

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure
Électronique

Laboratoire ELAN
Salle R112-SLO1

Diodes en commutation

Réalisé par :

Steeve Pouly
Nicolas Turrian

A l'attention de :

M. Moreno
M. Bovey

Dates :

Début du laboratoire : 25 août 2025
Fin du laboratoire : 29 septembre 2025

Table des matières

Diodes en commutation	1
1. But	3
2. Liste de matériel.....	3
3. Schéma de mesures	4
4. Analyse théorique	4
4.1. Tableaux caractéristique importante des diodes :	4
4.2. C. Dimensionnement résistances :	5
4.3. D. Fréquence d'utilisation des diodes.	8
5. Simulation	9
6. Mesures	10
7. Analyse générale	11
8. Mesure Additionnelle-photodiode	12
9. Erratum	13
Conclusion.....	16
Annexe	16

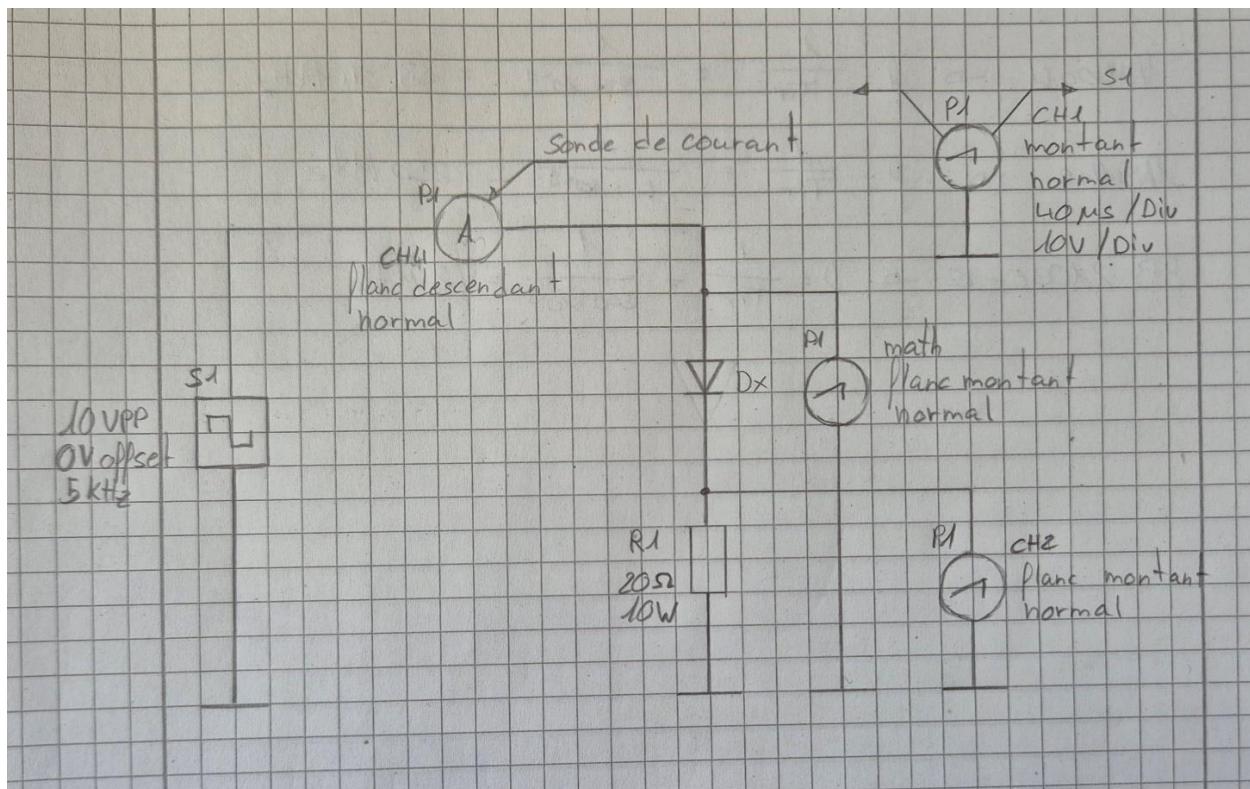
1. But

Analyser le régime dynamique des diodes selon plusieurs conditions demandées afin d'en vérifier le courant Id et la tension Uj. Pour plus d'informations se référer au cahier des charges TP1-Diodes en Commutation.

2. Liste de matériel

Désignation	Marque	Type	Caractéristiques	No d'inventaire
D1	-	Diode de redressement	1N4004	-
D2	-	Diode de signal ou de commutation	1N4148	-
D3	-	Diode Schottky	SB 2100E-G	-
D4	-	Photodiode	INL-3APD80	-
R1	-	68Ω	Resistance non bobinées	-
Rd	-	1KΩ	Résistances pour photorécepteur	-
Rp	-	-	Résistances photovoltaïque	-
P1	Tektronix	MDO34	Oscilloscope/ Mesure ampèremètres	ES.SLO1.04.00.43
P2	Tektronix	MDO34	Oscilloscope	ES.SLO1.04.00.43
P3	Micsig	MCP/CP Séries	Sonde de courant	-
P4	GW instek	GDM-396	Voltmètre	ES.SLO1.00.04.32
P5	GW instek	GDM-396	Ampèremètre	ES.SLO1.00.04.32
G1	Toellner	7741	Alimentation/générateur de fonction	ES.SLO1.00.03.05
G2	Sefram	6330	Alimentation	ES.SLO.02.03
B1	Seeed	Solar Panel	0.5w 55*70	-
Condition de mesures				
Température			25 degrés	

3. Schéma de mesures



4. Analyse théorique

4.1. Tableaux caractéristique importante des diodes :

« D1 » Diode de redressement 1N4004 :

Nom caractéristique	Valeur	Unité
U _j (Tension jonction)	1,1 max	[V]
I _f (Courant direct)	1 max	[A]
U _r (Tension inverse)	280	[V]
I _r (courant inverse)	10 max	[uA]
t _{rr} (Temp de recouvrement)	30	[us]

Caractéristiques prisent dans le datasheet Onsemi 1N400x

T_{rr} pris dans le datasheet General Semiconductor 1N4004

« D2 » Diode de signal 1N4148 :

Nom caractéristique	Valeur	Unité
U _j (Tension jonction)	1 max	[V]
I _f (Courant direct)	300	[mA]
U _r (Tension inverse)	75 min	[V]
I _r (courant inverse)	5 max	[uA]
t _{rr} (Temp de recouvrement)	4	[ns]

Caractéristiques prisent dans le datasheet Onsemi Onsemi 1N4x48

« D3 » Diode Schottky SB 2100E-G :

Nom caractéristique	Valeur	Unité
Uj (Tension jonction)	850 max	[mV]
If (Courant direct)	2	[A]
Ur (Tension inverse)	70	[V]
Ir (courant inverse)	400	[nA]
trr (Temp de recouvrement)	500	[ns]

Caractéristiques prisent dans le datasheet Comchip sb2100e-g
 Trr pris sur page de commande Digikey

4.2. C. Dimensionnement résistances :

R_{D1}:

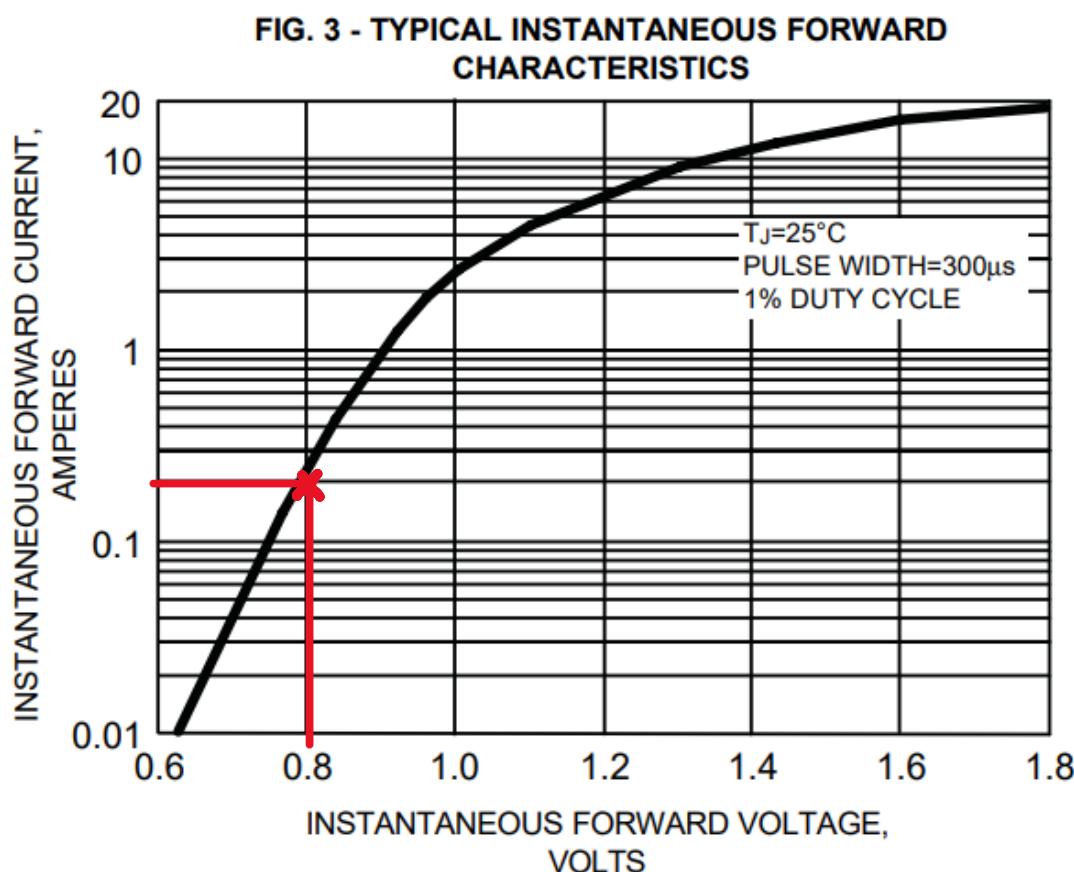


Figure 1 : Tableau pris sur la datasheet du composant 1N4004 du fournisseur "General Semiconductor".

$$U_{g1} = 10 \text{ Vp}$$

$$U_{JD1} = 0.8 \text{ V}$$

$$I_f = 200 \text{ mA}$$

Dimensionnement résistance R_{D1}:

$$R_{D1} = \frac{U_{G1} - U_{JD1}}{I_f} = \frac{10 - 0.8}{200 \times 10^{-3}} = 46 \Omega$$

Dimensionnement Puissance P_{RD1}:

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 46 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 840 \times 10^{-3} = 1.84 \text{ W}$$

On constate qu'il nous faudra prendre une résistance non bobinée plus haute que 2/3W pour nos mesures.

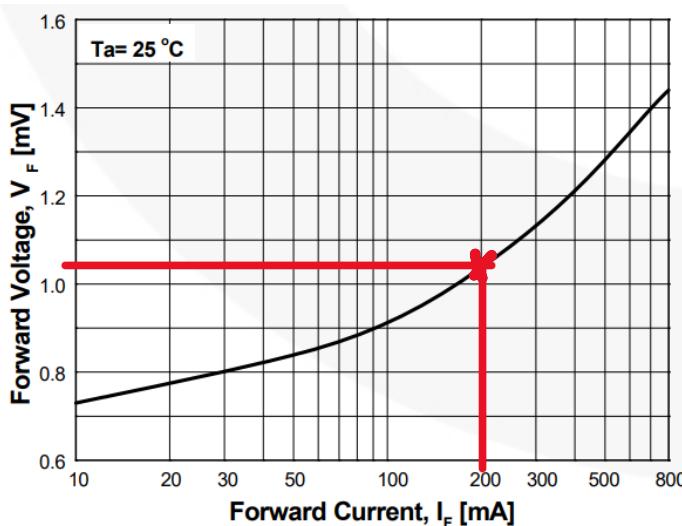
R_{D2} :

Figure 5. Forward Voltage vs. Forward Current
 V_F - 10 to 800 mA

Figure 2 : Tableau pris sur la datasheet du composant 1N4148 du fournisseur "Fairchild".

$$U_{g1}=10\text{Vp}$$

$$U_{JD1}=1.04\text{V}$$

$$I_f=200\text{mA}$$

Dimensionnement résistance R_{D2}:

$$R_{D1} = \frac{U_{G1}-U_{JD1}}{I_f} = \frac{10-1.04}{200 \times 10^{-3}} = \underline{\underline{44.8\Omega}}$$

Dimensionnement Puissance P_{RD2}:

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 19.9 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 792 \times 10^{-3} = \underline{\underline{1.80\text{W}}}$$

On constate qu'il nous faudra prendre une résistance dans la mesure du possible non bobinée plus haute que 2/3W pour nos mesures.

