

---

## *ARCAL-ED*

---



### ***Double driver for ECONODUAL module***

The ARCAL-ED driver board allows to drive one ECONODUAL module.

All functions needed for power converters development are embedded on a small size, very versatile single electronic board .

- **High isolation and dv/dt immunity**
- **4W /  $\pm 35A$  per output**
- **Short-circuit protection**
- **Active Clamping protection**
- **Undervoltage detection**
- **Adjustable dead times**
- **-10/+15V gate voltage**
- **Measure of internal CTN temperature of the module**
- **Measure of output current (by means of a Hall effect sensor)**
- **HB or direct mode logic**

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



## Contents

1. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS.....	3
2. ELECTRICAL SPECIFICATIONS .....	3
2.1. Power supplies .....	3
2.2. Output stage .....	3
3. BLOCK DIAGRAM .....	4
4. mechanical data.....	5
5. OVERVIEW .....	7
6. detailed technical description .....	8
6.1. DRIVER POWER SUPPLY.....	8
6.2. Operating modes (K2).....	8
6.3. Error feedback signal .....	12
6.4. Gate control .....	13
6.5. 'Active clamping' protection.....	14
6.6. Monitoring of short circuits .....	15
6.7. Measure of temperature.....	17
6.8. Measure of current.....	17
6.9. Monitoring of auxiliary supplies .....	18
7. Configuration : ABSTRACT TABLE .....	19
8. Notes .....	20

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



## 1. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

All data are given for 25°C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit
VDD	Supply voltage (referred to ground) <sup>1</sup>	0	16	VDC
VI	Logic input voltage	0	VDD	VDC
IG	Peak gate current	-35	+35	A
PG	Average output power per output		4	W
VISO	Isolation test voltage (AC / 50Hz / 1min)		5000	Veff
VOP	Permanent operating voltage		1700	VPEAK
dv/dt	dv/dt immunity @ ΔV=1000V	75		KV/μs
TA	Operating temperature	-40	+85	°C
TS	Storing temperature	-40	+90	°C
IOC	Max. current of default open collector		20	mA

## 2. ELECTRICAL SPECIFICATIONS

All data are given for 25°C unless otherwise specified.

### 2.1. Power supplies

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
VDD	Rated supply voltage	14.5	15	15.5	VDC

