

Livrable n°1

Projet Strong Box 3000

— Groupe n°7:
Alves Gabriel
Belleux Maxence
Colson Paul
Kadiri Shahinèze
Ouach Bilal
Rebeilleau-Dassonneville Lila

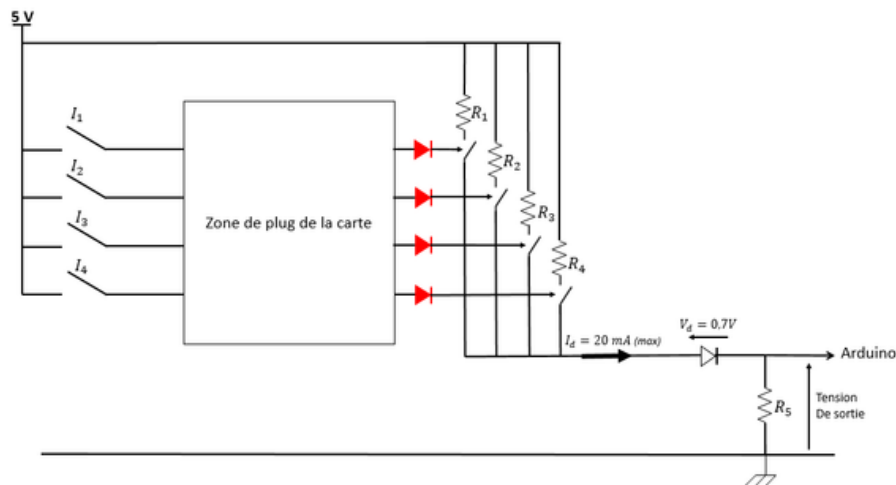
Sommaire :

- **01** Dimensionnement de la résistance R5
- **02** Calcul des différentes tensions de sorties
- **03** Le schéma logique simplifié de la carte
- **04** Le schéma électrique de la carte
- **05** Le circuit électronique du coffre

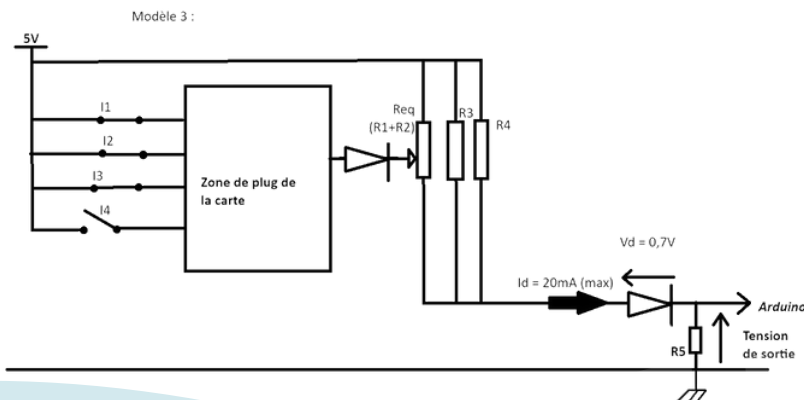
01

Dimensionnement de R5 :

Afin de trouver la valeur de la résistance R5 dans ce schéma:



Nous savons que les résistances R1, R2, R3 et R4 sont en dérivation. Donc nous appliquons la propriété de la résistance équivalente afin de simplifier notre schéma :



Modèles	Cartes correspondantes (combinaison d'interrupteurs associée)	Résistances activées
Modèle 1	I1 et I3 ; I1 et I3 et I4	R1
Modèle 2	I4	R2
Modèle 3	I2 et I3 et I4 ; I1 et I2 et I4 ; I1 et I2 et I3	R1 et R2
Modèle 4	Aucun interrupteur ; I1 ; I2	R3
Modèle 5	I1 et I4	R1 et R3
Modèle 6	I3 ; I1 et I2 ; Tous les interrupteurs	R2 et R3
Modèle 7	I2 et I4 ; I2 et I3	R4
Modèle 8	I3 et I4	R3 et R4