R_{D3}:

Fig.3 Typical Instantaneous Forward Characteristics

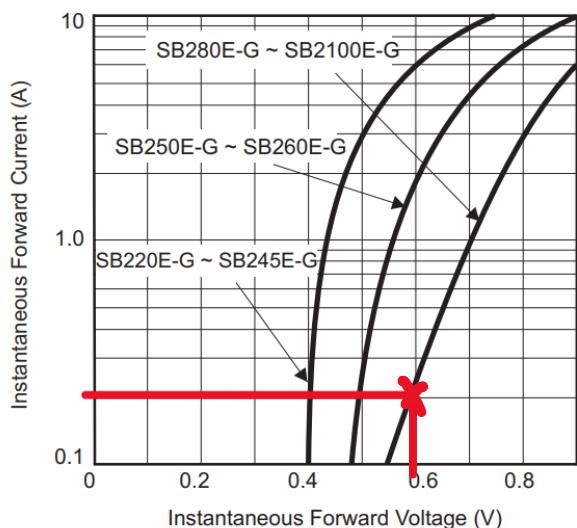


Figure 2 : Tableau pris sur la datasheet du composant SB 2100E-G du fournisseur "Comchip".

$$\begin{aligned} U_{g1} &= 10V_p \\ U_{JD1} &= 0.59V \\ I_f &= 200mA \end{aligned}$$

Dimensionnement résistance R_{D2}:

$$R_{D1} = \frac{U_{G1} - U_{JD1}}{I_f} = \frac{10 - 0.59}{200 \times 10^{-3}} = 47.05\Omega$$

Dimensionnement Puissance P_{RD2}:

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 22.05 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 882 \times 10^{-3} = 1.89W$$

On constate qu'il nous faudra prendre une résistance non bobinée plus haute que 2/3W pour nos mesures.

Pour simplifier la procédure de nos mesures réels une résistance de 50Ω plus haute que 2W sera choisie.

La seule résistance à disposition correspondante au critère ci-dessus est de 68Ω, elle sera utilisée pour nos mesures.

4.3. D. Fréquence d'utilisation des diodes.

Tableau d'utilisation des diodes mesurées selon leur fréquences (facultatif)			
Composants	Trr (temps recouvrement) [s]	Fréquence [MHz]	Marge de sécurité [Hz]
1N4004	30×10^{-6}	33,34	$3,3 \times 10^3$
1N4148	4×10^{-9}	250	25×10^6
SB 2100E-G	500×10^{-9}	2	200×10^3

La fréquence a été définie à l'aide du temps de recouvrement trouver dans le datasheet des différentes diodes.

$$f = \frac{1}{trr}$$

Une autre fréquence a été calculée avec une marge de sécurité ($trr \times 10$) car le trr en utilisation réelle n'est pas fixe et risque de varier un peu donc on met une marge de sécurité pour assurer le fonctionnement dans tous les cas et pour éviter de faire fonctionner la diode au max tout le temps. Fréquence 10 fois plus basse que la limite théorique.

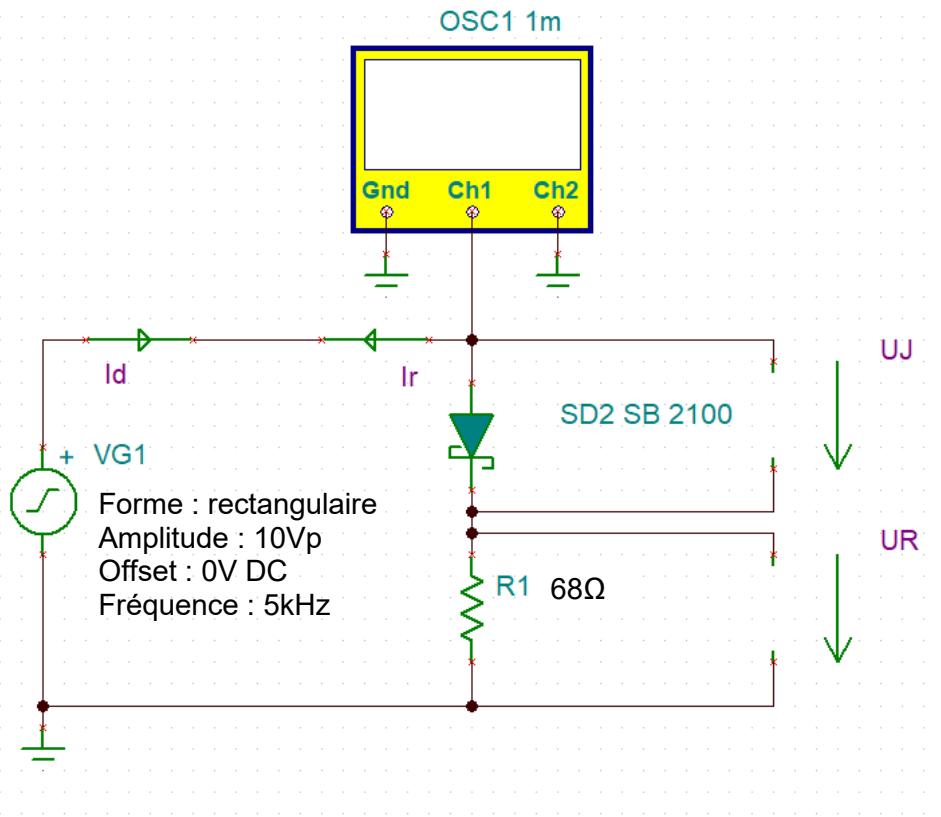
$$f = \frac{1}{trr \times 10}$$

Tableau de fréquence d'utilisation des diodes, montage spécifique :		
Composants	Fréquences	Utilisation
1N4004	50 Hz	Montage redresseur
1N4148	100 MHz	Traitement de signal HF
SB 2100E-G	50 Hz	Alim, redressement

Les fréquences ont été définies par leur fréquence moyenne d'utilisation.
Ce sont les fréquences les plus utilisées et les plus classique avec cette application.

5. Simulation

Simulation TINA :



Les diodes 1N4004 et 1N4148 ont été simulées de la même manière.

E. Comparaison des résultats obtenu avec la simulation :

/duty cycle	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	Sb2100	Unité
Uj (Comm ON)	803.05	823.39	392.61	[mV]
Uj (Comm OFF)	-10	-10	-9.95	[V]
UR (Comm ON)	9.2	9.18	9.61	[V]
UR (Comm OFF) max	-10.76	-10.8	-10.35	[V]
Id	135.24	134.95	141.29	[mA]
Ir max	413p	1.01n	705.87u	[A]
trr	2.96u	13.76n	19.8n	[s]

Tous les résultats de ce tableau sont disponibles sur trois oscillosogrammes en annexe.

On constate que la diode Sb2100 a une tension de jonction plus faible que les deux autres.

On observe que le courant inverse est différent dans chaque diode.

Le temps de recouvrement de la diode 1N4004 est plus élevé que les deux autres diodes.

F. Le Duty cycle pourrais avoir un impact sur la diode, s'il ne lui laisse pas le temps de réaliser son temps de recouvrement « trr ». Dans ce cas-là, la diode bloquera le circuit.

6. Mesures

G. Il faut faire attention au dimensionnement des résistances, afin d'éviter de les détruire.

H. Tableau des résultats de mesure

/duty cycle	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	Sb2100	Unité
Uj (Comm ON)	800m	800m	300m	[V]
Uj (Comm OFF)	-10.2	-10.6	-10.7	[V]
UR (Comm ON)	8.8	8.9	9.5	[V]
UR (Comm OFF) max	-11	-800m	-1.9	[V]
Id	66m	68m	70.80m	[A]
Ir max	-	-	-	[A]
trr	5.910u	-	-	[s]

Tous les résultats de ce tableau sont disponibles en annexe.

I. On constate que la tension de jonction de la diodes SB2100 est plus basse que les deux autres diodes. La chute de tension sur la résistance RD3 est plus élevée par rapport autre diodes. Le courant inverse et le courant de recouvrement des diodes 1N4148 et Sb2100 n'ont pas pu être mesurés car la sonde utilisée n'était pas assez précise.

7. Analyse générale

J.1 tableaux des résultats obtenus pour chaque diode :

1N4004				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	1.1	803.05	800m	[V]
Uj (Comm OFF)	-280	-10	-10.2	[V]
UR (Comm ON)	-	9.2	8.8	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.76	-11	[V]
Id	1	135.24m	66m	[A]
Ir max	10u	413p	-	[A]
trr	30u	2.96u	5.910u	[s]

1N4148				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	1	823.39	800m	[V]
Uj (Comm OFF)	-75	-10	-10.6	[V]
UR (Comm ON)	-	9.18	8.9	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.8	-800m	[V]
Id	300m	134.95	68m	[A]
Ir max	5u	1.01n	-	[A]
trr	4n	13.76n	-	[s]

Sb2100				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	850m	392.61	300m	[V]
Uj (Comm OFF)	-70	-9.95	-10.7	[V]
UR (Comm ON)	-	9.61	9.5	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.35	-1.9	[V]
Id	2	141.29m	70.80m	[A]
Ir max	400n	705.87u	-	[A]
trr	500n	19.8n	-	[s]

On voit une variation d'environ 100mV sur la tension de jonction entre la simulation et la mesure de la diode SB2100

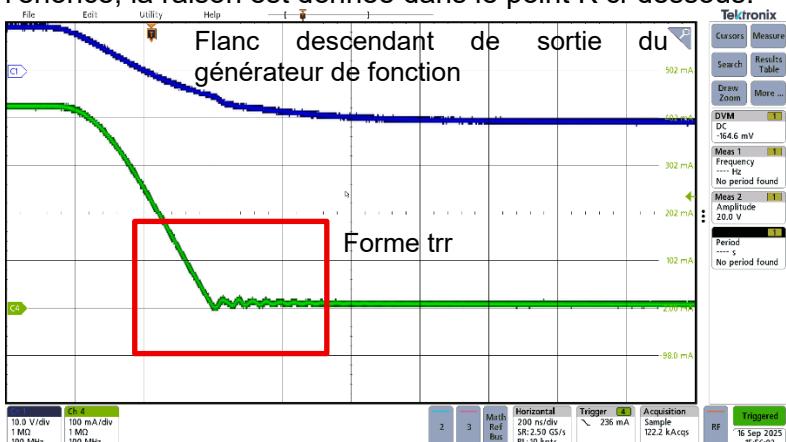
On observe que les tensions aux bornes des résistances des diodes 1N4148 et SB2100 ne sont pas les mêmes entre la simulation et la mesure. Car l'oscilloscope ne peut pas être assez précis pour afficher le pic à mesurer.

On constate aussi dans la diode 1N4148 une différence entre la simulation et la mesure du courant Id et que son temps de recouvrement se trouve être supérieur sur la simulation par rapport au datasheet.

Le courant Id sur la diode SB2100 est plus élevé sur la simulation par rapport à la mesure

Lors de la simulation de la diode Sb2100, on constate que le courant inverse est supérieur à ce qui est donné dans le datasheet.

J.2 Non, la forme du courant mesurée à l'oscilloscope n'est pas semblable à l'image donnée dans l'énoncé, la raison est donnée dans le point K ci-dessous.

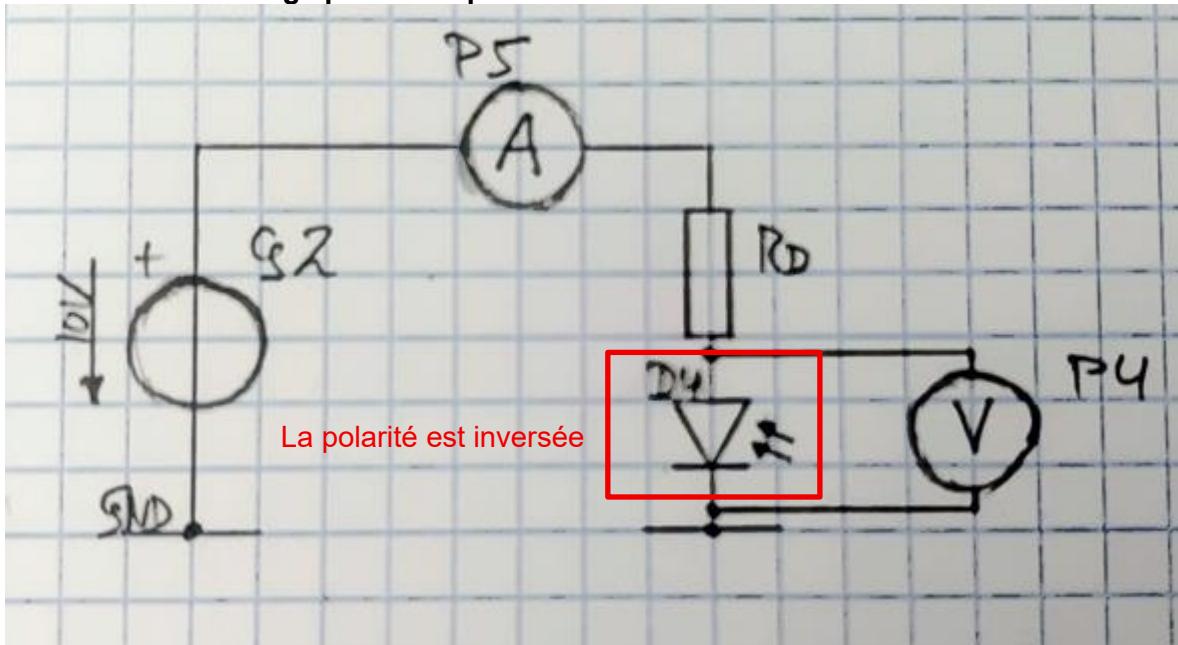


Mesure du « trr » sur la diode 1N4148 à l'oscilloscope

K. Oui, on a constaté qu'avec la sonde de courant, on ne pouvait pas réaliser une mesure précise du « trr » en μA car celle-ci est conçue pour des mesures avoisinant les 5A, on peut aussi apercevoir que le flanc descendant du générateur de fonction Toellner a un flanc non direct ce qui ne nous permet pas d'analyser correctement le « trr » de la diode 1N4148.