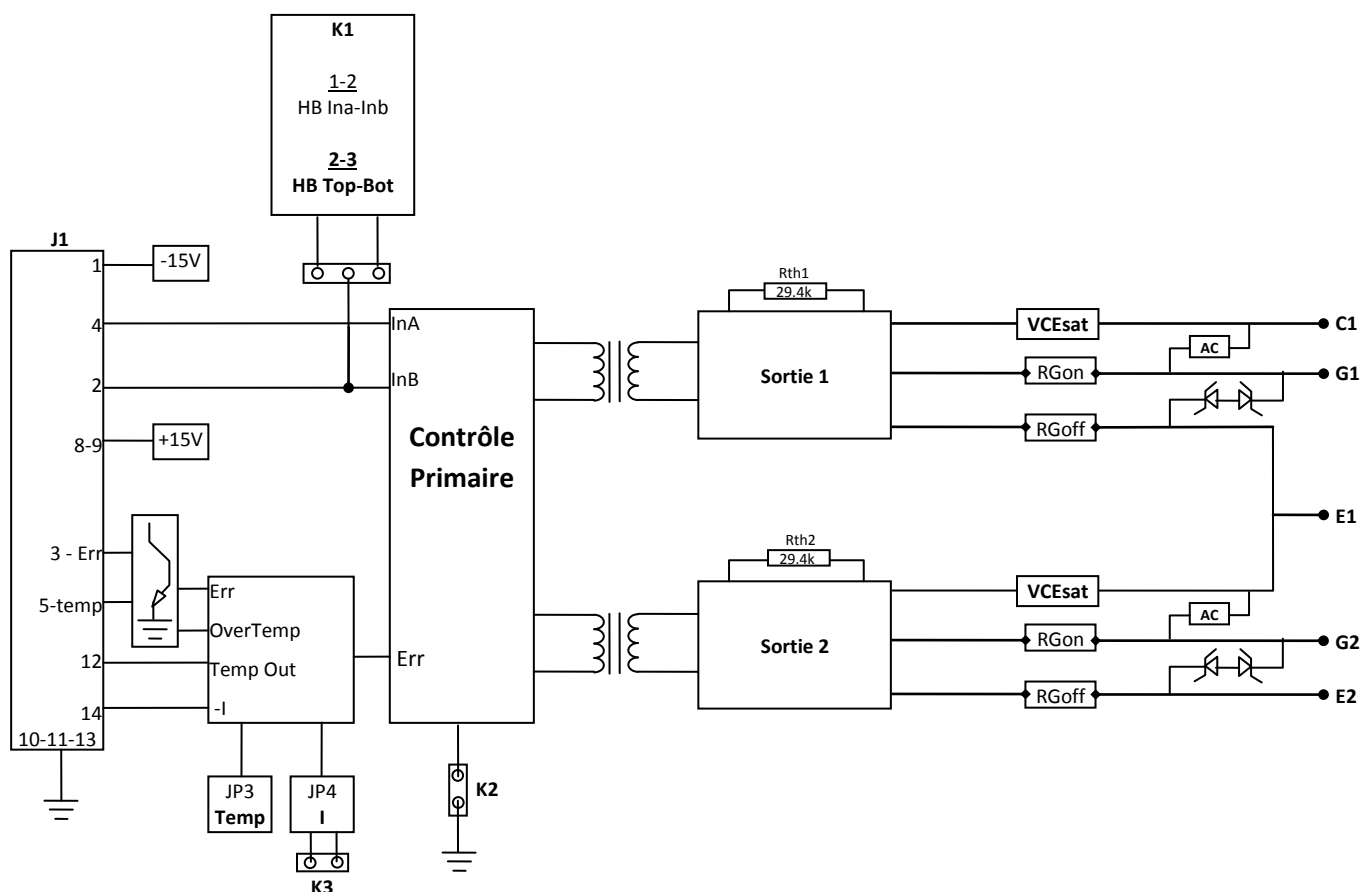
### 2.2. Output stage

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
IG	Maximum supply current	-35		+35	A
VG+	Voltage for conduction setting		+15		V
VG-	Cut off voltage		-10		V
TR	Rising time		20		ns
TF	Downing tme		20		ns
TPD+	Input/output propagation time at conduction setting		100		ns
TPD-	Input/output propagation time at cut off		100		ns

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



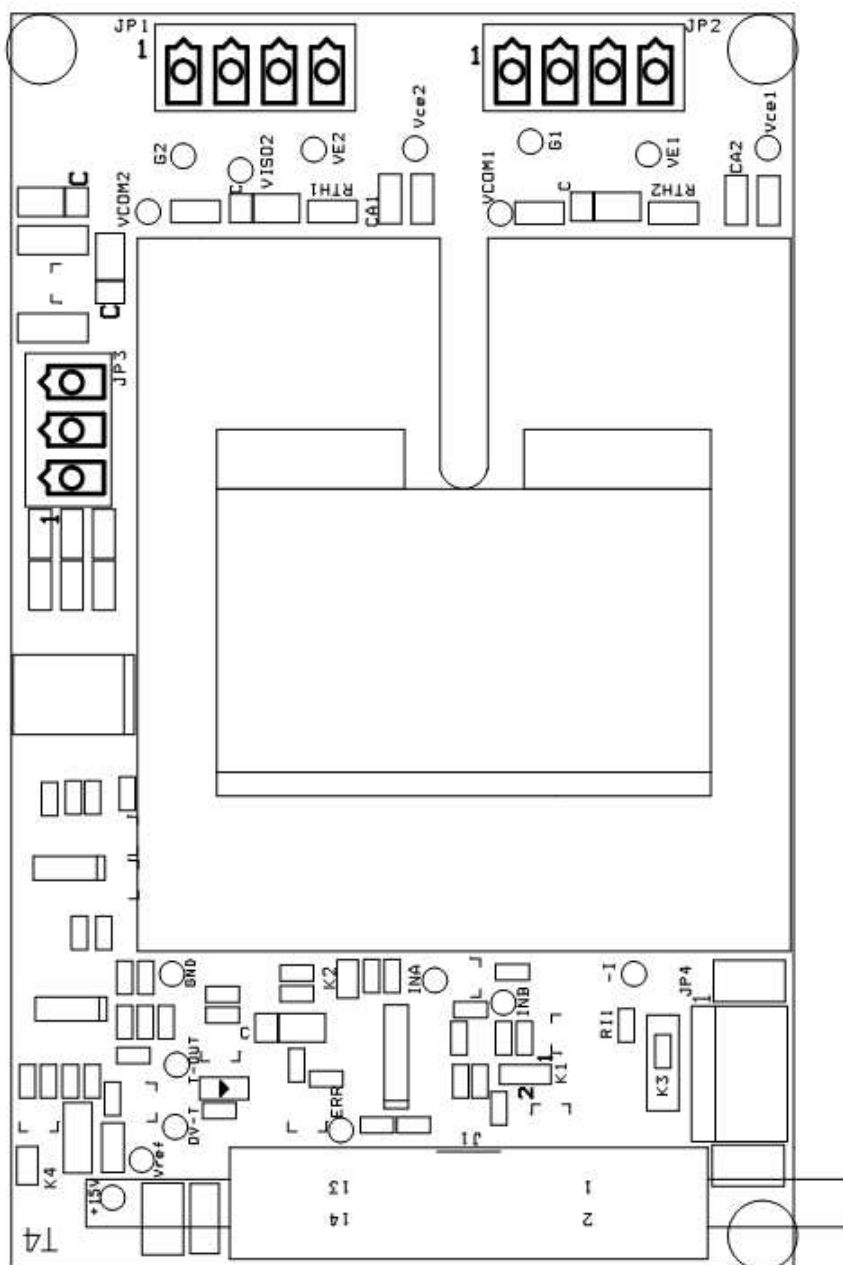
### 3. BLOCK DIAGRAM



Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.

