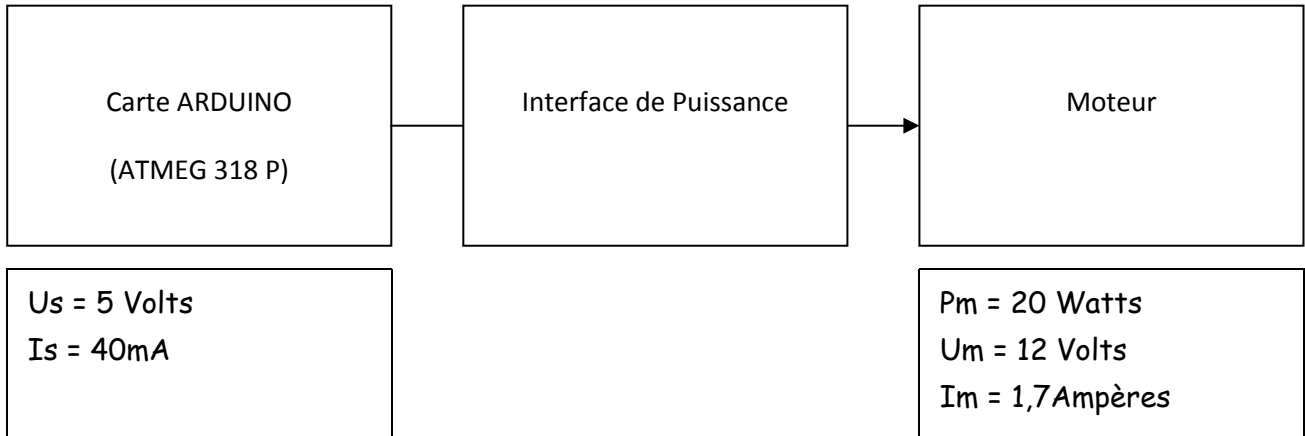


Problématique : Comment commandé un moteur à partir d'une carte Arduino ?

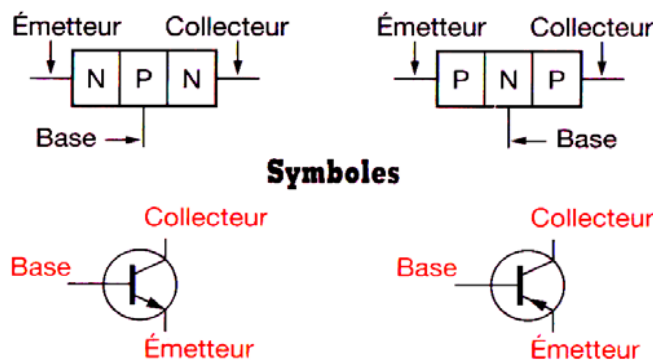


Il n'est pas possible de commander un moteur directement sur une sortie d'une carte ARDUINO. Tension et courant en sortie de carte ARDUINO trop faible par rapport aux caractéristiques du moteur. Par conséquent utilisation d'une interface de puissance.

INTERFACE DE PUISSANCE

PRÉSENTATION ET SYMBOLES

Un transistor est constitué de 2 jonctions PN (ou diodes) montées en sens inverse. Selon le sens de montage de ces diodes on obtient 2 types de transistors :



Un transistor comporte trois connexions :

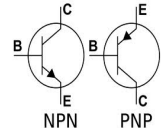
L'émetteur (E), la base (B) et le collecteur (C)

Le transistor **NPN**

Le transistor **PNP**

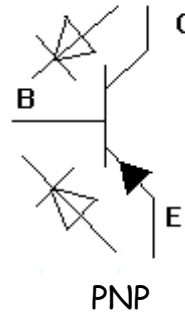
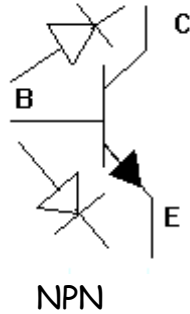
La base, zone de type P, est située entre deux zones de type N.

La base, zone de type N, est située entre deux zones de type P.



Remarques :

L'émetteur est toujours repéré par une flèche qui indique le sens du courant dans la jonction entre base et émetteur. C'est l'effet transistor qui permet à la diode qui est en inverse de conduire quand une tension est appliquée sur la base.



On peut considérer le transistor comme l'association de deux diodes dont la représentation ci-dessus peut aider.