8. Mesure Additionnelle-photodiode

L. Mesure du montage photorécepteur



M.

Dans le datasheet du fournisseur, ils indiquent qu'on peut mettre jusqu'à une tension de 32 V max, mais on observe aussi que la plupart des mesures qui y figurent ont été faites sur 10 v, donc nous décidons d'utiliser une tension de 10 v pour nos mesures.

Le choix de notre résistance se base sur deux points : l'un doit permettre d'observer une faible variation de courant, l'autre d'éviter de dépasser les 150mW que peut supporter la diode :

$$P_{max} = U \times I_{max}$$

$$I_{max} = P_{max} \div U = 150 \times 10^{-3} \div 10 = 15\text{mA}$$

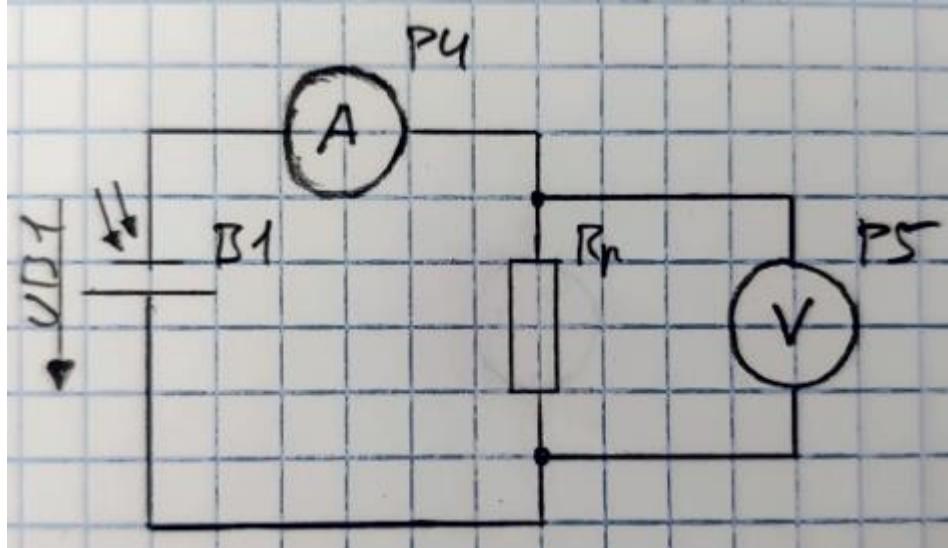
$$R_{Dmin} = U \div I_{max} = 10 \div 15 \times 10^{-3} = 667\text{Ohm}$$

Pour avoir un peu de marge, on va utiliser une résistance de : $R_d = 1\text{K}\Omega$

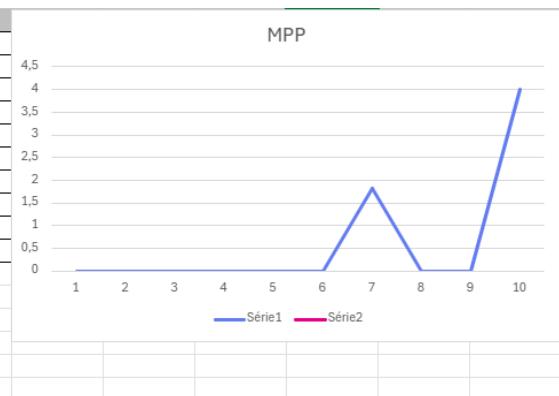
N. Mesure de tension et de courant en mode photorécepteur
Tableau de mesure de la photodiode

Valeurs Mesurées	Sous éclairage	En pénombre
Tension [V]	95mv	2.5mv
Courant [A]	2uA	Impossible

On a constaté que le courant en pénombre était trop faible pour être mesuré avec les appareils de mesure que nous avions à disposition. De plus dans le datasheet, on constate qu'on tourne autour des 30nA max en pénombre ce qui confirme notre mesure.

O. Schéma de mesure du montage photovoltaïque :

P. tableau

Résistances [Ω]	Tensions [V]	Courant [A]	Puissance [W]
100	32,5 E-3	0	0
200	71,2 E-3	0	0
560	190,5 E-3	0	0
820	276 E-3	0	0
1000	343,5 E-3	0	0
2000	677 E-3	0	0
5600	1,83	0	0
8200	2,4	0	0
56000	4,1	0	0
82000	4	0	0



9. Erratum

Il a été constaté lors de l'étape de la mesure additionnelle que les résistances des diodes ont mal été dimensionnée de ce fait toutes les mesures réalisées par la suite ne représentent pas les valeurs attendues dans ce rapport.

Les nouveaux calculs ont été corrigés dans le rapport et les nouvelle mesure sont disponibles en annexe. Les calculs erronés et les mesure erronées figures ci-dessous.

Dimensionnement résistance R_{D1} :

$$R_{D1} = \frac{U_{G1} - U_{jD1}}{I_f} = \frac{(10:2) - 0.8}{200 \times 10^{-3}} = 21\Omega$$

Dimensionnement Puissance P_{RD1} :

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 21 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 840 \times 10^{-3} = \underline{\underline{840\text{mW}}}$$

Dimensionnement résistance R_{D2} :

$$R_{D1} = \frac{U_{G1} - U_{jD1}}{I_f} = \frac{(10:2) - 1.04}{200 \times 10^{-3}} = \underline{\underline{19.8\Omega}}$$

Dimensionnement Puissance P_{RD2} :

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 19.9 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 792 \times 10^{-3} = \underline{\underline{792\text{mW}}}$$

Dimensionnement résistance R_{D2} :

$$R_{D1} = \frac{U_{G1} - U_{jD1}}{I_f} = \frac{(10:2) - 0.59}{200 \times 10^{-3}} = \underline{\underline{22.05\Omega}}$$

Dimensionnement Puissance P_{RD2} :

$$P_{RD1} = R_{D1} \times I_f^2 = 22.05 \times (200 \times 10^{-3})^2 = 882 \times 10^{-3} = \underline{\underline{882\text{mW}}}$$

E. Comparaison des résultats obtenu avec la simulation pour une résistance de 20Ω :

/duty cycle	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	Sb2100	Unité
Uj (Comm ON)	834	849.2	489.44	[mV]
Uj (Comm OFF)	-10	-10	-9.99	[V]
UR (Comm ON)	9.17	9.15	9.51	[V]
UR (Comm OFF) max	-10.75	-10.75	-10.43	[V]
Id	436	435.75	475.53	[mA]
Ir max	413p	1n	746u	[A]
trr	2.69u	13n	12.8n	[s]

On constate que la diode Sb2100 a une tension de jonction plus faible que les deux autres
On observe que le courant inverse est différent dans chaque diode.

Le temps de recouvrement de la diode 1N4004 est plus élevé que les deux autres diodes.

H. Tableau des résultats de mesure

/duty cycle	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	Sb2100	Unité
Uj (Comm ON)	480m	1.2	500m	[V]
Uj (Comm OFF)	-10.4	-10.2	-10.2	[V]
UR (Comm ON)	8.6	8.4	9.1	[V]
UR (Comm OFF) max	-10.8	-2.8	-3.1	[V]
Id	436m	424m	448m	[A]
Ir max	-	-	-	[A]
trr	5.52n	-	-	[s]

Tous les résultats de ce tableau sont disponibles en annexe.

I. On constate que la tension de jonction de la diode 1N4148 est plus élevée que les deux autres diodes. La chute de tension sur la résistance RD1 est plus élevée par rapport aux deux autres diodes. Le courant inverse et le courant de recouvrement des diodes 1N4148 et SB2100 n'ont pas pu être mesurés car la sonde utilisée n'était pas assez précise.

J.1 Tableaux des résultats obtenus pour chaque diode :

1N4004				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	1.1	834m	800m	[V]
Uj (Comm OFF)	-280	-10	-10.40	[V]
UR (Comm ON)	-	9.17	8.6	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.75	-10.8	[V]
Id	1	436m	436m	[A]
Ir max	10u	413p	-	[A]
trr	30u	2.69u	5.52n	[s]

1N4148				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	1	849.2m	1.2	[V]
Uj (Comm OFF)	-75	-10	-10.2	[V]
UR (Comm ON)	-	9.15	8.4	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.75	-2.8	[V]
Id	300m	435.75m	424m	[A]
Ir max	5u	1n	-	[A]
trr	4n	13n	-	[s]

Sb2100				
Nom caractéristique	Datasheet	Simulation	Mesure	Unité
Uj (Comm ON)	850m	489.44m	500m	[V]
Uj (Comm OFF)	-70	-9.9	-10.2	[V]
UR (Comm ON)	-	9.51	9.1	[V]
UR (Comm OFF) max	-	-10.43	-3.1	[V]
Id	2	475.53m	448m	[A]
Ir max	400n	746u	-	[A]
trr	500n	12.8n	-	[s]

On voit une variation de 200 à 300mV entre les différentes comparaisons de la tension de jonction cela nous semble correcte.

On observe que les tensions aux bornes des résistances des diodes 1N4148 et SB2100 ne sont pas les mêmes entre la simulation et la mesure.

On constate aussi dans la diode 1N4148 que le courant mesuré est plus grand que celui donné dans le datasheet et que son temps de recouvrement se trouve également sur la simulation par rapport au datasheet.

Lors de la simulation de la diode SB2100, on constate que le courant inverse est supérieur à ce qui est donné dans le datasheet.

Conclusion

On constate qu'avec les appareils de mesure utilisés nous ne parvenons pas à obtenir quelques mesures précises afin d'obtenir les valeurs voulues du datasheet ou de la simulation, les valeurs de simulation sont aussi plus élevées que le datasheet pour certain points, cela pourrait être dû à un réglage approfondi dans les paramètres du logiciel Tina.

Mise à part ces petites erreurs on observe en régime dynamique, un comportement correct des diodes selon leur datasheet.

Lors de l'erratum on constate qu'en plus du mauvais dimensionnement de notre résistance on avait mal mesuré nos signaux à l'oscilloscope, on a remarqué que les curseurs devaient obligatoirement être réglés sur le même canal mesuré au risque de nous soumettre des erreurs de mesures.

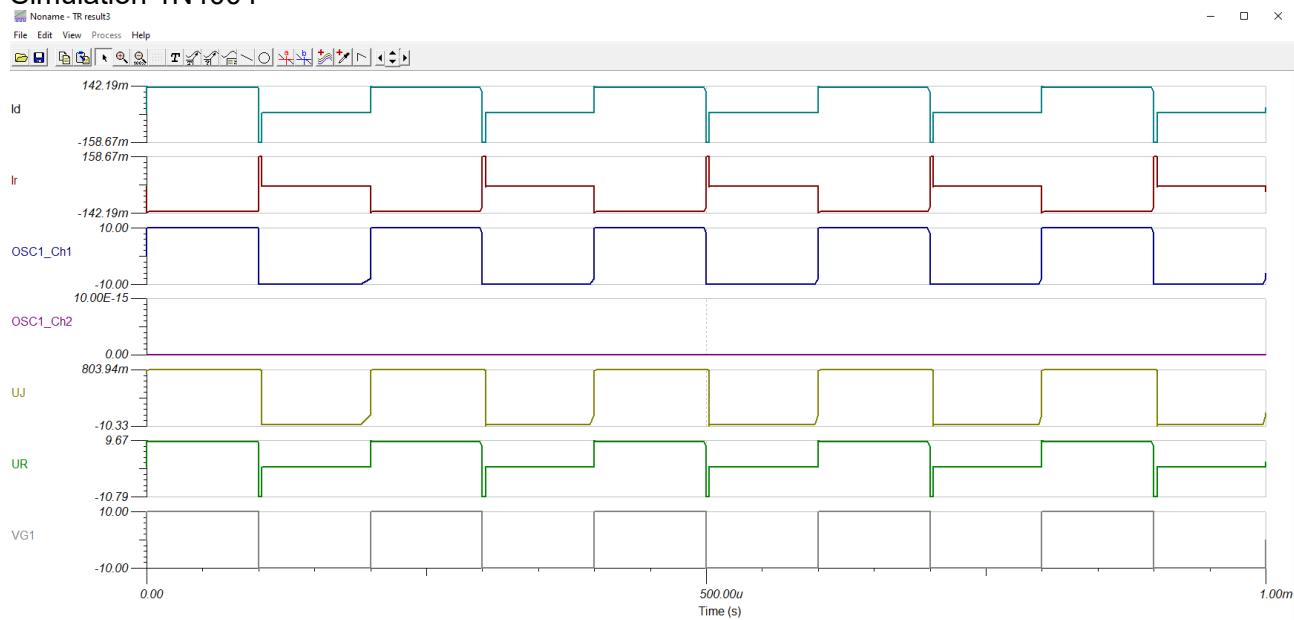
On n'a malheureusement pas pu finir la mesure additionnelle, le fait de refaire tous les dimensionnements et les mesures, nous ont pris pas mal de temps.