Dans le cas où on choisi le modèle de carte numéro 3 dans le tableau ci-dessus, on choisi la combinaison d'interrupteurs I1,I2 et I3 à allumer et les résistances R1 et R2 sont activés. Par conséquent on applique : $\frac{(R_1 \cdot R_2)}{R_1 + R_2}$

Afin de trouver la valeur de la résistance R5:

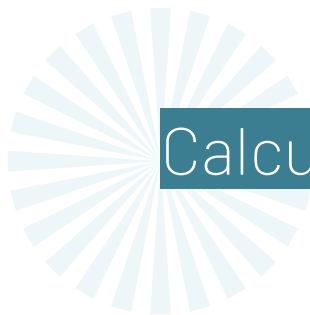
- Nous réalisons un tableau Excel avec les différents modèles de cartes ainsi que leurs résistances équivalentes associées, et les valeurs possibles de R5 normalisées en E24.
- Chaque colonne correspond aux tensions de sorties possibles pour chaque modèle en fonction des résistances normalisées E24.
- Afin de calculer toutes les tensions de sorties possibles on utilise la propriété du pont diviseur de tension : $R5/(R_{eq}+R5) \times (5-0,7)$, comme sur le tableau ci-dessous.

R ₅	100	110	120	130	150	160	180	200	220	240	270	300	
R _{eq}	U _{s1}	U _{s2}	U _{s3}	U _{s4}	U _{s5}	U _{s6}	U _{s7}	U _{s8}	U _{s9}	U _{s10}	U _{s11}	U _{s12}	U _{s13}
470,000	0,754	0,816	0,875	0,932	1,040	1,092	1,191	1,284	1,371	1,454	1,569	1,675	
220,000	1,344	1,433	1,518	1,597	1,743	1,811	1,935	2,048	2,150	2,243	2,369	2,481	
149,900	1,721	1,820	1,912	1,997	2,151	2,220	2,346	2,458	2,557	2,647	2,765	2,867	
100,000	2,150	2,252	2,345	2,430	2,580	2,646	2,764	2,867	2,956	3,035	3,138	3,225	
82,500	2,356	2,457	2,548	2,631	2,774	2,837	2,949	3,044	3,127	3,200	3,294	3,373	
68,750	2,548	2,646	2,734	2,813	2,949	3,008	3,112	3,200	3,276	3,343	3,427	3,498	
47,000	2,925	3,013	3,090	3,158	3,274	3,324	3,410	3,482	3,543	3,596	3,662	3,718	
32,000	3,258	3,331	3,395	3,451	3,544	3,583	3,651	3,707	3,754	3,794	3,844	3,886	

- On utilise ensuite la loi d'ohm afin de calculer l'intensité ($I = U/R$).
- Puis on met en surbrillance rouge les valeurs supérieures ou égale à 20mA. Donc, les résistances associées à ces intensités ne sont pas prises en compte.
- Ensuite la valeur la plus grande est choisie parmi les valeurs restantes, afin que les tensions de sorties possibles n'aient pas un écart inférieur à 48mV et que l'Arduino puisse distinguer deux tensions de sortie différentes et donc deux modèles distincts. Puis on sélectionne le R5 correspondant, qui est égale à 200Ω.

I=U/R													
M1	0,0075	0,0074	0,0073	0,0072	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064	0,0062	0,0061	0,0058	0,0056	0,0054
M2	0,0134	0,0130	0,0126	0,0123	0,0116	0,0113	0,0108	0,0102	0,0098	0,0093	0,0088	0,0083	0,0078
M3	0,0172	0,0165	0,0159	0,0154	0,0143	0,0139	0,0130	0,0123	0,0116	0,0110	0,0102	0,0096	0,0090
M4	0,0215	0,0205	0,0195	0,0187	0,0172	0,0165	0,0154	0,0143	0,0134	0,0126	0,0116	0,0108	0,0100
M5	0,0236	0,0223	0,0212	0,0202	0,0185	0,0177	0,0164	0,0152	0,0142	0,0133	0,0122	0,0112	0,0104
M6	0,0255	0,0241	0,0228	0,0216	0,0197	0,0188	0,0173	0,0160	0,0149	0,0139	0,0127	0,0117	0,0108
M7	0,0293	0,0274	0,0257	0,0243	0,0218	0,0208	0,0189	0,0174	0,0161	0,0150	0,0136	0,0124	0,0114
M8	0,0326	0,0303	0,0283	0,0265	0,0236	0,0224	0,0203	0,0185	0,0171	0,0158	0,0142	0,0130	0,0119