CARACTÉRISTIQUES D'UN TRANSISTOR

Les constructeurs donnent en général les valeurs ci-dessous à ne pas dépasser afin d'éviter la détérioration du transistor :

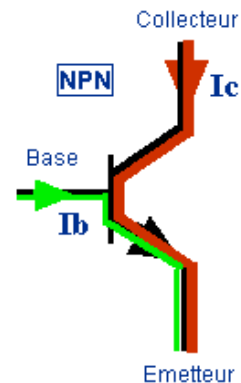
V_{CE} : tension collecteur/émetteur

V_{BE} : tension base/émetteur

$I_{C_{max}}$: courant maxi dans le collecteur

PRINCIPE

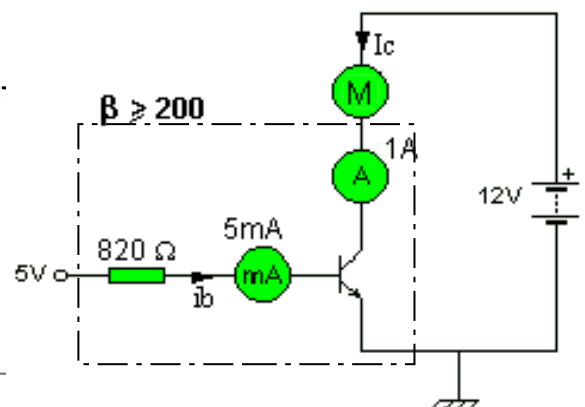
C'est un petit courant dans la base (I_b) qui permet le passage d'un courant beaucoup plus fort du collecteur vers l'émetteur (I_c).

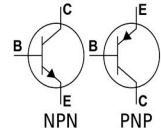


Le courant de base est multiplié par un coefficient :

$$\beta = I_c / I_b$$

Dans le cas présent le courant dans le moteur est égal à 200 fois le courant de base.





Remarques :

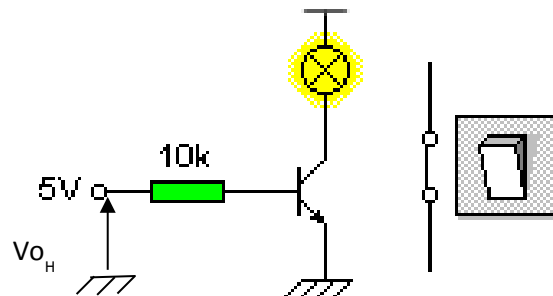
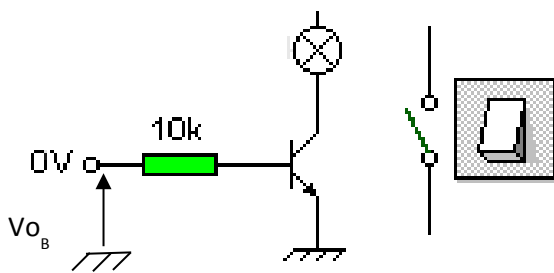
Ce coefficient β (gain en courant du transistor) est souvent noté **Hfe** dans les catalogues constructeurs. Il est parfois aussi appelé coefficient d'amplification en courant.

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DE BASE

La résistance de base doit être calculée pour avoir un courant de base suffisant. Quand le transistor est utilisé en commutation, deux cas sont possibles.

Soit le courant de base est nul et le transistor est **bloqué**. Il est équivalent à un interrupteur **ouvert**.

Soit le courant de base est suffisant et le transistor est **saturé**. Il est équivalent à un interrupteur **fermé**.