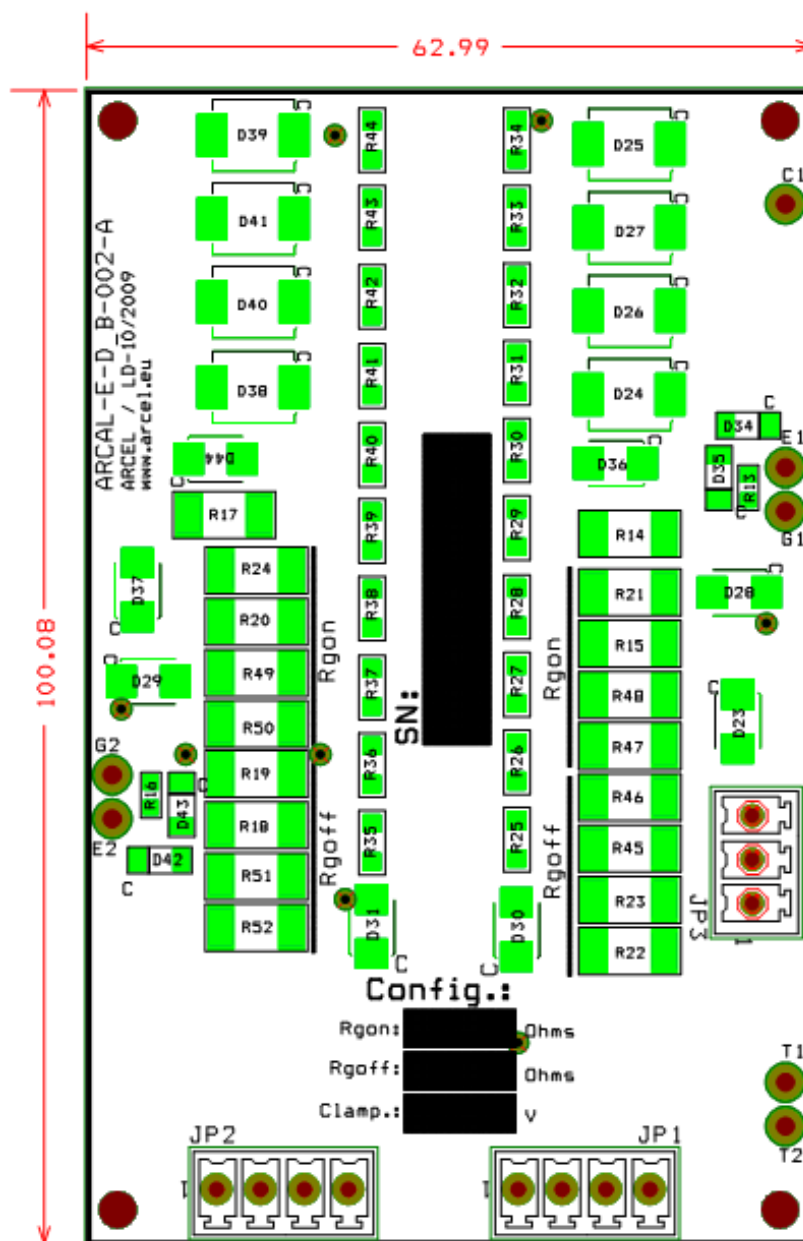


## 4. MECHANICAL DATA



Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.





Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



## 5. OVERVIEW

The ARCAL-ED driver is based on a SCALE-2 module (Scalable, Compact, All purpose, Low cost and Easy to use), last generation of IGBT drivers.

All the functionalities required for driving power switches **safely** are embedded on a single board. Each parameter depending on the application can be adjusted by the end user.

### *Main specifications*

The ARCAL-ED driver allows to drive one ECONODUAL® module in a half bridge structure or in an independent way. This driver makes it possible to convert an ECONODUAL® module in an independent arm, which can then be used in a high power inverter or chopper. This driver is suitable for IGBTs up to 1200V in its standard version.

The IGBT is controlled in (-10 ; +15V) in the standard version of the driver.

The IGBT protection is ensured by monitoring of VCESat and of power supplies.

An 'Active Clamping' voltage protection is ensured by monitoring of the collector voltage.

Only one VDD direct supply of 15V ±0.5V is required. The isolated supplies which are required on the power side are internally generated.

All logic inputs are Schmitt trigger type.

The dead time values can be adjusted (on request).

The fault feedback signal, which is of type open collector, can either be activated by the driver itself (short-circuit or supply default), or by an external signal (temperature and current sensors).

The connectors have been selected for to their reliability and in order to rationalize the implementation of the driver in existing applications.