— 02



Calcul des tensions de sorties :

On choisit une résistance $R5$ égale à 200 ohms car lorsque l'on applique la loi d'ohm afin d'obtenir les intensités possibles, on observe que de 110 à 180 ohms, une partie des intensités possibles sont supérieures à 20mA. Donc on écarte ces valeurs possibles de $R5$, puis on analyse les intensités possibles de 200 à 910 ohms. On ajoute une règle qui permet de mettre en surbrillance la valeur de l'intensité la plus grande parmi toutes celles inférieurs strictement à 20mA.

Par la suite, on obtient une intensité maximale de 18mA. Donc on remonte la colonne et on observe que cette intensité appartient à la colonne de $R5=200\text{ohms}$. De plus, on prend l'intensité la plus grande afin que l'écart de tension soit supérieur strictement à 48mV car c'est la valeur de tension seuil pour que l'Arduino puisse distinguer 2 valeurs de tension différentes.

	200
	Us8
M1	1,284
M2	2,048
M3	2,458
M4	2,867
M5	3,044
M6	3,200
M7	3,482
M8	3,707

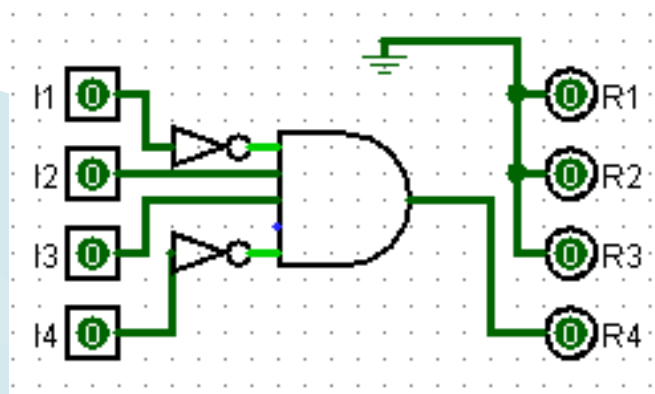
— 03

Schéma logique de la carte :

Nous avons la carte 7, qui a comme combinaison d'interrupteurs 0110. Cette combinaison correspond à la quinzième carte qui fait partie du modèle 7, qui lui-même active la résistance R4, soit l'équation logique $R4 = \neg I1, I2, I3, \neg I4$.

Modèles	Cartes correspondantes (combinaison d'interrupteurs associée)	Résistances activées
Modèle 7	I2 et I4 ; I2 et I3	R4

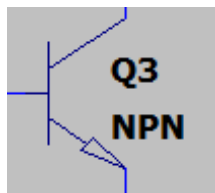
Le schéma logique de la carte est donc composé d'une porte AND reliée à cette résistance, avec en entrée les interrupteurs I2 et I3 ainsi que I1 et I4 qui passent d'abord par une porte NOT. Sur un circuit composé d'un système validant ou non un seul modèle de carte, comme nous le verrons plus tard, les autres résistances ne sont pas branchées aux composants qui valident la combinaison d'interrupteurs ; ainsi, sur le schéma logique de la carte, elles sont connectées uniquement à la masse.



— 04

Schéma électrique de la carte :

Le schéma électrique de la carte est réalisé en passant des portes logiques aux transistors. Pour cela il nous faut traduire chaque porte utilisée dans le schéma logique par un ou une combinaison de transistor, ici des transistors NPN.