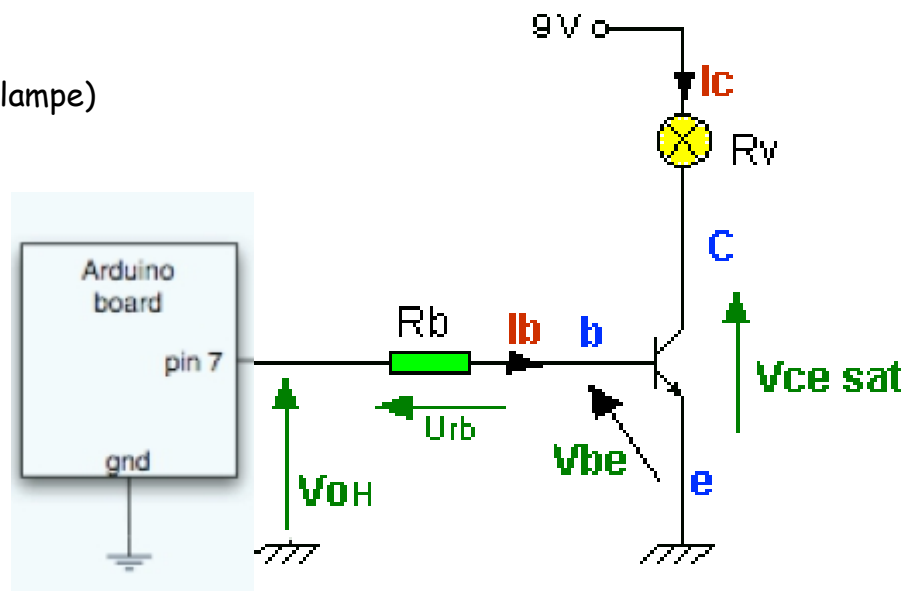
$R_v = 50 \Omega$ (résistance de la lampe)

$V_{ce} = 0,2 \text{ V}$

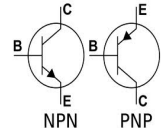
$V_{be} = 0,7 \text{ V}$

$200 \leq \beta \leq 300$

$V_{oH} = 5 \text{ V}$



Le point de départ pour le calcul d'une résistance de base R_b est le courant I_c . Ce courant est calculé en fonction de la résistance de la charge et de la tension à ses bornes.



Attention, la tension V_{ce} est proche de 0 V mais pas nulle.

$$I_c = (V_{cc} - V_{ce}) / R_b = (9 - 0,2) / 50 = 0,176 \text{ A}$$

Le courant de base I_b doit être suffisant pour saturer le transistor : $I_b \geq I_c / \beta$

Si dans notre cas β est au moins égal à 200, il nous faut

$$I_b = 0,176 / 200 = 0,00088 \text{ A soit } 0,88 \text{ mA}$$

Connaissant I_b , il est maintenant possible de calculer R_b :

$$R_b = U_{rb} / I_b \text{ et } V_{oH} = U_{rb} + V_{be}$$

V_{oH} est la tension au niveau haut en sortie de la carte ARDUINO : $V_{oH} = 5V$.

$$U_{rb} = V_{oH} - V_{be} = 5 - 0,7 = 4,3 \text{ V}$$

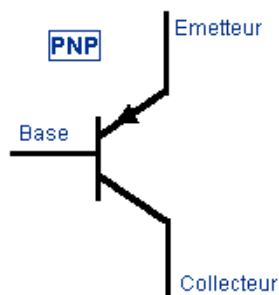
Nous pouvons calculer R_b théorique :

$$R_b = U_{rb} / I_b = 4,3 / 0,88 \times 10^{-3} = 4886 \Omega = 4,88 \text{ K}\Omega$$

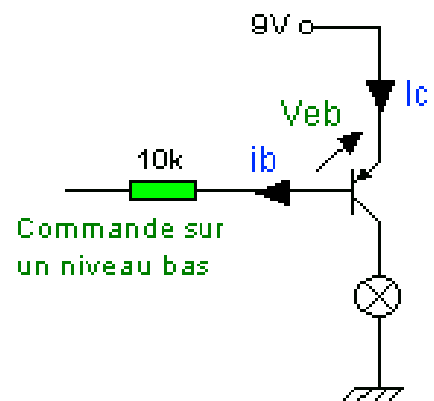
Pour garantir un bon fonctionnement en commutation du transistor, il est d'usage de choisir une résistance normalisée 2 à 3 fois plus petite. Nous choisirons $R_b = 2,7 \text{ k}\Omega$

AUTRE TRANSISTOR

Le transistor PNP



Le courant de base change de sens et V_{be} est négatif. La charge est maintenant sur le **collecteur** et la commande se fait sur un **niveau bas**.