An intermediary board (ARCAL-ED SCREEN) enables to realize a chip layout which will afford a high CEM immunity, as well as an efficient mechanical protection of the module.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



Output of the CTN temperature information and output of open collector at on-state when the CTN temperature exceeds 115°C.

It is possible to measure the current by means of a current sensor.

## 6. DETAILED TECHNICAL DESCRIPTION

### 6.1. DRIVER POWER SUPPLY

The ARCAL-ED driver requires a regulated supply of +15V ±0.5V. The maximum power used under normal operating conditions is about 10W.

The current used at input can be calculated according to the following formula :

$$I_{DD} \text{ (A)} \approx \frac{P_{GT} \text{ (W)}}{0.85 \times 15} + 0.065$$

In which : P<sub>GT</sub> = total power provided by the driver to the IGBTs.

#### Remark :

*This product is dedicated to highly impulsive applications and as such there can't be any efficient protection of the DC/DC converter against overloads. The board feeder however is equipped with a fuse which aims to control long-lasting overload risks. These overloads could possibly damage upstream systems.*

### 6.2. Operating modes (K2)

The ARCAL-ED driver can operate in three modes :

- "DIRECT" mode allows driving separately the two outputs.
- "HB" (half-bridge) mode is dedicated to "half-bridge" type systems  
HB modes can be generated in TOP-BOT or INA-INB controls

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.

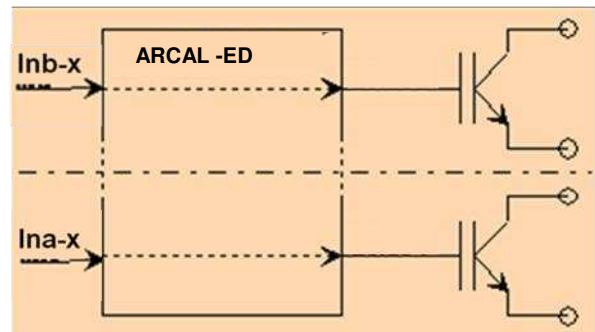


### Direct Mode

In this mode, both outputs are driven separately by InA and InB inputs. Nevertheless, the various securities still stop both outputs and activate the error feedback signal. A high logic level on an input turns on the corresponding output.

Considering the two outputs independent, no dead time is generated. Thus, it is possible to switch on both outputs at the same time.

The configuration of the driver in DIRECT mode is done by short circuiting **K2**, and linking terminals 1-2 of **K1**.



Outline 1 : Direct mode

### HB Modes

The "HALF-BRIDGE" or "HB" mode is especially dedicated to structures where two IGBTs operate in series as complementary switches (eg. inverters, H bridges...)

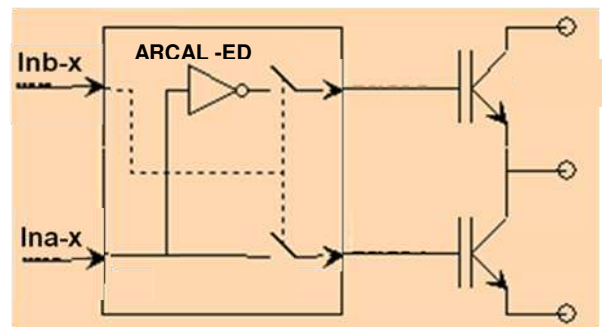
In this case, both outputs are no longer independent : InA input allows the half-bridge

control and InB input operates as an "enable" signal.

A low logic level on InB forces both outputs off, whatever InA level is.

When InB is at a high logic level, both output levels depend on InA.

Because the two switches are in a series connection, for every arm state switching, the driver makes sure no transient short-circuit occurs by keeping the two outputs at a low level during a fixed period called *dead time*.



Outline 2 : HB Mode (Half-bridge)

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



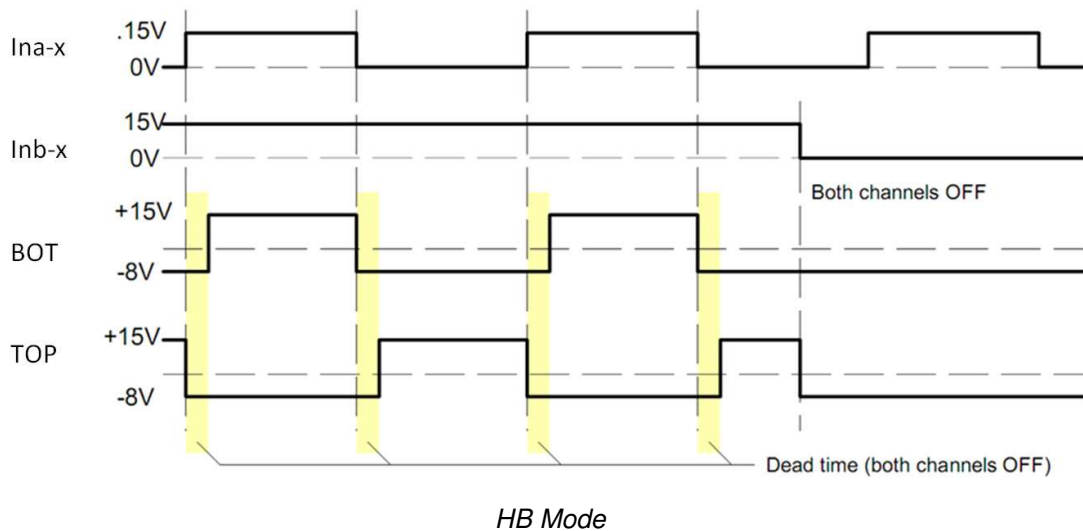
The user can modify the dead time value of both outputs thanks to  $R_M$  resistor. The standard dead time value is set to about  $1.5\mu s$ .