La bonne compréhension du fonctionnement des transistors est indispensable à cette conversion, en voici donc un rappel :

Le transistor comporte trois connexions : le collecteur, qui est la sortie du transistor, est relié au fil d'où provient la tension de l'alimentation. L'émetteur, lui, est relié à la masse. La base quant à elle constitue la connexion d'entrée. La tension V_e qui lui est appliquée est le facteur qui fait varier l'état du transistor ; si cette tension est nulle, le transistor bloquera le courant entre le collecteur et l'émetteur, et la sortie passera à la tension de l'alimentation. Si la tension de la base n'est pas nulle, le courant passe entre le collecteur et l'émetteur, ce qui met la sortie à la masse, et la tension V_s sera égale à celle de l'alimentation.

Un transistor est considéré en commutation lorsqu'il adopte un mode de fonctionnement assimilable à celui d'un interrupteur.

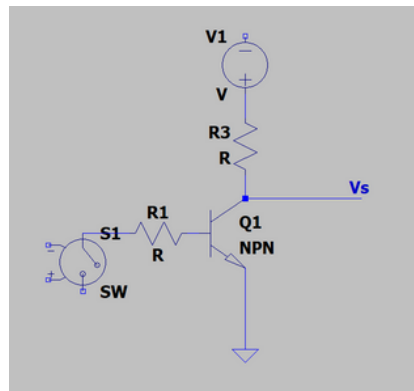
Contrairement au fonctionnement en régime linéaire c'est-à-dire par amplification, la polarisation de ce dernier ne lui permet d'adopter que deux manières de fonctionner. Le transistor agit comme un interrupteur ouvert lorsqu'il est considéré comme « bloqué » c'est-à-dire quand l'intensité au niveau de son collecteur nulle :



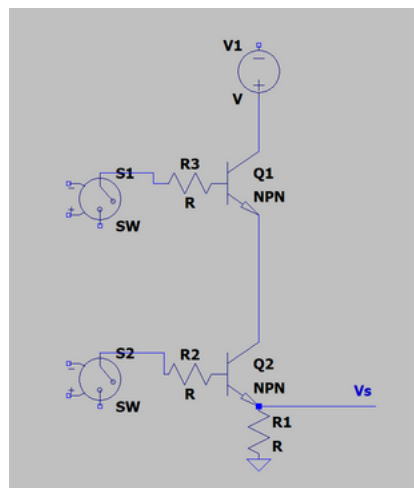
Tandis qu'il adopte le comportement d'un interrupteur fermé lorsqu'il est considéré comme saturé, c'est-à-dire quand ($I_c \neq 0$) l'intensité au niveau du collecteur est non nulle, ($V_{ce} \neq 0$) que la tension V_{ce} entre l'émetteur et le collecteur s'approche de 0 et que (I_b), le courant de base est supérieur à I_{bmax} , son maximum :



Suivant ce fonctionnement, la porte logique NOT, qui est notre première porte, sera constituée d'un seul transistor, qui inversera donc la tension de la base et celle de V_s . Quand l'entrée vaut 1 (tension élevée), le transistor se met en conduction et établit une connexion entre la sortie et la masse. Cela force la sortie à 0 (tension basse). Quand l'entrée vaut 0 (pas de tension ou tension basse), le transistor se bloque, et la sortie reste connectée à la tension d'alimentation (tension haute), donnant 1.