ETML, le 29.09.2025

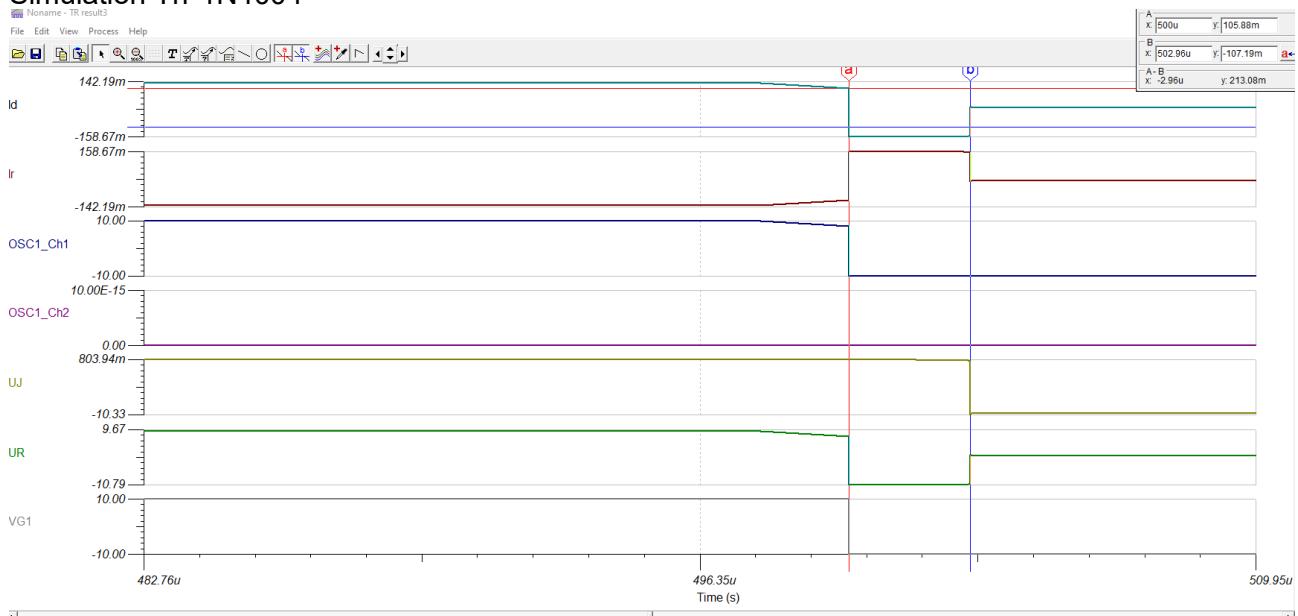
Pouly Steeve/Turrian Nicolas

Annexe

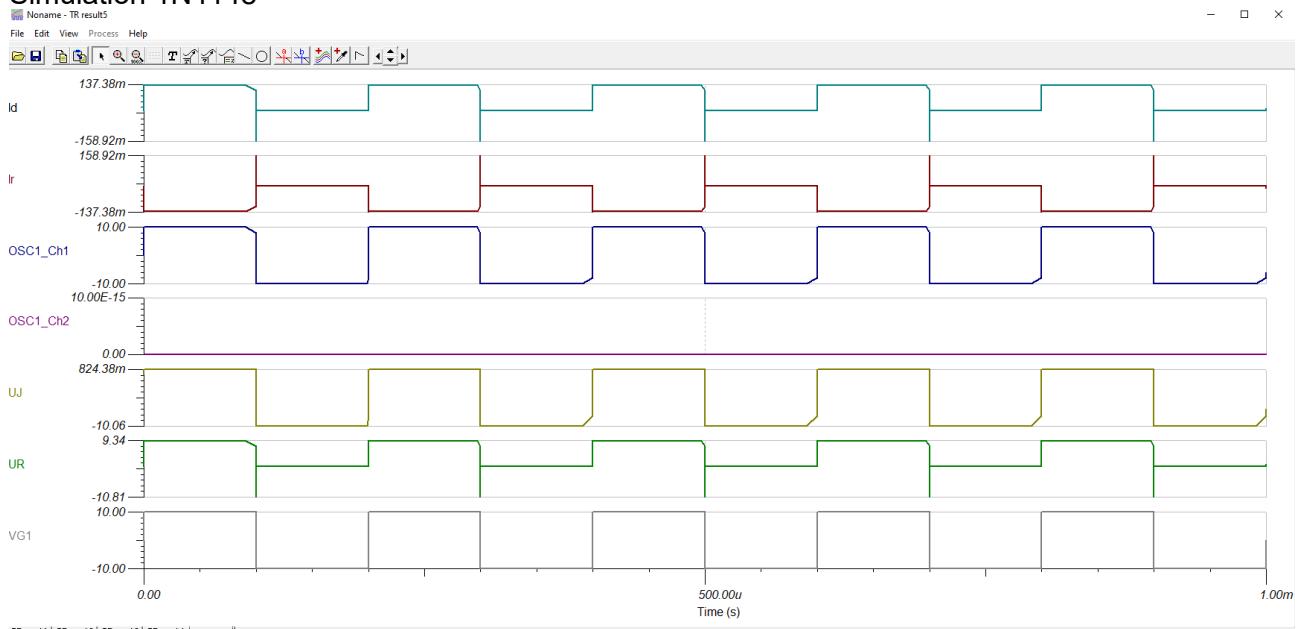
Simulation 1N4004



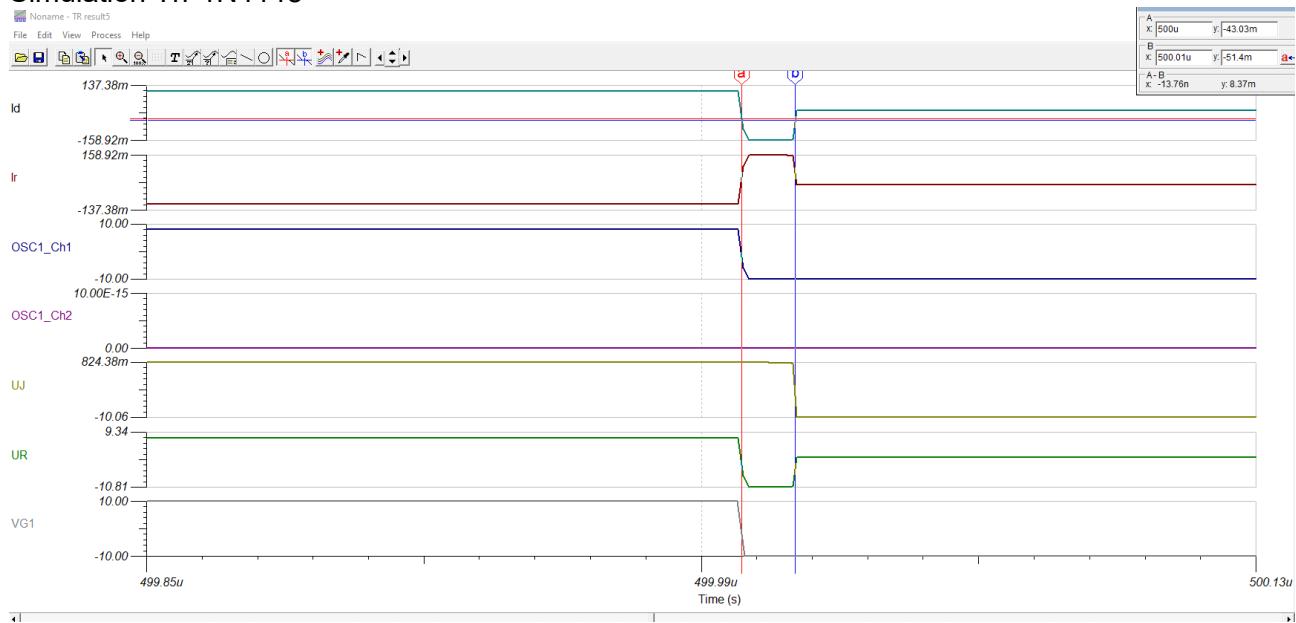
Simulation Trr 1N4004



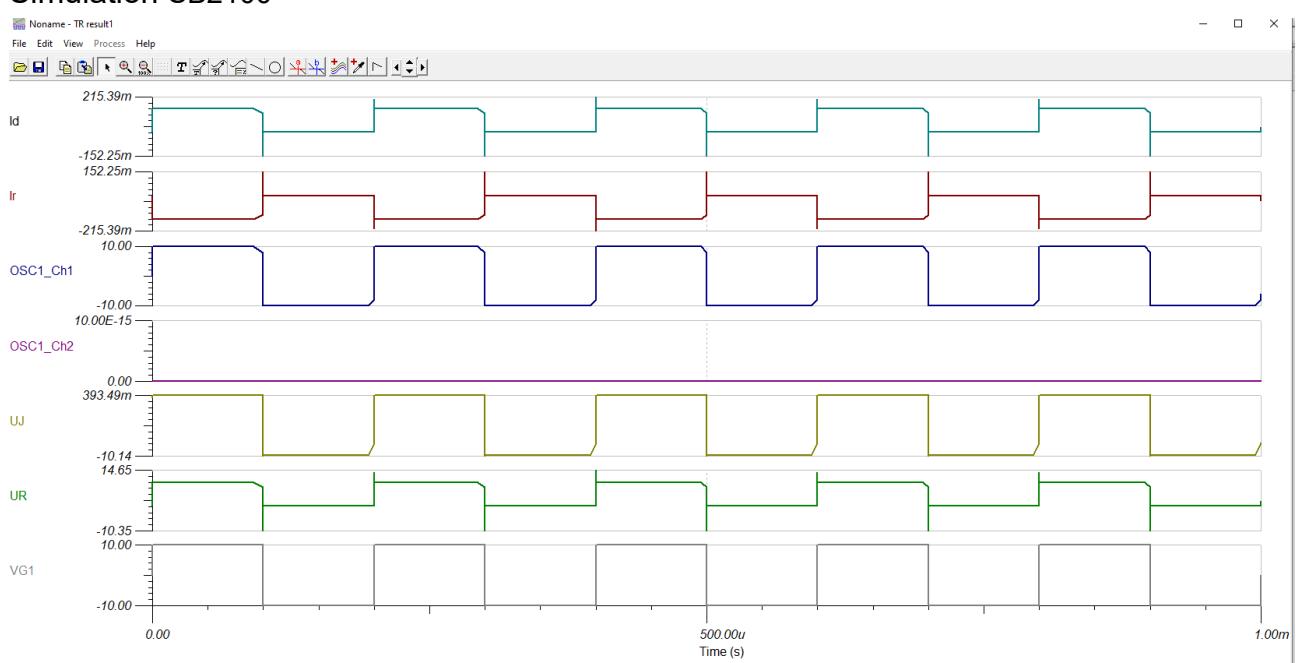
Simulation 1N4148



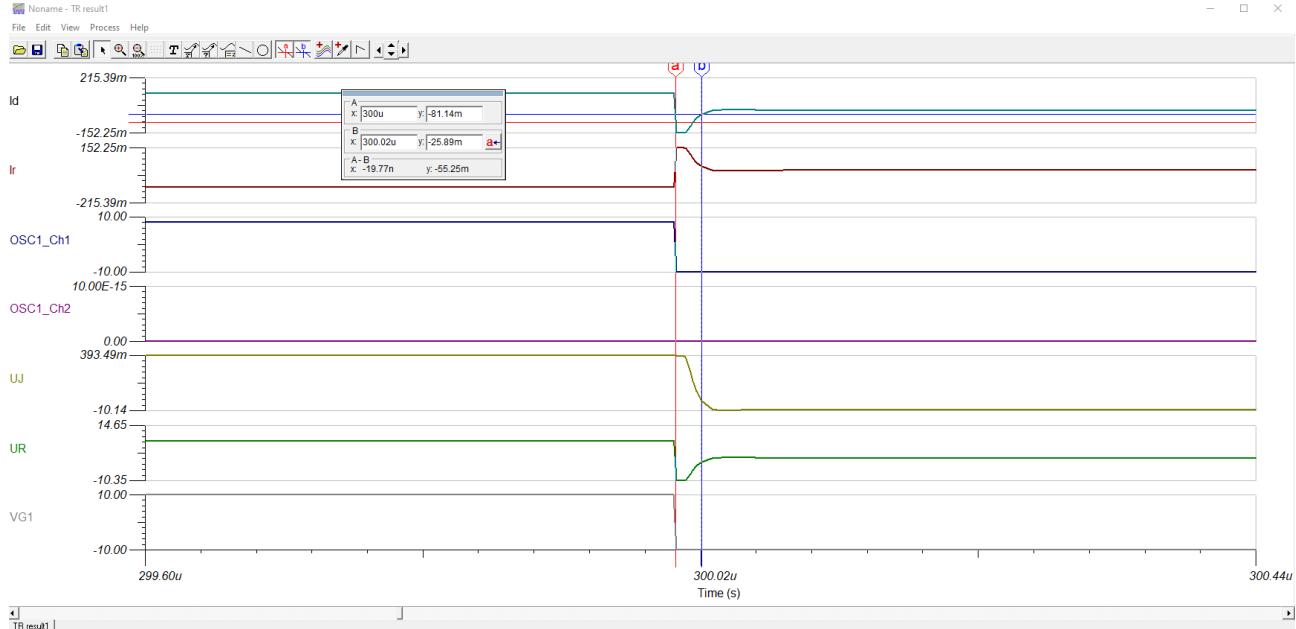
Simulation Trr 1N4148