The dead time setting is performed thanks to the following calculation :

$$R_M = 31.5 \times T_D + 52.7$$

With  $0.5\mu s < T_D < 4.1\mu s$  and  $73 < R_M < 182\text{kohms}$ .

Standard configuration of HB mode. Ina controls the IGBT BOT. **K2** is open.



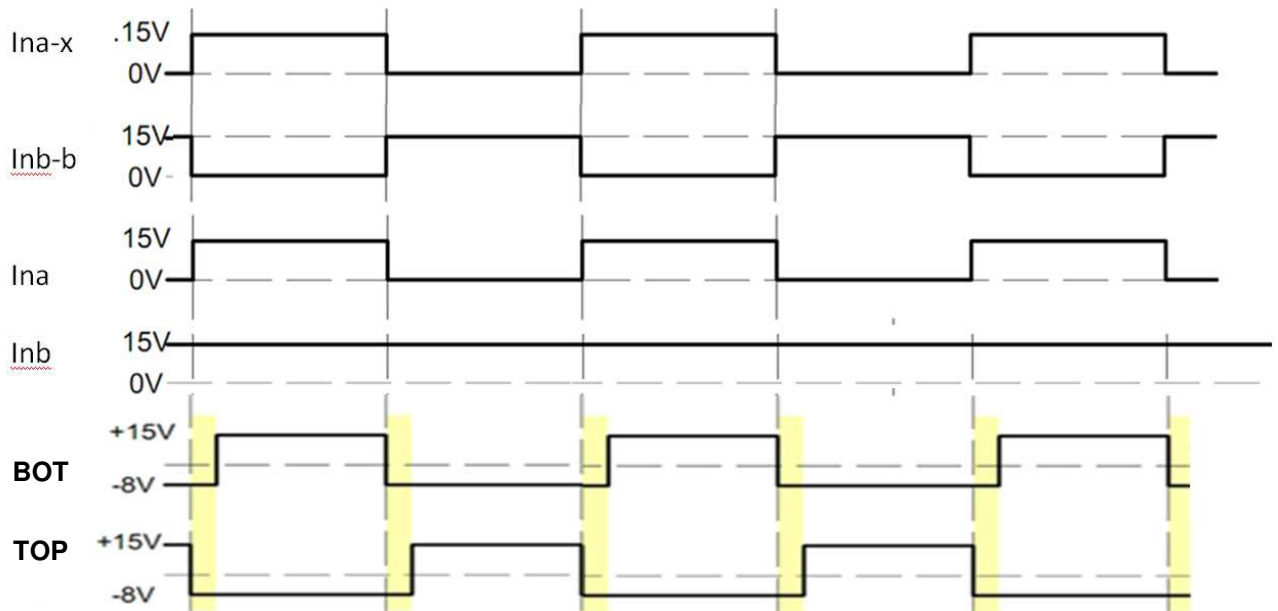
### Mode HB TOP-BOT ou Ina-Inb

TOP-BOT mode allows to send complementary Ina-x et Inb-x signals, and to generate the on/off signal on Inb using these two signals. To achieve this, terminals 2 and 3 of **K1** must be linked.

Ina-Inb mode is used to send a on-off signal directly onto inb, using inb-x. In this case, terminals 1 and 2 of **K1** must be linked.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.





Signals in TOP-BOT mode

NOTA : Ina-x and Inb-x match with X3 output instructions and Ina and Inb match with the driver inputs.

### Logical inputs

Ina and Inb inputs are equipped with Schmitt triggers whose tilting thresholds are about 1/3 and 2/3 of the selected logical level. Un A high logical level fits with an active input (positive logic).

The input stage of the driver includes protection diodes against negative voltages or against voltages higher than VDD. If the voltages exceed these limits, an abnormal temperature rise and/or over-consumption could occur. Safe practice should be taken in case of use of the driver with large lengths of cable.

Under normal operating conditions the impedance of these outputs is about 47 KΩ..

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



### 6.3. *Error feedback signal*

The fault feedback signal is open collector type. It can support a 40V voltage and a 20mA current. An external pull-up resistor must be provided.

In case of a default, **the output transistor is blocked** (high impedance). This is the standard operating mode because it will naturally take into account a bad connection of the fault wire to the main board.