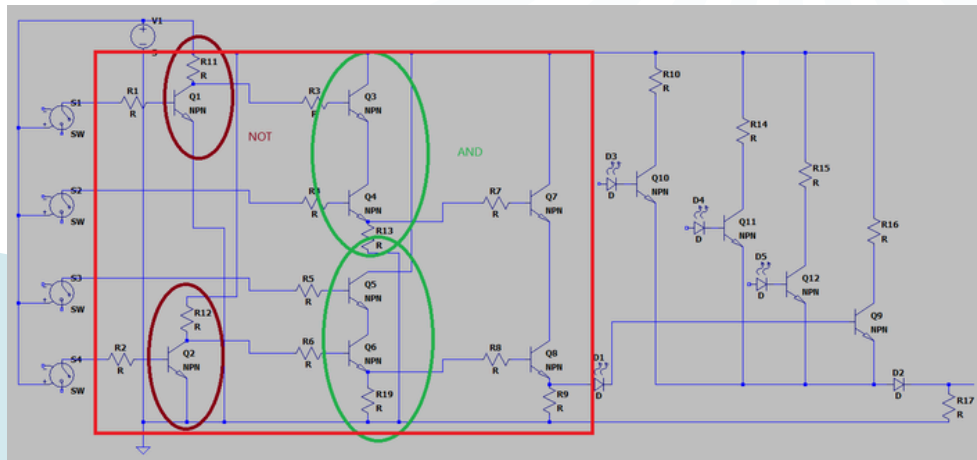
La deuxième porte logique dont nous avons besoin, la porte AND, est composée de deux transistors branchés suivant le schéma ci-dessous.



Le premier transistor sera saturé uniquement si la tension à la base est non nulle, permettant à son tour au deuxième transistor d'être saturé si, en plus de cette première condition, sa tension à la base est également non nulle. Si toutes les entrées valent 1, tous les transistors conduisent et la sortie est branché à la masse, ce qui donne 0 en sortie. Si une seule des entrées est 0, au moins un transistor ne conduit pas, donc la sortie donne 1.

Il y aura des résistances tout d'abord entre le générateur et le collecteur des transistors servant à réaliser l'opération logique NOT. Ce seront des résistances dites de pull-up, pour s'assurer que la sortie soit à un niveau logique haut lorsque aucun courant ne traverse le transistor. En cas de problème avec un transistor, pour éviter que cela ne se répercute sur les prochains, ainsi que pour ne pas les endommager, il y aura une résistance avant chaque base. Enfin, il y aura une résistance appelée résistance de pull-down entre chaque duo de transistor constituant une porte logique AND et la masse, pour s'assurer que l'état soit bien à un niveau logique bas lorsque les transistors seront en mode bloqué.

Ces éléments nous permettent de construire le circuit électronique de la carte, en connectant les interrupteurs I1 et I4 à chacun un transistor réalisant un NOT, puis de faire un AND entre -I1 et I2, puis un deuxième entre I3 et -I4. Un AND final sera réalisé entre les sorties des deux AND précédents. Huit transistors seront donc utilisés en tout, respectant ainsi les contraintes matérielles. Le circuit électronique de la carte sera donc tel qu'il est représenté ci-dessous.



— 05

Circuit électronique du coffre :

Le circuit électronique du coffre est composé de 4 interrupteurs connectés au circuit électronique de la carte. Le logiciel que nous avons utilisé pour en faire le schéma est LTspice, les interrupteurs sont donc ici des « switch » qui doivent être alimentées par le générateur. Le schéma de la carte suit donc les interrupteurs, avec en sortie le dernier transistor à l'état haut si la bonne combinaison d'interrupteurs a été entrée. Si cela est le cas, le courant sera passant et une diode électroluminescente connectée à la base d'un prochain transistor s'allumera. Étant donné que la seule résistance à activer est la résistance R4, les autres diodes connectées à la base des résistances R1, R2 et R3 ne reçoivent pas de courant. Pour que le courant passe par R4, selon le fonctionnement d'un transistor, du courant doit alimenter le transistor ainsi que la base de celui-ci. Ainsi le courant avec la bonne tension atteindra l'Arduino si la bonne combinaison d'interrupteurs est entrée. Une diode et une résistance finale permettront de définir une tension seuil minimum pour qu'un résidu de courant ne puisse pas passer et pour qu'un courant avec une tension trop intense ne puisse pas circuler et endommager l'Arduino auquel le circuit sera connecté.