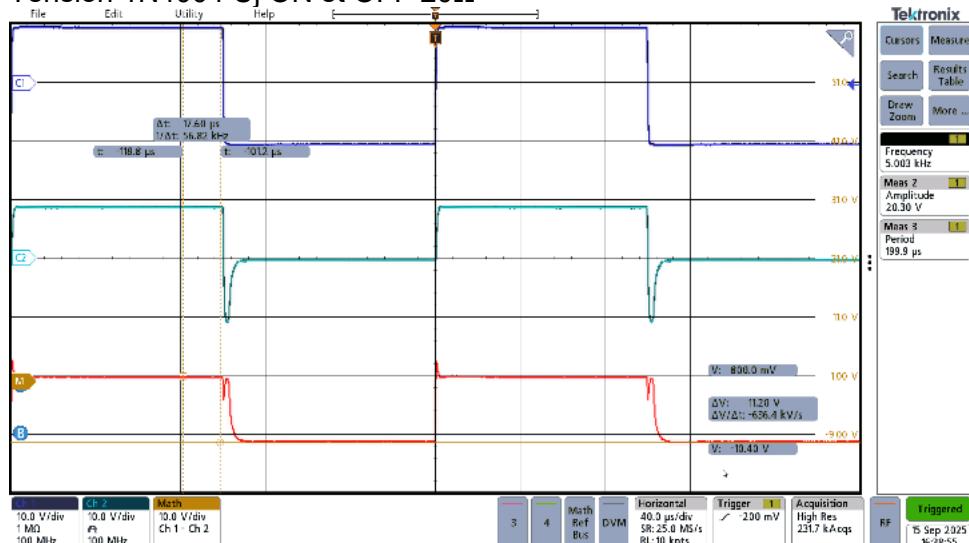
Simulation SB2100



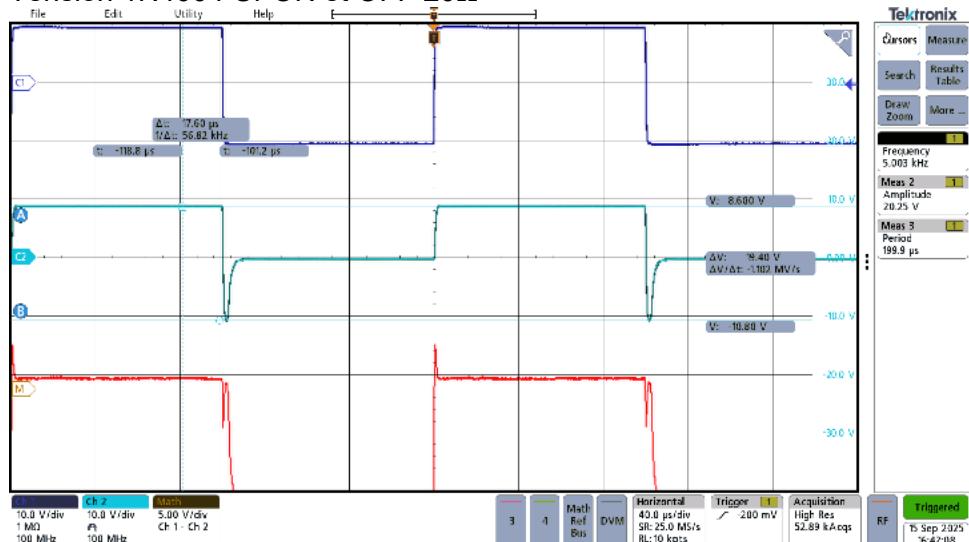
Simulation Trr SB2100



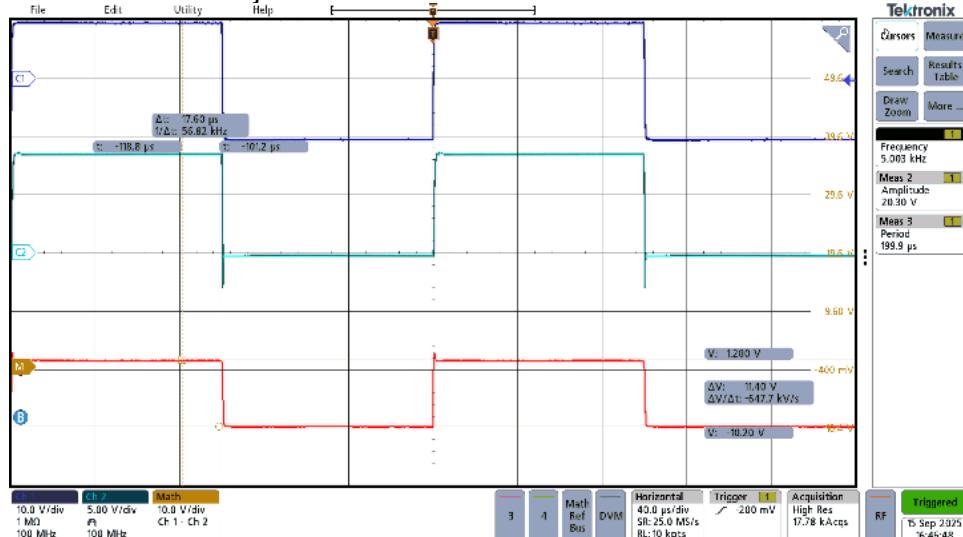
Tension 1N4004 Uj ON et OFF 2Ω



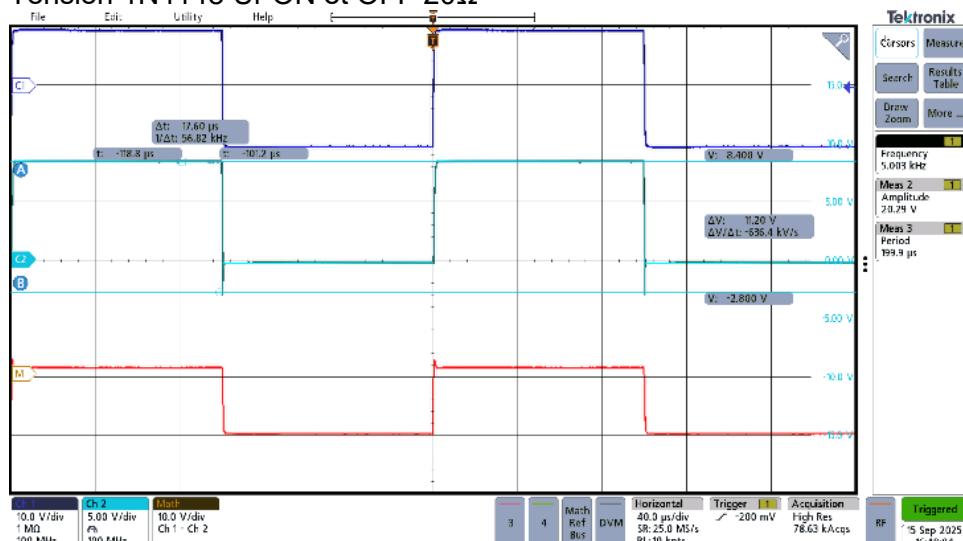
Tension 1N4004 Ur ON et OFF 2Ω



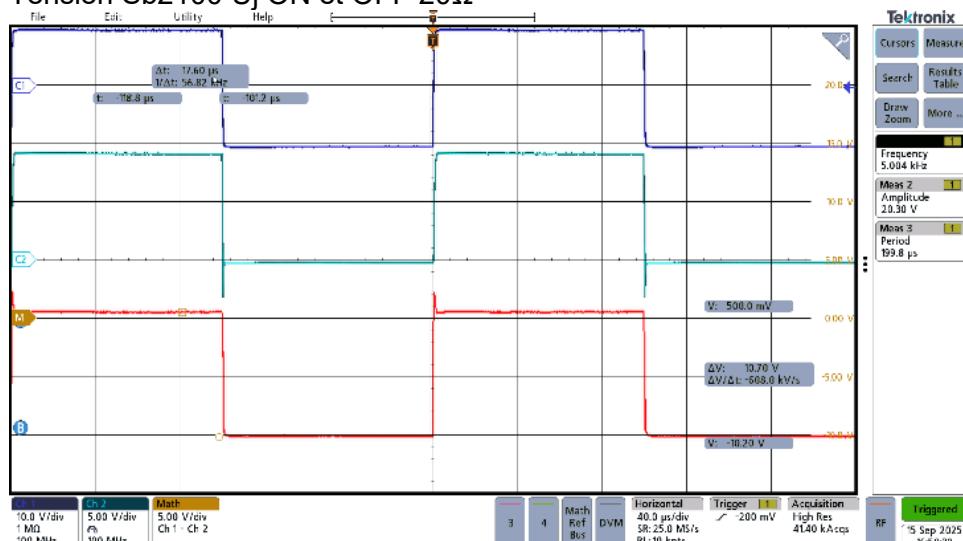
Tension 1N4148 Uj ON et OFF 20Ω