The fault signal can be activated by two different events :

- **Internal error** : Output short-circuit or power supply problem has occurred.
- **External error** : the measure of temperature has exceeded the authorized reference level.

#### *Internal error case*

In case of an internal error, the fault feedback signal will be activated during a fixed period of about 100ms ( $T_B$ ). The driver will automatically reset and the outputs will stay in off-state during minimum 100ms ( $T_B$ ). As a matter of fact,  $T_B$  is used both as signaling time and blocking time.

The main control system is supposed to stop all driving pulses as soon as an error signal occurs. If not, and after the fault feedback signal has been reset, short pulses (about 10 $\mu$ s) can occur on the non-fault output. The error feedback will then be set again by a pulse of 100 ms, etc... This will go on until the fault cause has disappeared or driving pulses have been stopped.

*Remark :*

*After the pulse blocking time, the driver will start over again only on a rising edge of the concerned  $I_{nx}$  input (or  $I_{nA}$  in HB mode).*

#### *External error case*

If the measure reveals an excessive temperature, default processing will be the same as in the case of internal error. The potential of terminal 3 of HE14 J1 connector is returned to "0" to indicate the error.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



### Réglage du temps de blocage $T_B$

The blocking time of the driver on launching of the fault is adjustable by the final user.

The blocking time is included between  $20\text{ms} < T_B < 130\text{ms}$ .

To perform the setting, a resistor is connected on pin 5 of the driver such as :

$$R_B = 1 \cdot T_B + 51 \quad \text{with } R_B \text{ in kohms and } T_B \text{ in ms.}$$

In standard configuration, a 180kohms resistor is implemented, setting a 130ms blocking time.

### Driver switching on

By switching on, a fault feedback signal (about 10 ms) is automatically generated in order to allow the auxiliary power supplies to settle.

## 6.4. Gate control

The standard version of ARCAL-ED provides a +15V/-10V gate voltage. For each output, conduction and extinction of the IGBT are controlled by a grid resistor : **R<sub>g</sub>**.

### Peak current

The peak current value provided by the driver depends on the total resistance of the Gate / emitter loop. The value is given by the calculation of the following formula :

$$I_{Gp} \text{ (A)} = \frac{\Delta V_{GE} \text{ (V)}}{R_G \text{ (\Omega)}}$$

In which :  $\Delta V_{GE}$  is the variation of the gate voltage (25V in this case).

As the I<sub>Gp</sub> current mustn't exceed 35A, the theoretical low limit for R<sub>G</sub> is 0.71 $\Omega$ .

### Average power

The average power P<sub>G</sub> supplied by a driver output depends on the total gate charge Q<sub>G</sub> of the component, on the variation of gate voltage  $\Delta V_{GE}$  and on the switching frequency F<sub>sw</sub> (SI units) :

$$P_G = Q_G \times \Delta V_{GE} \times F_{sw}$$

This power must never exceed 4W (with 85°C ; 6W with 70°C).

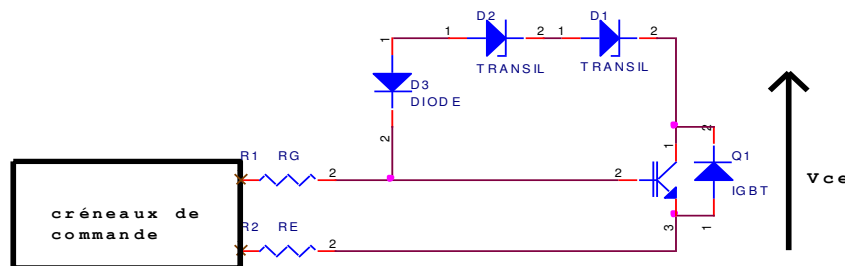
Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



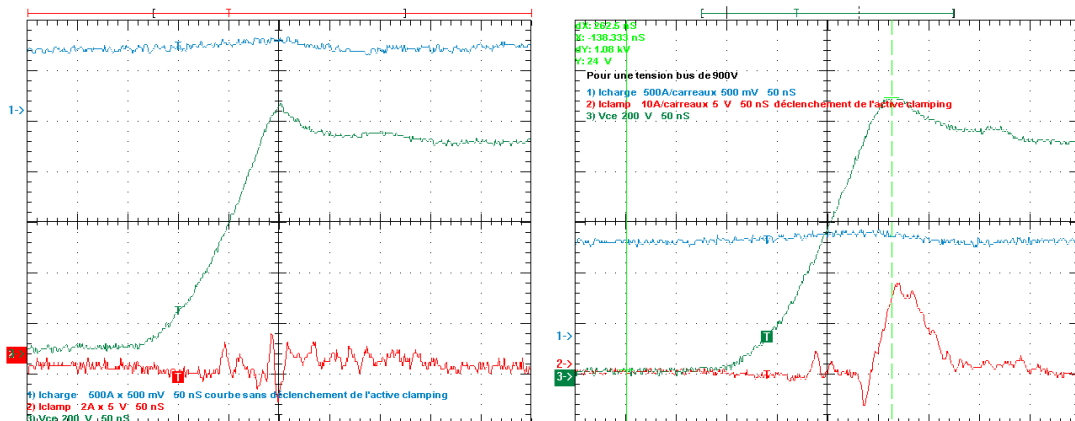
### 6.5. 'Active clamping' protection

This protection aims to limit the emitter collector overvoltage at the opening of the semiconductor. This overvoltage is the product of the interfering inductance of the loop by the di/dt imposed by the component.