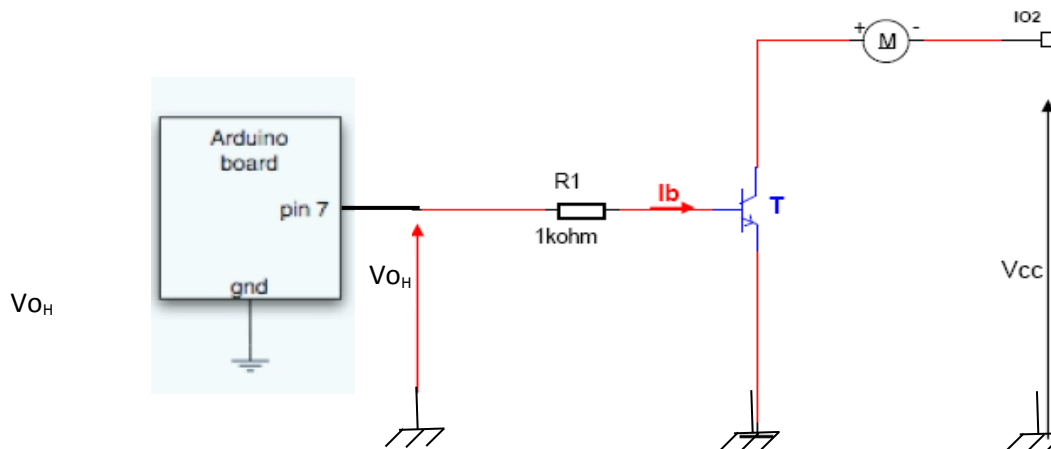
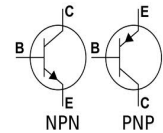


EXERCICE D'APPLICATION

Question 1 :

Caractéristiques électriques du moteur : DC 20 Watts / 12 Volts.

Carte Arduino ($I_{OH} = 40 \text{ mA}$ maxi).



D'après le schéma et les caractéristiques pages suivantes, définir la tension d'alimentation V_{cc} ainsi que les tensions V_e et V_s .

La caractéristique tension du moteur DC est de 12 V. La tension V_{cc} sera donc de 12 V pour que le moteur fonctionne correctement quand le transistor est saturé.

La carte Arduino peut être alimentée à partir de votre PC (USB). Il est donc alimenté en 5 Vcc. La tension V_s à l'état haut (1L) est donc de 5 Vcc.

Question 2 :

Choisir le transistor T (voir document constructeur en page 7)

Pour le choix du transistor T il faut respecter son type (NPN ou PNP) et les valeurs à ne pas dépasser afin d'éviter sa détérioration c.a.d :

- V_{CEO} : Tension Collecteur / Émetteur maxi (à $V_{bb} = 0$)
- $I_c \text{ max}$: Courant maxi dans le collecteur.

Dans notre cas il faut que V_{CEO} soit \geq à la tension V_{cc} de 12 V.

Et il faut que $I_c \text{ max}$ soit \geq au courant consommé par le moteur soit :

$$I_m = P / V_{cc} = 20 / 12 \text{ soit } 1,666 \text{ A} = 1666 \text{ mA}$$

Plusieurs choix de transistors de type NPN sont possibles sur le document constructeur : On choisit le ZTX 650 par exemple qui possède les caractéristiques les plus proches dans l'ensemble de celles recherchées.

Question 3 :

Calculer la résistance de base R1 puis vérifier la compatibilité de la carte Arduino avec le montage.

Il possède un H_{fe} de 100 à 300 on a donc $I_b \text{ mini} = I_c / H_{fe} \text{ mini}$ soit $1666 / 100 = 16 \text{ mA}$

Et par suite $R1 = (V_e - V_{be}) / I_b \text{ mini} = (5 - 0,7) / 0,016 = 268,75 \Omega$

(soit 280 Ohms / valeur normalisée)

REM : On peut vérifier que $I_b \text{ mini}$ est $<$ à 40 mA.

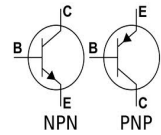
SIN

Systèmes
d'Information
Numérique



Les interfaces de puissance

LES TRANSISTORS



On respecte donc bien la valeur de $I_{OH} = 40 \text{ mA}$ maxi en sortie de la carte ARDUINO.
Mais avec ce transistor on ne peut pas adopter de coefficient de sursaturation pour I_b
(2 à 5) car on dépasserait cette valeur max de I_{OH} .