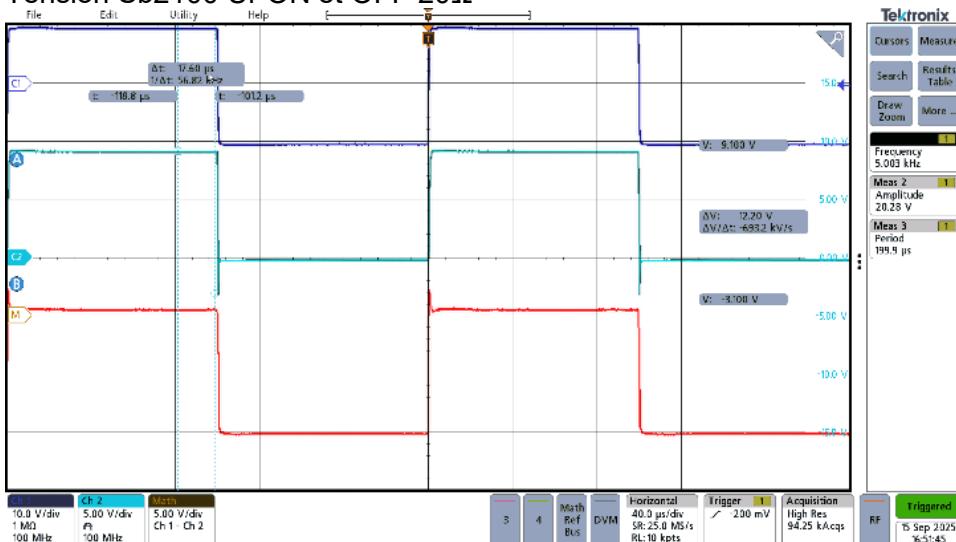
Tension 1N4148 Ur ON et OFF 20Ω



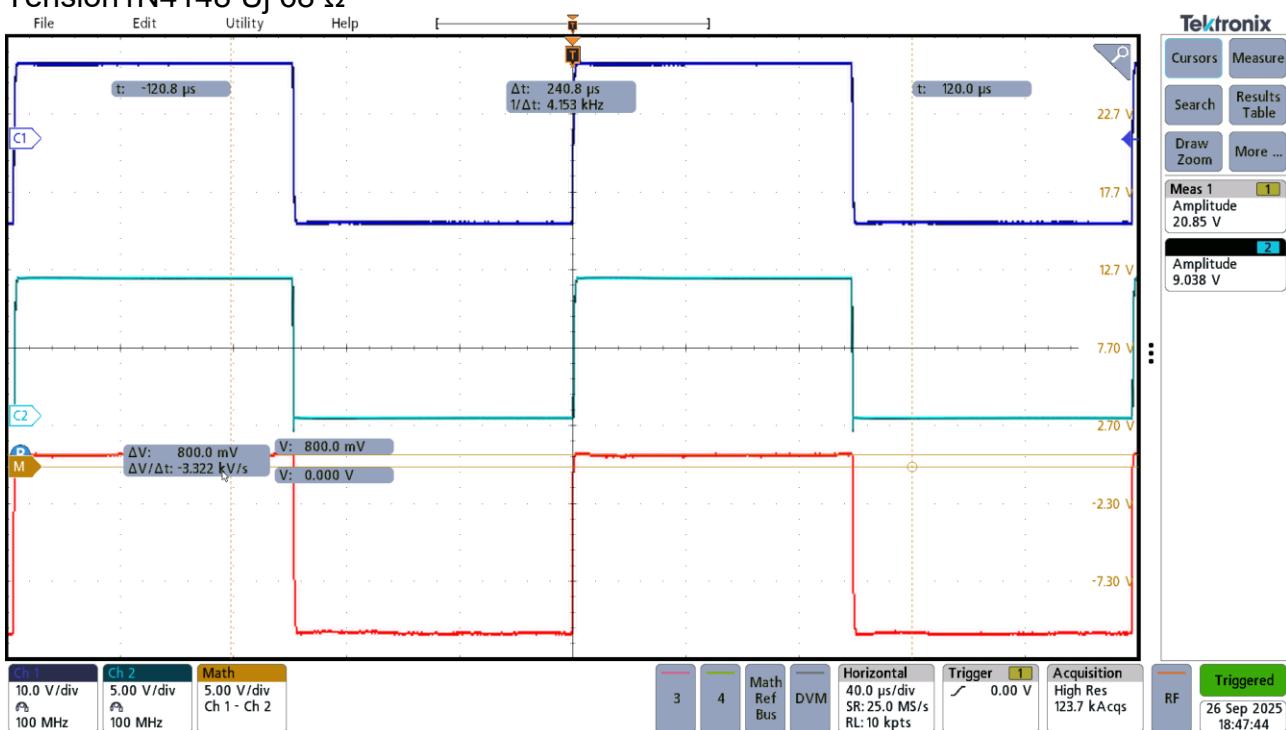
Tension Sb2100 Uj ON et OFF 20Ω



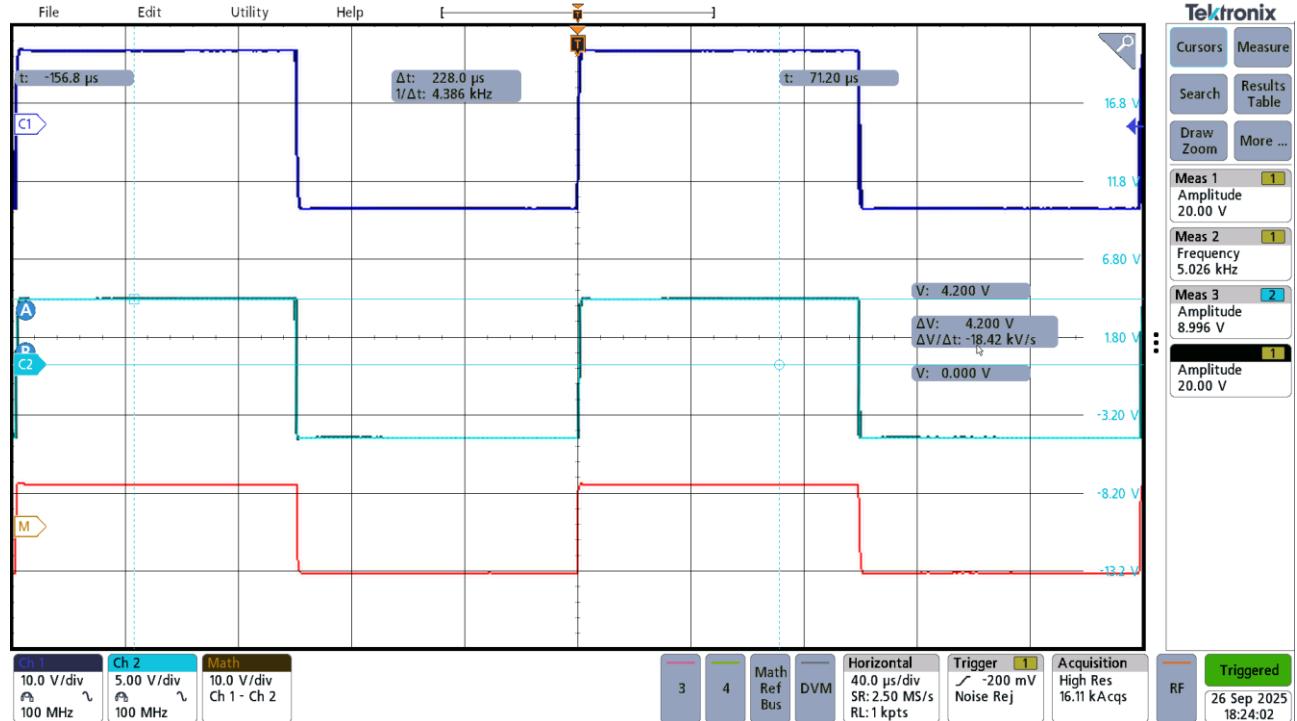
Tension Sb2100 Ur ON et OFF 20Ω



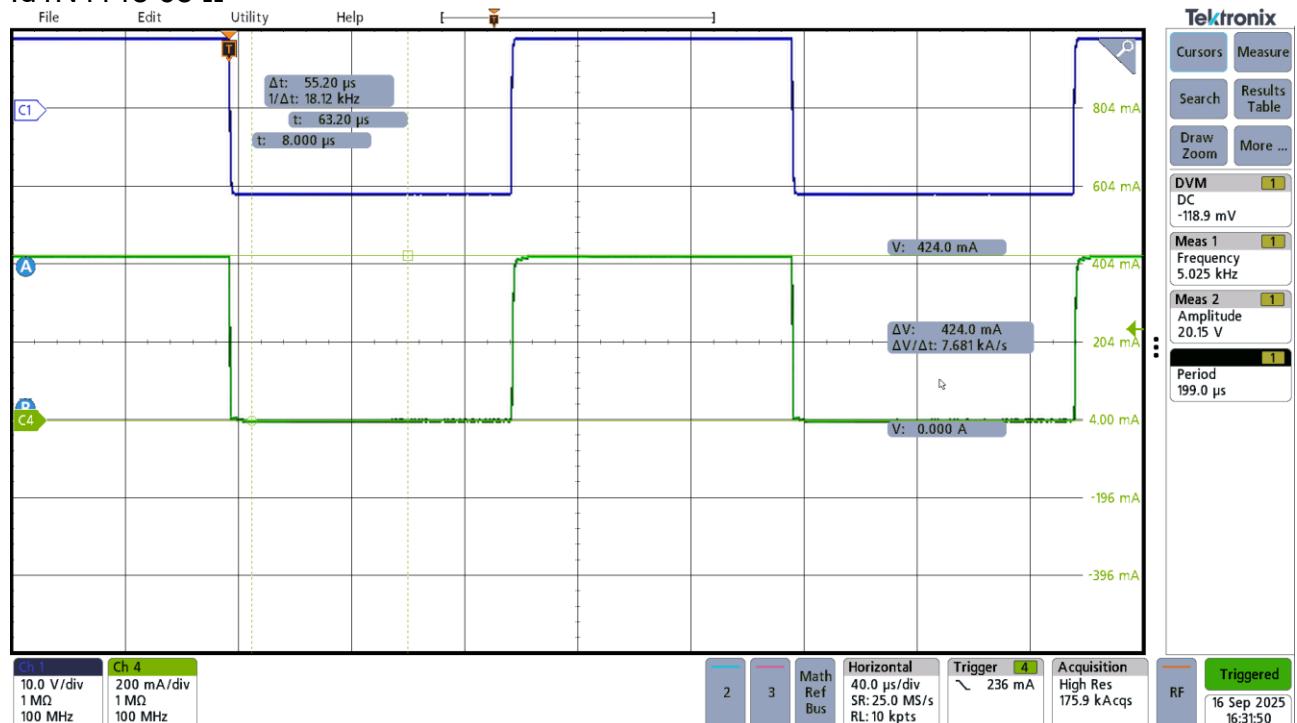
Tension 1N4148 Uj 68 Ω



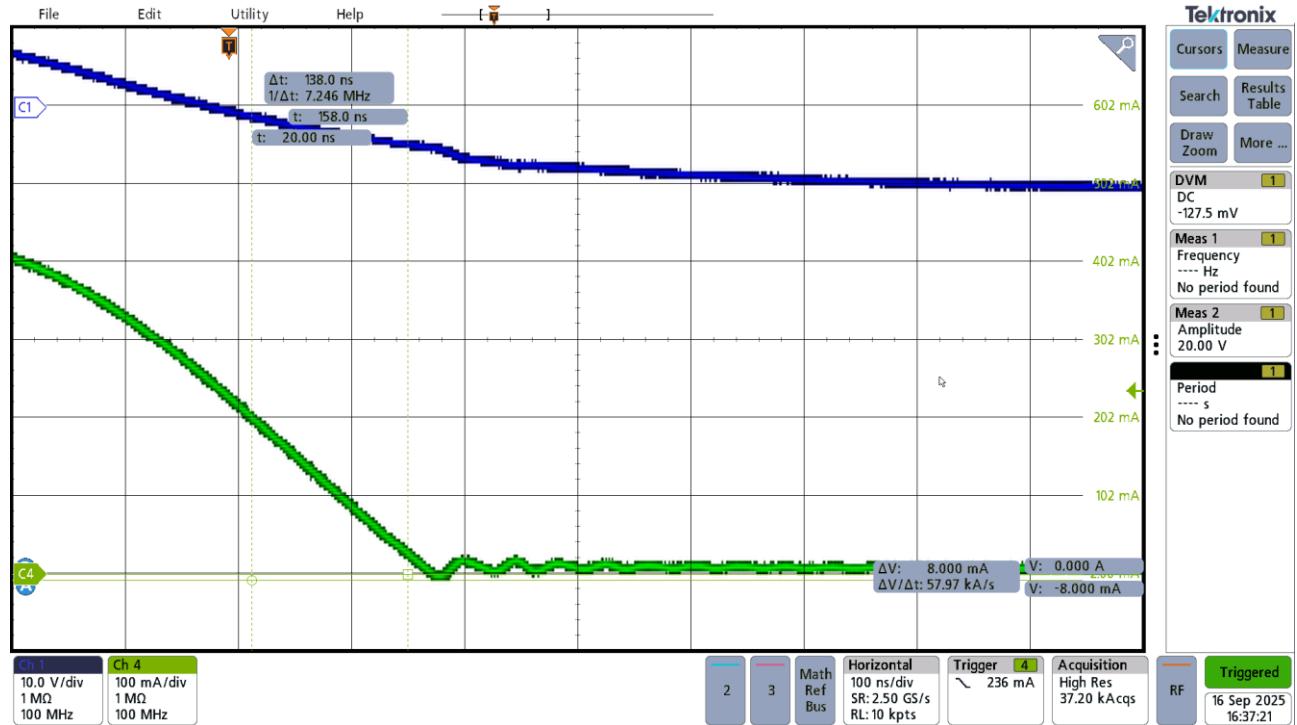