The functional diagram is as follows :



As soon as the Vce voltage exceeds a value determined by the transils, a current is injected in the base of the IGBT thus generating a short renewal phase and enabling to limit the voltage at the terminals. **This device mustn't be used at continuous rating (i.e. at each commutation), as it introduces additional losses which can be damaging for the IGBT.**



Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



The two above oscillograms (the first one with the device and the second one without it) show the influence of the device. You can clearly see the limitation of the overvoltage which results in a clipping.

In the standard version, the voltage protection is set for a 1200V IGBT module. Upon request it is possible to get a protection for a different voltage (1700V for example).

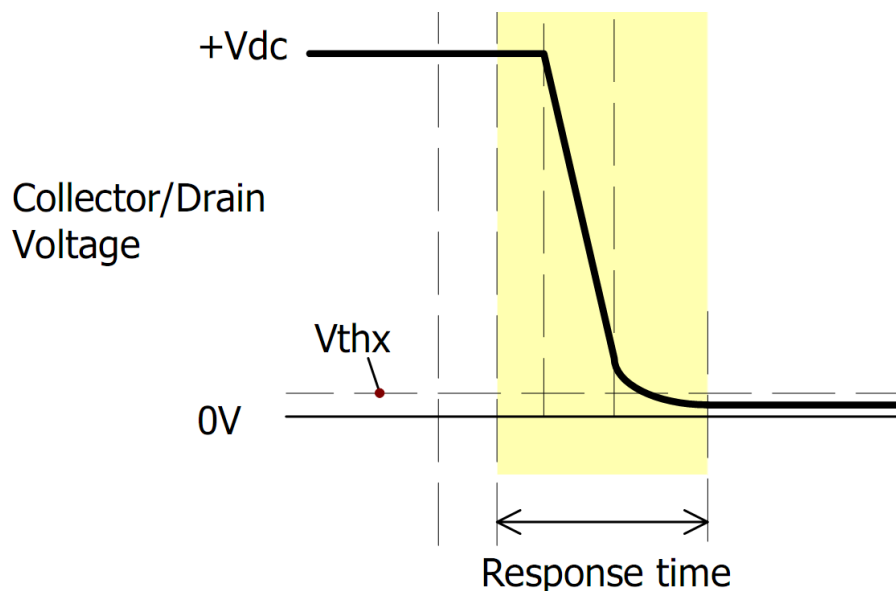
This device enables to limit the overvoltage at the opening to a value close to 1100 volts (according to the dispersion of the components and the energy that has to be dissipated, the clipping voltage varies from 1020 to 1100 volts).

### 6.6. *Monitoring of short circuits*

The detection of short circuits is done by comparing the  $V_{CESat}$  voltage of the device with a reference voltage. If this threshold level is exceeded, the relevant channel is stopped and the default signal is activated.

In order to better fit with the IGBT commutation profile, the reference voltage varies according to the elapsed time since the conduction setting.

First of all the detection has to be inhibited during a fixed TCE period. Once this period is over, the detection threshold is equal to  $V_{TH}$ .



Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



For each output, the  $V_{CEsat}$  threshold detection is set by a resistor ( $R_{TH1}$  and  $R_{TH2}$ ).

The following table gives some parameter set values depending on the  $R_{th}$  resistor used.

In standard configuration the response time value is 4.4 $\mu$ s.

$C_{ax}$ [pF]	$R_{thx}$ [k $\Omega$ ]/ $V_{thx}$ [V]	Response time [ $\mu$ s]
0	43 / 6.45	1.2
15	43 / 6.45	3.2
22	43 / 6.45	4.2
33	43 / 6.45	5.8
47	43 / 6.45	7.8
0	68 / 10.2	1.5
15	68 / 10.2	4.9
22	68 / 10.2	6.5
33	68 / 10.2	8.9
47	68 / 10.2	12.2

**Table 1 :  $R_{TH}$  selection for  $V_{CEsat}$  detection parameters**

### Measure of $V_{CEsat}$

The fault detection is performed by measuring  $V_{CE}$  and comparing it with a reference value  $V_{ref}$ .  $V_{CE}$  measurement needs that the input current be between 0.6 and 1mA. That's why  $R_{VCE}$  resistor must be set up to the BUS voltage :