Transistors

Transistors petits signaux

Transistors bipolaires



réf.	fab.	V_{ce} (V max.)	I_c max. (mA)	P_{tot} (mW max.)	h_{FE} (min./max.)	V_{cesat} (V max.)	f_t (MHz min.)	U.D.V.	code commande	prix de l'U.D.V.			
										1-19	20-99	100+	
Transistors faibles signaux													
TO-18 - NPN													
2N2222A	Motorola	40	800	400	100/300	0,3	300	1	295-028	3,00	2,55	2,10	
BC107B	Motorola	45	200	600	240/500	0,6	150	1	293-527	2,80	2,38	1,96	
TO-18 - PNP													
BC179	STM	25	100	300	240/500	0,25	200 (typ)	5	295-933	14,65	12,45	10,26	
BC478	STM	40	150	360	125/500	0,25	180 (typ)	5	293-612	33,50	28,48	23,45	
BC479	STM	40	150	360	220/-	0,25	180 (typ)	5	293-628	33,50	28,48	23,45	
BC177	STM	50	100	300	125/260	0,25	200 (typ)	5	295-911	14,65	12,45	10,26	
2N2907A	Motorola	60	500	400	100/300	0,4	200	1	296-166	4,50	3,83	3,15	
BC477	STM	80	150	360	125/260	0,25	180 (typ)	5	293-606	36,40	30,94	25,48	
TO-39 - NPN													
2N2219A	Motorola	40	800	800	100/300	0,3	300	1	126-9238	4,70	4,00	3,29	
2N3053	Motorola	40	700	5000	50/250	1,4	100	1	126-9345	4,25	3,61	2,98	
2N1711	Motorola	50	-	800	100/300	1,5	70	1	642-581	4,95	4,21	3,47	
BC142	STM	60	1000	750	20/-	0,4	80	5	293-887	24,00	20,40	16,80	
BC441	STM	70	1000	1000	40/70	1	50	5	295-191	32,00	27,20	22,40	
2N3019	Motorola	80	1000	800	100/300	0,2	100	5	642-604	17,00	14,45	11,90	
2N3440	Motorola	250	1000	1000	40/160	0,5	15	5	642-597	6,00	5,10	4,20	
TO-39 - PNP													
DFY52	-	20	1000	800	60/142	1	50	5	N 293-656	18,55	13,91	9,28	
BFY51	-	30	1000	800	15/55	1,6	110	5	N 293-640	21,60	16,20	10,80	
BFY50	-	35	1000	800	15/70	1	100	5	N 293-634	22,60	16,95	11,30	
BFX88	-	40	600	600	40/125	0,4	100	5	N 294-665	23,60	17,70	11,80	
2N2905	Motorola	40	600	600	100/300	0,4	200	1	294-671	5,00	4,25	3,50	
2N2905A	Motorola	60	600	400	100/300	0,4	200	1	295-208	4,95	4,21	3,47	
2N2905A	Motorola	Conditionnement en barrette de 50 pièces							50	308-4142	154,15		
BC143	STM	60	1000	750	20/-	0,5	-	5	293-883	24,00	20,40	16,80	
BC461	STM	60	1000	1000	40/70	1	50	5	293-815	29,10	24,74	20,37	
2N5415	Motorola	200	1000	1000	30/150	2,5	15	1	642-569	8,00	6,80	5,60	
2N5416	Motorola	300	1000	1000	30/120	2,5	15	1	642-575	9,00	7,65	6,30	
TO-92 - NPN													
BCU81	-	10	3000	750	140/-	2	200	1	217-8199	8,35	7,10	5,85	
2N2369A	Philips	15	200	360	40/120	0,5	500	5	296-172	17,75	15,09	12,43	
ZTX313	Zetex	15	500	300	40/120	0,24	500	5	296-201	13,80	11,73	9,65	
ZTX314	Zetex	15	500	300	40/120	0,5	500	5	841-148	21,00	17,85	14,70	
ZTX1048A	Zetex	17,5	4000	1000	300/1200	0,245	150 (typ)	5	215-6470	29,50	25,08	20,65	
ZTX699B	Zetex	20	3000	1000	150/-	0,5	150	5	N 293-820	18,15	16,34	14,52	
BCU93	-	20	5000	1000	100/560	2	200	1	217-8206	14,00	11,90	9,80	