Tension 1N4148 Ur 68 Ω



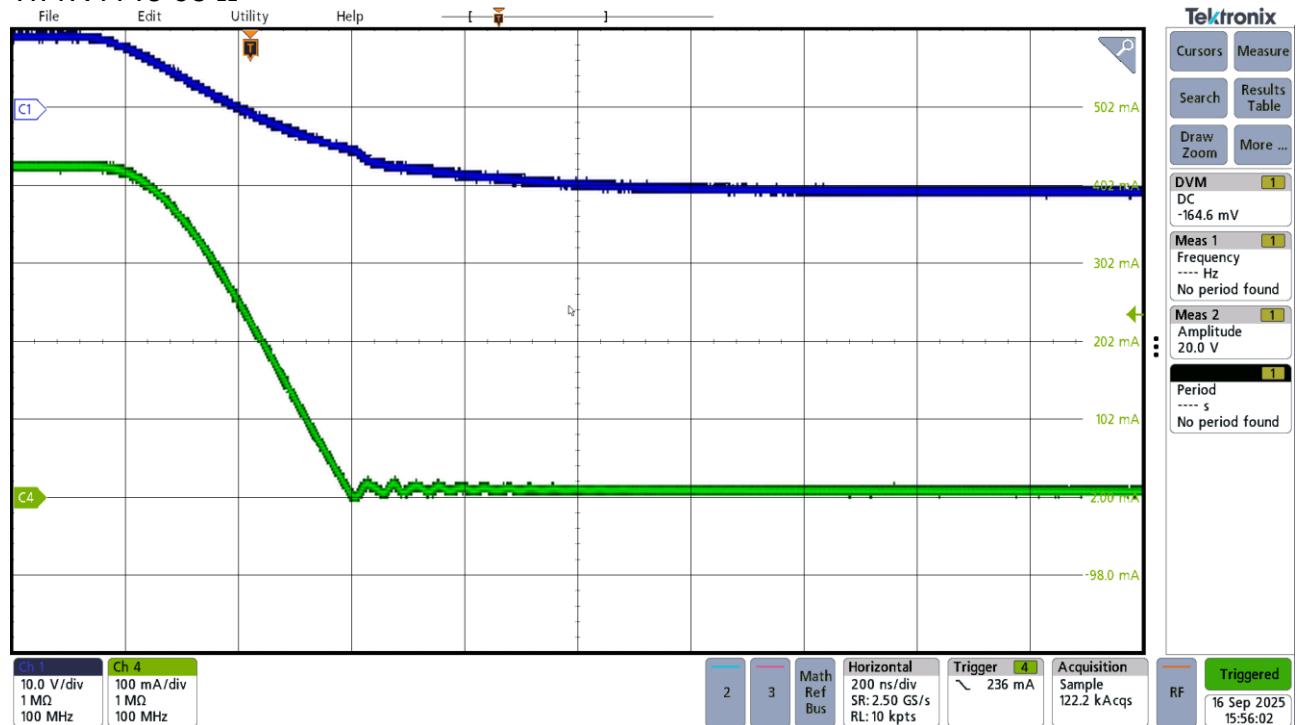
Id 1N4148 68 Ω



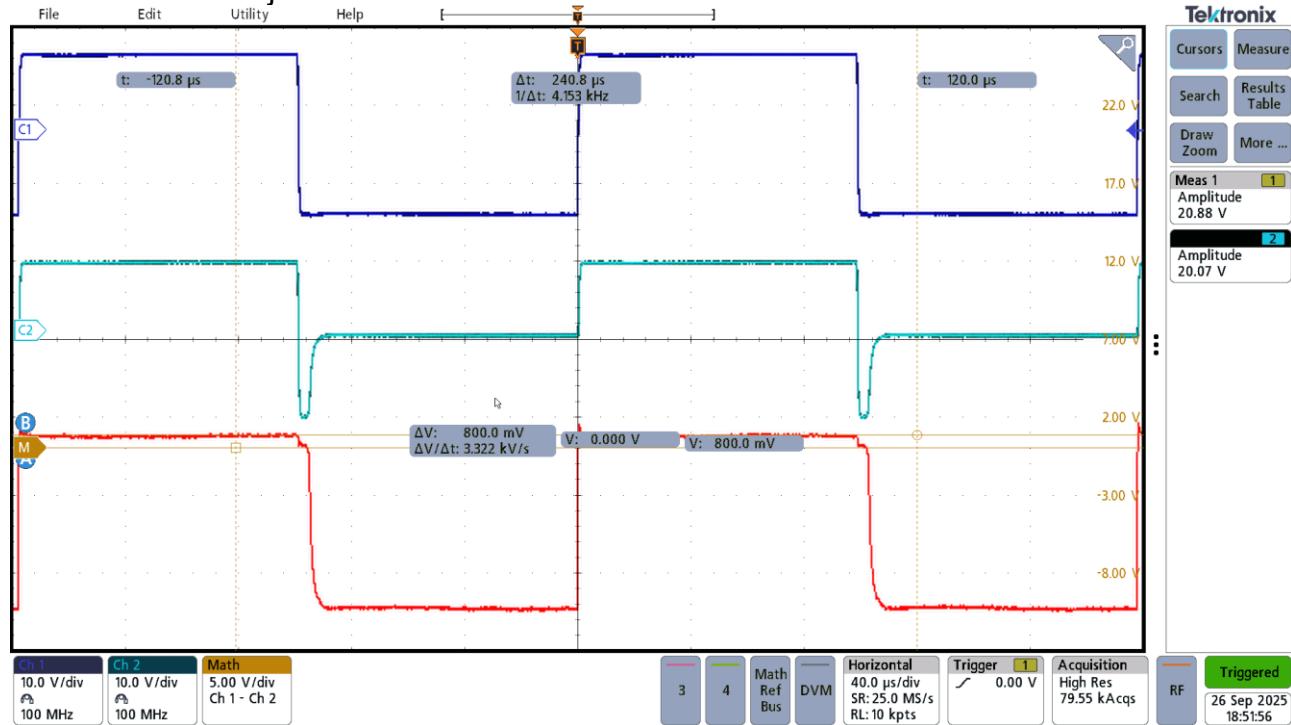
Ir max 1N4148 68 Ω



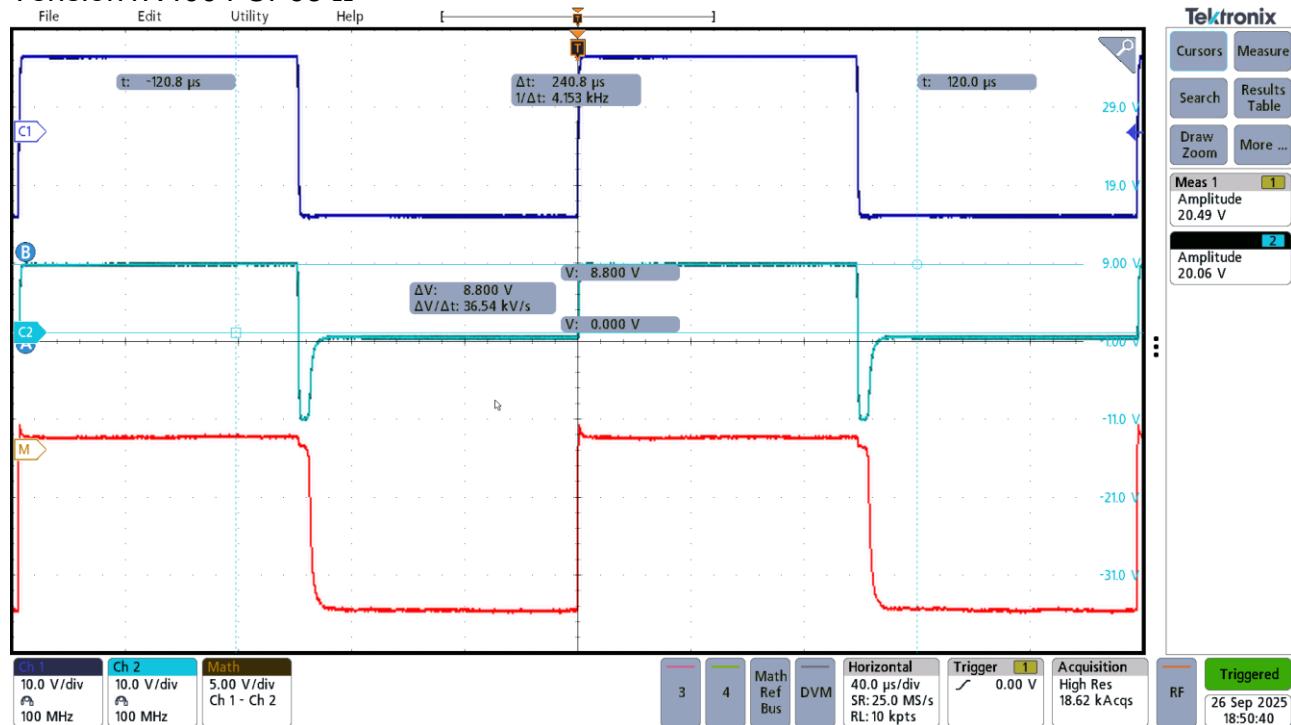
Trr1N4148 68 Ω



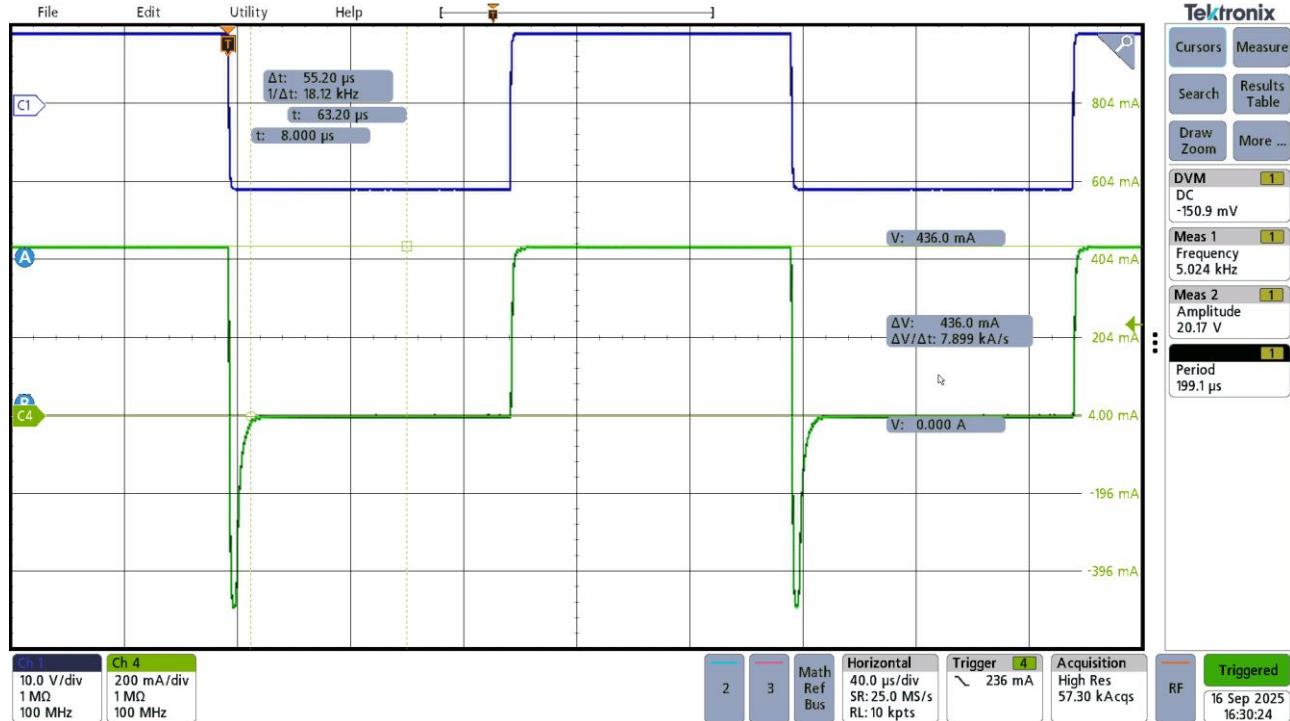
Tension1N4004 Uj 68 Ω



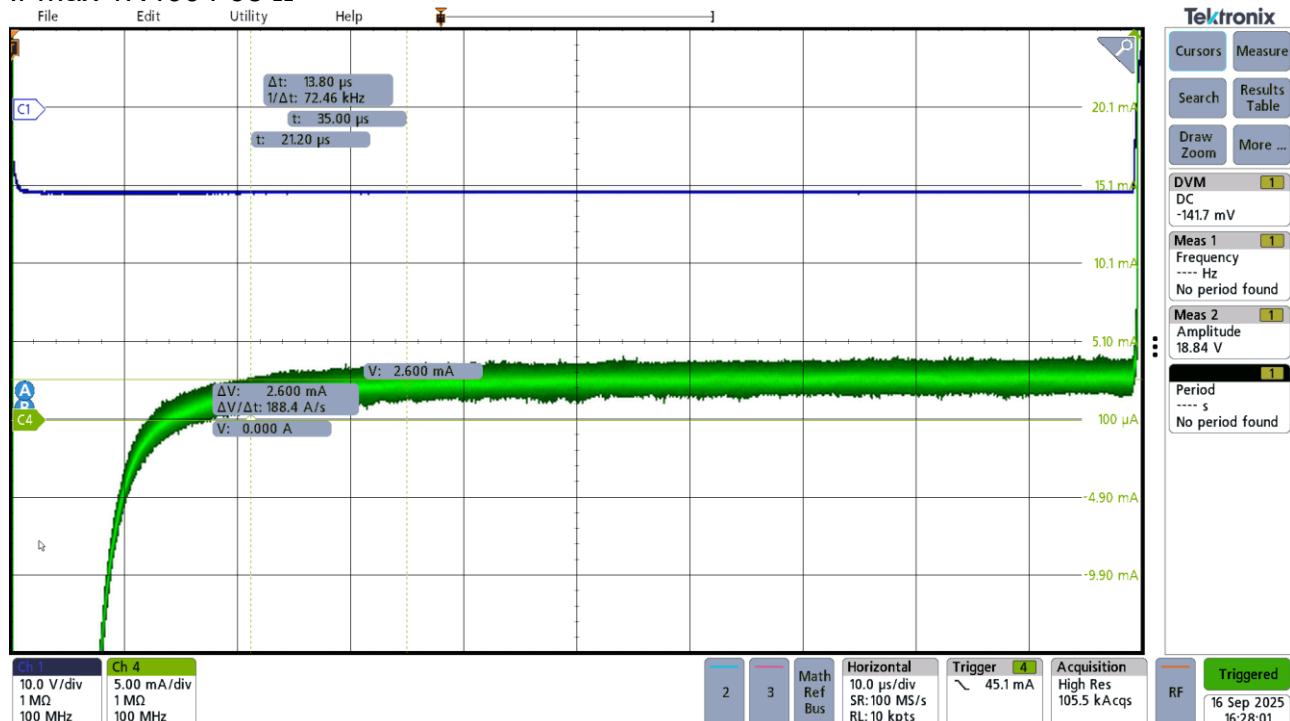
Tension1N4004 Ur 68 Ω