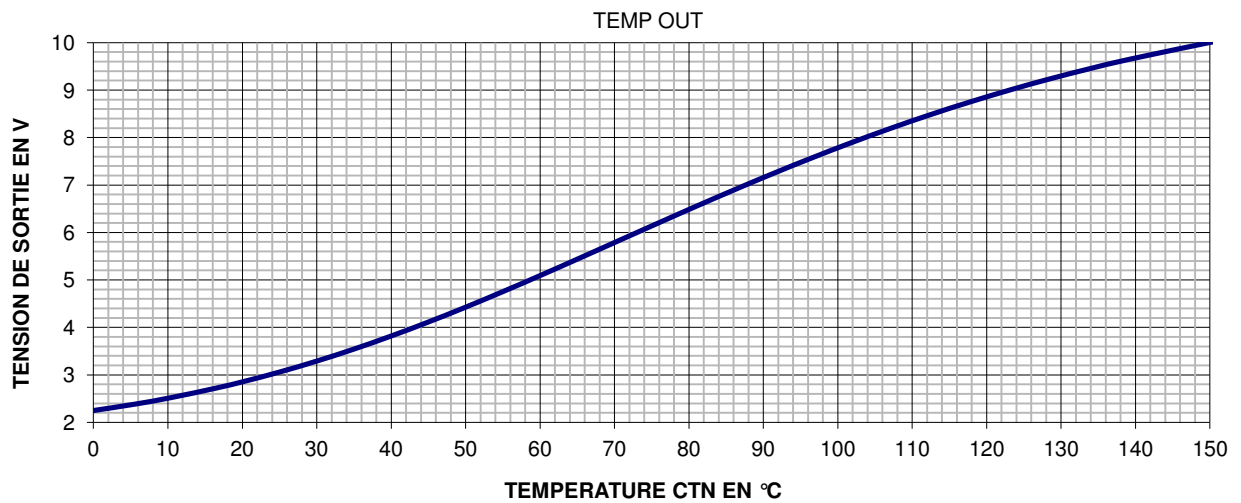
$R_{VCE}$	$U_{bus}$
<b>Défaut (8*100k)</b>	<b>480 – 800 V</b>
9*100k	540 – 900 V
10*100k	600 – 1000 V
4*100k	240 – 400 V (IGBT 600V)

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



### 6.7. *Measure of temperature*

A CTN is included the EconoDual housing. The board includes a linearization of this CTN in the useful operating area as well as an isolation amplifier. The temperature information is available on pin 12 of HE14 J1 connector.



**Outline 5 : This shows the voltage available on pin 12 depending on CTN temperature**

If the CTN temperature exceeds 115°C, the OVER-TEMP signal available on output 5 of HE14 connector will be returned to 0V, via the collector of the output transistor.

### 6.8. *Measure of current*

It is possible to connect a current sensor on JP4 connector. In order to have JP4 operated, it is absolutely necessary to supply HE14 input connector with -15 volts voltage on pin 1. In the standard version, K0 grid resistor is 10 Ohms 1% and can be modified thanks to K3 plot whose terminals can be equipped with a parallel. The voltage gain on the output stage is -4.87. The output voltage on pin 14 will thus be equal to :

$$V (\text{pin } 14) = - I_{\text{sensor}} \times 10 \times 4.87$$

In the standard configuration, -I is sent back to pin 14 because of the implementation of the sensor in the stack assembly.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



### 6.9. *Monitoring of auxiliary supplies*

Monitoring of the supplies values is done directly on each output channel. If one of the two secondary supplies is under 12V, the relevant channel is blocked and the default signal is activated.

As the detection system is with hysteresis, re-start is only possible once the voltage rises over about 12.6 V.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



## 7. CONFIGURATION : ABSTRACT TABLE

Parameter		PLOT			
		K1	K2	K3	K4
Mode	DIRECT	1-2	CC		
	HB INA-INB	1-2	CO		
	HB TOP-BOT	2-3	CO		
Plan de masse relié à la terre	OUI				CC
	NON				CO
Grid resistor	STANDARD			10ohm	
	NON STANDARD			+R //	

With : CC = Court-Circuit (short-circuit)

CO = Circuit Ouvert (open circuit)

The shaded areas represent the standard configuration.

Parameter	Resistor
$T_{DT}$	R30
$T_B$	R31
$I_{VCE}$	$R_{VCE}$ (R25 à R34 et R35 à R44)

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.



## 8. NOTES

 Before printing think about **environment and costs!**

**CAUTION** : ARCEL reserves the right to modify its technical documents without prior notice. These documents have no contractual value.

---

<sup>i</sup> The system is protected by zener and bipolar diodes. Exceeding these values can therefore lead to over heating and/or over consumption. Special care should be taken in case of use with large lengths of cable.

Toutes les informations présentes sur ce document sont la propriété d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs. A ce titre, toute reproduction, représentation, utilisation, adaptation, modification, incorporation, traduction, commercialisation, partielles ou intégrales par quelque procédé et sur quelque support que ce soit (papier, numérique, ...) sont interdites, sans l'autorisation écrite préalable d'ARCEL ou de leurs auteurs respectifs.