ZTX300	Zetex	25	500	300	50/300	0,35	150	5	294-457	10,50	8,93	7,35	
BC549	Motorola	30	100	625	110/800	-	250	5	296-100	4,00	3,40	2,80	
BC183L	STM	30	200	300	120/-	-	150	5	264-080	4,00	3,40	2,80	
BC184L	Motorola	30	200	300	240/-	-	150	5	294-283	5,00	4,25	3,50	
2N3704	Motorola	30	800	360	300/-	-	100	5	295-905	6,00	5,10	4,20	
ZTX302	Zetex	35	500	300	100/-	0,25	150	5	263-942	12,00	10,20	8,40	
2N3904	N.S.	40	200	350	100/300	0,3	300	5	294-312	5,80	4,93	4,06	
P2N2222A	Motorola	40	600	625	100/300	0,3	300	5	169-9623	9,90	8,42	6,93	
ZTX1051A	Zetex	40	4000	1000	300/1200	0,21	155 (typ)	5	215-6486	29,50	25,08	20,65	
BC547B	N.S.	45	100	625	110/800	0,6	150	5	131-1020	4,10	3,49	2,87	
BC237B	Motorola	45	100	350	200/460	0,6	150	5	642-531	3,00	2,55	2,10	
BC337-25	Motorola	45	500	800	160/400	-	60	5	169-9617	5,50	4,68	3,85	
BC337	N.S.	45	800	625	100/630	0,7	210 (typ)	5	131-1430	5,70	4,85	3,99	
ZTX450	Zetex	45	1000	1000	100/300	0,25	150	5	852-702	13,70	11,65	9,59	
BC635	N.S.	45	1500	600	40/250	0,5	130 (typ)	5	157-7135	4,95	4,21	3,47	
ZTX650	Zetex	45	2000	1000	100/300	0,5	140	5	841-182	26,00	22,10	18,20	
ZTX690B	Zetex	45	2000	1000	150/-	0,5	150	5	841-205	23,70	20,15	16,50	
BC182B	N.S.	50	100	350	240/500	0,6	150	5	131-1301	4,10	3,49	2,87	
BC182L	STM	50	200	300	120/-	-	100	5	294-277	4,50	3,83	3,15	
BFR40	Zetex	60	1000	800	75/-	-	100	5	131-0780	46,65	39,65	32,66	
ZTX451	N.S.	60	1000	1000	50/150	0,35	150	5	N 841-154	12,00	10,80	9,60	
BC637	N.S.	60	1500	600	40/250	0,5	130 (typ)	5	131-1468	4,95	4,21	3,47	
ZTX651	Zetex	60	2000	1000	100/300	2	175	5	N 295-501	19,15	17,24	15,32	
ZTX851	Zetex	60	5000	1200	100/300	0,25	130 (typ.)	5	841-233	33,70	28,65	23,59	
BC546	Motorola	65	100	525	110/450	0,6	150	5	296-071	4,00	3,40	2,80	
ZTX1053A	Zetex	75	3000	1000	300/1200	0,25	140 (typ)	5	215-6492	29,50	25,08	20,65	
BC639	Philips	80	500	625	40/160	0,5	200 (typ)	5	112-4775	8,35	7,10	5,85	
ZTX453	Zetex	100	1000	1000	40/200	0,7	150	5	296-239	19,00	16,15	13,30	
ZTX653	Zetex	100	2000	1000	100/300	0,5	140	5	295-517	30,00	25,50	21,00	
ZTX853	Zetex	100	4000	1200	100/300	0,2	130 (typ)	5	841-249	34,00	28,90	23,80	
ZTX600B	Zetex	140	1000	1000	1000/100K	1,2	250	5	N 296-223	21,00	18,90	16,80	
MP5A42	Motorola	300	500	625	40/-	0,5	50	5	295-214	8,00	6,80	5,60	
TO-92 - PNP													
2N3702	Motorola	25	200	360	60/-	-	100	5	295-898	6,00	5,10	4,20	
ZTX500	Zetex	25	500	300	50/300	0,35	150	5	294-463	11,00	9,35	7,70	
BC214C	N.S.	30	100	350	140/600	0,6	320	5	294-306	9,00	7,65	6,30	
BC213L	STM	30	200	300	70/-	-	200	5	264-096	4,00	3,40	2,80	
2N3703	Motorola	30	200	360	30/-	-	100	5	264-052	5,00	4,25	3,50	
ZTX502	Zetex	35	500	300	100/300	0,25	150	5	263-936	12,50	10,63	8,75	