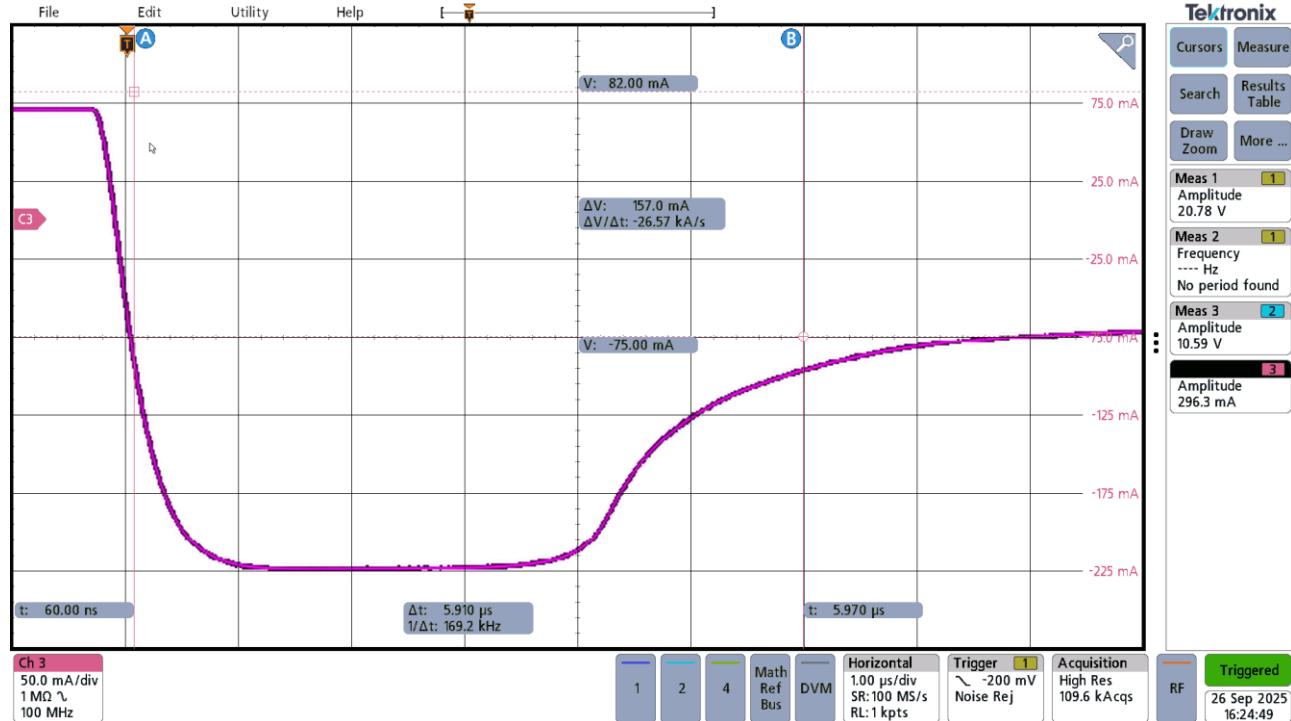
Id1N4004 68 Ω



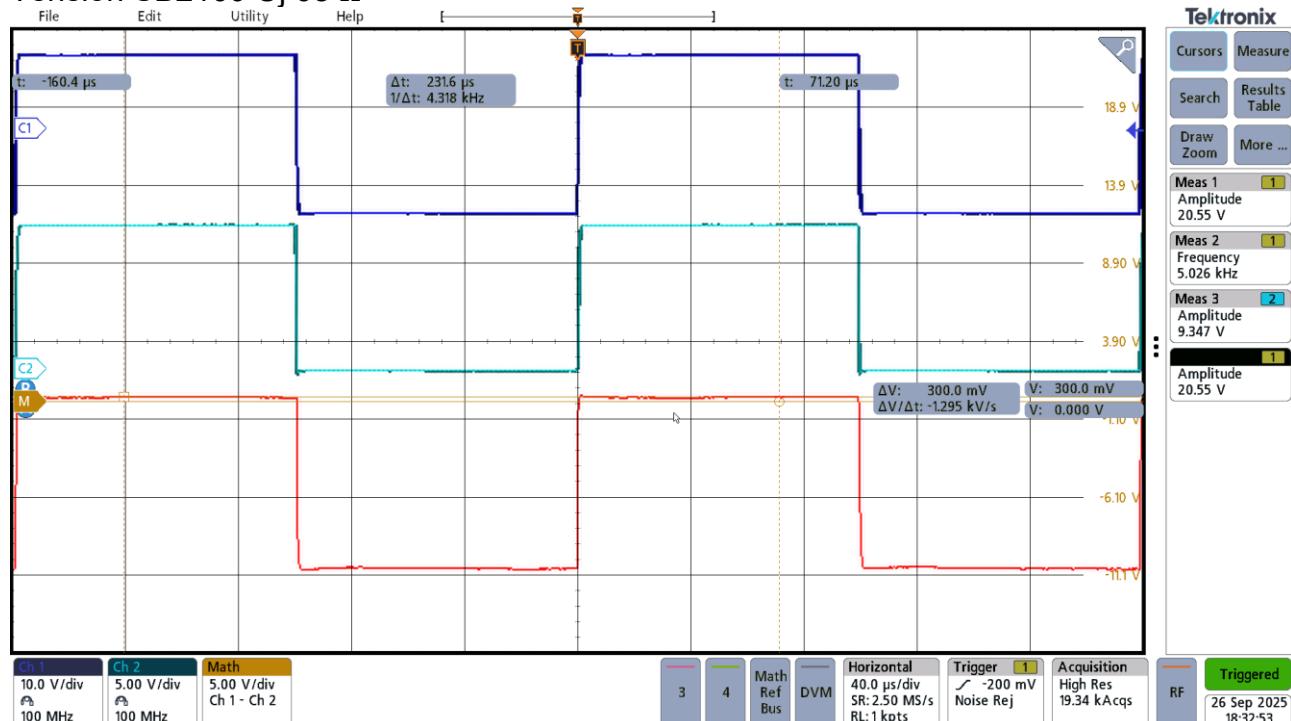
Ir max 1N4004 68 Ω



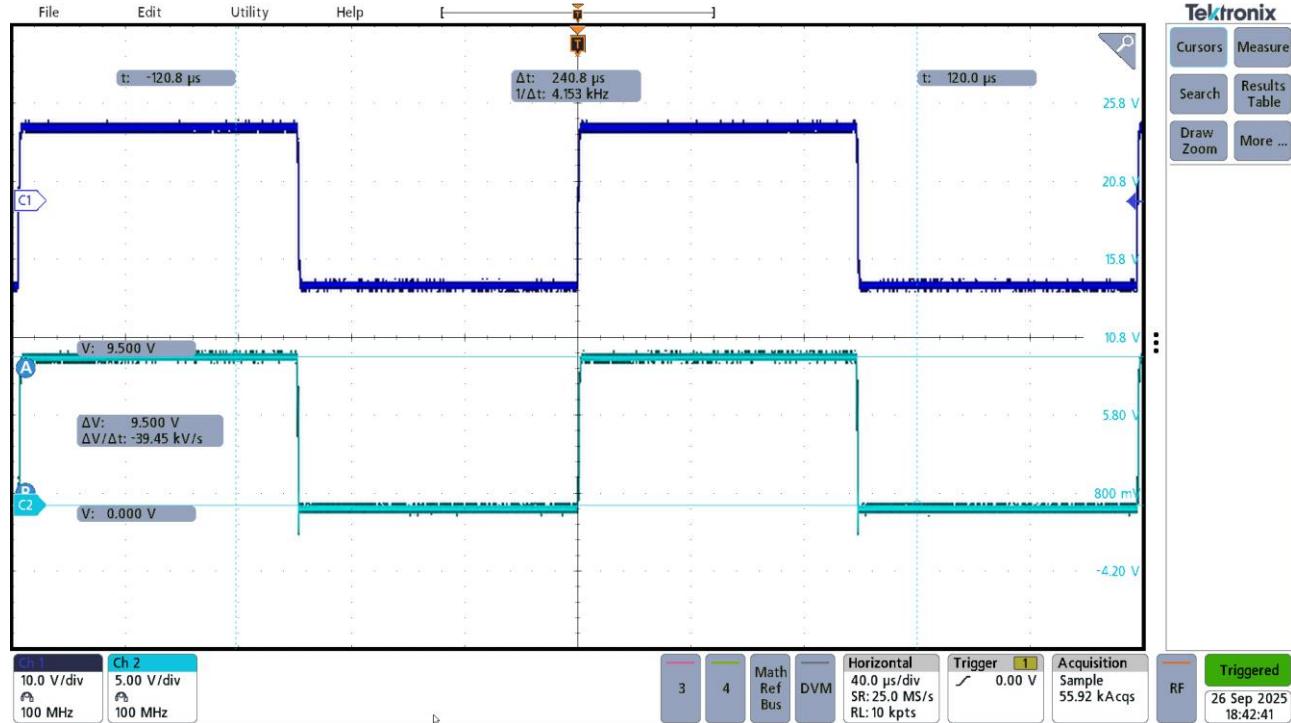
Tr1N4004 68 Ω



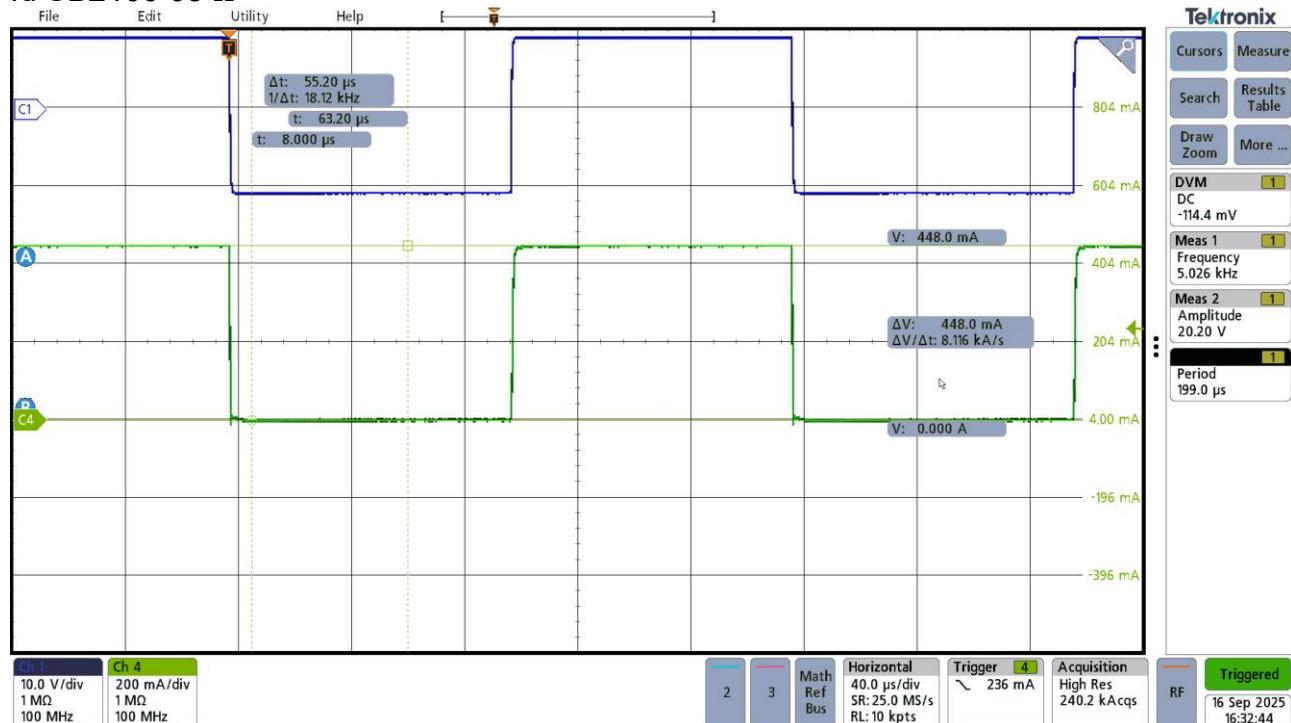
Tension SB2100 Uj 68 Ω



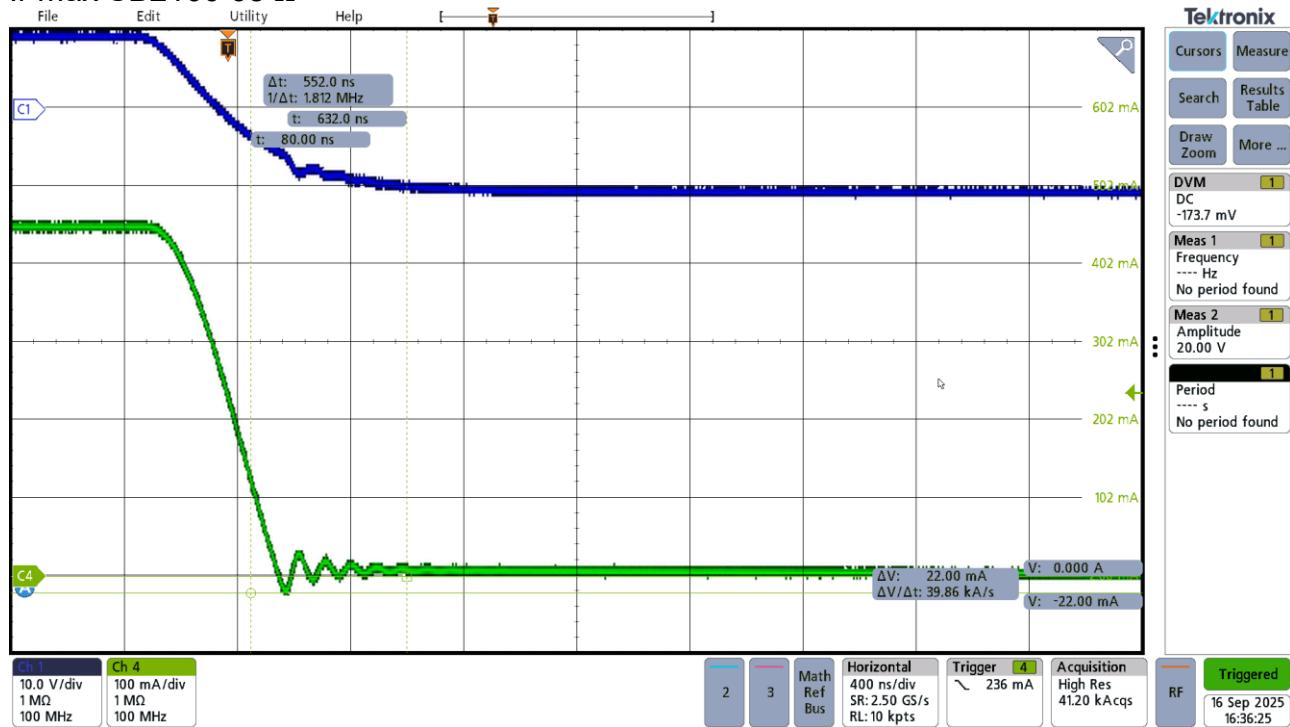
Tension SB2100 Ur 68 Ω



Id SB2100 68 Ω



Ir max SB2100 68 Ω



Trr SB2100 68 Ω

