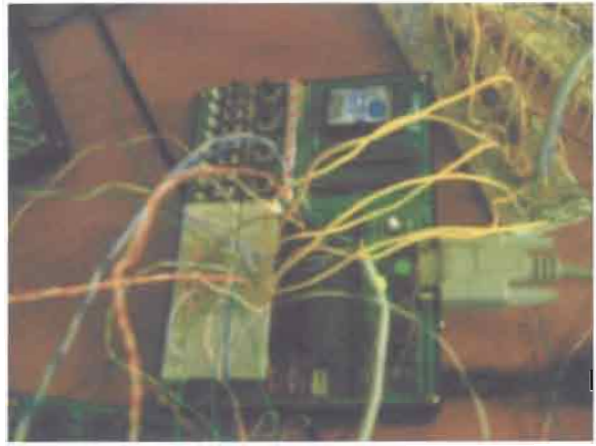
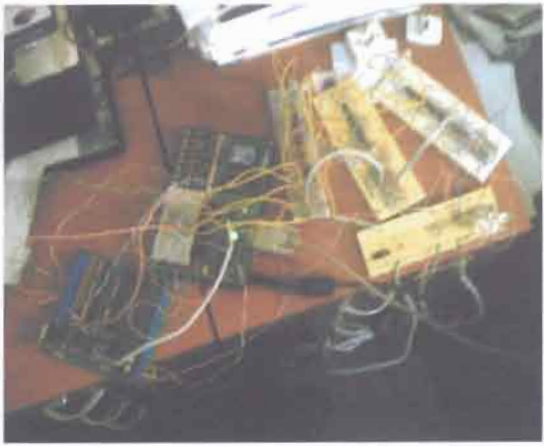
Annexe A1 : Vues de l'outil de supervision de l'éclairage (3D du Rez-de-chaussée de 2SI)





Annexe A2 : Vues du câblage des modules.





Annexe A3 : Calcul de la longueur maximale du bus.

Soit $R_{\text{équivalente}}$ la résistance du relais et du pont. Jusqu'à une valeur de 6V aux bornes du relais, son armature mobile bascule.

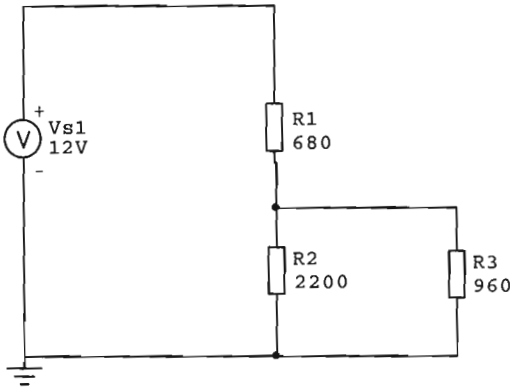


Figure A3.1 : Schéma du pont et du relais

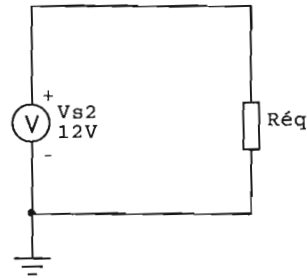


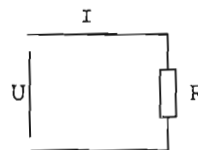
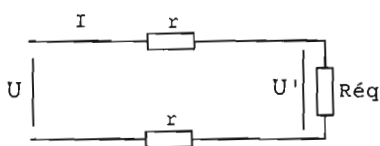
Figure A3.2 : Schéma équivalent

La résistance équivalente R_{eq} est donnée par la relation :

$$R_{\text{eq}} = R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = 680 + \frac{2200 \times 960}{2200 + 960} = 1348,35\Omega$$

Soit r la résistance par mètre de longueur d'un fil du bus, I le courant qui passe à travers le bus et l la longueur totale à calculer. Nous avons les données suivantes :

$$r = 0,15\Omega/m ; U = 24V \text{ et } U' = 12V$$



$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{2rl + R_{\text{eq}}}$$

$$U = rI + rI + U' = 2rl \times \frac{U}{2rl + R_{\text{eq}}} + U'$$

$$l = \frac{R_{\text{eq}} \times (U - U')}{2rU'} = \frac{1348,35 \times (24 - 12)}{2 \times 0,15 \times 12} = 4494,5m \Rightarrow \boxed{l = 4494,5m}$$

ERRATA

Pour la commande envoyée par le microcontrôleur, afin de ne pas la confondre avec les bits d'adresse, au lieu de A_5 ou \bar{A}_5 c'est C_5 ou \bar{C}_5 .